



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DESARROLLO DEL SISTEMA LEAN SIX SIGMA PARA LA DETECCIÓN Y
ELIMINACIÓN DE FALLAS EN EL PROCESO DE TEJIDOS DE POLIPROPILENO**

Rodmy Javier Cermeño Torres

Asesorado por el Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes

Guatemala, enero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DEL SISTEMA LEAN SIX SIGMA PARA LA DETECCIÓN Y
ELIMINACIÓN DE FALLAS EN EL PROCESO DE TEJIDOS DE POLIPROPILENO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RODMY JAVIER CERMEÑO TORRES

ASESORADO POR EL ING. EDWIN JOSUÉ IXPATÁ REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola de López
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DESARROLLO DEL SISTEMA LEAN SIX SIGMA PARA LA DETECCIÓN Y ELIMINACIÓN DE FALLAS EN EL PROCESO DE TEJIDOS DE POLIPROPILENO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 17 de agosto de 2017.



Rodmy Javier Cermeño Torres


Guatemala 13 de abril de 2018

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial

Por este medio me dirijo a usted para informarle que yo, Ingeniero Mecánico Industrial **Edwin Josué Ixpatá Reyes**, he asesorado la elaboración del trabajo de graduación titulado "**DESARROLLO DEL SISTEMA LEAN SIX SIGMA PARA LA DETECCIÓN Y ELIMINACIÓN DE FALLAS EN EL PROCESO DE TEJIDOS DE POLIPROPILENO**", al estudiante **Rodmy Javier Cermeño Torres**, con número de carné **201213064**, quien habiendo cumplido con instrucciones del suscrito ha completado el desarrollo del trabajo.

El trabajo de graduación cumple con los objetivos planteados, se ajusta al contenido indicado y autorizado según protocolo, lo que permite proseguir los trámites correspondientes.

Atentamente,


Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 7128

Edwin Josué Ixpatá Reyes
Mec-Industrial
No. 7128

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.085.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DESARROLLO DEL SISTEMA LEAN SIX SIGMA PARA LA DETECCIÓN Y ELIMINACIÓN DE FALLAS EN EL PROCESO DE TEJIDOS DE POLIPROPILENO**, presentado por el estudiante universitario **Rodmy Javier Cermeño Torres**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Erwin Alfredo Izeppi Oliva'.

Erwin Alfredo Izeppi Oliva
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 10562

Ing. Erwin Alfredo Izeppi Oliva
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2018.

/mgp

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.005.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DESARROLLO DEL SISTEMA LEAN SIX SIGMA PARA LA DETECCIÓN Y ELIMINACIÓN DE FALLAS EN EL PROCESO DE TEJIDOS DE POLIPROPILENO**, presentado por el estudiante universitario **Rodmy Javier Cermeño Torres**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2019.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.25.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial del trabajo de graduación titulado: **“DESARROLLO DEL SISTEMA LEAN SIX SIGMA PARA LA DETECCIÓN Y ELIMINACIÓN DE FALLAS EN EL PROCESO DE TEJIDOS DE POLIPROPILENO”** presentado por el estudiante universitario: **Rodmy Javier Cermeño Torres** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

907/22
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, Enero de 2019

/echm

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Principalmente por darme la vida y tantas bendiciones, por nunca dejarme solo cuando más lo he necesitado y protegerme siempre.
- Mis padres** Javier Cermeño y María Torres, por ser esos maravillosos padres que han estado para mí en todo momento, por siempre apoyarme sin importar las circunstancias y por creer siempre en mí.
- Mis hermanos** Alan, Daniel y Laura, por su apoyo incondicional, por estar conmigo en las buenas y en las malas, y por mostrarme siempre su cariño.
- Mis tíos** Miriam, Ana, Gloria, José, Lilian, Elvira, Amparo y Corina (Q.E.P.D.), por siempre brindarme su apoyo y cariño, por ser mis ejemplos por seguir.
- Mis abuelos** José Torres y Laura Morales, por haberme apoyado siempre y demostrarme siempre su cariño. A Adela Ruano (Q.E.P.D.) que siempre la recuerdo con nostalgia y cariño.

Mis sobrinos

Dylan, Alessandra y Ayleen; por ser esos niños que siempre me sacan una sonrisa y a quienes espero guiar por el camino del bien.

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Edwin Ixpatá

Por brindarme su tiempo, apoyo y conocimientos para asesorarme en la realización de este trabajo de graduación.

Ing. Freddy de León

Por haberme brindado su ayuda y conocimientos a lo largo del trabajo de graduación.

**Mis amigos de la
Facultad**

Por haber compartido tantas buenas experiencias y conocimientos.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por permitirme haber estudiado en esta gloriosa casa de estudios y permitir mi crecimiento como profesional.

Facultad de Ingeniería

Por permitirme haber formado parte de esta grandiosa Facultad y, así mismo, ser un pilar en mi crecimiento profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Historia	1
1.2. Ubicación.....	2
1.3. Plan estratégico.....	2
1.3.1. Misión	3
1.3.2. Visión.....	3
1.3.3. Políticas de calidad.....	4
1.4. Organización de la empresa.....	5
1.4.1. Tipo de organización	5
1.4.2. Organigrama.....	6
1.4.3. Clientes principales y mercado.....	7
1.5. Polipropileno.....	8
1.5.1. Definición	9
1.5.2. Lineamientos	10
1.6. Sistema <i>Lean Six Sigma</i>	11
1.6.1. Definición	13
1.6.2. Enfoque	14
1.7. Metodología DMAIC	15

1.8.	<i>Lean Manufacturing</i>	18
1.8.1.	Definición.....	18
1.8.2.	Historia	19
1.8.3.	Beneficios y características	19
1.8.4.	Herramientas de <i>Lean Manufacturing</i>	20
1.9.	<i>Six Sigma</i>	23
1.9.1.	Definición.....	24
1.9.2.	Historia	24
1.9.3.	Lineamientos	25
1.9.4.	<i>Six Sigma</i> enfocado a la calidad	25
1.9.5.	Metodología estadística del <i>Six Sigma</i>	26
1.10.	Calidad.....	30
1.10.1.	Definición.....	30
1.10.2.	Tipos de calidad	31
1.10.3.	Características de la calidad	33
1.11.	Desperdicio	33
1.11.1.	Tipos de desperdicio	33
2.	SITUACIÓN ACTUAL	35
2.1.	Departamento de producción	35
2.2.	Materia prima	38
2.2.1.	Resina	38
2.2.2.	Polipropileno.....	39
2.2.3.	Colorantes	40
2.2.4.	Aditivos.....	41
2.2.5.	Concentrados	42
2.3.	Producto.....	43
2.3.1.	Descripción del producto	43
2.3.1.1.	Sacos	44

	2.3.1.2.	Telas de sombra (sarán).....	45
	2.3.1.3.	Pita y lazo	48
2.4.		Descripción del equipo actual.....	49
	2.4.1.	Maquinaria	49
		2.4.1.1. Extrusores.....	50
		2.4.1.2. Telares.....	52
2.5.		Áreas para la producción.....	53
	2.5.1.	Área de bodega de materia prima	54
	2.5.2.	Área de extrusión.....	55
	2.5.3.	Área de tejeduría	55
	2.5.4.	Área de confección	56
	2.5.5.	Área de bodega de producto terminado	57
	2.5.6.	Manejo de desechos.....	58
2.6.		Análisis de la situación actual.....	58
	2.6.1.	Estándares.....	59
	2.6.2.	Análisis FODA actual.....	59
	2.6.3.	Factores que afectan la producción.....	60
	2.6.4.	Método utilizado actual del control de calidad	61
		2.6.4.1. Método de muestreo actual	63
2.7.		Evaluación de costos de no calidad	65
	2.7.1.	Principales causas de la no calidad.....	66
2.8.		Medición de la eficiencia de la producción	67
	2.8.1.	Eficiencia del área de extrusión de la empresa	68
2.9.		Nivel sigma actual	69
	2.9.1.	Nivel sigma en el proceso de extrusión	69
3.		PROPUESTA PARA DESARROLLAR EL SISTEMA <i>LEAN SIX</i>	
		<i>SIGMA</i>	73
	3.1.	Sistema <i>Lean Six Sigma</i>	73

3.1.1.	<i>Lean Six Sigma</i> aplicado en departamento de producción.....	73
3.2.	Herramientas del <i>Lean Manufacturing</i>	74
3.2.1.	Mejora continua (<i>Kaizen</i>).....	75
3.2.2.	Justo a tiempo	76
3.2.3.	Gestión de la calidad total	77
3.2.4.	A prueba de errores	78
3.2.5.	Mantenimiento integral (5S)	80
3.2.5.1.	<i>Seiri</i> (seleccionar).....	82
3.2.5.2.	<i>Seiton</i> (ordenar)	83
3.2.5.3.	<i>Seiso</i> (limpiar)	83
3.2.5.4.	<i>Seiketso</i> (estandarizar).....	84
3.2.5.5.	<i>Sitsuke</i> (mantener)	84
3.3.	Circulo de Deming.....	85
3.3.1.	Planificar.....	85
3.3.2.	Hacer.....	86
3.3.3.	Verificar	87
3.3.4.	Actuar	87
3.4.	Procesos y solución de problemas.....	87
3.4.1.	Definición de procesos <i>Six Sigma</i>	89
3.4.2.	Diseño de experimentos.....	90
3.4.3.	Mejora continua y optimización de procesos.....	93
3.5.	<i>Six Sigma</i> y el ciclo DMAIC	94
3.5.1.	Definir	94
3.5.2.	Medir	95
3.5.3.	Analizar	96
3.5.4.	Mejorar	97
3.5.5.	Controlar.....	98
3.6.	Comportamiento y análisis del proceso.....	99

3.6.1.	Herramientas estadísticas	99
3.6.1.1.	Capacidad del proceso según el índice Cp y Cpk	99
3.6.1.2.	Distribución de frecuencias.....	101
3.6.1.3.	Media aritmética	102
3.6.1.4.	Desviación estándar	103
3.7.	Métodos estadísticos para la solución de problemas	103
3.8.	Manejo de inventarios.....	103
3.8.1.	Pronósticos de ventas	104
4.	DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	107
4.1.	Departamentos o áreas afectadas.....	107
4.1.1.	Área de extrusión.....	107
4.1.2.	Área de tejeduría	108
4.1.3.	Área de confección	108
4.1.4.	Bodega	109
4.2.	Balanceo de las líneas de producción	109
4.2.1.	Análisis del proceso.....	110
4.2.2.	Desarrollo del balanceo de líneas.....	113
4.3.	Metodología del mantenimiento integral (5S)	115
4.3.1.	<i>Seiri</i> (seleccionar)	116
4.3.2.	<i>Seiton</i> (ordenar).....	117
4.3.3.	<i>Seiso</i> (limpiar).....	117
4.3.4.	<i>Seiketso</i> (estandarizar).....	118
4.3.5.	<i>Sitsuke</i> (mantener)	118
4.4.	<i>Kaizen</i> y herramientas <i>Lean Manufacturing</i>	119
4.4.1.	Diagrama causa y efecto	119
4.4.2.	Diagrama hombre-máquina	122
4.5.	<i>Layout</i> por implementar	127

4.6.	Aplicación de metodología <i>Six Sigma</i>	130
4.6.1.	Factores de medición	130
4.6.2.	Factores o puntos críticos de la calidad	131
4.7.	Medición de la eficiencia	132
4.7.1.	Eficiencia general de los equipos	133
4.8.	Medición del nivel sigma	134
4.8.1.	Nivel sigma en proceso de extrusión.....	134
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA	137
5.1.	Resultados obtenidos.....	137
5.1.1.	Interpretación	137
5.1.2.	Aplicación	138
5.2.	Análisis del cumplimiento de los objetivos	138
5.2.1.	Comportamiento del proceso	139
5.3.	Beneficios obtenidos	139
5.3.1.	Beneficios internos	139
5.3.2.	Beneficios externos	141
5.4.	Evaluación del mantenimiento integral (5S)	142
5.5.	Desechos	143
5.5.1.	Manejo de desechos	143
5.6.	Auditorías	144
5.6.1.	Externas	144
5.6.2.	Internas	144
5.7.	Relación beneficio costo	148
	CONCLUSIONES.....	151
	RECOMENDACIONES	153
	BIBLIOGRAFÍA.....	155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	7
2.	Mercado de exportación de la empresa en Latinoamérica	8
3.	Jerarquía de certificaciones de la metodología <i>Lean Six Sigma</i>	13
4.	Esquema de metodología DMAIC	18
5.	Nivel sigma.....	27
6.	Eficiencia y cantidad de defectos correspondientes a los diferentes niveles sigma	28
7.	Círculos de la calidad	32
8.	Polimerización del etileno y el propileno para obtener polietileno y polipropileno.....	38
9.	Materia prima, lista para ser utilizada en los procesos.....	39
10.	Presentación de los concentrados	42
11.	Línea de sacos en la planta de producción	45
12.	Telas agrícolas que produce la empresa	48
13.	Lazo que produce la empresa.....	49
14.	Partes principales de un extrusor	50
15.	Telar tubular del área de sacos	53
16.	Resina almacenada en bodega de materia prima de la empresa	54
17.	Extrusor de la empresa	55
18.	Área de telares tubulares de la empresa.....	56
19.	Área de confección de saco de la empresa	57
20.	Bodega de producto terminado de la empresa	57
21.	Área de desechos de la empresa.....	58

22.	Diagrama de las 6M aplicado a la empresa.....	62
23.	Letra código de tamaño de muestra en <i>Military Standard</i>	64
24.	Planes de muestreo simple.....	65
25.	Programación y control de producción de cada máquina	76
26.	<i>Poka Yoke</i> ante errores presentados.....	80
27.	Estantería del área de extrusión antes de aplicar las 5S.....	81
28.	Área actual en donde se aplicará las 5S.....	81
29.	Diseño del programa de control de calidad de los hilos por implementar	91
30.	Datos por ingresar del programa de control de calidad	91
31.	Medias y desviación estándar en el programa de control de la calidad.	92
32.	Gráficos X-R del programa de control de calidad	92
33.	Colocación de pizarras de control en las máquinas.....	93
34.	Diagrama de flujo del proceso de extrusión.....	111
35.	Estantería del área de extrusión después de aplicar las 5S	115
36.	Área de extrusión donde se aplicó las 5S.....	116
37.	Diagrama de causa y efecto en el área de extrusión	120
38.	Diagrama hombre-máquina de máquina torchadora en el área de extrusión	125
39.	<i>Layout</i> anterior del área de extrusión.....	128
40.	<i>Layout</i> por implementar en el área de extrusión.....	129
41.	Formato de evaluación de las 5S.....	142
42.	Formato para evaluación en auditorías internas en áreas de producción	147

TABLAS

I.	Enfoque de <i>Lean Six Sigma</i>	15
----	--	----

II.	Tipos de saranes que brinda la empresa	46
III.	Otras telas agrícolas que brinda la empresa.....	47
IV.	Análisis FODA de la empresa.	60
V.	Problemas presentados en el proceso de extrusión y sus posibles causas	67
VI.	Rechazo interno del área de extrusión.....	68
VII.	Conversión de un proceso al nivel sigma.....	70
VIII.	Interpolación para obtención del nivel sigma	70
IX.	Plan de mejora en el control de calidad del proceso de extrusión	86
X.	Defectos de producción en el proceso de extrusión.....	101
XI.	Distribución de frecuencias de defectos de producción en el proceso de extrusión.....	102
XII.	Historial de kilogramos de hilo en el área de extrusión	104
XIII.	Pronóstico de producción de hilo en el área de extrusión	106
XIV.	Números de operarios teórico	114
XV.	Comparación del número de operarios.	115
XVI.	Simbología de tiempos para diagramas hombre-máquina	123
XVII.	Resumen del diagrama hombre-máquina	126
XVIII.	Rechazo interno del área de extrusión después de implementar <i>Lean Six Sigma</i>	133
XIX.	Tabla de conversión del rendimiento de un proceso al nivel sigma ...	135
XX.	Interpolación para obtención del nivel sigma	135
XXI.	Comparativa de bobinas de hilo con defectos.....	140
XXII.	Costos de auditoria externa de <i>Lean Six Sigma</i>	149

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
C_p	Capacidad potencial de proceso
cm	Centímetro
Db	Decibel
σ	Desviación estándar, sigma
\$	Dólar estadounidense
°C	Grados Celsius
X-R	Gráfica estadística de control
Hr	Hora
kg	Kilogramo
log	Logaritmo
>	Mayor que
\bar{X}	Media aritmética
<	Menor que
m	Metro
m/min	Metro por minuto
mm	Milímetro
min	Minuto
Q	Quetzal, moneda nacional de Guatemala
+/-	Símbolo de incerteza

GLOSARIO

5S	Aplicación sistemática que se centra en el orden y la limpieza, derivada por los cinco pasos que la componen; están escritos en japonés y con la letra inicial S.
<i>Black Belt</i>	Significa cinturón negro, son profesionales y expertos en la metodología Six <i>Sigma</i> , que están certificados para capacitar a las personas en el ámbito de <i>Lean Six Sigma</i> .
BPM	Siglas del término “buenas prácticas de manufactura”, que son los principios básicos y prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración y envasado de alimentos para consumo humano.
Ciclo PDCA	Metodología que comprende cuatro pasos. PDCA (por sus iniciales en inglés) se deriva de los siguientes pasos: <i>Plan</i> , planificar; <i>Do</i> , hacer; <i>Check</i> , Verificar; <i>Act</i> , actuar.
Cp	Es la capacidad del proceso, es un índice que sirve para indicar el estado actual en que se encuentra un proceso productivo.

Decibel	Es una unidad de medida, sirve para medir la intensidad sonora de un determinado ente.
Denier	Unidad de medida del sistema inglés, se define como la masa en gramos por cada 9 000 metros de fibra.
DMAIC	Iniciales de los pasos de la metodología, que consiste en: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.
DPMO	Defectos por millón de oportunidades.
FODA	El análisis FODA sirve para realizar un diagnóstico sobre la situación de algún objeto. Se compone por fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.
HACCP	El análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP, por sus iniciales en inglés) es un proceso sistemático preventivo para garantizar la inocuidad de los alimentos y los procesos que estos contienen.
<i>Ishikawa</i>	Es un diagrama que busca el mejoramiento continuo de la calidad, por medio de la agrupación de las causas potenciales de los defectos en los procesos.
<i>Just in Time</i>	Término en inglés, que significa: “justo a tiempo”, que pretende reducir los tiempos muertos de los procesos a cero o tendientes a cero.
<i>Kaizen</i>	Palabra japonesa que significa: “cambio para mejora”.

Layout	Término en inglés, sirve para hacer referencia al esquema que será utilizado y cómo están distribuidos los elementos y formas dentro de un diseño.
Lean Manufacturing	Significa manufactura esbelta en español; metodología que busca la mejora continua y la reducción de los desperdicios en los procesos.
Lean Six Sigma	Sistema que combina la metodología <i>Six Sigma</i> y la metodología <i>Lean Manufacturing</i> para un mejor resultado.
Military Standard	Tiene como propósito la aceptación o no de un lote, de forma tal que se pueda garantizar cumplir con los requerimientos de calidad indicados.
MUDA	Palabra japonesa, que significa: inutilidad, ociosidad o desperdicio.
Nivel sigma	Medida para la calidad, que se esfuerza por alcanzar la perfección.
Ocio	Tiempo libre o descanso de las ocupaciones habituales.
OEE	Por sus iniciales en inglés es: <i>Overall Equipment Efficiency</i> , que en español significa eficiencia general de los equipos.

<i>Poka Yoke</i>	Término japonés. <i>Poka</i> significa: “error no intencionado” y <i>Yoke</i> significa: “evitar equivocaciones”. Es una técnica de control de calidad para prevenir errores.
PP	Siglas con que se le conoce al polipropileno, el cual es un plástico muy duro y resistente, es opaco y con gran resistencia al calor.
Sarán	Son telas de polipropileno para la agricultura, las cuales proveen una sombra controlada y protección a helechos, plantas ornamentales, café, flores, frutas o vegetales.
<i>Six Sigma</i>	Término en inglés, que en español es seis sigma. Metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad.
TPS	<i>Toyota Production System</i> , que en español significa sistema de producción Toyota (marca de automóviles de origen japonés)

RESUMEN

En la actualidad, en cualquier industria se busca obtener mejores resultados en los procesos, que estos sean más eficientes y que generen el menor costo posible. Por ello que se busca aplicar metodologías que ayuden con estos objetivos. La empresa en donde se desarrolla el trabajo de graduación se dedica a la manufactura de tejidos de polipropileno, siendo sus principales productos: sacos, saranes, pita y lazo. Debido a la complejidad de los procesos, se necesita desarrollar nuevas metodologías que ayuden a aumentar la eficiencia en los procesos, así como un mejor control y a la vez, reducir el desperdicio que estos generan, es por ello que, a lo largo del trabajo de graduación, se ha tratado de cumplir con los objetivos descritos con anterioridad.

Para llegar a obtener los resultados esperados en base a los objetivos, fue necesaria la investigación y desarrollo de una nueva metodología que lograra mezclar varias herramientas y técnicas para obtener los mejores resultados. Dicha metodología fue el *Lean Six Sigma*, que es una mezcla de dos metodologías: el *Lean Manufacturing* y el *Six Sigma*. El *Lean Manufacturing* es un proceso continuo de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor al producto, así como la reducción del desperdicio; y la metodología *Six Sigma*, que se centra en la reducción de la variabilidad, reduciendo los fallos que se presentan en los procesos.

El desarrollo de la metodología es un desafío muy grande y complejo, ya que muchas de estas técnicas tienen origen japonés, que fueron aplicadas por algunas de las compañías más prestigiosas que han existido, un claro ejemplo es la compañía automovilística Toyota.

Por medio de una buena gestión y aplicación de las herramientas que brinda la metodología, fue posible llegar a cumplir con los objetivos trazados, realizando mejoras significativas en los procesos, todo esto demuestra que si se aplica bien la metodología, puede traer muchos beneficios en la empresa que lo aplique.

La empresa se rige por ciertas normativas que promueven las buenas prácticas de manufactura, ya que produce empaques (sacos) para alimento. Esto es una ventaja, ya que parte de la metodología es promover la limpieza y el orden en el área de trabajo, esto hace que la metodología tenga una muy buena aceptación en la empresa

OBJETIVOS

General

Desarrollar el sistema *Lean Six Sigma* para la detección y eliminación de fallas en el proceso de tejidos de polipropileno.

Específicos

1. Establecer un marco técnico-teórico de las diferentes herramientas de calidad y métodos para la mejora en los procesos.
2. Aumentar la eficiencia en un 10 % de las líneas de producción, por medio de la implementación del método *Lean Manufacturing* y sus herramientas.
3. Proponer las herramientas de *Lean Manufacturing* en la línea de producción para erradicar sus debilidades
4. Minimizar los costos de producción, al reducir los tiempos de espera y procesos innecesarios.
5. Controlar la calidad y reducir las fallas actuales, por medio del sistema *Six Sigma*.
6. Aumentar las ganancias de la empresa al desarrollar el sistema *Lean Six Sigma*.

INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo atrás, los grandes de la industria han tratado de encontrar nuevas metodologías que mejoren los procesos, que aumenten la eficiencia de estos y que lo hagan con el mínimo de los recursos disponibles. Muchos de estos empresarios lo han logrado, por medio de ir perfeccionando las técnicas necesarias. En la actualidad, se puede decir que la metodología *Lean Six Sigma* es una de las más completas, ya que esta logra mezclar dos de las mejores metodologías existentes, ya que al aplicar esta de la manera correcta, se podrá aumentar la eficiencia en los procesos, a la vez que reduce el desperdicio y la variabilidad que se presentan en los procesos.

Por ello se decidió utilizar esta metodología para el cumplimiento de los objetivos trazados en el presente trabajo de graduación. La decisión de aplicarla en la empresa fue debido a que esta metodología la emplean empresas que buscan la perfección en sus líneas de producción, tratando de reducir sus errores a lo más mínimo. Y debido a que la empresa cuenta con un gran prestigio y una buena posición en el mercado textil, fue necesario el desarrollo de este sistema tan complejo.

La empresa en que se desarrollará el trabajo de graduación se acopla bien a la metodología *Lean Six Sigma*, ya que produce sacos para ciertos sectores de la industria alimenticia como azucareras, arroceras u otras. Se rige según normativas que controlen las buenas prácticas de manufactura, promoviendo la higiene y el aseo. Esto se acoplará muy bien, ya que ciertas herramientas de la metodología se centran en la limpieza y el orden en los procesos.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Historia

La historia de la empresa inicia hace más de 50 años, en donde una familia de origen alemán, con altos conocimientos en los negocios y la industria, decidió llevar a cabo sus sueños de fundar su propia empresa, para lo cual optó por radicar en Centroamérica, específicamente en Nicaragua. Ahí fundaron una empresa dedicada a la transformación de resina, para la producción de sacos únicamente.

Con el éxito alcanzado en Nicaragua, unos años después, decidió fundar otra empresa, pero esta vez en Guatemala, además, extendió la gama de sus productos para no solo dedicarse a la producción de sacos. Estos productos son: sacos, sarán (telas de sombra), pita y lazo.

En sus inicios, la empresa comenzó con una sola planta de producción de sarán específicamente. El sarán es una tela de sombra, que se utiliza en la agricultura. Al pasar de los años, la familia evoluciona e investiga más acerca del mercado de tejido de plásticos e implementa nuevos métodos y nuevas líneas de producción.

La empresa fue sobrepasando los obstáculos que se presentaban y gracias a la gran calidad de sus productos pudo expandirse internacionalmente. Actualmente, se ha posicionado como uno de los principales referentes en las industrias textiles de plástico, tanto a nivel nacional como internacional. Sus

principales destinos de exportación son: Canadá, Estados Unidos de Norte América, México, Centroamérica, Belice y el Caribe.

1.2. Ubicación

Se ubica carretera al Pacífico, Villa Nueva, situada dentro de un área industrial, en donde funciona la planta y las oficinas administrativas.

La ubicación le tiene muchos beneficios, ya que al estar en una zona industrial, le es fácil el alcance de los recursos necesarios.

1.3. Plan estratégico

En el plan estratégico se pretende plasmar de manera formal, la estrategia por desarrollar para alcanzar los objetivos trazados por la empresa en un tiempo determinado.

La empresa es innovadora, por ende, busca innovar sus productos y los procesos productivos, por ello la empresa tiene que trazarse nuevas metas de acuerdo con su entorno y situación, pero conservando las bases ideológicas en las que fue fundada.

