



Universidad de Guayaquil

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**ÁREA  
SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN  
CALIDAD**

**TEMA  
“PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE TRABAJO SIX  
SIGMA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE ENVASES DE  
LA EMPRESA INDUSTRIA PLASTICAS JOSA CIA. LTDA.”**

**AUTOR  
BARZOLA PINCAY WILLIAM ISRAEL**

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
ING. IND. LOOR ALCIVAR BYRON JOSÉ, Mg.**

**GUAYAQUIL, MARZO 2021**


**ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

REPOSITORIONACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	<b>“PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE TRABAJO SIX SIGMA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE ENVASES DE LA EMPRESA INDUSTRIA PLASTICAS JOSA CIA. LTDA.”</b>		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	<b>BARZOLA PINCAY WILLIAM ISRAEL</b>		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	<b>Ing. Ind. Byron José Loor Alcívar, Mg.</b>		
INSTITUCIÓN:	<b>UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL</b>		
UNIDAD/FACULTAD:	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	<b>INGENIERO INDUSTRIAL</b>		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	<b>MARZO 2021</b>	No. DE PÁGINAS:	<b>77</b>
ÁREAS TEMÁTICAS:	<b>SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN-CALIDAD</b>		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Six Sigma, Calidad, metodología, moldes		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	El presente estudio investigativo esta realizado con el fin de proponer una mejora en el área de producción de envases de la empresa Industria Plásticas Josa, mediante la metodología Six Sigma. Para encontrar las principales causas que generan el problema se utilizó la herramienta Ishikawa y Diagrama de Pareto donde se evidencio que hay falta de control en la mano de obra y así mismo un plan de mantenimiento preventivo de las máquinas y moldes. Debido a la deficiencia se genera un 20% de productos no conformes al año lo que representa una pérdida de \$ 73.060,07 para la empresa. Luego de haber analizado la situación actual de la empresa se determinó que el nivel Sigma es de 2,88 de 6 cuyo rendimiento es de 91,54% de Porcentaje de Calidad. Para la propuesta se tiene una inversión inicial de \$11.954,00. Con la contratación de un gestor de proyecto, capacitación del personal del área y materiales didácticos para una capacitación continua del Six Sigma.		
ADJUNTO PDF:	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: <b>0982033306</b>		E-mail: <a href="mailto:william.barzolap@ug.edu.ec">william.barzolap@ug.edu.ec</a>
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: <b>Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola, Mg.</b>		
	Teléfono: <b>04-2277309</b>		
	E-mail: <a href="mailto:titulación.ingenieria.industrial@ug.edu.ec">titulación.ingenieria.industrial@ug.edu.ec</a>		



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN -9\*DE  
LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO  
NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

**FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

---

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA  
CON FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **BARZOLA PINCAY WILLIAM ISRAEL** con C.I. No. **0923224026** certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE TRABAJO SIX SIGMA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE ENVASES DE LA EMPRESA INDUSTRIA PLASTICAS JOSA CIA. LTDA.**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.



---

**BARZOLA PINCAY WILLIAM ISRAEL  
C.I. 0923224026**



## ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

### FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

Habiendo sido nombrado **ING. IND. LOOR ALCÍVAR BYRON JOSÉ, MG.** tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **BARZOLA PINCAY WILLIAM ISRAEL**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

Se informa que el trabajo de titulación **“PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE TRABAJO SIX SIGMA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE ENVASES DE LA EMPRESA INDUSTRIA PLASTICAS JOSA CIA. LTDA.”** ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio (URKUND) quedando el 6% de coincidencia.

<https://secure.orkund.com/old/view/93005754-255799-909562#DcIxDoMwEEXBu7h+ivzXu9jmKhEFQglyAQ1llLvDaH7puNL8zugpZKihjmHCCo4bXvFGEJkQE5VGX0jX2M/xHdt6bp8051eOKGrWSzWPpyVXifwM=>



**ING. IND. LOOR ALCIVAR BYRON JOSÉ, Mg.**  
**C.C. 0920647484**  
**FECHA: 14/03/2021**



## ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

Guayaquil, 14 de Marzo del 2021

Sr.

Ing. Ind. Marcos Santos Méndez, Mg.

DIRECTOR (A) DE LA CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **“PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE TRABAJO SIX SIGMA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE ENVASES DE LA EMPRESA INDUSTRIA PLASTICAS JOSA CIA. LTDA.”** Del estudiante **BARZOLA PINCAY WILLIAM ISRAEL**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**BYRON JOSE  
LOOR**

---

**ING. IND. LOOR ALCIVAR BYRON JOSÉ, Mg.**

**C.I. 0920647484**

**FECHA: 14/03/2021**



## ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

Guayaquil, 12 de Marzo del 2021

Sr.

Ing. Ind. Marcos Santos Méndez, Mg.

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **“PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE TRABAJO SIX SIGMA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE ENVASES DE LA EMPRESA INDUSTRIA PLASTICAS JOSA CIA. LTDA.”** del estudiante **BARZOLA PINCAY WILLIAM ISRAEL** Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 22 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**VICTOR HUGO  
FERNANDEZ  
SOLEDISPA**

**ING. CIV. FERNANDEZ SOLEDISPA VICTOR HUGO, MSC.**

**C.I.: 0923469597**

**FECHA: 12/03/2021**

**Dedicatoria.**

Dedico esta tesis a mí mismo por no haberme rendido en todos estos años de estudio porque no fue fácil llegar a la meta. A mi madre María y padre Héctor que siempre me dieron su apoyo incondicional en todo lo que pudieron, a mi hermana Ariana que me apoyo siempre.

## **Agradecimientos.**

Gracias en especial a mi familia que siempre estuvo en las buenas y malas, esta tesis fue lograda, también el apoyo de muchas personas entre ellos está mi tutor asignado, amigos de la universidad, compañeros del trabajo quienes son Edgar y Evelin que me ayudaron con la información necesaria de la empresa, mi novia Liliana que gracias a ella y sus conocimientos pude entender muchas inquietudes.

Muy agradecidos con todos, también a todas las personas que conocí durante mi etapa universitaria que me enseñaron mucho.

## Índice General

Nº.	Descripción	Pág.
	Introducción	1
<b>Capítulo I</b>		
<b>Diseño de la investigación</b>		
1.1	Antecedentes de la investigación.	2
1.2	Problema de investigación.	3
1.2.1	Planteamiento del Problema.	3
1.2.2	Formulación del problema de investigación.	3
1.2.3	Sistematización del problema de investigación.	4
1.3	Justificación de la investigación.	4
1.4	Objetivos de la investigación.	4
1.4.1	Objetivo general.	4
1.4.2	Objetivos específicos.	4
1.5	Marco teórico.	5
1.5.1	Marco Referencial.	5
1.5.1.1	Historia del Six Sigma	6
1.5.1.2	Objetivos de la metodología de Six Sigma	7
1.5.1.3	Beneficios del Six Sigma	7
1.5.1.4	Los 6 principios del Six Sigma	8
1.5.1.5	Como entender Six Sigma	9
1.5.1.6	Límites de especificación	10
1.5.1.7	Sub-metodologías Six Sigma: DMAIC y DMADV	11
1.5.1.8	Estructura humana del Six Sigma	14
1.5.1.9	Los 8 desperdicios de una empresa	15
1.5.1.10	Herramientas Lean Manufacturing	16
1.5.2	Marco Conceptual	18
1.6	Aspectos metodológicos de la investigación	20
1.6.1	Tipo de estudio	20
1.6.2	Método de investigación	20
1.6.3	Fuentes y técnicas para la recolección de información	21
1.6.4	Tratamiento de la información	21
1.6.5	Resultados e impactos esperados	21

<b>N°.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>Capítulo II</b>		
<b>Análisis, Presentación de Resultados y Diagnóstico</b>		
2.1	Análisis de la situación actual.	22
2.1.1	Valores Corporativos	22
2.1.2	Ubicación de la empresa.	22
2.1.3	Estructura de la Organización	23
2.1.4	Productos que comercializa la empresa	23
2.1.5	Distribución de planta	25
2.1.6	Recursos productivos	26
2.1.6.1	Recursos Humanos	26
2.1.6.2	Recursos Tecnológicos	27
2.1.7	Descripción del proceso de producción	28
2.2	Análisis comparativo, evolución, tendencias y perspectivas	30
2.2.1	Análisis y diagnóstico del problema	30
2.2.2	Descripción específica del problema	30
2.2.3	Análisis de datos e identificación de problemas	32
2.3	Presentación de resultados y diagnósticos	34
2.3.1	Diagrama de Pareto	34
2.3.2	Diagnostico	39
<b>Capítulo III</b>		
<b>Propuesta, Conclusiones y Recomendaciones</b>		
3.1	Diseño de la propuesta.	40
3.1.1	Planteamiento de la propuesta	40
3.1.1.1	Definir	40
3.1.1.2	Medir	42
3.1.1.3	Analizar	43
3.1.1.4	Mejorar o Implementar	44
3.1.1.5	Controlar	45
3.1.2	Propuesta de mejora	46
3.1.3	Cronograma de Implementación de la Propuesta	47
3.1.4	Evaluación Económica	47
3.1.5	Análisis financiero	48
3.2.	Conclusiones.	49

<b>N°.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.3	Recomendaciones.	49
	Anexos	50
	Bibliografía	60

## Índice de Tablas

<b>Nº.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Nivel del Six Sigma.	13
2.	Productos de la empresa.	23
3.	Distribución de planta	25
4.	Detalle del personal de la empresa de estudio	26
5.	Equipos, máquinas y herramientas	27
6.	Porcentaje de la producción total y del producto no conforme	31
7.	Ponderación y consulta a expertos sobre las causas encontradas del Ishikawa.	32
8.	Expertos mencionados en la ponderación del Ishikawa.	33
9.	Datos del Diagrama de Pareto.	34
10.	Total, de horas trabajadas.	36
11.	Costos de Producción.	36
12.	Costos de producción por hora.	37
13.	Perdidas mensuales.	37
14.	Perdida por mano de obra.	38
15.	Pérdidas Totales	39
16.	Propuesta de mejora en la etapa “Definir”	41
17.	Costo de adquisiciones de suministros de oficinas y equipos	46
18.	Costo anual por salario	46
19.	Costo por capacitaciones	47
20.	Flujo de caja	48
21.	Análisis Financiero	48

**Índice de Figura**

<b>Nº.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Desviación estándar.	10
2.	Límites de especificación.	11
3.	Las cinco etapas en la realización de un proyecto $6\sigma$ .	13
4.	Localización de la empresa Josa.	23
5.	Diagrama de flujo del proceso de producción.	29
6.	Diagrama de Ishikawa.	32
7.	Diagrama de Pareto.	35
8.	Diagrama de Implementación de las 5" S".	44
9.	Cronograma de implementación de la propuesta.	47

**Índice de Anexos**

<b>Nº.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Estructura organizacional de la empresa.	51
2.	Distribución de planta	52
3.	Control de las capacitaciones	53
4.	Formato de registro de tiempo de uso de moldes	54
5.	Formato de Calibración de moldes en máquinas.	55
6.	Cronograma de mantenimiento preventivo	56
7.	Tabla de conversión Six Sigma por DPMO	57
8.	Formato de auditoria 5 “S”	58
9.	Planilla de Registro de acciones de mejora.	59



## ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)

### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

---

---

#### “PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE TRABAJO SIX SIGMA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE ENVASES DE LA EMPRESA INDUSTRIA PLASTICAS JOSACIA. LTDA.”

**Autor:** BARZOLA PINCAY WILLIAM ISRAEL

**Tutor:** ING. IND. LOOR ALCIVAR BYRON JOSÉ, Mg.

#### Resumen

El presente estudio investigativo está realizado con el fin de proponer una mejora en el área de producción de envases de la empresa Industria Plásticas Josa, mediante la metodología Six Sigma. Para encontrar las principales causas que generan el problema se utilizó la herramienta Ishikawa y Diagrama de Pareto donde se evidenció que hay falta de control en la mano de obra y así mismo un plan de mantenimiento preventivo de las máquinas y moldes. Debido a la deficiencia se genera un 20% de productos no conformes al año lo que representa una pérdida de \$ 73.060,07 para la empresa. Luego de haber analizado la situación actual de la empresa se determinó que el nivel Sigma es de 2,88 de 6 cuyo rendimiento es de 91,54% de Porcentaje de Calidad. Para la propuesta se tiene una inversión inicial de \$11.954,00. Con la contratación de un gestor de proyecto, capacitación del personal del área y materiales didácticos para una capacitación continua del Six Sigma.

**Palabras claves:** Six Sigma, Calidad, metodología, moldes



## ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)

### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

---

---

#### “SIX SIGMA WORKING METHODOLOGY PROPOSAL IN THE PACKAGING PRODUCTION AREA OF THE COMPANY INDUSTRIA PLASTICAS JOSA CIA. LTDA”

**Author:** BARZOLA PINCAY WILLIAM ISRAEL

**Advisor:** IND. ENG. BYRON JOSÉ LOOR ALCÍVAR, Mg.

#### Abstract

This research study is carried out in order to propose an improvement in the packaging production area of the company Industria Plásticas Josa, using the Six Sigma methodology. To find the main causes that generate the problem, the Ishikawa tool and Pareto Diagram were used, where it was evidenced that there is a lack of control in the workforce and also a preventive maintenance plan for the machines and molds. Due to the deficiency, 20% of non-conforming products are generated per year, which represents a loss of \$ 73,060.07 for the company. After having analyzed the current situation of the company, it was determined that the Sigma level is 2.88 out of 6 whose performance is 91.54% of Quality Percentage. For the proposal there is an initial investment of \$ 11,954.00. With the hiring of a project manager, training of area personnel and didactic materials for continuous Six Sigma training.

**Keywords:** Six Sigma, Quality, methodology, molds

## **Introducción**

El presente trabajo de titulación está conformado por tres capítulos, los cuales fueron desarrollados con los datos obtenidos de la empresa Industria Plásticos Josa, dedicada a la fabricación de envases plásticos para la industria farmacéutica etc, la cual tiene problemas en la calidad de sus productos y los reclamos por parte de los clientes. Con el fin de reducir o eliminar estos problemas se propondrá la metodología Six Sigma.

En el primer capítulo se mencionan los antecedentes de la investigación, la formulación del planteamiento del problema que se presenta en el área de producción de envases, objetivos a alcanzar en el proyecto, métodos y herramientas que serán utilizados en el trabajo.

En el segundo capítulo se da a conocer la historia de la empresa del caso de estudio, situación actual de la misma, después se obtendrá datos necesarios para la realización de los cálculos mediante herramientas de calidad tales como diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto, se obtendrá información de las pérdidas económicas de la empresa y por último su diagnóstico.

En el tercer capítulo se crea el diseño de la propuesta basado en la metodología Six Sigma, en donde se utilizará el método DMAIC con uso de las 5 "S", con valores del costo de implementación, tiempo de recuperación de la inversión y cronograma de actividades, finalizando con las conclusiones y recomendaciones.

## Capítulo I

### Diseño de la investigación

#### 1.1 Antecedentes de la investigación.

Los constantes cambios en el mercado, tanto a nivel nacional como mundial, exigen que la oferta de las organizaciones sea flexible y adaptable. Es por esto que las empresas se enfocan en la metodología de calidad, porque para ellas, los productos deben cumplir con todas las expectativas y más. La satisfacción del cliente es la prioridad número uno de cualquier organización.

En los años de los 80 fue desarrollada la metodología de six sigma por la empresa norteamericana de telecomunicaciones Motorola, lo cual inicia como una estrategia de negocio, mejoramiento de la calidad y aseguramiento.

Esta “cultura de mejora continua ha sido ampliamente extendida y adoptada por otras empresas de clase mundial, tales como: General Electric, Sony, Dupont, NASA, Toshiba, Ford, entre otras” (CRISTHIAN DANIEL GÓMEZ BOLÍVAR, 2019).

“El objetivo principal de Lean Six Sigma, según Jung-Lang Cheng, es reducir los costos de producción, aumentar la productividad, mejorar la seguridad en proceso, reducir el tiempo de salida al mercado y mejorar la calidad del producto y rendimientos” (2019).

**Luego del año de 1995, Jack Welch, CEO de General Electric, implementa la metodología de six sigma y obtiene resultados impactantes en todas sus áreas de la empresa. Vale citar que General Electric fue quien introdujo al mercado el primer scanner para diagnosticar enfermedades, usando esta metodología, lo que permitió escanear en 17 segundos, lo que anteriormente se lo realizaba en 180 segundos. (Rosalva Natali Vintimilla Guzmán, 2016)**

La empresa de estudio Industria Plásticas Josa es una empresa dedicada a la elaboración de envases plásticos para la Industria farmacéutica, tetinas, Biberones, ropa de protección de uso médico y apósitos, teniendo su participación desde los años ochenta en ese mercado.

