

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS  
EN LA EMPRESA FORLÁN LTDA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE BALANCES  
DE MATERIA Y ENERGÍA**

**MIGUEL ANGEL CARDENAS SEOANES**

**LEONARDO HERNANDEZ ORTIZ**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
VALLEDUPAR**

**2019**

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS  
EN LA EMPRESA FORLÁN LTDA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE BALANCES  
DE MATERIA Y ENERGÍA**

**MIGUEL ANGEL CARDENAS SEOANES  
C.C. 1.065.612.197**

**LEONARDO HERNANDEZ ORTIZ  
C.C. 1.067.813.740**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Agroindustrial**

**Director de Tesis:  
JORGE LUIS OROZCO OSPINO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
VALLEDUPAR  
2019**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

-----

-----

-----

-----

**Firma del presidente del jurado**

-----

**Firma del jurado**

-----

**Firma del jurado**

**Valledupar, Marzo de 2019**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es el resultado de una constante labor, que con mucho sacrificio y esmero he realizado. Es de gran significado, ya que refleja una etapa de superación.

De esta manera, es dedicado sobre todas las cosas a Dios, ese ser supremo que nos da la vida, ese que guía mi caminar y nos permite ser instrumento de bien y practicar mis conocimientos.

A mis padres por su apoyo, colaboración y amor, quienes me enseñaron que estos esfuerzos son el camino para llegar al éxito.

A mi familia por ser el apoyo en todo momento, A mis hermanos por su apoyo incondicional, y a todos los que de una u otra forma me motivaron y apoyaron en esta etapa.

**Leonardo Hernández Ortiz**

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi guía y mi fortaleza en cada paso de mi vida.

A mis padres por creer en mí y darme todo su apoyo durante la carrera, especialmente, a mi madre a quien admiro por su superación personal ejemplo fundamental en mi vida.

A mis hermanos por estar conmigo en los momentos de alegría y de tristeza; por su actitud de ayuda y comprensión.

A mi compañero de tesis a quien admiró por sus esfuerzos para el logro de su carrera y de este proyecto; que con sus conocimientos brindo aportes útiles y valiosos para el desarrollo de este trabajo, además con su actitud de superación me enseñó a luchar por lo que se quiere.

**Miguel Ángel Cárdenas Seoanes**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a:

A nuestro Asesor **JOSE LUIS OROZCO OSPINO**, por orientarnos en la elaboración de este proyecto, por el tiempo dedicado y por los valiosos aportes hechos durante el proceso de formulación, investigación y análisis de la información recolectada.

A la Universidad de Popular del Cesar, al programa de Ingeniería Agroindustrial por darnos la oportunidad de enriquecer nuestros conocimientos y porque con ella nuestros sueños son una realidad.

A la empresa **FORLÁN LTDA**, por acceder a involucrarnos en el proceso de producción de bolsas plásticas permitiéndonos adquirir conocimientos y experiencias.

A todos quienes depositaron en nosotros confianza y nos abrieron un espacio en sus vidas, permitiéndonos aprender de ellos, mil gracias.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA EMPRESA FORLÁN LTDA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA.....	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
Formulación del Problema.....	3
2. JUSTIFICACION .....	3
3. OBJETIVOS .....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos .....	5
4. MARCO DE REFERENCIA.....	5
4.1. ANTECEDENTES.....	5
4.2. MARCO TEÓRICO .....	7
4.2.1. PLÁSTICOS INDUSTRIALES .....	7
4.2.1.1. Propiedades de los plásticos .....	8
4.2.1.2. Clasificación de los plásticos industriales .....	9
4.2.1.3. Procesamiento de los plásticos.....	13
4.2.1.4. Factores y elementos que participan en la producción de bolsas plásticas 18	
4.2.1.5. Descripción del proceso de elaboración de bolsas plásticas.....	23
4.2.2. BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA .....	25
4.2.2.1. Principio General de Conservación y Ecuaciones De Balance .....	27
4.2.2.2. Balance de Materia .....	27
4.2.2.3. Balance de Energía .....	29
5. DISEÑO METODOLÓGICO .....	30
5.1. Tipo de investigación .....	30
5.2. Método.....	30
5.3. Población .....	31
5.4. Muestra y tamaño .....	31

5.5. Técnicas de recolección de información .....	31
5.6. Instrumento de recolección de información .....	32
5.7. Metodología .....	32
5.7.1. Materiales.....	33
6. DESARROLLO DE ACTIVIDADES .....	33
6.1. Visita y reconocimiento de la Planta de Producción .....	34
6.2. Identificación y/o localización de pérdidas .....	35
6.3. Características generales de la planta de producción Forlán Ltda. ....	35
6.4. Control de producción y materia prima .....	35
6.5. Seguimiento y evaluación de las pérdidas.....	39
6.6. Procedimiento Matemático .....	39
6.7. Toma de datos en el proceso de producción .....	40
6.8. Balance de Materia en el Proceso de Producción de Bolsas Plásticas ....	48
6.8.1. Resultados y Análisis del Balance de Materia en el Proceso de Producción de Bolsas Plásticas en Forlán Ltda. ....	66
6.8.1.1. Rendimiento del Proceso de Producción .....	66
6.8.1.2. Conservación de la Materia en la Producción de Bolsas Plásticas.	69
6.8.1.3. Validez de formula en la aplicación del Balance de Materia en el proceso de producción de bolsas plásticas .....	70
6.9. Balance de Energía Eléctrica en el Proceso de Producción de Bolsas Plásticas .....	73
6.9.1. Resultados y Análisis del Balance de Energía Eléctrica en el Proceso de Producción de Bolsas Plásticas en Forlán Ltda. ....	78
CONCLUSIONES .....	81
RECOMENDACIONES .....	83
ANEXOS .....	84
Anexo 1. Especificaciones Técnicas y datos de Placas Maquinaria Forlán Ltda. .....	84
BIBLIOGRAFIA.....	86

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1	Proceso de Entrada y Salida de materiales en Orden No. 25.....	52
Tabla 2	Proceso de Entrada y Salida de materiales en Orden No. 30.....	54
Tabla 3	Proceso de Entrada y Salida de materiales en Orden No. 35.....	56
Tabla 4	Proceso de Entrada y Salida de materiales en Orden No. 40.....	58
Tabla 5	Proceso de Entrada y Salida de materiales en Orden No. 45.....	60
Tabla 6	Balance de Masa de Producción de Bolsas Plásticas para el Mes 1 .....	62
Tabla 7	Balance de Masa de Producción de Bolsas Plásticas para el Mes 2 .....	63
Tabla 8	Balance de Masa de Producción de Bolsas Plásticas para el Mes 3 .....	64
Tabla 9	Balance de Masa de Producción de Bolsas Plásticas para el Mes 4 .....	64
Tabla 10	Balance de Masa de Producción de Bolsas Plásticas para el Mes 5 .....	65
Tabla 11	Matriz de Perdidas y Rendimientos de Forlán Ltda. ....	67
Tabla 12	Matriz de Evaluación y Decisión de Forlán Ltda. ....	71
Tabla 13	Matriz Instalación Nominal vs Energía Consumida .....	74
Tabla 14	Matriz Instalación Nominal vs Energía Consumida Completa.....	78

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Matriz Control de Materia Prima e Inventario Forlán Ltda.....	37
Figura 2 Matriz de Análisis de Producción Forlán Ltda.....	38
Figura 3 Nueva Matriz de Control de Producción Forlán Ltda. ....	41
Figura 4 Nueva Matriz de Control de Inventario Forlán Ltda. ....	43
Figura 5 Matriz Materia Prima Inicial en Bodega - MPIB .....	45
Figura 6 Matriz Materia Prima Entrante en Bodega - MPEB.....	46
Figura 7 Matriz Materia Prima Final en Bodega - MPFB.....	47
Figura 8 Polietileno de Baja Densidad .....	48
Figura 9 Bodega de almacenamiento Forlán Ltda. ....	48
Figura 10 Burbuja de plástico en la maquina extrusora .....	49
Figura 11 Polietileno granulado en la maquina extrusora .....	49
Figura 12 Película de plástico en la maquina extrusora.....	49
Figura 13 Rollos de plástico salientes de máquina extrusora .....	49
Figura 14 Rollo de plástico en maquina selladora .....	50
Figura 15 Paquetes de bolsas plásticas .....	50
Figura 16 Desperdicio de plástico en proceso de producción.....	50
Figura 17 Bolsas plásticas .....	50

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de proceso y cantidades Orden No. 25.....	52
Ilustración 2 Diagrama de proceso y cantidades Orden No. 30.....	54
Ilustración 3 Diagrama de proceso y cantidades Orden No. 35.....	56
Ilustración 4 Diagrama de proceso y cantidades Orden No. 40.....	58
Ilustración 5 Diagrama de proceso y cantidades Orden No. 45.....	60
Ilustración 6 Potencia Nominal vs Potencia Leída .....	79

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo realizar la optimización del proceso de producción de bolsas plásticas mediante la aplicación de balances de materias y energía eléctrica, tomando como punto de partida el principio general de la conservación y las ecuaciones de balance.

El desarrollo de la temática comienza con el abordaje sobre los plásticos industriales, sus propiedades, clasificación, los procedimientos y métodos empleados para su procesamiento así como los distintos tipos de materiales y maquinarias necesarias para lograr su transformación.

Seguidamente, se plantean la formulación de las ecuaciones de balance fundamentadas en la conservación de la materia y la energía, teniendo como base las entradas, salidas y el consumo de materia y energía que se presentan dentro de un proceso de transformación.

Por último, se aplican las ecuaciones de balance y energía formuladas al proceso de producción de bolsas plásticas de la empresa Forlán Ltda., logrando identificar los procesos que generan mayor cantidad de pérdidas dentro de la planta de producción, posibilitando realizar acciones preventivas y correctivas acordes al origen de las fallas detectadas.

**Palabras Clave:** Balance de Materia, Balance de Energía Eléctrica, Proceso de Producción, Bolsas Plásticas, Extrusión, Sellado, Principio de Conservación, Optimización, Perdidas, Desperdicio, Potencia (Kw).

## ABSTRACT

The objective of this study is to optimize the production process of plastic bags through the application of balance sheets of materials and electrical energy, taking as a starting point the general principle of conservation and balance equations.

The development of the subject begins with the approach on the industrial plastics, their properties, classification, the procedures and methods used for their processing as well as the different types of materials and machinery necessary to achieve their transformation.

Next, the formulation of balance equations based on the conservation of matter and energy is proposed, based on inputs, outputs and the consumption of matter and energy that occur within a transformation process.

Finally, the equations of balance and energy formulated to the process of production of plastic bags of the company Forlán Ltda. Are applied, being able to identify the processes that generate greater amount of losses inside the production plant, making possible to carry out preventive and corrective actions accordingly. to the origin of the detected faults.

**Keywords:** Balance of Matter, Balance of Electric Energy, Production Process, Plastic Bags, Extrusion, Sealing, Principle of Conservation, Optimization, Loss, Waste, Power (Kw).

## INTRODUCCIÓN

La optimización dentro del sector de la industria es fundamental teniendo en cuenta las implicaciones económicas que esta atañe a las organizaciones. Considerando lo anterior, el presente estudio es sobre la optimización del proceso de producción de bolsas plásticas en la empresa Forlán Ltda.

Como problemática se plantea la aplicación de balances de materia y energía eléctrica como herramienta de optimización del proceso de producción de bolsas plásticas, debido que por medio de ellos se puede controlar y evaluar la producción dentro de una organización mediante la identificación y limitación de pérdidas y por ende la optimización de dichos procesos por medio de la toma de decisiones.

El estudio muestra las condiciones de mejora a la cual se enfrenta la empresa Forlán Ltda., teniendo en cuenta las falencias detectadas en el control sobre el proceso de producción de bolsas plásticas; de igual manera se manifiestan fallas en el control del inventario que se realiza en la empresa.

Apoyados en el Principio de Conservación en la materia y la energía, se establecen parámetros y puntos críticos en los procesos unitarios de producción de bolsas plásticas en la planta de Forlán Ltda., en los cuales se aplican los balances de materia y energía eléctrica con el propósito de medir la eficiencia y el rendimiento de cada etapa del proceso de producción.

Finalmente, se realiza el análisis de los resultados obtenidos mediante la aplicación de los balances de materia y energía eléctrica, pudiendo precisar en qué etapas del proceso de producción de bolsas plásticas en la empresa Forlán Ltda., se pueden implementar mejoras para lograr la optimización de la producción en dicha empresa.

# **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BOLSAS PLÁSTICAS EN LA EMPRESA FORLÁN LTDA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA**

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los adelantos tecnológicos y la evolución acelerada de las empresas, conduce a la inmediata necesidad de actualización en sus procesos productivos y la constante capacitación de su capital humano, durante todo el accionar de la misma. El análisis de las operaciones realizadas durante la transformación de un producto, puede aportar la información necesaria para realizar diagramas de procesos, los cuales permiten eliminar las principales deficiencias existentes en ellos, asegurando la estandarización de las operaciones y obtención de productos de calidad al menor costo posible.

Tal es el caso de la industria del plástico en Colombia, la cual se encuentra afectada por el fluctuante precio del petróleo y sus derivados, que constituyen la mayoría de materia prima utilizada, así como el incremento de la competencia dentro del mercado, por tales motivos se ven obligadas a constantes mejoras, con el objetivo de ser más rentables y presentar mejores ventajas competitivas en el demandante y difícil mercado nacional; es así como se ven en la necesidad inmediata de registrar y controlar sus procesos para reducir al máximo los desperdicios y situaciones que afectan de manera directa los costos de producción y márgenes de utilidad de las empresas.

En concordancia con lo anterior, en los últimos años se ha hecho notable la importancia de la optimización de procesos en el sector industrial, ya que el incremento de nuevas tecnologías, competencia y el sentido de proporcionar un producto terminado de mejor calidad, conlleva a las empresas modernas a buscar la mejora de los productos y su producción. En su gran mayoría el miedo a efectuar cambios a los procesos de producción, es el mayor inconveniente que tienen las

empresas en el momento de decidir la optimización de métodos dentro de su área operativa ya que dicho proceso conlleva la inversión de dinero, modificación de procedimientos antiguos en los que se tiene seguridad y confianza.

En ese contexto, la empresa Forlán Ltda., presenta un margen menor de utilidad respecto a sus competidores directos, lo cual, puede ser un indicador de fallas en el proceso de producción de las bolsas plásticas que fabrica, dichas deficiencias pueden deberse a una incorrecta administración de los recursos de la empresa. Los elevados costos de operación, entre los que se encuentra el alto consumo de energía y el inadecuado uso de insumos y materias primas, que se presentan en Forlán Ltda., hacen necesario la implementación de mecanismos que resulte en una optimización del proceso de producción de bolsas plásticas.

### **Formulación del Problema**

¿La aplicación de balances de materia y energía en la fabricación de bolsas plásticas conllevan a la optimización del proceso de producción de la empresa Forlán Ltda.?

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Dentro de las industrias de procesos, los balances de materia y energía son importantes auxiliares en el diseño, control, optimización y evaluación económica de los procesos propuestos y existentes, así como de decisiones sobre las operaciones que se presentan a diario, por lo que tienen repercusión directa en la producción y en la situación financiera de las compañías.

Un proceso industrial corresponde a la transformación o modificación de las propiedades de una o varias materias primas e insumos. La estrategia de diseño de procesos consiste en: a) obtener la información de las características del producto

de interés, b) elegir y seleccionar los recursos, insumos, materias primas, materiales y suministros energéticos junto con las tecnologías de procesamiento, c) integrar toda esta información en un diagrama de flujos que especifique los equipos, interconexiones y corrientes de entrada y salida del proceso productivo.

Los balances de materia y de energía se basan en las leyes de la conservación de la masa y la energía. Estas leyes indican que la masa y energía son constantes y que por lo tanto la masa y la energía entrante a un proceso, deben ser iguales a la masa y energía salientes a menos que se produzca una acumulación dentro del proceso.

El ahorro de energía y materia, inevitablemente, presupone la aplicación y control de métodos técnicamente fundamentados que permitan utilizar esos insumos con eficiencia y responsabilidad en cualquier lugar que se apliquen (industria, comercio, servicios domésticos, etc.).

La aplicación de un diagnóstico en una organización ayuda a encontrar oportunidades para la optimización de la energía e insumos, la falta de atención a estas normas presupone el seguir haciendo un uso ineficiente de estos recursos, lo cual mantendrá un alto costo de producción y al final se reflejará en la economía de la empresa.

### **3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Optimizar el proceso de producción de bolsas plásticas en la empresa Forlán Ltda., mediante la aplicación de Balances de Materia y Energía.

## **Objetivos Específicos**

- Determinar las variables de proceso y los parámetros de operaciones que se relacionan directamente con las pérdidas de plástico y energía en las diferentes etapas de producción.
- Identificar los puntos críticos o las etapas donde se generan pérdidas en el proceso de producción.
- Realizar los Balances de Materia y Energía en el proceso de producción de la empresa Forlán Ltda.

## **4. MARCO DE REFERENCIA**

### **4.1. ANTECEDENTES**

El control de producción es vital para el avance competitivo y el crecimiento de cualquier empresa. Sin embargo, el control de producción es un campo muy amplio y complejo, que requiere el conocimiento correcto y un modelo apropiado para la toma de decisiones en el proceso de transformación de insumos en productos.

Para lo propuesto anteriormente, la ingeniería industrial, la ingeniería química y áreas afines (Ingeniería Agroindustrial) se muestran como la ciencia adecuada para tratar la optimización de los procesos de producción de bolsas plásticas mediante el balance de materia y energía; esto en virtud de los conocimientos de las operaciones unitarias y de la naturaleza del comportamiento de los polímeros.

Existen determinados estudios que sirven como fundamento y punto de partida para el desarrollo de la investigación, aunque considerando en su mayoría las variables aquí expuestas, de formas independientes y dirigidas a ingenierías afines, siendo el más cercano en el abordaje del tema la investigación realizada en Guatemala en el año 2009 sobre la Estandarización de procesos de producción en una fábrica de

bolsas plásticas, para la reducción de costos; la orientación principal del trabajo consiste en los estudios de métodos y el estudio de tiempos y movimientos en el proceso de producción, esto con el objetivo de la normalización de los procedimientos en cada área de trabajo de la fábrica.

Las recomendaciones de dicha investigación radican en el registro de todo lo que acontece en los procedimientos y en la importancia de los tiempos de producción.

A nivel nacional, destaca el estudio sobre la Estandarización y adecuación tecnológica de las líneas de producción de lácteos<sup>1</sup>, en el año 2006, mediante la implementación de balances de materia y energía en las maquinarias, equipos y suministros que garanticen la calidad de los procesos y los productos. Dando como resultado la adquisición de nuevas maquinarias, adecuación de instalaciones y nuevas líneas de producción.