Como cualquier plan estratégico, el de la empresa está compuesto por su misión, visión, políticas de calidad y valores. Tratando de inculcarles a sus colaboradores los factores anteriormente descritos, para crear un buen ambiente laboral.

1.3.1. Misión

Desarrollar junto a sus clientes, soluciones innovadoras de producción y empaque; brindando asistencia técnica a través de gente comprometida. Satisfacer las necesidades de la agroindustria, construcción, comercio y todos aquellos clientes que requieran los servicios de protección y empaque para la ejecución de sus procesos, la distribución y manejo de productos.

Proveer mediante la utilización del recurso humano capacitado, tecnología avanzada y aprovechamiento de los medios, los productos y servicios con las especificaciones que cumplan y excedan las expectativas de los clientes, brindando las máximas utilidades a los accionistas.

Implementar permanentemente una política de calidad estricta para ofrecerle al cliente la mejor alternativa del mercado.

Innovar ágil y audazmente nuevos productos y servicios, logrando la anticipación a los cambios que exige el mercado.

1.3.2. Visión

Ser el suplidor líder de productos innovadores para contribuir a mejorar la productividad de los clientes de la empresa.

Ser un suplidor de rafias y empaques a nivel mundial.

1.3.3. Políticas de calidad

La política de calidad, es ser una empresa que procesa materias primas plásticas para fabricar materiales de empaque y afines; se enfoca en:

- Mejorar e innovar continuamente nuestros productos y servicios.
- Cumplir con las expectativas de nuestros accionistas, cliente, acreedores, suplidores y leyes del país.

La empresa busca la satisfacción de sus clientes, por eso cuenta con los siguientes servicios:

- Entrega inmediata de los productos
- Diseños especiales
- Precios directos de fábrica
- Nuestro compromiso con la seguridad y el ambiente

- Valores

Se consideran hombres y mujeres de resina. En la empresa se caracterizan por ser un equipo responsable, para con los clientes, accionistas y colaboradores. Son entregados a los objetivos y valores empresariales; siendo serviciales y comprometidos con el desarrollo; en los que con ingenio se enfrentan los retos del mercado, ser novedosos y tener para los competidores la audacia de marcar el paso.

1.4. Organización de la empresa

Indica las áreas de responsabilidad de cada departamento y las líneas de sucesión de mando entre sus miembros.

Actualmente, los fundadores de la empresa se encuentran en Nicaragua, en la empresa dedicada solamente a la manufactura de sacos. Pero en Guatemala radica el vicepresidente o director ejecutivo de la empresa, hijo del fundador.

Para tener un mejor control de la empresa y desarrollar todas sus áreas de la mejor manera posible, fue requerimiento crear nueve gerencias, las cuales se subdividen. La empresa cuenta con varios ingenieros (en su mayoría ingenieros industriales o mecánicos industriales), que mayoritariamente son del departamento de producción, los cuales tratan de desarrollar los procesos de la empresa con la mayor efectividad posible. Cada línea de producción de la empresa está subdividida por áreas, las cuales cuentan con sus respectivos jefes de área, muchos de ellos ingenieros, u otros colaboradores que por su perseverancia, entrega y experiencia en la empresa ascendieron al puesto

1.4.1. Tipo de organización

El tipo de organización de la empresa es una sociedad anónima. Una sociedad anónima es un grupo de personas asociadas para un fin común, en este caso llevar a cabo la empresa. En otros términos, el capital de la empresa tiene el capital dividido y representado por acciones.

Los titulares de la sociedad anónima tienen una participación en el capital social, a través de las acciones. Las acciones varían entre el valor nominal, por

los diferentes privilegios vinculados a ellas. La responsabilidad de cada accionista está limitada al pago de las acciones que haya registrado.

1.4.2. Organigrama

El organigrama es un esquema o estructura, en el cual se especifican las posiciones y funciones laborales que conforman una empresa.

El organigrama es la representación gráfica de la estructura orgánica de una institución o de una de sus áreas, en la que se muestran las relaciones que guardan entre sí los órganos que la componen.¹

En la empresa en cuestión hay aproximadamente 800 colaboradores, por ello es de mucha importancia estructurar bien el organigrama, el cual debe contener la cantidad óptima de gerencias, para llevar a cabo eficientemente las gestiones correspondientes.

Cada gerente de departamento se encarga de administrar y supervisar al personal a su cargo. El departamento de producción se divide en las áreas de extrusión, tejeduría y confección.

A continuación, se observa la distribución organizacional de la empresa.

¹ FRANKLIN FINCOWSKY, Enrique. *Organización de empresas*. p. 124.

Figura 1. **Organigrama de la empresa**



Fuente: departamento de recursos humanos de la empresa.

1.4.3. Clientes principales y mercado

Por medio de la fabricación de una diversa gama de productos a base de polipropileno y polietileno, la empresa se enfoca en el mercado de la industria agrícola alimentaria, aportándole productos como lo son: telas de sombra, sacos, sacos jumbo, pita y lazo. Como se mencionó con anterioridad, el mercado principal de la empresa es la industria agrícola alimentaria, ya que los productos que le brindan en su mayoría son sacos para empaque de azúcar y algunas otras cosechas; las telas de sombra, las cuales se utilizan para cubrir la cosecha y brindarle algún tipo de “sombra”.

La producción agrícola de Guatemala es el sector productivo con mayor importancia para Guatemala, aporta el 61,5 % de las divisas por exportaciones y alrededor de 1,86 millones de guatemaltecos laboran en el sector agropecuario nacional.² Gracias a ello existe una demanda potencial en las telas de sombra.

² CARRERA CRUZ, Jaime. *Situación actual y perspectivas de la agricultura en Guatemala*. p. 33.

Actualmente, la agroindustria azucarera es una organización la cual se ha transformado en una fuente principal de divisas para Guatemala, así como también ha sido fuente de producir empleos para los ciudadanos.

Por ello, la empresa tiene una gran ventaja, ya que la mayor parte de los sacos producidos son para industrias azucareras.

Gracias a la alta calidad en los productos, la empresa es reconocida internacionalmente, los principales mercados de exportación son: Canadá, Estados Unidos de Norte América, México, Centroamérica, Belice y el Caribe.

A continuación, en la figura 2 se mostrará el mercado de exportación en Latinoamérica de la empresa.

Figura 2. **Mercado de exportación de la empresa en Latinoamérica**



Fuente: departamento de recursos humanos de la empresa.

1.5. Polipropileno

La principal materia prima con que trabaja la empresa es la resina, de la cual se deriva el polipropileno, que es utilizado en todas las líneas de producción.

Al polipropileno se le conoce con las siglas PP. Es un plástico muy duro y resistente, es opaco y con gran resistencia al calor. Se compara frecuentemente con el polietileno, debido a su costo y que sus propiedades son bastantes similares. Su punto de fusión permite utilizarlo en ciertos procesos que no es posible utilizar el polietileno

1.5.1. Definición

El polipropileno es un termoplástico obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo. Forma parte del grupo de los termoplásticos de mayor consumo, conocidos como commodities, los cuales representan, al menos, el 90 % de la producción total de los materiales plásticos.

El polipropileno es un plástico muy resistente y duro, muy resistente al calor, se ablanda a una temperatura más elevada de los 150°C aproximadamente y se puede doblar muy fácil. Por ello es muy útil en los procesos de las empresas que quieran trabajar con plásticos, agregando que es muy resistente hacia los componentes corrosivos.

- Tipos de polipropileno
 - Polipropileno Atáctico (aPP): el grupo metilo tiene una ubicación espacial aleatoria dando lugar a un polímero totalmente amorfo y, por tanto, blando y pegajoso.
 - Polipropileno Isotáctico (iPP): los grupos metilo están situados en el mismo plano, por lo que las cadenas macromoleculares son capaces de cristalizar y este factor determina las propiedades

mecánicas características de este material, como lo son: tenacidad, resiliencia, rigidez y resistencia al impacto.

- PP Sindiotáctico (sPP): los grupos metilo adoptan disposiciones alternas a ambos lados del plano, formando una configuración regular que se repite a lo largo de la cadena. Debido a su peculiar estructura posee una menor cristalinidad que el PP isotáctico, por lo que tiene menor rigidez, pero mayor resistencia al impacto y transparencia.

1.5.2. Lineamientos

Entre las principales características del polipropileno se encuentran:

- El polipropileno es versátil, es compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existente y usado en diferentes aplicaciones comerciales, por ejemplo: en la industria automotriz, industrias textiles, tuberías, y otros.
- Es el material plástico de menor peso específico, lo que implica que se requiere de una menor cantidad para la obtención de un producto terminado.
- Posee una óptima relación beneficio/costo.
- Buenas propiedades químicas, de resistencia y transparencia.
- El polipropileno es fácil de moldear y fácil de colorear.

- Posee una alta resistencia química a los disolventes.
- Posee buena estabilidad térmica.

1.6. Sistema *Lean Six Sigma*

Es una combinación de dos metodologías científicas: la *Lean Manufacturing* y *Six Sigma*. Combinando y aplicando estas dos metodologías se pretende aumentar la eficiencia, reducir los desperdicios y las fallas existentes en los procesos. Además, es una certificación, que brinda un gran aporte y demanda en las industrias productivas.

Como se dijo con anterioridad, es una certificación, por ende, hay instituciones que imparten estas certificaciones para las personas que deseen optar por la certificación (en su mayoría profesionales de la ingeniería industrial). Pero las certificaciones están clasificadas por niveles, específicamente por “cinturones”, clasificados, a su vez, en cinturón blanco (*White Belt*), cinturón amarillo (*Yellow Belth*), cinturón verde (*Green Belt*), cinturón negro (*Black Belt*) y el maestro cinturón negro (*Master Black Belt*, MBB por sus iniciales).

A continuación, se definen los cinturones del *Lean Six Sigma*.

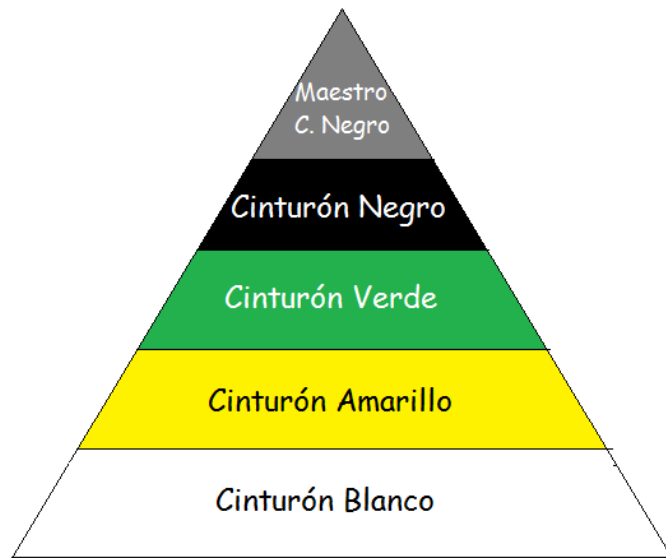
- Cinturón blanco: comprende el nivel básico de la metodología *Lean Six Sigma*, el propósito de este es transmitirle a la persona a certificar una estructura básica de historia, definición y lo más importante: la disciplina de esta metodología. En este nivel es donde los futuros profesionales del *Lena Six Sigma* son reclutados y educados bajo los lineamientos de esta metodología.

- Cinturón amarillo: el objetivo de este es convertir los procesos más ágiles y productivos. Este cinturón está dirigido hacia los directores, gerentes y responsables de cualquier área de la cadena de suministros. Gracias a las habilidades y conocimientos que obtendrán las personas certificadas en este cinturón, les permitirá aumentar la productividad y el mejoramiento de la calidad en las líneas de producción de la empresa, además que reducirá los costos de operación, reducción de inventarios y la mejora en los tiempos en los procesos.
- Cinturón verde: brinda las herramientas estadísticas y administrativas para la calidad total. Está dirigido hacia los profesionales que ya poseen en cinturón amarillo, a los gerentes, directores, ingenieros y supervisores relacionados con los procesos del *Lean Six Sigma*. Permitirá identificar y generar mejoras en la organización, para reducir significativamente los gastos, una mejora en la calidad de los productos o servicios.
- Cinturón negro: se centra en formar expertos que puedan descubrir oportunidades donde nadie más las podría ver. Este cinturón está dirigido hacia las personas que posean el cinturón verde, gerentes, directores, ingenieros y responsables de la calidad en las empresas. Esta certificación busca cambiar los procesos claves de las empresas y ocasionar un cambio cultural, que se cuente con un personal experto dedicado a la mejora. Que se creen proyectos con alto valor, aumentar la rentabilidad, y tomar ventaja de eficiencia y calidad.
- Maestro cinturón negro: es la piedra angular de la metodología *Lean Six Sigma*, es el tope de la pirámide de los cinturones. Su objetivo es crear un líder y poderoso agente de cambio. Se encargan de entrenar a los futuros cinturones verde y futuros cinturones negro. Además, asesoran los ya

certificados en cinturón verde y cinturón negro y a todo el personal que requiera técnicas del sistema *Lean Six Sigma*.

A continuación, se define con más claridad la jerarquía existente entre cada certificación de la metodología *Lean Six Sigma*.

Figura 3. **Jerarquía de certificaciones de la metodología *Lean Six Sigma***



Fuente: elaboración propia, apoyado en sitio web: <http://www.grupo-sigma.com/>, Consultado: junio de 2017.

1.6.1. Definición

Es una combinación de dos metodologías muy efectivas. Presenta una compilación de herramientas de calidad con el objetivo de mejorar la calidad de acuerdo con los requerimientos del cliente, reduciendo o eliminando los desperdicios.

El sistema *Lean Six Sigma* busca maximizar la eficiencia en los procesos, trata de reducir los costos y eliminar los desperdicios. Trata de optimizar la cadena de valor (la cadena de valor es una herramienta estratégica usada para analizar las actividades de una empresa y así identificar sus fuentes de ventaja competitiva).

1.6.2. Enfoque

Si se toma las dos metodologías que conforman el sistema *Lean Six Sigma* se podrá obtener diferentes objetivos y enfoques. Por separado estas metodologías aplican sus herramientas y consiguen los objetivos trazados por cada una, pero si se fusionan estas dos metodologías (es lo que hace el sistema *Lean Six Sigma*) puede tomar los factores y herramientas más importantes de cada una y crear un sistema que sea el más eficiente y ajustable a los procesos de cualquier empresa. Se podría decir que el enfoque principal del *Lean Six Sigma* es aumentar la eficiencia en los procesos, el mejoramiento de la calidad y la eliminación de desperdicios, lo que provocará que disminuyan los costos de cualquier empresa que aplique el sistema de manera efectiva.

Otros factores importantes que recalcan al fusionar estas metodologías, es que de forma conjunta hacen más eficientes las líneas de producción, para ofrecer servicios con mayor calidad, reduciendo los costos y los tiempos de los procesos; facilitan la toma de decisiones. Al implementar el sistema aumentará la eficiencia, tanto en los procesos como en el personal, ya que mejorará la comunicación y la colaboración.

Para una mejor comprensión de los enfoques que posee cada metodología, es necesario su descripción, por ello, a continuación, en la tabla I se presentará más detalladamente un enfoque comparativo de estas dos metodologías.

Tabla I. **Enfoque de *Lean Six Sigma***

<i>Sistema Lean Six Sigma</i>	
<i>Six Sigma</i>	<i>Lean Manufacturing</i>
Intenta reducir el número de defectos por cada millón de oportunidades (nivel sigma).	Identifica y reduce los desperdicios existentes.
Identifica y controla la variabilidad de los procesos.	Reduce los procesos innecesarios y las esperas.
Busca eliminar las fallas existentes en los procesos.	Intenta reducir los costos innecesarios de producción.
Brinda productos o servicios de alta calidad.	Trabaja sobre la cadena de valor del producto.

Fuente: elaboración propia.

1.7. Metodología DMAIC

Se enfoca en la mejora de procesos a través de la medición cualitativa y cuantitativa, esta última se realiza por medio de mediciones estadísticas. Es una metodología estructurada para el análisis y solución de problemas, teniendo como objetivo la identificación de las causas y la obtención de soluciones para mejoras duraderas. Se desarrolla paso a paso para la solución definitiva del problema.

Es de mucha importancia su utilización, ya que permite un análisis imparcial del problema, evitando que se concentren esfuerzos en sentido diferente al de la solución de problema. Los pasos fundamentales que conforman la metodología DMAIC son:

- Definir

Esta etapa se usa para tener el equipo de acuerdo con el alcance y los objetivos por trazarse, se definen las cuestiones financieras para el proyecto.

Las características de esta etapa son:

- Define los objetivos del proyecto
 - Organiza el equipo del proyecto
 - Determina y verifica las necesidades del cliente
 - Crea el diagrama del proceso
 - Documenta el proceso
 - Crea una definición más comprensible del problema
- Medir

El objetivo de esta fase es comprender el estado actual del proceso y coleccionar los datos necesarios relacionados a la calidad, costos. Estos datos servirán para las causas y efectos de los problemas que se quieren analizar. Las características de esta etapa son:

- Recolecta la información acerca de la situación actual
 - Mide el desempeño actual del proceso
 - Determina los factores por medir
 - Calcula el nivel sigma actual del proceso
- Analizar

Analiza los datos y el proceso determinando las raíces de las causas. Analiza y verifica las causas que afectan las variables de entrada y salida del proceso relacionados con sus objetivos.

Las características de esta etapa son:

- Identifica las causas raíces de los problemas o defectos
 - Confirma las causas raíces con datos
 - Identifica las causas potenciales
 - Identifica las oportunidades de mejoras de los procesos
- Implantar

Selecciona una serie de soluciones encaminadas a mejorar el rendimiento sigma. En esta etapa se implantan a gran escala todas las soluciones de las fases anteriores. Se generan las soluciones potenciales y se priorizan las mejores soluciones. Las características de esta etapa son:

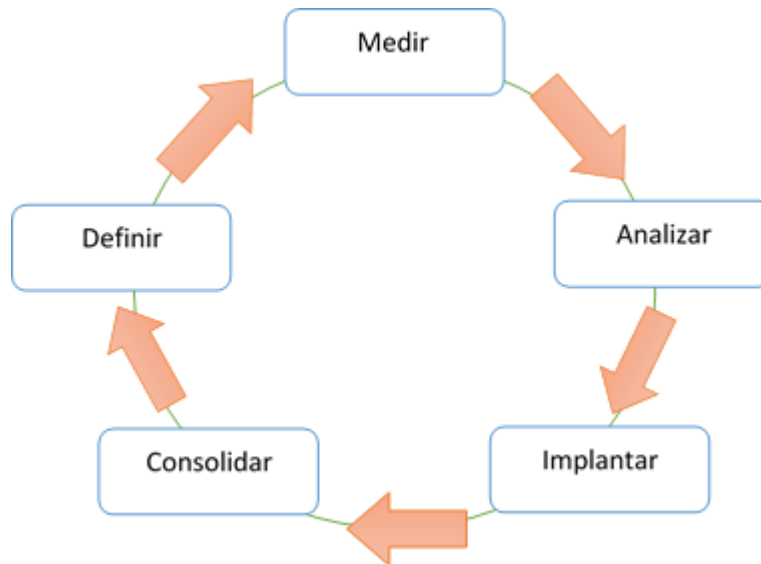
- Cuantifica las soluciones potenciales.
 - Probar e implementar las soluciones que ataquen las causas raíces.
 - Evalúa y selecciona la solución final.
- Consolidar

El propósito de esta fase es el aseguramiento del proceso para que no se deteriore con el tiempo. En esta fase se entrega el proceso mejorado al encargado del proceso, con actualizaciones de los documentos para mantener en control lo logrado. Las características de esta etapa son:

- Implementa la solución.
- Mantiene los logros obtenidos.
- Estandariza los procesos.

- Con la implementación, los nuevos problemas serán identificados rápidamente.

Figura 4. **Esquema de metodología DMAIC**



Fuente: elaboración propia.

1.8. ***Lean Manufacturing***

Una de las dos metodologías que conforman el Sistema *Lean Six Sigma*, es la metodología *Lean Manufacturing*, que en inglés quiere decir: manufactura esbelta. A continuación, se detallará más acerca de esta metodología.

1.8.1. **Definición**

Lean Manufacturing (“producción ajustada” en castellano) es una filosofía que busca la mejora continua y eliminación de acciones que no aportan valor, incluyendo a todo el personal para lograrlo.

El *Lean Manufacturing* es una serie de herramientas, principios y técnicas originadas en Japón, que buscan eliminar los desperdicios y mejorar la producción, aumentando la eficiencia en las líneas de producción.

1.8.2. Historia

Todo inició con la producción en masa durante la primera mitad del siglo XX, especialmente en la compañía automovilística Toyota, para reconstruir su economía después de la devastación que dejó la Segunda Guerra Mundial. El reto fue competir contra los mejores en la industria de los automóviles: Ford y General Motors, por lo cual Toyota tendría que buscar una metodología que disminuyera los costos y aumentara la eficiencia en sus líneas de producción.

Para superar a sus rivales de Norteamérica, se inventó el Sistema de Producción Toyota (TPS: *Toyota Production System*), por Kiichiro Toyota y Taiichi Ohno. Por medio de máquinas hechas a la medida en línea con el volumen real que se necesitaba, esto para disminuir el desperdicio, hicieron prueba de errores para asegurar la calidad. Todo lo descrito fue con el fin que cada paso tuviera conexión, para también crear el sistema Kanban. Si se respetaba el sistema, se podía obtener bajos costos, mejor calidad en los productos y una mejora en los tiempos de producción.

1.8.3. Beneficios y características

Existen muchos beneficios y características que representa una buena aplicación la metodología *Lean Manufacturing*, a continuación, se definirá las más importantes:

- Mejora la productividad, ya que se deshace de los procesos que no aportan valor, esto hace que el rendimiento de la empresa mejore.
- Disminuye los desperdicios, ya que optimiza los sistemas de producción, esto lleva a una reducción de los residuos. Los tiempos de espera se verán significativamente reducidos.
- Reduce los costos, ya que reduce los costos innecesarios, que antes de aplicar el sistema eran destinados a actividades que no preveían beneficio a la empresa.
- Reducción de inventarios, ya que elimina la sobreproducción y permite ahorros en la administración de los inventarios.
- Una mejora en la satisfacción del cliente, ya que se centra en cumplir las exigencias del cliente, se enfoca en que el producto sea entregado en el justo momento que el cliente lo exigió.

1.8.4. Herramientas de *Lean Manufacturing*

Como se ha mencionado con anterioridad, la metodología *Lean Manufacturing* es una serie de herramientas japonesas. Es necesario definir cada una de estas herramientas.

- *Kaizen*

El *Kaizen* es una palabra japonesa, que significa: “cambio para mejora”, se deriva de las palabras *Kai*, que significa: “cambio”; y *Zen*, que significa: “para algo

mejor”. El *Kaizen* es la esencia del *Lean Manufacturing*, ya que esta busca la mejora continua.

Lo que busca la mejora continua es contrarrestar el desperdicio; desperdicio de material, desperdicio de personal, desperdicio de reprocesos. El *Kaizen* utiliza todas las capacidades de todo el personal, hasta llevar el sistema al éxito. Consiste en un progreso de paso a paso, con pequeñas innovaciones y mejoras, implicando a todos los trabajadores de la empresa, incluyendo los directivos.

La mejora continua consiste en que, si aparece un problema, hay que parar el proceso productivo para analizar las causas y tomar las decisiones correctas para corregir el error, y al resolverlas busquen aumentar la eficiencia del sistema.

- Las 5S

Es una aplicación sistemática que se centra en el orden y la limpieza en los puestos de trabajo, esta herramienta de *Lean Manufacturing* tiene la ideología de tener un área de trabajo más limpio y ordenado y, por consiguiente, aumentará la eficiencia en las líneas de producción donde esta sea aplicada.

El acrónimo se debe a los 5 pasos que complementan esta herramienta, dichos pasos son palabras japonesas con la inicial S. Las cuales son (con su respectivo significado en castellano): *Seiri*, eliminar lo innecesario; *Seiton*, ordenar; *Seiso*, limpiar e inspeccionar; *Seiketsu*, estandarizar; *Shitsuke*, crear hábito.

Por su sencillez y efectividad debería ser el primer paso por desarrollar en cualquier empresa que se desarrollará *Lean Manufacturing*. Produce resultados tangibles y cuantificables de alto impacto visual y presentará un alto impacto en

un corto lapso. Además, alienta a todo el personal en la actitud positiva en el desarrollo del trabajo. A continuación, se definirán los conceptos de las 5S:

- *Seiri* (eliminar lo innecesario): busca clasificar y eliminar todos los elementos innecesarios, separa lo que en realidad funciona y lo que no.
 - *Seiton* (ordenar): organiza los elementos clasificados como necesarios, para que se puedan encontrar con facilidad, define su lugar de ubicación para facilitar al momento de buscarlo y el retorno de su ubicación.
 - *Seiso* (limpieza e inspección): inspecciona el entorno en el lugar de trabajo para detectar defectos y eliminarlos. Trabaja con la limpieza como objetivo diario y coloca a la limpieza como una tarea sumamente importante.
 - *Seiketsu* (estandarizar): con las tres primeras S anteriores, consolida los objetivos de estas y mantiene los niveles conseguidos por estas. Sistematiza lo conseguido anteriormente para que los efectos sean perdurables.
 - *Shitsuke* (disciplina): busca convertir en hábito los pasos anteriores, pretende crear una cultura de orden y limpieza.
- *Jidoka*

Termino japonés, es una herramienta del *Lean Manufacturing*, la cual es una automatización con un toque humano. Su objetivo es que el proceso tenga

un autocontrol en la calidad propio, de manera que el proceso se detenga si existe alguna anormalidad o alguna falla, de manera automática o manualmente por parte del operario. En pocas palabras, no permite que las piezas defectuosas sigan avanzando en el proceso.

Aplicando este sistema las maquinas junto con los operarios se convertirán en supervisores de calidad. Lo que busca es inspeccionar la calidad desde el proceso y menos sobre el producto. El producto debe ser de la mejor calidad y no se tolerarán las fallas.

- *Kanban*

Kanban es un mecanismo de comunicación de las diferentes áreas de trabajo para las órdenes de fabricación, por medio de tarjetas que tendrán los datos importantes de la orden de producción, como la denominación y el código de la pieza a fabricar, la cantidad de piezas a producir y donde se almacenara los productos realizados.

Mediante las tarjetas obtendrá un flujo sincronizado y continuo, desarrolla la producción de la cantidad justa en el momento adecuado.

