



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN BASADO EN LA  
METODOLOGÍA LEAN-SIX SIGMA EN LA EMPRESA INDUMEI UBICADA EN  
LA CIUDAD DE IBARRA**

**AUTORA: DAYANA FERNANDA PÉREZ PINEDA**

**DIRECTOR: MBA. SANTIAGO MARCELO VACAS PALACIOS**

**IBARRA – ECUADOR**

**2022**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004120265	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Pérez Pineda Dayana Fernanda	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Pasaje 6 – Av. Los Galeanos	
<b>EMAIL:</b>	dfperep@utn.edu.ec	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	-	<b>TELÉFONO MÓVIL</b> 0987342500

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN BASADO EN LA METODOLOGÍA LEAN-SIX SIGMA EN LA EMPRESA INDUMEI UBICADA EN LA CIUDAD DE IBARRA”
<b>AUTOR (ES):</b>	Pérez Pineda Dayana Fernanda
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	27/07/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERA INDUSTRIAL
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	Ing. Marcelo Vacas Palacios. MSc.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 27 días del mes de julio de 2022

**EL AUTOR:**

Dayana Fernanda Pérez Pineda

C.I 1004120265



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

### CERTIFICADO DEL TUTOR

Ing. Marcelo Vacas Palacios, MSc. Director del trabajo de grado desarrollado por la estudiante **PÉREZ PINEDA DAYANA FERNANDA**.

#### CERTIFICA

Que, el proyecto de trabajo de grado titulado **“MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN BASADO EN LA METODOLOGÍA LEAN-SIX SIGMA EN LA EMPRESA INDUMEI UBICADA EN LA CIUDAD DE IBARRA”**, ha sido elaborado en su totalidad por la señorita estudiante Pérez Pineda Dayana Fernanda bajo mi dirección, para la obtención del título de Ingeniería Industrial. Luego de ser revisada, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Industrial, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.

Ibarra, 27 de julio de 2022

Ing. Marcelo Vacas Palacios MSc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por todos los favores recibidos a lo largo de mi vida tanto personal como académica.

A **Industrias Metálicas Ibarra** y su gerente **Sr. Ernesto Chaglla** así también al **Ing. Jorge Chaglla** por todas las atenciones e información brindada para el desarrollo de este trabajo de grado.

A la **Universidad Técnica del Norte** especialmente a la **Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas** y la **Carrera de Ingeniería Industrial**, por acogerme durante estos cinco años, por todo el conocimiento y experiencias que solo en esta universidad pude encontrar.

A mi director de Tesis **Ing. Santiago Marcelo Vacas Palacios** por su orientación y ayuda para el correcto desarrollo de este trabajo de grado.

A la **Ing. Karla Negrete e Ing. Jenyffer Yépez** por todas por toda la orientación y las sugerencias recibidas en momentos de duda.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Industrial, que poco a poco fueron sembrando en mi sus conocimientos y el amor a la carrera, direccionándonos siempre a ser dueños de nuestros destinos mediante nuestro esfuerzo por eso y más gracias.

Fernanda Pérez Pineda

## **DEDICATORIA**

### **A mi madre y mi padre,**

Que son quienes me han llenado de amor en todo momento, me han enseñado a ser perseverante y me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios y de la vida.

### **A mi hermana y gringo,**

Que son los mejores compañeros de vida con cada acto, palabra o mirada han logrado llenarme de amor y fuerza para conseguir este logro, por no abandonarme nunca, ni en los momentos más difíciles, los amo.

### **A José,**

Que nunca dudó de mí y se merece todo lo bueno del mundo.

### **A mis amigos,**

Quienes llenaron de alegría mi paso por esta noble institución, porque conocerlos siempre será de las mejores experiencias que he podido tener y contar con su amistad será un verdadero honor.

Fernanda Pérez Pineda

## CONTENIDO

RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
CAPÍTULO I .....	1
<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Tema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Objetivos .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.1. Objetivo General .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>1</b>
<b>1.3. Problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.4. Alcance .....</b>	<b>2</b>
<b>1.5. Justificación .....</b>	<b>2</b>
<b>1.6. Metodología.....</b>	<b>3</b>
<b>1.6.1. Metodología DMAIC.....</b>	<b>4</b>
<b>1.6.2. Metodología Lean .....</b>	<b>4</b>
<b>1.7. Tipo de investigación.....</b>	<b>4</b>
CAPÍTULO II.....	5
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Lean Manufacturing .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1. Principios de Lean Manufacturing .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2. Muda.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Six Sigma.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1. Principios de Six Sigma.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3. Enfoque de la metodología Lean – Six Sigma .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.1. Elementos básicos del Lean Six Sigma .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.2. Beneficios de la aplicación Lean Six Sigma .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.3. Metodología DMAIC.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4. Herramientas Lean Six Sigma utilizadas en las fases DMAIC .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.1. Project Charter .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.2. VOC .....</b>	<b>13</b>
<b>2.4.3. SIPOC.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.4. VSM.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4.5. Takt Time .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4.6. Lead Time .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4.7. Cartas de Control .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4.8. Análisis causa efecto .....</b>	<b>19</b>