Del mismo modo, a nivel regional las empresas palmicultoras fueron pioneras en la implementación de estudios y/o investigaciones que buscaran la estandarización y optimización de sus procesos de producción, como lo respalda el estudio de Estandarización de procesos unitarios y balance de masa y energía en la planta de beneficio de la palma de aceite<sup>2</sup>, donde se determinaron consumos razonables en relación con los tiempos de utilización y los tiempos de uso programados, a su vez, cuantifica las pérdidas generadas en los procesos de prensado y desfrutado de las nueces de la cual se extrae el aceite de palma.

---

<sup>1</sup> VALERO PEREZ, Sandra Bibiana. Estandarización y adecuación tecnológica de las líneas de producción de lácteos de la empresa INVERSIONES LA CATIRA. Colombia. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería. 2006.

<sup>2</sup> CALLE ROMERO, Guillermo. ROBLES BARRERA, Lineth. Estandarización de procesos unitarios y balance de masa y energía eléctrica en la Planta de beneficio de la palma de aceite – Palmeras de ALAMOSA LTDA. Colombia. Universidad Popular del Cesar. Facultad de Ingeniería y Tecnologías. 2006.

Igualmente, las investigaciones: Determinación de pérdidas y balance de masas en la planta de beneficio de aceite de palma africana<sup>3</sup> y, la Evaluación del proceso de extracción de palmiste mediante el control de pérdidas de almendra y balance de masa<sup>4</sup>, pretenden lograr la optimización de los procesos de producción de las empresas y de esta manera reducir los costos y maximizar las ganancias.

## **4.2. MARCO TEÓRICO**

### **4.2.1. PLÁSTICOS INDUSTRIALES <sup>5</sup>**

Los plásticos se encuentran entre los materiales industriales de mayor crecimiento en la industria moderna. La amplia variedad y sus propiedades los hacen los más adaptables de todos los materiales en términos de aplicación. La molécula básica (polímero) del plástico se basa en el carbono. Las materias primas para la producción de plásticos son los gases de petróleo y del carbón. La resina básica se produce por la reacción química de monómeros para formar moléculas de cadena larga llamada polímeros.

A éste proceso se le denomina polimerización, el cual se efectúa por dos métodos: polimerización por adición, en la cual dos o más monómeros similares tienen

---

<sup>3</sup> CAMPO MORENO, Sara Inés. PITRE CHINCHI, Dairis Sofía. Determinación de pérdidas y balance de masa en la planta de beneficio de aceite de palma africana en las palmas oleaginosas de Ariguaní, Colombia. Universidad Popular del Cesar. Facultad de Ingeniería y Tecnologías. 2001.

<sup>4</sup> CONDE CASTRO, Rene Wilson. MANOTAS OSPINO, Joan Jader. Evaluación del proceso de pérdidas de almendra y balance de masa en la empresa de OLEOFLORES S.A., Colombia. Universidad Popular del Cesar. Facultad de Ingeniería y Tecnologías. 2009.

<sup>5</sup> CASTELLANOS NAJERA, Paulo Cesar. Estandarización de Procesos de Producción en una Fábrica de Bolsas Plásticas, para la Reducción de Costos. Guatemala. 175 h. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2009.

reacción directa para formar moléculas de cadena larga y polimerización por condensación, en la cual reaccionan dos o más monómeros diferentes para formar moléculas largas y agua como subproducto.

El monómero de un plástico es una molécula única de un hidrocarburo, por ejemplo, una molécula del etileno, ( $C_2H_4$ ) y los polímeros son moléculas de cadenas largas, formadas por muchos monómeros unidos entre sí. El polímero comercial más conocido es el Polietileno ( $C_2H_4$ ) $_n$  siendo  $n$  de 100 a 1000 aproximadamente.

#### 4.2.1.1. Propiedades de los plásticos

Es importante entender las propiedades características de los plásticos, entre las cuales se encuentran el alto peso molecular, la baja densidad, alta resistencia a la corrosión y baja conductividad térmica y eléctrica, todo al contrario de los materiales metálicos, es por ello que su aplicación en la industria moderna es cada día más creciente.

Las características antes mencionadas hacen posible su amplia aplicación y uso de tipo industrial, tal es así que en la actualidad existen plásticos con elevada resistencia al calor y a la tracción, con valores próximos a los aceros.

Debido a la amplia variedad de plásticos, se hace difícil generalizar sobre las propiedades de los plásticos, por tanto, entre sus principales propiedades tenemos:

**Conductividad eléctrica:** Los plásticos son malos conductores de la electricidad, por lo que se pueden emplear como aislantes eléctricos. Por ejemplo, en el recubrimiento de cables.

**Conductividad térmica:** Los plásticos tienen una baja conductividad térmica. Suelen ser materiales aislantes, es decir, transmiten el calor muy lentamente. Por ejemplo, en los mangos de la batería de cocina.

**Resistencia mecánica:** Teniendo en cuenta lo ligeros que son los plásticos, resultan muy resistentes. Esto explica por qué se usan junto a las aleaciones metálicas para construir aviones. Por ejemplo, casi todos los juguetes están hechos de algún tipo de plástico.

**Resistencia química:** Es una de las propiedades que ha generado una producción masiva de plásticos. Casi todos resisten muy bien el ataque de agentes químicos, como los ácidos, que alteran los materiales, en especial a la mayoría de los metales.

**Combustibilidad:** La mayoría de los plásticos arde con facilidad, ya que se componen de carbono e hidrógeno. Por ejemplo, las bolsas de basura.

**Plasticidad:** Muchos plásticos se reblandecen con el calor y, sin llegar a fundir, son fácilmente moldeables. Esto permite fabricar con ellos piezas de formas complicadas.

#### **4.2.1.2. Clasificación de los plásticos industriales**

En la industria moderna existe una gran variedad de plásticos para diversos tipos de usos, las aplicaciones van desde la elaboración de envases de medicina, recipientes para alimentos, envolturas, bolsas, recubrimiento de conductores eléctricos, piezas mecánicas de artefactos electrodomésticos como engranajes, bocinas, etc. Dentro de la gran variedad existente de resinas podemos mencionar las siguientes:

**TERMOPLÁSTICOS:** son las resinas que se ablandan en presencia del calor y se endurecen cuando se enfrían, no importa cuántas veces se repita el proceso, dentro de ellas tenemos:

**Cloruro de polivinilo (PVC):** tienen como elemento básico el acetileno y el ácido clorhídrico, se pueden colorear a voluntad, arden con dificultad, se utilizan como

materiales duros, tuberías, piezas resistencias a la corrosión, en estado blando encuentra una serie de aplicaciones como mangueras y cueros artificiales.

***Poliestireno (PS):*** se obtienen del estirolo, derivado del petróleo y del benzol, se colorea a voluntad, arde lentamente, en el mercado se obtienen en forma de polvo y en forma granular para moldeado, se emplea para fabricar planchas, películas, espumas, objetos de oficina, bolígrafos, plantillas y escuadras.

***Poliamidas (PA):*** son derivados del carbón, poseen características mecánicas notables, en las que destacan su resistencia al desgaste, al calor y la corrosión, tiene colores lechosos, con una permeabilidad a la luz de translúcido a opaco, con el envejecimiento decolora ligeramente, los productos más conocidos comercialmente son el Nylon y el perlón.

***Policarbonatos:*** son derivados del Fenol, se mecanizan bien, alta resistencia a la humedad, su permeabilidad a la luz es buena, se colorea a voluntad, son auto extingible en presencia del fuego, con el envejecimiento cambia ligeramente de color y se hace frágil, es un material de moldeo por excelencia, puede tomar la forma de películas, perfiles extruidos, recubrimiento, fibras o elastómeros.

***Polietileno (PE):*** es un derivado directo del petróleo, su aspecto al tacto es ceroso, buena resistencia a los ácidos, buen aislante eléctrico, se puede colorear a voluntad, su combustibilidad es muy lenta, permeabilidad a la luz es de transparente a opaca, con el envejecimiento se vuelve quebradizo, tienen sonido metálico al estirarse en forma continua, se obtiene en el mercado en forma granular o de polvo, para su moldeo de todas las formas existentes, se emplean para producir recipientes para cubos de hielo, vasos para beber, vajillas, botellas, bolsas, globos juguetes y barreras contra la humedad.

***Polimetacrilatos:*** se obtienen partiendo del acetileno, se caracterizan por su extraordinaria transparencia, se colorea a voluntad, arde rápidamente, con el envejecimiento se amarillenta ligeramente, su producto más conocida es el

plexiglás, se emplea para placas transparentes de carrocería, cristales de faros, tapas de relojes.

**ABS:** son una familia de resinas termoplásticos opacas, obtenidas por termo polimerización de los monómeros de acrilonitrilo butadieno y estireno (ABS), se destacan por su elevada resistencia al impacto, buena estabilidad dimensional, buena resistencia química y térmica, dureza superficial y poco peso, se moldean rápidamente por los diferentes métodos de fabricación de termoplásticos, disponible en forma de polvo o granulado, se emplean para la fabricación de tuberías, para el transporte de gas, agua, agua de riego y aplicaciones de la industria química.

**Resinas acetalicas:** son resinas termoplásticos que por su alta cristalinidad y el punto de fusión de la resina justifican sus propiedades que cubren el hueco entre metales y el plástico, tienen una superficie lisa, duras, brillante algo resbaladiza al tacto, buena abrasión, Se emplea por su resistencia al desgaste en rotores de bombas en reemplazo al latón y en bandas transportadoras en sustitución del acero inoxidable.

**Acrilicos (PMMA):** son polímeros de metacrilatos de metilo, se caracterizan por su transparencia cristalina, buena resistencia al impacto, excelente resistencia a la luz solar a la intemperie y a la mayoría de productos químicos, como aislante térmico es mejor que el vidrio, se utilizan para anuncios, rótulos iluminados interiormente y que se exponen a la intemperie, ventanas industriales, pantallas de seguridad y mirillas de inspección.

**Resinas celulositas:** es un polímero natural, que se encuentra en todas las formas vegetales, suministraron el primer termoplástico en 1868 y el primer material para el moldeo por inyección en 1932.

**Vinilos:** se obtiene en forma similar al PVC, siendo éste último un derivado de un determinado vinil, son fuertes y resistentes a la abrasión, resistentes al calor y al frío, se usa en una amplia gama de colores, en el mercado los encontramos en forma de polvo, granular, varillas, tubos, barras, láminas, se emplea para

impermeables, bolsas para vestidos, juguetes inflables, mangueras, en la industria discográfica, baldosa para pisos, cortinas de baño, tapicería.

**Polipropileno (PP):** es el termoplástico de menor densidad que se encuentra en el comercio, utilizando troqueles de gran longitud se pueden recubrir hilos y cables eléctricos, tienen alta resistencia al calor, alta resistencia al resquebrajamiento, se utiliza en colores opacos a lechosos, se obtiene en el mercado en la forma que hace posible su transformación mediante inyección, soplado y extrusión, se emplea para fabricar recipientes térmicos comerciales y medicinales, accesorios de tuberías y aislamiento de cables.

**DUROPLÁSTICOS:** son las resinas que se solidifican en forma definitiva cuando se les aplica calor y presión durante el moldeo, el recalentamiento no ablanda estos materiales y si el calor continua la pieza llega a carbonizarse directamente. Dentro de éste grupo tenemos:

**Resinas Fenólicas (RF):** se obtienen combinando el fenol con el formaldehído, se les utiliza mezcladas con cargas de relleno, para mejorar sus características físicas, son excelentes aisladores, por lo general se usa en colores oscuros, marrones, negros, su combustibilidad es mala pues arde con gran dificultad, su permeabilidad a la luz está entre transparente a opaco, el producto más conocida es la Bakelita.

**Resinas Urica:** tiene como materia básica la urea sintética y el folmadehido, no tienen olor característico, por lo general se usa en colores claros y blancos, arde con dificultad, es opalescente a la luz. Con esta resina se moldean artículos de cocina y materiales eléctricos.

**Resinas de Melamina:** tienen como elemento básico la Melamina que se obtiene del carburo de calcio y nitrógeno, tienen buena resistencia eléctrica, son duros, arde con dificultad, es opalescente, disponible en polvo o en forma granular, se utiliza para artículos de cocina, vasija como platos, tazas y prendería.

**Resina de Poliester (UP):** se derivan del alquitrán de hulla y del estirolo, son incoloros aunque se pueden colorear a voluntad, se utiliza con cargas de fibra de vidrio, que le da una considerable resistencia, se le consigue en forma de líquidos y como compuestos premezclados, arden con dificultad auto extinguiéndose, se utiliza para cascos de embarcaciones, carrocería de automóviles, placas transparentes para cubiertas, se utiliza también para impregnar tejidos de tela, papel y como pinturas duras.

**Poliuretanos (PUR):** son materiales sintéticos que proporcionan productos de gran elasticidad: gomas, espumas, correas, se emplea como pegamento y como barniz de gran dureza, se puede manufacturar en forma de espuma en el lugar de uso, se obtiene en forma sólida a partir de dos reactantes, el artículo final de puede extruir, calandrar, fundir y forma líquida para obtener espumas, con éstas resinas de producen colchones, cojines, almohadillas, juguetes, refuerzos y para esmaltes de gran calidad.

#### **4.2.1.3. Procesamiento de los plásticos**

En la industria de los plásticos, participan los manufactureros de las resinas básicas, a partir de productos químicos básicos provenientes del petróleo y de sus gases y que suelen producir la materia prima en forma de polvo, gránulos, escamas, líquidos en forma estándar como láminas, películas, barras, tubos y formas estructurales y laminados, participan también los procesadores de plásticos que conforman y moldean las resinas básicas en productos terminados.

En la conformación y moldeo de las resinas se utilizan también diversos componentes químicos o no, que le proporcionan al producto terminado ciertas características especiales, dentro de ellos tenemos:

**Las cargas:** sirven de relleno, dan resistencia, dan rigidez al moldeado o bajan los costos de producción, dentro de ellos tenemos el aserrín, tejidos de algodón, limaduras de hierro, fibra de vidrio, etc.

**Colorantes:** proporcionan color al producto terminado, son de origen mineral como los óxidos, se proporcionan en forma de polvos y en forma de resinas de óleo.

**Aditivos:** como los endurecedores para las resinas líquidas, espumantes y desmoldantes para el moldeado.

**Los métodos de moldeo y conformados más comunes son:**

### ***Moldeado por prensa***

Es el método más usado para producciones unitarias y pequeñas series. Este procedimiento es indicado para moldear las resinas denominadas duroplásticos, para lo cual el molde previamente elaborado según la pieza a conformar, por lo general en macho y hembra, se calienta, se le aplica el desmoldante y se deposita en ella la cantidad precisa de resina.

Luego de cerrar el molde, la resina se distribuye en su interior, se aplica calor y presión a valores de 140° - 170°C y 100 Bar o más. El calor y la presión conforman el plástico en toda su extensión. Con la finalidad de endurecer la resina a moldear (polimerizar o curar), se procede a enfriar el molde y se extrae la pieza.

La polimerización o curado es un cambio químico permanente, dentro de la forma del molde. Para obtener el calor necesario se recurre a diversos procedimientos como resistencias eléctricas, luz infrarroja o microondas, la presión que se aplica se obtiene por medio de prensas mecánicas o hidráulicas. El tiempo que se aplica el calor y la presión al molde cerrado, está en función del diseño de la pieza y de la composición de la resina.

El procedimiento se aplica para producir piezas simples y de revolución como tazas, platos, cajas de radio, llaves de luz y tubos.

### ***Moldeado por prensa en inyección***

Igual que el método anterior, también se utiliza para el moldeo de resinas duroplásticas y en algunos casos las termoplásticas. La diferencia entre el moldeado por prensa y el de transferencia es que el calor y la presión necesaria para la polimerización (para fundir) de la resina se realiza en una cámara de caldeo y compresión, en ella previamente calentada se aplica el desmoldante y una determinada cantidad de resina en forma de polvo o en forma granulada. Cuando la resina se hace plástica, se transfiere al molde propiamente dicho mediante un émbolo en la cámara de caldeo. Por medio de bebederos o canales de transferencia, después de curado el plástico se abre el molde y se extrae la pieza.

El moldeado por transferencia fue desarrollado para facilitar el moldeo de productos complicados con pequeños agujeros profundos o numerosos insertos metálicos. En el moldeado por prensado, la masa seca varía la posición de los insertos y pasadores metálicos que forman los agujeros, en el moldeado por transferencia por el contrario, la masa plástica licuada fluye alrededor de estas partes metálicas, sin cambiarle la posición.

### ***Inyección***

Es el principal método de la industria moderna en la producción de piezas plásticas, la producción es en serie, principalmente se moldea termoplásticos y para el moldeo de los duroplásticos se tiene que realizar modificaciones. El material plástico en forma de polvo o en forma granulada, se deposita para varias operaciones en una tolva, que alimenta una cilindro de caldeo, mediante la rotación de un husillo o tornillo sin fin, se transporta el plástico desde la salida de la tolva, hasta la tobera de inyección, por efecto de la fricción y del calor la resina se va fundiendo hasta llegar al estado líquido, el husillo también tiene aparte del movimiento de rotación un movimiento axial para darle a la masa líquida la presión necesaria para llenar el molde, actuando de ésta manera como un émbolo.

Una vez que el molde se ha llenado, el tornillo sin fin sigue presionando la masa líquida dentro del molde y éste es refrigerado por medio de aire o por agua a presión hasta que la pieza se solidifica. Las máquinas para este trabajo se denominan inyectora de husillo impulsor o de tornillo sin fin, también se le denomina extrusora en forma genérica.

### ***Soplado de cuerpos huecos.***

Es un procedimiento para moldeo de termoplásticos únicamente, para ello, mediante una extrusora en forma horizontal o vertical se producen dos bandas o preformas calientes en estado pastoso, de un espesor determinado y además inflable, que se introducen al interior del molde partido, posteriormente se cierra el molde y mediante un mandril se introduce aire a alta presión entre las dos láminas, ésta presión hace que las láminas de plástico se adhieran a las paredes interiores del molde haciendo que tomen su configuración, seguidamente se enfría el molde para que las películas se endurezcan, pasado esto se procede a extraer la pieza y se elimina el material excedente( rebaba).

Para éste procedimiento es necesario que el material tenga estabilidad de fusión para soportar la extrusión de la preforma y el soplado de la misma al interior del molde. El moldeoado por soplado de cuerpos huecos tiene un uso muy extenso para producir recipientes como botellas, galoneras, pelotas, barriles de todo tamaño y configuración, además de piezas para autos y juguetes como muñecas.

### ***Termoformado***

Procedimiento exclusivo para termoplásticos, la resina se proporciona en forma de finas láminas, al cual se le calienta para poder conformarlo. Con aire a presión o vacío, se obliga a la hoja a cubrir la cavidad interior del molde y adoptar su configuración, se utiliza para la fabricación de diversos recipientes como vasos, copas, pequeñas botellas todos descartables, la producción es en serie, utilizándose planchas o láminas del tamaño adecuado para 100 a 200 piezas.