1.9. *Six Sigma*

El otro sistema que complementa el *Lean Six Sigma*, es el sistema *Six Sigma*, este se desarrolla en el ámbito de control de la calidad. *Six Sigma* utiliza herramientas estadísticas para el análisis de los procesos.

1.9.1. Definición

Es un sistema de gestión de la calidad, el cual está conformado por una serie de herramientas estadísticas, con el objetivo de mejorar el nivel de desempeño de algún proceso. La meta de seis sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO). El *Six Sigma* se basa en el ciclo de calidad PDCA, propuesto por William Deming (estadístico estadounidense, difusor de la calidad total).

El símbolo sigma (σ), es una letra del alfabeto griego que representa a la S, utilizada para medir una variación en estadística. El sistema *Six Sigma* se basa en la curva de distribución normal estadística, para conocer el nivel de variación de cualquier actividad.

1.9.2. Historia

El sistema *Lean Six Sigma* inicia en los años ochenta, con el fin de mejorar la calidad en la empresa Motorola, promovida por el ingeniero Mikel Harry para evaluar y analizar la variación en los procesos de la empresa. El objetivo principal era reducir la variabilidad de los factores que alteraban el rendimiento de los procesos.

El sigma se tomó como indicador de desempeño, a su vez permitía medir la eficiencia y se tomó como una medida estadística confiable para medir la desviación estándar.

Todo lo anterior, se convirtió en el centro de esfuerzo por mejorar la calidad en Motorola, lo cual fue apoyado por el director ejecutivo Bob Galvin, quien además se centró en la mejora continua de los procesos.

1.9.3. Lineamientos

Los lineamientos para que la metodología *Six Sigma* sea efectiva son los siguientes:

- Hay que tener un enfoque en los requerimientos y las necesidades de los clientes.
- Hay que identificar las causas de los problemas existentes en los procesos que afectan la calidad del producto o servicio, con fundamentos estadísticos.
- Se debe realizar la medición de las variables críticas del proceso.
- Se debe tener un seguimiento o control constante, que evalúe las actividades realizadas para la solución de los problemas de calidad.

1.9.4. *Six Sigma* enfocado a la calidad

Como se ha dicho con anterioridad, *Six Sigma* es un medidor de desempeño que mide la desviación estándar en los procesos, es un indicador de calidad. *Six Sigma* está enfocado a la calidad, ya que lo que busca es disminuir al máximo todos los errores o fallas en los procesos de producción o servicios. Esto se puede alcanzar tratando de reducir la variable de rendimiento a través de la mejora del proceso.

A través de un plan de productividad, se busca aumentar la especificación de los límites de los clientes, así, los defectos deben de estar debajo de los 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO).

1.9.5. Metodología estadística del *Six Sigma*

El sistema *Six Sigma* se basa en la estadística. El nivel sigma es un indicador de variación que corresponde a cuantas desviaciones estándar caben entre los límites de especificación del proceso, estos límites son determinados por la dirección, diseñadores o la normativa vigente.

Los datos originados se distribuyen respecto de una media o a un valor central, con una dispersión que se mide con la desviación estándar.

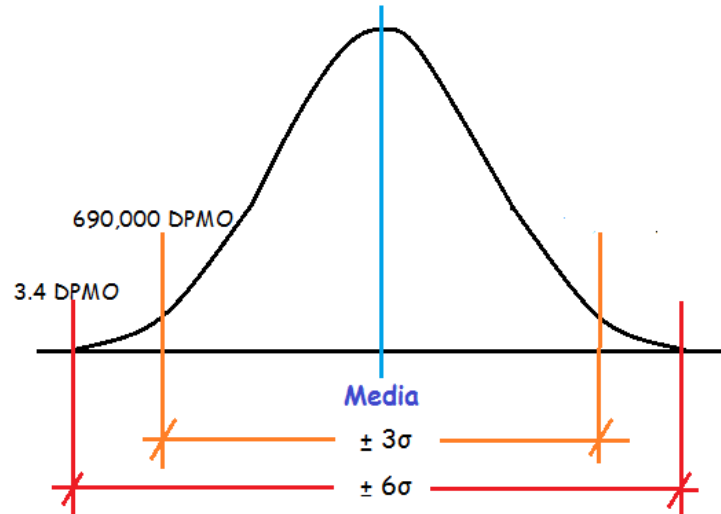
Se entiende que un producto o servicio es defectuoso si está fuera de los límites de especificación, si el valor de característica de calidad del producto está dentro de los límites, se considera aceptable.

Para un mejor entendimiento del nivel *Six Sigma*, es necesario el siguiente ejemplo: Si en una empresa hay un proceso para fabricar paletas de helado y las especificaciones indican que la longitud de dicha paleta sea de $15 \pm 0,5$ cm, eso indica que el límite inferior de especificación es de 14,5 cm y un límite superior de especificación de 15,5 cm.

Si el proceso debe tener un desempeño de seis sigma, entonces por cada millón de paletas que se fabriquen, 3,4 tendrán una longitud superior a 15,5 cm o inferior a 14,5 cm.

Para tener un mejor concepto de la metodología *Six Sigma*, se puede apoyar en la siguiente imagen.

Figura 5. Nivel sigma



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente imagen se muestra los diferentes niveles sigma, con sus respectivos defectos por millón y el porcentaje de rendimiento, para realizar las conversiones correspondientes cuando sea requerido.

Figura 6. **Eficiencia y cantidad de defectos correspondientes a los diferentes niveles sigma**

Rendimiento (%)	NIVEL EN SIGMA	DPMO
6,68	0,00	933200
8,455	0,13	915450
10,56	0,25	894400
13,03	0,38	869700
15,87	0,50	841300
19,08	0,63	809200
22,66	0,75	773400
26,595	0,88	734050
30,85	1,00	691500
35,435	1,13	645650
40,13	1,25	598700
45,025	1,38	549750
50	1,50	500000
54,975	1,63	450250
59,87	1,75	401300
64,565	1,88	354350
69,15	2,00	308500
73,405	2,13	265950
77,34	2,25	226600
80,92	2,38	190800
84,13	2,50	158700
86,97	2,63	130300
89,44	2,75	105600
91,545	2,88	84550
93,32	3,00	66800
94,79	3,13	52100
95,99	3,25	40100
96,96	3,38	30400
97,73	3,50	22700
98,32	3,63	16800
98,78	3,75	12200
99,12	3,88	8800
99,38	4,00	6200
99,565	4,13	4350
99,7	4,25	3000
99,795	4,38	2050
99,87	4,50	1300
99,91	4,63	900
99,94	4,75	600
99,96	4,88	400
99,977	5,00	230
99,982	5,13	180
99,987	5,25	130
99,992	5,38	80
99,997	5,50	30
99,99767	5,63	23,35
99,99833	5,75	16,7
99,999	5,88	10,05
99,99966	6,00	3,4

Fuente: <http://asesoria-s.es>. Consultado: junio 2017.

Como primer paso es definir los criterios de calidad (oportunidades por defecto), luego tomar una muestra de unidades y medirlas con estos criterios de calidad. El DPMO se calcula por la siguiente fórmula:

$$DPMO = \frac{1\ 000\ 000 * D}{U * O}$$

Donde:

D = números de defectos encontrados en la muestra.

U = tamaño de la muestra.

O = oportunidades de defectos por unidad.

Cuando ya se haya encontrado el DPMO, se puede obtener la eficiencia del proceso y en nivel sigma, por medio de las siguientes fórmulas:

$$DPO = \frac{D}{U * O}$$

$$Yield = (1 - DPO) * 100$$

Donde:

DPO = defectos por unidad.

Yield = eficiencia del proceso.

Con el valor de la eficiencia, se puede buscar en la tabla el nivel sigma, habría que interpolar si esto fuera necesario.

1.10. Calidad

Uno de los factores importantes en el sistema *Lean Six Sigma* es la calidad, la cual es fundamental para el desarrollo del sistema.

La calidad es satisfacer las necesidades que existen por parte de los clientes que son la fuente de ingreso para toda empresa, por ende se trata de cumplir sus expectativas hacia el producto que adquirirán y cubrir las necesidades que les llevaron a adquirir dicho producto o servicio.

Uno de los factores más importantes por los que las empresas deben tener calidad en sus productos y procesos es por la disminución de costos, ya que automáticamente se reducirán si se posee buena calidad en la empresa, porque tendrá menos reprocesos por las piezas defectuosas que no cumplan con los estándares de calidad establecidos.

1.10.1. Definición

La calidad es la totalidad de los rasgos y características de un producto o servicio que se sustenta en su habilidad para satisfacer las necesidades establecidas o implícita.³

A continuación, se definirá el término de calidad, según diversos autores y mayores exponentes del tema de la calidad.

“Un grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo coste, adecuado a las necesidades del mercado. Calidad es traducir las necesidades futuras de los usuarios en características medibles, solo así un producto puede ser diseñado y

³ *American Society for Quality Control.*

fabricado para dar satisfacción a un precio que el cliente pagará; la calidad puede estar definida solamente en términos del agente.”⁴

“La palabra calidad tiene múltiples significados. Dos de ellos son los más representativos. 1) La calidad consiste en aquellas características de producto que se basan en las necesidades del cliente y que por eso brindan satisfacción del producto. 2) Calidad consiste en libertad después de las deficiencias.”⁵

“De manera somera calidad significa calidad del producto. Más específico, calidad es calidad del trabajo, calidad del servicio, calidad de la información, calidad de proceso, calidad de la gente, calidad del sistema, calidad de la compañía, calidad de objetivos, etc.”⁶

1.10.2. Tipos de calidad

Los principales tipos de calidad en los servicios se definirán a continuación:

- Calidad implícita: se espera que cada producto tenga por sí mismo. Son las características que los consumidores esperan conseguir para sentirse satisfechos.
- Calidad explícita: comprueba o ratifica a la calidad implícita.
- Calidad sorprendente: sobrepasa las expectativas que el consumidor tenía.

⁴ DEMING, Edwards. *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*.p.133.

⁵ JURAN, Joseph. *Juran y la planificación para la calidad*. 1990, p. 11.

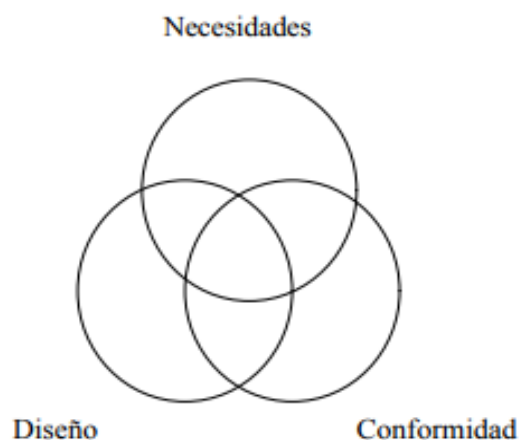
⁶ ISHIKAWA, Karou. *¿Qué es el control total de la calidad?-La modalidad japonesa*. p.11.

Por otra parte, ahora se definirán los tipos de calidad conforme al producto:

- Calidad de diseño: contiene todas las características y funciones de un producto, por ejemplo, el estilo de un pantalón, la velocidad máxima de una motocicleta, son características que se refieren al diseño de un producto. Para que un producto tenga una calidad de diseño elevada debe satisfacer los deseos del cliente en esos aspectos.
- Calidad de conformidad: mide el grado de cumplimiento de las especificaciones del producto. Para que este tipo de calidad exista, antes tiene que haber un diseño, un patrón con el que se pueda medir, y así verificar si cumple o no con las especificaciones.

Para entender mejor los dos tipos de calidad descritos anteriormente es necesario verificar la siguiente figura.

Figura 7. **Círculos de la calidad**



Fuente: *Curso de la calidad por internet*. versión 1.0, por Jaime Nebrera.

Según Jaime Nebrera, en su folleto *Curso de calidad por internet*, la calidad de diseño viene dada por lo bien que se ajusta el círculo de diseño al de las necesidades del cliente. La calidad de conformidad por lo bien que se ajusta el círculo de conformidad con el de diseño. La calidad total está dada por el tamaño de la intersección de los tres círculos.

1.10.3. Características de la calidad

Algunas de las características de la calidad son las siguientes:

- Mejora constantemente el proceso productivo para el resultado final y que supere las expectativas.
- Se orienta en las opiniones, necesidades y expectativas del consumidor.
- Al obtener productos o servicios de calidad aumenta la rentabilidad, optimiza los recursos y reduce costos.
- Depende de la capacidad de innovación tecnológica.

1.11. Desperdicio

Según Taiichi Ohno (ingeniero industrial japonés) el desperdicio es todo aquello que no agrega directamente valor al producto final o que no contribuye a la transformación de los productos. Taiichi Ohno clasificó 7 *Mudas* (palabra japonesa que en castellano significa: “desperdicio” o “inutilidad”).

1.11.1. Tipos de desperdicio

A continuación, se definirán las 7 *Mudas* o desperdicios según Taiichi Ohno.

- *Muda* de transporte: el desplazamiento de un lugar a otro de los productos no genera valor, al contrario, los transportes consumen capitales y espacio.
- *Muda* de espera: sucede cuando el operario ya no tiene las piezas necesarias a su disposición para realizar su tarea.
- *Muda* de desplazamiento: no crean ningún valor los desplazamientos y movimientos inútiles de los operarios.
- *Muda* por corrección: se da cuando el producto final o servicio no satisface las expectativas del cliente. Estos rechazos generan costos.
- *Muda* por sobreproducción: se da cuando se produce más cantidad de la que se precisa y a un ritmo más rápido de lo esperado.
- *Muda* de inventario: es cuando el producto terminado, semiterminados y la materia prima están almacenados excesivamente y elevan los costos, debido a las inversiones necesarias para su manutención.
- *Muda* por procesamiento: es cuando se encuentran errores en los procedimientos de producción, así como en el diseño de los productos o servicios, así como fallas en la maquinaria o disposiciones físicas de la empresa.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Departamento de producción

La función principal del departamento de producción de cualquier empresa es la transformación de los recursos como materia prima y mano de obra. En productos finales o servicios.

El departamento de producción de la empresa cuenta con cuatro plantas, cada una desarrolla los respectivos procesos manufactureros de su línea de producción.

Como se ha mencionado en los incisos anteriores, la empresa trabaja para empaque alimenticio (mayoritariamente sacos para industrias azucareras), por ende, la empresa está certificada en el sistema HACCP o por sus siglas en español APPC (análisis de peligros y puntos críticos de control) desde el 2016. El sistema HACCP, es una normativa operativa, estructurada y reconocida internacionalmente, específicamente destinada a ayudar a las industrias de alimentos y bebidas por abordar el cumplimiento legal de los riesgos de inocuidad alimentaria.

El personal que labora en el área de producción de sacos tiene que aplicar las BPM (buenas prácticas de manufactura) las cuales son un conjunto de herramientas que se implementan en las industrias de alimentos, el objetivo de las BPM es la obtención de productos seguros para el consumo humano. Los factores principales de estas normas son las metodologías utilizadas para la

manipulación de alimentos, la higiene y la seguridad de estos, liberándolas de las enfermedades transmitidas por los alimentos.

Para una mayor comprensión de las BPM, es necesario ejemplificar algunas acciones que la empresa y los empleados deben realizar de acuerdo con las normas de las BPM, algunas de ellas son:

- En cuanto a la estructura
 - El establecimiento no debe estar ubicado en zonas que se inundan, que contengan olores objetables, humo, polvo, gases.
 - Las estructuras deben ser sólidas, impermeables y sanitariamente adecuadas.
 - Las puertas y ventanas deben impedir la entrada de animales domésticos, insectos, roedores, moscas y contaminantes del medio ambiente como humo, polvo, vapor.
- En cuanto a la higiene de las instalaciones
 - Implementar un plan de limpieza especificando el área de proceso, los productos por usar, la frecuencia, responsable y cómo se supervisará.
 - Para la limpieza y la desinfección es necesario utilizar productos que no tengan olor ya que pueden producir contaminación.

- Se debe tener un lugar adecuado donde se guarden los insumos de limpieza y desinfección para evitar la contaminación cruzada.
- Tiene que haber un espacio para lavar las manos y secarlas, y un dispensador de gel antibacterial antes de entrar a la planta. Los empleados deben realizar los pasos descritos anteriormente para ingresar a la planta.
- En cuanto la higiene de los empleados
 - Todas las personas que manipulen alimentos deben recibir capacitación adecuada y continua sobre hábitos y manipulación higiénica.
 - Los empleados deben utilizar una cofia o redecilla para el cabello.
 - No deben utilizar collares, anillos, pulseras u algún otro accesorio. Las mujeres no deben utilizar maquillaje.
 - Los empleados no pueden ingresar con enfermedades virales a su área de trabajo.
 - Los empleados deben tener las uñas cortas y estar aseados. Cuidar bien su aspecto e higiene personal. Los hombres no pueden utilizar barba o bigote.

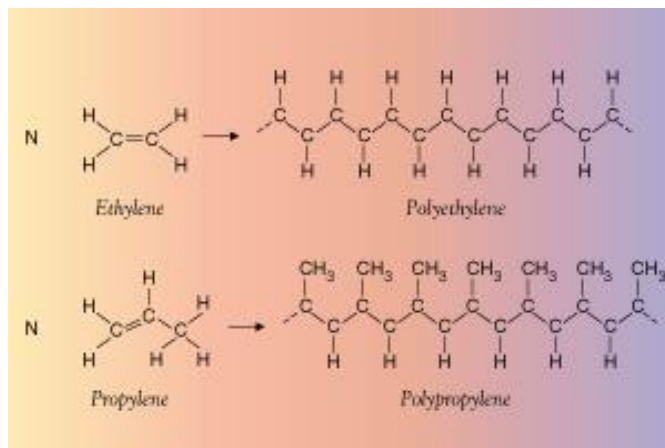
El presente trabajo de graduación se realizará en dicho departamento, por ende, es de mucha importancia detallar algunos aspectos importantes de este departamento, que cuenta con cuatro líneas de producción.

2.2. Materia prima

La materia prima que utiliza la empresa está conformada por los derivados del plástico, entre otros componentes, como lo son los colorantes, los aditivos y los concertados. Todo esto va mezclado según la fórmula que se vaya a utilizar, cada fórmula dependerá del denier (determina el peso cada determinada longitud de hilo) y de las especificaciones de la orden de producción.

Los plásticos son materiales orgánicos formados por polímeros constituidos por largas cadenas de átomos que contienen fundamentalmente carbono. Otros elementos que contienen los plásticos pueden ser oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y azufre.

Figura 8. **Polimerización del etileno y el propileno para obtener polietileno y polipropileno**



Fuente: <http://www7.nationalacademies.org>. Consultado: junio de 2017.

2.2.1. Resina

La principal materia prima que se utiliza en la empresa es la resina, por ello el lema de la empresa es “hombres y mujeres de resina”. La resina es la materia

prima más requerida para la composición de las fórmulas utilizadas en los procesos.

La resina es una sustancia pastosa, pegajosa o translúcida que se solidifica con el aire.

Figura 9. **Materia prima, lista para ser utilizada en los procesos**



Fuente: elaboración propia, foto tomada en la planta de producción.

2.2.2. Polipropileno

Es un polímero termoplástico, que se obtiene de la polimerización del propileno. La ventaja es que al ser un termoplástico, se puede reciclar. El polipropileno tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, por ello se ajusta perfectamente a los demás componentes que requieren las fórmulas que se utilizan en los procesos.

Las fibras de polipropileno fueron introducidas en el ámbito textil en la década de 1970 y se han convertido en un importante miembro de la familia de

las fibras sintéticas. Hoy día el polipropileno se posiciona en el cuarto lugar de las clases de fibras, detrás del poliéster, nailon y acrílico.

Las fibras de polipropileno se componen de regiones cristalinas y no cristalinas. Las fibras desarrolladas a partir de un núcleo pueden variar en tamaño, desde fracciones de un micrómetro a centímetros de diámetro.

2.2.3. Colorantes

Para que los productos de la empresa (como sacos, telas de sombra, pita y lazo) tengan el color deseado por los clientes, son necesarios los colorantes.

Los colorantes poseen elevado poder tintóreo, alto brillo, buena transparencia y alta solidez a la temperatura. Los colorantes son sustancias químicas que, una vez incorporadas, confieren color a un sustrato.

Los colorantes pueden ser clasificados en dos categorías: los colorantes propiamente dichos y los pigmentos. Estos últimos, a su vez, pueden dividirse en dos clases: los pigmentos orgánicos y los inorgánicos.

- Colorantes: son materias colorantes orgánicas solubles en el medio de aplicación. Poseen bajo índice de refracción, elevado poder tintóreo, alta solidez a la luz, a la temperatura y alto brillo.
- Pigmentos: son colorantes insolubles. Poseen alto índice de refracción y el medio de aplicación no los afecta química o físicamente.

- Características de los pigmentos
 - Pigmentos orgánicos
 - ✓ Buen poder tintóreo
 - ✓ Alto brillo
 - ✓ Buena transparencia
 - ✓ Variable solidez a la luz y al calor
 - Pigmentos inorgánicos
 - ✓ - Buen cubrimiento
 - ✓ - Poco brillo
 - ✓ - Buena solidez a la luz
 - ✓ - Variable solidez al calor

2.2.4. Aditivos

Otros componentes que conforman la materia prima son los aditivos; que son productos químicos que confieren propiedades específicas a los plásticos, por ejemplo, deslizantes, retardadores de llama y Anti-UV.

Como sucede con los colorantes, la selección de los aditivos para la elaboración de concentrados o compuestos se hace con base en las restricciones de proceso y utilización final del producto.

2.2.5. Concentrados

Son productos de la incorporación de altas cantidades de colorantes o aditivos compatibles con el polímero de aplicación, están destinados a colorear o añadir aditivos a las resinas termoplásticas en general.

Poseen fácil dosificación, excelente dispersión de colorante, no contamina y permite cambios de colores rápidos y económicos. Dependiendo del proceso de fabricación y del vehículo utilizado, los concentrados pueden tener las siguientes presentaciones:

Figura 10. **Presentación de los concentrados**



Fuente: documento de coloración de plásticos de la empresa Comex.

La principal característica de los concentrados es su simplicidad de uso. Existen diversos aspectos que se describen a continuación:

Dosificación

Es el porcentaje adecuado del concentrado que será aplicado a la resina, para obtener el efecto deseado. La dosificación recomendada por el fabricante debe obedecerse rigurosamente, en caso contrario pueden ocurrir problemas de tonalidad, cubrimiento u homogenización. La mezcla con una resina virgen puede

ser hecha por simple mezcla en tambores, o a través de dosificadores automáticos.

Granulometría

Se refiere a la uniformidad, regularidad y al tamaño de los granos de concentrado.

Cuando se utilizan dosificadores automáticos volumétricos, es imprescindible que la granulometría del concentrado sea uniforme y constante en todos los lotes. En este caso, se recomienda a los usuarios especificar la granulometría más adecuada para su utilización.

2.3. Producto

La empresa se dedica a la manufactura de productos textiles para la industria agrícola alimentaria, estos productos están elaborados a base de las derivaciones de los plásticos, como los son: las resinas, el polipropileno y el polietileno.

Gracias a la buena calidad que ha presentado la empresa en sus productos, han llegado a tomar una buena posición en el mercado de la industria textil de plásticos, actualmente la gerencia de nuevas

2.3.1. Descripción del producto

En la empresa existen cuatro líneas de producción, cada una se divide en diferentes áreas. La variedad de productos con que cuenta la empresa es: telas

para sombra, sacos y pita y lazo. Para una mayor comprensión de los productos es importante la definición de cada uno.

Cabe resaltar que la empresa cuenta con dos líneas de sacos: los sacos normales y los sacos *Jumbo*.

2.3.1.1. Sacos

La empresa fabrica una alta variedad de sacos, los cuales se definirán a continuación:

- Saco tejido convencional: son sacos tejidos de polipropileno de construcción con especificaciones estándar.
- Saco laminado: este tipo de saco ha sido diseñado para proteger el contenido húmedo del ambiente e impedir su paso hacia el interior.
- Saco laminado válvulado: este saco ha sido provisto de aditamentos especiales, tanto para proteger el contenido como para agilizar el llenado. Como su nombre lo indica se le fabrica una válvula de llenado según las características del llenador por usar.
- Saco tejido convencional con *Liner* inserto: consiste en una bolsa de polietileno inserta, con protección especial, que impide al máximo el intercambio de humedad del exterior hacia su interior, es apropiado para la protección que captan humedad del medio ambiente.

- Sacos o mallas cebolleras (arpías): conocidos comúnmente como sacos cebolleros, son orientados al manejo de productos hortícolas como cebollas, chile pimiento, zanahorias, naranjas, y otros.

Figura 11. **Línea de sacos en la planta de producción**



Fuente: foto brindada por la empresa.

2.3.1.2. Telas de sombra (sarán)

Son telas de polipropileno para la agricultura, las cuales proveen una sombra controlada y protección a helechos, plantas ornamentales, café, flores, frutas, vegetales y animales.

Las telas de sombra también proveen protección contra insectos, pájaros, lluvia, viento, granizo, extremo calor, extremo frío y mantienen el nivel de humedad deseado. Las telas se pueden fabricar de acuerdo con las especificaciones del cliente.

Las telas agrícolas tienen muchas funciones, las cuales se definirán a continuación.

Tabla II. **Tipos de saranes que brinda la empresa**

Tipos de sarán	Descripción
Sarán sombra 30 %	Malla sombra color negro que se utiliza como protector solar en algunas plantaciones frutales como la piña. Evita el golpe directo de los rayos solares, protegiendo a la fruta.
Sarán tabaquero sombra 30 %	Se utiliza en plantaciones de tabaco con el objetivo de producir hojas aptas para la capa de puros
Sarán sombra 40 %	Es utilizado Para la circulación de naves industriales, plantas de empaque de hortalizas, flores y frutas.
Sarán sombra 50% tejido híbrido	Malla sombra fabricada con hilo monofilamento y cinta plana de polipropileno. Utilizado principalmente para la protección solar en plantaciones de piñas
Sarán 63 % y 73%	Saranes fabricados con hilos monofilamentos de polipropileno. Utilizados para la producción de plantas ornamentales de follaje, su principal beneficio es brindar la sombra controlada y temperatura ideal para lograr una tonalidad verde atractiva a este tipo de cultivo.
Sarán sombra 80 %	Actualmente es utilizado para la protección de algunas especies de plantas ornamentales en sectores con mucha luminosidad, para la producción de Ginseng, para la protección de ganado vacuno y para uso residencial en las ciudades y zonas turísticas.
Sarán sombra 95 %	Utilizado principalmente para uso residencial y protección de reservorios de agua.