2.4.9.	5 porqués .....	19
2.4.10.	5s .....	20
2.4.11.	Kanban .....	20
2.4.12.	Mantenimiento Productivo Total (TPM) .....	22
2.4.13.	Hojas de control .....	22
2.5.	Plan de mejora .....	23
<b>CAPÍTULO III</b>	.....	24
<b>3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	.....	24
3.1. Antecedentes Empresariales.....		24
3.1.1. Misión .....		25
3.1.2. Visión .....		25
3.2. Caracterización de la empresa .....		25
3.2.1. Factor Interno.....		25
3.2.2. Infraestructura .....		29
3.3. Productos.....		30
3.4. Descripción del proceso productivo .....		31
3.4.1. Maquinaria industrial .....		31
3.4.2. Rectificado de piezas .....		34
3.4.3. Piezas mecanizadas.....		38
3.5. Diagrama de Pareto.....		41
3.6. Problemática actual de la empresa .....		43
3.7. Metodología DMAIC.....		43
3.7.1. Fase Definir .....		43
3.7.2. Fase Medir.....		47
3.7.3. Fase Analizar .....		58
<b>CAPÍTULO IV</b>	.....	60
<b>4. PROPUESTA DE MEJORA APLICANDO LA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA</b>	.....	60
4.1. Fase Mejorar.....		60
4.1.1. 5'S .....		60
4.1.2. Kanban .....		65
4.1.3. VSM propuesto .....		72
4.1.4. Análisis Comparativo para el VSM Actual y VSM Propuesto.....		74
4.2. Fase Controlar .....		75
4.2.1. TPM.....		75
4.2.2. Análisis comparativo.....		80

4.2.3. Hojas de control.....	81
4.2.4. Plan de capacitación.....	83
4.2.5. Costo de implementación.....	84
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	95

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> - Comparación fases DMAIC.....	11
<b>Tabla 2</b> - Información INDUMEI.....	24
<b>Tabla 3</b> - Descripción de cargos .....	28
<b>Tabla 4</b> - Productos.....	30
<b>Tabla 5</b> - Diagrama fabricación de máquinas .....	32
<b>Tabla 6</b> - Diagrama de refacción de piezas.....	35
<b>Tabla 7</b> - Diagrama de fujo piezas CNC.....	39
<b>Tabla 8</b> - Porcentaje de defectos.....	42
<b>Tabla 9</b> - Project Charter .....	44
<b>Tabla 10</b> - VOC INDUMEI .....	45
<b>Tabla 11</b> - SIPOC Proceso rectificado de piezas .....	48
<b>Tabla 12</b> - Takt Time .....	50
<b>Tabla 13</b> - Tiempos para VSM actual.....	51
<b>Tabla 14</b> - Valores de las constantes .....	54
<b>Tabla 15</b> - Datos cartas de control X-R .....	55
<b>Tabla 16</b> - 5 por qué.....	58
<b>Tabla 17</b> - Clasificar .....	61
<b>Tabla 18</b> - Ordenar.....	62
<b>Tabla 19</b> - Limpiar.....	63
<b>Tabla 20</b> - Estandarizar.....	64
<b>Tabla 21</b> - Disciplina .....	65
<b>Tabla 22</b> - KANBAN DE ABASTECIMIENTO .....	66
<b>Tabla 23</b> - Kanban ejes.....	67
<b>Tabla 24</b> - Kanban electrodos.....	68
<b>Tabla 25</b> - Kanban vidias.....	70
<b>Tabla 26</b> - Kanban cuchillas .....	71
<b>Tabla 27</b> - Análisis comparativo VSM.....	74
<b>Tabla 28</b> - Descripción de la maquinaria.....	75
<b>Tabla 29</b> - Diagnóstico de los equipos.....	77
<b>Tabla 30</b> - Tipo de Mantenimiento .....	77
<b>Tabla 31</b> - Plan Mantenimiento Preventivo .....	78
<b>Tabla 32</b> - Plan de Mantenimiento Correctivo .....	80
<b>Tabla 33</b> - Análisis Comparativo TPM.....	81
<b>Tabla 34</b> - Hoja de Control .....	82
<b>Tabla 35</b> - Plan de capacitación.....	83
<b>Tabla 36</b> - Inversión 5's .....	84
<b>Tabla 37</b> - Inversión Kanban .....	85
<b>Tabla 38</b> - Inversión TPM .....	86
<b>Tabla 39</b> - Inversión total .....	87

