

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

REDUCCIÓN DE DESPERDICIO EN LA FABRICACIÓN DE EMPAQUES PLÁSTICOS FLEXIBLES

Jhony Alejandro Zapata Restrepo

Ingeniería en electromecánica

Director(es) del trabajo de grado

Ing. Elizabeth Cristina Rodríguez Acevedo, M.Sc., PhD.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2022

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

En este documento se contempla las evidencias de las prácticas profesionales realizadas dentro de la empresa Plásticos Ambientales S.A.S, estas tienen un objetivo el cual es buscar la reducción del desperdicio dentro del proceso productivo.

La empresa Plásticos Ambientales S.A.S es una empresa dedicada a la fabricación de empaques plásticos flexibles, en ella se pueden ver los procesos de extrusión, impresión y sellado, los cuales se describen a continuación:

- 1- Extrusión de película soplada. La extrusión de película soplada es un proceso mediante el cual el material plástico; por lo general polietileno de alta y baja densidad, así como el polipropileno; es fundido y empujado gracias a la fuerza de un tornillo extrusor, el cual obliga a la masa fundida a atravesar un sistema de mallas, expulsando esta por un molde de forma circular y posteriormente conformar la burbuja plástica para luego ser colapsada en una lámina que es enrollada y se dispone al proceso siguiente, sus fuentes de desperdicio vienen de una mala formulación, falta de accesorios en máquinas o mal ajustados, falta de actualización tecnológica en el proceso y los cambios de referencias según la programación.
- 2- Impresión flexo gráfica. El proceso de impresión flexo gráfica, como su nombre lo indica es el proceso donde se realiza la impresión de material flexible, siendo este el caso de plásticos flexibles, este consta de un sistema de rodillos diseñados de forma especial para la impresión en alta calidad y altas velocidades de diferentes artes sobre la película, componiéndose de sus diferentes colores y tintas especializadas para este tipo de proceso, permitiendo así la impresión de artes según las necesidades de los clientes sobre el material que posteriormente se convertirá en el empaque de sus productos, sus desperdicios vienen de los montajes y posibles problemas en la lámina desde el proceso de extrusión.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- 3- Refilado de película. El proceso de refilado consta de un sistema de corte de láminas por lo general impresas para darles la medida final que se requiere asegurando así las dimensiones del empaque final, su desperdicio es inherente al proceso por lo cual no se habla de este proceso en el trabajo en cuestión.
- 4- Sellado de bolsas. El proceso de sellado es el último proceso de la cadena productiva en este se conforman las bolsas con sus diferentes características, bolsas con selles laterales y fondos, con fuelles o solapas, según la necesidad del cliente, estas máquinas son las encargadas de realizar la selección de todos los materiales no conformes de procesos anteriores, así como de problemas presentados durante el sellado, siendo este el de mayor desperdicio asociado a los demás procesos no se ataca dentro de la práctica ya que su desperdicio debe verse disminuido con el trabajo realizado en las diferentes áreas.

La problemática principal que se aborda durante el desarrollo de las prácticas es la tasa de desperdicio del proceso productivo la cual llega alrededor del 10% de lo vendido durante el mes, causando pérdidas en la empresa alrededor de los 80 millones de pesos mensuales, por lo cual el objetivo de las prácticas es buscar la reducción de esta tasa desde los controles y correcciones que se pueden aplicar a los distintos activos de la empresa y los procedimientos involucrados.

Esta problemática primeramente es medida para definir de forma efectiva la tasa real de desperdicio actual de la empresa, posteriormente se realiza un análisis de causas y se definen acciones desde el punto de vista de las máquinas, como compra de una máquina selladora nueva, la compra e instalación de las cámaras de aire

Se plantea como meta durante la práctica llegar a una tasa de desperdicio del 5%, resaltando que no se logra la meta durante el tiempo de ejecución de la práctica, sin embargo, en los dos últimos meses de la práctica se observó una disminución aproximadamente del 20% en la tasa de desperdicio, generando un ahorro de 16 millones

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

en cada mes, ayudando a la empresa a optimizar sus recursos y aumentar su proyección con base en el objetivo planteado.

Palabras clave: Retal, Extrusión de película soplada, Bolsas Plásticas, Reciclaje, Optimización.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Mis más profundos agradecimientos a mis jefes Daniela Betancur, Ricardo Casas y Claudia Herrera, a mis compañeros en la empresa, Maribel Marín, José Echeverry por brindarme el apoyo para que estas prácticas sean realizadas de forma satisfactoria en los diferentes contextos de la empresa involucrados.

Adicional quisiera ofrecer agradecimientos especiales a mi madre Clara P. Restrepo y mi padre Leonardo Zapata por la comprensión y el apoyo ofrecido durante el transcurso de mis estudios.

Así como al Instituto Tecnológico Metropolitano por brindarme la oportunidad de formarme como ingeniero para el mundo laboral, a mi compañero David Restrepo por su gran apoyo y motivación en esta etapa de mi vida.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

LDPE Polietileno de baja densidad

LLDPE Polietileno lineal de baja densidad

HDPE Polietileno de alta densidad

PP Polipropileno

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	2
RECONOCIMIENTOS.....	5
ACRÓNIMOS.....	6
1. TABLA DE CONTENIDO.....	7
2. LISTADO DE TABLAS.....	9
3. LISTADO DE FIGURAS.....	10
4. INTRODUCCIÓN.....	11
5. MARCO TEÓRICO.....	13
5.1. Materias primas.....	13
5.1.1. Polietileno:.....	13
5.1.2. Polietileno de baja densidad.....	14
5.1.3. Polietileno de alta densidad:.....	15
5.1.4. Pigmentos:.....	15
5.2. Procesos productivos.....	16
5.2.1. Proceso de extrusión de película soplada.....	16
5.2.2. Impresión flexo gráfica.....	18
5.2.3. Sellado de bolsas plásticas.....	20
6. METODOLOGÍA.....	21
6.1. Hoja de vida maquinaria.....	22
6.2. Análisis del área.....	22
6.3. Cámaras de aire.....	23
6.4. Intercambiador de calor extrusora 2.....	27
6.5. Fugas de material.....	29
6.6. Medición del desperdicio.....	32
6.7. Manual de Extrusión.....	34
6.8. Impresión y sellado.....	35

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
7.1.	Hoja de vida de maquinaria	38
7.2.	Cámara de aire nueva.	38
7.3.	Instalación de intercambiador de calor.	39
7.4.	Fugas de material en máquinas extrusoras.	39
7.5.	Medición de retal.	39
7.6.	Adquisición de máquina nueva.	40
8.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	41
8.1.	Conclusiones.....	41
8.2.	Recomendaciones.	41
8.3.	Trabajo futuro.	42
9.	REFERENCIAS.....	43

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1. Tipo de molde y su diámetro de ajuste.</i>	24
<i>Tabla 2. Información de retal mes de mayo y junio</i>	33
<i>Tabla 3. Porcentaje de retal del mes de Julio</i>	34
<i>Tabla 4. Datos técnicos selladora lateral ZS 100 de maquinplast (Maquinplast Ltda., 2019)</i>	36
<i>Tabla 5. Resumen de desperdicio, producción y porcentaje de desperdicio</i>	40