## ***Calandrado***

Se utiliza para revestir materiales textiles, papel, cartón o planchas metálicas y para producir hojas o películas de termoplástico de hasta 10 milésimas de pulgada de espesor y las láminas con espesores superiores. En el calandrado de películas y láminas el compuesto plástico se pasa a través de tres o cuatro rodillos giratorios y con caldeo, los cuales estrechan el material en forma de láminas o películas, el espesor final de del producto se determina por medio del espacio entre rodillos.

La superficie resultante puede ser lisa o mate, de acuerdo a la superficie de los rodillos. Para la aplicación de recubrimientos a un tejido u otro material por medio del calandrado, el compuesto de recubrimiento se pasa por entre dos rodillos horizontales superiores, mientras que el material por recubrir se pasa por entre dos rodillos inferiores conjuntamente con la película, adhiriéndola con el material a recubrir. Otro procedimiento utiliza resina líquida a la cual se le agrega colorante y endurecedor y mediante dos rodillos de los cuales el inferior está en contacto con una bandeja con el compuesto líquido que impregna el material a recubrir, a los rodillos se les proporciona calor para acelerar la polimerización del compuesto.

## ***Extrusión***

Se usa principalmente para termoplásticos. La extrusión es el mismo proceso básico que el moldeado por inyección, la diferencia es que en la extrusión la configuración de la pieza se genera con el troquel de extrusión y no con el molde como en el moldeado por inyección.

En la extrusión el material plástico, por lo general en forma de polvo o granulado, se almacena en una tolva y luego se alimenta una larga cámara de calefacción, a través de la cual se mueve el material por acción de un tornillo sin fin, al final de la cámara el plástico fundido es forzado a salir en forma continua y a presión a través de un troquel de extrusión preformado, la configuración transversal del troquel determina las forma de la pieza.

A medida que el plástico extruido pasa por el troquel, alimenta una correa transportadora, en la cual se enfría, generalmente por ventiladores o por inmersión en agua, con éste procedimiento se producen piezas como tubos, varillas, láminas, películas y cordones. En el caso de recubrimiento de alambres y cables, el termoplástico se estruje alrededor de una longitud continua de alambre o cable, el cual al igual que el plástico pasa también por el troquel, después de enfriado el alambre se enrolla en tambores.

#### **4.2.1.4. Factores y elementos que participan en la producción de bolsas plásticas**

Una vez analizados cada uno de los factores y elementos que intervienen en el proceso de fabricación de bolsas plásticas es necesario conocer detalles importantes sobre la composición, componentes, características y funcionamiento individual de cada uno, por lo que se detallan a continuación:

#### **Materias primas**

En un principio, la mayoría de los plásticos se fabricaban con resinas de origen vegetal, como la celulosa del algodón, el furfural de la cáscara de la avena, aceites de semillas, derivados del almidón o el carbón. En la actualidad las materias primas derivadas del petróleo son tan baratas como abundantes. No obstante, a pesar que las existencias mundiales de petróleo tienen un límite, siguen siendo las más utilizadas en el mercado, dentro de ellas tenemos:

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

El polietileno (PE) es un material termoplástico blanquecino, de transparente a translúcido, y es frecuentemente fabricado en finas láminas transparentes. Las secciones gruesas son translúcidas y tienen una apariencia de cera. Mediante el uso de colorantes pueden obtenerse una gran variedad de productos coloreados.

El polietileno es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva o estructura química (CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>). Por su alta producción mundial, siendo

de aproximadamente 80 millones de toneladas, es también el más barato, siendo uno de los plásticos más comunes. Es químicamente inerte. Se obtiene de la polimerización del etileno, del que deriva su nombre.

Por la polimerización de etileno pueden obtenerse productos con propiedades físicas muy variadas. Estos productos tienen en común la estructura química fundamental, y en general tienen propiedades químicas de un alcano de peso molecular elevado. Este tipo de polímero se creó para usarlo como aislamiento eléctrico, pero después ha encontrado muchas aplicaciones en otros campos, especialmente como película y para envases.

En general hay dos tipos de polietileno, los cuales son:

Conocido por sus siglas en inglés LDPE, se produce a partir del gas natural o el petróleo, posee una estructura de cadena enramada. Es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: inyección, soplado, extrusión y rotomoldeo. Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones. Siendo algunas de las más conocidas: bolsas de todo tipo, lonas, embasamiento automático de alimentos y productos industriales. Algunas de sus características más comunes son: No tóxico, Flexible, Liviano, Transparente, Inerte (al contenido), Impermeable, Poca estabilidad dimensional, pero fácil procesamiento, Bajo costo y Resistente a las bajas temperaturas.

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

Conocido por sus siglas en inglés HDPE, el polietileno de alta densidad es un termoplástico fabricado a partir del etileno, elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural y el petróleo, tiene esencialmente una estructura de cadena recta, posee una densidad igual o menor a 0.941 g/cm<sup>3</sup>.

Tiene un bajo nivel de ramificaciones, por lo cual su densidad es alta, las fuerzas intermoleculares son altas también. Es muy versátil y se lo puede transformar de

diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión, o Rotomoldeo. Envases para: detergentes, lavandina, aceites automotor, shampoo, lácteos, bolsas para supermercados, bazar y menaje, cajones para pescados, gaseosas y cervezas, baldes para pintura, helados, aceites, tambores, caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas. Algunas de sus principales características son: Alta resistencia a la tensión, Compresión, Tracción, Baja densidad en comparación con metales u otros materiales, Impermeable, Inerte (al contenido), Baja reactividad, No tóxico y Poca estabilidad dimensional.

### ***Aditivos***

Los aditivos son productos utilizados para modificar y mejorar las propiedades de las bolsas plásticas frente a las fuerzas de tensión y otros factores que determinan la calidad del producto terminado; dentro de los aditivos más comunes tenemos al masterbatch, el carbonato y el antiblock.

### ***Material reprocesado***

Los polímeros utilizados dentro de la producción de bolsas plásticas poseen la característica de ser reutilizables, por lo que todo el material que resulta como desperdicio es utilizado nuevamente en otros productos; algunos de los procesos por medio de los cuales se trata el plástico para su reutilización son el molido, mediante el cual se corta en pequeños trozos, el peletizado, proceso en el que se funde y corta en forma de granos.

Los materiales reprocesados son utilizados generalmente en productos teñidos con colorantes negros u oscuros, además de otros aditivos.

### **Maquinarias**

La maquinaria que interviene en el proceso de elaboración de bolsa plástica no es muy compleja cuenta con lo que son las máquinas extrusoras, selladoras y mezcladoras.

### ***Máquinas Extrusoras***

Esta máquina se encarga de fundir el polietileno para luego convertirlo en una película plástica de donde se hace la bolsa y funciona de la siguiente forma: se introduce el material a un embudo luego pasa a un tubo dentro del cual hay un tornillo sin fin que gira y va triturando el material esto lo hace a una temperatura muy alta esta temperatura es aproximadamente de 170 a 250 grados Celsius, la temperatura varía del tipo de polietileno y los aditivos que se estén utilizando.

Esta temperatura también depende de las condiciones ambientales, (como ejemplo se puede decir que no es igual trabajar de día que de noche), a esta temperatura el polietileno se va homogenizando, al final del tubo existe una salida, la cual tiene una especie de corona o mejor dicho molde el cual crea una burbuja.

Hay que hacer mención que estos moldes son conocidos como dados y existen de diversos tamaños según el tipo de polietileno que se esté trabajando. Los dados determinan el ancho de la burbuja que está saliendo del cañón, y a base de una corriente de aire se eleva esta burbuja; la altura a la que se eleve la burbuja es importante en el proceso. Ya elevada ésta, arriba hay dos rodillos los cuales aplanan la burbuja y determinan el ancho de la bolsa, posteriormente empieza a bajar por medio de un embobinador el cual la enrolla y pasa a formar la bobina, esta bobina ya tiene el ancho y calibre especificado para la bolsa plástica.

### ***Máquinas Cortadoras***

La función principal de esta máquina es hacer el corte y el sello que tienen las bolsas una vez terminadas. La máquina está compuesta por unas barras de acero dentro de las cuales se introducen las bobinas que salieron de extrusión, la película es pasada por unos rodillos hasta que llega a un cabezal el cual funciona por medio de una resistencia eléctrica a base de calor, este cabezal es el que realiza el sello mediante un proceso parecido al de una guillotina. Posteriormente la película plástica es jalada a unas navajas las cuales realizan el corte de acuerdo a las especificaciones del cliente, luego la película es jalada por unas bandas que

conducen a al operario y son depositadas una por una hasta que llegan a cien, una alarma suena para que el operario las retire e inicie el nuevo conteo.

La máquina como se mencionó funciona con calor y tiene que estar a una temperatura adecuada para que pueda hacer el corte y sello, si está a baja temperatura no sella y corta y si está a alta temperatura quema la película plástica, provocando de esta forma que se pegue al cabezal. La temperatura oscila entre los 380 y los 480 grados Celsius dependiendo del tipo y calibre de película que se va a cortar.

### ***Máquinas mezcladoras***

Esta máquina es la encargada de realizar las diferentes mezclas, para cada tipo de bolsa, su funcionamiento es el más simple de las tres, el operario coloca en una tolva las materias primas, polietilenos, colorantes, aditivos, etc. Luego de haber colocado las cantidades correctas se cierra la tapadera de la tolva y se inicia el mecanismo, en el cual intervienen motores que mueven unas hélices, encargadas de realizar una adecuada distribución del material, posteriormente el operario

### **Equipos**

El equipo que interviene en el proceso de elaboración de bolsa plástica no es muy complejo cuenta con lo que son los micrómetros o calibradores, cintas métricas, balanzas electrónicas y tacómetro.

### ***Micrómetros***

Son utilizados todo el tiempo, esto con el propósito de mantener las especificaciones según lo solicitado. La función principal del calibrador es calibrar el espesor de la bolsa, este equipo se utiliza en la tela plástica que sale de la extrusora, lugar en donde se debe mantener el control del calibre de la candela que sale del extrusor.

### ***Cintas métricas***

Son utilizadas por los operarios y supervisores para realizar el control del ancho de la tela plástica, que pasa por los rodillos al salir de los moldes, el ancho debe concordar con el que se encuentra descrito en las ordenes de producción; le permite a los operarios realizar un control de calidad a la hora de estar realizándose la operación de embobinado. En el área de corte son utilizadas para tomar las medidas de largo y ancho de muestras aleatorias, de manera que permitan a los supervisores u operarios realizar las correcciones necesarias en la cortadora para cumplir con las especificaciones.

### ***Balanzas electrónicas***

Estas balanzas con tableros digitales cumplen la función de medir el peso de las muestras que son tomadas por los supervisores, para que cumplan con las especificaciones de producción y les sea más fácil mantener un estricto control del material.

### ***Tacómetro***

El tacómetro es un aparato que funciona a través de un láser, el cual le permite tomar lecturas de cuerpos que poseen movimiento circular, este equipo permite tomar lecturas de la velocidad con que sale la tela plástica del extrusor, las cuales poseen dimensionales en pulgadas por minuto, este equipo se coloca en la bobina, la cual se encuentra girando, por un lapso de unos quince a veinte segundos, estas lecturas posteriormente serán utilizadas para calcular la producción teórica diaria de cada uno de los extrusores.

#### **4.2.1.5. Descripción del proceso de elaboración de bolsas plásticas.**

El proceso de la elaboración de bolsas plásticas es muy sencillo y tiene un comportamiento lineal. Como se sabe cualquier proceso da inicio en la bodega de

materia prima, en este mismo lugar se realiza la mezcla de materiales, el operario tiene las órdenes de producción, en donde se encuentra la cantidad porcentual o en libras que lleva la mezcla de materiales como polietileno, colorantes y aditivos; posteriormente la mezcla es llevada a otra máquina industrial donde se realiza el resto del proceso, por medio de un montacargas. La mezcla es colocada en la máquina industrial y es llevada por cada operario al extrusor que le corresponde.

La mezcla de materias primas es vaciada dentro de la tolva de la extrusora, esta máquina se encarga de triturar y derretir el material por medio de un tornillo sin fin a cierta temperatura, ya triturado el material, éste sale de la extrusora con la ayuda de una corriente de aire inyectada al proceso, la cual hace que se eleve una burbuja o candela de plástico, esta candela es estirada y forma un tubo, este tubo es pasado por un rodillo el cual a la vez va enrollando la tela plástica, dándole el ancho que se desea, la tela pasa por una serie de rodillos hasta llegar a una base giratoria en donde se va enrollando, hasta formar una bobina de cierto peso o altura. Durante el proceso de embobinado se toman muestras para comprobar su peso, y se realizan mediciones del espesor y ancho de la tela plástica.

Terminada la bobina es retirada por el operario y envuelta en plástico, para protegerla en lo que es transportada al área de corte, en donde es cortada según las especificaciones de la bolsa a elaborarse.

Al llegar a la cortadora es desenvuelta y montada en la cortadora, el operario calibra la máquina según especificaciones de producción. Terminadas las pruebas de calibración se da inicio a la etapa de corte. La máquina posee un contador electrónico el cual le indica al operario cuando retirar las bolsas cortadas, esto lo hace el operario cada cien o cincuenta bolsas y las introduce en otra bolsa grande para luego pasar a empaque. Aquí el operario y los supervisores son los encargados de revisar que la máquina cortadora no pierda la medida y que el sello de la bolsa esté bien, este sellado se realiza al mismo tiempo de corte, una cuchilla corta mientras la otra parte es sellada por medio de calor.

Una vez empacados los paquetes se colocan en una mesa en donde hay un operario que se encarga de formar fardos con la cantidad de bolsas que el cliente solicite. Terminado el empaque del fardo se etiqueta, rotula y pesa, en este paso se da el último control de calidad, para determinar si el fardo se encuentra dentro de los límites aceptables de peso; posteriormente el fardo es trasladado por un montacargas a la bodega de producto terminado en donde espera ser despachado.

En las bolsas, luego de ser empacada la bobina, después de salir de la extrusora, es llevada al área de impresión, allí se desenvuelve la bobina y es montada en la impresora, se monta también el sello y se hacen diversas pruebas para comprobar que la impresión se adecue a la orden del cliente, una vez realizadas las pruebas se da inicio con el proceso de impresión, al finalizar de imprimir la bobina se envuelve nuevamente en plástico y se transporta a una cortadora en donde se realiza un proceso igual que es descrito anteriormente, luego de cortadas las bolsas se llevan a una troqueladora en donde se le corta una parte y forma las orejas de la bolsa, para su posterior empaque y traslado a la bodega de producto terminado.

#### **4.2.2. BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA<sup>6</sup>**

Un balance de materia y energía es esencialmente un conteo de la distribución del material y/o la energía que se produce cuando ocurre algo. Esta herramienta básica de la ingeniería de proceso se puede utilizar para resolver muchos problemas prácticos. Los balances de materia y energía son la herramienta con la que se analiza la situación de estabilidad de un proceso, y para determinar la manera cómo se distribuyen los componentes en los sistemas o entre sistemas en contacto directo. También son de utilidad para cuantificar la energía transferida o consumida

---

<sup>6</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, UNAD, Contexto Teórico. [en línea].  
< [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358081/ContenidoLinea/contexto\\_terico.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358081/ContenidoLinea/contexto_terico.html)>.

por los sistemas, el cómo esta transferencia afecta las propiedades de los sistemas y la cantidad de energía útil que se puede obtener de las transformaciones.

La materia y la energía se encuentran en constante estado de flujo en la naturaleza, y lo que la humanidad ha hecho es aprovechar esta tendencia para obtener bienestar, alimentos, fuentes energéticas y otras cosas. Normalmente se asocia este tema con los cálculos realizados principalmente por los ingenieros químicos, pero alguna noción de ellos deben tener también todas las ramas de la ingeniería, así como las disciplinas químicas y biológicas.

Una de las aplicaciones más notables de los balances de materia y energía se encuentra en la metodología conocida como Análisis de Ciclo de Vida (ACV), usada para evaluar la sostenibilidad de procesos productivos y de los impactos medioambientales, con el fin de optimizar los recursos y producir mejoras ambientales aplicables a sistemas productivos. Lo anterior requiere una extensa recopilación de información acerca de la transformación de los materiales, y de la energía consumida (o producida) durante las distintas etapas de la producción de un bien ya sea a través de un proceso industrial o de uno que incluya una fase agraria y de manejo de recursos naturales.

Ahora bien, para poder realizar balances de materia y energía se requiere de un grado de conocimiento y de dominio de los fundamentos de los procesos químicos, diseño y comportamiento de reactores, orden y velocidad de reacción así como de procesos de tratamiento físicos y químicos. En la mayoría de las ciencias exactas y de ingeniería el estudio del balance de materia y energía se ha convertido en un punto de inflexión en el proceso educativo de cualquier estudiante. No puede haber apropiación de conocimiento ni entendimiento de fenómenos físicos, químicos o naturales si no se desarrollan habilidades en la interpretación y análisis sistemas desde el punto de vista del balance de masa y energía.

#### 4.2.2.1. Principio General de Conservación y Ecuaciones De Balance<sup>7</sup>

La conservación de cualquier ente balanceable en un sistema puede formularse de manera general como:

$$\text{ENTRADA} + \text{GENERACION} - \text{SALIDA} - \text{CONSUMO} = \text{ACUMULACION}$$

A partir de esta formulación general es posible plantear ecuaciones de balance de diversas propiedades características de un sistema. Particularmente para el tratamiento que se plantea en este trabajo, dicha formulación (principio) permite plantear la ecuación general de balance de materia y la ecuación general de balance de energía. Debe destacarse que los balances de materia pueden ser sobre la masa total que está entrando y saliendo de un sistema abierto (estos balances se denominan balances totales de masa), o sobre la masa o moles de un componente específico que está entrando o saliendo de un sistema abierto (tales balances se denominan balances parciales o por componente).

#### 4.2.2.2. Balance de Materia<sup>8</sup>

Un balance de materia no es otra cosa que un conteo del flujo y cambio de masa en el inventario de materiales de un sistema. La ecuación que se muestra a continuación describe con palabras el principio del balance de materia aplicable a procesos con reacción química y sin ella.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{acumulacion} \\ \text{de masa} \\ \text{en el sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{entrada de} \\ \text{masa a través} \\ \text{de los límites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{salida de} \\ \text{masa a través} \\ \text{de los límites} \\ \text{del sistema} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{generación} \\ \text{de masa en el} \\ \text{sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{consumo de} \\ \text{masa en el} \\ \text{sistema} \end{array} \right\}$$

<sup>7</sup> ALVAREZ ZAPATA, Hernán. Balances de materia y energía. Formulación, solución y usos en Procesos Industriales. Corregida y aumentada. Editorial ArtBox. 200 h. Medellín: 2011.

<sup>8</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL, Balance de Materia y Energía. Industria Alimentaria.

[en línea]. < [https://www.academia.edu/3630822/TRABAJO\\_BALANCE\\_MATERIA\\_Y\\_ENERGIA](https://www.academia.edu/3630822/TRABAJO_BALANCE_MATERIA_Y_ENERGIA)>.