Al principio tenía como objetivo solo fabricar biberones, pero su proceso de producción era solo de 6 meses dejando las maquinas paralizadas eso busco hacer otros tipos de envases como el frasco para muestra de orina junto con su tapa, eso trajo 6 meses más de producción trayendo consigo más demanda de los productos fabricados y la empresa incremento su maquinaria, mientras la empresa iba en expansión trajo más moldes de diferentes envases, incrementando sus pedidos, obteniendo más clientes, ganando reputación y obteniendo su puesto en el mercado, mientras más tiempo pasaba la empresa diversifico sus productos y su crecimiento ha venido de manera paulatina.

## **1.2 Problema de investigación.**

### **1.2.1. Planteamiento del Problema.**

La empresa en este caso de estudio, Industria Plásticas Josa es una compañía dedicada a la fabricación de envases plásticos, tetinas, biberones, ropa de protección de uso médico y apósitos, utilizando diferentes tipos de materia prima los cuales son PP (polipropileno) PE (polietileno de alta y baja densidad) y PC (policarbonato). Sin embargo, en este 2020 a pesar de la Pandemia producida por el Covid-19 y la cuarentena fue una de las empresas que ha mantenido normal sus ventas o incluso mayor, lo cual es producto de sus años de trayectoria destacando principalmente en insumos médicos (envases) gracias a su experiencia y calidad.

En la actualidad la empresa presenta problemas en la fabricación de sus productos, lo cual ha generado un mal ambiente laboral entre los empleadores y trabajadores de la empresa, obteniendo como resultado menos pedidos de los clientes, devoluciones, retraso en la fecha de entrega de los pedidos de los clientes y por último pérdida temporal de un cliente importante.

### **Problemas principales que podemos encontrar en la empresa:**

1. La reducción de los tiempos establecidos de las maquinas sopladoras con el fin de obtener más productos por hora, produciendo variaciones en el resultado final del producto.
2. Los operadores de planta suelen cambiar las calibraciones de la maquina pensando que se solucionara los problemas que ven, pero es lo contrario.
3. Al reducir los tiempos de las maquinas no se puede siempre incrementar la producción y para hacerlo el molde de los envases debe ser modificado para lograr ese objetivo, donde no se considera el tiempo que dicha modificación esta lista.
4. La falta de un plan de mantenimiento preventivo en las maquinas afecta la eficiencia de la producción, siempre realizan mantenimiento correctivo es decir esperan que se les dañe la máquina para recién corregir los problemas.
5. Los costos de producción aumentan y a la vez un aumento del producto no conforme, el cual debe ser reducido lo más posible.
6. Los pigmentos que se utilizan para dar los diferentes colores producen variaciones en la contracción del envase, afectando las medidas específicas.

### **1.2.2. Formulación del problema de investigación.**

¿De qué manera contribuirá la reducción de productos no conformes en la producción de envases proponiendo la metodología de trabajo Six Sigma en la empresa Industria Plásticas Josa?

### **1.2.3. Sistematización del problema de investigación.**

¿Es posible diagnosticar los procesos de la empresa mediante alguna herramienta de ingeniería industrial?

¿Es posible ponderar las no conformidades que se encuentren?

¿La utilización del método Six Sigma mejora la productividad y la eficiencia del sistema de producción?

### **1.3 Justificación de la investigación.**

En la actualidad muchas empresas del Ecuador realizan esfuerzos para tener satisfechos a sus clientes, ofreciendo calidad en sus productos.

Se utilizarán herramientas de la metodología de trabajo Six Sigma para encontrar los defectos en el proceso de fabricación de envases de la empresa Industria Plásticas Josa, con la finalidad de mejorar y obtener productos de primera calidad teniendo así sus clientes satisfechos, dejando a la empresa con una mejor imagen empresarial.

Todo este acontecimiento nos ha llevado a la realización de esta propuesta y así lograr tener un plan de acción de mejora en la calidad y productividad con los recursos accesibles y necesarios que se puedan implementar.

Este estudio se realizará en el área de producción de la empresa Industria Plásticas Josa, que es donde se obtendrá toda la información necesaria de quienes estén involucrado en los procesos de fabricación y producto final.

Se utilizará six sigma para reducir la variabilidad de los productos terminados, que el cliente recibe al final de cada producción.

### **1.4 Objetivos de la investigación.**

#### **1.4.1. Objetivo general.**

Mejorar los procesos que se realizan en el área de producción de envases plásticos de la empresa Industria Plásticas Josa mediante la propuesta de la metodología de trabajo Six Sigma.

#### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- Investigar todo lo relacionado a la metodología de trabajo Six sigma.
- Realizar un diagnóstico del proceso actual en el área de producción de los envases.
- Analizar los resultados obtenidos del diagnóstico utilizando herramientas de estadísticas.

- Elaborar una propuesta de metodología de trabajo Six Sigma para el área de producción de envases de la empresa Industria Plásticas Josa.

## 1.5. Marco teórico.

### 1.5.1. Marco Referencial.

Six sigma es una metodología de calidad que permite el control y reducción de variaciones en los procesos, enfocándose en la disminución o eliminación de defectos y satisfacción del cliente.

Vladimir Guerrero explica lo siguiente sobre six sigma:

**Six SIGMA es un método de mejora de procesos creado por el ingeniero Bill Smith en Motorola en la década de 1980 que se centra en reducir la variabilidad y reducir o eliminar defectos o fallas en la entrega de productos o servicios al cliente. El objetivo de 6 Sigma es lograr un máximo de 3.4 defectos por millón de incidentes u oportunidades (DPMO), y comprender cualquier incidente en el que el producto o servicio no cumpla con los requisitos del cliente como defectos. (2019)**

**Six Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de estos mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La mayoría de las organizaciones se cree que operan en Tres Sigma, el cual se traduce en 66000 errores por millón (Luis Felipe Pastor Ravines, pág. 22).**

**Six sigma se basa tanto en la metodología del DMAIC (Definir-Medir-Analizar Mejorar-Controlar traducido al español) y en Control Estadístico de Procesos (SPC por sus siglas en inglés) en conjunto para conformar lo que actualmente se le conoce; a continuación, se desarrollará cada uno para poder observar la importancia que poseen. (pág. 22)**

“Six Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de estos mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente” (Luis Pastor, pág. 22).

“Seis Sigma (SS) es una estrategia de mejora continua del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, enfocándose hacia aquellos aspectos que son críticos para el cliente” (Humberto Gutiérrez Pulido, pág. 297)

### ***1.5.1.1 Historia del Six Sigma***

**En 1988 Motorola alcanzó el prestigioso premio americano a la excelencia Malcom Baldrige National Quality Award. Una de las bases fundamentales de su estrategia de calidad fue el “Programa Seis Sigma”. Este programa lo diseñó y dirigió Bill Smith con el pleno apoyo del CEO Bob Galvin. El objetivo de este programa fue reducir la variación de los procesos hasta alcanzar una fracción defectuosa media de 3.4 ppm (partes por millón, si ha leído bien, 3.4 defectos por cada millón de oportunidades). Bill falleció en 1993 en pleno éxito de Seis Sigma. (Arturo Ruiz-Falcó Rojas, 2009)**

**Esta reducción de la variabilidad se consiguió empleando métodos estadísticos (diseño de experimentos, ANOVA, regresión, gráficos de control, etc.) y también otras herramientas no estadísticas (AMFE, QFD, 7M) combinado con técnicas de gestión de procesos. La columna vertebral de esta estrategia gravitaba sobre expertos en la aplicación de estas herramientas, que se denominaron posteriormente “black belts”, es decir, “cinturones negros”, (probablemente fue una ironía para hacer frente a la competencia japonesa). (Arturo Ruiz-Falcó Rojas, 2009)**

**De la mano de Mikel Harry y Leonard Schroeder, Seis Sigma se extendió con éxito a otras grandes empresas, como Allied Signal, Polaroid y sobre todo, a la compañía presidida por el famosísimo Jack Welch, General Electric. Jack Welch se convirtió en el primer pregonero de las “maravillas” de Seis Sigma, hasta el punto de incluir en las memorias anuales algunos éxitos alcanzados por GE con Seis Sigma (evidentemente cuantificados en dólares). El éxito en General Electric supuso el espaldarazo total a Seis Sigma y a partir de ahí empezó una mimetización por casi todas las grandes corporaciones norteamericanas. Naturalmente aquellas empresas que se limitaron a seguir “la moda” de manera frívola no alcanzaron los éxitos previstos, mientras que aquellas que entendieron y adaptaron las esencias de Seis Sigma, consiguieron mejoras en sus resultados de calidad y su posición competitiva. (Arturo Ruiz-Falcó Rojas, 2009)**

**Si bien no existe una definición de Seis Sigma con reconocimiento formal por parte de todos sus practicantes. Esta definición liga la finalidad del beneficio financiero, propio de una organización empresarial, con el medio**

**para conseguirla (reducción del desperdicio y aumento de la satisfacción del cliente). (Arturo Ruiz-Falcó Rojas, 2009)**

#### ***1.5.1.2 Objetivos de la metodología de Six Sigma***

Según Nilson Olmedo Alba y Eliana Marcela Castelblanco mencionan (2012) los siguientes objetivos de la metodología Six Sigma.

- Mejora de la capacidad y rendimiento de los procesos
- Reducción de los defectos totales y duración del ciclo
- Aumento de la confianza del producto
- Mejora en el flujo de procesos para hacerlos más predecibles
- Mejora en el retorno de la inversión

#### ***1.5.1.3 Beneficios del Six Sigma***

Todos estos conceptos apuntan a que la empresa que decida implementar la metodología Six Sigma, deberá de involucrarse en el desarrollo continuo de los proyectos de mejora usando las herramientas que nos provee el sistema, para poder analizar los procesos y mejorarlos de tal manera que se reduzca los desperdicios al máximo. (Constantine Yépez Giorgio André, 2015)

- 1. Genera éxito sostenido: Six Sigma es una metodología que le permite a la empresa generar las habilidades necesarias para que, mediante el desarrollo cultural de la mejora continua, se obtengan un crecimiento sostenido y no se desaparezca del mercado.**
- 2. Ayuda a definir objetivos de desempeño: Para esto Six Sigma nos ayuda a determinar como objetivo coherente entre todas las partes de la organización, el desempeño. Así que se buscara definir cuál es el producto que entrega cada una de las partes y medirlo mediante el 25 cumplimiento de las especificaciones del cliente, para poder evaluar su rendimiento frente al objetivo.**
- 3. Aumentar el valor para el cliente: Las compañías de hoy en día se han percatado que la mayoría de sus productos no alcanzan la calidad que deberían de tener. Considerando que la competencia cada vez se vuelve más fuerte, el hecho de que la empresa de bienes o servicios “buenos” o que no tengan “mayores defectos” no es sinónimo del éxito. Por lo tanto,**

**se debe buscar dar un producto excelente que cumpla los requerimientos que representen valor para el cliente y que mediante óptimas operaciones, se haga rentable.**

- 4. Acelera la tasa de mejora:** Las empresas deben buscar mejorar sus procesos cada vez más rápido para superar las expectativas de mejora que puede tener el cliente y ganar la “carrera” a la competencia.
- 5. Proporciona aprendizaje a todos los niveles:** Una de las bases para implementar la mejora mediante la metodología Six Sigma es el de capacitar a todos los niveles de la empresa desde los ejecutivos hasta los operadores para que los valores y principios se puedan ejecutar de forma vertical. (Constantine Yépez Giorgio André, 2015)

#### ***1.5.1.4 Los 6 principios del Six Sigma***

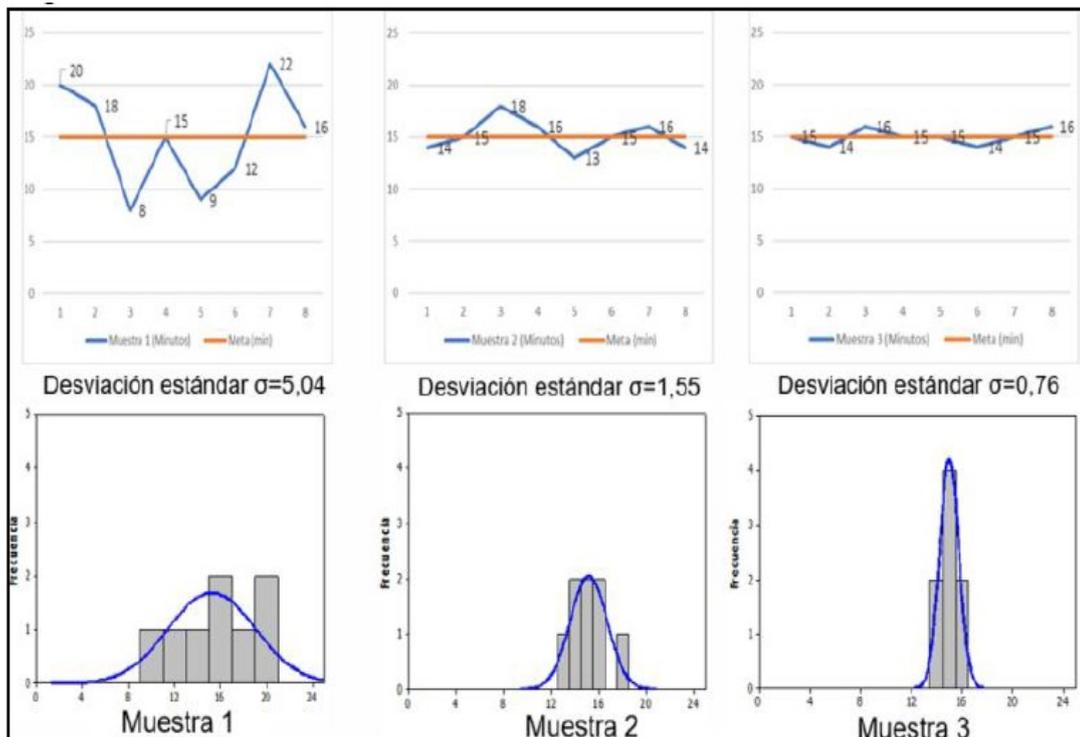
- 1. Principio uno: auténtica orientación al cliente.** Durante el gran impulso de la Calidad Total en los ochenta y en los noventa, docenas de empresas redactaron políticas y misiones encaminadas a “satisfacer o sobrepasar las expectativas y necesidades de los clientes”. Sin embargo, por desgracia, pocas empresas hicieron verdaderos esfuerzos para mejorar su comprensión de las necesidades o expectativas de los clientes. Incluso cuando lo hicieron, la recogida de datos de clientes fue generalmente una iniciativa aislada o de corta duración, que ignoró la naturaleza dinámica de las necesidades del cliente. (¿Cuántos de sus clientes quieren lo mismo que hace cinco años? ¿O que hace dos? ¿O que el mes pasado?). (Pedro Lara V, 2013)
- 2. Principio dos: gestión orientada a datos y hechos.** Seis Sigma lleva el concepto de “dirección por hechos” a un nivel nuevo y más potente. A pesar de la atención prestada en los últimos años a las medidas, a los sistemas mejorados de información, a la gestión del conocimiento, etc., no debe sorprenderle saber que muchas decisiones empresariales todavía se basan en opiniones y suposiciones. La disciplina Seis Sigma empieza por esclarecer qué medidas son las fundamentales para valorar el rendimiento del negocio; luego aplica los datos y el análisis para comprender las variables clave y optimizar los resultados. (Pedro Lara V, 2013)
- 3. Principio tres: orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos.** En Seis Sigma, la acción está en los procesos. Ya se trate del diseño de productos y servicios, de medir el rendimiento, de mejorar la eficacia y la

satisfacción del cliente, o incluso de hacer que la empresa funcione, Seis Sigma sitúa al proceso como vehículo clave del éxito. (Pedro Lara V, 2013)

