

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Rediseño del proceso de extrusión de películas plásticas tratadas  
con durflex.”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**EXAMEN COMPLEXIVO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentado por:

Néstor Yandry Guevara Cárdenas

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida y la bendición de tener unos padres ejemplares quienes con sus esfuerzos y sacrificios han podido brindarme la oportunidad de estudiar, a mis amadas hermanas y familiares por su apoyo incondicional.

## DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI NOVIA

A MI FAMILIA

A MIS AMIGOS

## TRIBUNAL EVALUADOR

---

PhD. Denise Rodríguez Z

TRIBUNAL EVALUADOR

---

PhD. Kleber Barcia V

TRIBUNAL EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Néstor Yandry Guevara Cárdenas

## RESUMEN

El presente proyecto es desarrollado en una empresa de fabricación de productos plásticos, en la ciudad de Guayaquil, en la cual se efectúa el rediseño del proceso de extrusión de películas plásticas tratadas con durflex, el cual es un producto que sirve para prevenir que el banano sea infectado por plagas. Los principales problemas que generan la necesidad del rediseño del proceso son: 1) altos costos de fabricación 2) altos porcentaje de desperdicio en fabricación de productos tratados con durflex. Por lo que se plantean los siguientes objetivos: a) reducir en 25 % el porcentaje de desperdicio actual b) reducir al menos 10% en costos por desperdicios.

Para este estudio se utilizaron diversas técnicas de rediseño de proceso como: diagramas de flujo, análisis de valor, diagrama Ishikawa, diagrama de Pareto y diagrama de recorrido. Entre las principales actividades realizadas fueron: levantamiento de información del proceso, reuniones con los líderes de áreas y personal especialista para reconocer las posibles causas del problema además de sus inquietudes y sugerencias.

Al implementar el rediseño se obtuvieron los siguientes resultados: reducción del 22 % de tiempo de operación de mezcla, reducción del 68% del recorrido

de transporte de materia prima mezclada, reducción del 40% de desperdicio y satisfacción del cliente interno (dueño de la operación).

Con el presente rediseño se puede concluir que se mejora el proceso de mezcla, debido a la reducción de actividades innecesarias, reducción de desperdicios, reducción del recorrido y una satisfacción del cliente interno.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vii
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
1. ANTECEDENTES .....	3
2. IMPORTANCIA DE TEMA.....	4
3. JUSTIFICACIÓN DEL REDISEÑO .....	5
4. ALCANCE .....	6
5. OBJETIVOS.....	6
5.1. Objetivo General .....	6
5.2. Objetivos Específicos .....	6
6. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA .....	7
6.1. Descripción general del proceso .....	7
7. METODOLOGÍA A USAR EN PROYECTO .....	10
7.1. Levantamiento de información .....	10
7.2. Diagramación del proceso actual de extrusión.....	13
7.3. Priorización de actividades con problemas.....	14
7.4. Levantamiento de información de la etapa de abastecimiento. ....	20
7.5. Elaboración de la propuesta de mejora.....	29
8. Análisis de Resultados .....	31
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	35
9.1. Conclusiones .....	35
9.2. Recomendaciones .....	36

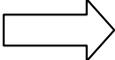
ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

ADA	Alta densidad agrícola
ADD	Alta densidad depósito
BDD	Baja densidad depósito
BDI	Baja densidad industrial
CPE	Control de proceso de extrusión
DUR	Durflex
MTO	Make to orden (fabricación para pedido)
MTS	Make to stock (fabricación para inventario)
TM	Tanque mezclador

## SIMBOLOGÍA

	Inspección
	Terminador
	Transporte
	Demora
	Almacenamiento
	Operación con inspección

[hr]	Horas
[min]	Minutos
[seg]	Segundos
[\$]	Dólares
[kg]	Kilogramos
[km]	Kilómetro
[m]	Metro
[cm]	Centímetro

## ÍNDICE DE FIGURA

	Pág.
Figura 7.1: Diagrama de proceso de extrusión	14
Figura 7.2: Ishikawa de desperdicio de MP	16
Figura 7.3: Pareto de causas de desperdicios	19
Figura 7.4: Esquema de recorrido del operador para abastecer un lote	25
Figura 7.5: Malla y tanque inclinado para descarga de MP	30
Figura 7.6: Alimentación directa desde el tanque inclinado hasta la extrusora	27
Figura 7.7: Tanque inclinado bajo TM	30

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Kg de desperdicios mensuales.....	17
Tabla 2	Frecuencia relativa de causas de desperdicios.....	18
Tabla 3	Lista de actividades de la etapa de abastecimiento.....	21
Tabla 5	Diagrama de flujo de la etapa de abastecimiento actual.....	24
Tabla 6	Resumen de situación inicial por turno de trabajo en extrusión.....	26
Tabla 7	Resumen de actividades para carga de TM.....	27
Tabla 8	Resumen de actividades para descarga de TM.....	28
Tabla 9	Resumen de fuentes de desperdicios.....	29
Tabla 10	Costos de implementación de mejora.....	31
Tabla 11	Diagrama de flujo de abastecimiento después de la mejora.....	32
Tabla 12	Resumen general de la mejora.....	33
Tabla 13	Análisis Costo-Beneficio.....	34

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo A Formato de control de proceso extrusión (CPE-751).

Anexo B Formato de control de scrap y paradas de máquinas

# INTRODUCCIÓN

Ante la dinámica y crecimiento del sector bananero externo, la competencia local y externa, la demanda, el alza de los costos de materia prima y mano de obra, el sector de la industria plástica no es esquivo de tal situación, es por ello que se vuelve imprescindible que toda empresa plástica que desee mantenerse en la competencia por lo menos del mercado dentro del país, trate de buscar de manera incesante la mejora continua dentro de sus procesos, con la única intención de disminuir los tiempos de respuestas, garantizar la calidad de su producto, aumentar su eficiencia productiva, reducir sus costos de operación, ya que de esta manera podrá mejorar su rentabilidad y su ventaja competitiva.

Para mantener su ventaja competitiva y rentabilidad, debe plantearse que tan efectivas son las políticas, procedimientos, controles operacionales y administrativos, así como también su tecnología y equipo utilizado actualmente y evaluar las oportunidades de cambio.

Se decide elaborar como proyecto de examen complejo, el rediseño del proceso de extrusión de películas tratadas con durflex, debido a que busca integrar técnicas sencillas, herramientas y metodologías de la administración de los procesos y de mejora continua impartidas en la etapa universitaria.

El presente proyecto busca plantear una propuesta de rediseño del procedimiento de extrusión de películas plásticas tratadas con durflex, por ese motivo se realizó el levantamiento de información del proceso antes mencionado, con la finalidad de diagramar los procesos críticos, así como también identificar las posibles fuentes de desperdicios de materia prima, asociándolos a los desperdicios productivos de la metodología de Producción esbelta, con la participación de personal calificado dentro del proceso, por competencias y experiencias inherentes al caso planteado.