## Índice de Gráficos

<b>Gráfico 1</b> - VSM Actual .....	16
<b>Gráfico 2</b> - VSM Futuro .....	16
<b>Gráfico 3</b> - Cartas de control .....	18
<b>Gráfico 4</b> - Plan de mejora.....	23
<b>Gráfico 5</b> - Ubicación satelital INDUMEI .....	24
<b>Gráfico 6</b> - Mapa de Procesos.....	26
<b>Gráfico 7</b> - Organigrama INDUMEI .....	27
<b>Gráfico 8</b> - Layout INDUMEI.....	29
<b>Gráfico 9</b> - Flujo Maquinaria Industrial .....	34
<b>Gráfico 10</b> - Flujo refacción de piezas.....	38
<b>Gráfico 11</b> - Flujo de piezas mecanizadas .....	41
<b>Gráfico 12</b> - Diagrama de Pareto.....	42
<b>Gráfico 13</b> - Diagrama de Causa y Efecto.....	46
<b>Gráfico 14</b> - Pieza para reparación .....	47
<b>Gráfico 15</b> - VSM Actual .....	52
<b>Gráfico 16</b> - Carta X.....	56
<b>Gráfico 17</b> - Carta de control X.....	56
<b>Gráfico 18</b> - Carta R .....	57
<b>Gráfico 19</b> - Carta de control R .....	57
<b>Gráfico 20</b> - Priorización de causa raíz .....	59
<b>Gráfico 21</b> – Clasificar .....	61
<b>Gráfico 22</b> – Ordenar.....	62
<b>Gráfico 23</b> – Limpiar .....	63
<b>Gráfico 24</b> – Estandarizar .....	64
<b>Gráfico 25</b> - Modelo Q para ejes .....	67
<b>Gráfico 26</b> - Modelo Q para electrodos .....	69
<b>Gráfico 27</b> - Modelo Q vidias.....	70
<b>Gráfico 28</b> - Modelo Q cuchillas .....	72
<b>Gráfico 29</b> - VSM Propuesto .....	73
<b>Gráfico 30</b> - VSM Propuesto .....	73

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la metalmecánica Industrias Metálicas Ibarra - INDUMEI, la cual se dedica a la elaboración de maquinaria industrial, el rectificado de piezas y la elaboración de piezas CNC, tras conocer las problemáticas de la empresa se propone la aplicación de la metodología Lean Six Sigma.

Es en el CAPÍTULO I, en donde se define el planteamiento del problema, se presentan los objetivos tanto generales como específicos y se plantea la justificación que explica el por qué y para qué de la investigación, definiendo así el alcance que va a obtener.

Para el CAPÍTULO II se plantea la fundamentación teórica que se apoya en bases bibliográficas, con lo cual se puede establecer un criterio y partir de ahí para dar cumplimiento a la metodología Lean Six Sigma.

Teniendo en cuenta los procesos que se desarrollan dentro de esta empresa se realiza un análisis de la situación actual, descrito en el CAPÍTULO III, en donde se evidencia que el proceso de rectificado de pieza presenta una problemática con mayor índice de defectos y por eso se toma como objeto de estudio.

Por lo antes mencionado surge la necesidad de realizar una propuesta de mejora en el proceso productivo con el fin de conocer en dónde y cómo, surgen los fallos o demoras para así poder encontrar soluciones, para esto se utiliza la metodología Lean Six Sigma, siguiendo las fases de la metodología DMAIC para su desarrollo, ya que mediante las herramientas Lean Six Sigma se logró encontrar que existe un lead time en el tiempo de abastecimiento de Materia Prima.

En el CAPÍTULO IV se desarrolla la propuesta de mejora aplicando las dos últimas fases DMAIC, en donde intervienen herramientas como 5'S, Kanban, TPM y complementándolas con herramientas que permitan un control continuo, asegurando que se dé solución a las problemáticas encontradas en el proceso productivo de rectificado de piezas, para disminuir las acciones que no generan valor.