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema de distribución de planta de la empresa plásticos ambientales.</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2. Molécula de polietileno (Cantor, 2011)</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3. Secciones amorfas y cristalinas en el polietileno de baja densidad.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4. Esquema Proceso de extrusión de película soplada. (WagnerJr., 2016).....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5. Características de la burbuja extruida (Cantor, 2011).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6. Tipos de burbuja según la zona de enfriamiento (Cantor, 2011)</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7. Unidad de entintado impresora flexo gráfica (esagraf, 2020)</i>	<i>19</i>
<i>Figura 8. Descripción de fuga de material y problemas en cámara de aire extrusora #1 y #2.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 9. Molde de extrusión mostrando el diámetro de ajuste.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 10. Extrusora #1 con cámara HDPE y plato de 12cm</i>	<i>26</i>
<i>Figura 11. Cámara de aire LDPE en extrusora #1</i>	<i>26</i>
<i>Figura 12. Conexión Enfriador de agua, tanque y bomba</i>	<i>27</i>
<i>Figura 13. Tubería de distribución de agua fría</i>	<i>28</i>
<i>Figura 14. Intercambiador montado en turbina de extrusora #2.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 15. Despiece de bloque inferior máquina extrusora #1 y #2</i>	<i>29</i>
<i>Figura 16. Sello de bronce malo máquinas extrusoras. (numeral 15 de figura15)</i>	<i>30</i>
<i>Figura 17. Ensamblaje de sello de extrusora</i>	<i>30</i>
<i>Figura 18. Medidas de sello nuevo</i>	<i>31</i>
<i>Figura 19. Ensamblaje de bloque inferior.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 20. Interfaz de módulo de retal de software de la empresa.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 21. Rótulo de registro de retal.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 22. Esquema de máquina selladora ZS100 adquirida por la empresa (Maquinplast Ltda., 2019)</i>	<i>36</i>
<i>Figura 23. Plantilla de hoja de vida creada para el registro de actividades en máquinas</i>	<i>38</i>

4. INTRODUCCIÓN

La planta de producción de bolsas plásticas, plásticos ambientales, consta de una planta de 600 m², posee una distribución como se muestra en la figura 1, allí se puede observar un esquema de ubicación de las máquinas dentro de la planta.

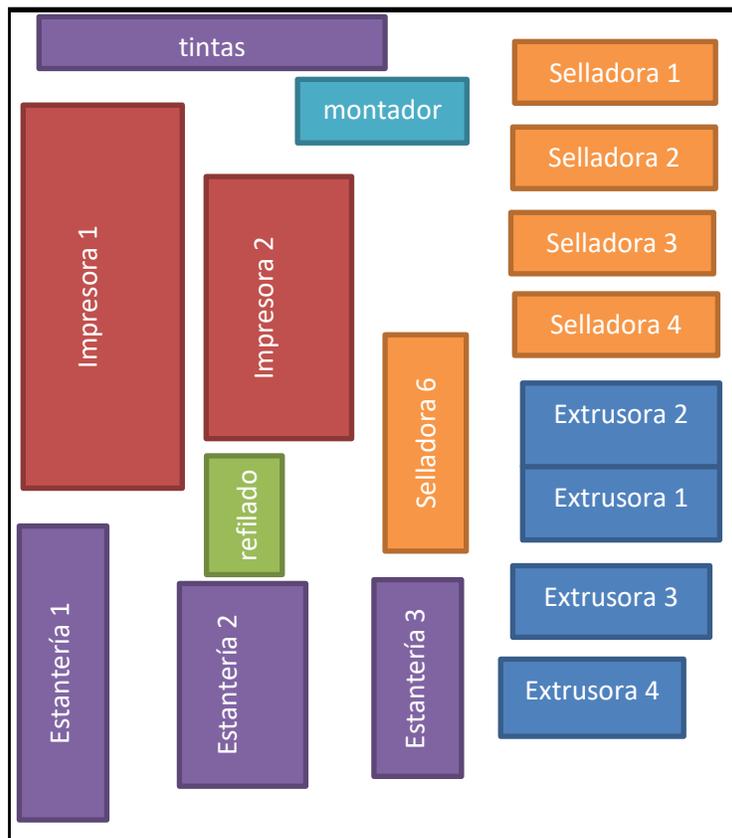


Figura 1. Esquema de distribución de planta de la empresa plásticos ambientales.

En ella se plantea la reducción de los desperdicios mensuales de un 10% a un 5% de lo producido durante el mes, con el objetivo de optimizar los recursos y aumentar el margen de utilidad de la empresa, por lo cual dentro de la práctica se desarrolla el siguiente paso a paso que tiene como objetivo principal esta reducción del desperdicio.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- 1- Se enfoca desde la perspectiva de mantenimiento conocer las máquinas, su operación y las fallas que afectan de forma directa este indicador de desperdicio, realizando una hoja de vida por máquina que permita llevar un control de tareas ejecutadas en cuanto a mantenimiento y resume de forma efectiva la información técnica de cada una de las máquinas.
- 2- Se definen acciones con base en la información recolectada con el apoyo del personal operativo de la planta, así como del personal de mantenimiento, como lo son la corrección de las fugas del material (las cuales son un desperdicio directo que afecta el indicador de desperdicio), los cambios de las cámaras de aire de las extrusoras (los cuales son indispensables para garantizar la calidad del producto final y así mejorar la procesabilidad en los procesos posteriores lo cual se ve reflejado directamente en el indicador de desperdicio ya que los procesos posteriores disminuyen su desperdicio)
- 3- Con asesoramiento externo por parte de la empresa Indunnova, contratada por plásticos ambientales se define la instalación de un sistema de refrigeración para uno de los anillos de aire de la extrusora #2, buscando el mejoramiento de las películas extruidas y por consiguiente la reducción del desperdicio.

Posteriormente desde un enfoque procedimental se define la instauración de un procedimiento de registro de desperdicio o retal con el objetivo de conocer el indicador de retal de forma más real y como cambia en el tiempo.

Objetivos Específicos:

- 1- Sensibilizar al personal operativo en la criticidad de los desperdicios.
- 2- Realizar una medición de los desperdicios generados en el proceso productivo, para clasificarlos según su procedencia y causa.
- 3- Definir acciones a corto, mediano y largo plazo, en pro del objetivo involucrando la actualización de procesos y activos de la empresa.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. MARCO TEÓRICO

En esta sección se explican los diferentes procesos productivos y como estos generan desperdicios de forma inherente, adicionalmente se visualiza algunas de las materias primas más relevantes para el proceso que permitan tomar decisiones en pro de la reducción del desperdicio, se observará la constitución de las máquinas extrusoras para comprender como las acciones tomadas dentro de la práctica ayudan a su operatividad y por consiguiente como se reduce el desperdicio.

5.1. Materias primas

La operatividad dentro del primer proceso productivo que es la extrusión de película soplada depende mucho de las materias primas utilizadas ya que al procesar polietilenos de alta o baja densidad sus condiciones de operación cambian de forma considerable y por ende son de suma importancia para el entendimiento del proceso y cómo las acciones descritas afectan directamente estas condiciones.

5.1.1. Polietileno:

El polietileno de baja densidad (LDPE) es el polímero más simple desde el punto de vista químico. Este es polimerizado desde el monómero de etileno y consiste en una columna vertebral hecha de cadenas de carbono, donde cada átomo de carbono consta de dos moléculas de hidrogeno. Las moléculas o las cadenas de estas están hechas de miles y miles de átomos de carbono. Las cadenas de polietileno pueden distribirse de forma lineal o ramificada, dependiendo de cómo fue sintetizado el polímero. Ya que existen muchas técnicas para sintetizarlo (Cantor, 2011). En la Figura 2 podemos observar una sección de la molécula del polietileno.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

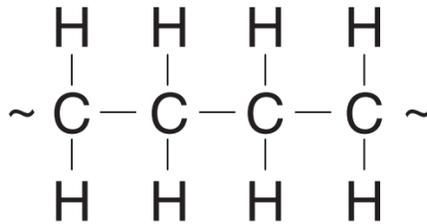


Figura 2. Molécula de polietileno (Cantor, 2011)

El calor específico del polietileno es $2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ } ^\circ\text{K}$, mucho mayor en comparación a otros polímeros, por esta razón las torres de enfriamiento para la película de polietileno son muy altas, ya que se requiere de más tiempo para disminuir su temperatura antes de llegar a los rodillos de presión, puesto que si la película llega a estos antes de enfriarse se puede producir que ambas caras del material se queden pegadas, causando así un fenómeno comúnmente llamado bloqueo. (Cantor, 2011)

El polietileno se clasifica según su densidad en 2 clases, el polietileno de baja densidad y el polietileno de alta densidad.