Por último se realiza un análisis costo-beneficio, se implementa la propuesta y se evalúa los resultados obtenidos de la propuesta.

## 1. ANTECEDENTES

La empresa XYZ en la cual se desarrolla el presente proyecto, tiene más de 45 años de experiencia en el sector de manufactura de plástico, es una de las principales y más importantes en el Ecuador ofreciendo a sus clientes fundas plásticas y etiquetas tanto para el sector bananero como industria. Se caracteriza por utilizar materia prima virgen, junto con procesos controlados y así garantizar la calidad de sus productos y mantener la fidelidad de sus clientes.

La empresa cuenta con una gama extensa de productos plásticos con más de 200 variedades de productos, los mismos que se agrupan en 5 grupos que son:

1. Alta Densidad depósito (ADD)
2. Alta Densidad Agrícola (ADA)
3. Baja Densidad Depósito (BDD)
4. Baja Densidad Industrial (BDI)
5. Durflex (DUR)

La programación de la producción tiene dos esquemas: Fabricación para stock MTS (*Make to Stock*), Fabricación bajo pedido MTO (*Make to Order*).

La empresa también produce etiquetas impresas para el sector bananero, existe una amplia gama de etiquetas, sin embargo este producto no es parte de este estudio, pues el presente proyecto se enfoca en la producción de fundas y corbatines que contienen Durflex.

## **2. IMPORTANCIA DE TEMA**

Para entender con exactitud la importancia del tema a continuación se presentan las descripciones de los problemas, motivos o causas por las que se realizó el presente proyecto de rediseño del proceso de extrusión de corbatines.

### **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Existieron varias problemáticas que llevaron nuestro enfoque hacia el rediseño del proceso de corbatines durflex entre las cuales se obtuvieron las siguientes:

1. El desperdicio (*scrap*) de productos plásticos tratados con durflex generado en planta sobrepasa el objetivo planteado por Gerencia de mantenerlo entre el 2.5% al 3 % sobre la producción total.
2. Falta de control en proceso por parte de operador y auxiliar de producción (abastecedor de MP para las extrusoras).
3. Contaminación del suelo con materia prima de Durflex.

4. Difícil manejo y manipulación de equipo para mezclado y descarga de MP.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL REDISEÑO**

En la actualidad la empresa XYZ de la mano del Presidente Ejecutivo y Gerente General, comenzaron a fomentar iniciativas que ayuden a mejorar continuamente los procesos productivos y administrativos de la planta con el fin de incrementar su productividad por lo cual se promovió el rediseño del proceso de extrusión de películas tratadas con durflex.

Es necesario rediseñar el proceso de fabricación de durflex, por las siguientes razones:

1. La empresa está teniendo una importante incursión en el mercado extranjero con la venta de su producto durflex, por lo que su venta se incrementaría en un 85 % adicional de lo que actualmente produce.
2. Para reducir los costos por scrap de durflex ya que estos son más altos en comparación con los de otro tipos de productos que la empresa ofrece.
3. Para mejorar las condiciones en las que el operador trabaja actualmente.

4. Para reducir los desperdicios en el proceso de extrusión de un producto durflex.
5. Para aumentar el rendimiento de la producción al elaborar este producto.

Por lo antes citado, la empresa se ve ante la necesidad de encontrar alternativas que ayuden a generar valor agregado y con ello una ventaja competitiva ante la competencia.

## **4. ALCANCE**

En este proyecto se realiza el rediseño del proceso de extrusión de películas tratadas con durflex, el cual integra el proceso desde la recepción de materia prima, hasta la salida de extrusión del rollo de película tratada con durflex.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

El objetivo general del presente proyecto es:

- Reducir las fuentes de desperdicios identificadas en el proceso de fabricación del producto durflex - extrusión.

### **5.2. Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos del presente proyecto son los siguientes:

- Levantamiento de información y diagramación del proceso de mezclado para la fabricación del producto durflex en el área de extrusión.
- Determinar las actividades que no agregan valor dentro del proceso de extrusión y eliminarlas en caso de ser posibles.
- Reducir 15% de tiempos innecesarios dentro del proceso seleccionado.
- Reducir porcentaje de desperdicio (scrap) asociado a las órdenes de fabricación en el proceso de extrusión.
- Reducir los costos por scrap en 15%, dentro del proceso de extrusión.

## **6. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA**

### **6.1. Descripción general del proceso**

A continuación se describe el proceso de extrusión de película

Durflex:

**Recepción de Materia Prima:**

El proceso de un producto corbatín y cualquier producto plástico empieza con la recepción de las materias primas, entre las cuales tenemos: Resinas de polietileno de Baja densidad (LD), Resina de polietileno de Baja densidad Lineal (LLD), Durflex (Insecticida), y Pigmento Colorante (Masterbatch).

### **Preparación de Formula**

En esta etapa el operador, revisa el Control de Proceso de extrusión (CPE-751) y de acuerdo al gramaje que indique el documento, procesa a pesar cada materia prima y aditivos, para dejar listo el material para la siguiente etapa del proceso.

### **Abastecimiento**

En esta etapa el operador, según el CPE-751, coge todas las materias primas (ya pesadas) y las traslada hacia el tanque mezclador (TM), una vez que dicho equipo mezcle las resinas homogéneamente, el material ya pesado se descarga en sacos de aproximadamente 25 kg y se trasladan hasta los tanque de almacenamiento, para alimentar las tolvas de cada extrusoras.

### **Extrusión**

Para la extrusión de película tratada con Insecticida Durflex, la empresa cuenta con 3 extrusoras, las cuales se encuentran en

un área especialmente adecuada para proteger a los operarios y al resto de productos que no poseen insecticida.

El equipo de operarios para la extrusión de película tratada con Durflex está conformado de la siguiente forma:

- 1 Abastecedor de productos insecticidas
- 1 Auxiliar de calidad
- 1 Tintero
- 1 Sacadores de rollos
- 1 Técnico líder de grupo

En el área de extrusión ingresa materia prima como pellet y lo que entrega al siguiente proceso son rollos plásticos que se enrollan en un canuto o bobina de cartón. La materia prima para convertirse en rollos plásticos pasa por un proceso de mezclas de resinas según especificación del producto, para posteriormente pasar por un proceso térmico de fundición controlado el mismo que forma el plástico el cual se coloca la impresión en línea requerida de ser necesario.

## **7. METODOLOGÍA A USAR EN PROYECTO**

La metodología utilizada en el presente proyecto es la siguiente:

1. Levantamiento de información general de las actividades realizadas en el proceso de extrusión de película tratada con Durflex.
2. Diagramación del actual proceso de extrusión de película tratada con Durflex.
3. Priorización de actividades con problemas de acuerdo a su impacto negativo en el proceso, mediante el análisis de información recolectada y para enfocar los esfuerzos en resolver o minimizar los problemas más significativos.
4. Levantamiento de información detallada de las actividades con problemas priorizados, para identificar tareas que no agregan valor.
5. Elaboración de propuestas para eliminación de los problemas y fuentes de desperdicios identificadas y seleccionados en el presente proyecto.