Fuente: elaboración propia, datos brindados por la empresa.

Tabla III. **Otras telas agrícolas que brinda la empresa**

Tipos de tela agrícola	Descripción
Malla sombra 10 % antigranizo	Malla de color negro utilizado para evitar el daño por el golpe del granizo en plantaciones agrícolas especialmente de hortalizas y de frutales en general. También utilizado para evitar el ingreso y daño de aves a los frutales.
Mallas anti-insectos	Se caracterizan por ser mallas con un reducido tamaño de poro, de manera que impiden que un gran número de insectos Ingresen a los cultivos cubiertos con estas mallas.
Sarán sombra 40 %	Malla utilizada específicamente para evitar la erosión de suelos causado por las lluvias.
Eco-malla	Malla sombra fabricada con hilo monofilamento y cinta plana de polipropileno. Utilizado principalmente para la protección solar en plantaciones de piñas
<i>Ground Cover</i>	Es un geo textil tejido con cintas planas de polipropileno, utilizado principalmente para la cobertura de suelos en cultivo de plantas ornamentales bajo mallas de sombreado, tiene efectos de anti malezas.
Pita tutora negra	Utilizada para hortalizas, como tomate, pimientos, arvejas, chayotes, pepinos, etcétera. Tanto para cultivos a campo abierto como bajo cubierta. Se fabrica en color blanco y negro.
Lazo para invernadero	Utilizado para el aseguramiento del plástico de invernaderos y de las mallas anti-insectos de las casas malla, proporcionando mayor seguridad y firmeza.

Fuente: elaboración propia, datos brindados por la empresa.

Figura 12. **Telas agrícolas que produce la empresa**



Fuente: foto brindada por la empresa.

2.3.1.3. Pita y lazo

La pita y el lazo, también fabricados de polipropileno, retorcidas de monofilamento, están disponibles hasta cuatro pulgadas de diámetro. La gama de hilo, pita y lazo se distribuye así:

- Hilos para costura.
- Hilos y sogas agrícolas para hortalizas, banano, flores y otros.
- Hilos y sogas artesanales en diferentes colores para textiles y artesanías.
- Lazos para actividades marinas tales como: pesca, redes, trampas; fabricadas de polipropileno, nailon y poliéster.
- Bolsas de polietileno en diferentes variedades para uso en la agroindustria.

- Fibra para reforzar concreto, pisos, paredes prefabricadas y repello.
- Otros productos especiales: la empresa ha innovado en la fabricación de otros productos tales como: cobertores para rellenos sanitarios, filtros para aguas pluviales y residuales.

Figura 13. Lazo que produce la empresa



Fuente: foto brindada por la empresa.

2.4. Descripción del equipo actual

Para una mejor comprensión de los procesos de la empresa, es necesario conocer acerca del equipo actual utilizado, mayoritariamente la maquinaria, la cual es la encargada de procesar toda la materia prima y convertirla en producto terminado o conos de hilo.

2.4.1. Maquinaria

La maquinaria que utiliza la empresa es de alta calidad, ya que algunas de estas vienen exportadas desde Alemania o de la India, por consiguiente, el costo

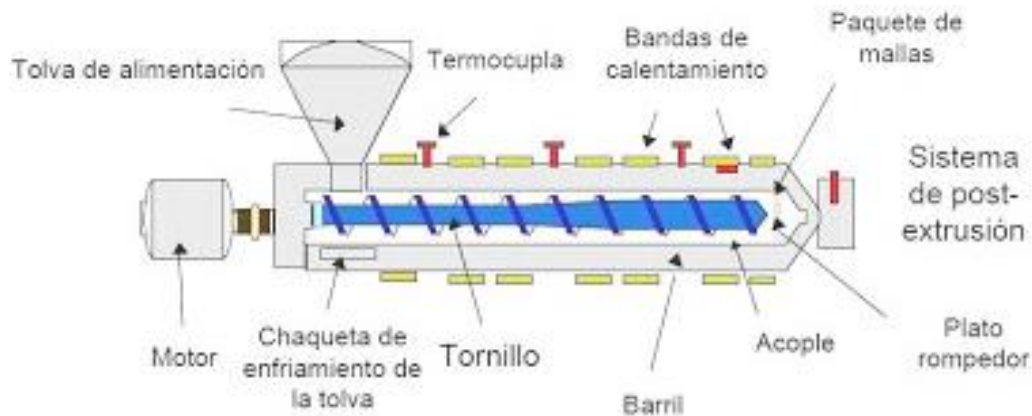
de algunas de ellas es bastante elevado, hasta de millones de quetzales. Estas maquinarias son los extrusores, los telares, entre otros.

2.4.1.1. Extrusores

Un extrusor es una maquina alimentada por medio de una tolva, succiona la materia prima y la pasa por un tornillo sin fin que trabaja a alta temperatura, lo cual produce que el material se derrita y sea expulsado a presión hacia un molde. Por medio del molde se obtiene la forma deseada bajo el diseño requerido. Luego, ya pasa hacia las demás partes de la máquina para que cumplan con sus funciones específicas (rodillos, hornos, cuchillas) y produzcan hilos para, los cuales serán embobinados para pasar a otro proceso.

Figura 14. Partes principales de un extrusor

Diagrama de una extrusora



Fuente: <http://elblogdelplastico.blogs.upv.es/category/blog/procesado-de-polimeros/page/2/>.

Consultado: junio 2017.

Partes principales de un extrusor:

- Tolva de alimentación: depósito de materia prima en donde se colocan los pellets de material plástico para la alimentación continua del extrusor.
- Cañón: es un cilindro metálico que aloja el husillo y constituye el cuerpo principal de una máquina de extrusión.
- Zona de alimentación: se produce el transporte del material y se precalienta por el rozamiento entre granos.
- Zona de compresión: la altura de los filetes del husillo se reduce progresivamente para compactar y expulsar el aire atrapado hacia la zona de alimentación.
- Zona de dosificación: su función es la de homogeneizar el material fundido y con ello suministrar a la región del dado material a temperatura y presión constantes.
- Zona del dado: es la zona final allí se encuentra situado el portamallas o placa rompedora. Las funciones de esta zona son:
 - Evitar el paso de material extraño
 - Crear un frente de presión cuando se opone una resistencia al bombeo de la zona anterior.
 - Eliminar la “memoria de giro” del material fundido.

- Bomba de extrusión: bomba con algunos pares de engranajes que están acoplados y alojados en una carcasa; cuando se impulsa un engrane este mueve el correlativo.
- Contracción de material: las irregularidades en la pared de la maquina extrusora pueden crear tensiones en la pieza moldeada. Las zonas gruesas tardan más en enfriarse que las delgadas y pueden causar rechupados, así como contracción diferencial en los plásticos cristalinos.
- Fractura de fusión: los esfuerzos que actúan sobre la fusión inmediatamente antes y durante el flujo, a través del dado, son tan altos que causan rupturas que originan una superficie altamente irregular.

2.4.1.2. Telares

Los telares que se utilizan en la empresa para la manufactura de sacos son telares tubulares. Para iniciar con el proceso, las bobinas que fueron llenadas en el proceso anterior se utilizan para formar una urdimbre (serie de hilos de forma vertical), la cual pasa por una serie de rodillos, cerámicas y caballeros. Los hilos son tejidos de forma circular, para luego ser tejidos con un hilo que pasa de forma horizontal denominado “trama” y formar el tejido final, el cual será enrollado y listo para ser confeccionado.

Los telares tubulares poseen 6 volantes para un vasto rango de aplicaciones de empaquetado de saco, la mayor parte de estos sacos destinados al empaque de azúcar.

Los telares utilizados, poseen la mejor tecnología, haciendo que los procesos sean más rápidos, eficiencia de operación más alta, excelente calidad

de tejeduría, menor pérdida de conos, menor consumo de energía y menor requerimiento de mantenimiento. La mayoría de estos telares son importados desde Europa.

Figura 15. Telar tubular del área de sacos



Fuente: foto brindada por la empresa.

2.5. Áreas para la producción

A continuación, se describirán las diferentes áreas que conforman el área de producción de la empresa, además se describirán las acciones u operaciones más importantes que se realizan en las diferentes áreas que conforman el departamento de producción.

Es importante destacar, que en el área de producción se encuentran involucrado la mayor parte del personal de la empresa, siendo este aproximado a 700 empleados.

El proceso de producción lo conforman las diferentes subáreas que al trabajar eficientemente llevan a cabo uno de los mejores procesos a nivel

nacional. Estas subáreas van desde la bodega de materia prima hasta cuando ya se tiene almacenado el producto terminado.

2.5.1. Área de bodega de materia prima

Esta área es la encargada de llevar el control del almacenamiento de la materia prima, conforme la solicitud que hace cada área en específico. Tiene una capacidad de almacenaje de aproximadamente 300 toneladas. Entre la materia prima que se almacena se encuentran la resina de polietileno y polipropileno, aditivos, colorantes. En esta bodega se almacena toda la materia prima de las cuatro líneas de producción, aunque es importante mencionar que la empresa cuenta con otra bodega de materia prima, ubicada a pocos kilómetros de distancia de dicha empresa.

Se hacen inventarios semanalmente para disminuir los errores; se trabaja bajo el sistema de inventario PEPS.

Figura 16. **Resina almacenada en bodega de materia prima de la empresa**



Fuente: foto brindada por la empresa.

2.5.2. Área de extrusión

La fase de extrusión es el proceso en donde los polímeros se transforman en películas por medio de un flujo continuo de presión y empuje, posteriormente son cortadas y estiradas para convertirse en hilos. En otras palabras, es donde se funde y mezcla la materia prima, para luego ser cortada y embobinada convertida en hilo. Luego, ya está lista para pasar al proceso de tejido.

Figura 17. Extrusor de la empresa



Fuente: foto brindada por la empresa.

2.5.3. Área de tejeduría

El área de tejido es donde se realiza el tejido del producto por confeccionar, de los hilos provenientes del área de extrusión. El tejido más importante se compone de una serie de hilos llamados urdimbre (hilos que van en dirección vertical) y trama (hilos que van en dirección horizontal).

Los tipos de telares con que cuenta la empresa son:

- Telares sacos tubulares: destinados para el proceso de confección de los sacos normales
- Telares Jumbo: destinados para el proceso de confección de sacos Jumbo
- Telares Sulzer: destinados para el proceso de confección de las telas de sombra.

Figura 18. **Área de telares tubulares de la empresa**



Fuente: foto brindada por la empresa.

2.5.4. Área de confección

En el área de corte y confección se hace lo siguiente: el área de corte es donde se cortan los trozos de tela, formando un patrón de costura; en el área de confección es donde se cosen las piezas cortadas y se forma el producto final.

Figura 19. **Área de confección de saco de la empresa**



Fuente: foto brindada por la empresa.

2.5.5. **Área de bodega de producto terminado**

En esta área se almacenan los productos terminados de todas las líneas de producción de la empresa (telas de sombra, sacos, pita y lazo) separadas en áreas diferentes por cada tipo de producto. Conforme a los pedidos, se va llenando los contenedores.

Figura 20. **Bodega de producto terminado de la empresa**



Fuente: foto brindada por la empresa.

2.5.6. Manejo de desechos

La empresa cuenta con un área de manejo de desechos, en el cual se junta todo el material sobrante de las áreas extrusión y se procesa en unas máquinas denominadas “tiburonerías”, que funden el material, lo moldean en tiras y lo trituran para que pueda ser utilizado de nuevo como materia prima que puede volver a ser utilizada en los procesos de extrusión, mayoritariamente para producir pita o lazo negro.

Figura 21. **Área de desechos de la empresa**



Fuente: foto tomada en el área de desechos, elaboración propia.

2.6. Análisis de la situación actual

Es necesario el análisis cualitativo y cuantitativo de algunos factores de la empresa, esto para una mejor comprensión de la situación actual de la empresa.

2.6.1. Estándares

Para cumplir con los requisitos de calidad y aumentar la eficiencia en las líneas de producción, las empresas deben de adoptar ciertos estándares.

Actualmente, el área de control de calidad de la empresa, trabaja con ciertos estándares de la calidad, las dos más utilizadas son: plan de muestreo por *Military Standard* y las 6M de la calidad (diagrama de *Ishikawa*).

2.6.2. Análisis FODA actual

El análisis FODA sirve para realizar un diagnóstico sobre la situación de algún objeto, que en este caso es el diagnóstico de la empresa donde se va a realizar el trabajo de graduación. El diagnóstico lo conforman las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, formando así las siglas del FODA.

Es importante destacar que las fortalezas y debilidades son factores internos de la empresa (pueden ser controlados por dicha empresa), mientras tanto, las oportunidades y amenazas son factores externos.

En la tabla número IV se muestra el análisis FODA realizado en la empresa.

Tabla IV. **Análisis FODA de la empresa**

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Personal y recursos óptimos • Solidez de la empresa • Adquisición de maquinaria tecnológica para los procesos de producción. • Diseños de calidad para los clientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de mercadeo de la empresa, para expandirse en el mercado. • Alto desperdicio en los procesos. • Alto índice de fallas existentes en los procesos. • Dificultad de personal apto para la manipulación de la maquinaria.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Prestigio a nivel internacional. • Crecimiento de las industrias alimentarias que requieren los productos de la empresa. • Crecimiento de las exportaciones. • Se cuenta con empresarios con experiencia y conocimiento en la comercialización y producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento de la competencia externa. • Incremento del costo de los insumos requeridos en los procesos. • Competencia externa con precios más bajos en los productos.

Fuente: elaboración propia.

2.6.3. Factores que afectan la producción

Existen muchos factores que pueden afectar la producción de cualquier empresa, de los cuales se anotan los más importantes:

- Mala distribución de la materia prima: si no se cuenta con una buena metodología que distribuya bien la materia prima, podrá causar un exceso

de bodega de materia prima la cual, en algunas ocasiones, tiene tiempo de caducidad.

- Falta de capacitación del personal: si los empleados no están actualizados en el área que ejercen, las técnicas que llevan a cabo para ejecutar sus tareas serán obsoletas.
- Estudios de tiempo erróneos: si no se cuenta con un buen estudio de tiempos de la maquinaria y de los tiempos ocio, podrá disminuir la productividad.
- Reprocesos: es por ello la importancia de la buena calidad en los productos terminados y en los procesos, para que cumplan con las condiciones de calidad y evitar los reprocesos.

2.6.4. Método utilizado actual del control de calidad

Como se indicó con anterioridad, el método utilizado por la empresa para el control de calidad es el diagrama de *Ishikawa*, que busca el mejoramiento continuo de la calidad, por medio de la agrupación de las causas potenciales de los defectos en los procesos.

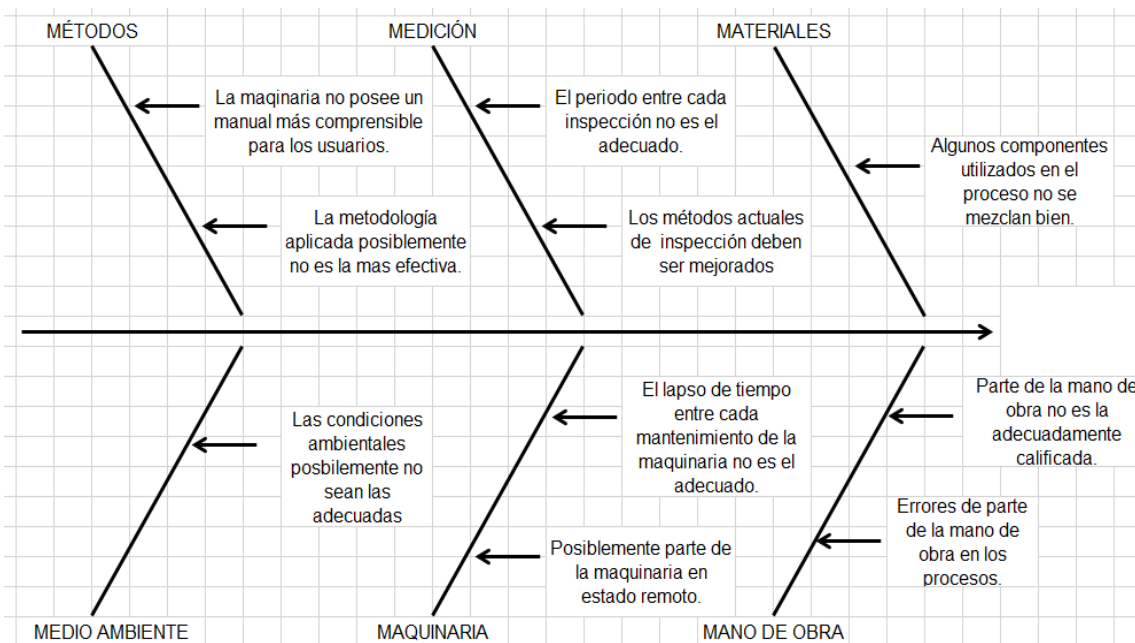
Los elementos que conforman las 6M son los siguientes:

- Mano de obra: contar con el personal calificado para las tareas por realizarse.
- Maquinaria: brindar constantemente mantenimiento preventivo para prevenir imprevistos en la maquinaria.

- Medio ambiente: las condiciones del ambiente deben ser las adecuadas.
- Materia prima: la materia prima debe ser la adecuada y no presentar defectos.
- Medición: contar con un adecuado control de la calidad, equipos, planes de muestro y el aseguramiento de la calidad.
- Métodos: utilizar la documentación adecuada de los procesos.

En la figura 22 se observa el modelo de las 6M o diagrama de *Ishikawa* aplicado a la empresa.

Figura 22. Diagrama de las 6M aplicado a la empresa



Fuente: elaboración propia.

2.6.4.1. Método de muestreo actual

El método de muestreo actual utilizado por la empresa es el plan de muestreo *Military Standard*, este tiene como propósito la aceptación o no de un lote, de forma tal que se pueda garantizar cumplir con los requerimientos de calidad acordados o indicados. En otras palabras, simplemente acepta o rechaza lotes.

Para realizar un muestreo con el método de *Military Estándar*, la empresa para empezar define un propósito, traza una meta para la realización del muestreo. Por ejemplo, definir el número de muestras estadísticamente representativas que deben ser sometidas al detector de metales por cada lote producido para detectar partículas metálicas iguales o mayores a cierta cantidad de milímetros en los fardos de sacos.

Para determinar la muestra de sacos y jumbos que se deberá someter al detector de metales antes de su liberación, se deben seguir las siguientes instrucciones:

- Conocer el número de unidades producidas por día para cada cliente de los sacos, y determinar según el cliente, el número de fardos que se produjeron de empaques para alimentos. Se utilizará como unidad muestral el fardo debido a la homogeneidad del producto y del proceso de producción.
- Como siguiente paso hay que dirigirse a la figura 23 y ubicar en fardos para cada cliente y de acuerdo con los rangos, la producción del día para empaques que contendrán alimentos.

Figura 23. Letra código de tamaño de muestra en *Military Standard*

Tamaño del lote			Niveles generales de inspección		
			Bajo	General	Esctricto
			I	II	III
2	a	8	A	A	B
9	a	15	A	B	C
16	a	25	B	C	D
26	a	50	C	D	E
51	a	90	C	E	F
91	a	150	D	F	G
151	a	280	E	G	H
281	a	500	F	H	J
501	a	1200	G	J	K
1201	a	3200	H	K	L
3201	a	10000	J	L	M
10001	a	35000	K	M	N
35001	a	150000	L	N	P
150001	a	500000	M	P	Q
500001	and	over	N	Q	R

Fuente: datos proporcionados por la empresa.

Suponiendo que la especificación pedía 75 fardos, entonces se encuentra entre el rango de 51 a 90, marcado de rojo, y su letra correspondiente sería la de E.

Luego, determinar el código de inspección correspondiente al rango de unidades producidas de acuerdo con un nivel de inspección general. Solo se migrará el muestreo al nivel estricto si se encuentran más del 30 % de las muestras con presencia de partículas metálicas en el detector.

Como siguiente paso dirigirse a la figura 24 de planes de muestreo simple, y ubicar en la columna de código de tamaño muestral, el nivel de inspección

encontrado en el punto anterior. Con esto se define el tamaño muestral para la producción por cliente para empaques que contendrán alimentos. En la tabla de la figura 24 buscar la letra asignada obtenida de la figura anterior y asignar el número correspondiente a la letra.

Figura 24. **Planes de muestreo simple**

Código de tamaño muestral	Tamaño muestral	D. Crítico	
		Ac	Re
A	2		
B	3		
C	5		
D	8		
E	13		
F	20		
G	32		
H	50		
J	80		
K	125		
L	200		
M	315		
N	500		
P	800		
Q	1250	0	1
R	2000		

Fuente: datos proporcionados por la empresa.

El tipo de defecto que se aplicará al plan de muestreo, es el defecto crítico.

2.7. Evaluación de costos de no calidad

Los costos de la no calidad se dan por las actividades que no se están realizando de manera eficiente o las cuales presentan demasiadas fallas en su

desarrollo. Los factores más significativos en los costos de mala calidad serían los reprocesos, ya que el producto realizado no cumple con los estándares de calidad establecidos, provocando que este vuelva a ser producido.

Otro factor que representa los mayores costos de mala calidad para cualquier empresa es el desperdicio de materiales, por ello, la empresa busca reducir esto al crear el área de reproceso, lo cual reduce de manera significativa los costos originados por el desperdicio de material en los procesos.

2.7.1. Principales causas de la no calidad

Existen muchas causas de la no calidad, las cuales provocan que el producto no cumpla con las especificaciones de calidad y este se tome como defectuoso.

Muchos de estos defectos son en el área de extrusión para sacos, dichos defectos que se presentan en las bobinas de hilos son: mal embobinado de los hilos, que algunas partes del hilo salga transparente, que el hilo salga con el *Denier* más alto de lo especificado, entre otros.

En la tabla V se mostrarán algunos defectos en el proceso de extrusión, con las causas probables y sus soluciones.

Tabla V. **Problemas presentados en el proceso de extrusión y sus posibles causas**

Descripción del problema	Probables causas
Diferencia de tonalidad en relación con el estándar.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta o exceso de concentrado. • Temperatura sobrepasando el límite de resistencia térmica del concentrado. • Presencia o exceso de material recuperado
Líneas o franjas en la superficie de la película.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de contra presión en la extrusora. • Fluidez de la resina mayor que la del concentrado. • Tasas de producción elevadas.
Presencia de micro orificios, seguidos de ruptura de la burbuja	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de concentrado. • Humedad en alguna de las materias primas o humedad ambiental. • Velocidad lineal elevada para un pequeño espesor de película. • Temperatura insuficiente de proceso.
Hilo presentando rugosidad y puntos en la superficie.	<ul style="list-style-type: none"> • La fluidez de la resina es superior al del concentrado, o la fluidez del concentrado es muy baja. • Exceso de concentrado. • Irregularidades o suciedad en la matriz

Fuente: elaboración propia, apoyado en documento de coloración de plásticos de la empresa Comex.

2.8. Medición de la eficiencia de la producción

Es de mucha importancia conocer la eficiencia o el rendimiento de las líneas de producción de cualquier empresa, para saber el estado actual de su desempeño y en base a ello trazar metas para mejorar.

A continuación, se medirá la eficiencia en el área de extrusión de sacos de la empresa, para que después de implementar el sistema *Lean Six Sigma* se mida de nuevo y se compare.

2.8.1. Eficiencia del área de extrusión de la empresa

La eficiencia o rendimiento y el nivel sigma actual, se calcularán en base el historial de las bobinas producidas del primer cuatrimestre de 2017, producidas en el proceso de extrusión de sacos.

En la tabla VI se muestran las bobinas totales producidas y las bobinas defectuosas, que hacen referencia al rechazo interno.

Tabla VI. **Rechazo interno del área de extrusión**

Mes	Bobinas totales	Bobinas rechazadas
Enero	128 951	1 281
Febrero	97 524	687
Marzo	126 817	898
Abril	114 259	617
Total	467 551	3 483

Fuente: elaboración propia, información brindada por el área de extrusión de sacos de la empresa.

Con los datos anteriores se puede obtener el porcentaje de rechazo, basándose en la ecuación, la cual consiste en:

$$\%Rechazo = (Cantidad rechazada * 100) / Piezas totales$$

Sustituyendo los datos anteriores, se obtiene:

$$\%Rechazo = (3 483 * 100) / 467 551 = 0,74 \%$$

El resultado anterior, indica que el 0,74 % de las bobinas son defectuosas, por ende, son rechazadas.

Para obtener el rendimiento, se hace de la siguiente manera:

$$\% \text{Rendimiento} = 100 \% - 0,74 \%$$

$$\% \text{Rendimiento} = 99,26 \%$$

2.9. Nivel sigma actual

Para saber el estado actual de la empresa en base al nivel sigma es necesario el cálculo, para verificar qué tan lejos se está de la meta de tener un nivel seis sigma.

2.9.1. Nivel sigma en el proceso de extrusión

Con los datos obtenidos del rendimiento en el inciso 2.8.1, se puede calcular el nivel sigma con que opera el área de extrusión de sacos de la empresa, por medio de una conversión, basado en la tabla de nivel sigma.

A continuación, se mostrará la tabla del nivel sigma, con su equivalencia en base al rendimiento del proceso.

Tabla VII. **Conversión de un proceso al nivel sigma**

Rendimiento (%)	Nivel sigma
99,999666	6
99,997	5,5
99,977	5
99,87	4,5
99,38	4
97,73	3,5
93,32	3
84,13	2,5
69,15	2
50,0	1,5
30,85	1

Fuente: elaboración propia, con información de <http://asesoria-s.es>. Consultado: junio 2017.

Debido a que el rendimiento obtenido anteriormente es de 99,26 % no se encuentra en la tabla VII, por lo tanto, se debe realizar una interpolación.

A continuación, en la tabla VIII se muestran los datos por interpolar, partiendo de la tabla VII.

Tabla VIII. **Interpolación para obtención del nivel sigma**

Rendimiento (%)	Nivel sigma
99,38	4
99,26	x
97,73	3,5

Fuente: elaboración propia.

Interpolación:

$$\frac{99,38 - 99,26}{99,38 - 97,73} = \frac{4 - x}{4 - 3,5} = 3,96 \sigma$$

El nivel sigma actual en el proceso de extrusión de la empresa es de 3,9.

3. PROPUESTA PARA DESARROLLAR EL SISTEMA *LEAN SIX SIGMA*

3.1. Sistema *Lean Six Sigma*

Se necesita aplicar en la empresa un sistema que posea los mayores beneficios posibles y que permita realizar las mejoras más eficaces, por ello el sistema *Lean Six Sigma* fue el elegido. Al aplicar este sistema en la empresa, se podrán mejorar algunos aspectos como el atraso en la producción y agilizar procesos que ahora son lentos y generan mucho desperdicio.