5.1.2. Polietileno de baja densidad:

Este polímero posee una densidad de 0.91 a 0.93 g/cm³ posee una temperatura de fusión de 105 a 115 °C.

Gracias a su forma de sintetizarse este polímero posee dos tipos de secciones que se identifican como secciones amorfas y secciones cristalinas, dentro de su composición química, donde las secciones de mayor densidad son conocidas como las secciones cristalinas y por el contrario las secciones amorfas son aquellas de menor densidad, por lo cual, para el polietileno de baja densidad, existe una predominancia en las zonas amorfas de su composición, como se muestra en la Figura 3.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

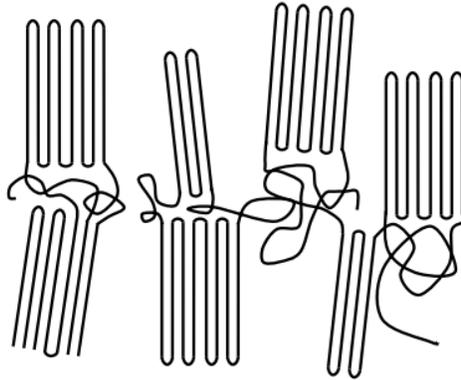


Figura 3. Secciones amorfas y cristalinas en el polietileno de baja densidad

Para ser procesado el polietileno de baja densidad requiere de baja potencia en el motor de la extrusora y tiene una temperatura de fusión relativamente baja.

El LDPE es considerado un material resistente con una buena relación entre el esfuerzo y la deformación, estas características optimas se logran cuando existe una orientación tanto en el sentido de máquina como en el sentido transversal durante el procesamiento, la sensación física del LDPE es mucho más confortable a la sensación rugosa del HDPE, sin embargo, no es tan rígido y fuerte como este. (Cantor, 2011)

5.1.3. Polietileno de alta densidad:

Este polímero posee una densidad de 0.93 a 0.96 g/cm³, este posee una temperatura de fusión entre 130 y 135 °C, siendo un polímero con un elevado grado de linealidad, siendo una estructura muy cristalina y consistente molecularmente, para el procesamiento de este polímero se requiere de un mayor torque de motor, así como una zona de enfriamiento mucho mayor (Cantor, 2011)

5.1.4. Pigmentos:

Los pigmentos son la forma más sencilla de brindar color a las películas extruidas, en el caso de la empresa se utilizan pigmentos concentrados en pellets que contienen un polímero conductor compatible con las materias primas a mezclar. (Cantor, 2011)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5.2. Procesos productivos.

La empresa está constituida por 3 procesos productivos principales sobre los que tiene alcance la práctica siendo estos; el proceso de extrusión como primer proceso de la empresa, el proceso de impresión de película plástica y por último el proceso de sellado de las bolsas las cuales son el producto final de la empresa.

5.2.1. Proceso de extrusión de película soplada:

El método de extrusión de película soplada consta de varias partes, que se pueden observar en la Figura 4.

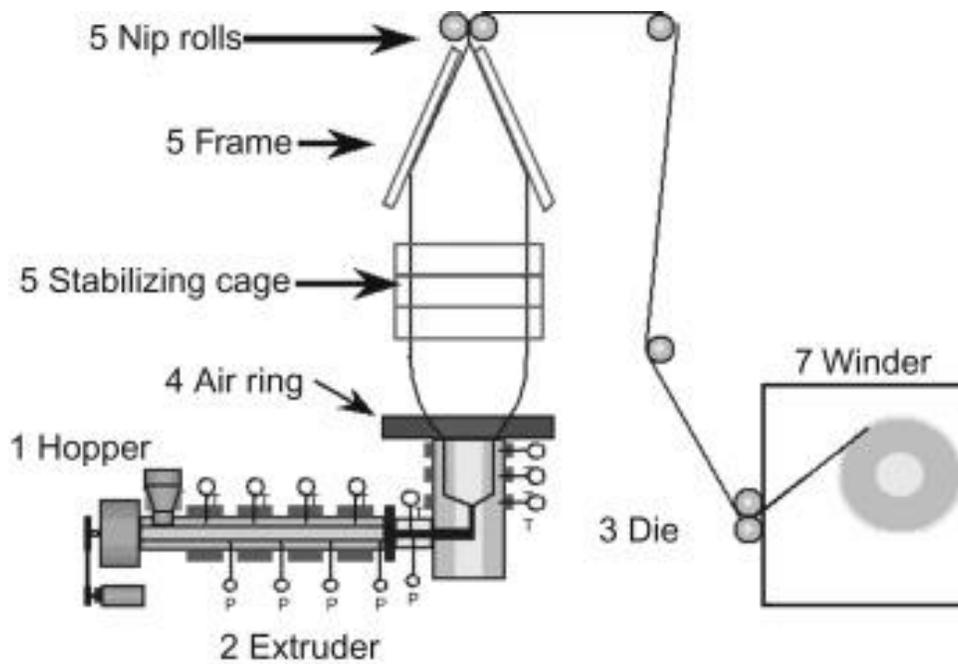


Figura 4. Esquema Proceso de extrusión de película soplada. (Wagner Jr., 2016)

Donde se observa la zona de extrusión que consta de una zona de alimentación o tolva, un tornillo sin fin, el cual tiene una construcción especial para asegurar eficiencia en el proceso, la camisa del tornillo la cual posee varias zonas de temperatura con controles independientes para controlar las temperaturas de fundición del material en las zonas más críticas, seguido está la zona del cabezal de extrusión, el cual consta de diferentes zonas de calentamiento para asegurar la homogenización de la película al salir por el dado o molde, se observa a la salida de este molde un anillo de aire que se encarga de refrigerar la película caliente al momento de salir por el molde, asegurando así la zona de enfriamiento y la

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

estabilidad de la película extruida, a unos 4 metros por encima de este se encuentran las cortinas de colapsado y los rodillos de presión, los cuales se encargan de aplanar la burbuja y permitir que la película extruida sea bobinada posteriormente por el bobinador. En el caso de la empresa antes de ser bobinado el material este debe ser tratado por un procedimiento que se conoce como tratamiento corona que se encarga de preparar la superficie para una buena adhesión de la tinta sobre este.

Las características de la película extruida se dan desde la etapa de mezclado, ya que se ingresan a la zona de mezclado las diferentes materias primas pertenecientes al proceso según la orden de producción y posteriormente en la máquina se le da el ancho de material solicitado, el calibre de la película y su característica de lámina o tubular.

5.2.1.1. Anillo o cámara de aire:

El anillo de aire o cámara de aire es la zona encargada de realizar el enfriamiento de la película extruida al momento de salir del molde, por lo cual es una parte fundamental para el proceso ya que un enfriamiento inadecuado puede causar una serie de problemas como son; descalibre, variación de medida y bloqueo de la película.

La cámara de aire posee en su interior una rosca interna que permite realizar el cambio de platos que están dentro y regulan el flujo de aire con la apertura y cierre de la salida del aire, existen dos tipos de platos, platos para la extrusión de LDPE y platos para HDPE, cada uno con sus características que permite variar considerablemente la zona de enfriamiento durante la extrusión a continuación, se muestran las características de la burbuja en la Figura 5.