4. **Principio cuatro: gestión proactiva.** Por decirlo de una forma sencilla, ser “proactivo” significa anticiparse a los acontecimientos, lo opuesto a ser “reactivo”. En la vida real, la gestión proactiva significa hacer un hábito de una serie de prácticas empresariales que, muy a menudo, son ignoradas: definir objetivos ambiciosos y revisarlos frecuentemente; establecer las prioridades de forma clara; centrarse en la prevención de problemas en vez de en apagar fuegos; plantearse por qué hacemos cosas en vez de defenderlas ciegamente con un “aquí las cosas se hacen así”. (Pedro Lara V, 2013)
5. **Principio cinco: colaboración sin fronteras.** “Sin fronteras” es uno de los mantras de Jack Welch para el éxito empresarial. Años antes de poner en marcha Seis Sigma, el presidente de GE trabajaba para romper las barreras y mejorar el trabajo en equipo, hacia arriba, hacia abajo y a través de las líneas de la organización. Las oportunidades disponibles a través de una mejor colaboración dentro de las empresas y con sus distribuidores y clientes son enormes. Cada día quedan sobre la mesa (o en el suelo) miles de millones de dólares, debido a la desconexión y a la competencia entre grupos que deberían trabajar para una causa común: proporcionar valor a los clientes. (Pedro Lara V, 2013)
6. **Principio seis: búsqueda de la perfección; tolerancia a los errores.** Este último principio puede parecer contradictorio. ¿Cómo es posible encaminarse hacia la perfección y al mismo tiempo tolerar los errores? Es esencia, sin embargo, ambas ideas son complementarias. Ninguna empresa llegará cerca de Seis Sigma sin lanzar nuevas ideas y métodos, que siempre suponen un riesgo. Si la gente que ve una posible vía hacia un mejor servicio, costos más bajos, nuevas capacidades, etc. (es decir, formas de acercarse a la perfección), tiene demasiado temor a las consecuencias de sus errores, nunca lo intentará. El resultado será: estancamiento, putrefacción y muerte. (Bastante desagradable, ¿verdad?) (Pedro Lara V, 2013)

#### ***1.5.1.5 Como entender Six Sigma***

Para entender qué es Six Sigma es importante definir que es variación y cómo se mide: “Sigma ( $\sigma$ ) es una letra del alfabeto griego, es utilizada para representar la desviación estándar (unidad estadística de medición), representa la variabilidad o dispersión de un conjunto de datos”. (Alexandra Pardo Hernández, 2019, pág. 26)



**Figura 1:** Desviación estándar. Información tomada de (Alexandra Pardo Hernández, 2019). Elaborado por el autor.

Como se puede ver en la figura 1, la muestra 1 tiene una desviación estándar de  $\sigma = 5.04$ , la muestra 2 tiene menor dispersión que la 1, con una desviación estándar de  $\sigma = 1.55$  y la muestra 3 tiene una dispersión aún menor, con una desviación estándar de  $\sigma = 0.76$ , a menor dispersión de datos, menor será el valor de la desviación estándar, por lo tanto, el proceso será mejor a medida que se reduzca la dispersión o su desviación estándar. (Alexandra Pardo Hernández, 2019, pág. 27)

“Al observar la campana de Gauss (línea Azul) debajo de cada uno de los diagramas de barras, esta se torna más altas y menos ancha a medida que la dispersión disminuye”. (Alexandra Pardo Hernández, 2019, pág. 27)

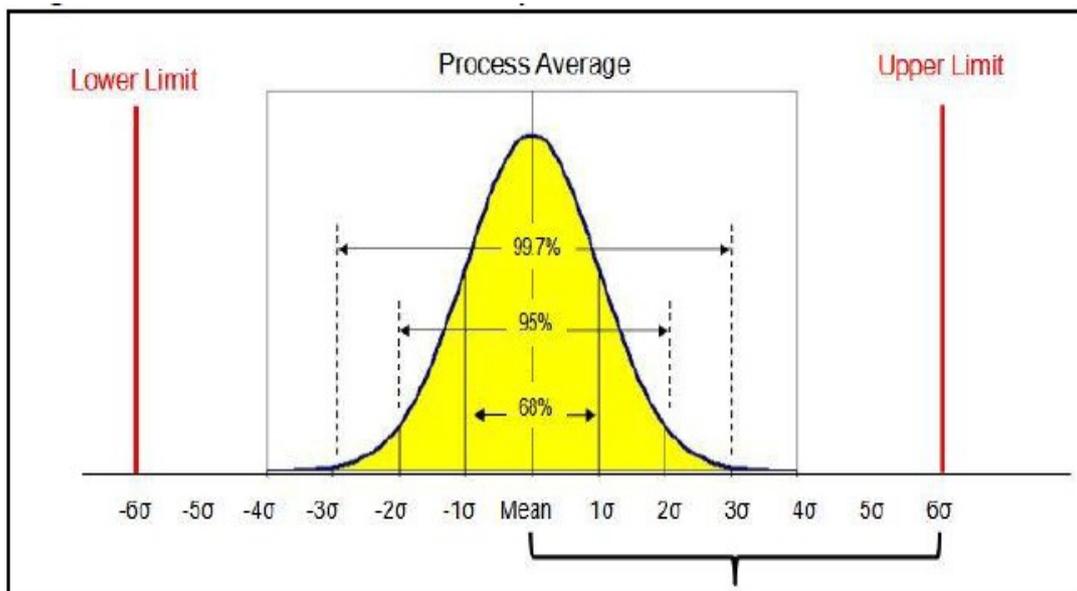
#### 1.5.1.6 Límites de especificación

Sigma representa la desviación estándar de la población, que es una medida de la variación en un conjunto de datos recopilados sobre el proceso. Si un defecto se define por los límites de especificación que separan los buenos resultados de los malos resultados de un proceso, entonces un proceso de Six sigma tiene una media (promedio) de proceso que es seis desviaciones estándar del límite de especificación más cercano.

Esto proporciona suficiente amortiguación entre la variación natural del proceso y los límites de especificación. (pág. 27)

Por ejemplo, si un producto debe tener un grosor entre 10.32 y 10.38 pulgadas para cumplir con los requisitos del cliente, entonces la media del proceso debe ser de alrededor de 10.35, con una desviación estándar de menos de 0.005 (10.38 estaría a 6 desviaciones estándar de 10.35).

Los límites de especificación son los valores máximos y mínimos que un valor puede tener para cumplir con las expectativas del cliente (véase la figura 2). (Alexandra Pardo Hernández, 2019, pág. 27)



*Figura 2: Límites de especificación. Información tomada de (Alexandra Pardo Hernández, 2019). Elaborado por el autor.*

### 1.5.1.7 Sub-metodologías Six Sigma: DMAIC y DMADV

“El proceso DMAIC de Six Sigma (definir, medir, analizar, mejorar, controlar) es un sistema de mejora para procesos existentes que caen por debajo de las especificaciones y buscan una mejora incremental” (Alexandra Pardo Hernández, 2019, pág. 29).

“El proceso DMADV de Six Sigma (definir, medir, analizar, diseñar, verificar) es un sistema de mejora utilizado para desarrollar nuevos procesos o productos con niveles de calidad Six Sigma. También se lo emplea si un proceso actual requiere mucha mejora” (Alexandra Pardo Hernández, 2019, pág. 29).

Proceso DMAIC: es un acrónimo que incluye las siguientes etapas interconectadas:

1. **Definir:** En esta etapa se define el proyecto a realizar en función de un propósito, alcance y resultado, o en función de un problema, procesos y

objetivos. El propósito y objetivo del Six sigma será entonces el de reducir la tasa de defectos a menos de 3.4 por millón. Algunas herramientas de apoyo son, diagramas de Pareto, mapa de procesos.

2. **Medir:** En esta fase se obtienen datos y mediciones del proceso, deben medirse y documentarse aspectos relevantes y contemplar todas las variables y los parámetros que afectan los procesos. Algunas herramientas de apoyo son, diagramas de flujo, mapas de proceso, AMEF, técnicas de muestreo, OEE.

3. **Analizar:** En esta etapa los datos alcanzados en la medición son convertidos en información, por otro lado, son identificadas a partir de variables y parámetros las causas claves de los problemas. Las herramientas de apoyo que puedes usarse son mapas de valor, diagramas de flujo, diagramas de recorrido. Ishikawa, gráficos de control, diagramas de Pareto, AMEF.

4. **Mejorar:** Según las causas principales de los problemas, los procesos deben modificarse o rediseñarse, es importante incluir a los colaboradores de la organización relacionados directamente con los procesos a mejorar. Las herramientas que pueden ser utilizadas en esta etapa son 5s, Kanban, Andon, SMED.

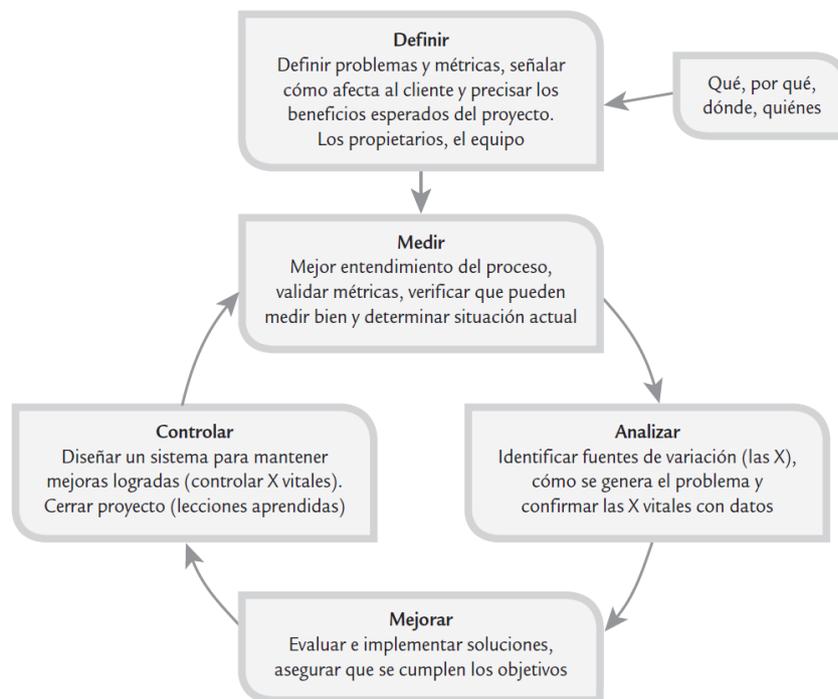
5. **Controlar:** En esta etapa debe verificarse el sostenimiento de los resultados, esta fase es el principio de la mejora continua. Las mejoras en el proceso deben ser aseguradas con el fin de lograr el sostenimiento de los niveles de desempeño, así mismo debe ser posible adaptar mejoras a lo largo del tiempo. Es de suma importancia implementar en esta fase sistemas de recolección de información de manera que permita contrastar constantemente los indicadores del proceso mejorado con los parámetros identificados en la fase "DEFINIR". (Alexandra Pardo Hernández, 2019, págs. 29,30)

Proceso DMADV: También es un acrónimo y, al igual que DMAIC, tiene cinco fases utilizadas para diseñar procesos

1. **Definir:** En esta etapa se definen los objetivos que el proceso debe tener en función de los requisitos del cliente.

2. **Medir:** Se realiza la medición de todos los parámetros asociados al proceso.

3. **Análisis:** Se analizan los parámetros y los datos recopilados durante la medición.
4. **Diseñar:** En esta fase se crea un diseño que se adapte mejor a los objetivos.
5. **Verificar:** Es importante verificar que el proceso se ejecuta de acuerdo con
6. **los objetivos establecidos**



**Figura 3:** Las cinco etapas en la realización de un proyecto 6σ. Información tomada de (Humberto Pulido, 2003). Elaborado por el autor.

**Tabla 1:** Nivel del Six Sigma.

Nivel a	Defectos por Millón de Oportunidades	Porcentaje de Calidad
6	3.4	99.9997%
5	233	99.9797%
4	6210	99.3790%
3	66807	93.3790%
2	308537	69.12305%
1	690000	30.8511%

Información tomada de (Luis Pastor, 2018). Elaborado por autor.

### ***1.5.1.8 Estructura humana del Six Sigma***

**La estructura humana del equipo de proyectos Six Sigma, de Martha Lucía Pérez Urrego (2013) se compone de:**

**Leader (Líder):** Es la persona que apoya los proyectos de mejora Seis Sigma, ayuda a obtener los recursos necesarios y elimina los obstáculos que impiden el éxito del proyecto. Debe pertenecer a la alta gerencia o ser parte de la junta directiva. Incluye participación en revisión y asegura que se desarrolle la metodología Seis Sigma.

**Champion (Campeón):** Son los creadores de la visión Seis Sigma, responsables de diseñar la estrategia de despliegue en la organización y su aplicación y desarrollo en el área de impacto, realizan la dirección estratégica del proyecto; el campeón debe ser un entusiasta del proyecto, conocer muy bien el significado de la filosofía Seis Sigma, además de evidenciar la necesidad de la aplicación de esta en la empresa. Estos aseguran que los Black Belt estén realizando su labor con la orientación adecuada; dirigen y optimizan la ejecución de los cambios y el aporte de los recursos. Así mismo, reconocen los esfuerzos de los empleados y mantienen informando al líder. El campeón debe ser jefe de departamento o gerente regional.

**Máster Black Belt (Maestro Cinturón Negro):** Son expertos a tiempo completo capacitados en herramientas y estrategias Six Sigma, y son responsables del desarrollo e implementación de la filosofía Six Sigma. El maestro cinturón negro debe ser el jefe de producción, ya que es la persona idónea para transmitir las ideas del líder o del campeón, a su equipo de trabajo.

**Black Belt (Cinturón Negro):** Son los líderes de equipo responsables de medir, analizar, mejorar y controlar los procesos que afectan la satisfacción del cliente, la productividad y la calidad. Son los que ven la realidad del proyecto de mejora y determinan las herramientas a utilizar; lideran y dirigen directamente a los cinturones verdes. Los cinturones negros son los ingenieros que conforman el departamento de calidad.

**Green Belt (Cinturón Verde):** Son ayudantes de los Black Belt, tienen conocimiento de las herramientas y tácticas para la mejora Seis Sigma; son las personas que toman los datos del proceso, necesarios para poner en

marcha la filosofía Seis Sigma. Son los analistas del proceso o las personas que continuamente llevan las labores de toma de tiempos y movimientos en la producción. En la siguiente tabla se presenta la estructura humana para Seis Sigma, tal y como se establece en una gran empresa. (Martha Lucía Pérez Urrego, 2013, pág. 20.21)

#### *1.5.1.9 Los 8 desperdicios de una empresa*

Según Alexandra Pardo Hernández (2019) al hablar de los 8 desperdicios de la empresa dice que:

Dentro de una empresa el desperdicio es cualquier material o recurso que no aportan valor ni a la empresa ni al cliente, Taiichi Ohno, experto japonés creador del Just in time o sistema de producción Toyota, identificó dentro de su metodología de producción, la existencia en los procesos de una serie de desperdicios que se presentaban con frecuencia denominándolos muda y los clasificó en 7 grupos, aunque posteriormente se ha añadido un octavo.

**Defectos de producción:** Los defectos de producción y errores de servicio no solo no aportan valor sino que lo restan. Dichos defectos es mejor prevenirlos que eliminarlos o corregirlos cuando se está ya en el mercado. La causa de que se presenten estos defectos puede ser la falta de supervisión del proceso, un deficiente control de calidad, baja calidad de los materiales, formación insuficiente del personal, fabricación rápida o el mal diseño del producto o servicio, etc. (2019)

**Sobreproducción:** Hace referencia a la producción no ajustada a la demanda, incluida la fabricación de artículos que no son de interés para los consumidores, producir más de lo inmediatamente necesario es una práctica bastante habitual almacenando el exceso en stock en espera de que sea demandado, según Ohno, se trata de una mala práctica ya que se destinan recursos y mano de obra de manera innecesarias, la forma de dar fin a este desperdicio es reducir los tiempos de preparación, sincronizando cantidades y tiempos entre procesos, haciendo sólo lo necesario. (2019)

**Exceso de inventario:** Son unidades obsoletas, material que no llega a utilizarse o maquinaria que no está en funcionamiento, todos estos elementos son sumados al inventario ocupando un lugar valioso, un

**inventario que sobrepasa lo necesario para cubrir las penurias de la empresa o del cliente, la solución sería una óptima gestión del stock. (2019)**

**Esperas:** Se refiere a los tiempos muertos, tanto del personal pasivo como de la maquinaria. Por lo general es consecuencia de una desincronización de los procesos como por ejemplo la recepción de materia prima que es entregada fuera del tiempo estimado o falta de orden para localizar inmediatamente la herramienta o el material necesario Sincronizar los flujos o la flexibilidad laboral podrían ser algunas formas de combatirlo. (2019)

**Transporte:** Es el traslado de materiales, personas o documentos de un sitio a otro que no añade valor alguno a la empresa, adicional a esto, dicho transporte cuesta dinero, equipo, combustible o mano de obra y tiempo. Lo apropiado dentro de una empresa es hacer un buen diseño y distribuir bien las localizaciones para evitar estos movimientos, además de racionalizar aquellos que no se pueden evitar. (2019)

**Movimientos innecesarios:** Relacionado con el transporte, también todo el movimiento innecesario de personas o equipamiento que no añadan valor al producto o servicio se considera un desperdicio, la causa suele ser la aplicación de métodos de trabajo poco eficientes y una mala automatización de las tareas. (2019)

**Sobreprocesos:** Ocurren cuando los procesos no son revisados y no se optimizan de manera que son realizados una y otra vez, de ser analizadas y estar estandarizadas, serían innecesarias. Es importante preguntarse qué proceso y que tarea es necesaria y eliminar las que no lo son. La clave está en erradicar todo aquello que no afecta la calidad del producto o servicio. (2019)

**Desaprovechamiento del talento humano:** Hace referencia al aprovechamiento de las fortalezas de cada colaborador a beneficio de la empresa incentivándolos a hacer uso de su creatividad e inteligencia. Como causas del desaprovechamiento puede generarse una política de empresa anticuada o escasa cultura de innovación. (2019, pág. 32.33.34)

#### ***1.5.1.10 Herramientas Lean Manufacturing***

Alexandra Pardo (2019) al hablar sobre las herramientas de Lean Manufacturing indica que:

**Es importante tener claro cuáles son los objetivos que se desean alcanzar y tener definida la estrategia de mejora antes de implementar alguna herramienta de Lean Manufacturing, a medida que se utilizan más herramientas los beneficios aumentaran debido a que se apoyan y se refuerzan unas con otras, del mismo modo, el problema está desapareciendo y el proceso de producción se vuelve cada vez más inestable.**

**A continuación, se explicarán las herramientas más importantes del Lean Manufacturing:**

**Las 5'S:** Es utilizada para mejorar las condiciones de cada puesto de trabajo, por medio del orden y limpieza, así mismo se pretende eliminar lo que no es necesario.