¿Por qué la empresa se beneficia con el sistema *Lean Six Sigma*?

- Porque utiliza metodologías más rápidas
- Es más eficiente y económica
- Ofrece una calidad satisfactoria
- Reduce la variabilidad presente e incrementa su capacidad
- Busca la causa de los problemas, cuantificando daños
- Aplica rigurosamente la metodología DMAIC

3.1.1. *Lean Six Sigma* aplicado en departamento de producción

Como se ha indicado en los capítulos anteriores, el trabajo se realizará en el departamento de producción de una empresa dedicada a los tejidos de polipropileno, se centrará en el área de extrusión. Los procesos realizados en esta área son de mucha relevancia, ya que aquí se transforma la materia prima

en hilaza y se coloca en bobinas, que son utilizados en las áreas de tejeduría y confección, posteriormente.

La metodología *Lean Manufacturing* pretende reducir la merma en el área de extrusión, así como reducir los procesos que no generan valor, mediante la racionalización.

Cabe resaltar que la metodología *Lean Manufacturing*, es de gran beneficio para la empresa, además de ser muy compatible en los procesos. Como se explicó en los capítulos anteriores, la empresa se rige bajo las normas HACPP (que es un proceso sistemático preventivo para garantizar la inocuidad alimentaria) ya que la empresa produce empaques para alimentos. Además, *Lean Manufacturing* es compatible con HACPP, ya que sus principios se basan en el orden y la limpieza de las áreas de trabajo.

En cuanto a la metodología *Six Sigma*, se promoverá el dominio y el uso de las técnicas del control estadístico de procesos. Promoverá la participación del personal y la mejora del ambiente laboral, así como reducirá los defectos en los procesos, mediante la resolución de problemas de manera efectiva.

3.2. Herramientas del *Lean Manufacturing*

Para que la metodología *Lean Manufacturing* se desarrolle de una mejor manera, es necesario la buena aplicación de sus herramientas y componentes, que, en su mayoría, fueron creadas por empresarios japoneses, aproximadamente a mediados del siglo pasado.

Muchos empresarios tienen el pensamiento de: “¿cómo aplicar la metodología *Lean Manufacturing* en mi empresa?” pero en lo que consiste, es en

tener compromiso de la dirección, ya que esto hará menos difícil a ser implementado, ya que integrará los objetivos de la organización. *Lean Manufacturing* pretende un cambio cultural en la organización con el compromiso de la dirección que se mencionó con anteriormente.

Para obtener mejores procesos, producciones más rápidas, orden y limpieza en el área de extrusión, es necesario aplicar las herramientas de *lean manufacturing*, ya que estas garantizan la disminución o eliminación de las tareas innecesarias, la sobreproducción, los desperdicios y la mala calidad.

3.2.1. Mejora continua (*Kaizen*)

La mejora continua (*Kaizen*) es la estandarización de los procesos, la cual se enfoca en el personal; *Kaizen* busca estandarizar los criterios de calidad, así como los métodos de trabajo en las operaciones del proceso.

Se buscará estandarizar y mejorar la eficiencia en el proceso de extrusión, por medio del control del proceso, estableciendo metas diarias. Estas metas contendrán cuantos kg de hilo se deberá de producir diariamente cada máquina. Se implementarán pizarrones en cada una de las maquinas del área de extrusión para verificar y controlar la producción e identificar los problemas de producción existentes o ineficiencias en el proceso.

Cada pizarrón detalla lo que se espera producir y la descripción del producto requerido. Los pizarrones serán colocados a un costado de cada máquina (extrusores, laminadoras, torchadora).

A continuación, en la figura 25, se presentarán las tablas propuestas para utilizar en cada pizarrón.

Figura 25. Programación y control de producción de cada máquina

EXTRUSIÓN TUBULAR		EXTRUSOR BARMAG							FECHA:		TURNO A: DÍA <input type="checkbox"/> NOCHE <input type="checkbox"/>		
INFORMACIÓN DIARIA		PRODUCCIÓN OBSERVANCIA DIARIA							___/___/___		TURNO B: DÍA <input type="checkbox"/> NOCHE <input checked="" type="checkbox"/>		
SEMANA: _____		DENIER	ANCHO	HRS PROG	HRS TRAB	% DISPON	META KG	REAL KG	% RENDIMI	% DESPERD	% CALIDAD	OEE	OBSERVACIONES
T U R N O A	DOMIN _____												
	LUNES _____												
	MARTES _____												
	MIERCOL _____												
	JUEVES _____												
	VIERNE _____												
	SABADO _____												
T U R N O B	DOMIN _____												
	LUNES _____												
	MARTES _____												
	MIERCOL _____												
	JUEVES _____												
	VIERNE _____												
	SABADO _____												

Fuente: elaboración propia, apoyado por el jefe de área.

3.2.2. Justo a tiempo

Lo que busca el justo a tiempo o el JIT (*Just In Time*) es la producción en flujo, en otros términos, lo que pretende es reducir los tiempos muertos de los procesos a cero o tendientes a cero.

Al aplicar el justo a tiempo en el área de extrusión de la empresa hará que el proceso sea continuo, pero evitando la sobreproducción. Además, se podrá lograr los siguientes aspectos:

- Mejorar el sistema de gestión, control y logística de materiales en toda la planta.
- Reducción drástica del inventario en proceso.

- Introducir las técnicas más avanzadas del *Lean* para alcanzar en los procesos un equilibrado y una sincronización de la producción.

3.2.3. Gestión de la calidad total

Se creará un plan de la calidad total, que logré abarcar los aspectos más importantes de los procesos y por consiguiente controlarlos. La gestión de la calidad total la se desarrollará en dos etapas:

- Desarrollo de la calidad a través de la inspección de los productos

La inspección se extiende a todas las fases de la producción, que va desde la inspección de recepción de la materia prima, hasta la inspección de producto acabado, pasando por una cantidad de inspecciones intermedias que aseguren la calidad e inocuidad el producto.

Se estandarizará los parámetros de calidad de cada bobina de hilo, junto con la fijación de tolerancias de fabricación para posibilitar, asimismo, el uso creciente de calibres de verificación a fin de efectuar las inspecciones de forma rápida y eficaz.

- Desarrollo de la calidad a través de la gestión de calidad total

Es una gestión que encamina a la organización hacia una dirección de mejora continua en todos los procesos, con la participación activa de todos.

Con la gestión de la calidad total se pretende alcanzar un cambio profundo en la cultura de la empresa y hace énfasis en los empleados, a diferencia de otras etapas de la calidad.

A continuación, se describirán los elementos que conforman la filosofía de la calidad total:

- Participación del personal: el personal deberá tener la habilidad de proponer y realizar cambios en los procesos, y soluciones a los problemas. También hay que formar al personal para que mejore sus conocimientos y habilidades.
- Decisiones basadas en hechos: la toma de decisiones se debe basar en hechos y no en intuiciones, ya que si las intuiciones no son acertadas podrían ocasionar muchos problemas. Para medir la toma de decisiones basadas en hechos se deben medir los resultados con herramientas de calidad que indiquen el grado de cumplimiento.
- Mejoras de procesos permanentes: los procesos conforman el motor de la organización y sus funciones. Se debe aplicar la mejora continua en los procesos de forma que se proporcionen respuestas eficientes, y al mostrar buenos resultados, adoptarla de forma permanente.

3.2.4. A prueba de errores

La técnica a prueba de errores o *Poka Yoke* (termino en japonés) ayuda a los procesos a trabajar correctamente desde la primera vez, este método hace referencia a las técnicas que hacen imposible errores existentes.

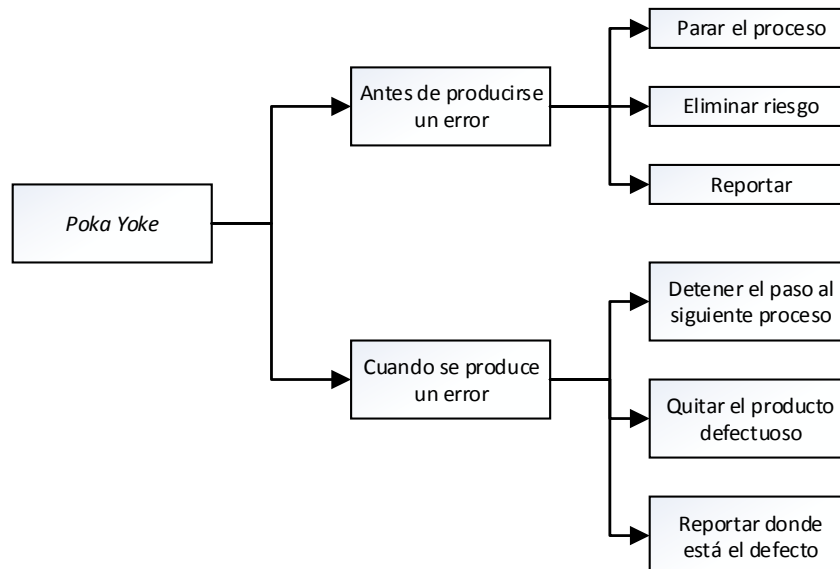
Esta técnica mejora la calidad y el desempeño en los procesos, al mismo tiempo que busca eliminar los errores humanos y mecánicos.

En las líneas siguientes se presentará una serie de pasos para su aplicación:

- Identificar la operación o proceso.
- Analizar las razones y entender las maneras en que un proceso puede fallar.
- Decidir el tipo de *Poka Yoke* por utilizar, para que prevenga errores o indique que un error a ocurrido. Su aplicación puede ser por medio de un proceso visual o cualquier forma que prevenga la ejecución incorrecta de un paso del proceso.
- Determinar cuándo utilizar un contacto, el uso de la forma u atributo físico para la detección.
- Probar el método y comprobar su funcionamiento.
- Entrenar al operario, medir su desempeño y su éxito.

En la figura 26, se muestra un esquema del método que puede utilizarse antes o después de un error.

Figura 26. **Poka Yoke ante errores presentados**



Fuente: elaboración propia. Según: LÓPEZ MORTAROTTI, et al. *Implementación del método antierrores: poka yoke.*

3.2.5. Mantenimiento integral (5S)

El objetivo de la aplicación del método de las 5S es crear y mantener un ambiente de trabajo ordenado, limpio, seguro y agradable; que facilite el trabajo diario, y ayude a brindar productos y servicios de calidad.

Se aplicará el método de las 5S en el área de estantería del área de extrusión, para que el proceso de búsqueda de repuestos por utilizar sea más rápido y eficiente. Así como en el resto del área de extrusión, para que la suciedad no afecte la calidad e inocuidad del producto.

Figura 27. **Estantería del área de extrusión antes de aplicar las 5S**



Fuente: elaboración propia, foto tomada en el área estantería del área de extrusión.

Figura 28. **Área actual en donde se aplicará las 5S**



Fuente: elaboración propia, foto tomada antes de implementar las 5S.

En la figura 27 se puede observar el desorden existente en el área de estantería, el cual dificulta el trabajo de los empleados ya que cuesta localizar los elementos que se requieren, no es agradable a la vista y cualquiera puede tropezar con el desorden. En la figura 28 se muestra el estado actual de cierta parte del área de extrusión, donde también se aplicará las 5S, una de las mejoras destacables a realizar es la limpieza y pintada del suelo para contrarrestar el polvo y la suciedad.

Las imágenes anteriores servirán como evidencia de las mejoras a realizar y de la implementación de la metodología, y que en el capítulo de implementación se mostrarán las mismas áreas ya con las mejoras realizadas.

3.2.5.1. Seiri (seleccionar)

En las empresas muchas veces se suelen acumular cosas como repuestos, maquinas, materiales, documentos, etcétera. Que se cree que se utilizarán en un determinado tiempo, pero que muchas veces son cosas innecesarias o no se vuelven a utilizar y lo único que ocasionan es un desorden en el área. Para aplicar de forma eficiente el proceso de seleccionar se deben de realizar las siguientes actividades:

- Se debe fijar criterios para definir lo necesario (definir qué se va a utilizar y qué no se va a utilizar en un tiempo determinado).
- Identificar las cosas útiles y realizar una lista.
- Identificar lo innecesario, y en base a ello cuestionar y decidir si:
 - Si se prevé un uso posterior, entonces buscarle un área de almacenamiento bien identificado.
 - Si es inútil, entonces desecharlo por completo.
- Realizar un seguimiento del cumplimiento de las decisiones.

3.2.5.2. Seiton (ordenar)

Al haber realizado el paso anterior, ahora queda definir la ubicación más adecuada a las cosas que sí son útiles, la ubicación debe facilitar su uso y reposición. Se deben identificar los elementos para que sea más fácil su localización. Una buena utilización de este paso ayudará a que cualquier persona pueda acceder y conocer fácilmente todo lo relevante de los elementos que hay en el área. Para realizar de una mejor manera el proceso de ordenar, es necesario seguir esta serie de actividades:

- Determinar la ubicación de cada elemento según la frecuencia de su uso (lo que más se utiliza tiene que estar más al alcance).
- Colocar cada elemento en su sitio.
- Señalar la ubicación o área de cada uno.
- Crear registros de los elementos pertenecientes a cada área (por ejemplo: una lista de los elementos que se encuentren en una caja, detallar información como código, nombre, y/o cantidad).

3.2.5.3. Seiso (limpiar)

Una vez que solo hayan quedado los elementos necesarios y se hayan identificado y estén correctamente ubicados, se debe limpiar para las condiciones óptimas para su uso. Para realizar de una mejor manera el proceso de limpiar, es necesario seguir esta serie de actividades:

- Se debe eliminar la suciedad, por medio de barrer, aspirar o cepillar. Esto se hace incluso en los lugares de difícil acceso.
- Se debe dejar lo más limpio posible, ya que esto dará un mejor aspecto visual del área de trabajo y, por ende, motivará al personal.

3.2.5.4. Seiketsu (estandarizar)

Una vez alcanzado el nivel de orden y limpieza deseado, se debe estandarizar las operaciones para mantener dicho nivel. Para realizar de una manera más eficiente el proceso de estandarizar, es necesario cumplir con los siguientes elementos:

- Colocar rótulos de ubicación
- Marcas de nivel mínimo o máximo de las existencias
- Realizar tarjetas rojas para marcar lo innecesario

3.2.5.5. Sitsuke (mantener)

Los supervisores o encargados deben fomentar la autodisciplina para respetar las directrices establecidas. Para conseguir esto de forma eficiente se debe cumplir con las siguientes actividades:

- Se debe fomentar o inculcar la ideología de un trabajo más limpio y ordenado hacia todo el personal.
- Decidir con los implicados las acciones que se deben tomar para erradicar las desviaciones respecto a los niveles obtenidos.
- Establecer nuevos objetivos y asignar recursos, dándole tiempo al seguimiento de los resultados obtenidos.
- Repetir las fases anteriores en determinado tiempo para el mantenimiento y limpieza del área.

3.3. Círculo de Deming

Como se definió en los capítulos anteriores, del círculo de Deming o también conocido como ciclo PDCA (por sus siglas en inglés) se derivan los siguientes pasos: *Plan*, planificar; *Do*, hacer; *Check*, Verificar; *Act*, actuar. Es una metodología que comprende los cuatro pasos descritos con anterioridad, los cuales se deben llevar a cabo de forma sistemática para lograr la mejora en el área que se desarrollará.

Esta metodología se desarrollará en el proceso de extrusión, para verificar y controlar de una manera más eficiente los hilos que se estén produciendo.

3.3.1. Planificar

Inicialmente, se tiene que proceder a definir las acciones por tomar para mejorar el proceso de extrusión de la empresa, para ello se creará un sistema que ayude a identificar las fallas y controlar el proceso en un menor tiempo al actual. Dicho sistema se desarrollará con el programa Excel, en el cual se desarrollará un programa que permita controlar el proceso de extrusión media vez este inicie su proceso.

Objetivos

- Crear un programa que optimice el tiempo de control de la calidad de los hilos provenientes del proceso de extrusión.
- Documentar o registrar las nuevas actividades por realizar.
- Capacitar a los operadores sobre cómo llevar al nuevo sistema.

Estrategias

- Crear un programa en Excel, que muestre un mejor control de la calidad, así como si el proceso está bajo control y las desviaciones existentes.
- Crear registros de cada muestreo de las nuevas actividades
- Brindar capacitación a los operadores de cómo utilizar el nuevo sistema y la manera que se trabajará.

3.3.2. Hacer

Se centra en definir las acciones por realizar para llevar a cabo lo planificado en el paso anterior. En la tabla, se muestra el plan de mejora.

Tabla IX. **Plan de mejora en el control de calidad del proceso de extrusión**

Estrategia de mejora	Tiempo de ejecución	Responsable	Medición	Insumos necesarios
Crear programa de Excel	Corto plazo	Practicante de tesis	Supervisión del cumplimiento correcto del programa	Computadora y balanza
Crear registro de los muestreos	Corto plazo	Empleado de control de calidad	Verificación de los registros a realizar	Material de oficina
Capacitación a los operarios	Corto plazo	Jefe de área y supervisores	Supervisión directa en la ejecución de la actividad	Espacio para impartir capacitación

Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Verificar

En este paso se realizará el seguimiento de las estrategias planteadas con anterioridad a través de un monitoreo constante, por parte de los supervisores de área, para verificar los cambios ocurridos en el proceso y los cambios presentados.

Se comprobará si el nuevo sistema es más eficiente que los métodos existentes con anterioridad.

3.3.4. Actuar

En función a lo logrado al implementar las estrategias propuestas, se realizan las correcciones y ajustes que sean necesarios para garantizar la calidad deseada.

Si se comprueba que las estrategias implementadas son más eficientes que las anteriores, adoptarlas permanentemente.

3.4. Procesos y solución de problemas

El proceso al que se le necesita aplicar mejoras y la solución de problemas, es al de extrusión de hilo, por ello se realizará su descripción.

- Para cada tipo de hilo a producir existe una fórmula, la cual indica la proporcionalidad de colorante, aditivos y demás componentes. Ante cada orden de producción, se tiene que preparar la fórmula, y esta se coloca en la mezcladora, para después dirigirla hacia la tolva.

- Se calienta el extrusor (tres horas aproximadamente, antes de iniciar el proceso), a través de resistencias eléctricas. Después de que se encuentra el extrusor a la temperatura óptima, se procede a encender los hornos, cilindros y demás componentes de la máquina.
- Cuando todo esté en óptimas condiciones, se procede a extruir la película del extrusor. La película sale del molde, forma la película plástica.
- Como siguiente paso, los operadores proceden a trasladar la película por toda la máquina (esto incluye los rodillos, los hornos, la barra de cuchilla, etcétera).
- Cuando la película llega a la parte final (el *Blower*), los demás operarios toman hilo por hilo y los enhebran en cada bobina.
- Al inicio de cada extrusión de los hilos, el departamento de control de calidad hace el muestreo respectivo de hilos, saca las características del hilo para su aprobación de calidad, mediante el peso, tenacidad, elongación, etcétera. para verificar que cumplan con las especificaciones de las órdenes de producción.
- Después de cada cierto tiempo se van llenando los núcleos de hilo, formando bobinas. Al tener el tamaño establecido, se procede al cambio, es decir, descargar las bobinas con hilo y colocar el núcleo vacío para el siguiente ciclo.

Las soluciones que se plantean para mejorar el proceso de extrusión son:

- Reducir el tiempo de calibración del equipo. Esta calibración es la que se realiza en el molde, ajustando los tornillos del labio, con esto

se refiere a que en cada tornillo controla el espesor de cada hilo, el cual en cada arranque de la maquina se verifica si cumple con las condiciones requeridas de cada orden de producción. Estas condiciones son el denier y el ancho del hilo. El *Denier* se define como la masa en gramos por cada 9 metros de fibra (en menor escala).

- La solución es crear un programa que facilite la medición de las especificaciones detalladas con anterioridad, de preferencia que muestre la media, la desviación estándar y una gráfica de las dispersiones, si es que las hay. El objetivo de esta solución es minimizar el tiempo en que el operario controla la calidad del hilo y verifica que cumpla con las especificaciones del pedido, de una manera más práctica, eficiente y evidente.

3.4.1. Definición de procesos *Six Sigma*

La metodología *Six Sigma* se centra en la reducción de la variabilidad, reduciendo o eliminando (en el mejor de los casos) los defectos o fallos en los productos.

El nivel sigma corresponde a cuántas desviaciones estándar caben entre los límites de especificación del proceso. Esto quiere decir, por ejemplo, que si la orden de producción indica que los hilos que se están produciendo deben tener un ancho de 2,4 +/- 0,2 mm para que se consideren aceptables, esto significa que se tiene el límite de especificación inferior a 2,2 mm; y el límite superior de 2,6 mm.

La esencia del *Six Sigma* se basa en el ciclo DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), el cual se aplicará en el proceso de extrusión.

3.4.2. Diseño de experimentos

Para tener un mejor control en el proceso de extrusión, es necesario crear nuevos diseños, que ayuden a mejorar el control del proceso de una forma más eficiente y rápida, para ello se creará un programa, el cual contendrá gráficos X-R, que indicará la media, desviación estándar y los límites de aceptación. Los gráficos mencionados con anterioridad permitirán detectar con más rapidez la variabilidad, consistencia, control y mejora de un proceso productivo.

Es importante mencionar que el propósito del programa es mejorar el control de la calidad de los hilos en el proceso de extrusión. A continuación, se mostrará el diseño del programa, el cual se detallará su funcionalidad:

En dicho programa, el operario deberá ingresar los datos del peso y ancho del hilo, y este mostrará los cálculos obtenidos, como la desviación estándar.

El muestreo se hace de la siguiente manera: se selecciona una serie de hilos, se cortan a 9 m c/u, se obtiene el peso y ancho de los mismos, y con esta información, el programa indicará qué ajustes hay que hacer en el molde.

Como se muestra en la figura 29, en la primera sección, el operario deberá ingresar la fecha, el nombre del supervisor, a que turno pertenece (A o B) y la hora en que se realiza el muestreo. En la segunda sección deberá colocar el Denier, ancho y color con que se está trabajando, esto lo determinará cada orden de producción. El programa automáticamente calculará los límites de especificación, tanto como para el denier como para el ancho.

Figura 29. **Diseño del programa de control de calidad de los hilos por implementar**

Fecha:					
Supervisor:					
Turno:		Hora:			
Denier:		LI:		LS:	
Ancho:		LI:		LS:	
Color:					

Fuente: elaboración propia.

Con el muestreo realizado, se ingresan los datos en sus respectivas casillas y en el número de tornillo que le corresponde cada hilo muestreado.

Figura 30. **Datos por ingresar del programa de control de calidad**

Tornillo número	Denier (g)	Ancho (mm)	Tornillo número	Denier (g)	Ancho (mm)
1			16		
2			17		
3			18		
4			19		
5			20		
6			21		
7			22		
8			23		
9			24		
10			25		
11			26		
12			27		
13			28		
14			29		
15			30		

Fuente: elaboración propia.

Después de haber ingresado todos los denieres y anchos, automáticamente, el programa calculará la media y la desviación estándar.

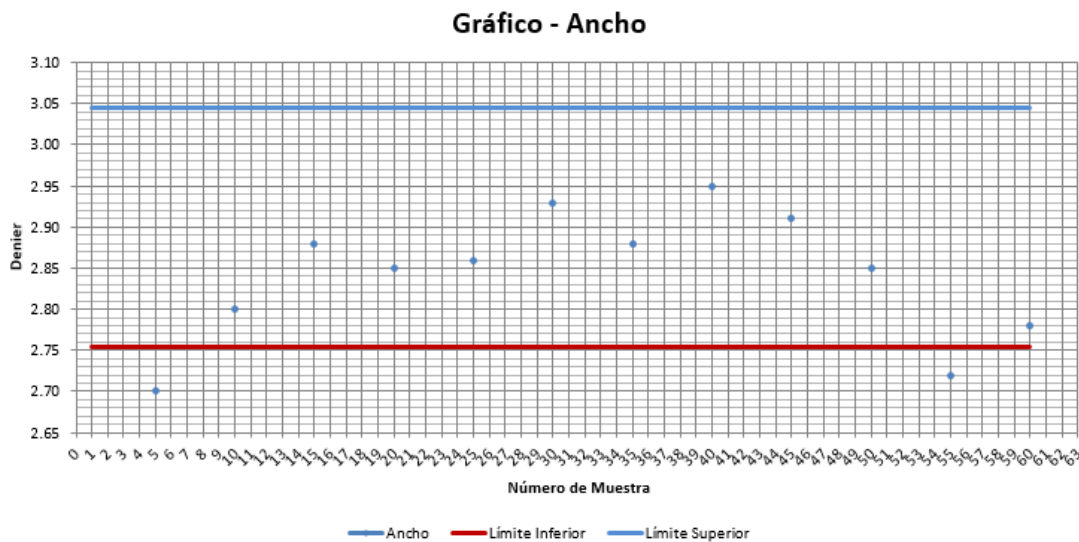
Figura 31. **Medias y desviación estándar en el programa de control de la calidad**

Promedios			
Denier	Desv. Estándar	Ancho	Desv. Estándar
0	0,00	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Por último, el operador deberá verificar en las gráficas si los datos ingresados se encuentran adentro de los límites, esto indicará que el proceso está bajo control y cumple con los requerimientos necesarios, de caso contrario, el operador hará los ajustes necesarios, por ejemplo, aumentar o disminuir la presión de la máquina.