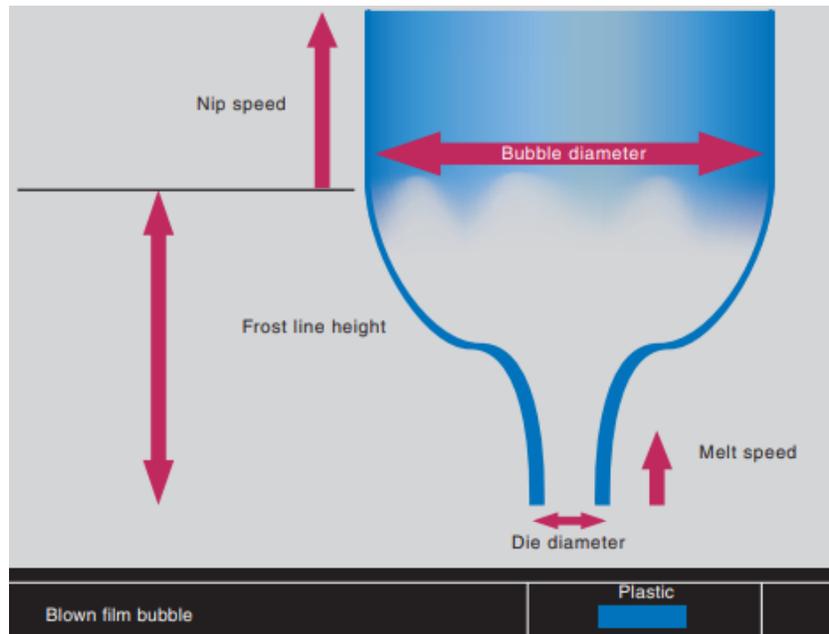


Figura 5. Características de la burbuja extruida (Cantor, 2011)

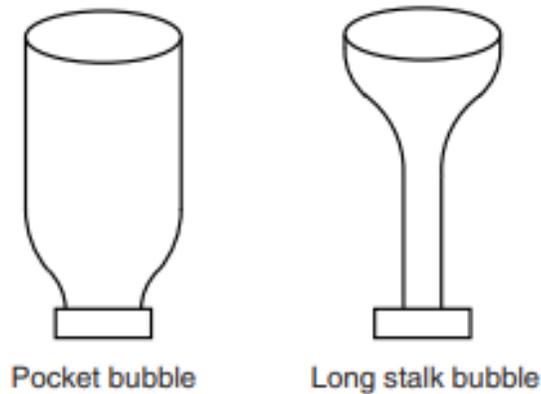


Figura 6. Tipos de burbuja según la zona de enfriamiento (Cantor, 2011)

La longitud de la zona de enfriamiento depende del tipo de material que se está extruyendo, siendo una zona de enfriamiento más alta para el HDPE y para el LDPE una zona mucho más corta como se muestra en la Figura 6.

5.2.2. Impresión flexo gráfica:

Las máquinas de impresión flexo gráfica están dotadas de un sistema de rodillos como se muestra en la Figura 7, donde se puede observar lo que compone a una unidad de entintado

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de la máquina impresora flexo gráfica; un rodillo entintador de silicona, el cual se encarga de transmitir la tinta desde la cubeta de tinta hacia el rodillo anilox, el rodillo anilox el cual es un rodillo con un grabado de micro células las cuales se encargan de transmitir una cantidad específica de tinta a la plancha impresora, esta última se encuentra sujeta al cilindro porta planchas para posteriormente transmitir la imagen de esta plancha al material plástico, tal como se muestra en la Figura 7.

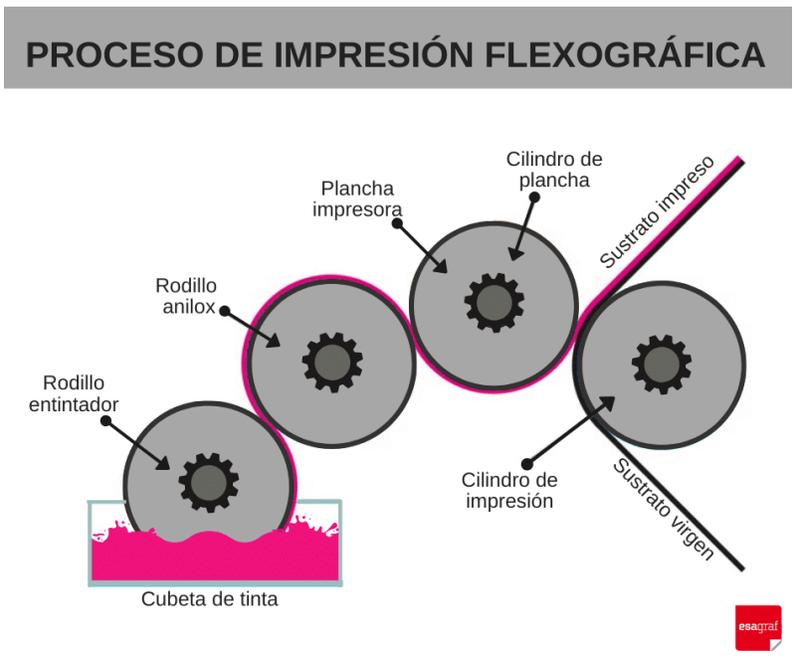


Figura 7. Unidad de entintado impresora flexo gráfica (esagraf, 2020)

Así se agregan los diferentes colores de las diferentes planchas que se encuentran en las 6 unidades de la impresora al material plástico para darle color y forma a los artes que solicita cada cliente.

Los desperdicios del proceso de impresión son asociados a los montajes de los diferentes pedidos dentro de la máquina, involucran el case de los colores, el ajuste de tonos y una buena definición de la imagen solicitada, estos desperdicios son inherentes al proceso, sin embargo, los materiales que llegan del proceso de extrusión también son una causa de desperdicio ya que estos no cumplen con todas las condiciones de calidad causando una impresión deformada.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5.2.3. Sellado de bolsas plásticas:

El proceso de sellado se realiza a través de cuchillas alrededor de 400°C a una velocidad máxima de 160 bolsas por minuto, estas máquinas están diseñadas con un servomotor en el arrastre de la película, el cual se encarga de darle el ancho a la bolsa y mantener la tensión de la película durante el proceso para conservar la velocidad mencionada, estas bolsas son extraídas por un carro de bandas para posteriormente ser empacadas por los operarios en paquetes según la orden de producción, esta área se considera el filtro de los procesos anteriores en cuanto al materia defectuoso, por esto es la segunda área con más desperdicio de la empresa, las causas más comunes son materiales con una formulación que afecta el sellado, materiales mal impresos y el desperdicio durante el montaje en el proceso.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

6. METODOLOGÍA

Durante el reconocimiento inicial de la planta de producción se identifica que el mayor desperdicio se asocia a el área de extrusión, por lo cual es el área donde se enfocan las tareas realizadas durante la práctica, siendo así con el objetivo de llevar un registro de las acciones posteriores sobre los activos de la empresa se crean las plantillas de las hojas de vida de todas las máquinas presentes, un ejemplo de esta plantilla se muestra en la Figura 23, seguidamente, se realiza un reconocimiento a profundidad de los defectos del área de extrusión que afectan directamente el desperdicio asociado, concluyendo que las dificultades del área recaen sobre las máquinas y sus principales problemas son:

- Los anillos de aire
- Fugas de material

Este análisis se profundiza en la sección Análisis del área), teniendo en cuenta estas dificultades se proponen y se ejecutan una serie de actividades que constan del asesoramiento, compra e instalación de los nuevos anillos o cámaras de aire para las extrusoras, instalación de un intercambiador de calor para mejorar de forma considerable la calidad del producto y la corrección de las fugas de material dentro del proceso, como se muestran en las secciones Cámaras de aire.; Intercambiador de calor extrusora 2. y Fugas de material.

Dentro de la práctica se evidencia que el procedimiento utilizado para la medición del desperdicio debe de ser modificado ya que no se generan datos que muestran la realidad actual, donde los kilogramos de desperdicio reportados por la empresa recicladora del desperdicio no concuerdan con el dato registrado en el sistema de la empresa, por lo cual se crea un procedimiento que se describe en la sección Medición del desperdicio.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

6.1. Hoja de vida maquinaria.

Inicialmente se identifican las máquinas y se realiza una plantilla de hoja de vida para plasmar las acciones de mantenimiento y mejoras enfocadas que se realizarán durante las prácticas, permitiendo a la empresa continuar con su registro y conservar la organización de estas, a continuación, se muestra un ejemplo de la plantilla creada en la Figura 23.