**Andon:** Es un sistema de control visual que permite que todos los colaboradores estén enterados del estado y avance de las acciones de mejora, lo cual permite la involucración de todo el personal. (2019)

**SMED:** Es una práctica empleada para disminuir los tiempos de cambios de uso en máquinas y herramientas. Permite fabricar con lotes pequeños, reduce inventario intermedio. (2019)

**TPM:** Es un método de gestión de mantenimiento evitando paradas en las máquinas causadas por averías, reduce tiempos muertos, elimina defectos y disminuye el tiempo de ciclo. (2019)

**Flujo continuo:** Es un sistema de producción en el que el trabajo en curso fluye paulatinamente entre los diferentes puestos del proceso de producción, reduce inventario, tiempos de espera y transportes innecesarios. (2019)

**Kanban:** Es un sistema que permite regular el flujo de producción entre procesos, proveedores y clientes, basado en un reaprovisionamiento a través de señales que indican cuando se necesita más material eliminando así inventario, sobreproducción, disminuye tiempos muertos mejorando el plazo de entrega. (2019)

**Jidoka:** Es una técnica cuyo fin es diseñar los equipos para automatizar parcialmente el proceso de producción, con el fin de que se pare cuando se detecta algún tipo de defecto, de esta manera se controlan los defectos de manera automática, reduce costos de producción, mejora el nivel de calidad. (2019)

**Just in time:** Consiste en producir la cantidad necesaria de productos en el momento necesario. Más que una herramienta es una filosofía de trabajo. Se reduce el nivel de inventario, costos de producción y el espacio requerido en planta. (2019)

**Kaizen:** Es una estrategia en la que los empleados trabajan todos juntos proactivamente para conseguir mejoras continuamente, busca la eliminación de desperdicios del proceso de producción. (2019)

**Poka-Yoke:** Permite detectar errores y prevenirlos en el proceso productivo con el objetivo de conseguir cero defectos, encuentra los defectos de calidad a través de una inspección para luego ser corregirlos. (2019)

**Análisis de la causa raíz:** Es una metodología de resolución de problemas, se centra en resolver el problema que causa el defecto, en lugar de corregir el problema únicamente, Permite asegurar que el problema será eliminado aplicando acciones correctivas en la causa origen. (2019)

**Las 8 disciplinas:** Es una metodología que permite mejorar la producción ya que evita realizar reprocesos y otra clase de despilfarros, como por ejemplo pérdidas de tiempo. (2019)

**La gestión de la calidad total (TQM):** Se enfoca en cumplir todos los requisitos de calidad solicitados por el cliente desde el inicio del proceso productivo en donde se ven involucrados cada uno de los componentes del sistema productivo: cliente, proveedores, operarios, gerencia entre otros permitiendo aumentar la eficiencia del proceso reduciendo los plazos de entrega (2019, págs. 36,37).

### 1.5.2. Marco Conceptual

**Six Sigma:** Este es un proceso disciplinado y bien estructurado diseñado para producir buenos y / o servicios prestados sin errores. De esta forma, buscaremos mejorar todos los procesos que agregan valor a los productos, identificar y eliminar las principales causas de problemas o defectos. Para lograr este objetivo, debe haber un cambio en la cultura organizacional, el foco de este cambio es brindar el mejor servicio a los clientes. (Constantine Yépez Giorgio André, 2015)

**Maquinaria:** La maquinaria es una de las principales herramientas con las que cuenta la empresa ya que del estado y tipo de las mismas se logra o no el éxito de la empresa. Al analizar las especificaciones técnicas de las maquinas se sabe qué tipo de caja es posible

fabricar dependiendo sus dimensiones, así mismo en cuanto al corrugador es posible determinar el tipo de papel y dimensiones de lámina a trabajar según orden de trabajo establecida, esta información es fundamental para saber la cantidad de desperdicio que es posible que se presente. (Alexandra Pardo Hernández, 2019)

**Mapa de procesos:** A continuación se presenta el mapa de procesos de la empresa con el fin de dar a conocer cada uno de los eslabones que componen su proceso productivo, es posible evidenciar que se cuentan con procesos estratégicos, claves y de apoyo en los cuales se ve involucrado el proceso de fabricación de las cajas de cartón corrugado como producto terminado, dentro de los procesos claves se encuentra la adquisición de insumos y materias primas la cual está directamente relacionado al manejo y control del desperdicio. (Alexandra Pardo Hernández, 2019)

**Muestreo:** El muestreo es una herramienta que puede ayudarnos a examinar y analizar el comportamiento de un gran número de elementos para obtener resultados que puedan considerarse reproducibles a nivel global. La muestra seleccionada debe ser seleccionada al azar y debe ser representativa en el lote. Las técnicas de muestreo se utilizan a menudo para aceptar o rechazar muchos productos. Una de las ventajas que encontramos es que puede ayudarnos a reducir costos y acortar el tiempo de inspección. Pero la desventaja es que existe el riesgo de aceptar lotes defectuosos o rechazar lotes de alta calidad, y se puede perder parte de la información sobre procesos o productos. Hay dos tipos de muestreo: muestreo por atributos (características del producto) y muestreo variable (aceptar o rechazar, sí o no). (Constantine Yépez Giorgio André, 2015)

**Plan de acción 5W2H:** Esta herramienta sirve para planificar todas las actividades que resultaron como propuesta de acción para gestionar las causas raíz del problema seleccionado. Es un formato muy sencillo que se basa en 7 preguntas:

- (1W - What) ¿Que hay que hacer?
- (2W – Why) ¿Porque hay que hacerlo?
- (3W – Who) ¿Quién debe hacerlo?
- (4W – When) ¿Cuándo debe hacerse?
- (5W – Where) ¿Dónde debe hacerse?
- (1H – How) ¿Cómo debe hacerse?
- (2H – How much) ¿Cuánto costara? (Constantine Yépez Giorgio André, 2015)

**Diagrama de Ishikawa:** Diagrama de Ishikawa: el diagrama de Ishikawa, o también conocido como diagrama de causa y efecto o diagrama de espina de pescado, es una

herramienta utilizada por el equipo Six Sigma para organizar las posibles causas (X) que pueden conducir a problemas seleccionados (Y). Todas las posibles razones para la prefectura de Ishikawa provienen de una lluvia de ideas desarrollada previamente por el equipo Six Sigma y el propietario del proceso. (Constantine Yépez Giorgio André, 2015)

Las posibles causas que salgan de la lluvia de ideas se clasifican bajo las siguientes categorías claves:

- Métodos
- Maquinaria
- Mano de Obra
- Materiales
- Medición
- Medio Ambiente (Constantine Yépez Giorgio André, 2015)

## **1.6. Aspectos metodológicos de la investigación**

### **1.6.1. Tipo de estudio**

El tipo de estudio que se utilizará en este proyecto será descriptiva, exploratoria y cuantitativa:

**Descriptiva:** Este método nos ayudara proporcionando ideas de los problemas encontrados permitiéndonos plenamente identificarlas y describirlas.

**Cuantitativa:** Este método nos ayudara a medir la problemática de manera numérica para analizar y comprobar los datos obtenidos para una posterior toma de decisión.

**Exploratoria:** este método se basará en la observación directa en la empresa de estudio donde se recopilará y obtendrá información.

### **1.6.2. Método de investigación**

Para el presente estudio se usará investigación exploratoria, esta permitirá determinar las causas de los problemas que afectan la producción de envases en la empresa Industria Plásticas Josa.

Así mismo la investigación descriptiva ayudará a determinar la situación actual de la línea de producción de la empresa antes mencionada, donde se planteará medidas de mejora basada en la metodología six sigma.

### **1.6.3. Fuentes y técnicas para la recolección de información**

Internet: Nos permite obtener información actualizada y conceptos importantes de diferentes autores para lograr una investigación amplia y veraz en el tema de control de inventarios.

Entrevistas: Se conversó con la alta dirección de la empresa Industria Plásticas Josa para obtener información actual de todas las áreas involucradas.

Revisión de documentos: Esta técnica nos permitirá conocer todos los datos exactos de la empresa; cantidad de producto que ingresa y egresa, y la forma en que esta se registra.

#### **Recopilación de datos utilizando lo siguiente:**

- Diagrama de Flujo de Proceso
- Observación Visual
- Diagrama de Recorrido
- Registro y Tabulación de Datos

### **1.6.4. Tratamiento de la información**

Toda la información que se recopile será analizada y documentada con el fin de proponer mejoras para disminuir los productos no conformes de la empresa, aumentar la productividad y reducir costos que se generan por el mantenimiento correctivo, paradas no programadas debido a las fallas y averíos que se presenta en la planta de producción de envases.

### **1.6.5. Resultados e impactos esperados**

Los resultados que se esperan al proponer la propuesta de metodología de trabajo six sigma, es la reducción de los productos no conformes de la empresa, aumentar la satisfacción de los clientes y evitar los mantenimientos correctivos de las maquinas en la línea de producción evitando así las paradas imprevistas por fallas o averíos.

## **Capítulo II**

### **Análisis, Presentación de Resultados y Diagnóstico**

#### **2.1. Análisis de la situación actual.**

La empresa del caso de estudio Industria Plásticas Josa es una empresa dedicada a la elaboración de productos plásticos, tetinas, Biberones, ropa de protección de uso médico y apósitos, teniendo su mercado nacional e internacional.

Su historia radica en el año 1984 donde se formó la Fabrica lo cual fue gracias a la unión de 2 empresarios, aquellos son el Economista JORGE BOHORQUEZ GONZALES y el Ing. CHANG SAM. Al principio solo tenían como objetivo vender biberones, pero la producción en ese entonces solo duraba 6 meses quedando las maquinas paralizadas.

Por ello se buscó realizar otros productos como envases de orina con su respectiva tapa, era un molde de soplado para el frasco y otro de inyección para la tapa mandando hacer sus respectivos moldes afuera teniendo así 6 meses más de producción, sus nuevos productos tuvieron buena acogida trayendo consigo más demanda de los productos fabricados y la empresa incremento su maquinaria, mientras la empresa iba en expansión trajo más moldes de diferentes envases, incrementando sus pedidos, obteniendo más clientes, ganando reputación y obteniendo su puesto en el mercado, mientras más tiempo pasaba la empresa diversifico sus productos y su crecimiento ha venido de manera paulatina.

#### **2.1.1 Valores Corporativos**

##### **Misión**

Elaborar dispositivos médicos de calidad, con eficacia y productividad, logrando la confianza en los consumidores, aumentando la satisfacción al cliente al usar nuestros productos, aportando en su economía y velando por su salud.

##### **Visión**

Alcanzar los parámetros internacionales de calidad, innovando y actualizando tecnologías, haciendo de la productividad la meta permanente de nuestras acciones. Respetando y reconociendo a nuestro cliente interno y simultáneamente satisfaciendo las necesidades de nuestro cliente externo.

#### **2.1.2 Ubicación de la empresa.**

La empresa de caso de estudio se encuentra ubicada en el norte de guayaquil km 9 ½ vía a Daule alado de la nueva empresa Pica.



*Figura 4. Localización de la empresa Josa. Información tomada de Google Maps. Elaborado por el autor.*

### 2.1.3 Estructura de la Organización

La empresa cuenta con una estructura mixta, las cuales son las responsables de planificar y ejecutar el funcionamiento correcto de la empresa. Ver **Anexo N°1**

### 2.14 Productos que comercializa la empresa

La empresa del caso de estudio produce una gran variedad de productos, en este caso solo se tomarán en cuenta los envases que se producen los cuales para poder cumplir la demanda las maquinas trabajan de forma constante (inyectoras y sopladoras) en turnos rotativos de 8 horas de lunes a domingo.

A continuación, se detallará los diferentes tipos de envases que elabora la empresa.

**Tabla 2.** *Productos de la empresa.*

Clase	Producto	Peso neto	Peso bruto	Máquinas	Materia Prima
<b>ENVASES</b>	GALÓN 110 g	110	145	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
	GALÓN 3750 ml C- ESPARADRAPO	165	235	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
	GALÓN 92 Gr.	92	150	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
	Medio Galón	71.6	109.2	Sopladoras	<b>Polietileno</b>

GALON 200 ml	60	83	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR. ORINA	13.5	13.5	Inyectora	<b>Polipropileno</b>
INYECCIÓN				
FR-ORINA 150 ML	10	10	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-ORINA 150 ML	10	18.8	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-ORINA 100 ML	8	12	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-ORINA 100 ML	8	14	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-ORINA 60 ML	5	11	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR ORINA 2700 ML	104	130	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-28 REDONDO	5.5	10	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-30 REDONDO	6.5	10	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-30 PLANO	6.5	10	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-30 PLANO (12 CAV)	6	10	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-30 GOTERO	5.5	7.7	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-60 REDONDO	10	15.1	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-100 REDONDO	13	21	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-120 LISSE	15.5	21.6	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR. 1000	60	71	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR. 1000 LISSE	70	83	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR. 1000 C-ESP	64	74.5	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-RNDO. 500	39	49	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-RNDO. 500 LISSE	40	52	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-RNDO. 250	24	45	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
FR-RNDO. 250 LISSE	25	32	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
LF-FR-60-PC SIKURA-VAPOMENTOL	12	25	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
DYV-FRC-MENTOL-CH	12	22	Sopladoras	<b>Polietileno</b>

<b>PET</b>	DYV-FRC- VAPOREX	12	22	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
	GUARDIAN 3 l.	165	165	Inyectora	<b>Polipropileno</b>
	PET-500	15	15	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
	PET-1000	35	35	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
	PET-1000 CASA	42	42	Sopladoras	<b>Polietileno</b>
	ESPARADRAPO				

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

### 2.1.5 Distribución de planta

Para una mejor visualización el plano de la empresa será colocado en el Anexo # 2. En la siguiente tabla se muestra detallado el espacio que ocupa cada área.

**Tabla 3.** *Distribución de planta*

<b>ÁREA</b>	<b>Espacio en (m2)</b>
Bodega de materia prima	526.00
Oficinas Administrativas	50.00
Área de taller	18.50
Área de máquinas de producción	900.00
Área de preforma	25.30
Área de molino	45.60
Área de compresores	10.00
Área de ensamble	230.00
Tetina	120.00
Área de impresora	16.00
Baños	10.00
Comedor	97.29
Bodega de productos semielaborados	146.00
Área de transformadores	9.73
Pasillo	211.00
<b>Total</b>	<b>2415.42</b>

*Distribución actual de la empresa. Investigación de campo. Elaborado por el autor.*

## 2.1.6 Recursos productivos

### 2.1.6.1 Recursos Humanos

La empresa actualmente tiene un total de 60 personas que conforman el recurso humano en base al cargo y las funciones de esta.

A continuación, se detallará los cargos que hay en las distintas áreas y el número de personas que trabajan.