### **7.1. Levantamiento de información**

Para el levantamiento de información se redacta en orden secuencial las etapas involucradas en el proceso de extrusión de películas tratadas con durflex. A continuación se describe cada etapa del proceso:

- a) Recepción de materia prima
- b) Esta actividad la realiza el operador de extrusión que recibe la materia prima en conjunto con una persona destinada del área de bodega. Las actividades generales que realiza el operador de extrusión son las siguientes:
  - c) Imprimir hoja de solicitud de materia prima
  - d) Revisar las materias primas según se describen en la solicitud de materia prima.
  - e) Verificar la cantidad a recibir de kilogramos de cada tipo de resina por tipo de producto.
  - f) Gestionar la ubicación del pallet con los sacos de materia prima en los lugares indicados.
  - g) Firmar la entrega-recepción de la materia prima en la solicitud de la misma
  - h) Registrar en los partes de producción los kilogramos recibidos para cada producto.

### **Formulación**

Dependiendo la descripción del producto se realiza la formulación de la misma. Las actividades se describen de la siguiente manera:

Valida CPE-751, realizando cálculos matemáticos básicos para asegurar que los datos de la hoja son correctos.

Pesa cada materia prima menor a 25 kg, y deja separada para cada lote a mezclar, según como indique el CPE 75.

### **Abastecimiento**

El operador realiza las siguientes actividades:

- Valida los kg consumidos que se encuentran reportados CPE-751(breve inventario)
- Selecciona cada materia prima del producto a extruirse según indique el CPE-751
- Llena el tanque mezclador (TM) a una capacidad de 117 kg aproximadamente según su experiencia.
- Acciona el TM para que se mezcle homogéneamente las materias primas
- Descarga la MP del TM y la traslada hacia los tanques de materia prima que alimentan la tolva de la extrusora.

### **Extrusión**

Se realiza las siguientes actividades:

- Encendido de máquina extrusora
- Elevación de película

- Calibración de película
- Control de temperaturas según MP

### **Empacado de Rollo**

Se realizan las siguientes actividades

- Tomar la bobina de cartón acorde al ancho del rollo de película extruida en eje bobinador.
- Sacar rollo y colocar nueva bobina de cartón en otro eje bobinador.
- Empacar y pesar rollo.

## **7.2. Diagramación del proceso actual de extrusión**

A continuación se presenta el diagrama de proceso de extrusión de película tratada con insecticida durflex, donde se detallan las

Fases del proceso y los roles de los operarios involucrados en el mismo.

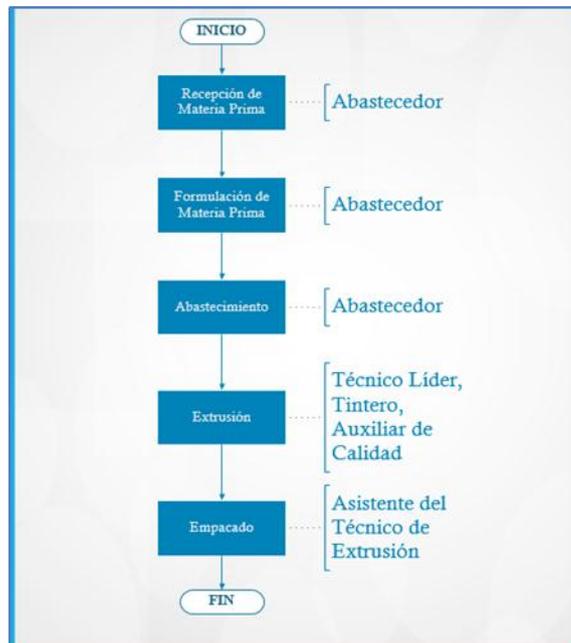


Figura 7.1 Diagrama del proceso de extrusión

### 7.3. Priorización de actividades con problemas

Se realiza una reunión o focus group con las personas que intervienen en el proceso de extrusión para realizar un análisis previo de las posibles causas de desperdicios en este proceso. Los participantes fueron los siguientes:

- Jefe de área
- Supervisor
- Líder y técnico de grupo
- Auxiliar y/o abastecedor de materia prima

- Líder de proyecto

Con los integrantes antes mencionados se lograron establecer las posibles causas de los desperdicios, los mismos que se detallan a continuación en el siguiente diagrama de Ishikawa:

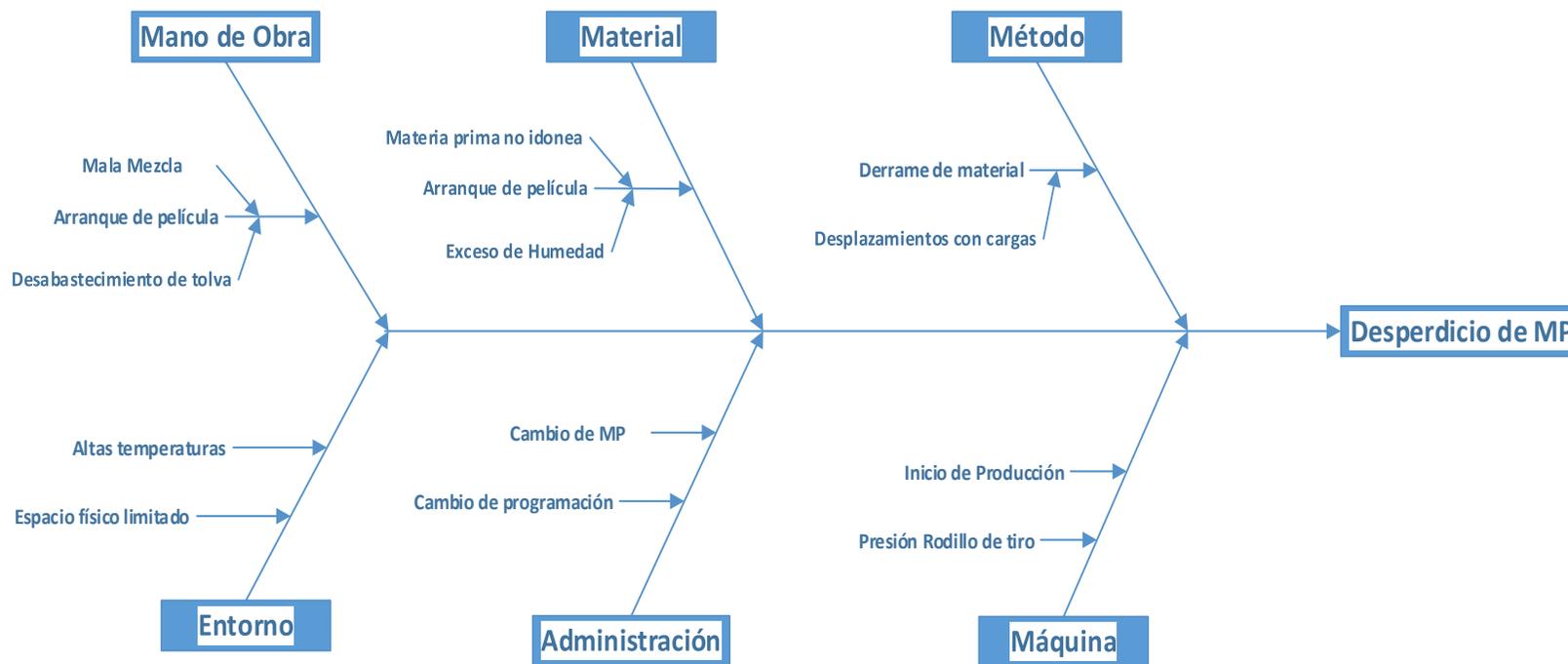


Figura 7.2 Ishikawa de desperdicio de MP

Como podemos apreciar en el gráfico de Ishikawa, las causas con mayor incidencia en nuestro problema de desperdicio de materia prima están en: la Mano de Obra, el Material y en el Método.