6.2. Análisis del área.

Dentro del plan se hace una reunión general con el área para comentar el estado actual del desperdicio en el área y conocer la postura de los operarios frente a la situación en cuestión, donde se expresan las siguientes inconsistencias pertenecientes a las máquinas del proceso:

- 1- Las cámaras de aire de las extrusoras 1 y 2 poseen un desgaste evidente ya que los platos que van roscados dentro de la cámara tienen una vibración constante que afecta directamente la calidad de la película extruida.
- 2- Todas las extrusoras poseen fuga de material dentro de los bloques de rotación de estas, lo cual genera desperdicio y un constante paro por temas de afectación de cableado en la zona.

En la Figura 8 se ilustran los problemas mencionados anteriormente.

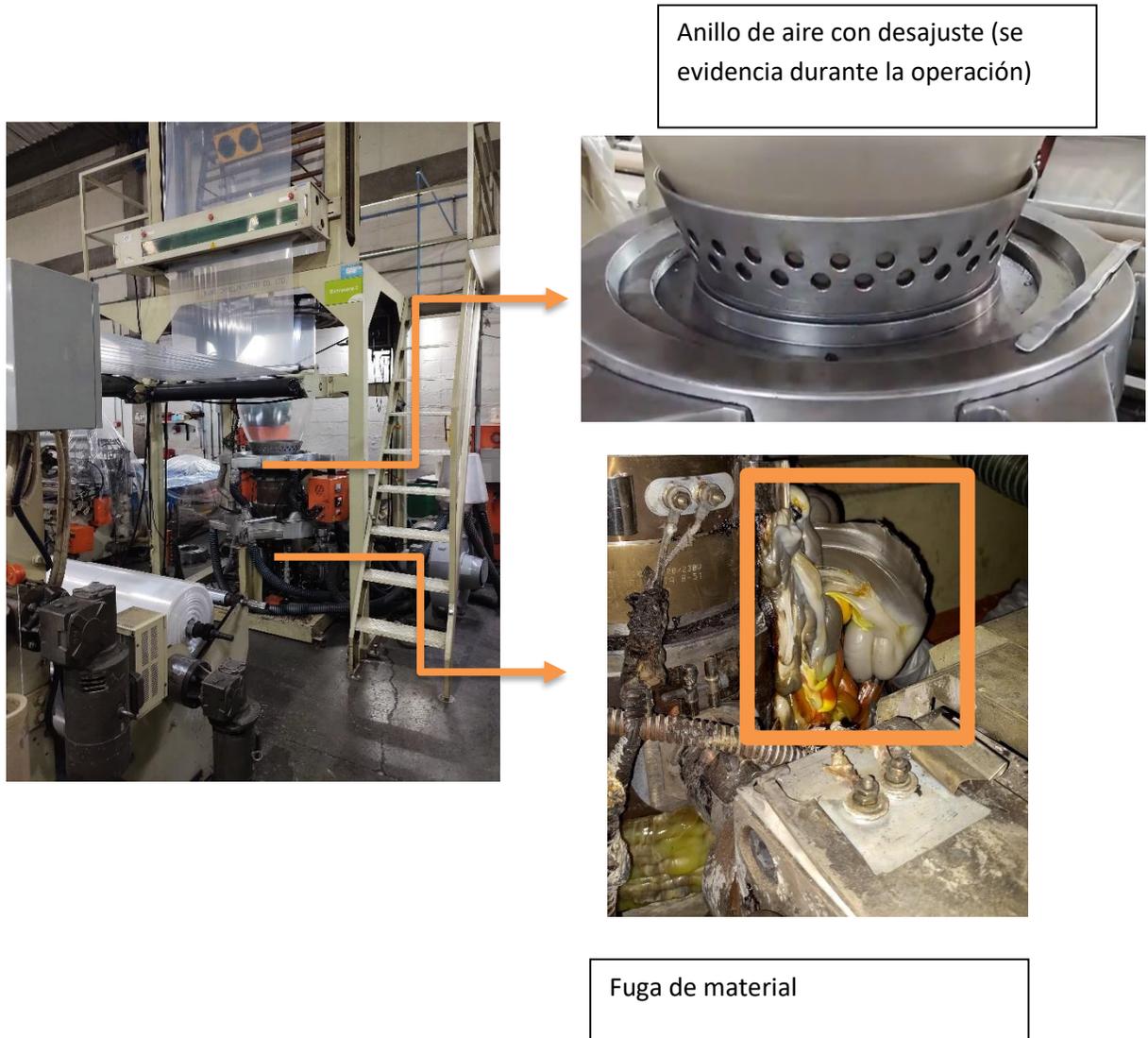


Figura 8. Descripción de fuga de material y problemas en cámara de aire extrusora #1 y #2

Teniendo en cuenta estos problemas se realizan las actividades para corregir dichas situaciones inconformes de la siguiente manera:

6.3. Cámaras de aire.

En reunión con el comité primario de la empresa se identifica la necesidad de comprar cámaras de aire nuevas con sus respectivos platos para mejorar el procesamiento en el área,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

por lo cual se realiza inventario de las cámaras, las características y se realiza el informe a la gerencia para su posterior consecución. Los resultados de la información obtenida fueron los siguientes:

Se identifican para las extrusoras #1 y #2, 4 moldes diferentes con unas boquillas de salida de material de 20 cm, 15cm, 12cm, 8cm y 7cm. Siendo que los platos dependen del molde y del tipo de material que se quiere extruir, en la planta existen:

- 1 plato LDPE 12cm
- 2 platos LDPE 20cm
- 1 plato HDPE 8cm
- 1 plato HDPE 12cm

Por lo cual se realiza la solicitud con estas características y los diámetros de ajuste de los moldes respectivos, así:

Tabla 1. Tipo de molde y su diámetro de ajuste.

MOLDE	DIÁMETRO DE AJUSTE
200 MM	340 mm
120 MM	215mm
80 MM	240 mm
150MM	245 mm
70 MM	240 mm

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 9. Molde de extrusión mostrando el diámetro de ajuste

Se realiza la solicitud con el proveedor Ruiplast en China y se realiza la recepción de las cámaras de aire y los platos nuevos para el montaje en las extrusoras #1 y #2.

Se realiza inspección de los dispositivos al momento del descargue y se identifican que los diámetros de ajuste asignados no cumplen con los requeridos, siendo así se envían para la empresa Frematec S.A.S donde es realizado el mecanizado y centrado de los platos para su ajuste en los moldes.

Adicional no se recibe la cámara LDPE de 20cm en su defecto se recibe cámara LDPE de 15cm, lo cual hace que las cámaras no sean aptas para el montaje en la extrusora #2, por lo tanto, se define con gerencia la compra de esta cámara.

Posteriormente se monta la cámara de aire de HDPE de 12cm y se realizan las pruebas sobre la extrusora #1 como se muestran en la Figura 1010 y Figura 1111.



Figura 10. Extrusora #1 con cámara HDPE y plato de 12cm



Figura 11. Cámara de aire LDPE en extrusora #1

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Después del montaje de la cámara se observó una notable mejoría en la calidad del producto final, en cuanto a temas de calibre y se logró un aumento de velocidad de la máquina de un 20%, mejorando notablemente la relación entre el retal y la producción del área.

6.4. Intercambiador de calor extrusora 2.

Luego de revisar con la empresa externa Indunnova se define que las máquinas extrusoras requieren de un intercambiador de calor para el aire en la entrada de la turbina que surte a las cámaras, para refrigerar el aire y mejorar la calidad de la película extruida, siendo así, se hace requerimiento de un intercambiador de calor para ser instalado directamente del tanque del enfriador de agua que ya se encuentra dentro de la planta.

Se realiza el montaje de una bomba de 1hp junto al tanque y se realizan las perforaciones y se montan los flanches dentro del tanque para la succión y retorno del agua fría, se construye base para el intercambiador y se realiza acople a través de una boquilla fabricada en acero galvanizado, como se muestra en la Figura 12, Figura 13 y Figura 14.