En la ecuación los términos de generación y consumo se refieren a la ganancia o pérdida mediante reacción química. La acumulación puede ser positiva o negativa.

En los casos en que no hay generación de materia dentro del sistema la ecuación de arriba se reduce a:

$$\text{Acumulación} = \text{entrada} - \text{salida}$$

Y cuando tampoco hay acumulación dentro del sistema se reduce a la siguiente ecuación:

$$\text{Entrada} = \text{salida}$$

Si no hay flujo que entre o salga del sistema, la ecuación se reduce al concepto básico de la conservación de una especie de materia dentro de un sistema cerrado aislado:

$$\text{Acumulación} = \text{generación} - \text{consumo}$$

Por sistema entendemos cualquier porción arbitraria o completa de un proceso establecido específicamente por el ingeniero para el análisis.

Un sistema abierto (o continuo) es aquel en que la materia se transfiere a través de la frontera del sistema, esto es, entra al sistema, sale del sistema o ambas cosas. Un sistema cerrado (o por lotes) es aquel en el que no se presenta dicha transferencia durante el intervalo de tiempo en cuestión. Es obvio que si se carga un reactor con reactivos y se sacan los productos, y el reactor se considera como el sistema, el material se transfiere a través del límite del sistema. Sin embargo, se podría ignorar la transferencia, y fijar la atención sólo en el proceso de reacción que tiene únicamente después de que se contempla la carga y antes de que los productos se retiren. Tal proceso se presentará dentro de un sistema cerrado.

Los balances de materia también pueden usarse en las decisiones de operación de los gerentes de la planta que se presentan a cada momento y a diario. Si en un

proceso hay uno o más puntos en lo que resulte imposible o antieconómico reunir datos, entonces si se encuentran disponibles otros datos que sean suficientes, haciendo un balance de materia en el proceso es posible obtener la información que sea necesaria acerca de las cantidades y composiciones en la posición inaccesible. En la mayor parte de las plantas, se reúnen bastantes datos sobre las cantidades y composiciones de las materias primas, productos intermedios, desperdicios, productos y subproductos y que son usados por los departamentos de producción y de contabilidad, pudiendo integrarse en una imagen reveladora de las operaciones de la compañía.

#### **4.2.2.3. Balance de Energía<sup>9</sup>**

Los científicos no comenzaron a escribir balances de energía de sistemas físicos hasta la segunda mitad del siglo XIX. Antes de 1850 no estaban seguros de lo que era la energía o aun si era importante. Pero en la década de 1850 los conceptos de energía y balance de energía se formularon con claridad.

En la actualidad consideramos que el balance de energía es en fundamento un principio básico por lo que inventamos nuevas clases de energía para asegurar que la ecuación en verdad realice el balance. La ecuación siguiente, es una generalización de los resultados de numerosos experimentos sobre casos especiales relativamente simples. La ecuación es universalmente válida ya que no se puede encontrar excepciones para ella en la práctica, teniendo en cuenta la precisión de las mediciones.

Es necesario recordar dos puntos importantes. Primero solo examinemos sistemas que son homogéneos, sin carga y sin efectos superficiales, con objeto de hacer el balance de energía lo más sencillo posible. Segundo, el balance de energía se desarrolla y aplica desde el punto de vista macroscópico (global alrededor del

---

<sup>9</sup> Ídem.

sistema) más que desde un punto de vista microscópico o sea, un volumen elemental en el sistema).

El concepto del balance de energía macroscópico es similar al balance de materia macroscópico, es decir:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{acumulacion} \\ \text{de energía} \\ \text{en el sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{transferencia de} \\ \text{energía dentro del} \\ \text{sistema por el} \\ \text{límite del sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{transferencia de} \\ \text{energía fuera del} \\ \text{sistema a través de} \\ \text{los límites del sistema} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{generación} \\ \text{de energía en} \\ \text{el sistema} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{consumo de} \\ \text{energía en} \\ \text{el sistema} \end{array} \right\}$$

La ecuación se puede aplicar a una sola pieza de equipo o a una planta compleja.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1. Tipo de investigación

La selección del tipo de investigación determinará los pasos a seguir del estudio, sus técnicas y métodos que puedan emplear en el mismo. En general, determina todo el enfoque de la investigación influyendo en instrumentos, y hasta la manera de cómo se analiza los datos recaudados; El éxito de los resultados de la investigación depende de la elección adecuada del diseño de investigación. Para esta investigación se utilizará un estudio de tipo descriptivo exhaustivo.

### 5.2. Método

Dentro de la investigación Cuantitativa se utiliza el método científico; La observación científica como método consiste en la percepción directa del objeto de investigación. La observación investigativa es el instrumento universal del científico. La observación permite conocer la realidad mediante la percepción directa de los objetos y fenómenos. La observación, como procedimiento, puede utilizarse en distintos momentos de una investigación más compleja: en su etapa inicial se usa en el diagnóstico del problema a investigar y es de gran utilidad en el diseño de la

investigación. En el transcurso de la investigación puede convertirse en procedimiento propio del método utilizado en la comprobación de la hipótesis.

Es por ello, que se utiliza el método científico para optimizar el proceso de producción de bolsas plásticas mediante la aplicación de balance de materia y energía en la empresa Forlán Ltda.

### **5.3. Población**

El universo está constituido por las instalaciones eléctricas, materias primas y maquinarias de la empresa Forlán Ltda., y el proceso de producción de bolsas plásticas.

### **5.4. Muestra y tamaño**

El tamaño de la muestra se definió por conveniencia. El muestreo es de tipo probabilístico aleatorio. En este tipo de muestreo, todos los individuos de la población pueden formar parte de la muestra, tienen probabilidad positiva de formar parte de la muestra. Por lo tanto, es el tipo de muestreo que se debe utilizar en este tipo de investigaciones, por ser riguroso y científico.

### **5.5. Técnicas de recolección de información**

La técnica es indispensable en el proceso de la investigación científica, ya que integra la estructura por medio de la cual se organiza la investigación; la técnica pretende los siguientes objetivos: Ordenar las etapas de la investigación, Aportar instrumentos para manejar la información, Llevar un control de los datos y Orientar la obtención de conocimientos.

La técnica que se implementó en esta investigación fue la observación, ya que esta es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. En la presente investigación se utilizó la observación directa ya que el investigador se pone en contacto personalmente con el fenómeno que trata de investigar.

## **5.6. Instrumento de recolección de información**

Para obtención de la información se implementó un software estadístico (Microsoft Excel) de recolección de datos.

## **5.7. Metodología**

Este trabajo utilizó como procesos lógicos la inducción y deducción, partiendo de lo particular a lo general. Se sustenta de balances de masa y energía, los cuales identifican la pérdida que produce el proceso en términos de energía, el cual va de la mano a lo que se refiere a costos de producción.

Para empezar la optimización se realizará un diagnóstico del proceso, desde la materia prima. Durante el proceso, se tomarán las variables que intervienen en el mismo las cuales fueron: energía consumida por la maquinaria y materia prima utilizada, es decir todos los puntos en donde puede ser causante de fallas en el proceso y/o intervenga en la materia prima o en el producto terminado, ocasionando pérdidas.

Una vez realizado los balances pertinentes se realiza el análisis, en el cual las variables se fijan de acuerdo a la menor pérdida de energía, en la comparación de los resultados de los análisis del proceso de producción de bolsas plásticas, los cuales son los causantes de:

**Consumo Energético:** Se medirá el consumo energético de cada una de las operaciones unitarias y del proceso global mediante pinzas milimétricas, voltímetros y amperímetros en la red, para así determinar cuáles son las etapas con mayor consumo e ineficiencias.

**Pérdidas en la Materia Prima:** Se pesarán materias primas, insumos, productos y desperdicios, con el fin de calcular el rendimiento del proceso ya que la ineficiencia en la producción incrementa los costos operativos.

### **5.7.1. Materiales**

Para la elaboración de este proyecto se utilizaron diversos materiales y herramienta de apoyo, con las cuales se llevaran a cabo actividades importantes para un desarrollo adecuado del mismo, los cuales se enlistan a continuación:

***Materia prima:*** Polietilenos de alta y baja densidad, pigmentos, Aditivos.

***Equipos:*** Extrusor industrial, Cortadora industrial y selladora industrial, Mezcladora, Aparatos de medición lineal, Balanza industrial, Motor eléctrico reductor, Voltaje termocuplas, Ventilador Blower, Variadores de velocidad, Voltímetro y Amperímetro, Software Estadístico.

***Instrumentos:*** Pinzas multimetricas, voltímetro, amperímetro, termocuplas extrusora, balanza industrial.

## **6. DESARROLLO DE ACTIVIDADES**

Para la optimización del proceso de producción de bolsas plásticas en la planta de Forlán Ltda., mediante la realización de balances de masas y energía eléctrica, es necesario conocer todas las etapas que intervienen en el proceso de producción, desde la recepción del Polietileno hasta el despacho de las bolsas plásticas.

Por lo anterior, fue necesario dividir el estudio en dos etapas:

- Determinar las variables de proceso y los parámetros de operaciones que se relacionan directamente con el balance de masas en las diferentes etapas del proceso de producción.

- Determinar las variables de proceso y los parámetros de operaciones que se relacionan directamente con el balance de energía eléctrica en las diferentes etapas del proceso de producción.

Para desarrollar cada uno de estos parámetros se implementaron metodologías de recolección de datos en cada etapa de los procesos unitarios de la producción de bolsas plásticas, de la siguiente manera:

### **BALANCE DE MATERIA**

- Determinar la cantidad de material entrante para cada etapa del proceso de transformación del plástico.
- Determinar la cantidad de material saliente para cada etapa del proceso de transformación.
- Determinar las pérdidas de plástico para cada etapa del proceso de transformación.
- Realizar el balance de materia para cada etapa del proceso de producción.
- Realizar el balance de materia para todo el proceso de producción.

### **BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

- Identificar donde se consume energía en todo el proceso de producción
- Registrar las corrientes de las maquinarias y equipos para determinar los consumos de energía en cada etapa del proceso
- Determinar la potencia consumida (Kwh) por cada una de las maquinarias y equipos en cada etapa de producción.

#### **6.1. Visita y reconocimiento de la Planta de Producción**

Para determinar los parámetros anteriormente establecidos, inicialmente se realizó la visita e inspección detallada de las instalaciones de la planta de producción de

Forlán Ltda., y de esta manera conocer el proceso de producción de bolsas plásticas y el tipo y clase de tecnología utilizada en dicho proceso.

En las visitas realizadas se pudo observar que no existe una producción continua de bolsas plásticas, dado que la producción se hace sobre pedido. De igual manera, en los recorridos efectuados se realizaron consultas a los operarios y personal de la empresa con el propósito de familiarizarse con el proceso de producción.

## **6.2. Identificación y/o localización de pérdidas**

Como resultado de la evaluación de las visitas realizadas a la planta de producción, se determinaron visualmente los puntos críticos o de mayor incidencia en las pérdidas de plástico para cada etapa del proceso de producción, con el fin de trazar los respectivos planes de mejoramiento.

Los puntos de mayor incidencia en las pérdidas de plástico son:

- **Pérdidas de plástico en el proceso de Extrusión.**
- **Pérdidas de plástico en el proceso de Sellado.**

## **6.3. Características generales de la planta de producción Forlán Ltda.**

De acuerdo con los datos estadísticos suministrados por Forlán Ltda., la producción de la empresa genera pérdidas si el porcentaje de desperdicio durante todo el proceso de producción es superior al 5%. A su vez, la planta de producción no utiliza la totalidad de la capacidad de procesamiento, teniendo en cuenta que trabaja sobre pedido, sumado a las paradas, arranques, interrupciones por falta de energía, falta de materia prima, daños en las maquinarias, entre otros.

## **6.4. Control de producción y materia prima**

Las visitas de reconocimiento en la planta de producción de Forlán Ltda., dictaminaron que el control que ejerce sobre la producción y el inventario de la empresa, se realiza de manera adecuada pero de forma ineficiente, teniendo en cuenta que en determinado momento de la producción, no se puede establecer el estado de inventario o el tipo de materia prima que integran un proceso, como se observa en la figura 1 y figura 2.

CONTROL MATERIA PRIMA A PRODUCCION																
FECHA	ORDEN No	PRODUCCION NETA	DESP. EXTRUSION	DESP. SELLADO	DESPERDICIO	DESP (%)	PRODUCCION BRUTA	OBSERVACIONES	INVENTARIO INICIAL		ENTRADAS			INVENTARIO FINAL		OBSERVACIONES
									KG	MATERIAL	KG	MATERIAL	DIA	KG	MATERIAL	
10/30/2018	025	181.0	5.0	4.0	9.0	4.74%	190.00		-	PE BAJA 641	-					PE BAJA 641
21/11/2018	026	174.0	3.0	4.0	7.0	3.87%	181.00		-	RC	10,810.0					RC
24/11/2018	027	537.5	4.0	12.0	16.0	2.89%	553.50		-	RT						RT
27/11/2018	028	314.0	8.0	4.0	12.0	3.68%	326.00									
30/11/2018	029	388.0	19.0	4.0	23.0	5.60%	411.00									
4/12/2018	030	277.0	4.0	10.0	14.0	4.81%	291.00									
5/12/2018	031	919.3	23.0	14.5	37.5	3.92%	956.80		-	PE LINEAL	-					PE LINEAL
7/12/2018	032	204.0	4.0	2.0	6.0	2.86%	210.00		-	Pigmento Negro	324.0					Pigmento negro
17/12/2018	033	1,470.5	42.0	21.0	63.0	4.11%	1,533.50		-	Pigmento con U.V	-					Pigmento con U.V
3/01/2019	034	523.0	4.0	16.0	20.0	3.68%	543.00									
9/01/2019	035	297.0	4.0	2.0	6.0	1.98%	303.00		-	Pigmento Blanco	5.0					Pigmento Blanco
11/01/2019	036	190.0	5.0	2.0	7.0	3.55%	197.00		4.0	Pigmento Rojo	15.0					Pigmento Rojo
12/01/2019	037	87.5	0.5	4.0	4.5	4.89%	92.00		5.5	Pigmento Verde	15.0					Pigmento Verde
12/01/2019	038	171.0	4.0	5.0	9.0	5.00%	180.00		7.0	Pigmento Amarillo	-					Pigmento Amarillo
13/01/2019	039	41.0	0.2	2.0	2.2	5.09%	43.20									
15/01/2019	040	401.0	8.0	4.0	12.0	2.91%	413.00		5.5	Pigmento Azul	-					Pigmento Azul
18/01/2019	041	67.5	0.5	2.5	3.0	4.26%	70.50									
23/01/2019	042	77.0	1.5	1.0	2.5	3.14%	79.50									
23/01/2019	043	132.0	3.0	2.0	5.0	3.65%	137.00									
23/01/2019	044	93.0	2.0	1.5	3.5	3.63%	96.50									
25/01/2019	045	50.0	1.0	0.5	1.5	2.91%	51.50									
<b>TOTALES</b>		<b>6,595.3</b>	<b>145.7</b>	<b>118.0</b>	<b>263.7</b>		<b>6,859.0</b>		<b>22.0</b>		<b>11,169.0</b>				<b>-</b>	

Figura 1 Matriz Control de Materia Prima e Inventario Forlán Ltda.

En la figura 1 muestra la matriz utilizada por Forlán Ltda., para el control de la materia prima e inventario, la cual permite observar la producción bruta y neta en Kg de la planta por cada orden de bolsas plásticas generada; así mismo, se refleja la cantidad de materia prima (Kg) que se desperdicia en las etapas de extrusión y sellado en el proceso de producción. Del mismo modo, la matriz de control muestra el inventario inicial con el que cuenta la empresa, así como la entrada de nueva materia prima al inventario de Forlán Ltda.

Como principal falencia que presente la matriz de control que implementa Forlán Ltda., la imposibilidad de determinar el tipo de materia prima utilizada en cada orden de compra y como esta se ve reflejada en el inventario de la empresa.

<b>ANALISIS DE RESULTADOS</b>			
CONSUMIDOS SEGÚN PRODUCCION	6,858.8		
ROLLOS EN PROCESO	-		
MATERIAL FUERA DE BODEGA			
CONSUMIDOS SEGÚN KARDEX	11,191.0		
DIFERENCIA	(4,332.2)	(+)	SOBRA MATERIAL
DESPERDICIO REPORTADO MES	263.5		
DESPERDICIO ACUMULADO	-		
DESPERDICIO EN BODEGA	-		
DESPERDICIO NO REPORTADO	-		
DIFERENCIA ABSOLUTA	-		
PERDIDAS POR EVAPORACION, CAMBIO DE MALLAS Y TROQUELADA			
% DESPERDICIO MES	3.84%		
BALANCE DE COMPRA MATERIAL MI	4,310	(-)	Disminuye el inventario en esta cantidad
		(+)	Aumenta el inventario en esta cantidad.
ACUMULADO AÑO	#¡REF!		
BALANCE DE EXISTENCIA DE MATERIAL (ACUMULADO AÑO)	#¡REF!	(+)	SOBRA MATERIAL
DESPERDICIO NO REPORTADO	-		
<b>BALANCE NETO DE MATERIAL</b>	#¡REF!	(+)	SOBRA MATERIAL
MATERIAL PROCESADO (ACUMULADO AÑO)	#¡REF!		

*Figura 2 Matriz de Análisis de Producción Forlán Ltda.*

La figura 2 muestra la Matriz de Análisis de Producción que utiliza la empresa Forlán Ltda., para la toma de decisiones en su planta de producción. En la misma, se puede comprobar la materia prima consumida, el material que ingresa a la bodega y la materia prima existente al final de la producción. Adicionalmente, se comprueba el porcentaje de desperdicio mensual durante el proceso de producción de bolsas plásticas en Forlán Ltda.

El principal inconveniente con la Matriz de Análisis de Producción que implementa Forlán Ltda., está dado por la imposibilidad de determinar la clase de materia prima utilizada y sus necesidades en un tiempo específico, impidiendo llevar un control eficiente y eficaz en el proceso de producción.

## 6.5. Seguimiento y evaluación de las pérdidas

La metodología aplicada en la planta de producción de Forlán Ltda., para el balance de pérdidas plantea el seguimiento a las pérdidas de plástico de tal forma que se puede establecer la eficiencia del sistema de producción, para tal fin, fue necesario establecer una formula general para realizar el balance de masa, mientras que para el balance de energía eléctrica se dictamino contrastando la potencia nominal de las máquinas que participan en el proceso de producción contra la potencia leída en dichas máquinas.

## 6.6. Procedimiento Matemático

Los cálculos para el balance de materia en la producción de bolsas plásticas se realizaron mediante la siguiente formula general:

<b>FORMULA GENERAL</b>
<b><math>MPIB + MPEB - MPFB = PNB + PRP + D + DNC</math></b>

Donde:

- MPIB:** Materia prima inicial en bodega  
**MPEB:** Materia prima que entra a bodega  
**MPFB:** Materia prima final en bodega  
**PNB:** Producción neta en bolsa  
**PRP:** Producción rollos en proceso  
**D:** Desperdicio  
**DNC:** Desperdicio no contabilizado

## **6.7. Toma de datos en el proceso de producción**

Teniendo en cuenta las variables que hacen parte de la fórmula general para realizar el balance de materia, se efectuaron unos cambios en el sistema de control de producción e inventario de la empresa Forlán Ltda., con el propósito de optimizarlo al volverlo más eficiente en la obtención de la información y la toma de decisiones, como se visualiza en las figuras 3, 4, 5, 6 y 7.