Para conocer con más detalle de las causas de desperdicio de materia prima, se procede a recolectar la información de los kilogramos perdidos en extrusión (scrap), los mismos que son reportados en un documento Control de Proceso de Extrusión "CPE-751" (Ver anexo A), por los técnicos de los diferentes turnos de trabajo (tres turnos) de extrusión. Se han compilado los datos de los meses de diciembre 2014, enero y febrero del 2015. A continuación se presenta la tabla de los desperdicios mensuales versus la producción por mes:

Tabla 1. Kg de desperdicios mensuales

CAUSAS DE DESPERDICIO	Diciembre	Enero	Febrero
	Kg	Kg	Kg
Mala mezcla	14541,93	16174,82	15646,81
Desabastecimiento de tolva	16965,58	18870,62	18254,61
Arranque	929,07	1033,39	999,66
Materia prima no idonea	1211,83	1347,90	1303,90
Cambio de programación	2019,71	2246,50	2173,17
Derrame de material	2423,65	2695,80	2607,80
Inicio de Produccion	686,70	763,81	738,88
Presión de Rodillo de tiro	1615,77	1797,20	1738,53
<b>TOTAL DESPERDICIOS</b>	<b>40394,24</b>	<b>44930,06</b>	<b>43463,37</b>
<b>TOTAL PRODUCCIÓN</b>	<b>775321,32</b>	<b>812478,41</b>	<b>794577,11</b>
<b>% DE DESPERDICIO</b>	<b>5,21</b>	<b>5,53</b>	<b>5,47</b>

Con los datos obtenidos en la tabla anterior se procede a analizar el impacto de cada una de ellas para establecer las prioridades y centrar nuestro esfuerzo en ellas y plantear alternativas de solución para minimizar y/o eliminar las mismas. A continuación se presenta tabla con los porcentajes de desperdicios relativos ordenados de mayor a menor:

Tabla 2. Frecuencia Relativa de Causas de desperdicios

CAUSAS DE DESPERDICIO	Promedio	Frecuencia Relativa
	Kg	%
Desabastecimiento de tolva	18030,27	42,00
Mala mezcla	15454,52	36,00
Derrame de material	2575,75	6,00
Cambio de programación	2146,46	5,00
Presión de Rodillo de tiro	1717,17	4,00
Materia prima no idonea	1287,88	3,00
Arranque	987,37	2,30
Inicio de Produccion	729,80	1,70
<b>TOTAL DESPERDICIOS</b>	42929,22	100,00

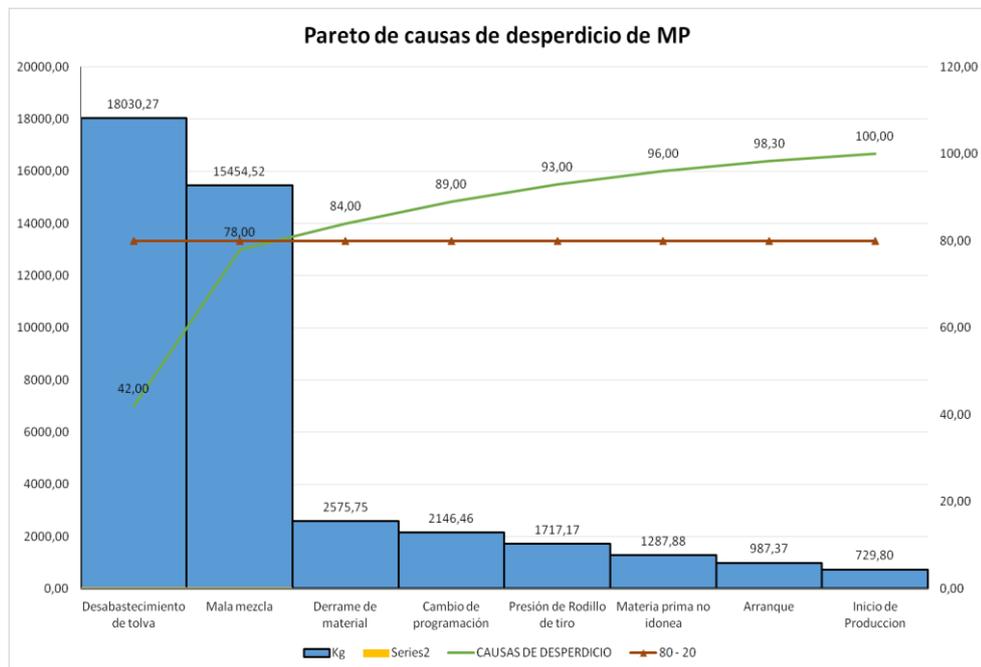


Figura 7.3 Pareto de causas de desperdicios

Con la gráfica de Pareto que se muestra en la figura anterior se puede determinar que nuestras causas principales que provocan nuestro desperdicio de materia prima son: desabastecimiento de tolva, mala mezcla y derrame de material. Por lo cual enfocaremos nuestros esfuerzos y estudios en eliminar o reducir estas causas de desperdicios.

Las causas antes mencionadas están relacionadas directamente con la etapa de abastecimiento del proceso de extrusión, por lo que se elige esta etapa para hacer el levantamiento de información detallada de las actividades realizadas.