Figura 12. Conexión Enfriador de agua, tanque y bomba



Figura 13. Tubería de distribución de agua fría



Figura 14. Intercambiador montado en turbina de extrusora #2

Posteriormente se pone en marcha el sistema con un mando por pulsadores instalado en la máquina y se realizan pruebas, donde se obtiene una muestra del material antes de la puesta en marcha del intercambiador y una muestra después de la puesta en marcha, cabe

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

resaltar que se hace una observación a la gerencia de que el sistema no funcionará ya que requiere de una gran capacidad de enfriamiento por lo tanto se debería de aumentar la capacidad del enfriador de agua realizando la compra de uno con mayor capacidad para surtir los sistemas acoplados a él, sin embargo se decide avanzar con la instalación y puesta en marcha del intercambiador en forma de prueba para definir si es justificada la compra del nuevo enfriador de agua o no.

6.5. Fugas de material.

Para la corrección de las fugas en el bloque interior de la máquina extrusora se realiza el desarme de la máquina para visualizar la causa de este y poder corregir de forma efectiva.

En la Figura 15 se observa el despiece del bloque inferior de las máquinas extrusoras #1 y #2,

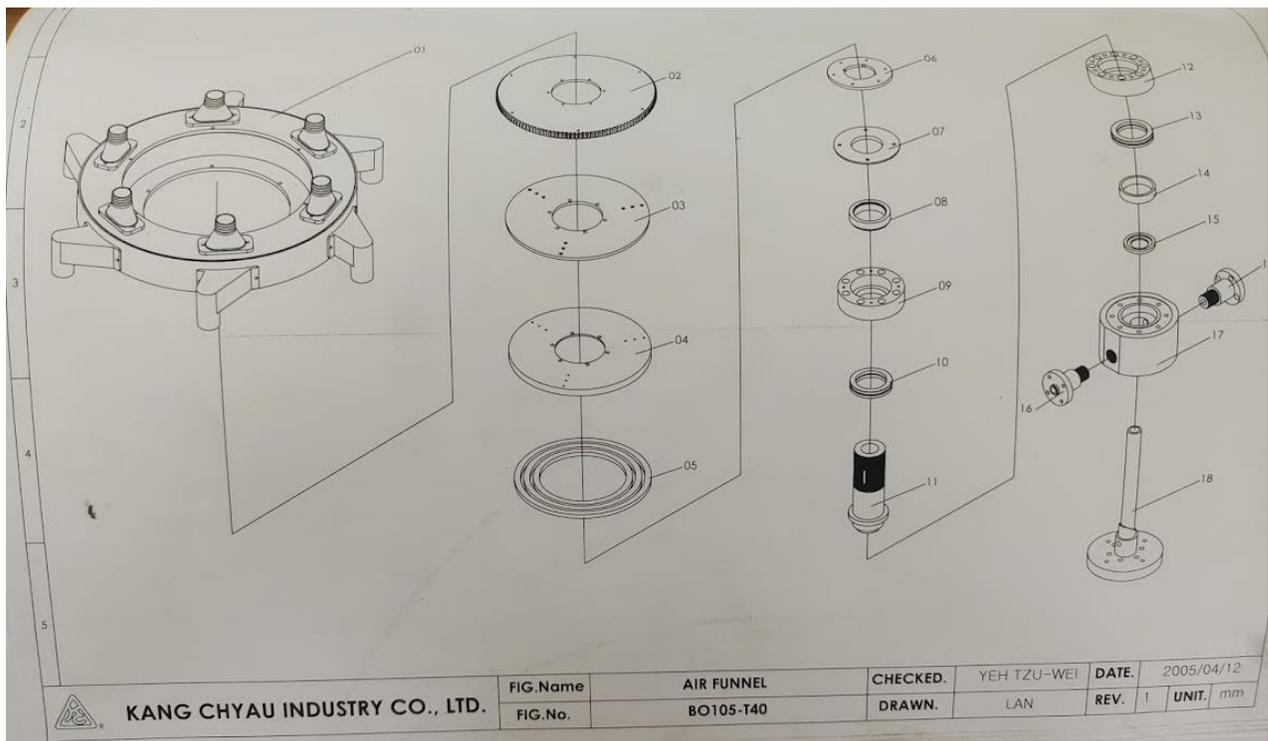


Figura 15. Despiece de bloque inferior máquina extrusora #1 y #2

Entendiendo el despiece de la máquina se procede a realizare el desarme de esta, para visualizar el estado de los componentes internos y se encuentra el sello de bronce encargado de evitar que el

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

material se escape con cierta deformación en la parte inferior como se muestra en la Figura 16, por lo cual se define que este se debe de fabricar para realizar el reemplazo y corregir la fuga.



Figura 16. Sello de bronce malo máquinas extrusoras. (numeral 15 de figura15)

Luego se realiza el plano con las medidas y un modelo del ensamblaje del sello dentro del bloque inferior de la extrusora, como se muestra en la Figura 17 y Figura 18

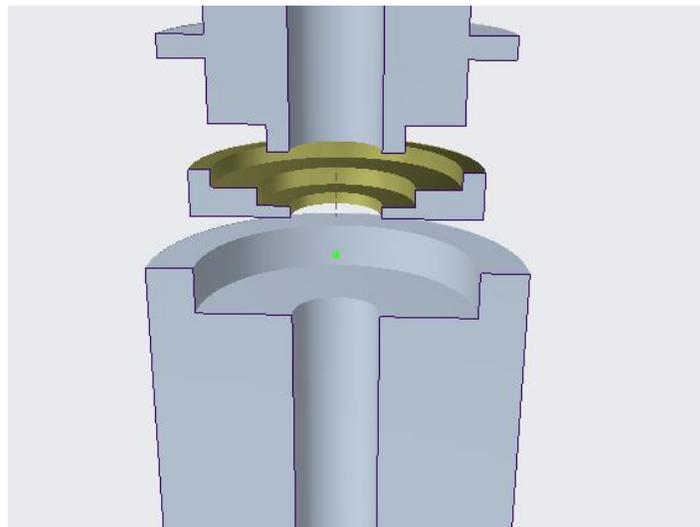


Figura 17. Ensamblaje de sello de extrusora

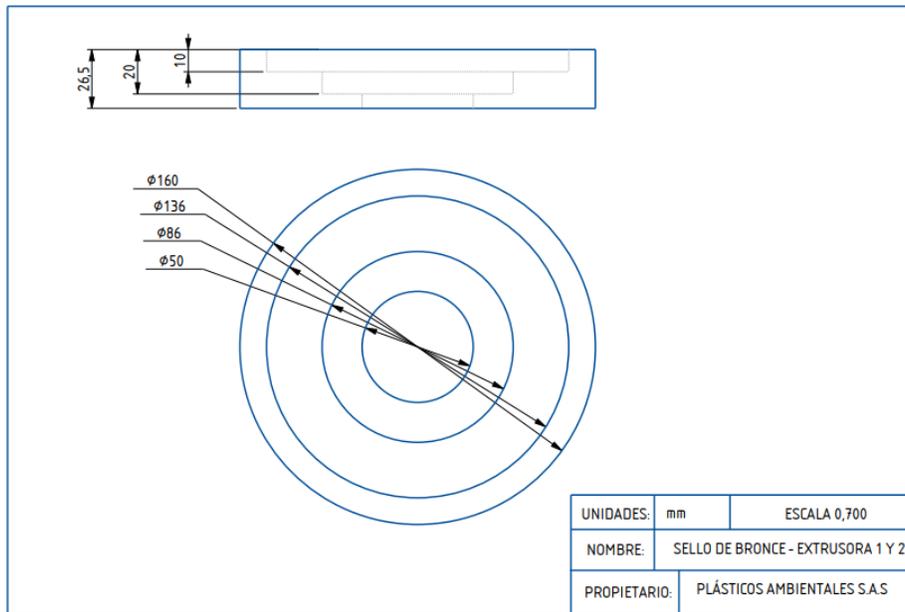


Figura 18. Medidas de sello nuevo

Siendo así se fabrica el nuevo sello en bronce SAE 65 con las medidas descritas anteriormente y se procede a realizar el ensamblaje final quedando el bloque inferior de la máquina como se muestra a continuación



Figura 19. Ensamblaje de bloque inferior.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

6.6. Medición del desperdicio.

Con la información de las máquinas y los procesos productivos se toma como enfoque principal un esquema de control básico, donde se realiza una medición inicial del desperdicio para posteriormente definir las acciones enfocadas en los objetivos.