CONTROL DE PRODUCCION FORLAN LTDA											
FECHA	ORDEN No.	PRODUCCION BRUTA (Kg)	POLIETILENO (Kg)	PIGMENTO (Kg)	DESPERDICIO EN EXTRUSION (Kg)	PORCENTAJE DESPERDICIO EXTRUSION (%)	DESPERDICIO EN SELLADO (Kg)	PORCENTAJE DESPERDICIO SELLADO (%)	DESPERDICIO TOTAL (Kg)	PORCENTAJE DESPERDICIO TOTAL (%)	PRODUCCION NETA (Kg)
30/10/2018	025	190,00	184,0	6,0	5,0	2,63%	4,0	2,16%	9,0	4,79%	181,0
21/11/2018	026	181,00	175,5	5,5	3,0	1,65%	4,0	2,24%	7,0	3,89%	174,0
24/11/2018	027	553,50	537,0	16,5	4,0	0,72%	12,0	2,18%	16,0	2,90%	537,5
27/11/2018	028	326,00	316,0	10,0	8,0	2,45%	4,0	1,25%	12,0	3,70%	314,0
30/11/2018	029	411,00	399,0	12,0	19,0	4,62%	4,0	1,02%	23,0	5,64%	388,0
4/12/2018	030	291,00	282,0	9,0	4,0	1,37%	10,0	3,48%	14,0	4,85%	277,0
5/12/2018	031	956,80	928,0	28,8	23,0	2,40%	14,5	1,55%	37,5	3,95%	919,3
7/12/2018	032	210,00	204,0	6,0	4,0	1,90%	2,0	0,97%	6,0	2,87%	204,0
17/12/2018	033	1.533,50	1.487,5	46,0	42,0	2,73%	21,0	1,40%	63,0	4,13%	1.470,5
3/01/2019	034	543,00	527,0	16,0	4,0	0,73%	16,0	2,96%	20,0	3,69%	523,0
9/01/2019	035	303,00	294,0	9,0	4,0	1,32%	2,0	0,66%	6,0	1,98%	297,0
11/01/2019	036	197,00	191,0	6,0	5,0	2,53%	2,0	1,04%	7,0	3,57%	190,0
12/01/2019	037	92,00	89,0	3,0	0,5	0,54%	4,0	4,37%	4,5	4,91%	87,5
12/01/2019	038	180,00	175,0	5,0	4,0	2,22%	5,0	2,84%	9,0	5,06%	171,0
13/01/2019	039	43,00	41,5	1,5	0,5	1,16%	1,5	3,52%	2,0	4,68%	41,0
15/01/2019	040	413,00	401,0	12,0	8,0	1,93%	4,0	0,98%	12,0	2,91%	401,0
18/01/2019	041	70,50	68,5	2,0	0,5	0,70%	2,5	3,57%	3,0	4,27%	67,5
23/01/2019	042	79,50	77,0	2,5	1,5	1,88%	1,0	1,28%	2,5	3,16%	77,0
23/01/2019	043	137,00	133,0	4,0	3,0	2,18%	2,0	1,49%	5,0	3,67%	132,0
23/01/2019	044	96,50	94,0	2,5	2,0	2,07%	1,5	1,58%	3,5	3,65%	93,0
25/01/2019	045	51,50	50,0	1,5	1,0	1,94%	0,5	0,99%	1,5	2,93%	50,0
6/02/2019	046	129,30	126,3	3,0	3,0	2,32%	3,0	2,37%	6,0	4,69%	123,3
6/02/2019	047	857,90	831,9	26,0	19,0	2,26%	20,0	2,42%	39,0	4,68%	818,9
9/02/2019	048	281,80	270,8	11,0	5,0	1,80%	8,0	2,97%	13,0	4,77%	268,8
10/02/2019	049	178,00	171,0	7,0	4,0	2,24%	3,0	1,72%	7,0	3,96%	171,0
10/02/2019	050	395,50	383,5	12,0	5,0	1,26%	12,0	3,07%	17,0	4,33%	378,5
10/02/2019	051	148,50	142,5	6,0	3,0	2,02%	4,0	2,74%	7,0	4,76%	141,5
12/02/2019	052	73,00	70,0	3,0	1,5	2,05%	2,0	2,79%	3,5	4,84%	69,5
12/02/2019	053	85,00	82,0	3,0	1,0	1,17%	3,0	3,57%	4,0	4,74%	81,0
12/02/2019	054	357,30	343,3	14,0	5,5	1,53%	12,0	3,41%	17,5	4,94%	339,8
19/02/2019	055	230,90	223,9	7,0	4,0	1,73%	7,0	3,08%	11,0	4,81%	219,9
19/02/2019	056	87,00	84,0	3,0	1,0	1,14%	3,0	3,48%	4,0	4,62%	83,0
19/02/2019	057	56,00	54,0	2,0	1,0	1,78%	1,0	1,81%	2,0	3,59%	54,0
19/02/2019	058	162,00	157,0	5,0	2,0	1,23%	5,0	3,10%	7,0	4,33%	155,0
<b>TOTALES</b>		<b>9.901,0</b>	<b>9.594,2</b>	<b>306,8</b>	<b>201,0</b>	<b>1,83%</b>	<b>200,5</b>	<b>2,30%</b>	<b>401,5</b>	<b>4,13%</b>	<b>9.499,5</b>

Figura 3 Nueva Matriz de Control de Producción Forlán Ltda.

La optimización del sistema de control e inventario que implementa Forlán Ltda., comienza por separar dichos procesos, por lo tanto, se rediseña el sistema en dos matrices

La figura 3 muestra la nueva Matriz de Control de Producción de la empresa Forlán Ltda., la misma permite especificar el tipo de material utilizado en una orden de compra, así como registrar la cantidad y porcentaje de desperdicio en cada etapa del proceso de producción de bolsas plásticas, determinando de esta manera la eficiencia en todo el proceso de producción, lo anterior dado por la producción neta en cada orden de compra.

Por otra parte, la otra matriz que se diseñó para llevar el sistema de control en la planta de producción de Forlán Ltda., es la Matriz de Control de Inventario como se observa en la figura 4.

**CONTROL DE INVENTARIO FORLAN LTDA**

FECHA	ORDEN No.	MATERIA PRIMA INICIAL EN BODEGA - MPIB										MATERIA PRIMA ENTRANTE EN BODEGA - MPEB										MATERIA PRIMA FINAL EN BODEGA - MPFB									
		PE BAJA 641 - POLIETILENO (Kg)		PE LINEAL - PIGMENTO								PE BAJA 641 - POLIETILENO (Kg)		PE LINEAL - PIGMENTO								PE BAJA 641 - POLIETILENO (Kg)		PE LINEAL - PIGMENTO							
		RC	RT	N	UV	R	V	A	AZ	B	TOTAL	RC	RT	N	UV	R	V	A	AZ	B	TOTAL	RC	RT	N	UV	R	V	A	AZ	B	TOTAL
30/10/2018	025	-	-	0,0	0,0	4,0	5,5	7,0	5,5	0,0	22,0	10.810,0	0,0	324,0	0,0	15,0	15,0	0,0	0,0	0,0	11.169,0	10.626,0	0,0	318,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	11.001,0
21/11/2018	026	10.626,0	-	318,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	11.001,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10.450,5	0,0	312,5	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	10.820,0
24/11/2018	027	10.450,5	-	312,5	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	10.820,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9.913,5	0,0	296,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	10.266,5
27/11/2018	028	9.913,5	-	296,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	10.266,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9.597,5	0,0	286,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.940,5
30/11/2018	029	9.597,5	-	286,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.940,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9.198,5	0,0	274,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.529,5
4/12/2018	030	9.198,5	-	274,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.529,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8.916,5	0,0	265,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.238,5
5/12/2018	031	8.916,5	-	265,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.238,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7.988,5	0,0	236,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	8.281,7
7/12/2018	032	7.988,5	-	236,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	8.281,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7.784,5	0,0	230,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	8.071,7
17/12/2018	033	7.784,5	-	230,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	8.071,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6.297,0	0,0	184,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	6.538,2
3/01/2019	034	6.297,0	-	184,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	6.538,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.770,0	0,0	168,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.995,2
9/01/2019	035	5.770,0	-	168,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.995,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.476,0	0,0	159,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.692,2
11/01/2019	036	5.476,0	-	159,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.692,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.285,0	0,0	153,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.495,2
12/01/2019	037	5.285,0	-	153,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.495,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.196,0	0,0	150,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.403,2
12/01/2019	038	5.196,0	-	150,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.403,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.021,0	0,0	145,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.223,2
13/01/2019	039	5.021,0	-	145,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.223,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4.979,5	0,0	143,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.180,2
15/01/2019	040	4.979,5	-	143,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.180,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4.578,5	0,0	131,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.767,2
18/01/2019	041	4.578,5	-	131,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.767,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4.510,0	0,0	129,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.696,7
23/01/2019	042	4.510,0	-	129,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.696,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4.433,0	0,0	127,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.617,2
23/01/2019	043	4.433,0	-	127,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.617,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4.300,0	0,0	123,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.480,2
23/01/2019	044	4.300,0	-	123,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.480,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4.206,0	0,0	120,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.383,7
25/01/2019	045	4.206,0	-	120,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.383,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4.156,0	0,0	119,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.332,2
6/02/2019	046	4.156,0	-	119,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.332,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4.029,7	0,0	116,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.202,9
6/02/2019	047	4.029,7	-	116,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.202,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3.197,8	0,0	90,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	3.345,0
9/02/2019	048	3.197,8	-	90,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	3.345,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.927,0	0,0	79,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	3.063,2
10/02/2019	049	2.927,0	-	79,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	3.063,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.756,0	0,0	72,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.885,2
10/02/2019	050	2.756,0	-	72,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.885,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.372,5	0,0	60,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.489,7
10/02/2019	051	2.372,5	-	60,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.489,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.230,0	0,0	54,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.341,2
12/02/2019	052	2.230,0	-	54,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.341,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.160,0	0,0	51,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.268,2
12/02/2019	053	2.160,0	-	51,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.268,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.078,0	0,0	48,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.183,2
12/02/2019	054	2.078,0	-	48,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.183,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.734,7	0,0	34,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.825,9
19/02/2019	055	1.734,7	-	34,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.825,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.510,8	0,0	27,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.595,0
19/02/2019	056	1.510,8	-	27,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.595,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.426,8	0,0	24,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.508,0
19/02/2019	057	1.426,8	-	24,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.508,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.372,8	0,0	22,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.452,0
19/02/2019	058	1.372,8	-	22,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.452,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.215,8	0,0	17,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.290,0
<b>TOTALES</b>											<b>4.383,7</b>										<b>11.169,0</b>									<b>1.290,0</b>	

Figura 4 Nueva Matriz de Control de Inventario Forlán Ltda.

Teniendo en cuenta la fórmula general propuesta para realizar el balance de materia en el proceso de producción de bolsas plásticas en la empresa Forlán Ltda, la Matriz de Control de Inventario está dividida en tres secciones; la primera sección corresponde a la Materia Prima Inicial en Bodega – MPIB, al momento de generar una nueva orden de compra, donde se especifica la clase de insumo con la cuenta la planta de producción, como lo son el Polietileno de los tipos RC o RT, y la cantidad de pigmento discriminado por color tales como el negro (N), con filtro (UV), rojo (R), verde (V), amarilla (A), azul (AZ) y blanco (B).

La segunda sección de la Matriz de Control de Inventario, concierne a la Materia Prima Entrante en Bodega – MPEB, donde se relacionan los ingresos de insumos requeridos en durante el proceso de producción.

Por último, la sección de Materia Prima Final en Bodega – MPFB, determina los insumos existentes en la planta de Forlán Ltda., posterior a la producción de una orden de compra.

Las figuras 5, 6 y 7 muestran en detalle cada sección de la Matriz de Control de Inventario y sus respectivos movimientos durante el tiempo de duración del presente estudio.

CONTROL DE INVENTARIO FORLAN LTDA												
FECHA	ORDEN No.	MATERIA PRIMA INICIAL EN BODEGA - MPIB										
		PE BAJA 641 - POLIETILENO (Kg)		PE LINEAL - PIGMENTO								TOTAL
		RC	RT	N	UV	R	V	A	AZ	B		
30/10/2018	025	-	-	0,0	0,0	4,0	5,5	7,0	5,5	0,0	22,0	
21/11/2018	026	10.626,0	-	318,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	11.001,0	
24/11/2018	027	10.450,5	-	312,5	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	10.820,0	
27/11/2018	028	9.913,5	-	296,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	10.266,5	
30/11/2018	029	9.597,5	-	286,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.940,5	
4/12/2018	030	9.198,5	-	274,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.529,5	
5/12/2018	031	8.916,5	-	265,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.238,5	
7/12/2018	032	7.988,5	-	236,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	8.281,7	
17/12/2018	033	7.784,5	-	230,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	8.071,7	
3/01/2019	034	6.297,0	-	184,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	6.538,2	
9/01/2019	035	5.770,0	-	168,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.995,2	
11/01/2019	036	5.476,0	-	159,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.692,2	
12/01/2019	037	5.285,0	-	153,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.495,2	
12/01/2019	038	5.196,0	-	150,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.403,2	
13/01/2019	039	5.021,0	-	145,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.223,2	
15/01/2019	040	4.979,5	-	143,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.180,2	
18/01/2019	041	4.578,5	-	131,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.767,2	
23/01/2019	042	4.510,0	-	129,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.696,7	
23/01/2019	043	4.433,0	-	127,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.617,2	
23/01/2019	044	4.300,0	-	123,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.480,2	
25/01/2019	045	4.206,0	-	120,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.383,7	
6/02/2019	046	4.156,0	-	119,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.332,2	
6/02/2019	047	4.029,7	-	116,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.202,9	
9/02/2019	048	3.197,8	-	90,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	3.345,0	
10/02/2019	049	2.927,0	-	79,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	3.063,2	
10/02/2019	050	2.756,0	-	72,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.885,2	
10/02/2019	051	2.372,5	-	60,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.489,7	
12/02/2019	052	2.230,0	-	54,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.341,2	
12/02/2019	053	2.160,0	-	51,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.268,2	
12/02/2019	054	2.078,0	-	48,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.183,2	
19/02/2019	055	1.734,7	-	34,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.825,9	
19/02/2019	056	1.510,8	-	27,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.595,0	
19/02/2019	057	1.426,8	-	24,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.508,0	
19/02/2019	058	1.372,8	-	22,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.452,0	
<b>TOTALES</b>											<b>4.383,7</b>	

Figura 5 Matriz Materia Prima Inicial en Bodega - MPIB

La sección de MPIB muestra que al momento de iniciar la presente investigación, la planta de producción de Forlán Ltda., contaba con una existencia de 22 kilogramos de insumos correspondiente a los diferentes tipos de pigmento.

CONTROL DE INVENTARIO FORLAN LTDA											
FECHA	ORDEN No.	MATERIA PRIMA ENTRANTE EN BODEGA - MPEB									
		PE BAJA 641 - POLIETILENO (Kg)		PE LINEAL - PIGMENTO							
		RC	RT	N	UV	R	V	A	AZ	B	TOTAL
30/10/2018	025	10.810,0	0,0	324,0	0,0	15,0	15,0	0,0	0,0	5,0	11.169,0
21/11/2018	026	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24/11/2018	027	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27/11/2018	028	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/11/2018	029	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4/12/2018	030	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5/12/2018	031	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7/12/2018	032	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17/12/2018	033	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3/01/2019	034	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9/01/2019	035	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11/01/2019	036	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12/01/2019	037	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12/01/2019	038	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13/01/2019	039	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15/01/2019	040	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18/01/2019	041	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23/01/2019	042	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23/01/2019	043	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23/01/2019	044	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25/01/2019	045	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6/02/2019	046	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6/02/2019	047	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9/02/2019	048	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10/02/2019	049	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10/02/2019	050	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10/02/2019	051	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12/02/2019	052	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12/02/2019	053	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12/02/2019	054	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19/02/2019	055	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19/02/2019	056	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19/02/2019	057	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19/02/2019	058	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>TOTALES</b>											<b>11.169,0</b>

Figura 6 Matriz Materia Prima Entrante en Bodega - MPEB

Por su parte, la sección de MPEB evidencia que solamente se registró un ingreso de materia prima durante los meses que se realizó el estudio, el cual corresponde a 10.810 kilogramos de polietileno de baja densidad del tipo RC, 324 kilogramos de pigmento negro, 15 kilogramos de pigmento rojo, 15 kilogramos de pigmento verde y 5 kilogramos de pigmento blanco.

CONTROL DE INVENTARIO FORLAN LTDA											
FECHA	ORDEN No.	MATERIA PRIMA FINAL EN BODEGA - MPFB									
		PE BAJA 641 - POLIETILENO (Kg)		PE LINEAL - PIGMENTO							
		RC	RT	N	UV	R	V	A	AZ	B	TOTAL
30/10/2018	025	10.626,0	0,0	318,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	11.001,0
21/11/2018	026	10.450,5	0,0	312,5	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	10.820,0
24/11/2018	027	9.913,5	0,0	296,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	10.266,5
27/11/2018	028	9.597,5	0,0	286,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.940,5
30/11/2018	029	9.198,5	0,0	274,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.529,5
4/12/2018	030	8.916,5	0,0	265,0	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	9.238,5
5/12/2018	031	7.988,5	0,0	236,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	8.281,7
7/12/2018	032	7.784,5	0,0	230,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	8.071,7
17/12/2018	033	6.297,0	0,0	184,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	6.538,2
3/01/2019	034	5.770,0	0,0	168,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.995,2
9/01/2019	035	5.476,0	0,0	159,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.692,2
11/01/2019	036	5.285,0	0,0	153,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.495,2
12/01/2019	037	5.196,0	0,0	150,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.403,2
12/01/2019	038	5.021,0	0,0	145,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.223,2
13/01/2019	039	4.979,5	0,0	143,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	5.180,2
15/01/2019	040	4.578,5	0,0	131,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.767,2
18/01/2019	041	4.510,0	0,0	129,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.696,7
23/01/2019	042	4.433,0	0,0	127,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.617,2
23/01/2019	043	4.300,0	0,0	123,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.480,2
23/01/2019	044	4.206,0	0,0	120,7	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.383,7
25/01/2019	045	4.156,0	0,0	119,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.332,2
6/02/2019	046	4.029,7	0,0	116,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	4.202,9
6/02/2019	047	3.197,8	0,0	90,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	3.345,0
9/02/2019	048	2.927,0	0,0	79,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	3.063,2
10/02/2019	049	2.756,0	0,0	72,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.885,2
10/02/2019	050	2.372,5	0,0	60,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.489,7
10/02/2019	051	2.230,0	0,0	54,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.341,2
12/02/2019	052	2.160,0	0,0	51,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.268,2
12/02/2019	053	2.078,0	0,0	48,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	2.183,2
12/02/2019	054	1.734,7	0,0	34,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.825,9
19/02/2019	055	1.510,8	0,0	27,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.595,0
19/02/2019	056	1.426,8	0,0	24,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.508,0
19/02/2019	057	1.372,8	0,0	22,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.452,0
19/02/2019	058	1.215,8	0,0	17,2	0,0	19,0	20,5	7,0	5,5	5,0	1.290,0
<b>TOTALES</b>											<b>1.290,0</b>

Figura 7 Matriz Materia Prima Final en Bodega - MPFB

En relación con la sección de MPFB se observa que luego de producción de la última orden de compra en el periodo de duración del estudio, la materia prima que quedo en bodega fue de 1290 kilogramos de insumo. La sección de MPFB permite evidenciar el comportamiento del inventario de planta de producción en específico la variación del polietileno del tipo RC y el pigmento de color negro.