## ABSTRACT

This research work was developed in the metal-mechanic company Industrias Metálicas Ibarra - INDUMEI, which is dedicated to the manufacture of industrial machinery, grinding of parts and CNC parts, after knowing the problems of the company, the application of the Lean Six Sigma methodology is proposed.

It is in CHAPTER I, where the problem statement is defined, the general and specific objectives are presented and the justification that explains the why and wherefore of the research, thus defining the scope to be obtained.

For CHAPTER II, the theoretical foundation is presented, which is supported by bibliographic bases, with which a criterion can be established and from there to comply with the Lean Six Sigma methodology.

Taking into account the processes that are developed within this company, an analysis of the current situation is made, described in CHAPTER III, where it is evidenced that the part grinding process presents a problem with a higher rate of defects and that is why it is taken as the object of study.

For the above mentioned arises the need to make a proposal for improvement in the production process in order to know where and how, failures or delays arise in order to find solutions, for this the Lean Six Sigma methodology is used, following the phases of the DMAIC methodology for its development, since through the Lean Six Sigma tools it was found that there is a lead time in the supply time of raw material.

In CHAPTER IV the improvement proposal is developed applying the last two DMAIC phases, where tools such as 5'S, Kanban, TPM and complementing them with tools that allow a continuous control, ensuring that solutions are given to the problems found in the production process of grinding parts, to reduce the actions that do not generate value.

# CAPÍTULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1.Tema

Mejora del proceso de producción basado en la metodología Lean-Six Sigma en la empresa INDUMEI ubicada en la ciudad de Ibarra

### 1.2.Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo General

Diseñar una propuesta de mejora del proceso productivo basado en la metodología Lean-Six Sigma para la empresa INDUMEI.

#### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar las bases teóricas bibliográficas relacionadas con el tema de investigación que aseguren la calidad y permitan establecer bases fundamentales para el desarrollo de la investigación.
- Realizar un análisis situacional de la organización, mediante la aplicación de la estructura DMAIC; para identificar las actividades que no generan valor al proceso productivo.
- Desarrollar la metodología Lean–Six Sigma, para eliminar las no conformidades del proceso productivo.

### 1.3.Problema

La empresa “INDUMEI” (Industrias Metálicas Ibarra) se encuentra ubicada en la ciudad de Ibarra, es considerada como una de las microempresas más representativas dentro del sector industrial metalmecánico debido a su basta trayectoria ya que lleva más de 30 años en funcionamiento. Su principal actividad es el diseño y la elaboración de maquinaria industrial, así como la refacción de piezas metálicas y la elaboración de piezas mecanizadas.

Aunque la empresa se encuentra operando y cuenta con un largo trayecto dentro del mercado, se evidencian diversas problemáticas, debido a la evolución de la industria y los cambios que esto representa, muchas veces resulta difícil lograr con éxito el

cumplimiento de los mismos, más aún cuando no se cuenta con las herramientas necesarias para un correcto control de la calidad, lo que provoca que el proceso productivo se maneje con un alto grado de desorganización provocando fallas y retrasos en el producto final.

Estos problemas surgen de la desorganización que existe en las estaciones de trabajo, la falta de planificación para el área de producción y sobre todo la falta de controles de calidad, lo que ha provocado una baja en la competitividad del mercado local y nacional.

Por lo antes mencionado la investigación partirá desde un análisis del estado actual del área productiva, tomando datos reales que serán la base para poder determinar las fallas y retrasos que se presentan dentro de cada proceso que se ejecuta en esta área de la empresa, ya que de esta forma se podrá generar una propuesta que apoye a la mejora continua del proceso y a su vez permita obtener la calidad deseada.

#### **1.4. Alcance**

El presente trabajo se enfoca en la aplicación de la metodología Lean - Six Sigma para la mejora de procesos dentro del área de producción de la empresa manufacturera INDUMEI ubicada en la ciudad de Ibarra.

Este proyecto se basará en el mejoramiento de la calidad y productividad en el proceso de la refacción de piezas metálicas, mediante la aplicación de distintas herramientas pertenecientes a la metodología Lean - Six Sigma, que permitan controlar y mejorar la calidad de los procesos productivos. En base a esto se elaborará una propuesta para la mejora de procesos facilitando el cálculo de los tiempos de fabricación lo que a su vez permite optimizar recursos e incrementar la productividad, con el fin de mantener una mejora continua en los estándares de calidad de los productos dentro de la empresa.