Figura 32. **Gráficos X-R del programa de control de calidad**

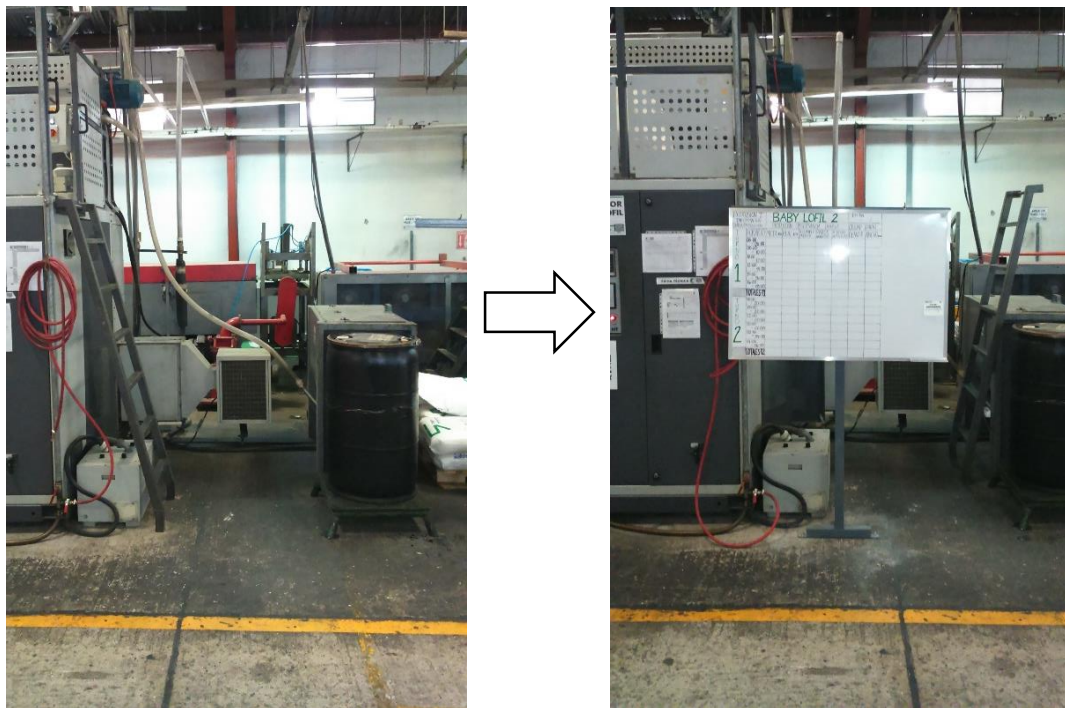


Fuente: elaboración propia.

3.4.3. Mejora continua y optimización de procesos

En cualquier proceso siempre se debe buscar la mejora continua, ya que esto implicaría mejorar los aspectos que se puedan mejorar y reparar los errores. Por ello, como se ha mencionado con anterioridad, se pondrán pizarras a un costado de cada máquina para llevar un mejor control de dicha máquina, donde se detallará lo producido cada semana, se podrá controlar las eficiencias y otros aspectos importantes. Además de colocar observaciones, por ejemplo, si hubo paros, la razón del porqué, esto para definir la razón del problema, tratar de arreglarlo y no cometerlo en el futuro.

Figura 33. Colocación de pizarras de control en las máquinas



Fuente: elaboración propia.

3.5. Six Sigma y el ciclo DMAIC

El ciclo se realiza por una serie de pasos, de ahí proviene sus siglas, estos pasos son: definir, medir, analizar, implementar y consolidar.

Para un eficiente desarrollo del ciclo DMAIC se puede llevar a cabo la OEE, que por sus siglas en ingles es: *Overall Equipment Efficiency*, que en español significa eficiencia general de los equipos. Ayudará a verificar si el proceso está cumpliendo con las metas establecidas, teniendo en cuenta factores como la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.

3.5.1. Definir

En esta etapa se definirán los aspectos por mejorar, estos son varios factores que se detallarán.

- Ambiente

Respecto del ambiente, se observó que existe poca concientización en lo que es la seguridad e higiene ocupacional, ya que muchos de los empleados no utilizan la protección necesaria para desempeñar sus labores.

- Mano de obra

La empresa necesita una mejor planeación en la capacitación del personal que opera las máquinas, ya que muchos de ellos tienen que recurrir a su experiencia obtenida para desarrollar las diferentes tareas asignadas a cada uno de ellos.

- Métodos de producción

La empresa necesita implementar y mejorar la metodología actual que utiliza para los procesos de producción. En relación con el control de la calidad de los productos, se necesita un procedimiento estandarizado, para la correcta toma de muestras que se realizan durante las inspecciones para tomar acciones preventivas o correctivas.

3.5.2. Medir

En esta fase se realiza una inspección del proceso actual, para determinar cuantitativamente su buen desempeño, teniendo así una referencia para mejorar. Se medirá el rendimiento actual del proceso de extrusión, derivado de los datos de producción obtenidos de una jornada de trabajo en una máquina extrusora, siendo estos los siguientes:

La meta en kilogramos que debe producir el extrusor, se obtiene por medio de la siguiente formula:

$$Meta_{kg} = \frac{Hl * Vel * Dn * T * 60 \text{ min}}{9\ 000\ 000 \text{ m}}$$

Donde:

Meta Kg = son los kilogramos de hilo que en teoría debería producir la máquina.

Hl = es la cantidad de bobinas de hilo con que trabaja la máquina.

Vel = velocidad a la que trabajan los rodillos de la máquina.

Dn = es el tipo de denier con que se está trabajando.

T = es el tiempo que se programó para que trabaje la máquina, en horas.

Partiendo de los datos obtenidos en la maquina extrusora: HI = 115 hilos.
Dn = 750. Vel = 126 m/min. T = 12 hrs.

Se obtiene que:

$$Meta_{Kg} = \frac{115 * 750 * 126 * 12 * 60}{9\ 000\ 000}$$

$$Meta_{Kg} = 869,4\ Kg.$$

Si en el turno de trabajo se obtuvo una producción real de: 733,6 kg.
Entonces, se puede obtener el rendimiento de la siguiente manera:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Producción}_{real}}{\text{Meta}} * 100$$

$$\text{Sustituyendo: } \% \text{ Rendimiento} = \frac{733,6}{869,4} * 100$$

Se obtiene: $\% \text{ Rendimiento} = 84,38 \%$

3.5.3. Analizar

En la sección anterior, se puede denotar que la maquina en ese turno no produjo lo que se había propuesto a producir, pero esto puede implicar muchas razones, como factores humanos, fallos mecánicos, la disponibilidad de tiempo, etc. Por ende, se necesita implementar un sistema de medición que logre analizar el rendimiento, la disponibilidad de la máquina y la calidad del producto.

Por ello, la aplicación de la OEE, es un indicador para medir cómo se aprovecha la capacidad productiva de un proceso de fabricación. Si se presenta

un índice bajo del OEE, se procede a corroborar la fuente del error, verificando en cada uno de los tres factores en donde indica el más bajo.

3.5.4. Mejorar

Se mejorará el control del proceso con la implementación de la OEE, esto ayudará con la estandarización del proceso, ya que controlará los demás rendimientos por medio de las siguientes ecuaciones y procedimientos.

Como se ha dicho con anterioridad, la OEE mezcla tres factores por analizar, de los cuales el más común es el rendimiento actual, que ya fue analizado con anterioridad, a los cuales se agregará el factor de disponibilidad y el factor de calidad.

El factor de disponibilidad se calcula por medio de:

$$\text{Disponibilidad \%} = \frac{T_{total} - T_{paros}}{T_{total}} * 100$$

Donde:

T total = tiempo programado de un turno de trabajo.

T paros = tiempo total en que en el proceso se presentan paros.

Y el factor de calidad se calcula por medio de:

$$\text{Calidad \%} = \frac{\text{Desperdicio}}{\text{Producción}_{real}} * 100$$

Por último, la OEE se calcula multiplicando el porcentaje de los tres factores:

$$OEE = \text{Disponibilidad \%} * \text{Rendimiento \%} * \text{Calidad \%}$$

3.5.5. Controlar

Esta es la última fase, consiste en llevarle un control al proceso y a las implementaciones realizadas. Es recomendable realizar el análisis de la OEE una vez al día por cada turno de trabajo, además de ello hacer un resumen mensual de la OEE para cada máquina.

Se tiene que recopilar la información necesaria de los reportes de producción, con ello proceder al cálculo de la OEE para cada turno de trabajo, como se muestra a continuación.

Para el cálculo del factor de disponibilidad se necesita saber el tiempo programado y el tiempo de maquina parada; $T_{total} = 12 \text{ hrs}$, $T_{paros} = 1,25 \text{ hrs}$. Con los datos anteriores se calcula la disponibilidad como se explicó en el inciso anterior, es esta de: 89,58 %.

Para el cálculo del factor de calidad se necesita saber los datos del desperdicio y el de producción real: desperdicio = 8,5 kg, producción real = 733,6 Kg. Con los datos anteriores se calcula el factor de calidad como se explicó en el inciso anterior, es esta de: 98,84 %.

Ya con los índices de los tres factores se procede a calcular la OEE, quedando así:

$$OEE = 84,38 \% * 89,58 \% * 98,84 \%$$

$$OEE = 74,71 \%$$

3.6. Comportamiento y análisis del proceso

Para un mejor análisis del comportamiento del proceso, es necesaria una evaluación. Se tiene que verificar el comportamiento, para evaluar la variabilidad de las características de calidad y si está cumpliendo con las especificaciones. Para este análisis se hará un muestreo en el proceso de extrusión con el ingreso de 25 corridas.

3.6.1. Herramientas estadísticas

Estas ayudaran a indicar si la capacidad de un proceso es alta, si se encuentra bajo control o bien si requieren de inmediatas modificaciones. Dichas herramientas estadísticas son: la media, desviación estándar y los procesos de calidad Cp y Cpk.

3.6.1.1. Capacidad del proceso según el índice Cp y Cpk

Estos índices son la capacidad que tiene el proceso para producir de acuerdo con las especificaciones, dentro de los límites de tolerancia establecidos.

Según el resultado del Cp se puede determinar cómo se encuentra el proceso:

- Si el $Cp > 1,33$ el proceso se encuentra en excelentes condiciones
- Si $1 < Cp < 1,33$ el proceso es adecuado para lo que fue diseñado
- Si $0,67 < Cp < 1$ el proceso no es adecuado
- Si el $Cp < 0,67$ se debe rediseñar el proceso

La capacidad potencial del proceso o Cp, matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$Cp = \frac{\text{Límite especificacion superior} - \text{límite de especificacion inferior}}{6 \text{ veces la desviación estándar}}$$

En un turno de trabajo en el proceso de extrusión, se realiza un muestreo en la medición de la anchura del hilo y se obtienen los siguientes datos: LSE = 2,63 mm, LIE = 2,38 mm y una desviación estándar de 0,04. A partir de la recopilación de estos datos, se puede obtener el índice de capacidad de la siguiente forma:

$$Cp = \frac{2,63 - 2,38}{6 (0,04)} . \quad Cp = 1,04$$

El resultado del Cp es 1,04, lo cual indica que el proceso es el adecuado para lo que fue diseñado.

Con el Cpk se consigue evaluar no solo si la capacidad es de acorde con las tolerancias, sino que si la media del proceso está o no centrada. El resultado del Cpk se puede interpretar de la siguiente forma:

- Si el Cpk < 0, la media del proceso está fuera de especificación
- Si 0 < Cpk < 1, el proceso produce piezas fuera de especificación
- Si Cpk > 1, el proceso produce piezas dentro de especificación

El resultado que se tomará del Cpk será el menor de las siguientes expresiones matemáticas:

$$Cpk_{LSE} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \qquad Cpk_{LIE} = \frac{\mu - LSE}{3\sigma}$$

Por lo tanto, si se sigue teniendo los anteriores datos de los límites de especificación y desviación estándar, además de una media de 2,53, se obtiene:

$$Cpk = \min \left[\frac{2,63 - 2,53}{3(0,04)}, \frac{2,53 - 2,38}{3(0,04)} \right], \qquad Cpk = 1,25$$

El resultado del Cpk es 1,25, esto indica que el proceso está produciendo dentro de las especificaciones.

3.6.1.2. Distribución de frecuencias

Las siguientes herramientas ayudarán a apreciar de una mejor forma los defectos presentados. Para ello se tomaron muestras del proceso de extrusión durante una semana. La información recolectada se presenta en tablas de muestreo y distribución de frecuencias.

Tabla X. Defectos de producción en el proceso de extrusión

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
07:00	11	9	10	7	10
08:00	8	8	5	8	9
09:00	5	5	6	5	10
10:00	3	6	3	4	8
11:00	6	3	3	6	6
12:00	4	3	4	4	3
13:00	5	5	6	4	5
14:00	3	4	5	5	6
15:00	2	7	8	3	3
16:00	1	5	9	4	6
17:00	4	3	4	6	1
18:00	5	6	2	5	2

Fuente: elaboración propia.

Se procede a calcular la distribución de las frecuencias por medio de la clase (K) y el intervalo de clase (I):

$$K = 1 + 3,33 * \log(n), \quad K = 1 + 3,33 * \log(60), \quad K = 6,92$$

$$I = \frac{\text{Dato mayor} - \text{Dato menor}}{K}, \quad I = \frac{11 - 1}{6,92}, \quad I \approx 2$$

Tabla XI. **Distribución de frecuencias de defectos de producción en el proceso de extrusión**

Límites reales	Fi	Xi
0,5 – 2,5	5	1,5
2,5 – 4,5	19	3,5
4,5 – 6,5	22	5,5
6,5 – 8,5	7	7,5
8,5 – 10,5	6	9,5
1,5 – 12,5	1	11,5

Fuente: elaboración propia.

3.6.1.3. Media aritmética

Es el valor característico de una serie de datos, en pocas palabras es el promedio de una muestra. En este caso se indicará cuál es el promedio de los errores de la muestra tomada del proceso de extrusión.

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}, \quad X \approx 5$$

Esto quiere decir que, en esa semana, hubo un promedio de cinco errores en el proceso cada hora.

3.6.1.4. Desviación estándar

Es el promedio cuadrático de las desviaciones respecto de la media aritmética; indica qué tan dispersos están los datos con respecto de la media. Se representa mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + \dots + (X_n - X)^2}{N}}, \quad \sigma = 2,35$$

Esto quiere decir que los errores se desvían de la media aproximadamente dos unidades.

3.7. Métodos estadísticos para la solución de problemas

Es muy notorio que las herramientas estadísticas siempre ayudan a verificar los procesos en las empresas, si estos se aplican de una manera correcta. Por ejemplo, se pudo medir en los incisos anteriores la capacidad que tiene el proceso de extrusión y su situación actual, así como verificar los errores existentes en el proceso y cuántos de estos aproximadamente se presentan en cada hora.

3.8. Manejo de inventarios

Es de mucha importancia tener un buen control de los inventarios, por ello en el siguiente inciso se calculará los pronósticos de producción, para tener una noción de las requisiciones por realizar, para producir esas cantidades. Para ello es necesario el historial de producción mensual en el área de extrusión.

3.8.1. Pronósticos de ventas

Los pronósticos ayudan a hacerse una idea de cuánto se requiere producir para un mes en específico, basándose en el historial de ventas anteriores. Para el caso de la empresa en gestión, se recopilaron los datos de cuantos conos de hilo se produjeron el año anterior para cumplir con las ventas. En base a ellas se pronosticará la producción de agosto a diciembre del año actual.

Tabla XII. **Historial de kilogramos de hilo en el área de extrusión**

No.	Mes	Requerimiento
1	Enero	159 204
2	Febrero	269 910
3	Marzo	303 799
4	Abril	216 250
5	Mayo	124 372
6	Junio	212 120
7	Julio	249 608
8	Agosto	224 615
9	Septiembre	236 084
10	Octubre	256 523
11	Noviembre	254 860
12	Diciembre	309 412

Fuente: elaboración propia, datos tomados del área de extrusión.

Se aplicará el método de promedio móvil ponderado para realizar los pronósticos, dicho método se basa en la siguiente fórmula:

$$P_n = P_{n-1} + \alpha (R_{n-1} - P_{n-1})$$

Donde:

P_n = pronóstico del mes por calcular.

P_{n-1} = pronóstico del mes anterior.

R_{n-1} = requerimiento del mes anterior.

α = constante, de valor = 0,5. Está dada por las causas que puedan afectar la producción como huelgas, fallas, apagones, productos de mala calidad.

Hay una excepción para el pronóstico del primer mes a calcular (en este caso el mes de agosto), este se calcula por medio del promedio de los 4 meses anteriores, es decir, de junio a septiembre:

$$P_8 = (212\ 120 + 249\ 608 + 224\ 615 + 236\ 084) / 4$$

$$P_8 = 230\ 607$$

Entonces se procede a calcular los pronósticos de los meses siguientes de la forma normal, para septiembre sería:

$$P_9 = 230\ 607 + 0,5 (224\ 615 - 230\ 607)$$

$$P_9 = 227\ 611$$

Para octubre:

$$P_{10} = 227\ 611 + 0,5 (236\ 084 - 227\ 611)$$

$$P_{10} = 231\ 848$$

Para los meses siguientes se aplica el mismo método, obteniendo que de noviembre y diciembre quedan como: $P_{11} = 244\ 186$ y $P_{12} = 249\ 523$ respectivamente.

Los resultados de los pronósticos obtenidos se presentarán en la tabla XIII de una forma más ordenada, en la cual también se muestra el error existente,

que no es más que la resta del pronóstico, menos el requerimiento del año anterior.

Tabla XIII. **Pronóstico de producción de hilo en el área de extrusión**

No.	Mes	Requerimiento	Pronóstico
1	Enero	159 204	
2	Febrero	269 910	
3	Marzo	303 799	
4	Abril	216 250	
5	Mayo	124 372	
6	Junio	212 120	
7	Julio	249 608	
8	Agosto	224 615	230 607
9	Septiembre	236 084	227 611
10	Octubre	256 523	231 848
11	Noviembre	254 860	244 186
12	Diciembre	309 412	249 523

Fuente: elaboración propia.

4. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Departamentos o áreas afectadas

El sistema *Lean Six Sigma* se puede aplicar en las diferentes áreas de la empresa, ya que estas áreas están relacionadas unas con otras. Las áreas necesitan mejoras, ya sea en su cultura laboral, compromiso con la dirección y la metodología para desarrollar los procesos. Si se aplican de una manera adecuada estas mejoras, aumentará la eficiencia en los procesos. Se definirá en qué aspectos se puede aplicar la metodología.

4.1.1. Área de extrusión

Es una de las áreas más importantes, ya que es aquí donde se transforma la materia prima en conos de hilo, que son utilizados para los procesos posteriores. A continuación, se definen las características principales del área de extrusión:

- Niveles de la planta: un nivel
- Dimensiones: ancho: 55 m. Largo: 40 m
- Tipo de techo: dos aguas

Enfoque: en esta área donde se buscará reducir el desperdicio y producir el hilo con una mejor calidad, ya que esto representa costos muy significativos. En esta área se aplicará las herramientas del *Lean Manufacturing*, además de medir las capacidades del proceso, para determinar si su realización se encuentra en buenas condiciones y el desarrollo de las herramientas del *Six Sigma*.

4.1.2. Área de tejeduría

Es aquí donde se tejen los hilos, convirtiéndolos en rollos de telas, es un área que genera decibeles de ruido bastante altos producido por los telares. Está afectada por la cultura laboral de parte de los empleados, ya que muchos de ellos no utilizan el equipo de protección personal brindado, esto afecta su salud y, por ende, su productividad. Las características de esta área son:

- Niveles de planta: un nivel
- Dimensiones: ancho: 35 m. Largo: 65 m
- Tipo de techo: dos aguas

Enfoque: se buscará comprometer más a los empleados con la dirección en cuanto al desempeño de sus actividades y de la utilización del equipo de protección personal.

4.1.3. Área de confección

En esta área se realiza el corte y confección de la tela, y esto provoca desperdicio y suciedad.

- Niveles de la planta: un nivel
- Dimensiones: ancho: 55 m. Largo: 32 m
- Tipo de techo: dos aguas

Enfoque: si se aplican las 5S de una manera correcta se podrá aumentar la productividad, ya que reducirá los tiempos perdidos en búsquedas de material y por la mejora en las operaciones ocasionadas por la eliminación de desperdicios por movimientos y transporte.

4.1.4. Bodega

Esta se dividirá en: bodega de materia prima y bodega de producto terminado (cuenta con dos áreas). De las cuales, se darán los aspectos importantes a continuación:

- Bodega de materia prima
 - Niveles de la planta: un nivel
 - Dimensiones: ancho: 55 m. Largo: 30 m
 - Tipo de techo: dos aguas
 - Capacidad de almacenaje: 300 Ton. (aproximadamente)
 - Método utilizado en inventarios: método PEPS

- Bodega de producto terminado
 - Niveles de las plantas: un nivel
 - Dimensiones: 40 x 45 m y 60 x 35 m, respectivamente
 - Tipo de techo: dos aguas

4.2. Balanceo de las líneas de producción

Se aplicará el balanceo de líneas de producción en el área de extrusión para buscar determinar el número ideal de trabajadores que deben asignarse en el área de trabajo. Posterior a ello, se debe realizar un análisis del proceso de extrusión.

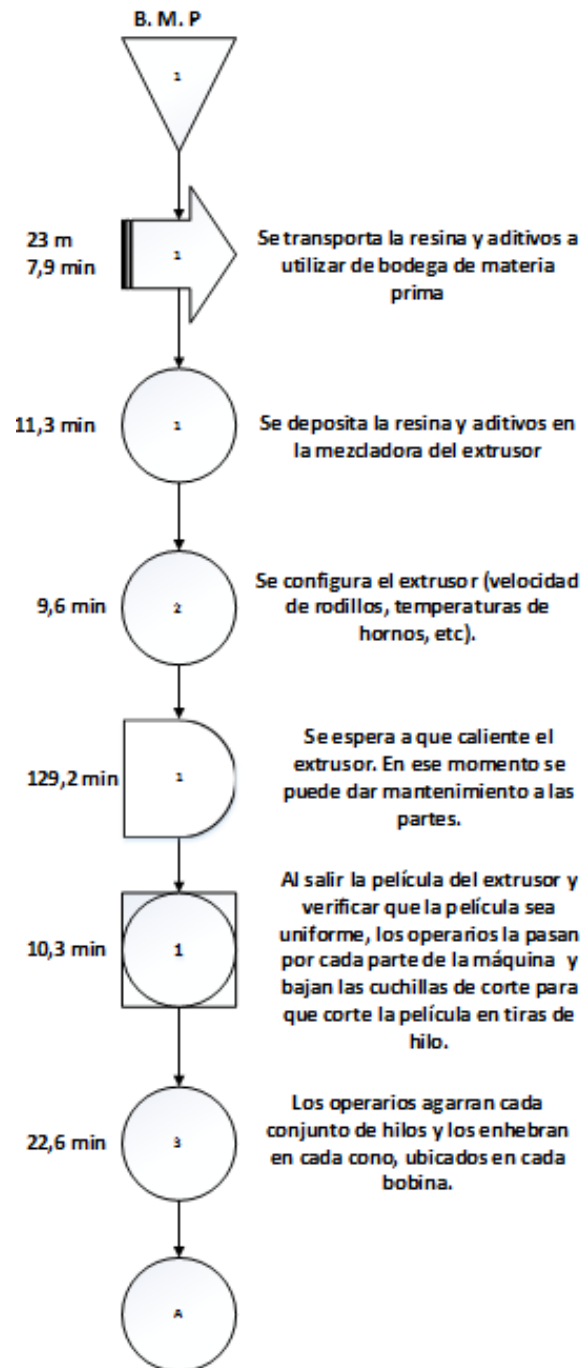
4.2.1. Análisis del proceso

Para realizar el balance de líneas es necesario el análisis del proceso, pero para una mejor comprensión es necesaria la realización de diagramas de flujo, ya que estos representan visualmente el flujo de datos a través de sistemas de información, facilitando su comprensión a los observadores.

En la figura 34 se presenta el diagrama de flujo del proceso de extrusión de hilo para tejidos.

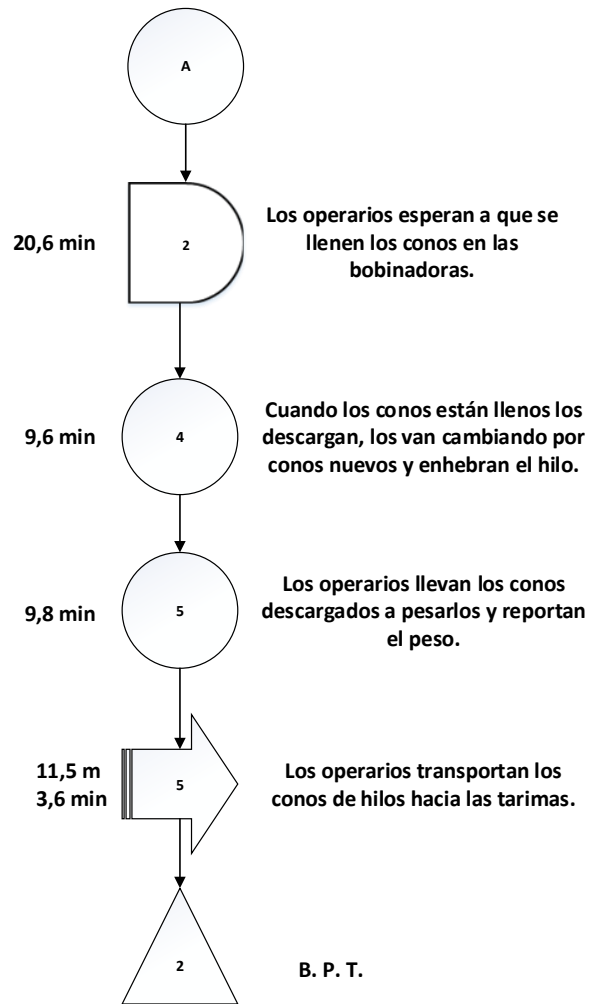
Figura 34. Diagrama de flujo del proceso de extrusión

Departamento: Producción	Hoja: 1/2
Área: extrusión.	Fecha: noviembre de 2017
Proceso: producción de hilo para tejido.	
Realizado por: Rodmy Javier Cermeño	



Continuación de la figura 34.

Departamento: Producción	Hoja: 2/2
Área: Extrusión.	Fecha: noviembre de 2017
Proceso: Producción de hilo para tejido.	
Realizado por: Rodmy Javier Cermeño	



Resumen				
Acción	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación	○	5	62.9	---
Verificación y operación	⊕	1	10.3	---
Espera	D	2	149.8	---
Transporte	⇨	2	11.5	34.5
Bodega	▽	2	---	---
Totales:		12	234.5	34.5

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Desarrollo del balanceo de líneas

Inicialmente para realizar el balanceo de líneas, es necesario el cálculo del *Takt Time*, este es el máximo ciclo de tiempo permitido en que los productos deben ser producidos para satisfacer la demanda. Para este ejemplo se iniciará con una orden de producción de 160 conos de hilo blanco, para un turno de trabajo de 10 hrs (600 min).

$$\textit{Takt Time} (T) = \text{tiempo disponible} / \text{demanda}$$

Para ello se cuenta con los siguientes datos:

Tiempo disponible = 600 min – 60 min (almuerzo) = 540 min.