Para la medición inicial del desperdicio se realiza el siguiente procedimiento:

- 1- Los operarios de las máquinas extraen el material de desperdicio.
- 2- Pesan el desperdicio en los puntos destinados para esto.
- 3- Registran la información pertinente en el sistema de la empresa el cual consta de un módulo para el registro del retal que no se usa actualmente y tiene la interfaz mostrada en la Figura 20.

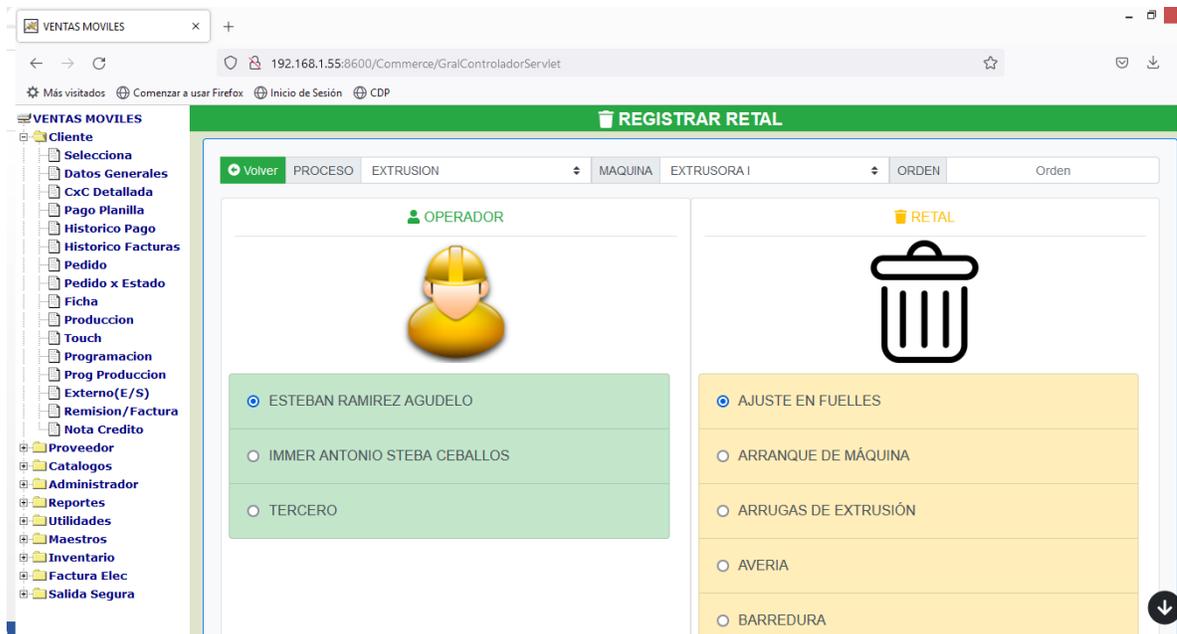


Figura 20. Interfaz de módulo de retal de software de la empresa.

- 4- Posteriormente esta información es analizada y se obtienen los siguientes resultados durante los meses de mayo y junio.

Tabla 2. Información de retal mes de mayo y junio

MES	RETAL (kg)	PESO VENDIDO (kg)	PORCENTAJE DE RETAL
MAYO	2487	79179	3,14%
JUNIO	3786,5	84000	4,51%

Debido a que existe una gran diferencia entre los pesos de retal reportados por el personal operativo y por la empresa dedicada al reciclaje del desperdicio o retal, se decide que el procedimiento de ingreso al sistema difiera al anterior en que las personas encargadas del ingreso de la información al sistema no sean los operarios directamente si no realizado por el personal de logística de la empresa, para lo cual se crea el rótulo que se muestra en la Figura 21 para que la información sea ingresada allí por los operarios y luego por el personal logístico al sistema

REGISTRO RETAL

O.T. _____

ÁREA: _____

MÁQUINA: _____

OPERADOR:

CAUSA DE RETAL:

PESO: _____

Figura 21. Rótulo de registro de retal

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con base en esta información recogida dentro del mes de julio se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de retal del mes de Julio

MES	RETAL O		PORCENTAJE DE RETAL
	DESPERDICIO (kg)	PESO VENDIDO (kg)	
JULIO	9053,41	84000	10,78%

6.7. Manual de Extrusión.

Con base en estos resultados se despliega en primera instancia el trabajo con el área de extrusión, siendo este el primer proceso de la empresa, y la causa de mayor desperdicio de la empresa.

- 1- Inicialmente se crea un manual para el área que funciona como fundamento para la toma de decisiones In situ por parte de los operarios y mejorar considerablemente tanto la productividad como la calidad del producto final, este manual consta de la siguiente información:
 - a. Listado de datos de relaciones de soplado
 - b. Procedimiento de encendido y apagado de las máquinas.
 - c. Procedimiento de despigmentación
 - d. Fallas comunes en el proceso de extrusión.
- 2- Se realiza retroalimentación al personal operativo de los resultados obtenidos definiendo así el estado actual de la empresa y las metas propuestas por la gerencia.
- 3- Se identifica con la ayuda del personal de planta los faltantes más críticos de las máquinas extrusoras en cuanto a temas de mantenimiento y de periféricos que ayudan al mejoramiento de la productividad y operación de estas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

6.8. Impresión y sellado.

En los procesos posteriores a la extrusión de la película se realiza un trabajo de socialización de los resultados cada mes con el personal operativo, aclarando que se debe reducir el desperdicio del proceso, siempre asegurando la calidad de los productos y la productividad de este.

Adicional durante el análisis en cuanto a temas productivos y de costos, realizado por la gerencia, se define la compra de una nueva máquina selladora de bolsas con el objetivo de mejorar la producción y reducir el desperdicio reemplazando una de las máquinas actuales que se encuentra muy por debajo del promedio actual de la empresa.

Se decide que la máquina sea adquirida a nivel nacional para mejorar la capacidad de adquisición de repuestos, servicio técnico y capacitación en cuanto a la operación de la máquina.

En compañía de la gerencia se definen las características y condiciones que se desean para adquirir la máquina selladora nueva, se realiza una visita a las instalaciones del proveedor (Maquinplast Ltda.) y se define adquirir la máquina selladora lateral ZS100, por su versatilidad en cuanto diferentes tipos de selles, los accesorios ofrecidos por el proveedor en cuanto a variedad de selles y capacidad de producción. En la tabla 4 observamos los datos técnicos de esta selladora y en la Figura 22 se observa el modelo de la selladora de bolsas adquirida.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 4. Datos técnicos selladora lateral ZS 100 de maquinplast (Maquinplast Ltda., 2019)

Datos técnicos

Modelo	ZS80	ZS100
Ancho sellado	80 cm	100 cm
Largo de bolsa	8 – 250 cm	8 – 250 cm
Selles por minuto	Hasta 250	Hasta 250
Motor pisón sellador	2.4 HP	2.4 HP
Motor tapete extractor	1.2 HP	1.2 HP
Motor rodillos onduladores	0.6 HP	0.6 HP
Motor desbobinador	1.0 HP	1.0 HP
Servo motor	2.4 HP	2.4 HP
Resistencia pisón superior	3000 w	3800 w

Como se puede observar que la característica más llamativa de esta máquina es su gran velocidad ya que es capaz de alcanzar una velocidad de 250 bolsas por minuto.