#### **1.5. Justificación**

La empresa INDUMEI - Industrias Metálicas Ibarra, como muchas otras pertenecientes al sector manufacturero se ha visto inmersa en la actual situación que enfrenta el país y el mundo a nivel económico y de salud, estas condiciones sociales repercuten específicamente en el índice de producción industrial manufacturera ya que según cifras registradas en el INEC en el Boletín Técnico Nro. 01 – 2020 IPI – M, la variación anual de “Productos metálicos, maquinaria y equipo” fue de -10.17% reflejando

una disminución de la producción respecto a enero 2019, mes en el que esta variación fue de 25,89%. (INEC, 2020)

Por estas razones se toma en cuenta el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida, ya que la investigación se relaciona específicamente con el eje 2 “Economía al Servicio de la Sociedad”, que se enlaza directamente al objetivo 5 “Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria”. (SEMPLADES, 2017)

Tomando en cuenta estos factores se puede decir que la situación actual afecta a todos quienes se encuentran dentro de este sector manufacturero y en especial a quienes conforman INDUMEI, por lo que se requiere un alto nivel de compromiso en el desempeño laboral, para garantizar el cumplimiento de las metas y objetivos, estas variables deben afrontar varios cambios para ajustarse a las necesidades actuales de la empresa.

Lo que hace que cada vez se vuelva más trascendental que los productos se manejen con un estricto control de la calidad, por esto es importante contar con una mejora continua de los procesos, que permita detectar y controlar los tiempos de entrega y la calidad del producto, evitando así el desperdicio de recursos y tiempo.

Esta investigación se realiza en base a la metodología Lean - Six Sigma, como herramienta para la gestión de calidad en los procesos productivos, ya que permite identificar los factores que no agregan valor al producto y afectan al proceso productivo, teniendo en cuenta estas características se puede generar una propuesta de mejora de procesos que beneficia a la empresa, específicamente al área de producción y a todos sus intermediarios, lo que a su vez se refleja en el aprovechamiento de los recursos, la mano de obra, maquinaria, etc. También es factible considerar que la propuesta puede tomarse como una base, ya que al ser aplicada puede generar un impacto positivo, para que la empresa se posicione en el mercado con un alto nivel de competitividad.

## **1.6. Metodología**

Las metodologías que se adoptan para este trabajo de investigación son las siguientes:

Investigación documental, investigación de campo en modalidad descriptiva.

### 1.6.1. Metodología DMAIC

Esta metodología se describe en las siguientes fases que conforman sus siglas. (Gerges, Canci, Cívico, Jordán, & Rubio, 2020)

- **Fase Definir:** el problema y objetivo del proyecto.
- **Fase Medir:** la línea base del proceso que permita identificar todas las variables que influyen en los procesos.
- **Fase Analizar:** validar las causas identificando factores críticos.
- **Fase Mejorar:** implementar soluciones.
- **Fase Controlar:** mantener las soluciones en el tiempo. Pasamos a detallar cada una de ellas.

### 1.6.2. Metodología Lean

Lean permite beneficios y oportunidades de mejora en las organizaciones ya que identifica procesos o acciones que no aportan valor, con el objetivo de disminuir costos, mejorar tiempos y aumentar beneficios, siendo así más viables competitivamente.

### 1.7. Tipo de investigación

#### ➤ **Investigación documental**

La investigación es de carácter documental ya que se apoya en la recopilación de información que se obtiene mediante la lectura de documentos, libros, revistas, bibliografías, artículos y demás fuentes, con el fin de levantar información que facilite el desarrollo del marco teórico estableciendo conceptos que ayuden a la comprensión del proyecto.

#### ➤ **Investigación de campo**

Este tipo de investigación es factible para el proyecto ya que recoge información y datos directamente de la empresa INDUMEI, permitiendo hacer un diagnóstico y elaborar una propuesta para la mejora de procesos mediante la metodología Lean-Six Sigma.

#### ➤ **Modalidad descriptiva**

Esta modalidad se apega a la investigación por enfocarse en la recolección de información y la descripción precisa del evento de estudio, proporcionando un registro de los hechos relacionados con el tema de estudio.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1. Lean Manufacturing

Esta filosofía se enfoca en detectar el impacto que dejan las actividades que no agregan valor al producto final, para así poder solucionarlas con las herramientas adecuadas.

Lean Manufacturing también es definido como “una filosofía/Sistema de gestión sobre cómo operar un negocio”, por lo que esta filosofía se enfoca en la eliminación de todos los desperdicios, lo que permite una evidente reducción en el tiempo entre el pedido del cliente y el envío del producto, mejorando la calidad y reduciendo los costos. (Buzón, 2019)

Entre muchas de las interpretaciones para entender esta filosofía, destaca la de su autor Taichi Ohno, quien es considerado el padre de dicha filosofía cuyo objetivo es aumentar la eficacia de la producción eliminando los desperdicios de forma consistente. (Buzón, 2019)

Según (Socconini L. V., 2019) También se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizadas y capacitadas.