**Tabla 4.** *Detalle del personal de la empresa de estudio*

Área	Cargo Laboral	Cantidad
	Gerente General	2
<b>Administración</b>	Jefe de Operaciones	1
	Recurso Humanos	3
	Departamento de compra	2
<b>Planta</b>	Coord. de Producción	1
	contadora	1
	Control de Calidad	2
	Operadores de Maquinas	12
	técnicos	3
<b>Taller</b>	Coordinador de taller	1
	Operadores del taller	4
<b>Área de tetina</b>	Coordinador de tetina	1
	Operadores de tetina	3
<b>Área de preforma</b>	Coordinador de Preforma	1
	Operadores de Preforma	2
	Coordinador de Impresora	1
<b>Impresora</b>	Operadores de impresora	4
	Coordinadora de costura	1
<b>Área de costura</b>	Operadoras de costura	15
<b>Total</b>		<b>60</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

### 2.1.6.2 Recursos Tecnológicos

Para poder elaborar los productos de la empresa Josa en este caso envases, la planta necesita un conjunto de equipos, maquinarias y herramientas los cuales se necesitan para completar el proceso de producción los cuales serán detallados en la siguiente tabla.

**Tabla 5.** *Equipos, máquinas y herramientas*

<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>	<b>CANTIDAD</b>
Máquinas Sopladora	9
Máquinas Inyectora	12
Horno calentador de preforma	4
Sopladora estiradora de Preforma	4
Compresor de tornillo	2
Compresor de Pistones	5
Tanque de presión de aire	1
Chillers o Enfriadores de agua	4
Torres de enfriamiento	3
Selladoras	4
Máquinas Scrin print	3
Flameadora de frascos	1
Máquinas Hot print	4
Esterilizadora	1
autógena	1
Banco de Transformadores	1
Yales de carga	5
Tecele	1
Tornos	4
Fresadoras	2
Esmeril	2
Rectificadora	1
Montacarga	1
Carros montacargas hidráulicos	4
Molinos	2
Mezclador de Pigmentos	2

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

### **2.1.7 Descripción del proceso de producción**

El proceso de producción de envases en la empresa empieza primero con la orden o pedido del cliente en donde se detalla las características y especificaciones que desea, siendo este color, cantidad, tipo de materia prima, peso y diámetros.

Una vez emitido el pedido en la empresa se genera la orden de producción, donde se imprime un anexo el cual servirá para registrar en que maquina será colocado el molde, cuantas cavidades trabajaran, la hora de entrega, montaje del molde y firmas de los involucrados.

La orden de producción pasa primero por el mezclador de la materia prima, esta persona es la encargada de entregar la cantidad de materia prima que se va a utilizar en las maquinas, dependiendo del color que pida el cliente este tendrá un tiempo en el mezclador donde se utilizaran diferentes pigmentos hasta obtener el color deseado, esa materia prima que se usara será llevada en sacos de 25kg en carros transportadores hasta unas perchas alado de la máquina.

Luego la orden de producción será entregada a taller donde el molde será limpiado y revisado, después será transportado en carros de cargas hasta la planta.

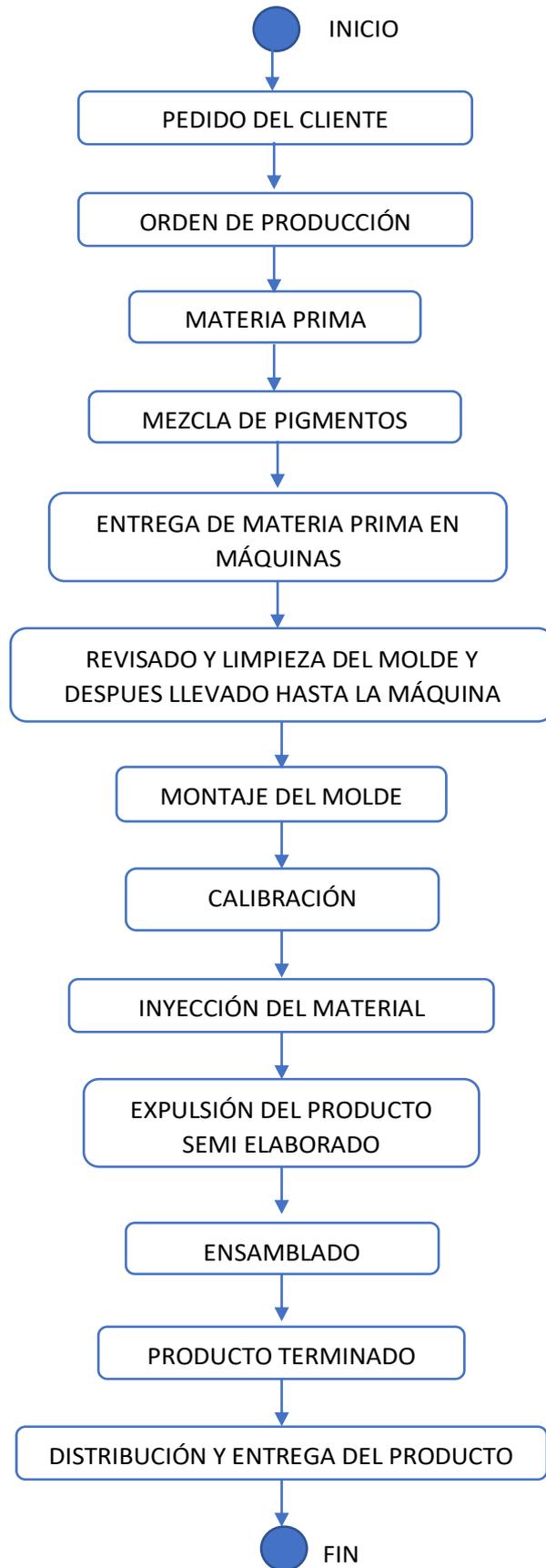
Una vez en esa área los técnicos encargados montan el molde usando tecele o no dependiendo del molde en la máquina sea esta inyectora o sopladora, ellos regulan la temperatura, presión, ciclos o tiempos, conectan el agua para enfriarlo, dan el tiempo de enfriamiento y el peso que se le quiere dar al producto que se solicita.

Los operadores de las maquinas se encargan de colocar la producción que sale en fundas plásticas grandes, colocando en ellas lotes donde se registrara peso, producto, fecha y nombre del operador, estas fundas son llevadas a la bodega del producto semielaborado.

Luego en el área de ensamble las operadoras arman los productos, ejemplo se colocan su tapas o tapones si es que lleva, dependiendo del producto este después es sellado, luego son colocado en fundas o cartones dependiendo del producto.

Todos los cartones o fundas donde fueron almacenados los productos ya terminados, pasan al área de bodega, en esta área son generadas las facturas de los clientes en donde se detalla el pedido del cliente, cantidad de los productos puede ser por eso por cantidad, estas facturas debes ser registradas en el sistema, luego son firmadas y selladas, estas serán entregadas a los choferes de los camiones que posee la empresa en donde se colocaran los pedidos y serán distribuidos para la entrega a cada respectivo cliente, tanto en la ciudad de Guayaquil o fuera de esta.

A continuación, se mostrará un diagrama de flujo del proceso.



**Figura 5.** Diagrama de flujo del proceso de producción. Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.

## **2.2. Análisis comparativo, evolución, tendencias y perspectivas**

### **2.2.1 Análisis y diagnóstico del problema**

La empresa del caso de estudio Industria Plásticas Josa ha tenido algunos problemas con los clientes lo cual ha ocasionados muchas molestias entre los trabajadores de diferentes áreas por las quejas y se echan la culpa entre ellos creando un mal ambiente laboral.

Los clientes se han quejado de lo siguiente:

- Recibir envases donde la tapa no enrosca bien.
- En ocasiones no reciben el producto completo suelen faltar tapas o tapones.
- Hay entregas que demoran más tiempo en llegar.
- Algunos envases suelen llegar con huecos en lugares donde es fino y sale agua.
- El peso de ciertos envases no llega en los rangos que pide el cliente, varía mucho.
- También hay envases que salen descentrados.

### **2.2.2 Descripción específica del problema**

Los problemas que usualmente se presentan en el área de producción, son aquellos que están muy relacionados directamente con las máquinas sopladoras, moldes, operadores etc., que es donde se fabrican los diferentes envases que se comercializan.

Entre los problemas más comunes que se pueden encontrar en la máquina sopladora, es la falta de mantenimiento preventivo solo se las repara cuando se dañan o hay desgaste de las maquinas, mala calibración de estas, desgaste en el túnel donde pasa el tornillo expulsor y también desgaste del tornillo, desgaste de los retenedores de aceite, desgaste en la caja reductora falta de control de peso,

El operador de mezcla ha tenido algunos problemas con los pigmentos que se utilizan para dar los colores a los envases, no suelen dar los tonos deseados que el cliente quiere debido a mal cálculo de cantidad del pigmento o por que han cambiado de proveedores.

En los moldes de soplado, algunos problemas que se han presentado son desgaste en las guías y bocines que llevan para cerrar y centrar el molde, otros tienen problemas en el filo de las cuchillas que se utilizan para poder despícarlos, desgastes en los filos, desgaste en los postizos y fondos y por último mal enfriamiento del molde debido a taponamiento de los huecos por oxido.

Los operadores de máquinas, más cuando se cambia de turno suelen cambiar las regulaciones de la maquina cuando ven que no les sale como ellos creen, en algunas ocasiones las máquinas se han dañado por distracción de ellos ya sea quemando las

resistencias o rompiendo alguna pieza de la máquina, y se olvidan de verificar los pesos que deben tener los envases.

Los compresores que suministran el aire para que las maquinas sopladoras funcionen, han tenido problemas mecánicos, los cabezales se dañan por el uso excesivo de estos ya que no se los alterna en el funcionamiento y trabajan las 24 horas todos los días, también hay fallas eléctricas, no funciona bien el encendido automático y baja la presión del aire, pocas veces se les dan mantenimiento a estos.

A continuación, se mostrará en la siguiente tabla datos de la producción anual del año 2020 de las maquinas sopladoras.

**Tabla 6.** *Porcentaje de la producción total y del producto no conforme*

<b>MES</b>	<b>Producción Real en kg</b>	<b>PNC</b>	<b>% PNC</b>
<b>Enero</b>	25228,6	192	1%
<b>Febrero</b>	15007,94	249,3	2%
<b>Marzo</b>	26428	265	1%
<b>Abril</b>	17595	239	1%
<b>Mayo</b>	28355	518,4	2%
<b>Junio</b>	22629	518,4	2%
<b>Julio</b>	22629	518,4	2%
<b>Agosto</b>	27544	478	2%
<b>Septiembre</b>	28143	346	1%
<b>Octubre</b>	25832	525	2%
<b>Noviembre</b>	29493	499	2%
<b>Diciembre</b>	30015	639	2%
<b>TOTAL</b>	<b>298899,54</b>	<b>4987,5</b>	<b>20%</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

Se muestra la producción total del año 2020, donde se indica que el 20% de la producción total son productos no conformes.

### 2.2.3 Análisis de datos e identificación de problemas

Mediante la herramienta de Ishikawa se logró identificar cuáles son las causas principales de los problemas que se generan en la producción de envases.

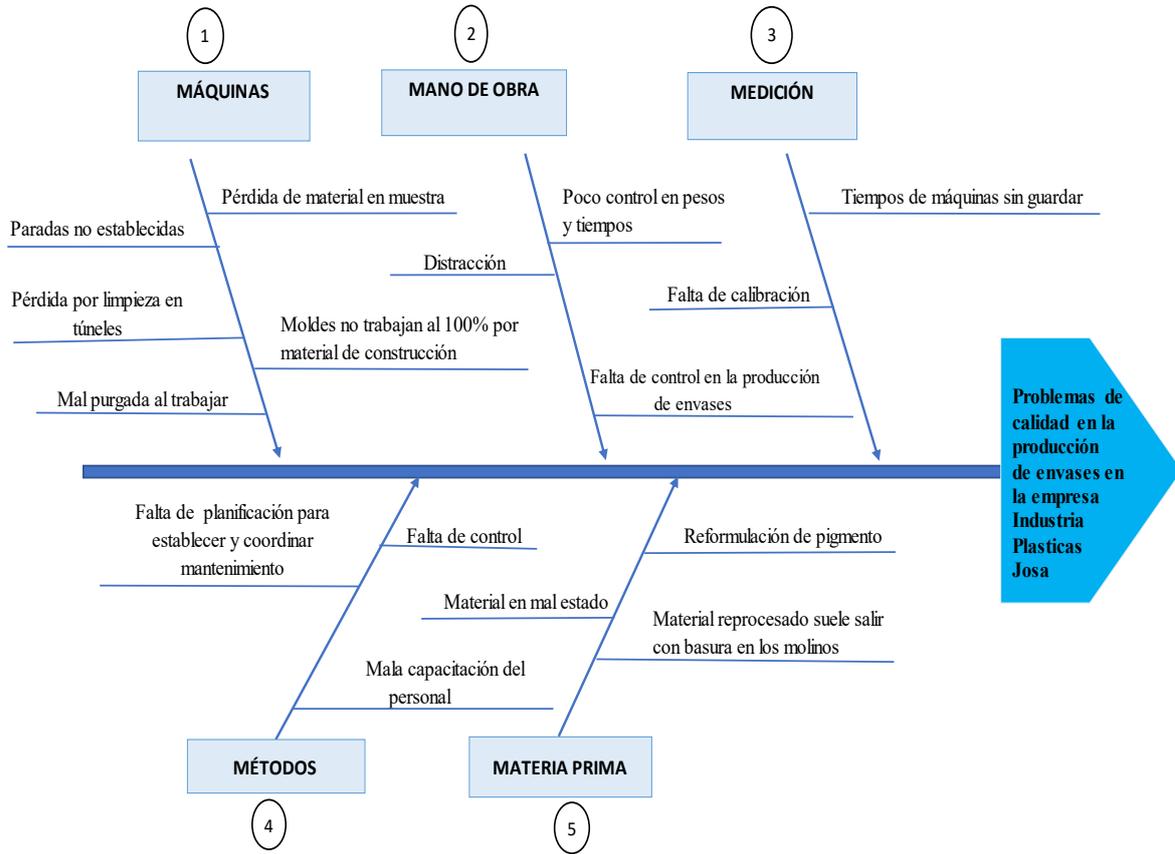


Figura 6. Diagrama de Ishikawa. Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.

A todas las causas que se encuentran en el diagrama se les asignará un valor según el criterio de cada experto. Hay que saber también que los valores que serán dados serán de 1 a 5 donde el **valor 5** equivaldrá a mayor problema o causa.

Tabla 7. Ponderación y consulta a expertos sobre las causas encontradas del Ishikawa.