Demanda = 160 unidades

Sustituyendo se encuentra el *Takt Time*:

$$T = 540 \text{ min} / 160 \text{ unidades} = 3,38 \text{ min/unidad}$$

Ahora se necesita realizar el cálculo del número de operarios teórico (OT) para ver si cumplen o concuerdan con el número actual de operarios, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{No. operarios teórico} = \text{OT} = \text{tiempo de ciclo} / \textit{Takt Time}$$

El tiempo de ciclo es el tiempo en que cada proceso o actividad se ejecuta, siendo esta un proceso de máquina o manual. El resultado del número de operarios se tiene que aproximar de la siguiente manera: aproximar al entero inmediato superior todos aquellos decimales que tengan de 0,201 a 0,99; eliminar los decimales que estén entre 0,01 a 0,20.

A continuación, en la tabla XIV se muestra el cálculo del número de operarios que en teoría debería de tener cada actividad realizada en los procesos, mostrando también el tiempo estándar de cada actividad. Las actividades son algunas descritas en el diagrama de flujo, a continuación, se detallarán dichas actividades y su pertenencia o equivalencia en el diagrama de flujo.

Actividad A: acción y verificación No.1

Actividad B: operación No. 3

Actividad C: espera No.2 + operación No. 4

Actividad D: operación No. 5

Tabla XIV. **Números de operarios teórico**

Actividad	Tiempo de ciclo (min)	Takt time	No. de operarios	No. operarios aprox.
Actividad A	10,33	3,38	3,05	3
Actividad B	22,57	3,38	6,67	7
Actividad C	30,21	3,38	8,93	9
Actividad D	9,85	3,38	2,91	3

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, se calculó cuántos operarios debe haber en cada actividad del proceso, para lo cual, se comparará con el número de operarios actual o real, y así determinar si cada fase del proceso necesita más o necesita menos operarios.

Tabla XV. **Comparación del número de operarios**

Actividad	No. de operarios teórico	No. operarios real
Actividad A	3	3
Actividad B	7	5
Actividad C	9	6
Actividad D	3	2

Fuente: elaboración propia.

4.3. Metodología del mantenimiento integral (5S)

Con la aplicación del mantenimiento integral (5S) ayudará a producir y mantener el producto en mejor calidad, ya que reducirá la contaminación en la planta, esto es de mucha importancia ya que la empresa se rige bajo las normativas HACCP que promueven la higiene.

A continuación, se mostrarán las imágenes como evidencia de la aplicación de las 5S, por consiguiente, en los cinco pasos posteriores se definirá como se obtuvieron los resultados esperados.

Figura 35. **Estantería del área de extrusión después de aplicar las 5S**



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Área de extrusión donde se aplicó las 5S**



Fuente: elaboración propia.

4.3.1. Seiri (seleccionar)

En esta fase se seleccionó los objetivos por cumplir mediante la aplicación de la metodología, que se describirán a continuación:

- Se definieron los criterios de qué era lo que en realidad se necesitaba y qué no.
- Se realizó una lista de qué eran las cosas útiles en las áreas. Como por ejemplo los repuestos de la maquinaria, herramientas y utensilios.
- En base a lo innecesario, se cuestionó si en realidad se podía utilizar a un futuro, de lo contrario se desechó por completo.

4.3.2. Seiton (ordenar)

Después de haber desechado todo lo inútil, se pasó a la fase de ordenar, en esta fase se realizó las siguientes actividades:

- Se determinó la ubicación de lo necesario, dándole prioridad a lo que se utiliza con más frecuencia y se les buscó un lugar que estuviera más al alcance.
- La ubicación se separó en dos secciones: la sección A, que pertenece a los repuestos y utensilios de determinadas maquinas, y la sección B, que pertenece a los repuestos y utensilios del resto de la maquinaria (cada sección se separó en un estante determinado).

4.3.3. Seiso (limpiar)

Después de que hayan quedado sólo los elementos necesarios y hayan sido identificados, se procedió a realizar la limpieza:

- Se limpió cada pieza necesaria antes de almacenarla, quitándoles todo el polvo y suciedad existente, después se procedió a barrer y limpiar toda el área, hasta en los lugares de difícil acceso.
- Se dejó lo más limpio posible, para darle un mejor aspecto visual a las áreas y evitar la contaminación del producto.
- En las áreas de las maquinarias se procedió a limpiar el suelo, la maquinaria y desechar el desperdicio.

4.3.4. Seiketsu (estandarizar)

Una vez realizadas las fases anteriores, se procedió a estandarizar las fases, para poder seguir con el nivel de orden obtenido. Para ello se realizaron las siguientes actividades:

- Se colocaron carteles y señalización para identificar las áreas o secciones.
- Se realizaron listas de los elementos pertenecientes de cada caja ubicada en las estanterías, así como en las áreas restantes.
- Se procedió a realizar una mejor programación para la limpieza y mantenimiento de las áreas.

4.3.5. Sitsuke (mantener)

Como último paso es el de mantener los niveles obtenidos en los pasos anteriores, para esto se realizaron las actividades siguientes:

- Se fomentó la ideología de un trabajo más limpio y ordenado, y la importancia de ello hacia los trabajadores.
- Se limpió y pintó el suelo de ciertas áreas del área de extrusión, para reducir el polvo y la suciedad del lugar.
- Se intensificó el lapso del mantenimiento y limpieza de las áreas para un mejor mantenimiento.

4.4. Kaizen y herramientas *Lean Manufacturing*

Al haber aplicado de manera correcta las diferentes herramientas que componen el *Lean Manufacturing*, se puede mejorar la productividad de los procesos, la reducción de los desperdicios y tiempos. Pero para mantener ese nivel es necesario la mejora continua, el seguir aplicando de forma correcta la metodología *Lean Manufacturing*. Así como inculcar en los colaboradores una ideología *Lean*, así como capacitación de seguridad industrial, ya que se buscará también reducir los accidentes dentro de la empresa, ya que los accidentes afectan y tienen un impacto negativo en todos los sentidos.

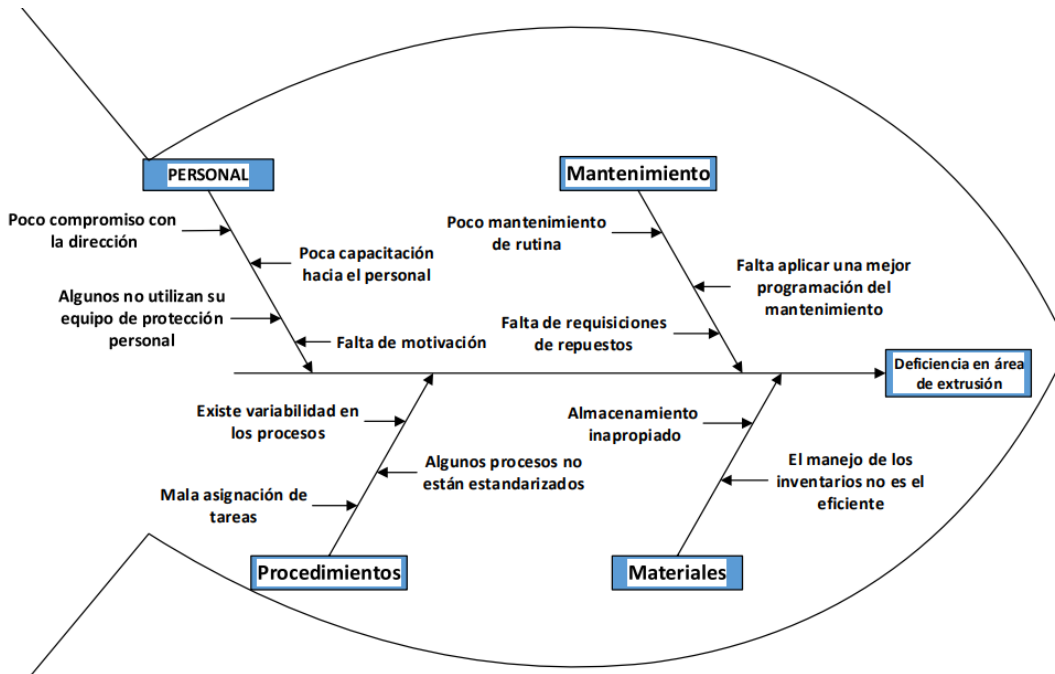
Se buscará el comprometer a la dirección con capacitaciones más frecuentes hacia el personal, para fomentar el trabajo más limpio y seguro, el dar a conocer las herramientas que brindan el *Lean Manufacturing* así como sus beneficios.

4.4.1. Diagrama causa y efecto

Se realizará un diagrama causa y efecto para el área de extrusión, para ver a fondo las raíces de los problemas actuales de dicha área, para tener una mejor visualización y así darles una posible solución.

A continuación, en la figura 37 se mostrará el diagrama de causa y efecto de los problemas que presenta el área de extrusión, para que las herramientas de *Lean Manufacturing* se puedan enfocar en las causas de los problemas.

Figura 37. Diagrama de causa y efecto en el área de extrusión



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura anterior, se detallaron las causas de los problemas existentes en diferentes ámbitos, los cuales se detallarán los causales y las soluciones.

- **Ámbito personal**
 - **Causales**
 - Poco interés en las metas por desarrollar
 - Inexperiencia en sus actividades

- Soluciones
 - Programar una mejor capacitación del desarrollo de sus actividades, promover las herramientas de *Lean Six Sigma* y los beneficios de estas.
 - Aumento de la capacitación de seguridad industrial y la importancia de esta.

- **Ámbito de mantenimiento**
 - Causal
 - Mala programación del mantenimiento preventivo.

 - Soluciones
 - Crear una mejor programación del mantenimiento preventivo, así como el aumento del mantenimiento de rutina.
 - Aumento del inventario de repuestos y herramientas.

- **Ámbito de procedimientos**
 - Causal
 - Existente variabilidad en los procesos

 - Soluciones
 - Estandarizar los procesos, así como la aplicación de las herramientas *Lean Six Sigma* dadas en todos los incisos anteriores.

- **Ámbito de materiales**
 - **Causal**
 - Manejo de inventarios no es muy eficiente.
 - **Soluciones**
 - Aplicación de pronósticos para una mejor noción de lo necesario en los procesos.

4.4.2. Diagrama hombre-máquina

Se aplicará el diagrama, para la representación gráfica que implica la relación de los operarios con las máquinas, esto ayudará a conocer el tiempo empleado por los operarios al igual que el empleado por la máquina en el área de extrusión.

El diagrama se realizará en el proceso de “torchado”, el cual queda ubicado en el área de extrusión, este proceso consiste en que una máquina “torchadora” junte dos conos de hilo simple y aplica torsión, formando una sola unidad entrelazada. La máquina torchadora utilizada en el área de extrusión tiene la capacidad para producir doce conos torchados (24 conos simples antes de ser torchados).

Para realizar el diagrama hombre-máquina en la máquina torchadora, se realizará las siguientes acciones:

- Se determinará de dónde va a empezar y dónde va a finalizar el proceso = desde el transporte de los conos hasta su descarga.

- Se procederá a dividir los elementos de la operación = transporte de los conos, carga de conos, configuración de la máquina, arranque de máquina y descarga de los conos.
- Después de tener los elementos del proceso, se procede a medir el tiempo de cada uno.
- Se seleccionará una distancia representativa del tiempo = cada dos minutos.
- Luego colocar los tiempos del operario, incluyendo los tiempos inactivos.

De igual manera colocar los tiempos de la máquina, estos tiempos serán presentados con la siguiente simbología, quedando de la siguiente forma:

Tabla XVI. **Simbología de tiempos para diagramas hombre-máquina**

		Para operarios	Para máquinas
■	Línea continua o cuadro lleno	Tiempo de trabajo	Máquina en actividad
	Línea punteada		Tiempo de preparación o descargas
	Línea discontinua o espacio en blanco	Tiempo muerto o tiempo de ocio	Inactividad

Fuente: elaboración propia.

- Al finalizar el diagrama, se colocará el tiempo total del operador y de la máquina, así como el tiempo de ocio y el tiempo de máquina parada.

Para realizar el diagrama y obtener los porcentajes de utilización, se deben utilizar las siguientes formulas:

Ciclo total del operador = preparar + hacer + retirar

Ciclo total de la máquina = prepara + hacer + retirar

Hacer = tiempo productivo de la máquina

Espera = tiempo improductivo del operario

Ocio = tiempo improductivo de la máquina

Porcentaje de utilización del operario = tiempo productivo operario /
tiempo del ciclo total

Porcentaje de la máquina = tiempo productivo de la máquina /
tiempo del ciclo total

Los tiempos cronometrados que se utilizarán en el diagrama, son la media de los tiempos cronometrados de cinco corridas, realizadas en el proceso. A continuación, se presenta el diagrama hombre-máquina para el proceso de torchado, el cual se realiza de la siguiente manera.

Figura 38. **Diagrama hombre-máquina de máquina torchadora en el área de extrusión**

Operación: torchado de conos de hilo		Fecha: diciembre de 2017	
Tipo de máquina: torchadora		Realizado por: Rodmy Javier Cermeño Torres	
Departamento: extrusión		Método: propuesto	
Inicio de proceso: configuración de la máquina		Fin del proceso: descarga de hilos torchados	
OPERADOR		MÁQUINA TORCHADORA	
Trae conos	2,0 min.	Inactividad	
	4,0 min.		
	6,0 min.		
Carga conos en máquina	8,0 min.	Carga	
	10,0 min.		
	12,0 min.		
	14,0 min.		
	16,0 min.		
Configura la máquina	18,0 min.	Tiempo de preparación	
	20,0 min.		
	22,0 min.		
	24,0 min.		
	26,0 min.		
	28,0 min.		
Arranca la máquina	30,0 min.	Torchado de conos	
Tiempo ocio	32,0 min.		
	34,0 min.		
	36,0 min.		
	38,0 min.		
	40,0 min.		
	42,0 min.		
	44,0 min.		
	46,0 min.		
	48,0 min.		
	50,0 min.		
	52,0 min.		
	54,0 min.		
	56,0 min.		
	58,0 min.		
	60,0 min.		
	62,0 min.		
	64,0 min.		
	66,0 min.		
	68,0 min.		
70,0 min.			
72,0 min.			
74,0 min.			
Descarga conos	76,0 min.	Descarga	
	78,0 min.		
	80,0 min.		

Fuente: elaboración propia.

Con la información hallada en el diagrama y con las fórmulas ya definidas, es posible calcular los porcentajes de uso.

Ciclo total operador = $7,54 + 8,84 + 13,09 + 3,13 + 42,65 + 5,04 = 80,29$ min

Ciclo total máquina = $7,54 + 8,84 + 13,09 + 45,78 + 5,04 = 80,29$ min

Tiempo productivo operario = $7,54 + 8,84 + 13,09 + 3,13 + 5,04 = 37,64$ min

Tiempo productivo máquina = $45,78$ min

Porcentaje de utilización del operario = $(37,64 / 80,29) * 100 = 46,88$ %

Porcentaje de la máquina = $(45,78 / 80,29) * 100 = 57,02$ %

Tabla XVII. **Resumen del diagrama hombre-máquina**

Resumen	Tiempo de ciclo	Trabajo	Ocio	Utilización
Operador	80,29 min	37,64 min	42,65 min	46,88 %
Máquina	80,29 min	45,78 min	7,54 min	57,02 %

Fuente: elaboración propia.

Para obtener un mejor análisis es necesario comprender los siguientes principios:

- Si el tiempo de ocio del operario es mayor que el tiempo ocio de la máquina, entonces el hombre puede atender más de una máquina.
- Si el tiempo de ocio del operario es menor que le tiempo ocio de la máquina, entonces la máquina necesita ser atendida por más operarios.

Si se basa en los argumentos anteriores, se puede deducir que el tiempo ocio del operario (42,65 min) es mayor que el tiempo ocio de la máquina (34,51 min), esto representa que el operario puede brindar ayuda en las otras máquinas del área de extrusión que lo necesiten, así como realizar trabajos manuales.

4.5. *Layout* por implementar

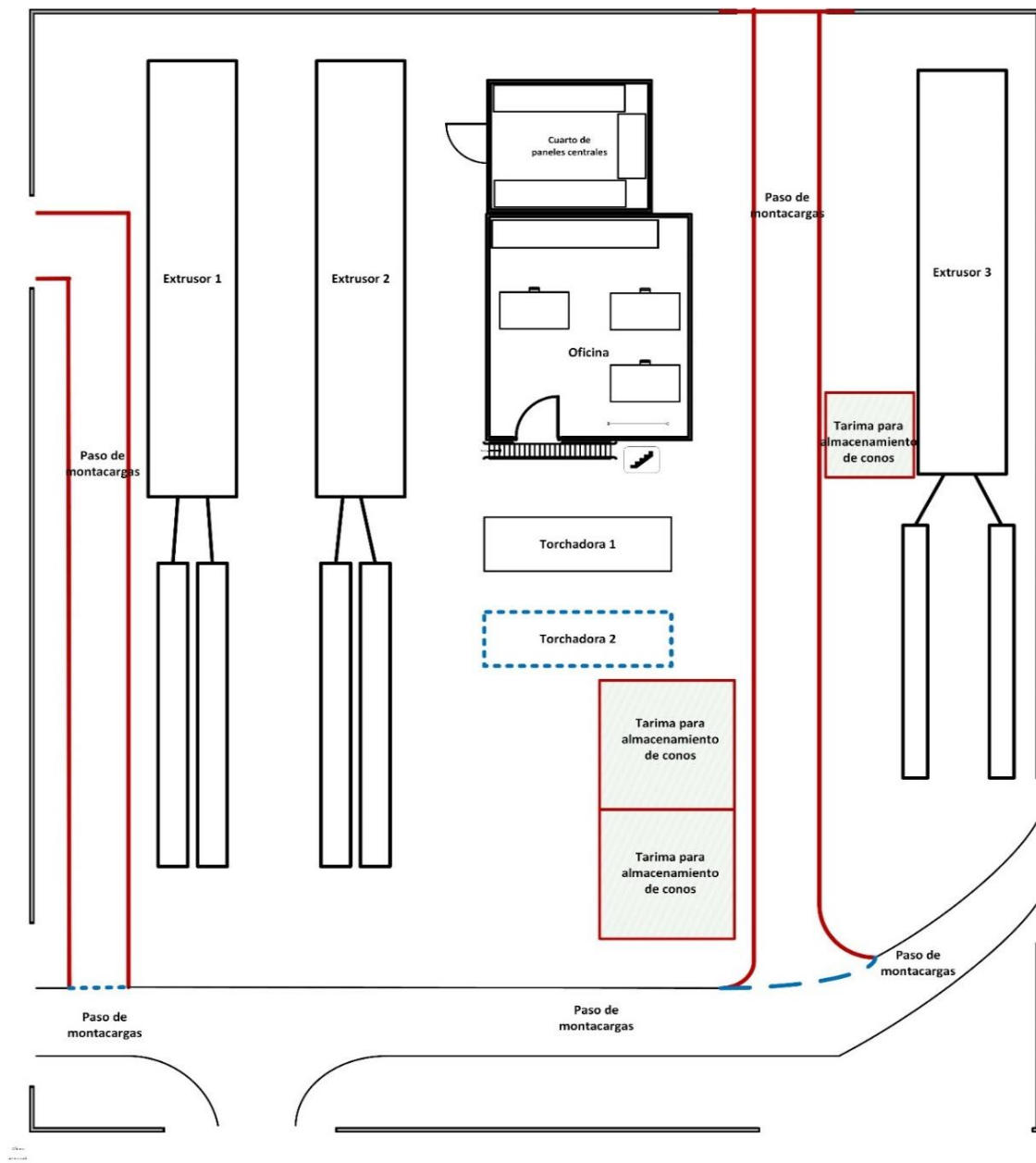
Es de mucha importancia contar con una buena elaboración del *Layout*, ya que se tiene que aprovechar los recursos y elementos con que cuenta el área. Se hará una mejora al *Layout* actual del área de extrusión de la empresa, que abarcará varios aspectos, los cuales se darán más detalles a continuación. En las figuras que se podrán observar más adelante, el área de extrusión se encuentra aledaña por el área de telares, que se encuentran en la parte este y oeste del área de extrusión, en la parte norte se encuentra la bodega de materia prima y en el sur el área de impresión.

Sabiendo esto, se puede mejorar las vías del transporte del montacargas, ya que se puede utilizar una vía alterna del área de bodega (norte) rodeando el área de telares (este) para llegar al área de extrusión, ya que al pasar el montacargas directamente a través del área de extrusión interrumpe el trabajo de los empleados, lo cual si no están concentrados pueden atravesárseles al montacargas y sufrir un accidente. Por ello, se modificarán las vías de acceso del montacargas, así como la modificación del posicionamiento de las tarimas de producto terminado para que el montacargas las transporte.

También se mejoró la señalización del área de extrusión, ya que esta no contaba con la señalización suficiente para una mejor aplicación de la seguridad industrial y la prevención de accidentes. En el nuevo se colocará la señalización adecuada, conteniendo las rutas de evacuación, señalización para extintores, carteles de prohibición y precaución. Otro aspecto es el traslado e instalación de otra máquina torchadora, que se encontraba en el área de telares, ya que como se puede observar en el diagrama hombre-máquina, el operario posee mucho tiempo ocio y podría manipular las dos máquinas, así que sería mejor tener las dos torchadoras en una sola área.

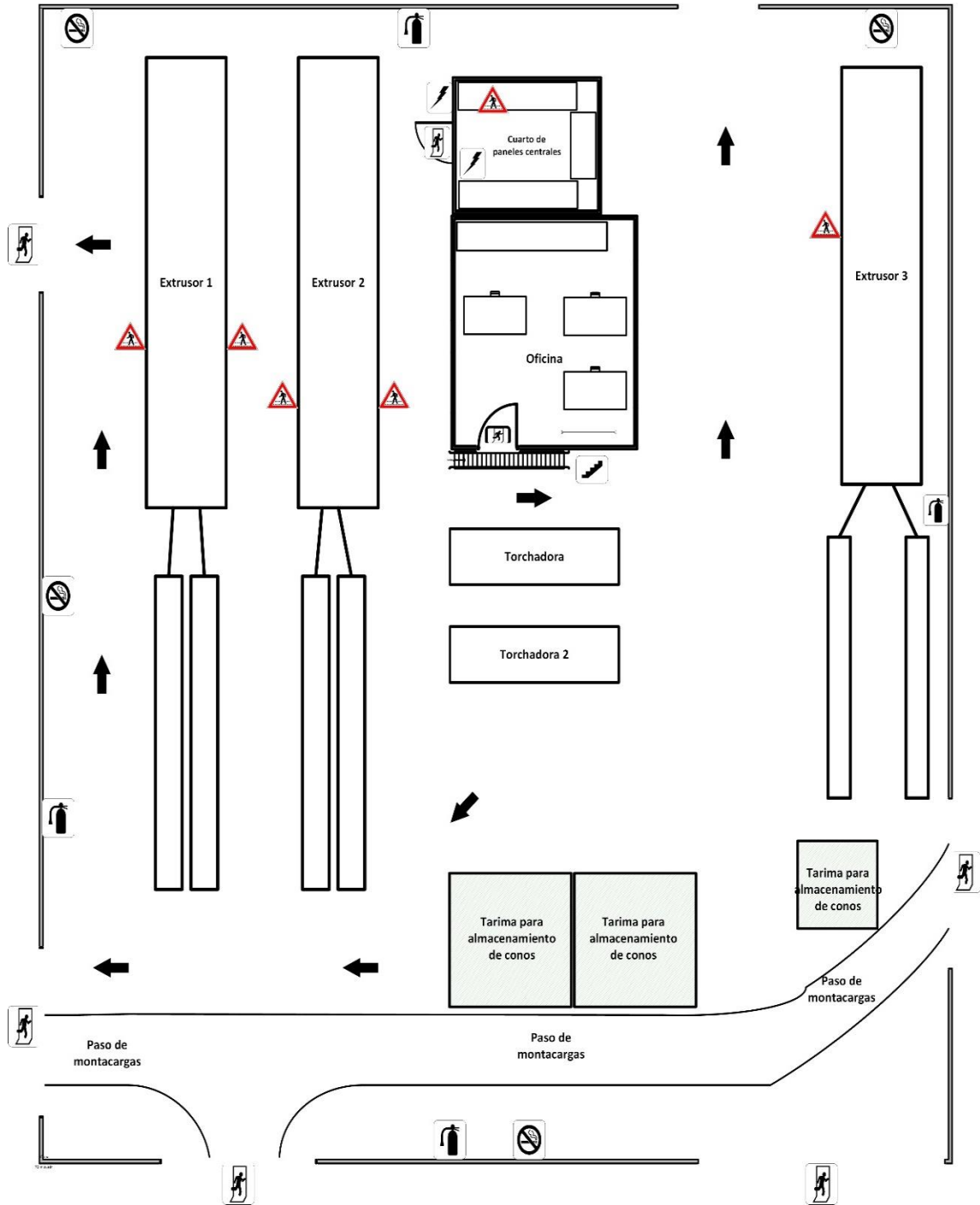
A continuación se mostrarán las figuras respectivas. Es importante destacar que en la primera figura se marca en línea roja los elementos por quitar o modificar, y en línea punteada azul aquellos elementos por implementar.

Figura 39. **Layout anterior del área de extrusión**



Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Layout por implementar en el área de extrusión**



Fuente: elaboración propia.

4.6. Aplicación de metodología *Six Sigma*

El *Six Sigma* se basa o se centra en la metodología DMAIC, como se ha desarrollado anteriormente, llevando a cabo las cinco fases se podrá conseguir los beneficios que brinda la metodología, y así poderlo aplicar a todas las áreas restantes de la empresa, además de aplicar las herramientas estadísticas desarrolladas.

4.6.1. Factores de medición

Para saber si la metodología *Six Sigma* se está llevando de una manera correcta existen diferentes factores que pueden indicarlo, la mayoría de ellos ya se presentaron en los capítulos anteriores, estos serán detallados a continuación:

- Medía y desviación estándar

Si al realizar muestreos en los procesos, y al hallar la media y la desviación estándar estas no sean estables, quiere decir que el proceso está fuera de control y su variabilidad es mayor que la natural.

- Índices de capacidad

Los índices de capacidad ya descritos en el capítulo 3, son el índice Cp y Cpk. El índice Cp debe ser mayor que 1,33 para tener el potencial de cumplir con especificaciones que se estableció en la empresa.

- Eficiencia

La eficiencia se refiere a lograr las metas con la menor cantidad de recursos. La eficiencia busca ahorro o reducción de recursos al mínimo. Si el resultado del cálculo de la eficiencia en el proceso es alto, quiere decir que se están aprovechando bien los recursos, sin presentar tantas fallas ni desperdicios en el proceso.