En general existen muchas y variadas definiciones para Lean Manufacturing, sin embargo, todas mantienen el mismo objetivo, que es contribuir a mantener un proceso con el mínimo de reprocesos, tareas o actividades que resten el valor agregado de un producto final, garantizando así una mayor eficiencia con resultados notables al comparar el costo beneficio.

##### 2.1.1. Principios de Lean Manufacturing

Existen diversos principios en los que se centra esta filosofía ya que aplicarlos significa generar eficiencia en los procesos, pues se establecería un mínimo de desperdicios lo que elimina todo aquello que no añade valor al producto, así mismo se

obtienen mejores resultados usando el mínimo de recursos, asegurando la calidad y minimizando pérdidas. (Andreu, 2021)

Algunos de los principios Lean:

- Hacerlo bien a la primera: buscar resolver el problema desde su causa raíz para evitar defectos posteriores.
- Excluir actividades que no añaden valor: aquellas que generen retrasos o desperdicios.
- Mejora continua: se refiere a alcanzar la calidad del producto reduciendo costos y tiempos, y a su vez aumentar la productividad.
- Flexibilidad: producir y ajustarse a las cantidades exactas.
- Colaborar con los proveedores: construir relaciones a largo plazo.
- Cambio de enfoque de venta: aportar soluciones al cliente.

Por lo general Lean Manufacturing se enfoca en perfeccionar todo aquello que perjudica a la empresa deteriorando sus procesos con actividades que no agregan valor al producto, también se enfoca en mantener una mejora continua y para lograr esto es necesario contemplar estos principios.

### **2.1.2. Muda**

Según (Buzón, 2019) esta palabra tiene una etimología japonesa que indica despilfarro, es decir cualquier actividad que consume recursos (tiempo, materiales, personas, dinero, etc.) pero como resultado no genera valor alguno para el cliente.

Teniendo en cuenta esta definición, un sistema Lean debe centrarse en la eliminación sistemática de los despilfarros pues, es claro que si se producen más piezas de las que se venden o se fabrican antes de que se necesiten es evidente un desperdicio en los recursos y mano de obra.

Por estas razones es necesario y muy importante planificar, reducir tiempos, utilizar menos espacios, así como reducir esfuerzos humanos.

Según el modelo de producción de Taiichi Ohno existen siete tipos de muda:

- Sobreproducción: se manifiesta cuando la producción no responde a la demanda.

- Tiempo de espera: se refleja en los tiempos de espera al recibir los materiales, instrucciones, ordenes, inspecciones, etc. Lo que hace que las personas o maquinas estén paradas.
- Inventario: materiales almacenados sin necesidad.
- Transporte: movimientos innecesarios de un lugar a otro.
- Defectos: inspecciones o reparaciones a defectos.
- Procesos: se refiere a movimientos ineficientes o inútiles.
- Movimientos: se refiere a movimientos que no generen valor. (Tejeda, 2011)

Todo esto con el fin de conseguir una reducción y sino es que una eliminación de todas las actividades que no agregan valor al producto, permitiendo así que la empresa consiga una poderosa herramienta para la mejora de los costes.

## **2.2. Six Sigma**

Para (Escobedo & Socconini, 2020), Six Sigma representa una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios que se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y las metodologías y en diseños robustos, que permiten eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel menor o igual a 3.4 defectos por millón de oportunidades. Su aplicación también tiene efectos en otros aspectos como en la reducción de los tiempos de ciclo y de costos, alta satisfacción de los clientes, entre otros.

### **Beneficios de implementar Six Sigma**

- Asegura la calidad en cada puesto de trabajo.
- Permite crear una infraestructura de personas capaces de mejorar la calidad.
- Permite establecer una filosofía de trabajo y una estrategia de negocio.
- Mejora significativamente la calidad de los productos y servicios.
- Asegura la permanencia de los negocios y aumenta la rentabilidad.
- Permite el desarrollo de productos y procesos potentes.
- Asegura un entendimiento claro de los requerimientos del cliente. (Socconini L. V., 2019)

Teniendo en cuenta los beneficios de la aplicación Six Sigma se determina para este trabajo de investigación la aplicación de la metodología DMAIC en donde se establecen cinco fases:

- Definir: se define el proyecto a realizar.
- Medir: se obtienen datos y mediciones.
- Analizar: se analizan los datos y se convierten en información.
- Mejorar: se llevan a cabo acciones para mejorar.
- Controlar: se verifica que las mejoras se mantengan. (Socconini L. V., 2019)

El propósito de la aplicación de estas fases es llegar a un análisis concreto del comportamiento actual del proceso, para así aplicar acciones de mejora juntamente con las herramientas características de cada fase.