CAUSAS	Coordinadores					TOTAL	% de Peso
	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5		
<b>Materia Prima</b>							
Reformulación del pigmento	2	2	4	4	2	14	
Material en mal estado	2	2	2	2	1	9	17%
Material reprocesado puede salir sucio	1	3	1	3	3	11	
<b>Mano de Obra</b>							

Distracción	2	4	2	5	1	14	
Falta de control en la producción de envases	4	4	4	3	5	20	<b>24%</b>
Poco control en pesos y tiempos	3	4	2	1	5	15	
<b>Medición</b>							
Falta de calibración	1	3	4	1	1	10	<b>13%</b>
Tiempos de máquinas sin guardar	3	4	3	2	5	17	
<b>Métodos</b>							
Falta de control	3	4	3	2	3	15	
Mala capacitación del personal	2	3	1	2	2	10	<b>20%</b>
Falta de planificación para establecer y coordinar mantenimiento	4	3	4	2	3	16	
<b>Maquinaria</b>							
Paradas no establecidas	2	2	1	5	2	12	
Mal purgada al trabajar	2	2	1	2	3	10	<b>25%</b>
Moldes no trabajan al 100% por material de construcción	1	3	4	1	1	10	
Pérdida de material en muestras	3	3	2	2	3	13	
Pérdida por limpieza de túneles	2	1	1	1	1	6	
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>47</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>41</b>	<b>202</b>	<b>100%</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

**Tabla 8.** *Expertos mencionados en la ponderación del Ishikawa.*

<b>EXPERTOS</b>	
Experto 1 =	Coordinador de Producción
Experto 2 =	Coordinador de Planta
Experto 3 =	Coordinador de taller
Experto 4 =	Coordinador de materia prima
Experto 5 =	Inspector de Calidad

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

## 2.3. Presentación de resultados y diagnósticos

### 2.3.1 Diagrama de Pareto

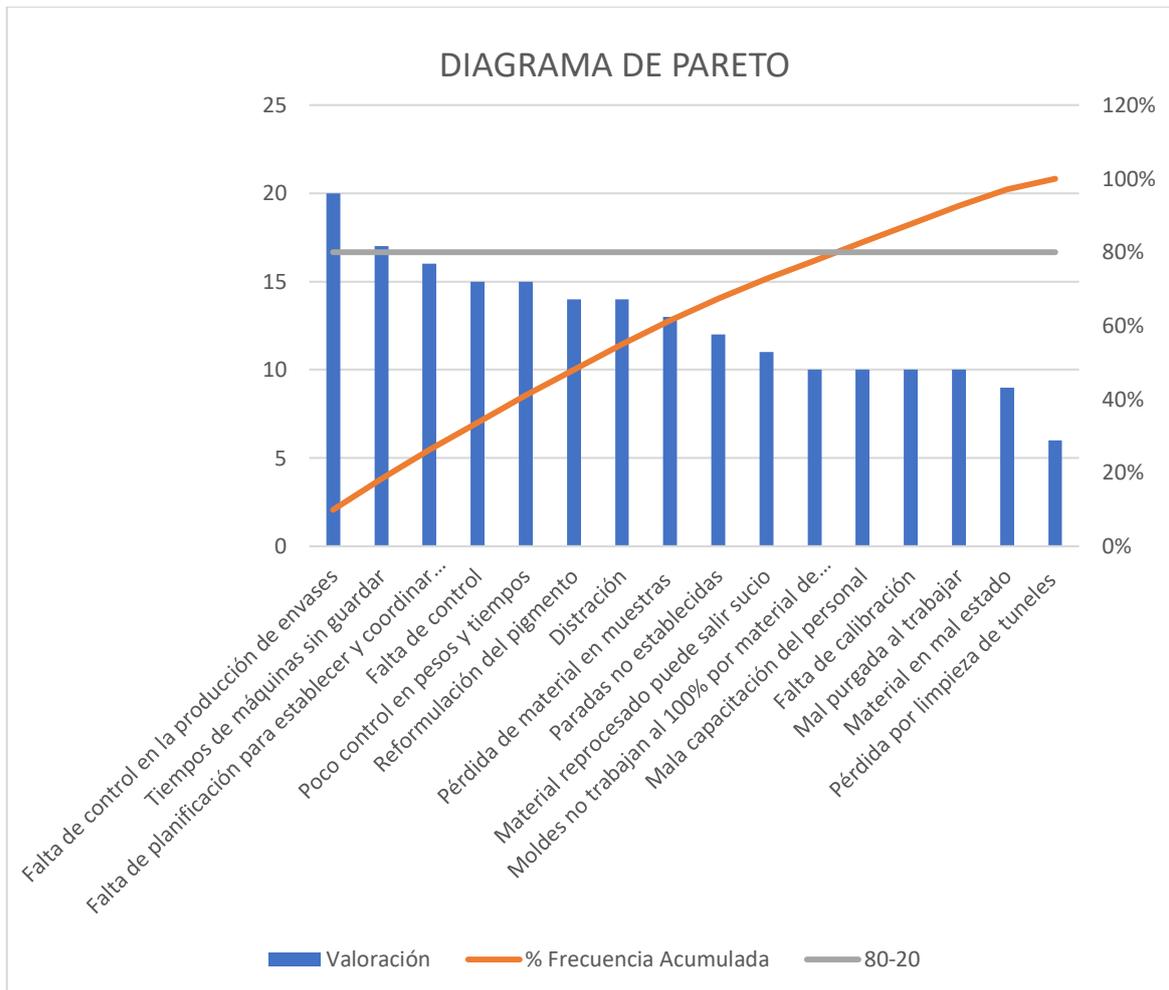
En el siguiente diagrama junto con su tabla de valores se localizará dónde más falla el proceso de producción de envases en la empresa Industria Plásticas Josa.

**Tabla 9.** Datos del Diagrama de Pareto.

Causas	Valoración	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada	80-20
Falta de control en la producción de envases	20	10%	10%	<b>80%</b>
Tiempos de máquinas sin guardar	17	8%	18%	<b>80%</b>
Falta de planificación para establecer y coordinar mantenimiento	16	8%	26%	<b>80%</b>
Falta de control	15	7%	34%	<b>80%</b>
Poco control en pesos y tiempos	15	7%	41%	<b>80%</b>
Reformulación del pigmento	14	7%	48%	<b>80%</b>
Distracción	14	7%	55%	<b>80%</b>
Pérdida de material en muestras	13	6%	61%	<b>80%</b>
Paradas no establecidas	12	6%	67%	<b>80%</b>
Material reprocesado puede salir sucio	11	5%	73%	<b>80%</b>
Moldes no trabajan al 100% por material de construcción	10	5%	78%	<b>80%</b>
Mala capacitación del personal	10	5%	83%	<b>80%</b>

Falta de calibración	10	5%	88%	<b>80%</b>
Mal purgada al trabajar	10	5%	93%	<b>80%</b>
Material en mal estado	9	4%	97%	<b>80%</b>
Pérdida por limpieza de túneles	6	3%	100%	<b>80%</b>
<b>Total</b>	<b>202</b>	<b>100%</b>		

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*



**Figura 7.** Diagrama de Pareto. Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.

Como se observa en el diagrama de Pareto de la empresa Industria Plásticas Josa se analizó el gráfico y se llegó a la conclusión de que los factores que mayor repercuten en la problemática son la falta de control de producción, los tiempos de las máquinas que no son guardados para cada envase y también la falta de planificación para establecer y coordinar un buen mantenimiento a las máquinas, todos los datos se obtuvieron del personal de la empresa.

En la siguiente tabla se detallará las horas y días trabajadas en las 9 máquinas sopladoras en el área de producción de envases.

**Tabla 10.** *Total, de horas trabajadas.*

MES	Días Laborables	Horas	
		trabajadas en las 9 maquinas	Tiempo de parada
Enero	31	3200	150
Febrero	29	1912	146.1
Marzo	31	3176	304
Abril	30	1840	189.6
Mayo	31	3136	299
Junio	30	3000	255.7
Julio	31	3050	254
Agosto	31	3000	274
Septiembre	30	3060	222
Octubre	31	3085	234
Noviembre	30	3029	255
Diciembre	31	3101	360
<b>Total</b>	<b>366</b>	<b>34589</b>	<b>2943.4</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

Ahora se mostrará una tabla sobre los costos de producción mensual en el área de envases.

**Tabla 11.** *Costos de Producción.*

Costos de Producción	
Costo de Mp	\$ 24,000.00
Costo de MO	\$ 5,520.00
Costos indirectos	\$ 36,185.91
<b>Costo total de Producción</b>	<b>\$ 65,705.91</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

A continuación, en la siguiente tabla se mostrará el costo de producción por hora.

**Tabla 12.** *Costos de producción por hora.*

Mes	Días laborables	Horas trabajadas	costo total de producción	Costo por hora de producción
Enero	31	3200	\$ 65,705.91	\$ 20.53
Febrero	29	1912	\$ 65,705.91	\$ 34.37
Marzo	31	3176	\$ 65,705.91	\$ 20.69
Abril	30	1840	\$ 65,705.91	\$ 35.71
Mayo	31	3136	\$ 65,705.91	\$ 20.95
Junio	30	3000	\$ 65,705.91	\$ 21.90
Julio	31	3050	\$ 65,705.91	\$ 21.54
Agosto	31	3000	\$ 65,705.91	\$ 21.90
Septiembre	30	3060	\$ 65,705.91	\$ 21.47
Octubre	31	3085	\$ 65,705.91	\$ 21.30
Noviembre	30	3029	\$ 65,705.91	\$ 21.69
Diciembre	31	3101	\$ 65,705.91	\$ 21.19
<b>Total</b>	<b>366</b>	<b>34589</b>		<b>\$ 283.25</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

En la siguiente tabla se mostrará las pérdidas por horas de paradas en los 12 meses en los que se está trabajando.

$$\text{Pérdidas} = \text{Total de costo por hora} * \text{total de horas perdidas}$$

**Tabla 13.** *Perdidas mensuales.*

Mes	Costo por hora de producción	Tiempo de paradas (H)	Pérdidas por mes
Enero	\$ 20.53	150	\$ 3,079.96
Febrero	\$ 34.37	146.1	\$ 5,020.73
Marzo	\$ 20.69	304	\$ 6,289.23
Abril	\$ 35.71	189.6	\$ 6,770.57
Mayo	\$ 20.95	299	\$ 6,264.69
Junio	\$ 21.90	255.7	\$ 5,600.33

Julio	\$	21.54	254	\$	5,471.90
Agosto	\$	21.90	274	\$	6,001.14
Septiembre	\$	21.47	222	\$	4,766.90
Octubre	\$	21.30	234	\$	4,983.85
Noviembre	\$	21.69	255	\$	5,531.53
Diciembre	\$	21.19	360	\$	7,627.90
<b>Total</b>	<b>\$</b>	<b>283.25</b>	<b>2943.4</b>	<b>\$</b>	<b>67,408.74</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

En la siguiente tabla se mostrará la pérdida anual por falla de mano de obra.

**Tabla 14.** Pérdida por mano de obra.

<b>MES</b>	<b>Tiempo de parada</b>	<b>Hora mano de hombre</b>	<b>Perdida por mano de Obra</b>
Enero	150	\$ 1.92	\$ 288.00
Febrero	146.1	\$ 1.92	\$ 280.51
Marzo	304	\$ 1.92	\$ 583.68
Abril	189.6	\$ 1.92	\$ 364.03
Mayo	299	\$ 1.92	\$ 574.08
Junio	255.7	\$ 1.92	\$ 490.94
Julio	254	\$ 1.92	\$ 487.68
Agosto	274	\$ 1.92	\$ 526.08
Septiembre	222	\$ 1.92	\$ 426.24
Octubre	234	\$ 1.92	\$ 449.28
Noviembre	255	\$ 1.92	\$ 489.60
Diciembre	360	\$ 1.92	\$ 691.20
<b>Total</b>	<b>2943.4</b>		<b>\$ 5,651.33</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

Con los datos obtenidos se pudo determinar el total de las pérdidas del año 2020 en la empresa de estudio Industria Plásticas Josa.

**Tabla 15. Pérdidas Totales**

<b>TOTAL, DE PERDIDAS</b>	
<b>Costo total por</b>	<b>\$ 5,651.33</b>
<b>mano de obra</b>	
<b>no trabajadas</b>	
<b>Pérdida total</b>	<b>\$ 67,408.74</b>
<b>por tiempo de</b>	
<b>parada</b>	
<b>Total</b>	<b>\$ 73,060.07</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

### **2.3.2 Diagnostico**

Al analizar los datos obtenidos en los diagramas y tablas realizadas se pudo determinar que existe una pérdida anual considerable debido a las paradas no programadas en las maquinas sopladoras en el área de producción de envases.

Estos problemas principalmente se deben a que en la planta no hay un control adecuado de la producción por parte de los operadores y coordinadores, también la falta o nula planificación de un mantenimiento preventivo a las maquinas utilizadas.

Por este motivo se está planteando la metodología Six Sigma cuyo objetivo es mejorar los procesos, con el propósito de incrementar la rentabilidad y productividad en la empresa Industria Plásticas Josa.

## Capítulo III

### Propuesta, Conclusiones y Recomendaciones

#### 3.1. Diseño de la propuesta.

##### 3.1.1 Planteamiento de la propuesta

En el capítulo I se describe que Six Sigma es una metodología de mejora de procesos que permite tener el control y reducción de sus variaciones, consiguiendo de esta manera reducir o eliminar los defectos que puedan tener los productos o servicios que recibe el cliente.

En el diagnóstico que se realizó en el capítulo II se determinó que en el proceso de producción cuenta con muchas variables que afectan de forma directa o indirecta en la fabricación de envases en el cual se encontró que varios productos están fuera de los límites de especificación exigidos por los clientes.

A continuación se detallará la propuesta de cada Sigma según el método DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar o implementar y controlar):

##### *3.1.1.1 Definir*

En la etapa de definir de la metodología de trabajo Six Sigma al determinarse los diversos factores que intervienen en el problema, se definirá las propuestas para dar solución a cada una de ellas.

**Materia Prima:** Respecto al material utilizado en la empresa para la fabricación de envases existen problemas en el área de pigmentos donde el encargado en ocasiones no daba con la fórmula correcta que es la que da el color deseado por el cliente, este error es dado por mal cálculo o cambio de proveedores de pigmentos y por último el material reprocesado suele contaminarse con basura que cae en los molinos, como pernos, llaves, etc., o también el operador de molino se confunde y mezcla diferentes plásticos al momento de moler y llenar los sacos de materia prima.

**Mano de Obra:** La empresa anteriormente no contrataba gente capacitada para el área de producción, algunos de ellos solo los pasaban a esa área cuando necesitaban gente, los trabajadores antiguos les enseñan hasta que aprendan, algunos operadores a veces por falta de costumbre o falta de experiencia se distraían con una máquina y se olvidaban de las otras que tenían asignadas, en ocasiones se olvidaban de tomar los pesos a los productos y estos no salían igual por algún problema de máquinas no se daban cuenta de ello.

**Medición:** En esto se sabe que existen muchos productos que no cumplen con los límites de especificación que solicita el cliente debido a la falta de calibración de las máquinas y el no tener un registro de los tiempos con los que trabajan los diferentes moldes para la fabricación de envases

**Métodos:** En la empresa existen manual de procedimientos o instructivos en ciertas áreas, el área de producción no cuenta con ello, este les sería útil para tener un mejor control en los procesos de producción, tampoco tienen una buena capacitación con personas expertas en el uso de las maquinas del área ni tampoco se planifica o coordina un plan de mantenimiento en la empresa.

**Maquinaria:** La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento, lamentablemente esperan que las máquinas se averíen para hacer el respectivo mantenimiento, algunas se dañan de forma grave que la producción queda paralizada, en ciertos casos quedan descalibradas y es donde se generan las condiciones necesarias que afectan el producto que se realiza, al hacer muchas pruebas para que quede calibrado se desperdicia material y es algo que pasa a menudo, otro problema encontrado son los moldes, muchos de ellos sufren desgastes en ciertas piezas ya que su producción es larga, ciertos moldes se dañan más rápido debido al material con el que se los fabrica, por ahorrar costos, muchos moldes se vuelven a dañar y eso se puede evitar solo utilizando el material correcto.

A continuación en la siguiente tabla se detalla la propuesta de mejora en la etapa “Definir”

**Tabla 16.** Propuesta de mejora en la etapa “Definir”

<b>Nombre del proyecto</b>	<b>"Plan de mejora en la calidad de los procesos productivos de envases aplicando la metodología Six Sigma etapa "Definir "de la empresa Industria Plásticas Josa"</b>	
<b>Áreas de oportunidades de mejora</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Propuesta</b>
<b>Materia Prima</b>	Reducir las fallas en la formulación de pigmentos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualizar el libro de fórmulas de pigmentos.</li> <li>• Capacitar al operador encargado de pigmentos o comprar los pigmentos ya hechos en caso de ser necesario.</li> </ul>
<b>Mano de Obra</b>	Tener un personal óptimo para la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brindar capacitación de mantenimiento y programación de los parámetros de las maquinas. (Ver <b>Anexo #3</b>)</li> </ul>

<b>Medición</b>	Cumplir con los parámetros solicitados por los clientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar un formato para los registros de los tiempos de las máquinas. (Ver <b>Anexo #4</b>)</li> </ul>
<b>Métodos</b>	Constar con instructivo de calibraciones de maquina y moldes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener para cada molde sus respectivos formatos de calibración que se usaran en las maquinas indicadas. (Ver <b>Anexo #5</b>)</li> </ul>
<b>Maquinaria</b>	Reducir las paradas imprevistas en las máquinas y fallos de moldes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar los aceros adecuados en la reparación o construcción de nuevos moldes</li> <li>• Establecer un cronograma de mantenimiento preventivo de las maquinas. (Ver <b>Anexo #6</b>)</li> </ul>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

### 3.1.1.2 Medir

En esta etapa se obtendrán los datos de todos los productos para así poder identificar todas las posibles causas que interviene en el problema.

Las escalas asignadas para determinar el valor critico de calidad es la siguiente: 1=débil, 5=moderada, 9=fuerte

Los datos para utilizar son los siguientes

- ✓ Factores críticos de calidad (FCC): 5
- ✓ Unidades producidas (UP): 298899,54
- ✓ Total de fallos detectados (TFD): 4987,5

Se utilizarán las siguientes fórmulas para poder hallar el DPMO.

Total de defectos factibles (TDF) = FCC / UP

TDF= 5/298899,54

**TDF= 1.67 X10<sup>-5</sup>**

Defectos por oportunidad (DPO) = TFD / TDF

DPO= 4987,5/1.67 X10<sup>-5</sup>

**DPO= 0.083**

Defectos por millón de oportunidad (DPMO) = DPO x 1,000,000

DPMO= DPO= 0.083 (1 000 000)

**DPMO= 83431.04**

De acuerdo con el valor del DPMO (Defectos por millón de oportunidades) equivale en Sigma una calificación de 2,88 cuyo rendimiento es de 91,54.