- Nivel sigma

La esencia del *Six Sigma* es la medición, alcanzar un sigma nivel seis significaría la excelencia en cualquier proceso. Con un buen nivel sigma presentado en el proceso significaría que este es estable y no presenta mucha variabilidad respecto a las especificaciones establecidas.

4.6.2. Factores o puntos críticos de la calidad

Los parámetros críticos de la calidad (CTQ, por las iniciales en inglés de: *critical to quality*) es la característica que satisface los requerimientos claves para el proceso, lo más importante es que estos requerimientos vienen desde las necesidades que posee el cliente.

Si se tuviera que expresar matemáticamente el CTQ, sería:

$$y = f(x)$$

Donde:

y = CTQ del cliente o el factor a mejorar utilizando *Lean Six Sigma*.

f(x) = los factores que afectan el CTQ.

La función anterior indica qué y está en función de x, en otros términos, el CTQ está en función de las operaciones internas, expresado de otra manera, lo que el cliente experimenta es consecuencia de los procesos internos para elaborar el producto.

Para una mejor obtención de los puntos críticos de la calidad se tiene que enfocar en:

- La medición de las opiniones de los clientes.
- Establecer los factores críticos de calidad (CTQ).
- Y la obtención de los resultados del producto, que son: el rendimiento, rendimiento acumulado.

Otros factores que indicarán si se cumple con las especificaciones de la calidad, también es el factor de calidad, el cual anteriormente se había definido como Y el factor de calidad se calcula por medio de:

$$Calidad \% = \frac{Desperdicio}{Producción_{real}} * 100$$

Esto indica que existe una relación directa entre la producción y el desperdicio que se genera, si el porcentaje de calidad es bajo, por ende, el desperdicio existente es demasiado, y esto indicaría que no se está aplicando bien la metodología *Lean Six Sigma*, ya que esta busca reducir el desperdicio.

4.7. Medición de la eficiencia

Para conocer el impacto que ha tenido aplicar las metodologías en la empresa, es necesario medir la eficiencia en el proceso, ya que esta medirá el

rendimiento que presenta el proceso después de aplicar la metodología *Lean Six Sigma*.

La eficiencia ya se había calculado en el capítulo 2, antes de haber aplicado la metodología, esto servirá para tener una comparativa de la eficiencia anterior y posterior a haber aplicado la metodología.

4.7.1. Eficiencia general de los equipos

Como ya se ha explicado con anterioridad, la eficiencia indicará cómo se encuentra el proceso, si se está cumpliendo con los requerimientos y si se está produciendo con calidad.

En la siguiente tabla se muestran las bobinas totales producidas y las bobinas defectuosas, que hacen referencia al rechazo interno.

Tabla XVIII. **Rechazo interno del área de extrusión después de implementar *Lean Six Sigma***

Mes	Bobinas totales	Bobinas rechazadas
Septiembre	112 258	378
Octubre	108 896	327
Noviembre	94 541	275
Diciembre	129 541	492
Total	445 236	1 472

Fuente: elaboración propia, información brindada por la empresa.

Con los datos anteriores se procede a obtener el porcentaje de rechazo, por medio de la ecuación:

$$\%Rechazo = (\text{Cantidad rechazada} * 100) / \text{Piezas totales}$$

Sustituyendo los datos anteriores, se obtiene:

$$\%Rechazo = (1\ 472 * 100) / 445\ 236 = 0,3306 \%$$

El resultado anterior indica que el 0,3306 % de las bobinas son defectuosas, por ende, son rechazadas. Para obtener el rendimiento simplemente se resta el 100 % menos el porcentaje de bobinas rechazadas, de la siguiente manera:

$$\%Rendimiento = 100 \% - 0,3306 \%$$

$$\%Rendimiento = 99,6693 \%$$

4.8. Medición del nivel sigma

El nivel sigma del proceso, indicará qué tan lejos se encuentra de la meta, la cual para cualquier empresa es alcanzar el nivel seis sigma. Alcanzar este nivel indicaría tener procesos casi perfectos y sin errores.

Igual que en el caso anterior, el nivel sigma ya fue calculado en el capítulo 2, para luego compararlo con el presentado después de aplicar la metodología.

4.8.1. Nivel sigma en proceso de extrusión

Para el cálculo del nivel sigma en el proceso de extrusión se necesita utilizar el rendimiento recién hallado en la sección anterior, esto se hace basándose en la tabla de nivel sigma ya presentada en los demás incisos, pero que será presentada nuevamente para verificar que el rendimiento antes encontrado se encuentre en dicha tabla, si no habría que interpolar.

Tabla XIX. **Tabla de conversión del rendimiento de un proceso al nivel sigma**

Rendimiento (%)	Nivel sigma
99,999666	6
99,997	5,5
99,977	5
99,87	4,5
99,38	4
97,73	3,5
93,32	3
84,13	2,5
69,15	2
50,0	1,5
30,85	1

Fuente: elaboración propia, con información de <http://asesoria-s.es>.

Se puede verificar que el rendimiento de 99,6693 % no se encuentra en la tabla anterior, por ende, se procederá a interpolar. A continuación, se hará la interpolación a partir de los datos de la tabla XX.

Tabla XX. **Interpolación para obtención del nivel sigma**

Rendimiento (%)	Nivel sigma
99,87	4,5
99,67	x
99,38	4

Fuente: elaboración propia.

Interpolación:

$$\frac{99,87 - 99,67}{99,87 - 99,38} = \frac{4,5 - x}{4,5 - 4} = 4,30 \sigma$$

El nivel sigma en el proceso de extrusión después de las implementaciones es de 4,30.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA

5.1. Resultados obtenidos

A lo largo del estudio y aplicación de la metodología *Lean Six Sigma* se lograron reunir varios resultados importantes, datos que sirven para la verificación del estado de los procesos de la empresa que se dedica a la confección de tejido de polipropileno.

Los resultados obtenidos servirán para la comparación con los objetivos y metas trazadas, y ver el cumplimiento o el alcance obtenido. Mediante a la aplicación de la metodología y de las herramientas estadísticas se logró el cálculo de los resultados esperados, logrando obtener mejoras en los procesos, mejoras muy significativas que pueden llegar a ahorrarle un gran costo a la empresa.

5.1.1. Interpretación

Es de mucha importancia la interpretación de los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del sistema *Lean Six Sigma*. Por ello, algunos de estos se detallarán a continuación y como estos pueden ser interpretados, y a la vez poder ser calculados en un futuro, para mantener en control los procesos y el seguimiento de las mejoras en la empresa.

- Índice Cp

Al calcular el Cp el resultado fue de 1,04, esto indicó que el proceso de extrusión es bueno, lo ideal sería mantenerlo arriba de 1,33 para que se encuentre en excelentes condiciones.

- Rendimiento

El cálculo del rendimiento después de la implementación fue de 99,6693 %, esto indica que en los procesos de extrusión casi no hubo conos rechazados o que contenían defectos.

- Nivel sigma

Después del desarrollo del sistema *Lean Six Sigma* se calculó el nivel sigma del proceso, el cual fue de 4,30, indica que el proceso está en óptimas condiciones. La meta de toda empresa debería ser llegar al nivel seis, esto indicaría que en los procesos no existe ningún defecto.

5.1.2. Aplicación

El cálculo de todos los resultados obtenidos y en sí el sistema, se pueden aplicar en las demás líneas de producción con que cuenta la empresa dedicada a los tejidos de polipropileno. Ya que aumentará la eficiencia en los procesos y ayudará a controlar los mismos.

5.2. Análisis del cumplimiento de los objetivos

Con el desarrollo del sistema *Lean Six Sigma* en la empresa, se logró alcanzar los objetivos trazados o que se pretendían alcanzar.

Uno de los objetivos de mayor importancia es el de reducir los defectos en los procesos, en este caso se logró reducir los defectos en el proceso de extrusión de conos de hilos para sacos, lo cual significa que la empresa se ahorraría el tiempo y los recursos para llevar a cabo el reproceso y la disminución del desperdicio.

5.2.1. Comportamiento del proceso

Con las mejoras que se implementaron, se pretende reducir la variabilidad del proceso, por medio de los nuevos sistemas de control implementados, con ello se logra reducir el tiempo en que se puede detectar las variabilidades existentes en el área de extrusión, para aplicar las respectivas correcciones del proceso.

La rápida acción ante las variaciones durante el proceso, ayudan a mantener los índices de rechazo en niveles aceptables. La variabilidad indicará como se está comportando el proceso y dependiendo de ella se tomarán las respectivas actividades correctivas.

5.3. Beneficios obtenidos

A lo largo del desarrollo del sistema en la empresa dedicada a los textiles de polipropileno, se lograron obtener muchos beneficios, que se pueden separar en beneficios internos y externos, que a continuación se definirán.

5.3.1. Beneficios internos

Muchos son los beneficios que conlleva la buena aplicación de la metodología *Six Sigma*, al aplicarla en la empresa en cuestión, se lograron

obtener muchos de estos beneficios, de los cuales se pueden detallar:

- Reducción de defectos en el proceso: al aplicar la metodología en el área de extrusión se logró reducir la cantidad de conos de hilos que presentaban defectos o bien que se rechazaban. Esto representa una disminución de los costos de la empresa ya que se ahorra el reproceso y el manejo de los desechos.

En la siguiente tabla se mostrará la comparativa del número de conos defectuosos presentados en cuatro meses, antes y después de aplicar la metodología *Lean Six Sigma*.

Tabla XXI. **Comparativa de bobinas de hilo con defectos**

Antes de la metodología		Después de la metodología	
Meses	Bobinas defectuosas	Meses	Bobinas defectuosas
Enero	1 281	Septiembre	378
Febrero	687	Octubre	327
Marzo	898	Noviembre	275
Abril	617	Diciembre	492
Total	3 483	Total	1 717

Fuente: elaboración propia.

- Aumento del rendimiento en área de extrusión: se logró el aumento del rendimiento del proceso de extrusión, esto indica que se aprovecha mejor los recursos y el tiempo empleado en cada actividad, lo cual es de mucho beneficio tanto como el área de extrusión como para la empresa.

Por medio de la obtención de las bobinas con defectos y el total de bobinas producidas en los meses indicados, se pudo deducir el rendimiento, este fue de: 99,26 % (antes del desarrollo de la metodología) y 99,6693 % (después del desarrollo de la metodología)

- Mejor distribución del personal: a lo largo del desarrollo del trabajo de graduación se logró una mejor distribución de los operadores en las maquinas extrusoras, así como la determinación de cuantos operarios necesita las máquinas torchadoras.
- Procesos más limpios: con la implementación de la metodología, en especial el sistema de las 5S, se logró obtener áreas de trabajo y procesos más limpios, los cual aumenta la calidad del producto.
- Mejor control del proceso: con la implementación de las mejoras, se logra reducir el tiempo en que se controla el proceso de extrusión, así como la determinación de la variabilidad del proceso.

5.3.2. Beneficios externos

Al desarrollar la metodología *Lean Six Sigma*, también se logra obtener beneficios externos: mayor satisfacción del cliente, al implementar la metodología se logra la obtención del producto con mejor calidad, y ya que el producto es lo que se entrega a los clientes, por ende, aumentará su satisfacción.

Y esto beneficiará a la empresa al ganar mejor reputación en el mercado de textiles de plásticos.

5.4. Evaluación del mantenimiento integral (5S)

Es necesaria la constante evaluación y verificación del mantenimiento integral (5S) para seguir obteniendo mejoras y beneficios. Para esto se presentará a continuación un formato de evaluación del mantenimiento integral.

Figura 41. Formato de evaluación de las 5S

FORMATO PARA EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO INTEGRAL 5S		
Área a evaluar:	_____	Fecha: _____
Evaluador:	_____	_____
Criterios de calificación:		
Sí = Aún hay problemas. No = No hay problemas		
SEIRI - SELECCIONAR		
Descripción	Calificación	Observaciones
¿Aún hay material o herramientas inútiles o innecesarias en el área de trabajo?		
¿Aún hay herramientas en mal estado o que ya no sirvan?		
¿Hay cofias, mascarillas o papeles que son innecesarios?		
SEITON - ORDENAR		
Descripción	Calificación	Observaciones
¿Hay materiales que están fuera de su lugar asignado?		
¿Existe desorden en los suelos o área de trabajo?		
¿Los materiales están al alcance de los usuarios?		
SEISO - LIMPIAR		
Descripción	Calificación	Observaciones
¿Existe suciedad en el área de trabajo?		
¿Qué tan limpios están los suelos y paredes del lugar?		
¿Los equipos y herramientas están sucios?		
SEIKETSO - ESANDARIZAR		
Descripción	Calificación	Observaciones
¿El personal aún realiza las operaciones de forma inadecuada?		
¿La señalización del área y clasificación de herramientas es ineficiente?		
¿Es ineficiente el mantenimiento del área?		
SITSUKE - MANTENER		
Descripción	Calificación	Observaciones
¿El personal desconoce las 5's y no se ha dado capacitación acerca de ello?		
¿El personal aún no aplica los principios de orden y limpieza?		

Fuente: elaboración propia.

5.5. Desechos

Como se ha visto a lo largo del desarrollo del proyecto de graduación, los desperdicios representan costos para cualquier empresa, ya que estos implican reprocesos y recursos gastados innecesariamente, en este caso, los desperdicios son las bobinas con defectos, las cuales no pueden ser utilizadas y son desechadas y consideradas desperdicio. Ahora se comparará el desperdicio generado antes y después del desarrollo de la metodología *Lean Six Sigma*.

De los meses de enero a abril (antes del desarrollo de la metodología) se presentaron 3 483 bobinas defectuosas, de un total de 467 551. Representa el 0,74 % de desperdicio.

De septiembre a diciembre (después del desarrollo de la metodología) se presentaron 1 717 bobinas defectuosas, de un total de 445 236. Representa el 0,33 % de desperdicio.

5.5.1. Manejo de desechos

La empresa actualmente maneja adecuadamente los desperdicios generados, ya que cuenta con el área de desechos, en esa área cuenta con dos máquinas “tiburonerías” las cuales funden los desechos generados y los convierten a materia prima utilizable para los procesos de extrusión.

Cabe resaltar que debido a la mezcla de los colores se genera un material negro, el cual solo puede utilizarse para denieres de color negro, mayoritariamente para pita y lazo. Gracias a la reducción de los desechos en los procesos de extrusión, se puede ahorrar tiempo y recursos en el área de desechos.

5.6. Auditorías

Para darle un mejor seguimiento al sistema *Lean Six Sigma*, y ver que se esté llevando a cabo correctamente, es necesaria la realización de auditorías; para alcanzar mejores resultados es recomendable la realización de auditorías internas y auditorías externas.

5.6.1. Externas

Es recomendable que la empresa contrate auditorías externas de *Lean Six Sigma*, para ello existen muchas organizaciones encargadas de certificar en *Lean Six Sigma* a las empresas o bien a los empleados de estas. En lo que consiste es en que un experto en *Lean Six Sigma* (de preferencia *Black Belt* o cinturón negro) asesore periódicamente a los jefes de área con las herramientas *Lean Six Sigma*, para que estos puedan aplicarlas a sus respectivas áreas. A la vez, el *Black Belt* ayuda a gestionar y aplicar las herramientas en cada área, dando la opción de certificarse a los que recibieron el entrenamiento (con un coste adicional para el derecho a examen para la certificación) para que el personal también este certificado y sean *Green Belt*.

5.6.2. Internas

Las auditorías internas son propias de la empresa, ayudarán a llevar un mejor control de la continuidad de la metodología.

- ¿Quién realiza las auditorías internas?

Las auditorías internas serán lideradas por el jefe del departamento de calidad de la empresa. Así como las personas que él asigne, quienes pueden rotar en cada auditoría.

- Funciones desarrolladas por los auditores internos
 - Preparar los documentos y asignar tareas correspondientes a los auditores.
 - Visitar las áreas de la empresa y conversar con los jefes de área.
 - Realizar la evaluación de las áreas, calificando los puntos críticos de la calidad.
 - Presentar los informes del estado de las áreas de producción.

- ¿A cada cuánto tiempo se harán las auditorías?

Preferiblemente realizar las auditorías cada dos semanas. De preferencia tienen que ser inesperadas.

- Documentos para auditorías

El equipo auditor deberá preparar los siguientes documentos para llevar a cabo las auditorías:

- Listas de verificación de los elementos por calificar y del seguimiento del sistema.
 - Reportes de la no conformidad.
-
- Objetivos de las auditorías en la empresa:

- Que al sistema se le esté dando un seguimiento, así como el control del desarrollo de las mejoras.
- Llevar un control de las actividades y mejoras realizadas.
- Determinar si las actividades y los resultados cumplen con lo planificado.

A continuación, se presenta un ejemplo de los documentos con los aspectos que se deberían evaluar en una auditoría, en el departamento de producción de la empresa.

Figura 42. **Formato para evaluación en auditorías internas en áreas de producción**

FORMATO PARA EVLUACIÓN DE ÁREAS EN AUITORÍAS INTERNAS	
Área por evaluar: _____	Fecha: _____
Auditor: _____	
Criterios de calificación:	
1 = Muy malo. 2 = Malo. 3 = Regular. 4 = Bueno. 5 = Muy bueno	
ELEMENTOS	CALIFICACIÓN
<u>Control del proceso</u>	Calificación
Estado de las pizarras de control	
pizarras de control con los registros semanales actualizados	
Calculo de la eficiencia, calidad y disponibilidad	
Calculo de la OEE	
	Acumulado:
<u>Variabilidad del proceso</u>	Calificación
Utilización del programa de control de variabilidad	
Reportes de variabilidad del proceso	
Estado de la variabilidad del proceso	
	Acumulado:
<u>Orden y limpieza</u>	Calificación
Estado de equipos y herramientas	
Estado de pasillos y vías de caminamiento	
Limpieza personal de los colaboradores	
Seguimiento de las 5S	
Aplicación de las buenas prácticas de manufactura	
	Acumulado:
<u>Seguridad industrial</u>	Calificación
Estado de señalizaciones en el área	
Uso de equipo de protección personal de los colaboradores	
	Acumulado:
<u>Calidad del producto</u>	Calificación
Manejo de materia prima	
Estado del producto final	
Manejo de desechos	
	Acumulado:
<u>Capacitaciones</u>	
Integración del personal con el sistema Lean Six Sigma	
Capacitación del personal con las tareas por realizar	
Capactiación de seguridad industrial	
	Acumulado:
	Total:
Criterios de calificación:	
De 20 a 40 = estado del área muy malo	De 41 a 60 = estado del área malo
De 61 a 70 = estado del área regular	De 71 a 80 = estado del área Bueno
De 81 a 90 = estado del área muy bueno	De 91 a 100 = estado del área excelente

Fuente: elaboración propia.

5.7. Relación beneficio costo

Es muy recomendable que la empresa invierta en el desarrollo de *Lean Six Sigma* en todas sus líneas de producción, ya que esto representará mejoras en muchos aspectos como bien se pudo notar a lo largo del trabajo de graduación. Es necesario y recomendable que la empresa contrate expertos en el tema, para que capacite y “entrene” a todos jefes de área, para que cada uno logre aplicar las mejoras en sus respectivas áreas. Pero bien, se necesita tener una noción de los costos que implicaría la inversión del sistema.

Si el costo para la capacitación de los jefes mediante un entrenador *Black Belt* en *Lean Six Sigma* oscila entre \$ 250,00 (Q 1 847,00), además de la opción de examen para certificación de *Green Belt* en *Lean Six Sigma*, el cual es aproximadamente de \$300,00 (Q2 217,00).

A continuación se detallarán los costos aproximados que representaría capacitar a los jefes de área mediante auditorías externas.

Tabla XXII. **Costos de auditoria externa de *Lean Six Sigma***

Jefes de área	Costo capacitación	Costo derecho a examen	Costo total
Área extrusión PP	\$ 250,00	\$ 300,00	\$ 550,00
Área telares sulzer	\$ 250,00	\$ 300,00	\$ 550,00
Área sarán	\$ 250,00	\$ 300,00	\$ 550,00
Área pita y lazo	\$ 250,00	\$ 300,00	\$ 550,00
Área extrusión sacos	\$ 250,00	\$ 300,00	\$ 550,00
Área telares sacos	\$ 250,00	\$ 300,00	\$ 550,00
Área confección sacos	\$ 250,00	\$ 300,00	\$ 550,00
Área control de calidad	\$ 250,00	\$ 300,00	\$ 550,00
Gerente de producción	\$ 250,00	\$ 300,00	\$ 550,00
Gerente general	\$ 250,00	\$ 300,00	\$ 550,00
Costo total:			\$ 5 500,00

Fuente: elaboración propia.

Como bien se puede notar en la tabla anterior, el costo total de las capacitaciones es de \$5 500,00, lo cual equivaldría a Q 40 645,00, esto representa una gran cantidad de dinero, pero se debe analizar los beneficios que esto implicaría.

- Beneficios de las capacitaciones y certificaciones
 - Soluciones más prácticas: debido a que los jefes de áreas tendrán el conocimiento necesario en *Lean Six Sigma*, podrán resolver los problemas presentados en sus respectivas áreas de una manera más práctica.

- Produce un cambio estratégico: con el personal capacitado, permitirá una mejor comprensión de los procesos y procedimientos de la empresa, brindando habilidad para desarrollar los ajustes mayores y menores que se requieran.
- Aumento de la productividad: ya que en cada área se podrán detectar los puntos críticos en los procesos con el fin de controlarlos, así como la reducción de defectos en los procesos.
- Mejor reputación: le daría una mejor reputación a la empresa y la posicionaría mejor, ya que su personal estará certificado en *Lean Six Sigma*, lo cual está muy bien visto en la industria.
- Aumento del valor para el cliente: se aprenderá lo que es valor para los clientes y clientes potenciales, planificando como brindárselos de una forma rentable.

CONCLUSIONES

1. Para una buena gestión del desarrollo de la metodología *Lean Six Sigma* fue necesaria la investigación de un buen marco técnico-teórico, para definir las herramientas a aplicar, así como los métodos de mejora para los procesos y las herramientas que mejorarían la calidad del producto.
2. Por medio del desarrollo del sistema *Lean Manufacturing*, fue posible el aumento de la eficiencia en el área de extrusión de hilo para saco, promoviendo las herramientas de orden y limpieza que ayudarán a mantener el nivel deseado en dicha área.
3. Se propuso a la directiva de la empresa seguir aplicando el sistema en todas las líneas de producción, así como la inversión de nuevas técnicas y mejoras, ya que reducirá el desperdicio en todas las líneas de producción y aumentará la eficiencia.
4. Por medio de la aplicación de un programa, se pudo disminuir el tiempo que se tardaban los operarios en verificar si el hilo por producir ya se encontraba entre los rangos de aceptación, reduciendo así su variabilidad, representando un ahorro de tiempo muy significativo y, así mismo, representa una disminución en los costos de producción ya que se disminuye el desperdicio de esta manera.

5. A lo largo del trabajo de graduación se logró el implemento de mejoras para el control de calidad. Una de ellas fue la implementación de pizarras a un costado de cada máquina del área de extrusión, ya que estas ayudarían a llevar un mejor control de las metas diarias y semanales, así como llevar un control de los desperdicios generados por la máquina y tener sus registros.

6. Al reducir los desperdicios, se están ahorrando los costos que estos implican, así como el reproceso. Por consiguiente, si se logró la reducción de los desperdicios y los tiempos en los procesos, se estaría generando ahorros para la empresa.

RECOMENDACIONES

1. Controlar constantemente las mejoras aplicadas a lo largo del trabajo de graduación, para así encontrar oportunidades de mejora en cada proceso y mantener el nivel alcanzado con las herramientas.
2. Aplicar a fondo las herramientas que brinda la metodología *Lean Six Sigma*, en todas las áreas de la empresa y las distintas líneas de producción, para obtener mejorías en paralelo en cada área de la empresa.
3. Contratar asesorías externas en el ámbito de *Lean Six Sigma*, de preferencia contratar a un experto, a un *Black Belt*, que pueda capacitar a todos los jefes de área para que estos apliquen la metodología en sus respectivas áreas. Así mismo, buscar una certificación en *Lean Six Sigma*, para que la empresa pueda tener un mejor prestigio en el mercado.
4. Para que las herramientas del mantenimiento integral (5S) logren sus objetivos, es necesaria la capacitación a los empleados, ya que esta se logrará mantener si se posee una buena cultura de orden e higiene en la empresa.
5. Los procesos estandarizados o documentados tienen que estar sujetos a revisiones que se realicen periódicamente por parte de los jefes de área o por los supervisores, con el fin de documentar las mejoras realizadas a lo largo de las implementaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

1. BABÉ ROMERO, Ignacio. *Seis sigma, una herramienta para la calidad*. Reporte de proyecto para la Academia Mundial de Ciencia, Ingeniería y Tecnología. Argentina, 2004. 108 p.
2. CARRERA CRUZ, Jaime. *Situación actual y perspectivas de la agricultura en Guatemala*. Serie de documentos técnicos No.4 IARNA, Universidad Rafael Landívar. Guatemala, 2001. 266 p.
3. CARRO PAZ, Roberto. *Administración de la calidad total*. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata, 2008. 63 p.
4. DEMING, Edwards. *Calidad, productividad y competitividad; la salida de la crisis*. España: Ediciones Díaz Santos, 1989, 412 p.
5. ESCALANTE VÁSQUEZ. *Seis-Sigma. Metodología y técnicas*. México: Limusa, 2001. 435 p.
6. FRANKLIN FINCOWSKY, Enrique Benjamín. *Organización de empresas*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 2004. 369p.
7. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. España: McGraw-Hill, 2005. 459 p.

8. ISHIKAWA, Karou. *¿Qué es el control total de la calidad? – la modalidad japonesa*. España: Editorial Norma, 1991. 780 p.
9. JURAN, Joseph M. *Juran y la planificación para la calidad*. España: Ediciones Díaz de Santos, 1990. 363 p.
10. NIETO ZAMBRANO, Aleya Alá. *Implementación de la metodología Seis Sigma para el mejoramiento continuo del proceso de venta de servicios tecnológicos*. Trabajo de graduación. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Politécnica Salesiana, 2014. 196p.
11. TARÍ GUILLO, J.J. *Calidad total: fuente de ventaja competitiva*. España: Compobell, 2000. 302 p.
12. UREÑA LÓPEZ, Antonio Emilio. *Gestión estratégica de la calidad*. Trabajo de graduación de doctorado. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Málaga, 1998. 388 p.
13. VACHETTE, Jean-Luc. *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso*. Barcelona: CEAC, 1998. 307 p.
14. VARGAS RODRÍGUEZ, Héctor. *Manual de implementación del programa 5 S*. Colombia: s.e., 2004. 69 p.