Por esta razón dentro de estas fases se desarrollan herramientas, tales como: diagrama de Pareto, Mapas de procesos, SIPOC, Diagramas de Flujo, Gráficas de control, Diagrama de Ishikawa, VSM, Hojas de control, que plantean una mejora de los procesos a través de un sistema más controlado de forma cuantitativa y cualitativa, para esto el objetivo de todo es garantizar la calidad dentro de la gestión empresarial con la toma de decisiones adecuada.

### **2.2.1. Principios de Six Sigma**

Según (Pande, Neuman, Cavanagh, & Roland, 2002) existen seis principios que hacen que Six Sigma funcione:

- Auténtica orientación al cliente: esta se convierte en la prioridad pues las mejoras Six Sigma se miden en referencia a la satisfacción del cliente.
- Gestión orientada a datos y hechos: este principio se hace evidente al tomar medidas clave para aplicar datos y analizar variables que ayuden en la toma de decisiones y arrojen óptimas soluciones.
- Orientación a la gestión y mejora de procesos: mantener un dominio de los procesos es un factor de éxito que aporta una ventaja competitiva.
- Gestión proactiva: esto significa anticiparse a los acontecimientos, definiendo objetivos, estableciendo prioridades, previniendo problemas y más.
- Colaboración sin fronteras: Six Sigma amplía las oportunidades de colaboración a medida que el personal aprende cómo encajan sus roles.
- Búsqueda de la perfección, tolerancia a los errores: esta idea radica en que debe ser constante, aceptando y gestionando errores que puedan presentarse.

Dentro de esta metodología es necesario tener en cuenta estos principios pues de una u otra forma tienen una cierta similitud con los principios Lean y desde este punto se puede analizar el principio de la relación entre estas metodologías para fusionarse en el Lean Six Sigma.

### **2.3. Enfoque de la metodología Lean – Six Sigma**

Se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o exceso, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizadas y capacitadas. (Socconini L. V., 2019)

La fusión Lean Six Sigma da como resultado una forma de trabajo enfocada a la mejora continua y el óptimo aprovechamiento de los recursos, por una parte la filosofía Lean busca eliminar las ineficiencias de los procesos y reestructurarlos para hacerlos eficientes, rápidos y ágiles a la hora de responder necesidades de los clientes, mientras que Six Sigma persigue también mejorar los procesos, aunque en un sentido más amplio, que incluye calidad, eficiencia y niveles de servicio, es más ordenada y hace uso extensivo de los datos para entender el comportamiento de los procesos e identificar mejoras.

De este modo la filosofía Lean Six Sigma combinan la estructura metodológica y las herramientas de análisis de datos de Six Sigma con las herramientas de proceso y principios Lean. (Escobedo & Socconini, 2020)

#### **2.3.1. Elementos básicos del Lean Six Sigma**

Estos elementos o también conocidos como principios pueden enfocarse en distintos aspectos, pero principalmente se enfoca en los siguientes:

- “Cero defectos: hacerlo bien a la primera, buscando detectar los problemas y solucionarlos en su lugar de origen”.
- “Minimizando el desperdicio: excluyendo las actividades que no agregan valor al producto”.
- “Mejora continua: poder garantizar la calidad del producto o servicio, buscando continuamente la forma de aumentar la productividad, y reducir costes”.

- “Procesos “Pull””: Las cantidades producidas se fabrican en respuesta a la demanda (sin sobreproducción)”.
- “Flexibilidad: Tener la capacidad de poder fabricar variedad de códigos de productos diferentes y en cantidades diferentes a petición”.
- “Construcción y gestión de una relación y colaboración a largo plazo con los proveedores, llegando a acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información”.
- “Cambio del enfoque principal: Al cliente no se le vende un producto, si no que al cliente se le aporta una solución” (Gómez, Izasa, & Ocampo, 2019)

Estos principios revelan todo aquello que se puede alcanzar cuando se aplica la metodología Lean Six Sigma dentro de una empresa, pues esta persigue la mejora continua en todos los procesos, dejando resultados que alcanzan un mejor desempeño de dentro de la empresa y a su vez consiguen la tan esperada satisfacción del cliente.