## 6.8. Balance de Materia en el Proceso de Producción de Bolsas Plásticas

Forlán Ltda., requirió de la realización del balance de masa real con el fin de evaluar cada etapa del proceso de producción y así poder determinar ciertos parámetros que indican la eficiencia en un proceso.



*Figura 8 Polietileno de Baja Densidad*

Con la colaboración prestada por el personal operativo de la planta, se llevó a cabo un control diario desde el momento en que el polietileno llega a las instalaciones de la empresa, el cual es pesado y almacenado.



*Figura 9 Bodega de almacenamiento Forlán Ltda.*

Posteriormente es descargado en la tolva de la maquina extrusora para comenzar el proceso de producción.



*Figura 11 Polietileno granulado en la maquina extrusora*



*Figura 10 Burbuja de plástico en la maquina extrusora*



*Figura 12 Película de plástico en la maquina extrusora*



*Figura 13 Rollos de plástico salientes de máquina extrusora*

Una vez pasado por el proceso de extrusado, los rollos de plástico resultante pasan a la máquina de sellado donde son cortadas y calibradas según las necesidades de los clientes, para producir las bolsas plásticas requeridas, las cuales son embaladas y enviadas a su destinatario.



*Figura 14 Rollo de plástico en maquina selladora*



*Figura 15 Paquetes de bolsas plásticas*



*Figura 17 Bolsas plásticas*



*Figura 16 Desperdicio de plástico en proceso de producción*

Como se mencionó con anterioridad, la planta de producción de Forlán Ltda., opera sobre pedido por lo cual no hay una producción continua, en virtud de lo anterior, se decidió aplicar el balance de masa unitario para cada una de las 34 Órdenes de Compra que se generan en el tiempo de duración del estudio, para el cual se muestra de manera aleatoria el balance de masas de 5 órdenes de compra como se observa en los diagramas de proceso relacionados a continuación.

Por último, se emplea la fórmula general de conservación de la materia propuesta para la presente investigación.

Diagrama de proceso y cantidades de producción expresadas en porcentaje.  
Forlán Ltda. Orden No. 25

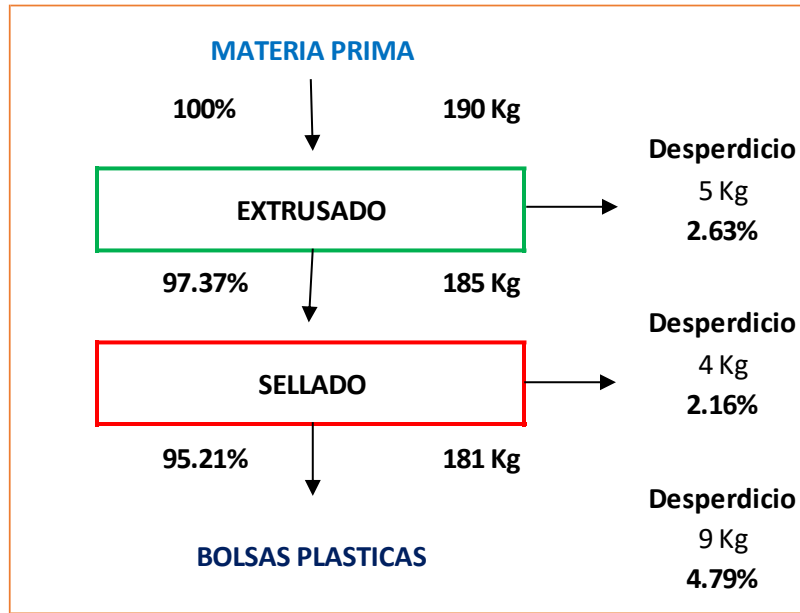


Ilustración 1 Diagrama de proceso y cantidades Orden No. 25

Tabla 1  
Proceso de Entrada y Salida de materiales en Orden No. 25

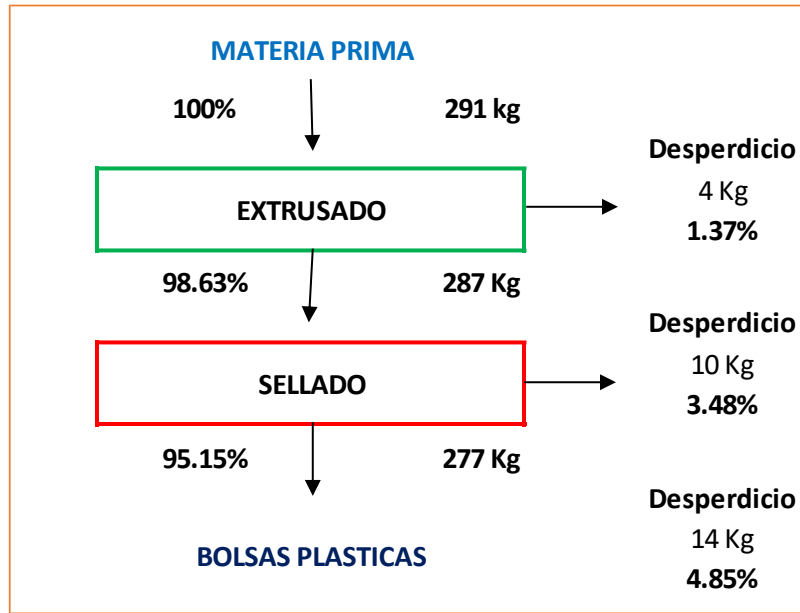
MATERIALES ENTRANTES PROCESO DE EXTRUSADO		
ESPECIFICACIONES	CANTIDAD (Kg)	PORCENTAJE (%)
POLIETILENO (PE BAJA 641 - RC)	184	97
PIGMENTO (PE LINEAL)	6	3
<b>TOTAL</b>	<b>190</b>	<b>100</b>
MATERIALES SALIENTES PROCESO DE EXTRUSADO		
ESPECIFICACIONES	CANTIDAD (Kg)	PORCENTAJE (%)
ROLLO DE PLÁSTICO	185	97.37
<b>TOTAL</b>	<b>185</b>	<b>97.37</b>

<b>PERDIDAS PROCESO DE EXTRUSADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
DESPERDICIO	5	2.63
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>2.63</b>
<b>MATERIALES ENTRANTES PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
ROLLO DE PLÁSTICO	185	100
<b>TOTAL</b>	<b>185</b>	<b>100</b>
<b>MATERIALES SALIENTES PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
BOLSAS PLÁSTICAS	181	97.84
<b>TOTAL</b>	<b>181</b>	<b>97.84</b>
<b>PERDIDAS PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
DESPERDICIO	4	2.16
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>2.16</b>

<b>BALANCE DE MASA ORDEN No. 25</b>	
<b>POLIETILENO(Kg) + PIGMENTO(Kg)</b>	<b>ROLLOS BOLSAS(Kg) + DESPERDICIO EXTRUSADO(Kg) + DESPERDICIO SELLADO(Kg)</b>
184 Kg + 6 Kg	181 Kg + 5 Kg + 4 Kg
<b>190 Kg</b>	<b>190 Kg</b>

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

**Diagrama de proceso y cantidades de producción expresadas en porcentaje.  
Forlán Ltda. Orden No. 30**



*Ilustración 2 Diagrama de proceso y cantidades Orden No. 30*

**Tabla 2**  
*Proceso de Entrada y Salida de materiales en Orden No. 30*

<b>MATERIALES ENTRANTES PROCESO DE EXTRUSADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
POLIETILENO (PE BAJA 641 - RC)	282	97
PIGMENTO (PE LINEAL)	9	3
<b>TOTAL</b>	<b>291</b>	<b>100</b>
<b>MATERIALES SALIENTES PROCESO DE EXTRUSADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
ROLLO DE PLÁSTICO	287	98.63
<b>TOTAL</b>	<b>287</b>	<b>98.63</b>

<b>PERDIDAS PROCESO DE EXTRUSADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
DESPERDICIO	4	1.37
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>1.37</b>
<b>MATERIALES ENTRANTES PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
ROLLO DE PLÁSTICO	287	100
<b>TOTAL</b>	<b>287</b>	<b>100</b>
<b>MATERIALES SALIENTES PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
BOLSAS PLÁSTICAS	277	96.52
<b>TOTAL</b>	<b>277</b>	<b>96.52</b>
<b>PERDIDAS PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
DESPERDICIO	10	3.48
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>3.48</b>

<b>BALANCE DE MASA ORDEN No. 30</b>	
<b>POLIETILENO(Kg) + PIGMENTO(Kg)</b>	<b>ROLLOS BOLSAS(Kg) + DESPERDICIO EXTRUSADO(Kg) + DESPERDICIO SELLADO(Kg)</b>
282 Kg + 9 Kg	277 Kg + 4 Kg + 10 Kg
<b>291 Kg</b>	<b>291 Kg</b>

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Diagrama de proceso y cantidades de producción expresadas en porcentaje.  
Forlán Ltda. Orden No. 35

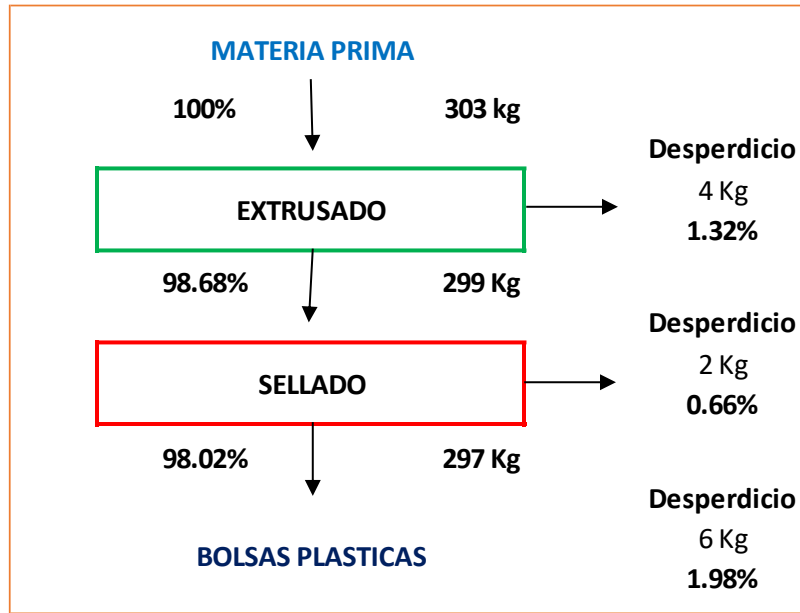


Ilustración 3 Diagrama de proceso y cantidades Orden No. 35

Tabla 3  
Proceso de Entrada y Salida de materiales en Orden No. 35

MATERIALES ENTRANTES PROCESO DE EXTRUSADO		
ESPECIFICACIONES	CANTIDAD (Kg)	PORCENTAJE (%)
POLIETILENO (PE BAJA 641 - RC)	294	97
PIGMENTO (PE LINEAL)	9	3
<b>TOTAL</b>	<b>303</b>	<b>100</b>
MATERIALES SALIENTES PROCESO DE EXTRUSADO		
ESPECIFICACIONES	CANTIDAD (Kg)	PORCENTAJE (%)
ROLLO DE PLÁSTICO	299	98.68
<b>TOTAL</b>	<b>299</b>	<b>98.68</b>

<b>PERDIDAS PROCESO DE EXTRUSADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
DESPERDICIO	4	1.32
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>1.32</b>
<b>MATERIALES ENTRANTES PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
ROLLO DE PLÁSTICO	299	100
<b>TOTAL</b>	<b>299</b>	<b>100</b>
<b>MATERIALES SALIENTES PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
BOLSAS PLÁSTICAS	297	99.34
<b>TOTAL</b>	<b>297</b>	<b>99.34</b>
<b>PERDIDAS PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
DESPERDICIO	2	0.66
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>0.66</b>

<b>BALANCE DE MASA ORDEN No. 35</b>	
<b>POLIETILENO(Kg) + PIGMENTO(Kg)</b>	<b>ROLLOS BOLSAS(Kg) + DESPERDICIO EXTRUSADO(Kg) + DESPERDICIO SELLADO(Kg)</b>
294 Kg + 9 Kg	297 Kg + 4 Kg + 2 Kg
<b>303 Kg</b>	<b>303 Kg</b>

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Diagrama de proceso y cantidades de producción expresadas en porcentaje.  
Forlán Ltda. Orden No. 40

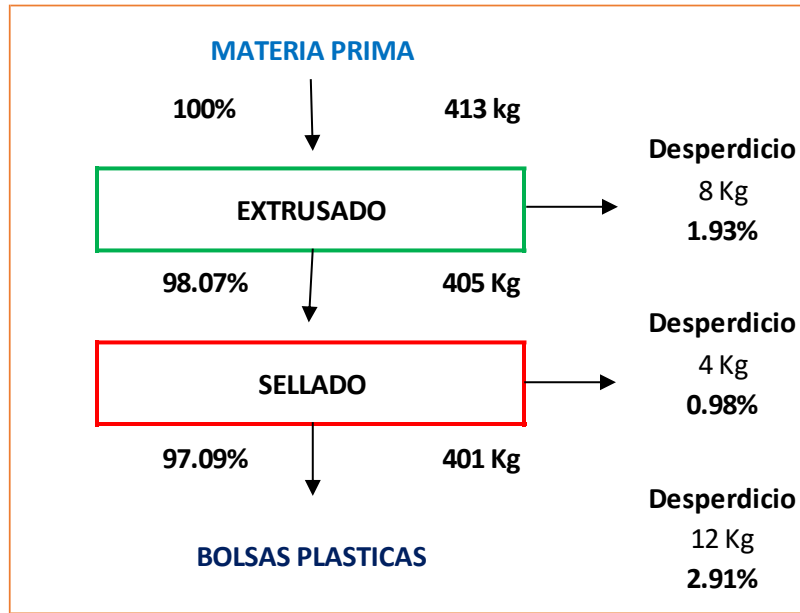


Ilustración 4 Diagrama de proceso y cantidades Orden No. 40

Tabla 4  
Proceso de Entrada y Salida de materiales en Orden No. 40

MATERIALES ENTRANTES PROCESO DE EXTRUSADO		
ESPECIFICACIONES	CANTIDAD (Kg)	PORCENTAJE (%)
POLIETILENO (PE BAJA 641 - RC)	401	97
PIGMENTO (PE LINEAL)	12	3
<b>TOTAL</b>	<b>413</b>	<b>100</b>
MATERIALES SALIENTES PROCESO DE EXTRUSADO		
ESPECIFICACIONES	CANTIDAD (Kg)	PORCENTAJE (%)
ROLLO DE PLÁSTICO	405	98.07
<b>TOTAL</b>	<b>405</b>	<b>98.07</b>

<b>PERDIDAS PROCESO DE EXTRUSADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
DESPERDICIO	8	1.93
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>1.93</b>
<b>MATERIALES ENTRANTES PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
ROLLO DE PLÁSTICO	405	100
<b>TOTAL</b>	<b>405</b>	<b>100</b>
<b>MATERIALES SALIENTES PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
BOLSAS PLÁSTICAS	401	99.02
<b>TOTAL</b>	<b>401</b>	<b>99.02</b>
<b>PERDIDAS PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
DESPERDICIO	4	0.98
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>0.98</b>

<b>BALANCE DE MASA ORDEN No. 40</b>	
<b>POLIETILENO(Kg) + PIGMENTO(Kg)</b>	<b>ROLLOS BOLSAS(Kg) + DESPERDICIO EXTRUSADO(Kg) + DESPERDICIO SELLADO(Kg)</b>
401 Kg + 12 Kg	401 Kg + 8 Kg + 4 Kg
<b>413 Kg</b>	<b>413 Kg</b>

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Diagrama de proceso y cantidades de producción expresadas en porcentaje.  
Forlán Ltda. Orden No. 45

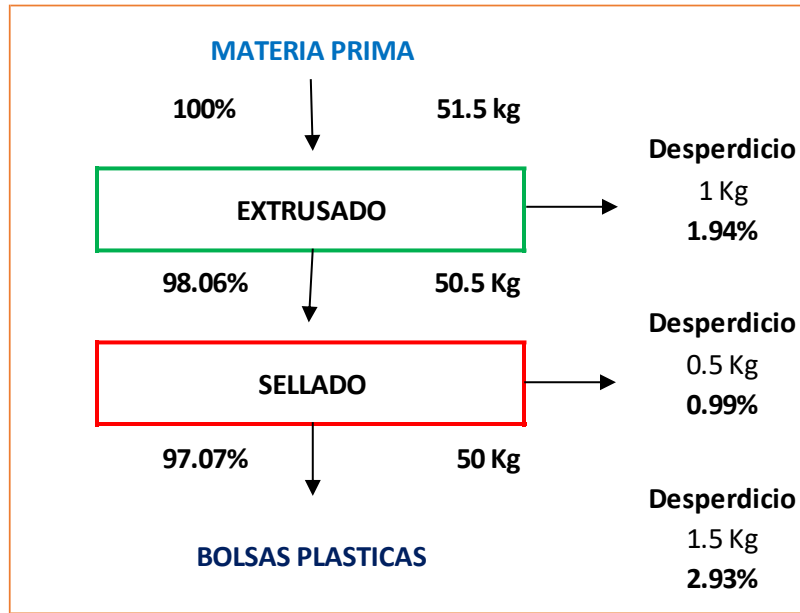


Ilustración 5 Diagrama de proceso y cantidades Orden No. 45

Tabla 5  
Proceso de Entrada y Salida de materiales en Orden No. 45

MATERIALES ENTRANTES PROCESO DE EXTRUSADO		
ESPECIFICACIONES	CANTIDAD (Kg)	PORCENTAJE (%)
POLIETILENO (PE BAJA 641 - RC)	50	97
PIGMENTO (PE LINEAL)	1.5	3
<b>TOTAL</b>	<b>51.5</b>	<b>100</b>
MATERIALES SALIENTES PROCESO DE EXTRUSADO		
ESPECIFICACIONES	CANTIDAD (Kg)	PORCENTAJE (%)
ROLLO DE PLÁSTICO	50.5	98.06
<b>TOTAL</b>	<b>50.5</b>	<b>98.06</b>

<b>PERDIDAS PROCESO DE EXTRUSADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
DESPERDICIO	1	1.94
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>1.94</b>
<b>MATERIALES ENTRANTES PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
ROLLO DE PLÁSTICO	50.5	100
<b>TOTAL</b>	<b>50.5</b>	<b>100</b>
<b>MATERIALES SALIENTES PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
BOLSAS PLÁSTICAS	50	99.01
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>99.01</b>
<b>PERDIDAS PROCESO DE SELLADO</b>		
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>CANTIDAD (Kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
DESPERDICIO	0.5	0.99
<b>TOTAL</b>	<b>0.5</b>	<b>0.99</b>

<b>BALANCE DE MASA ORDEN No. 45</b>	
<b>POLIETILENO(Kg) + PIGMENTO(Kg)</b>	<b>ROLLOS BOLSAS(Kg) + DESPERDICIO EXTRUSADO(Kg) + DESPERDICIO SELLADO(Kg)</b>
50 Kg + 1.5 Kg	50 Kg + 1 Kg + 0.5 Kg
<b>51.5 Kg</b>	<b>51.5 Kg</b>

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Los diagramas de proceso y producción expuestos con anterioridad, permiten ilustrar los valores contenidos en la Matriz de Control de Producción presentada en la figura 3, donde se puede evidenciar los rendimientos de cada orden de compra, permitiendo identificar en cada etapa diferentes factores que generen un rendimiento deficiente en el proceso de producción, procurando aplicar correctivos que conlleven a la optimización del sistema de producción de la planta de producción de la empresa Forlán Ltda.