#### **7.4. Levantamiento de información de la etapa de abastecimiento.**

El primer paso de este proyecto fue hacer el levantamiento de información de todas las actividades que se realizan en el proceso de abastecimiento en el área de durflex. Este levantamiento se desarrolló con una pequeña entrevista informal con las personas especialistas que realizan esta actividad para luego validarlas en campo y hacer alguna modificación o incrementar alguna actividad no mencionada. A continuación se presenta la tabla del levantamiento inicial:

Tabla 3. Lista de Actividades de la etapa de abastecimiento

	<b>Actividades</b>
	<b>Llenar Mezcladora</b>
1	Ubicar TM hacia arriba
2	Abrir tapa de TM y sujetarlo
3	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP
4	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera
5	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM
6	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP
7	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera
8	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM
9	Caminar hasta el durflex y coger los 2,6 kg
10	Caminar con los 2,6 kg subir la escalera y vaciar en el TM
11	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP
12	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera
13	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM
14	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP
15	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera
16	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM
17	Caminar hasta el durflex y coger los 2,6 kg
18	Caminar con los 2,6 kg subir la escalera y vaciar en el TM
19	Cerrar tapa de TM quitar seguro y bajar escalera
20	Mezclar
	<b>Vaciar Mezcladora</b>
21	Ubicar TM hacia abajo
22	Ubicar un saco de MP como piso para poder vaciar
23	Ubicar saco vacío en tapa de TM y llenar de MP mezclada
24	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera
25	Vaciar MP mezclada en tolva
26	Ubicar saco vacío y llenar de MP mezclada
27	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera
28	Vaciar MP mezclada en tolva
29	Ubicar saco vacío y llenar de MP mezclada
30	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera
31	Vaciar MP mezclada en tolva
32	Ubicar saco vacío y llenar de MP mezclada
33	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera
34	Vaciar MP mezclada en tolva
35	Ubicar saco vacío y llenar de MP mezclada
36	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera
37	Vaciar MP mezclada en tolva

Luego se procede a hacer la medición de los tiempos y distancias de cada actividad dentro de la etapa seleccionada para tener un precedente de la situación inicial:

Tabla 4. Evaluación Actual

	Actividades	Actual	
		Tiempo (seg)	Distancia (cm)
	<b>Llenar Mezcladora Bufanda</b>		
1	Ubicar TM hacia arriba		
2	Abrir tapa de TM y sujetarlo	18	100
3	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP		
4	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera		
5	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM	24	500
6	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP		
7	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera		
8	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM	24	500
9	Caminar hasta el durflex y coger los 2,6 kg		
10	Caminar con los 2,6 kg subir la escalera y vaciar en el TM	5	200
11	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP		
12	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera		
13	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM	24	500
14	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP		
15	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera		
16	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM	24	500
17	Caminar hasta el durflex y coger los 2,6 kg		
18	Caminar con los 2,6 kg subir la escalera y vaciar en el TM	5	200
19	Cerrar tapa de TM quitar seguro y bajar escalera	6	100
20	Mezclar	370	200
	<b>Vaciar Mezcladora</b>		
21	Ubicar TM hacia abajo	3	100
22	Ubicar un saco de MP como piso para poder vaciar	7	500
23	Ubicar saco vacio en tapa de TM y llenar de MP mezclada	9	100
24	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera	10	1100
25	Vaciar MP mezclada en tolva	7	0
26	Ubicar saco vacio y llenar de MP mezclada	9	0
27	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera	10	1100
28	Vaciar MP mezclada en tolva	7	0
29	Ubicar saco vacio y llenar de MP mezclada	9	0
30	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera	10	1100
31	Vaciar MP mezclada en tolva	7	0
32	Ubicar saco vacio y llenar de MP mezclada	9	0
33	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera	10	1100
34	Vaciar MP mezclada en tolva	7	0
35	Ubicar saco vacio y llenar de MP mezclada	13	0
36	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera	10	1100
37	Vaciar MP mezclada en tolva	4	0
	<b>Total</b>	641	9000

De la tabla anterior se puede tener como resultado que en promedio para un lote se toma 10.68 min y se recorre 0.09 km.

### **Diagrama del procedimiento de abastecimiento**

Luego de definir las actividades y sus tiempos empleados en el abastecimiento de materia prima de un producto durflex, se realizó un diagrama de flujo actual en el mismo que se determinó el número de frecuencias y los tiempos por cada actividad realizadas en lo que respecta a:

- Transporte
- Inspección
- Demora
- Almacenamiento
- Operación con inspección

El lote de mezcla usado por los operadores es de 115 kg para un producto plástico tratado con durflex, la cual es la cantidad que entra en el mezclador para ser mezclado de manera homogénea, teniendo presente que cada máquina de las 3 con la que se realizan los productos del presente proyecto, tiene una capacidad aproximada de 560 kg por turno. A continuación se muestra la tabla del diagrama de flujo con los tiempos promedios por cada actividad, las distancias en cm así como los símbolos que representan cada una de las ellas:

Tabla 5. Diagrama de flujo de la etapa de abastecimiento actual

	Actividades	Actual		Simbolo						
		Tiempo (seg)	Distancia (cm)							
	<b>Llenar Mezcladora Bufanda</b>									
1	Ubicar TM hacia arriba			●						
2	Abrir tapa de TM y sujetarlo	18	100	●						
3	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP			●						
4	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera			●						
5	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM	24	500	●						
6	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP			●						
7	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera			●						
8	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM	24	500	●						
9	Caminar hasta el durflex y coger los 2,6 kg			●						
10	Caminar con los 2,6 kg subir la escalera y vaciar en el TM	5	200	●						
11	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP			●						
12	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera			●						
13	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM	24	500	●						
14	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP			●						
15	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera			●						
16	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM	24	500	●						
17	Caminar hasta el durflex y coger los 2,6 kg			●						
18	Caminar con los 2,6 kg subir la escalera y vaciar en el TM	5	200	●						
19	Cerrar tapa de TM quitar seguro y bajar escalera	6	100	●						
20	Mezclar	370	200							●
	<b>Vaciar Mezcladora</b>									
21	Ubicar TM hacia abajo	3	100	●						
22	Ubicar un saco de MP como piso para poder vaciar	7	500	●						●
23	Ubicar saco vacio en tapa de TM y llenar de MP mezclada	9	100	●						
24	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera	10	1100	●						
25	Vaciar MP mezclada en tolva	7	0	●						
26	Ubicar saco vacio y llenar de MP mezclada	9	0	●						
27	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera	10	1100	●						
28	Vaciar MP mezclada en tolva	7	0	●						
29	Ubicar saco vacio y llenar de MP mezclada	9	0	●						
30	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera	10	1100	●						
31	Vaciar MP mezclada en tolva	7	0	●						
32	Ubicar saco vacio y llenar de MP mezclada	9	0	●						
33	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera	10	1100	●						
34	Vaciar MP mezclada en tolva	7	0	●						
35	Ubicar saco vacio y llenar de MP mezclada	13	0	●						
36	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera	10	1100	●						
37	Vaciar MP mezclada en tolva	4	0	●						
	<b>Total</b>	641	9000	17	0	0	18	0	2	

Como se puede ilustrar en la tabla anterior, nuestras actividades están enmarcadas con tres actividades principales como son: operación de la cual se obtiene 17 frecuencias o repeticiones, transporte de la cual se obtiene 18 frecuencias o repeticiones y por último demora que se tiene 2 frecuencias o repeticiones. Los datos que se muestran en la tabla corresponden a un tamaño de muestra de 30 observaciones.