La tabla de conversión Six sigma a partir de los DPMO se encuentra en el **Anexo 7**

Esto quiere decir que la empresa se encuentra cercano al nivel medio del Six Sigma, lo que significa que es bueno, pero necesita mejorar.

### ***3.1.1.3 Analizar***

En esta etapa, se realiza el análisis de los datos adquiridos en las herramientas utilizadas, en donde se identificarán las causas problemáticas que afectan la calidad en los envases que distribuye la empresa.

Al hacer esto se evalúa si el proceso de producción en la empresa se puede mejorar o debe ser rediseñado. En el diagrama de Pareto e Ishikawa **figura 6** y **tabla 7** se determinan las principales causas que generan los defectos encontrados en el proceso de producción.

La figura del diagrama de Pareto indica que los problemas con mayor valoración son: “la falta de control en la producción de envases y los tiempos de las maquina sin guardar”, estos problemas deben ser reducidos o eliminados mediante un control por cada producción de envases pedido por el cliente al inicio, medio y fin del proceso para estar seguros de que se cumplan las características solicitadas, con muestras obtenidas se verificara color, peso y diámetros requeridos. Con respecto a los tiempos estos deben ser anotados por el operador cuando sea calibrada la maquina correctamente esto se digitalizará teniendo así un registro físico y digital.

Así mismo se encontró en el Ishikawa problemas, entre los más graves están maquinaria y mano de obra: en lo que refiere a maquinaria siempre hay problemas como desgaste de piezas importantes, tales como moldes averiados, caja reductora, tornillo de expulsión, tolvas, resistencias y problemas eléctricos.

Y en mano de obra: muchos de ellos no están capacitados correctamente y dañan las maquinas o moldes, se suelen distraer de sus actividades no suelen tomar bien los pesos o verificar que estén saliendo bien, a veces no siguen las indicaciones que les dan etc.

### 3.1.1.4 Mejorar o Implementar

Para mejorar los problemas que se surgen en la producción de envases, se utilizara como base la metodología de calidad 5 “S”. Con el fin de mejorar, el operador pasa a formar para de la aplicación de la metodología nombrada.

A continuación, se muestra en la siguiente figura el diagrama de implementación de la metodología 5 “S”.

Diagrama de implementación de 5" S"				
5 "S"	LIMPIEZA INICIAL	OPTIMIZACIÓN	FORMALIZACIÓN	PERPETUIDAD
<b>CLASIFICAR</b>	Separar lo que se utiliza de lo que no	Clasificar las cosas útiles	Establecer y dar seguimiento a las normas de orden	<b>ESTABILIZAR</b>
<b>ORDENAR</b>	Desechar lo que es inútil	Definir un orden a los objetos	Publicar las normas en lugares visibles	<b>MANTENER</b>
<b>LIMPIAR</b>	Limpieza del área de trabajo	Buscar zonas de difícil limpieza y dar solución	Buscar causas de suciedad y tomar medidas	<b>MEJORAR</b>
<b>ESTANDARIZAR</b>	Eliminar lo antihigiénico	Determinar puntos de suciedad	Implentar la variedades de limpieza	<b>EVALUAR</b>
<b>DISCIPLINAR</b>	Fomentar e implementar una mentalidad de orden y limpieza en los trabajadores en todas las áreas de la empresa			<b>AUDITORÍA</b>

*Figura 8. Diagrama de Implementación de las 5" S". Información tomada de (Julio Jara Chévez, 2015). Elaborado por el autor.*

La metodología de las 5 “S” consiste en:

**Clasificación (Seiri).** - En esta fase se eliminará todos los elementos que no se utilizan o son innecesarios en el área de trabajo, como los moldes defectuosos, tachos y tanques con aceite, piezas de las maquinas dañadas arrimadas en el área de trabajo que ocupan espacio, imanes de las tolvas, motores dañados, además se realizara la clasificación de las herramientas que se utilizan para montar y desmontar los moldes en las máquinas y por ultimo los diferentes tipos de materia prima a utilizarse en la producción.

**Orden (Seiton).** - Una vez realizada la clasificación, se ordenará los elementos necesarios utilizados para los diferentes procesos de producción, de esta manera los trabajadores tendrán un mejor desempeño en el área de trabajo.

**Limpieza (Seiso).** - En esta fase se propondrá la realización de la limpieza en todas las áreas de la empresa, especialmente en el área de producción que es donde se origina mayor suciedad debido a la manipulación de diferentes tipos de materiales que se utilizan en los diversos procesos. Además, se asignará a un delegado en cada área para que supervise la limpieza e informe cualquier observación que se presente.

La limpieza puede crear un entorno de trabajo más cómodo, razón por la cual cada área debería tener una persona responsable de inspeccionar el lugar de trabajo.

**Estandarización (Seiketsu).** - En esta etapa, comprenderán verdaderamente las responsabilidades de los trabajadores y coordinadores en el campo involucrado, cómo hacerlo, dónde y cuándo hacerlo, pero antes de eso, deben tener claras las tres primeras "S".

Todo trabajador debe tener toda la información sobre equipos, maquinaria y herramientas. Por ejemplo, deben tener un manual de operación mecánica, que debe especificar la temperatura, el tiempo de enfriamiento, el tiempo de apertura y cierre del molde, el peso y el color permitidos dentro de las especificaciones del cliente, y reportar cualquier anomalía que pueda ocurrir en la máquina de trabajo o moldes.

**Disciplina (Shitsuke).** - Esta etapa está relacionada con el comportamiento o la cultura de los trabajadores. Para la aplicación de "disciplina" o "Shitsuke", se realizarán charlas y talleres para que los trabajadores puedan dominar los conocimientos y aplicarlos correctamente en el ámbito laboral.

Una vez hecha la propuesta de la metodología de la 5 "S" como plan de mejora se propondrá realizar una auditoría interna cada 3 meses para verificar el cumplimiento de cada una de las "S". (Ver **Anexo #8**)

De acuerdo con la auditoría que se realice se propone establecer un formato de registro de las no conformidades que se lleguen a encontrar, como una acción a mejorar (Ver **Anexo #9**)

#### **3.1.1.5 Controlar**

La fase de control consiste en documentar las medidas necesarias para asegurar que se alcancen los objetivos. A través de la metodología Six Sigma, los cambios se mantendrán después de la implementación.

Por este motivo, se mantendrán los registros continuos en los 3 turnos:

- Monitorear los diferentes indicadores que complementan la eficiencia general de los equipos.
- Prestar atención e informar las diferentes fallas o tiempo de inactividad de las máquinas.

- Continuar con los registros de diferentes defectos detectados en los moldes y los registros de la máquina.
- Asegurarse de que las nuevas inspecciones de control de calidad sigan los protocolos establecidos y continúen ahorrándole muchos costos a la empresa.
- Supervisar los registros de los tiempos de las diferentes máquinas

### 3.1.2 Propuesta de mejora

Mediante la propuesta de la metodología de six sigma en el área de producción de envases, se debe adquirir algunos equipos de oficina, para que la persona encargada del proyecto pueda controlar o supervisar la ejecución del proyecto.

**Tabla 17:** Costo de adquisiciones de suministros de oficinas y equipos

<b>Suministro de oficina y Equipos</b>	
Laptop	\$ 900,00
Escritorio	\$ 150,00
Silla de escritorio	\$ 77,00
Impresora	\$ 225,00
Archivador	\$ 110,00
Hojas, grapadora, carpetas, etc	\$ 100,00
<b>Total</b>	<b>\$ 1.562,00</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor.*

Para la ejecución del proyecto se contará con un gestor encargado. En la siguiente tabla se detalla los costos salariales anual.

**Tabla 18.** Costo anual por salario

Descripción	Sueldo	IESS (9.45%)	AP 13° Sueldo	14° sueldo	Uniforme	Costo total
Gestor del Proyecto	\$ 600.00	\$ 56.70	\$ 50.00	\$ 33.30	\$ 12.00	\$ 752.00
<b>Total Anual</b>	<b>\$ 7,200.00</b>	<b>\$ 680.40</b>	<b>\$ 600.00</b>	<b>\$ 399.60</b>	<b>\$ 12.00</b>	<b>\$ 8,892.00</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor*

El presupuesto para las respectivas capacitaciones a todos los trabajadores se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 19. Costo por capacitaciones**

No	Capitaciones	Numero de participante	Costo por participante	Total de presupuesto
1	Aplicación de las 5 "S" en el lugar de trabajo	60	\$ 25.00	\$ 1,500.00
<b>Total</b>				<b>\$ 1,500.00</b>

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor*

Para la implementación de la propuesta en la empresa Industria Plásticas Josa. el costo es de \$ 11954.00

### 3.1.3 Cronograma de Implementación de la Propuesta

ACCIONES A TOMAR PARA LA PROPUESTA DE MEJORA	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																			
	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Presentacion de Proyecto Six Sigma	■	■																		
Aprobacion del Six Sigma			■	■																
Sigma "DEFINIR"					■	■	■													
Determinar las causas del problema					■	■	■													
Sigma "Medir"								■	■	■										
Medir el Nivel Sigma de la empresa								■	■	■										
Sigma "Analizar"											■	■	■							
Analisis de la medicion obtenida											■	■	■							
Sigma "Mejorar o Implementar"														■	■	■				
Capacitación de la Metodologia 5S														■						
Aplicación de las 5S															■	■				
Sigma "Controlar"																	■	■	■	■
Recolección de Información																	■	■		
Evaluacion de Cumplimientos																			■	■
Mejora Continua	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

**Figura 9. Cronograma de implementación de la propuesta. Elaborado por el autor.**

### 3.1.4 Evaluación Económica

Para la verificación de la viabilidad de la reducción de los costos mediante la metodología de six sigma, se evaluará el costo del proyecto, cuya implementación tiene un costo total de \$11.954,00.

La empresa recurrirá a la realización de un préstamo bancario al BanEcuador cuya tasa de interés activa es de 11.16% para empresas de producción medianas.

A continuación, se detalla el flujo caja proyectado para los próximos 4 años.

**Tabla 20. Flujo de caja**

<b>Inversión inicial</b>	<b>año 1</b>	<b>año 2</b>	<b>año 3</b>	<b>año 4</b>
\$ 11,954.00	\$ 12,054.00	\$ 12,154.00	\$ 12,200.00	\$ 12,200.00

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor*

### 3.1.5 Análisis financiero

Para implementar la propuesta, se espera recuperar \$ 19,000.00 como el monto más bajo de \$ 73,060.07 en el total de ganancias no recibidas.

**Tabla 21. Análisis Financiero**

<b>Periodo</b>	<b>año 0</b>	<b>año 1</b>	<b>año 2</b>	<b>año 3</b>	<b>año 4</b>
Ahorro de perdidas	0	\$20,000.00	\$20,000.00	\$20,000.00	<b>\$ 20,000.00</b>
Costo de propuesta	\$ 11,954.00	\$12,054.00	\$12,054.00	\$12,054.00	<b>\$ 12,054.00</b>
Flujo efectivo	\$ 11,954.00	\$ 7,946.00	\$ 7,946.00	\$ 7,946.00	<b>\$ 7,946.00</b>
Payback		<b>-\$4,320.22</b>	\$1,489.83	\$ 6,724.11	<b>\$ 11,439.67</b>
Tasa de interés	11.16%				
<b>VAN</b>	\$12,698.03				
<b>TIR</b>	55%				

*Información adaptada de la empresa. Elaborado por el autor*

El análisis de la tabla indica que el valor actual neto (VAN) cuyo valor es de \$ 12.698,03, demuestra que el proyecto es viable, debido a que su valor es mayor a 0.

La tasa de interés que se utilizó según el banco al realizarse el préstamo fue del 11,16% siendo este un porcentaje menor en comparación del Tir lo que representa la factibilidad del proyecto. En el Payback nos indica que el tiempo de recuperación de la inversión será en el segundo año.

### **3.2. Conclusiones.**

Basado en el diagnóstico que se ha realizado en la empresa Industria Plásticas Josa referente al área de producción de envases se pudo determinar los diversos problemas que están generando, tiempos improductivos, problemas en máquinas, moldes, fallas en los pigmentos y por último el peso de los envases afectando lo antes mencionado la calidad de los productos. Es por esto por lo que se realiza el estudio de calidad basado en la metodología Six Sigma, el cual nos permite saber en qué nivel sigma se encuentra la empresa para así tomar acciones y buscar mejores en los problemas detectados.

Las herramientas de calidad utilizadas en la aplicación de Six Sigma permiten la medición y determinación del comportamiento actual del tiempo de ciclo del proceso de producción de envases.

Como parte de la propuesta, se propone la implementación de la metodología de las 5 “S” para lograr un ambiente limpio y ordenado, se debe promover una cultura organizacional para que así los trabajadores se sientan comprometidos y logren aumentar el índice de clima laboral.

En el diagnóstico económico realizado para la propuesta se pudo determinar que el proyecto es viable, ya que se obtuvo un VAN (Valor Actual Neto) del \$ 12,698.03, además un TIR (Tasa Interna de Retorno) del 52%. y el periodo de retorno de la inversión será durante el segundo año.

### **3.3. Recomendaciones.**

Para poner en marcha el proyecto se recomienda contratar a un experto en Six Sigma para que proporcione orientación, estableciendo los estándares bajos y altos para realizar análisis de índices de capacidad y calidad en los procesos de producción de envases.

Se recomienda continuar con las diversas capacitaciones a todo el personal de la empresa, y ejecutarlos de manera óptima, ya que con esto podrán mejorar el desempeño y poner en práctica sus habilidades y así lograr cumplir con todos los objetivos establecidos.

Es necesario que las actividades de orden y limpieza sean parte de una cultura organizacional, es decir se convierta en un hábito diario en todas las áreas.

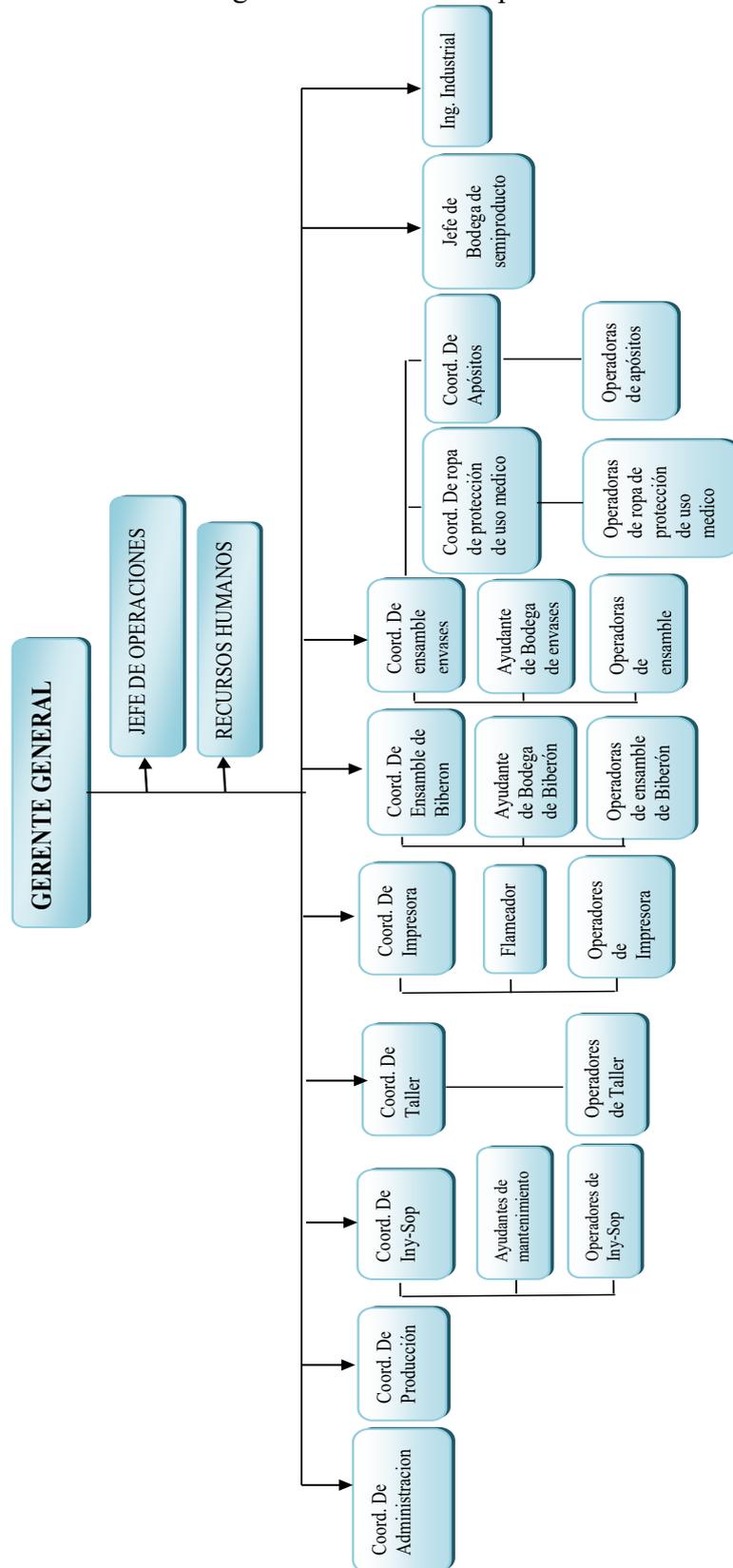
Para cumplir con el cronograma para la implementación del six sigma es importante seguir paso a paso cada actividad establecida. Además, es necesario contar con la colaboración del personal operativo y administrativo para así evitar volver a las prácticas inadecuadas.