Selladora automática



Figura 22. Esquema de máquina selladora ZS100 adquirida por la empresa (Maquinplast Ltda., 2019)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Así se termina la descripción de las prácticas realizadas y se muestran los resultados obtenidos en la sección 38 Resultados y Discusión.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

7.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Hoja de vida de maquinaria

Se muestra el formato de la hoja de vida de maquinaria realizado durante la práctica:

	Nombre		Datos del proveedor:			
	Selladora automática HEMINGSTONE		Nombre:	HEMINGSTONE MACHINERY LTDA.		
	Código:	Selladora #1	Fecha de adquisición:			
	Fecha de puesta en marcha:		Contacto:			
	Marca:	HEMINGSTONE	Velocidad máx. máquina:	200 pcs/min		
	Modelo:	JP-32SE-SV	Potencia:	4,7 kw		
	Ubicación:	Sellado	Existe Manual:	Si		
	Peso:		Existe planos eléctricos:	Si		
	Ancho de máquina	100 cm	Existe planos mecánicos:	Si		
		Criticidad:	Alta			
Condiciones de operación: temperatura de mordaza de selle estable dentro del rango de operación, temperatura de troquel estable (en caso de ser necesario), plamntilla de perforación montada e instalada (en caso de ser necesaria), rodillos haladores (delanteros y traseros) sin desgaste en el caucho, asegurando la presión estable, rodillos de acompañamiento con rodadura libre, bandas de extracción con velocidad programada por el operario, panel táctil funcional, sistema de tensión (balancín) funcional y estable, circulación de agua constante por el refrigerador de la mordaza, tiempo entre sellado y halado según explica manual de operación, pág 41, rodillos extractores de bolsas ajustados según manual, pág 43, rodillos de bandas extractoras ajustados según medida de la bolsa (Abajo bolsa pequeña, arriba bolsa grande).						
Función principal: Sellado de Bolsas en polietileno de alta y baja densidad, con o sin troquel, con o sin perforaciones, con o sin fuelles, con o sin solapas, conservando las medidas constantes de la bolsa con o sin impresión, sin arruga y con material tensionadoa una velocidad máxima permitida por el programa de la máquina						
Fecha	Labor realizada	repuestos	proveedor	observaciones	tiempo de ejecución	Tiempo de paro

Figura 23. Plantilla de hoja de vida creada para el registro de actividades en máquinas

Este formato ayuda a la organización ya que permite mantener el control de los cambios y mejoras realizadas en cada máquina durante la práctica y en momentos posteriores a ella, permite conocer claramente las características técnicas más relevantes de las máquinas y las condiciones básicas para operarlas.

7.2. Cámara de aire nueva.

Según las pruebas realizadas con las cámaras de aire de la extrusora se identifica que estas cámaras sólo pueden ser utilizadas en la extrusora #1, debido a que estas son perfectas para el tamaño del molde de esta máquina. Se realizan las pruebas con la cámara de HDPE (Figura 10) y se evidencia que la cámara tiene ciertas restricciones en cuanto a los anchos de la

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

película extruida, ya que, su diámetro interno no permite que los anchos máximos de la lámina extruida no superen los 85 cm; por lo cual se concluye que esta cámara no es funcional en cuanto a las necesidades de la máquina.

Se realizan las pruebas con la cámara de LDPE (Figura 11) con la cual se observa una notable mejoría en temas de producción permitiendo que la máquina aumentase su productividad de 35 kg/h a 47kg/h y permite realizar la extrusión tanto de películas HDPE como LDPE definiendo con el área de producción que esta cámara no debería de cambiarse para la extrusión de las diferentes estructuras ya que permite que la zona de enfriamiento de la burbuja pueda variar según la cantidad de aire que entra a la misma y conservar la estabilidad de esta.

7.3. Instalación de intercambiador de calor.

Al hacer seguimiento de la instalación y funcionamiento del intercambiador de calor se observan mejorías en el proceso de producción, permitiendo que el aire se refrigere antes de entrar en la cámara aire, lo cual mejora la estabilidad de la burbuja, la apariencia del material y conservar el calibre constante en toda la película extruida.

7.4. Fugas de material en máquinas extrusoras.

Posteriormente a la instalación de los sellos de las máquinas extrusoras se realiza un seguimiento constante para verificar la hermeticidad de estas, al finalizar la práctica se observa que las fugas se encuentran corregidas, concluyendo así que las fugas de material no serán un problema al corto ni mediano plazo en la empresa.

7.5. Medición de retal.

Durante la medición de los desperdicios generados por las diferentes áreas se obtienen los siguientes resultados:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 5. Resumen de desperdicio, producción y porcentaje de desperdicio

MES	RETAL (kg)	PESO VENDIDO (kg)	PORCENTAJE
			DESPERDICIO
MAYO	2487	79179	3,14%
JUNIO	3786,5	84000	4,51%
JULIO	9053,41	85677	10,57%
AGOSTO	10562	89565	11,79%
SEPTIEMBRE	8141,99	96648,9	8,42%
OCTUBRE	8247,27	85547,8	9,64%

Donde se puede observar la deficiencia que existe en el reporte del desperdicio realizado por los operarios en los meses de mayo y junio, adicional se observan cifras más exactas a la hora de realizar el cambio de medición y su mejoramiento con las actividades mencionadas, cabe resaltar que la meta planteada por la gerencia no se cumple, sin embargo, la empresa es consiente que el objetivo es demasiado ambicioso y requiere de más tiempo para lograrse.

Por lo cual se concluye que los procedimientos instaurados y las tareas realizadas mejoraron considerablemente el indicador de desperdicio, aunque no se cumpliera el objetivo planteado.

7.6. Adquisición de máquina nueva.

Se cierra el negocio de la adquisición de la máquina selladora ZS 100 con la empresa maquinplast y se espera que sea recibida en febrero del año 2022 con una promesa de aumento de productividad y así mejorar las condiciones en cuanto a la tasa de desperdicio de la empresa.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

8.CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

8.1. Conclusiones.

- Se puede concluir específicamente que los trabajos realizados impactaron de manera positiva el indicador de desperdicio en la empresa.
- Se concluye que la construcción de los sellos de las extrusoras cumplió con las expectativas y su funcionamiento.
- El intercambiador de calor de las extrusoras no se observa como una inversión justificada en cuanto al mejoramiento del proceso comparándolo con la inversión a realizar.
- Los procedimientos de medición de desperdicio se introyectaron dentro de todas las áreas de la empresa y se encuentra cumpliendo la función correctamente.

8.2. Recomendaciones.

- Se recomienda realizar un análisis más riguroso antes de la adquisición de equipos de refrigeración ya que las variables que pueden afectar son muy variadas y todas se deben de tener en cuenta a la hora de estudiar estos equipos en un proceso nuevo.
- La empresa es una empresa mediana con un gran potencial de crecimiento, se recomienda que el área de mantenimiento sea estructurada con personal calificado para darle una mejor organización a los procesos en los que se involucre, permitiendo así una reducción en las fallas constantes y una planeación mejor en cuanto a los mantenimientos preventivos que se puedan aplicar.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

8.3. Trabajo futuro.

- Se dejan los controles del desperdicio y de las hojas de vida de las máquinas instaurados y en funcionamiento, para que se lleve la información de forma mucho más ordenada y sea trazable, en cualquier necesidad que la empresa tenga, es importante que se lleven estos registros en el futuro para seguir trabajando en pro del objetivo que plantea la gerencia.
- Se deja como trabajo posterior a la practica la instalación de la máquina selladora nueva, así como la creación de la hoja de vida y la capacitación del personal en cuanto al funcionamiento de esta.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

9. REFERENCIAS

Cantor, K. (2011). *Blown Film Extrusion*. Pennsylvania: Hanser publications.

esagraf. (2 de 04 de 2020). *esagraf*. Obtenido de esagraf:
<https://www.esagraf.com/caracteristicas-impresion-flexografica/>

Maquinplast Ltda. (2019). *maquinplast*. Obtenido de <https://maquinplast.com/inicio/selladora-automatizada-zs80-zs100/>

McKeen, L. W. (2017). *Permeability Properties of Plastics and Elastomers (Fourth Edition)*.

Wagner Jr., J. R. (2016). *Multilayer Flexible Packaging (Second Edition)*.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES _____ *Arny A Zapata Esp.*

Elizabeth Rodríguez A.

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: 01 de junio de 2022

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____