Para entender un poco el recorrido del operador, se muestra a continuación una gráfica del recorrido realizado para un lote:

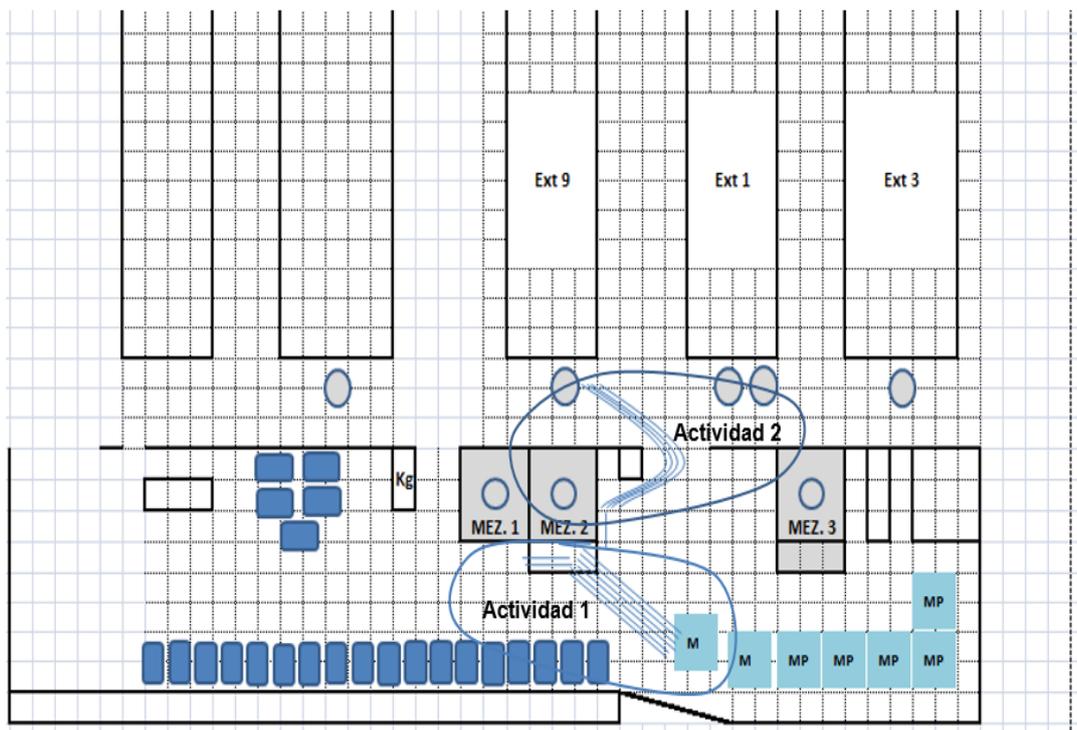


Figura 7.4 Esquema del recorrido del operador para abastecer un lote

En el gráfico que antecede se puede ilustrar el recorrido en planta del operador en un lote, donde para ilustración gráfica se marca a las

actividades de carga de tolva como “Actividad 1” y a las de descarga de materia prima como “Actividad 2”. Para efectos de cálculos se tomó como referencia el menor recorrido que es: desde el mezclador 2 hasta la extrusora 9, por lo que los datos son en relación a esa distancia.

Se cuentan con 2 mezcladoras operativas y una está fuera de servicio porque está dada de baja y no es considerada para la evaluación.

Por lo antes mencionado a continuación se presenta la siguiente tabla del estado inicial en cuanto a los lotes, tiempos, distancias necesarias para abastecer a 3 extrusoras con capacidad de 560 kg cada una por turno:

Tabla 6. Resumen de situación inicial por turno de trabajo en extrusión

	Capacidad de Máquina kg/turno	# de Máquinas	kg/lote (kg)	# de lotes por 3 Máquinas	Tiempo promedio por lote (min)	Distancia recorrida por lote (km)	Tiempo promedio por 3 Maq x turno (h)	Distancia recorrida para 3 Maq por turno (km)
Inicial	560	3	78,93	21	10,68	0,09	3,79	1,92

Como se ilustra en el cuadro anterior el tiempo promedio para las 3 máquinas es de aproximadamente 4 horas y 1.92 km de recorrido donde aproximadamente el 50% del mismo lo realiza con un peso de 25 kg.

## Identificación de actividades que no agrega valor y fuentes de desperdicios

Una vez definidas las actividades dentro del proceso de abastecimiento con sus respectivos tiempos y distancias se procede a determinar en conjunto con el equipo experto las posibles las actividades que agregan y no agregan valor. A continuación se detalla un resumen de las actividades tanto como para la carga del Tanque Mezclador como para la Descarga del Tanque Mezclador:

Tabla 7. Resumen de actividades para carga de TM

	Actividades	Frecuencia total turno	Suma de Kg Cargados en un turno	Agrega Valor?			Desperdicio asociado
				Si	No		
					Necesario	Innecesaria	
Llenado de Tanque Mezclador	Ubicar TM hacia arriba	21	0		1		Movimiento
	Abrir tapa de TM y sujetarlo	21	0		1		Movimiento
	Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP	336	1603,4		1		Transporte
	Caminar con saco de MP hasta la escalera y subir escalera	336			1		Transporte
	Abrir saco de MP y vaciarlo en el TM	336			1		Movimiento
	Caminar hasta el durflex y coger los 2,6 kg	84	54,6		1		Movimiento
	Caminar con los 2,6 kg subir la escalera y vaciar en el TM	84	0		1		Transporte
	Cerrar tapa de TM quitar seguro y bajar escalera	21	0		1		Movimiento
	Mezclar	21	0	1			N/A
	<b>Total</b>	<b>1260</b>	<b>1658</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	

Adicionalmente se ha evidenciado que el llenar el tanque mezclador casi a su máxima capacidad no permitía que el material se mezcle homogéneamente, lo que genera que el producto tratado con durflex

no tenga las propiedades químicas necesarias para el cual está destinado, que es la eliminación de plagas en el banano. Esto representaba aproximadamente el 30% de desperdicio total (scrap). Para determinar si la mezcla es apropiada la empresa cuenta con un equipo para el análisis químico y comprobar su concentración de durflex el mismo que debe de estar entre el 5%.

Tabla 8. Resumen de actividades para descarga de TM

	Actividades	Frecuencia total turno	Suma de Kg Cargados en un turno	Agrega Valor?		Desperdicio asociado	
				Si	No		
					Necesario		Innecesaria
Descarga de Tanque Mezclador	Ubicar TM hacia abajo	21	0		1	Movimiento	
	Ubicar saca vacío y llenar de MP mezclada	525	0		1	Movimiento	
	Caminar con saco MP mezclada hasta extrusora y subir escalera	525	1658		1	Transporte	
	Vaciar MP mezclada en tolva	525	0		1	Transporte	
	Regresar a Mezcladora	525	0		1	Movimiento	
	<b>Total</b>	<b>2121</b>	<b>1658</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	

Como se ilustra en las tablas nuestro objetivo es eliminar las actividades que no agregan valor pero que son innecesarias, además que están asociadas a un tipo de desperdicio tal como se recomienda en “Lean Manufacturing”. En el siguiente cuadro se realiza un resumen de todos los desperdicios asociados en la etapa de abastecimiento, es decir, se sumaran las incurridas en carga y descarga del tanque mezclador:

Tabla 9. Resumen de Fuentes de desperdicios

Resumen	Suma total de Desperdicios
Movimiento	483
Transporte	1806
<b>Total</b>	<b>2289</b>

Según los datos obtenidos tenemos como resultado 2289 actividades consideradas como desperdicio de las cuales el mayor número recae sobre el transporte y a esto se suma el hecho de que casi el 50% del transporte es con peso.