# **Anexos**

Anexo No. 1

Estructura organizacional de la empresa.

**ORGANIGRAMA DE JOSÁ CÍA. LTDA.**



Información tomada de la empresa. Elaborado por el autor.



## Anexo No. 3

## Control de las capacitaciones

<b>CONTROL DE ASISTENCIA DE CAPACITACIONES</b>				
<b>Nombre:</b> _____				
<b>Fecha inicio:</b> _____		<b>Fecha culminación:</b> _____		<b>Duración:</b> _____
DD-MM-AA		DD-MM-AA		
No.	Nombres y Apellidos	Área	# Cédula	Firma
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
<b>Observaciones:</b>				<b>FIRMA DEL CAPACITADOR</b>

*Información adaptada de la empresa de estudio. Elaborado por el autor.*

**Anexo No. 4**

## Formato de registro de tiempo de uso de moldes

FORMATO DE REGISTRO DE TIEMPOS DE USO DE MOLDES							
Molde:				Maquina:			
Codigo				Mes y año			
DIAS	HORAS			TOTAL DE HORAS AL DIA	OBSERVACIONES	Operador	
	TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3			Nombre	Firma
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
					FIRMA DE SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN		

*Información adaptada de la empresa de estudio. Elaborado por el autor.*

**Anexo No. 5**

Formato de Calibración de moldes en máquinas.

<b>ESPECIFICACIONES DE MAQUINA POR PRODUCTO</b>						
<b>FECHA:</b> _____						
<b>MÁQUINA:</b> _____						
<b>PRODUCTO:</b> _____						
<b>TEMPERATURAS</b>						
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>CICLO TOTAL</b>	
<b>TIERRA MOLDE</b>						
PRESIÓN						<b>Proteg com</b>
VELOCIDAD						<b>Limite Tiempo</b>
POSICIÓN						
<b>ABRE MOLDE</b>						
PRESIÓN						<b>Limite Tiempo</b>
VELOCIDAD						
POSICIÓN						
<b>SOPLADO 1</b>						
PRESIÓN						<b>Tiempo total</b>
VELOCIDAD						
POSICIÓN						
TIEMPO						
<b>SOPLADO 2</b>						
PRESIÓN						<b>SOPLADORA</b>
VELOCIDAD						<b>NO USA</b>
POSICIÓN						<b>Tolerancia</b>
TIEMPO						<b>Modelo pr.</b>
						<b>Estandar p</b>
<b>LACENAMIENTO 1</b>						
PRESIÓN						<b>T. frio</b>
P. ALTA						<b>T. Inyec.</b>
VELOCIDAD						<b>Tiempo fl.</b>
POSICIÓN						
<b>LACENAMIENTO 2</b>						
PRESIÓN						<b>Quita mate</b>
VELOCIDAD						<b>Ttl Vdg.</b>
POSICIÓN						<b>Tiempo Flujo</b>
<b>EXPULSIÓN</b>						
PRESIÓN						<b>Las veces</b>
VELOCIDAD						<b>Forma</b>
POSICIÓN						<b>Mantenerse</b>
APLAZO						
TIEMPO						
<b>AIRE</b>						
TIEMPO						
APLAZA						
LUGAR						
PROGRAMA	ANTES DE ABRIR	ANTES DE ABRIR				
FORMA DE TRABAJO	USANDO	USANDO				
<b>VERIFICACIÓN PARA CONTROL DE CALIDAD:</b>						
PULIR EL MOLDE CUANDO SE OBSERVE QUE LAS BASES SALGAN OPACAS						
REVISAR QUE NO SALGAN CON GRUMOS O SOMBRAS						
VERIFICAR QUE NO SALGA INCOMPLETAS LAS BASES						
PROBAR CON BIBERONES, DEBE SENTIRSE QUE TAPE BIEN, QUE NO SE VAYA A SALIR LA BASE						
VERIFICAR QUE NO TENGA REBABAS EN EL INTERIOR NI EXTERIOR DE LA BASE						
QUE NO EXISTAN GRIETAS, HUECOS NI PIGMENTACION DE OTRO COLOR QUE NO SEA EL QUEA						
VERIFICAR QUE NO SALGA RENEGRIDO EL COLOR DE LAS BASES						
VERIFICAR QUE SEA EL COLOR CORRECTO SEGÚN MUESTRA ENTREGADA AL INICIO DE PRODUCCIÓN						
REVISAR QUE LAS CONDICIONES ANTES ESCRITAS SE ENCUENTREN CONFORMES AL PANEL						
ELABORADO POR COORD. DE PRODUCCIÓN				APROBADO POR COORD. DE INY Y SOP		

Información adaptada de la empresa de estudio. Elaborado por el autor.

Anexo No. 6

Cronograma de mantenimiento preventivo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL AREA DE PRODUCCIÓN		ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN				JUL				AGO				SEP				OCT				NOV				DIC			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
<b>Maquinas y Moldes</b>																																																	
Maquina Sopladora 1	[Yellow]																																																
Maquina Sopladora 2	[Yellow]																																																
Maquina Sopladora 3	[Yellow]																																																
Maquina Sopladora 4	[Yellow]																																																
Maquina Sopladora 5	[Yellow]																																																
Maquina Sopladora 6	[Yellow]																																																
Maquina Sopladora 7	[Yellow]																																																
Maquina Sopladora 8	[Yellow]																																																
Maquina Sopladora 9	[Yellow]																																																
Compresor de tornillo 1	[Yellow]																																																
Compresor de tornillo 2	[Yellow]																																																
Compresor de tornillo 3	[Yellow]																																																
Compresor de tornillo 4	[Yellow]																																																
Compresor de tornillo 5	[Yellow]																																																
Chillers o enfriador de agua 1	[Red]																																																
Chillers o enfriador de agua 2	[Red]																																																
Chillers o enfriador de agua 3	[Red]																																																
Chillers o enfriador de agua 4	[Red]																																																
Molino 1	[Blue]																																																
Molino 2	[Blue]																																																
Molde con falla 1	[Purple]																																																
Molde con falla 2	[Purple]																																																
Molde con falla 3	[Purple]																																																
Molde con falla 4	[Purple]																																																

Información adaptada de la empresa de estudio. Elaborado por el autor.

**Anexo No. 7**

Tabla de conversión Six Sigma por DPMO

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

<b>99,999966</b>	<b>6,00</b>	<b>3,4</b>
------------------	-------------	------------

Información tomada de la web <https://slideplayer.es/slide/10449290/>. Elaborado por el autor.

## Anexo No. 8

## Formato de auditoria 5 "S"

Planilla de Registro de Auditoría 5 "S"								
Empresa:			Tipo de trabajo realizado:			Fecha:		
Área:			Personal Involucrado:			Puntaje anterior:		
Responsable del área:			Metros cuadrados:					
	5 s	N°	Ítem a Evaluar	Valor Asignado				
				1	2	3	4	5
1° S - SELECCIONAR	GENERALES	1	¿Todas las máquinas y equipos son necesarios? ¿Están operables?					
		2	¿Hay materiales obsoletos o productos innecesarios? ¿Son descartables?					
		3	¿Hay documentación compartida en el sector? ¿Se utiliza con frecuencia?					
		4	¿Se encuentran elementos que debieran pertenecer a otro sector?					
			Puntaje Total (Max 20 puntos)					
	PUESTOS	1	¿Existen objetos innecesarios, chatarra y/o basura en el lugar de trabajo?					
		2	¿Sobre las mesas de trabajo hay cosas innecesarias?					
		3	¿Existen en el puesto de trabajo, las herramientas que se necesitan?					
		4	¿Hay objetos afectando las áreas de circulación?					
			Puntaje Total (Max 20 puntos)					
2° S - ORDEN	GENERALES	1	¿Se encuentran ordenados los cables y mangueras?					
		2	¿Es fácil identificar y ubicar los elementos de seguridad?					
		3	¿Se utilizan letras, números, dibujos y colores para las indicaciones?					
		4	¿Se encuentran claramente identificados los corredores de circulación?					
			Puntaje Total (Max 20 puntos)					
	PUESTOS	1	¿Cómo es la ubicación y devolución de herramientas, materiales y equipos?					
		2	¿Se encuentran ordenadas las herramientas, y los documentos técnicos?					
		3	¿Hay objetos sobre armarios y equipos?					
		4	¿Están definidas las ubicaciones de máquinas y existen sectorizaciones?					
			Puntaje Total (Max 20 puntos)					
3° S - LIMPIEZA	GENERALES	1	¿Se encuentran sucios o rotos los vidrios? ¿Las paredes están limpias?					
		2	¿Hay derrames de líquidos ( agua, aceite, etc.) en los corredores?					
		3	¿Se encuentran ordenados los elementos de limpieza?					
		4	¿Se encuentran identificados y ubicados los desperdicios y el scrap?					
			Puntaje Total (Max 20 puntos)					
	PUESTOS	1	¿Cuál es el grado de limpieza en los sectores comunes?					
		2	¿Tiene establecido una rutina de limpieza?					
		3	¿Limpieza de armarios, estanterías, herramientas y mesas de trabajo?					
		4	¿Limpieza de máquinas y equipos?					
			Puntaje Total (Max 20 puntos)					
4° S - ESTANDARIZAR	GENERALES	1	¿Están estandarizados los criterios adoptados?					
		2	¿Las acciones realizadas están formalizadas? ¿Se comunican?					
		3	¿Están establecidos los responsables de seguir las acciones de mejora?					
		4	¿Existe un tablero de seguimiento de 5s?					
			Puntaje Total (Max 20 puntos)					
	PUESTOS	1	¿Se aplican las 3 primeras S?					
		2	¿Cómo es el aspecto del lugar de trabajo?					
		3	¿Se hacen mejoras en el ambiente? ¿Se generan procedimientos?					
		4	¿Se utiliza el CONTROL VISUAL como herramienta?					
			Puntaje Total (Max 40 puntos)					
5° S - DISCIPLINA	GENERALES	1	¿El personal está capacitado en 5s?					
		2	¿Se forman equipos de trabajo para realizar mejoras?					
		3	¿Que percepción tiene la dirección sobre los sectores de trabajo?					
		4	¿Los indicadores son favorables en el tiempo?					
			Puntaje Total (Max 20 puntos)					
	PUESTOS	1	¿El personal mantiene su sector de trabajo sin la exigencia de un superior?					
		2	¿Se cumplen las normas y procedimientos de la empresa?					
		3	¿Se requiere uniforme de trabajo y/o elementos de protección, se emplean?					
		4	¿Se cumple con la planificación de la implementación de 5s?					
			Puntaje Total (Max 40 puntos)					
<b>Puntaje Final (Max 200 puntos)</b>								

Información adaptada de la empresa de estudio. Elaborado por el autor.

## Anexo No. 9

Planilla de Registro de acciones de mejora.

Planilla de registro de acciones de Mejora						
Problema	Acción Correctiva	Responsable	Inicio de acción		Fin de acción	
			Prevista	Real	Prevista	Real

*Información adaptada de la empresa de estudio. Elaborado por el auto*

### Bibliografía

- Alexandra Pardo Hernández. (27 de Mayo de 2019). *PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO SIX SIGMA PARA MEJORAR EL PROCESO DE MANEJO Y CONTROL DE DESPERDICIOS DE MATERIA PRIMA EN LA EMPRESA CARTONES AMERICA*. Obtenido de UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA:  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23297/1/PROPUESTA%20DE%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DEL%20MODELO%20SIX%20SIGMA%20PARA%20MEJORAR%20EL%20PROCESO%20DE%20MANEJO%20Y%20CONTROL%20DE%20D.pdf>
- Arturo Ruiz-Falcó Rojas. (Marzo de 2009). *INTRODUCCIÓN A 6 SIGMA* . Obtenido de Universidad Pontificia Comillas Madrid:  
<https://web.cortland.edu/matresearch/seissigma.pdf>
- Constantine Yépez Giorgio André. (Marzo de 2015). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA RABE S.A. INDUSTRIA PLÁSTICA*". Obtenido de Repositorio digital de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <http://192.188.52.94/bitstream/3317/3460/1/T-UCSG-PRE-ECO-ADM-169.pdf>
- CRISTHIAN DANIEL GÓMEZ BOLÍVAR. (Julio de 2019). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN DEL LEAN SIX SIGMA EN PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN MULTINACIONALES COLOMBIANAS*. Obtenido de Repositorio Fundación Universidad de América:  
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7502/1/168166-2019-II-GC.pdf>
- Guerrero Vladimir. (7 de febrero de 2019). *Lean Solutions*. Obtenido de <https://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>
- Humberto Gutiérrez Pulido. (2005). *Calidad total y productividad*. McGraw Hill.
- Humberto Pulido, R. d. (2003). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma Tercera Edición*. McGraw Hill México.
- Julio Jara Chévez. (Marzo de 2015). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de "Diseño de un sistema de gestión y control de operaciones

- basado en metodología TPM, para la compañía Soldadura & Montaje Moscoso S,A":  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10259/1/UPS-GT001282.pdf>
- Luis Felipe Pastor Ravines. (20 de julio de 2018). *PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA REDUCIR DEFECTOS EN LA EMPRESA RMB SATECI S.A.C.* Obtenido de Universidad tecnica del Norte UPNBOX Repositorio Insititucional:  
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13681/Pastor%20Ravines%20Luis%20Felipe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Luis Pastor, R. (20 de julio de 2018). *Propuesta de mejora del proceso de producción aplicando la metodología SIX sigma para reducir defectos en la empresa Rmb Sateci S.A.C.* Obtenido de Universidad tecnica del Norte UPNBOX Repositorio Insititucional:  
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13681/Pastor%20Ravines%20Luis%20Felipe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martha Lucía Pérez Urrego. (Noviembre de 2013). *Seis Sigma Guía didáctica para Pymes.* Obtenido de Repositorio digital de la Universidad Ibagué:  
<https://repositorio.unibague.edu.co/bitstream/20.500.12313/987/5/Seis%20Sigma.%20Gu%C3%ADa%20did%C3%A1ctica%20para%20Pymes.pdf>
- NILSON OLMEDO ALBA & ELIANA MARCELA CASTELBLANCO CANO. (2012). *METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA APLICADA A UN PROCESO DE MANUFACTURA.* Obtenido de Repositorio digital de la Univeridad EAN:  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31848372/Metodologia\\_Six\\_Sigma\\_Aplicada\\_a\\_un\\_Proceso\\_de\\_Manufactura.pdf?1378547522=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMetodologia\\_Six\\_Sigma\\_Aplicada\\_a\\_un\\_Proc.pdf&Expires=1607982706&Signature=DKno1DdWx](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31848372/Metodologia_Six_Sigma_Aplicada_a_un_Proceso_de_Manufactura.pdf?1378547522=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMetodologia_Six_Sigma_Aplicada_a_un_Proc.pdf&Expires=1607982706&Signature=DKno1DdWx)
- Pedro Lara V. (31 de Mayo de 2013). *Los Principios y Herramientas de Seis Sigma.* Obtenido de <https://pedrolarav.com/2013/05/31/los-principios-y-herramientas-de-seis-sigma/>
- Rosalva Natali Vintimilla Guzmán. (2016). *Aplicación de six sigma en las gestión de admnistración de proyectos de tecnologías de la información, para la empresa "la italiana" de alimentos.* Obtenido de Repositorio digital Universidad de las Américas:  
<http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/6333/1/UDLA-EC-TMGSTI-2016-28.pdf>