Por consiguiente, luego de aplicar un balance de masa unitario a cada una de las órdenes que hacen parte del estudio, se procede a realizar el balance de masa general de la producción de bolsas plásticas durante el tiempo de duración de la investigación mediante la aplicación de la fórmula matemática estipulada para este estudio, en la cual se tiene como variable la materia prima inicial con la que cuenta la empresa, la materia prima que ingresa a bodega, la producción neta de bolsas plásticas, los desperdicios generados, así como la materia prima final en la bodega que queda en existencia luego de los procesos de producción.

Teniendo en cuenta lo anterior, para un control más eficiente la implementación del procedimiento matemático se hace de manera mensual, como se observa en las tablas 6 a 10 presentadas a continuación:

Tabla 6  
*Balance de Masa de Producción de Bolsas Plásticas para el Mes 1*

<b>FORMULA GENERAL</b>
<b><math>MPIB + MPEB - MPFB = PNB + PRP + D + DNC</math></b>

<b>MPIB:</b>	Materia prima inicial en bodega
<b>MPEB:</b>	Materia prima que entra a bodega
<b>MPFB:</b>	Materia prima final en bodega
<b>PNB:</b>	Producción neta en bolsa
<b>PRP:</b>	Producción rollos en proceso
<b>D:</b>	Desperdicio
<b>DNC:</b>	Desperdicio no contabilizado

<b>MPIB:</b>	22 Kg
<b>MPEB:</b>	11.169 Kg
<b>MPFB:</b>	11.001 Kg
<b>PNB:</b>	181 Kg
<b>PRP:</b>	0 Kg
<b>D:</b>	9 Kg
<b>DNC:</b>	?

$$22 \text{ Kg} + 11.169 \text{ Kg} - 11.001 \text{ Kg} = 181 \text{ Kg} + 0 + 9 \text{ Kg} + \text{DNC}$$

$$190 \text{ Kg} = 190 \text{ Kg} + \text{DNC}$$

$$\text{DNC} = 0 \text{ Kg}$$

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Tabla 7

*Balance de Masa de Producción de Bolsas Plásticas para el Mes 2*

### FORMULA GENERAL

$$\text{MPIB} + \text{MPEB} - \text{MPFB} = \text{PNB} + \text{PRP} + \text{D} + \text{DNC}$$

<b>MPIB:</b>	11.001 Kg
<b>MPEB:</b>	0 Kg
<b>MPFB:</b>	9.529,5 Kg
<b>PNB:</b>	1.413,5 Kg
<b>PRP:</b>	0 Kg
<b>D:</b>	58 Kg
<b>DNC:</b>	?

$$11.001 \text{ Kg} + 0 \text{ Kg} - 9.529,5 \text{ Kg} = 1.413,5 \text{ Kg} + 0 + 58 \text{ Kg} + \text{DNC}$$

$$1.471,5 \text{ Kg} = 1.471,5 \text{ Kg} + \text{DNC}$$

$$\text{DNC} = 0 \text{ Kg}$$

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Tabla 8

*Balance de Masa de Producción de Bolsas Plásticas para el Mes 3*

<b>FORMULA GENERAL</b>	
<b><math>MPIB + MPEB - MPFB = PNB + PRP + D + DNC</math></b>	

<b>MPIB:</b>	9.529,5 Kg
<b>MPEB:</b>	0 Kg
<b>MPFB:</b>	6.538,2 Kg
<b>PNB:</b>	2.870,8 Kg
<b>PRP:</b>	0 Kg
<b>D:</b>	120,5 Kg
<b>DNC:</b>	?

<b><math>9.529,5 \text{ Kg} + 0 \text{ Kg} - 6.538,2 \text{ Kg} = 2.870,8 \text{ Kg} + 0 + 120,5 \text{ Kg} + DNC</math></b>
--

<b><math>2.991,3 \text{ Kg} = 2.991,3 \text{ Kg} + DNC</math></b>
---

<b><math>DNC = 0 \text{ Kg}</math></b>
--

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Tabla 9

*Balance de Masa de Producción de Bolsas Plásticas para el Mes 4*

<b>FORMULA GENERAL</b>	
<b><math>MPIB + MPEB - MPFB = PNB + PRP + D + DNC</math></b>	

<b>MPIB:</b>	6.538,2 Kg
<b>MPEB:</b>	0 Kg
<b>MPFB:</b>	4.332,2 Kg
<b>PNB:</b>	2.130 Kg
<b>PRP:</b>	0 Kg
<b>D:</b>	76 Kg
<b>DNC:</b>	?

$$6.538,2 \text{ Kg} + 0 \text{ Kg} - 4.332,2 \text{ Kg} = 2.130 \text{ Kg} + 0 + 76 \text{ Kg} + \text{DNC}$$

$$2.206 \text{ Kg} = 2.206 \text{ Kg} + \text{DNC}$$

$$\text{DNC} = 0 \text{ Kg}$$

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Tabla 10

*Balance de Masa de Producción de Bolsas Plásticas para el Mes 5*

### FORMULA GENERAL

$$\text{MPIB} + \text{MPEB} - \text{MPFB} = \text{PNB} + \text{PRP} + \text{D} + \text{DNC}$$

<b>MPIB:</b>	4.332,2 Kg
<b>MPEB:</b>	0 Kg
<b>MPFB:</b>	1.290 Kg
<b>PNB:</b>	2.904,2 Kg
<b>PRP:</b>	0 Kg
<b>D:</b>	138 Kg
<b>DNC:</b>	?

$$4.332,2 \text{ Kg} + 0 \text{ Kg} - 1.290 \text{ Kg} = 2.904,2 \text{ Kg} + 0 + 138 \text{ Kg} + \text{DNC}$$

$$3.042,2 \text{ Kg} = 3.042,2 \text{ Kg} + \text{DNC}$$

$$\text{DNC} = 0 \text{ Kg}$$

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

### **6.8.1. Resultados y Análisis del Balance de Materia en el Proceso de Producción de Bolsas Plásticas en Forlán Ltda.**

Considerando la importancia de este estudio y requerimiento que tiene la empresa Forlán Ltda., se confrontaron y analizaron los resultados obtenidos en las diferentes etapas del proceso de producción de bolsas plásticas, interpretando los comportamientos de dichos resultados.

#### **6.8.1.1. Rendimiento del Proceso de Producción**

Partiendo de la información contenida en la Matriz de Control de Producción, se pudo determinar los rendimientos de manera unitaria para cada orden de compra generada, así como en ciclos mensuales de producción, como se muestra a continuación:

Tabla 11  
Matriz de Perdidas y Rendimientos de Forlán Ltda.

FECHA	ORDEN No.	PERDIDAS DEL PROCESO X ORDEN (%)	PERDIDAS DEL PROCESO MENSUAL (%)	REDIMIENTO DEL PROCESO X ORDEN (%)	REDIMIENTO DEL PROCESO MENSUAL
30/10/2018	025	4,79%	<b>4,79%</b>	95,21%	<b>95,21%</b>
21/11/2018	026	3,89%	4,03%	96,11%	<b>95,97%</b>
24/11/2018	027	2,90%		<b>97,10%</b>	
27/11/2018	028	3,70%		96,30%	
30/11/2018	029	<b>5,64%</b>		94,36%	
4/12/2018	030	4,85%	3,95%	95,15%	<b>96,05%</b>
5/12/2018	031	3,95%		96,05%	
7/12/2018	032	2,87%		<b>97,13%</b>	
17/12/2018	033	4,13%		95,87%	
3/01/2019	034	3,69%	3,71%	96,31%	<b>96,29%</b>
9/01/2019	035	1,98%		<b>98,02%</b>	
11/01/2019	036	3,57%		96,43%	
12/01/2019	037	4,91%		95,09%	
12/01/2019	038	<b>5,06%</b>		94,94%	
13/01/2019	039	4,68%		95,32%	
15/01/2019	040	2,91%		<b>97,09%</b>	
18/01/2019	041	4,27%		95,73%	
23/01/2019	042	3,16%		96,84%	
23/01/2019	043	3,67%		96,33%	
23/01/2019	044	3,65%		96,35%	
25/01/2019	045	2,93%		<b>97,07%</b>	
6/02/2019	046	4,69%	4,54%	95,31%	<b>95,46%</b>
6/02/2019	047	4,68%		95,32%	
9/02/2019	048	4,77%		95,23%	
10/02/2019	049	3,96%		96,04%	
10/02/2019	050	4,33%		95,67%	
10/02/2019	051	4,76%		95,24%	
12/02/2019	052	4,84%		95,16%	
12/02/2019	053	4,74%		95,26%	
12/02/2019	054	4,94%		95,06%	
19/02/2019	055	4,81%		95,19%	
19/02/2019	056	4,62%		95,38%	
19/02/2019	057	3,59%		96,41%	
19/02/2019	058	4,33%	95,67%		
<b>TOTALES</b>		<b>4,13%</b>	<b>4,20%</b>	<b>95,87%</b>	<b>95,80%</b>

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Teniendo en cuenta que la materia es conservativa, es decir que no se crea ni se destruye, un proceso de producción busca sacar el mayor provecho a la materia prima que hace parte de dicho proceso. En ese sentido, la empresa Forlán Ltda., ha estipulado que la producción de bolsas plásticas no tiene un rendimiento óptimo si el porcentaje de pérdidas supera el 5%.

Por tanto, como se puede observar en la tabla 11, el número de órdenes de compra que supera el límite permitido de pérdidas son en total 2, la orden 29 y la orden 38, con un porcentaje de pérdida de 5.64% y 5.06% respectivamente.

Sin embargo, al realizar un promedio de pérdidas sobre las 34 órdenes que se generaron durante el presente estudio se pudo establecer que el valor obtenido es en **4.13%** durante todo el proceso de producción, lo que hace admisible dicho porcentaje en el término de duración de la presente investigación.

Por consiguiente, se requiere un rendimiento superior al 95% en el proceso de producción de bolsas plásticas. Analizando la tabla de rendimientos y pérdidas se puede observar que la orden número 35 presenta el mayor rendimiento de la producción con un **98.02%**, seguidas de las ordenes 32, 27, 40 y 45, las cuales se mantienen en un margen de rendimiento superior al 97%.

De acuerdo a lo anterior, para optimizar la producción de bolsas plásticas en la empresa Forlán Ltda., el rango de rendimiento en el proceso de producción debe oscilar entre el **97% y el 98%**. En ese sentido, teniendo en cuenta la tabla 11 donde se muestran los porcentajes de rendimientos y pérdidas mensuales en la producción de bolsas plásticas, se observa que el rendimiento promedio mensual es de 95.80%, por tanto, la situación en la planta de producción de la empresa Forlán Ltda., es mejorable, lo anterior, mediante la reducción de las pérdidas.

### 6.8.1.2. Conservación de la Materia en la Producción de Bolsas Plásticas

El proceso de producción de bolsas plásticas en la empresa Forlán Ltda., corresponde a sistema abierto, por lo tanto, la ecuación balanceable para este proceso de producción está dada por:

$$\text{ENTRADA} + \text{GENERACION} - \text{SALIDA} - \text{CONSUMO} = \text{ACUMULACION}$$

En virtud que en este proceso de producción no se presentan ni generación ni acumulación de materia, la ecuación de balance de materia en la producción de bolsas plásticas queda de la siguiente manera:

$$\text{ENTRADA} = \text{SALIDA}$$

Donde la entrada es la materia prima que ingresa al sistema y la salida del sistema es igual a la producción obtenida más las pérdidas que se ocasionan.

Tomando como punto de referencia el balance de masa en el proceso unitario de la orden 25, presente en el proceso de entradas y salidas de materiales en orden 25, contenidos en las Tabla 1, podemos observar que las entradas al sistema de producción son los kilogramos de polietileno y pigmento, mientras que las salidas del mismos son los kilogramos de rollos de bolsas plásticas sumado a los kilogramos de desperdicio producidos en los procesos de extrusado y sellado.

Por tanto, realizando los procedimientos matemáticos respectivos, se obtuvo:

$$\text{POLIETILENO(Kg)} + \text{PIGMENTO(Kg)} = \text{ROLLOS BOLSAS (Kg)} + \text{DESPERDICIO EXTRUSADO(Kg)} + \text{DESPERDICIO SELLADO(Kg)}$$

$$184 \text{ Kg} + 6 \text{ Kg} = 181 \text{ Kg} + 5 \text{ Kg} + 4 \text{ Kg}$$

$$190 \text{ Kg} = 190 \text{ Kg}$$

En ese sentido, se pudo corroborar el cumplimiento del principio de conservación de la materia para los procesos de producción unitario, para cada una de las órdenes de compra generadas en el transcurso del presente estudio.

#### **6.8.1.3. Validez de formula en la aplicación del Balance de Materia en el proceso de producción de bolsas plásticas**

El procedimiento matemático empleado durante el proceso de producción de bolsas plásticas en la empresa Forlán Ltda., cobra validez por medio de la optimización de los sistemas de control de producción e inventario que se implementó en el desarrollo del presente estudio.

Las figuras 3 y 4 muestran las nuevas matrices de Control de Producción y Control de Inventario respectivamente diseñadas para la planta de producción de Forlán Ltda., donde se controla de manera automática el consumo de materia prima por cada orden de compra generada, así como el ingreso de materiales y la existencia de insumos en cada momento del proceso de producción.

En ese sentido, se diseña una herramienta de Evaluación y Decisión, que permitirá a la empresa Forlán Ltda., determinar si su proceso de producción se desarrolla de manera óptima, mediante un balance de producción e inventario como se observa en la Tabla 12.

Tabla 12  
 Matriz de Evaluación y Decisión de Forlán Ltda.

<b>BALANCE DE PRODUCCION</b>							
<b>DESCRIPCION</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 5</b>	<b>MES 6</b>	<b>ACUMULADO AÑO</b>
MATERIAL PROCESADO (Kg)	190,0	1.471,5	2.991,3	2.206,0	3.042,2	-	<b>9.901,0</b>
ROLLOS EN PROCESO (Kg)	-	-	-	-	-	-	-
DESPERDICIO (Kg)	9,0	58,0	120,5	76,0	138,0	-	<b>401,5</b>
% DESPERDICIO	4,79%	4,03%	3,95%	3,71%	4,54%	-	<b>4,20%</b>
<b>BALANCE DE INVENTARIO</b>							
MPIB (Kg)	22,0	11.001,0	9.529,5	6.538,2	4.332,2	1.290,0	<b>1.290,0</b>
COMPRA DE MATERIAL - MPEB (Kg)	11.169,0	-	-	-	-	-	<b>11.169,0</b>
MPFB (Kg)	11.001,0	9.529,5	6.538,2	4.332,2	1.290,0	-	<b>1.290,0</b>
DESPERDICIO EN BODEGA (Kg)	-	-	-	-	-	-	-
DESPERDICIO NO REPORTADO (Kg)	-	-	-	-	-	-	-

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Apoyados en los instrumentos y herramientas creados y diseñados en el presente estudio (Matriz de Control de Inventario, Matriz de Control de Inventario y Matriz de Evaluación y Decisión), para la empresa Forlán Ltda., se realizan los balances de materia con una periodicidad mensual, donde el mes 1 se produce una orden de compra (25), el mes 2 se generan 4 ordenes (26 - 29), el mes 3 se emiten otras 4 ordenes (30 - 33), para el mes 4 la empresa produce doce órdenes de compra (34 - 45) y por último en el mes 5 Forlán Ltda., emite 13 órdenes de compra (46 - 58).

En ese sentido, en primera instancia se puede observar que en el balance de masas para cada mes de producción el desperdicio no contabilizado (DNC) tiende a cero (0) Kg, lo cual, concuerda con el proceso de producción de bolsas plásticas, en donde el desperdicio no contabilizado está dado por la materia acumulada en las mallas de la maquina extrusora, las cuales en la empresa Forlán Ltda., se cambian cada seis meses, donde el material acumulado no supera el kilogramo de peso, por lo cual, el valor del DNC igual a cero, es completamente valedero.

El segundo aspecto a destacar en la aplicación de la formula general en los balances de materia tiene que ver con el valor de la producción de rollos en proceso (PRP); para nuestro caso de estudio el valor de PRP siempre será de cero (0) Kg,

teniendo en cuenta que Forlán Ltda., realiza su producción sobre pedido, por lo cual, los rollos de plástico que salen del proceso de extrusado entra de manera inmediata al proceso de sellado, por tanto, la PRP será siempre cero.

El procedimiento matemático para la realización del balance de materia en la producción de bolsas plásticas en la empresa Forlán Ltda., tiene como variables la Materia Prima Inicial en Bodega (MPIB), la Materia Prima Entrante en Bodega (MPEB), la Materia Prima Final en Bodega (MPFB), así como la Producción Neta de Bolsas (PNB).

Los valores correspondientes a cada una de las variables anteriormente expuestas, son aportados por las nuevas matrices de control de producción e inventario diseñadas para este estudio. Por tanto, haciendo los remplazos y las operaciones matemáticas respectivas, se puede observar el principio de conservación de la materia dado que las ecuaciones están balanceadas como se puede corroborar en las tablas 6 – 10.

De manera específica, el balance de masa del mes 5 nos muestra en detalle como a través del principio de conservación de la materia se puede controlar, optimizar y evaluar el proceso de producción en una organización. En ese sentido, como se mencionó con anterioridad durante el mes 5 se generaron 13 órdenes de compra comenzando con la orden 46 y terminando con la orden 58.