### 7.5. Elaboración de la propuesta de mejora

Por lo expuesto en el punto anterior la propuesta radica en definir un lote de producción que no exceda el 75% (aproximadamente 80 kg) de la capacidad física del TM. Esta alternativa fue evaluada y definida en los procedimientos de abastecimiento para minimizar los desperdicios por mala mezcla.

Adicionalmente se propone la fabricación de un tanque de almacenamiento de materia prima inclinada con una capacidad de 450 kg para vaciar la materia prima mezclada, una malla metálica tipo cedazo de 0.40 pulgadas x 0.40 pulgadas, instalación de un sistema de aspiración llamado “venturi”, hacer un arco en la pared justo en la parte de atrás de cada mezcladora con una medida de 1.4 m de alto y

1.75 m de ancho, puertas metálicas tipo corredizas. A continuación se muestra las imágenes de cada una de ellas:



Figura 7.5 Malla y tanque inclinado para descarga de MP

Con estos equipos y/o materiales solicitados para la propuesta el área queda de cómo se puede ilustrar en las siguientes imágenes:



Figura 7.6 Alimentación directa desde el tanque inclinado hasta extrusora



Figura 7.7 Tanque inclinado en parte posterior de TM

Para lograr la implementación de los equipos se incurrieron en los siguientes costos que se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 10. Costos de implementación de mejora

N.-	Descripción de necesidad/equipo	Unidades	Costo Unitario	Costo Total
1	Tanque inclinado de 450 kg de capacidad	2	\$ 425,00	\$ 850,00
2	Sistema Venturi	3	\$ 63,00	\$ 189,00
4	Sensor de nivel y alarma	3	\$ 600,00	\$ 1.800,00
3	Malla metálica de 0,4cm x 0,4cm	2	\$ 100,00	\$ 200,00
4	Rediseño de pared	1	\$ 50,00	\$ 50,00
5	Puerta metálica corrediza	2	\$ 250,00	\$ 500,00
<b>Total</b>				<b>\$ 3.589,00</b>

## 8. Análisis de Resultados

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos en cuanto a nuestras principales causas de desperdicios de materia prima en la etapa de abastecimiento del proceso de extrusión de un producto tratado con durflex.

### Validación de Actividades y Diagrama de Flujo después de implementación de mejora:

Con los cambios realizados se pudo reducir significativamente el número de actividades realizadas en el proceso de abastecimiento. A continuación se

muestra el diagrama de recorrido después de la mejora:

Tabla 11. Diagrama de flujo de la etapa de abastecimiento después de la mejora

Actividades	Propuesta		Símbolo					
	Tiempo (seg)	cm de recorrido x parada	●	■	▼	➔	◻	◐
<b>Llenar Mezcladora Bufanda</b>								
1 Ubicar TM hacia arriba	18	100	●					
2 Abrir tapa de TM y sujetarlo			●					
3 Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP	12	500				●		
4 Caminar con saco de MP hasta el tanque de MP						●		
5 Abrir saco de MP y vaciarlo en el tanque de MP	12	500	●					
6 Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP						●		
7 Caminar con saco de MP hasta el tanque de MP	12	500				●		
8 Abrir saco de MP y vaciarlo en el tanque de MP						●		
9 Caminar hasta el durflex y coger los 2,6 kg	5	200					●	
10 Caminar con los 2,6 kg y vaciar en el tanque de MP							●	
11 Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP	12	500				●		
12 Caminar con saco de MP hasta el tanque de MP						●		
13 Abrir saco de MP y vaciarlo en el tanque de MP	12	500	●					
14 Caminar hasta la MP y coger 1 saco de MP						●		
15 Caminar con saco de MP hasta el tanque de MP	12	500				●		
16 Abrir saco de MP y vaciarlo en el tanque de MP						●		
17 Caminar hasta el durflex y coger los 2,6 kg	0	200					●	
18 Caminar con los 2,6 kg y vaciar en el tanque de MP							●	
19 Cerrar tapa de TM quitar seguro y bajar escalera	3	100	●					
20 Mezclar	180	100					●	
<b>Vaciar Mezcladora</b>								
21 Ubicar TM hacia abajo	3	100	●					
22 Abrir tapa de TM y vaciar MP mezclada en el reservorio	30	100				●		
<b>Total</b>	<b>287</b>	<b>2900</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

Como se ilustra en la tabla anterior los tiempos y distancias se han reducido si lo comparamos con el inicial (ver tabla 5). Las actividades eliminadas son prácticamente casi todas las que corresponde a la

“Actividad 2”, recordar que se denominó así, para agrupar a todas las actividades que se presentan en el momento de vaciar la mezcladora.

### Otros Resultados

Como resumen general, se presenta a continuación la siguiente tabla de los puntos analizados:

Tabla 12. Resumen general de la mejora

Resumen General de la Mejora			
Lista de puntos analizados	Antes	Después	% de Reducción
Tiempo promedio por 3 Maq x turno (h)	3,79	2,96	22%
Distancia recorrida para 3 Maq por turno (km)	1,92	0,62	68%
Movimiento	483	483	0%
Transporte	1806	756	58%

Como se puede ver en la tabla anterior la mejora implementada a reducido tres 3 aspectos de 4 analizados donde el mayor impacto está en la distancia recorrida por el operador en un turno, que es del 68% tomando en cuenta que su recorrido es con peso.

### Análisis Costo Beneficio

Para este punto se detallan los costos de las fuentes de desperdicios (Kg de scrap), que se traducen en kilogramos de productos no recuperados y estos a su vez acarrear costos. El kilogramo de producto durflex tiene un costo de \$1.25 según el departamento de

costos. Con esta información se procede a realizar la siguiente tabla de costo-beneficio:

Tabla 13. Análisis de costos-beneficios

CAUSAS DE DESPERDICIO	Promedio	Promedio	Costo Antes	Costo Después	Reducción	Ahorro Mensual
	Antes	Después				
	Kg	Kg	\$	\$	%	\$
Desabastecimiento de tolva	18030,27	7788,803	\$ 22.898,45	\$ 9.891,78	58,2%	\$ 13.006,67
Mala mezcla	15454,52	7529,18	\$ 19.627,24	\$ 9.562,05	49,6%	\$ 10.065,19
Derrame de material	2575,75	1090,43	\$ 3.271,21	\$ 1.384,85	0,0%	\$ 1.886,36
Cambio de programación	2146,46	1557,76	\$ 2.726,01	\$ 1.978,36	0,0%	\$ 747,65
Presión de Rodillo de tiro	1717,17	2518,38	\$ 2.180,80	\$ 3.198,34	9,3%	\$ (1.017,54)
Materia prima no idonea	1287,88	2362,60	\$ 1.635,60	\$ 3.000,51	15,3%	\$ (1.364,90)
Arranque	987,37	2596,27	\$ 1.253,96	\$ 3.297,26	47,4%	\$ (2.043,30)
Inicio de Produccion	729,80	519,25	\$ 926,84	\$ 659,45	0,0%	\$ 267,39
<b>TOTAL</b>	<b>42929,22</b>	<b>25962,68</b>	<b>\$ 54.520,11</b>	<b>\$ 32.972,60</b>	<b>39,5%</b>	<b>\$ 21.547,51</b>
<b>Ahorro anual</b>						<b>\$ 258.570,14</b>
<b>Costo de implementar mejora</b>						<b>\$ 3.589,00</b>
<b>Ganancia Anual</b>						<b>\$ 254.981,14</b>

Como se ilustra en la tabla anterior se redujeron los costos inmersos en nuestras fuentes de desperdicios (las 3 primeras de la tabla), dando una reducción de costos del 39.5%, por lo que el costo de inversión para el proyecto se recupera en menos de un mes dado que el ahorro mensual es de \$21.547,51 mientras que el costo de inversión es de \$3589,00.

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1. Conclusiones

- Se realizó el levantamiento de información de las actividades en la etapa de abastecimiento para un producto tratado con durflex.
- Se determinaron las actividades que no agregan valor y se redujeron en un 58 %.
- Se logró reducir los tiempos incurridos en la etapa de abastecimiento hasta un 22% del inicial.
- Se logró reducir hasta 68 % de recorrido al momento de trasladar la materia prima mezclada hacia la extrusora.
- Se puede concluir que con las mejoras realizadas el scrap se redujo en promedio hasta un 39.5 % en los tres meses posteriores al cambio del estado inicial.
- Se pudo reducir la carga física incurrida al transportar sacos de 25 kg, lo cual generaba rechazo del personal al momento de trabajar en ésta área.

## 9.2. Recomendaciones

- Seguir fomentando e implementando por parte de la Gerencia, mejoras continuas en los proceso de producción.
- Hacer seguimiento para encontrar otras fuentes de desperdicios, basados en tiempos de paras de máquinas.
- Hacer un estudio ergonómico en los sectores donde más problemas de lumbalgia.

## ANEXO A

### FORMATO DE CONTROL DE PROCESO EXTRUSION (CPE-751)

Control Proceso Extrusión (CPE-751)										Fecha de lanzamiento OF:		14/08/2015			
Fecha extrusión de OF:															
Extrusora #:	9	OF:	C41001558	Kg a recibir:	2.105	Kg neto:	2.089	Kg adicional:	16	%:	0,8%				
Medida a extruir:	34x0,5	Peso (gr) muestra 1mt largo:	18,4	MTA:	X	MTO:		Agrícola:	X	Consumo:					
Tratado caras:		Lámina:		Tubo:	X	En U:		Fuelle:		Maquila:		Depósito indust.:			
Impresión en línea:		Impresora Flexo:		Prod a Imprimir:											
Mezcla a utilizar:	LLD---25 kg (95%)			Durflex -- 1.315 Kg (5%)											
INVENTARIO DE MATERIA PRIMA															
Fecha:	Turno: 0-8					Turno: 8-16					Turno: 16-24				
	Materia Prima	Ext	Inv. Ini.	Coms.	Inv. Fin	Materia Prima	Ext	Inv. Ini.	Coms.	Inv. Fin	Materia Prima	Ext	Inv. Ini.	Coms.	Inv. Fin
Recibido por:					Recibido por:					Recibido por:					
Prioridad:	Consumo MP:				Prioridad:	Consumo MP:				Prioridad:	Consumo MP:				
Fecha:	Turno: 0-8					Turno: 8-16					Turno: 16-24				
	Materia Prima	Ext	Inv. Ini.	Coms.	Inv. Fin	Materia Prima	Ext	Inv. Ini.	Coms.	Inv. Fin	Materia Prima	Ext	Inv. Ini.	Coms.	Inv. Fin
Recibido por:					Recibido por:					Recibido por:					
Prioridad:	Consumo MP:				Prioridad:	Consumo MP:				Prioridad:	Consumo MP:				
Fecha:	Turno: 0-8					Turno: 8-16					Turno: 16-24				
	Materia Prima	Ext	Inv. Ini.	Coms.	Inv. Fin	Materia Prima	Ext	Inv. Ini.	Coms.	Inv. Fin	Materia Prima	Ext	Inv. Ini.	Coms.	Inv. Fin
Recibido por:					Recibido por:					Recibido por:					
Prioridad:	Consumo MP:				Prioridad:	Consumo MP:				Prioridad:	Consumo MP:				
Fecha:	Turno: 0-8					Turno: 8-16					Turno: 16-24				
	#Rollo	H Salida	Peso	Ext #	Scrap	#Rollo	H Salida	Peso	Ext #	Scrap	#Rollo	H Salida	Peso	Ext #	Scrap
Suma Kg Turno:	Scrap:				Suma Kg Turno:	Scrap:				Suma Kg Turno:	Scrap:				
MP consumidos día:	MP consumidos acum:				Kg extruidos diario:	Kg . acum. extruidos:				Scrap generado día:	Scrap generado acum				
Información validado por el Sup:					Información validado por el Sup:					Información validado por el Sup:					
Elaborado por:	Aprobado por:			Aprobado por:	Fecha:	Versión:			Código:						
S. Fuentes	PT			K.Kaul	Abril29/2015	4.7			CPE-751						

# ANEXO B

## FORMATO DE CONTROL DE PROCESO

Control de Scrap y Paradas de Máquina Extrusión (CSPE-751)														
Fecha	/ /		Turno			Supervisor:			Técnico Líder					
EXT.	Orden de Fabricación	Medida a Extruir	Inicio Horómetro	Fin Horómetro	Kg Extruidos	kg Scrap						Causas de paradas	Tiempo	
						HD		LLD		LD				
1														
2														
3														
4														
9														
13														
<b>Total</b>														
<b>Incidentes de Calidad</b>														
<b>Incidentes de Seguridad</b>														

<b>Total extruido Turno</b>	
-----------------------------	--

Elaborado por: D. Ricaurte	Aprobado por: DR	Aprobado por: K. Kaul	Fecha: Julio 21/14	Versión: 4.2	Código: VCPE-751
-------------------------------	---------------------	--------------------------	-----------------------	-----------------	---------------------

## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. NIEBEL - FREIVALDS: Ingeniería industrial-Métodos y diseño del trabajo
2. ALBERTO GALGANO, “Los siete instrumentos de la calidad total”, España, Diagrama de Pareto, pp. 125 -128.
3. HARRINGTON, JAMES, “Mejoramiento de los procesos de la empresa”, McGraw Hill, Colombia, 1992. pp. 60-75.