La figura 5 corresponde a la matriz de MPIB, en la cual se observa que para el inicio del mes 5 la existencia de materia prima en bodega es de 4.332,2 Kg, a su vez, se evidencia en la figura 6 donde se esboza la Matriz de MPEB que durante ese mes no se produjeron ingresos de materiales a la empresa, mientras que por medio de la figura 7 correspondiente a la Matriz de MPFB se observa que luego de cumplir con la producción de la orden 58 en bodega queda un total de 1.290 Kg de materia prima.

Del mismo modo, mediante los datos consignados en la nueva Matriz de Control de Producción para el mes 5 tenemos que la PNB es de 2.904,2 Kg, cifra que sale haciendo la sumatoria de las 13 órdenes del mes en mención.

Analizando el resultado de la ecuación balanceada se puede observar que los 3.042,2 Kg corresponden al material procesado durante el mes 5 como se evidencia en la Matriz de Evaluación y Decisión en la tabla 12.

En ese sentido, la implementación del balance de materia en el proceso de producción de bolsas plásticas en la empresa Forlán Ltda., se torna en una herramienta de control que permite optimizar dicho proceso mediante el registro de entrada y salida de materia en cada una de las etapas que integran la producción de bolsas.

### **6.9. Balance de Energía Eléctrica en el Proceso de Producción de Bolsas Plásticas**

Para la realización del balance de energía eléctrica en la planta de producción de la empresa Forlán Ltda., se implementó una metodología específica mediante el registro de las especificaciones técnicas de los motores de las máquinas (datos de placas – ver anexo 1) las lecturas de los consumos de energía eléctrica y los tiempos de operación (factor de utilización) de cada etapa del proceso de producción.

En ese sentido, para el presente estudio se diseñó un instrumento de recolección de información, en el cual se registra la instalación nominal de las máquinas que intervienen en el proceso de producción de bolsas plásticas en Forlán Ltda., y las energías consumidas por cada una de ellas, como se muestra en Tabla 13 a continuación:

Tabla 13  
Matriz Instalación Nominal vs Energía Consumida

ITEM	MÁQUINA ACCIONADA	INSTALACIÓN NOMINAL		ENERGÍA CONSUMIDA PLANTA DE PRODUCCIÓN						
		POTENCIA (Kw)	AMPERAJE (A)	RENDIMIENTO %	AMPERAJE (A)	POTENCIA (Kw)	FACTOR DE UTILIZACION (U)	POTENCIA (Kwh)	M (Kg/h)	M (Kwh/Kg)
1	EXTRUSORA DE POLIETILENO	10	90							
2	SELLADORA AUTOMATICA	3	3							
	CONSUMO	13	93							

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Teniendo en cuenta la construcción de la Matriz de Instalación Nominal vs Energía Consumida tenemos que los datos para la instalación nominal están dado por la potencia y el amperaje permitido por la máquina, de acuerdo con los datos de la placa respectiva. A su vez, en la información correspondiente a la energía consumida se relaciona el rendimiento de la máquina, el cual está dado por la relación entre el amperaje reportado en las placas y el amperaje leído según las mediciones respectivas.

Por otra parte, la potencia verdadera en Watios consumida por una maquina está dada por la fórmula:

$$P \text{ (Watios)} = V * I * \sqrt{3} * \eta * \text{Cos}\varphi$$

- V:** Voltaje  
**I:** Intensidad  
 $\sqrt{3}$  Factor de Corrección  
 **$\eta$ :** Rendimiento  
 **$\text{Cos}\varphi$ :** Factor de Potencia (datos de placa)

Por consiguiente, **la energía consumida por la maquina extrusora** será:

<b>V:</b>	220 Voltios
<b>I:</b>	40 Amperios
$\sqrt{3}$	1.73
$\eta$ :	45%
<b>Cosφ:</b>	0.85

Al realizar los remplazos respectivos tenemos:

$$\mathbf{P \text{ (Wattios)} = 220 * 40 * 1.73 * 0.45 * 0.85}$$

$$\mathbf{P \text{ (Wattios)} = 5823.18}$$

$$\mathbf{P \text{ (Kw)} = 5823.18/1000}$$

$$\mathbf{P \text{ (Kw)} = 5.82}$$

Como resultado tenemos que la maquina extrusora en la empresa Forlán Ltda., la energía eléctrica que consume es de **5.82 Kw**. En ese sentido, el consumo de Kw/h de la maquina extrusora está dado por la siguiente relación

$$\mathbf{P \text{ (Kwh)} = P \text{ (Kw)} * \text{Factor de Utilización}}$$

**Factor de Utilización:** Tiempo que trabaja la maquina en una hora

Realizando los remplazo y operación matemática tenemos:

$$P \text{ (Kwh)} = 5.82 \text{ Kw} * 1$$

$$P \text{ (Kwh)} = 5.82$$

El resultado muestra que el consumo de energía por unidad de tiempo para la maquina extrusora en Forlán Ltda., es de **5.82 Kwh**.

Por su parte, para determinar el consumo de Kwh por Kg procesado, se debe tener en cuenta la producción por hora de la maquina extrusora, la cual en la empresa Forlán Ltda., dicha producción promedio está en **22 Kg de rollos de plásticos en una hora**.

De tal forma, los Kwh/Kg consumidos están dados por la relación;

$$P \text{ (Kwh/Kg)} = P \text{ (Kwh)} / \text{Kg procesado}$$

$$P \text{ (Kwh/Kg)} = 5.82 \text{ Kwh} / 22 \text{ Kg}$$

$$P \text{ (Kwh/Kg)} = 0.264$$

Por tanto, podemos observar que el consumo de energía por Kg de rollo de plástico procesado en la empresa Forlán Ltda., es de **0.264 Kwh/Kg**.

Por su parte, **los consumo de energía eléctrica para la máquina de sellado**, teniendo en cuenta los cálculos realizados en la maquina extrusora, son los presentados a continuación:

<b>V:</b>	220 Voltios
<b>I:</b>	3 Amperios
$\sqrt{3}$	1.73
<b><math>\eta</math>:</b>	80%
<b><math>\text{Cos}\phi</math>:</b>	0.85

$$\mathbf{P \text{ (Kw)} = 0.77}$$

$$\mathbf{P \text{ (Kwh)} = 0.77}$$

$$\mathbf{P \text{ (Kwh/Kg)} = 0.035}$$

Como resultado de las operaciones matemáticas respectivas la máquina de sellado en la empresa Forlán Ltda., presenta el siguiente balance:

Energía eléctrica que consume: **0.77 Kw.**

Energía eléctrica consumida por unidad de tiempo: **0.77 Kwh.**

Consumo de Energía eléctrica por Kg procesado: **0.035 Kwh/Kg.**

### 6.9.1. Resultados y Análisis del Balance de Energía Eléctrica en el Proceso de Producción de Bolsas Plásticas en Forlán Ltda.

El estudio realizado muestra los consumos de energía eléctrica que los procesos de producción en la planta de Forlán Ltda., requieren, excluyendo los consumos de área administrativa. Por tanto, la relación de datos en la Matriz Instalación Nominal vs Energía Consumida nos muestra lo siguiente:

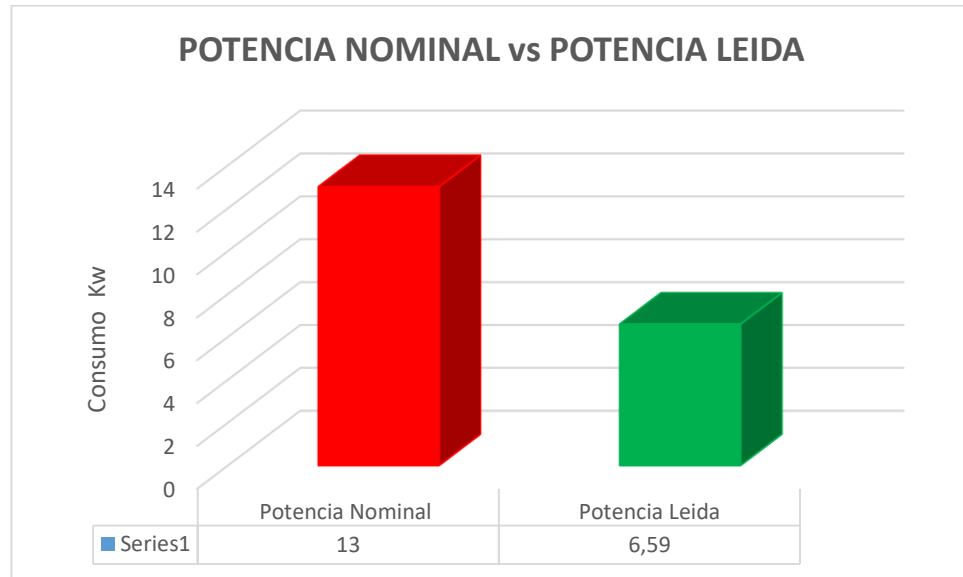
Tabla 14

*Matriz Instalación Nominal vs Energía Consumida Completa*

ITEM	MÁQUINA ACCIONADA	INSTALACIÓN NOMINAL		ENERGÍA CONSUMIDA PLANTA DE PRODUCCIÓN						
		POTENCIA (Kw)	AMPERAJE (A)	RENDIMIENTO %	AMPERAJE (A)	POTENCIA (Kw)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (U)	POTENCIA (Kwh)	M (Kg/h)	M (Kwh/Kg)
1	EXTRUSORA DE POLIETILENO	10	90	45	40	5.82	1	5.82	22	0.264
2	SELLADORA AUTOMÁTICA	3	3	80	2.4	0.77	1	0.77	22	0.035
	<b>CONSUMO</b>	<b>13</b>	<b>93</b>			<b>6.59</b>		<b>6.59</b>		

Elaboración Propia. Fuente: Forlán Ltda. 2018

Considerando la información contenida en la Matriz Instalación Nominal vs Energía Consumida, se puede observar la diferencia entre la potencia nominal de la planta de producción de Forlán Ltda., con la Potencia Leída durante el desarrollo del estudio, siendo la diferencia de potencia de 6.41 Kw.



*Ilustración 6 Potencia Nominal vs Potencia Leída*

La empresa Forlán Ltda., realiza la transformación de materia prima en bolsas plásticas, mediante el proceso de extrusado. Según un estudio de consumo de energía en la industria del plástico<sup>10</sup>, se pudo determinar que el moldeo del polietileno por medio del **proceso de inyección genera un consumo de energía eléctrica promedio de 1.5751 Kwh/Kg**, mientras que dicho consumo para el **procesamiento por medio de extrusión es de 0.4467 Kwh/Kg**.

<sup>10</sup> KENT, Robin. Energy Management in Plastics Processing. Editorial Elsevier. 420 h. Londres: 2008.

En virtud de lo anterior, teniendo en cuenta que el **proceso de extrusión en Forlán Ltda., consume 0.264 Kwh/Kg**, se puede concluir que el consumo de energía eléctrica en la planta de producción de bolsas plástica se lleva a cabo de manera óptima, debido que se encuentra por debajo del promedio de la industria de procesamiento de plástico.

## CONCLUSIONES

Una vez terminado el trabajo de investigación se puede concluir:

- El principio de conservación de la materia y la energía permite crear una herramienta mediante el balance de materia y energía la cual permite optimizar el proceso de producción dentro de una organización, limitando las pérdidas dentro de cada una de las etapas de dicho proceso.
- El balance de materia efectuado permitió identificar los procesos donde se genera la mayor cantidad de pérdidas dentro de la empresa Forlán Ltda., permitiendo tomar las medidas correctivas con el propósito de reducir dichas pérdidas.
- Es necesario conocer a cabalidad el proceso de producción al cual se pretenda optimizar, teniendo en cuenta que la definición de parámetros y puntos críticos son fundamentales en la implementación de los balances de materia y energía.
- La evaluación de las pérdidas de materia prima en la planta de Forlán Ltda., es un indicador de la eficiencia del proceso de producción, la cual indica el correcto funcionamiento de una maquina o un proceso.
- Los balances de materia son una herramienta efectiva para el control de los procesos dado que permite optimizar las condiciones de procesamiento logrando un mejoramiento continuo en la producción de la empresa.
- Mediante optimización de un proceso de producción a través de la implementación de balances de materia y energía eléctrica, se puede priorizar la inversión de recursos en la empresa, teniendo en cuenta la identificación de fallas en equipos, maquinarias e insumos.

- El balance de materia en la producción de bolsas plásticas en Forlán Ltda., permitió cuantificar las pérdidas en la empresa, en relación con los desperdicios generados en los procesos de extrusión y sellado.
- Las medidas de consumo de energía eléctrica de las maquinas dentro de la empresa permite detectar fallas en el funcionamiento de las mismas, las cuales pueden afectar en corto, mediano o largo plazo el proceso de producción.
- Los resultados de consumo de energía eléctrica actuales de la empresa Forlán Ltda., se puede establecer que dicho consumo es razonable y óptimo teniendo en cuenta que los **0.264 Kwh/Kg** se encuentra por debajo del margen de rendimiento del procesamiento del polietileno mediante el método de extrusión.
- La optimización del proceso de producción de bolsas plásticas en la empresa Forlán Ltda., mediante el balance de materia y energía eléctrica permitió establecer esta organización se encuentra en un situación ideal y optima en cuanto al procesamiento de la materia prima, dado que su porcentaje de pérdidas en la planta de producción es de **4.20%**, lo cual está por debajo del 5% establecido por la empresa dentro de sus estándares de producción para los porcentaje de pérdidas admitidos. Así mismo, la empresa Forlán Ltda., tiene **margen de mejora** teniendo en cuenta que el **porcentaje de aprovechamiento** de materia prima para una planta de producción de bolsa plásticas se puede situar entre un **97% y un 98% de rendimiento**.

## RECOMENDACIONES

- Adoptar las Matrices diseñadas en el transcurso del estudio para controlar de manera efectiva el proceso de producción e inventario desarrollado en la planta de producción de la empresa, así como la matriz de evaluación la cual mejora el proceso de toma de decisiones en relación con la detección fallas durante el proceso de producción.
- Realizar un adecuado mantenimiento preventivo a las máquinas de extrusión y sellado de la empresa con el fin evitar pérdidas por desajustes en las maquinarias.

## ANEXOS

### Anexo 1. Especificaciones Técnicas y datos de Placas Maquinaria Forlán Ltda.

**EQUIPO: EXTRUSORA ✓**

**FOTO**

**DESCRIPCIÓN:** EXTRUSORA DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

**MARCA:** DACMA (TIPO)

**MODELO:** 45 mm

**SERIE:**

**CODIGO:**

**No DE INVENTARIO:** E-001

**UBICACIÓN:** PLANTA DE PRODUCCION FORLAN LTDA



**DIMENSIONES FISICAS:** Largo: 4.10 m; Ancho: 2.10 m; Alto: 3.20 m

**PESO:** 800 kg (Estimado)

**REQUERIMIENTOS ELECTRICOS:** Amperios: 90; Voltaje: 220; Fases: 3  
 Potencia total: 20,80 Kw  
 Potencia promedio en marcha: 10,0 kW  
 Potencia motor principal: 6,71 kW (9,0 H.P.) 1750 RPM (SIEMENS)  
 Potencia motores: 8,95 kW  
 Potencia resistencias: 11,85 kW

*Torcillos: L = 148 cm  
 $\phi = 48 mm$   
 $L/D = 3083$  (permite  
 buen  
 mezcla.)*

*Zonas de cal: 4*

		<b>ASSI</b>		(EFF 2) 	
<i>Power Transmission</i>					
<b>TIPO: MS 132M-4 B5</b>					
Nr. 1003T07604		MF		IEC 34-1	
IP 55	I.C.L	F	SERV. S1	FASI 3	IEC 38
Kw	V YY/Y	A YY/Y	min-1	Hz	cos $\phi$
7.5	220/440	25.8/12.9	1750	60	0.85
<b>GENERAL TECH PRODUCTS INC.</b>					

**EQUIPO: SELLADORA AUTOMATICA 850**

**FOTO**

**DESCRIPCION: MAQUINA RAPIDA 34" U 850**

**MARCA: FMP**

**MODELO: 850**

**SERIE:**

**CODIGO:**

**No DE INVENTARIO: S-001**

**UBICACIÓN: PLANTA DE PRODUCCION FORLAN LTDA**

**DIMENSIONES FISICAS: Largo: 4.30 m; Ancho: 1.60 m ; Alto: 1.10 m**

**PESO: 1000 kg**

**REQUERIMIENTOS ELECTRICOS:** Amperios: 3.0; Voltaje: 220; Fases: 3  
Potencia total: 3 kW  
Potencia promedio en marcha: 3 kW  
Potencia motor principal: 0.90 kW (1.2 H.P)  
Potencia resistencia: 0.50 kW

## BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ ZAPATA, Hernán. Balances de materia y energía. Formulación, solución y usos en Procesos Industriales. Corregida y aumentada. Editorial ArtBox. 200 h. Medellín: 2011.

CAMPO MORENO, Sara Inés. PITRE CHINCHI, Dairis Sofía. Determinación de pérdidas y balance de masa en la planta de beneficio de aceite de palma africana en las palmas oleaginosas de Ariguaní, Colombia. Universidad Popular del Cesar. Facultad de Ingeniería y Tecnologías. 2001.

CALLE ROMERO, Guillermo. ROBLES BARRERA, Lineth. Estandarización de procesos unitarios y balance de masa y energía eléctrica en la Planta de beneficio de la palma de aceite – Palmeras de ALAMOS LTDA. Colombia. Universidad Popular del Cesar. Facultad de Ingeniería y Tecnologías. 2006.

CASTELLANOS NAJERA, Paulo Cesar. Estandarización de Procesos de Producción en una Fábrica de Bolsas Plásticas, para la Reducción de Costos. Guatemala. 175 h. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2009.

CONDE CASTRO, Rene Wilson. MANOTAS OSPINO, Joan Jader. Evaluación del proceso de pérdidas de almendra y balance de masa en la empresa de OLEOFLORES S.A., Colombia. Universidad Popular del Cesar. Facultad de Ingeniería y Tecnologías. 2009.

KENT, Robin. Energy Management in Plastics Processing. Editorial Elsevier. 420 h. Londres: 2008.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, UNAD, Contexto Teórico. [En línea].

<[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358081/ContenidoLinea/contexto\\_terico.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358081/ContenidoLinea/contexto_terico.html)>.

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL, Balance de Materia y Energía. Industria Alimentaria. [En línea].

<[https://www.academia.edu/3630822/TRABAJO\\_BALANCE\\_MATERIA\\_Y\\_ENERGIA](https://www.academia.edu/3630822/TRABAJO_BALANCE_MATERIA_Y_ENERGIA)>.

VALERO PEREZ, Sandra Bibiana. Estandarización y adecuación tecnológica de las líneas de producción de lácteos de la empresa INVERSIONES LA CATIRA. Colombia. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería. 2006.