### **2.3.2. Beneficios de la aplicación Lean Six Sigma**

Entre los principales beneficios que conlleva la aplicación de Lean Six Sigma se mencionan los resultados medibles que se han logrado gracias a la implementación de este sistema, aun así, se debe tener en cuenta que una transformación de este tipo se realiza siempre a largo plazo, a pesar de que los primeros resultados comiencen a aparecer al cabo de un tiempo relativamente corto. Y a pesar de que los beneficios a corto plazo no se den en el tiempo estimado no hay que desesperarse. (Socconini & Reato, 2019)

### **2.3.3. Metodología DMAIC**

Por lo general los resultados de la aplicación de Lean Six Sigma se obtienen por dos caminos, por un lado, mejorar las características del producto o servicio, permitiendo conseguir mayores ingresos y, por otro, el ahorro de costos que se deriva de la reducción de fallos o errores y de los menores tiempos de ciclo en los procesos.

La metodología Six Sigma, conocida como DMAIC (por sus siglas en inglés define, measure, analyze, improve, control, es decir, definir, medir, analizar, mejorar, controlar), consiste en la aplicación, proyecto a proyecto, de un proceso estructurado en cinco fases: (Escobedo & Socconini, 2021)

**Tabla 1 - Comparación fases DMAIC**

<b>Fases</b>	<b>(Escobedo &amp; Socconini, 2020)</b>	<b>(Gisbert, y otros, 2018)</b>	<b>(Gutiérrez &amp; De la Vara, 2009)</b>	<b>Análisis</b>
<b>Definir</b>	Según este autor en esta fase se identifican los posibles problemas.	Menciona que se identifica a todos los elementos que intervienen.	Se enfoca en cómo afecta al cliente y precisar los beneficios esperados del proyecto.	De alguna manera los enfoques de estos tres autores forman un concepto claro de lo que se quiere alcanzar en esta fase.
<b>Medir</b>	Para este autor se debe enfocar primero en la descripción detallada del proceso.	Se orienta a obtener información sobre la situación actual.	Propone validar métricas para poder medir bien y determinar situación actual.	En esta fase se determinan las bases sobre las que se puede empezar a generar un análisis profundo de los procesos.
<b>Analizar</b>	Propone usar los datos de resultados actuales e históricos.	Plantea el uso de métodos estadísticos.	Pretende identificar fuentes de variación.	Esta fase claramente permite un amplio conocimiento de en qué acción hay que centrarse para establecer estrategias de mejora.
<b>Mejorar</b>	En esta fase se determina la relación causa efecto.	Manifiesta que se debe decidir y diseñar las acciones de mejora.	Aseguran que esta fase debe dar soluciones para cumplir los objetivos	Es notable que esta fase es vital para cambiar todo lo que impide un total y correcto desempeño dentro del área de producción.

<b>Controlar</b>	<p>Proponen que se debe asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Six Sigma.</p>	<p>Plantean que se debe dar un seguimiento de las acciones de Lean mejora.</p>	<p>Se debe diseñar un sistema para mantener mejoras.</p>	<p>Todo esto concluye en que no hay que descuidar las mejoras implementadas sino al contrario darles un seguimiento que permita conocer el estado de los cambios y su repercusión en los procesos, de esta manera se podrá seguir con una mejora continua.</p>
------------------	--	--	--	--

**Elaboración:** Fernanda Pérez

## **2.4.Herramientas Lean Six Sigma utilizadas en las fases DMAIC**

### **2.4.1. Project Charter**

Es una herramienta muy importante ya que establece las pautas entre las partes para el desarrollo del trabajo, esta Acta de Constitución de Proyecto, en la cual se detallan cada uno de los aspectos fundamentales y cruciales de todo Proyecto, es aquí donde se delimita el alcance, los objetivos, se establece los entregables, las posiciones entre las partes (Stakeholder, Clientes), se asignan responsabilidades, se definen los planes (Financieros, Recursos, Calidad) y todo lo que se deba considerar (Riesgos, restricciones). (García Ramírez, 2013)

Según el PMI (Project Management Institute), este es un documento ideal para documentar las relaciones entre el proyecto y la estrategia organizacional, el documento autoriza formalmente la existencia de un proyecto y confiere al director del proyecto la autoridad para asignar los recursos de la organización a las actividades del proyecto. (Brown, 2005)

La información que debe tener un Project Charter esencialmente es:

- Nombre del proyecto y descripción
- Nombre y nivel de autorización del Sponsor o la persona que autoriza el Project Charter
- Designación del director del proyecto y definición de su nivel de autoridad
- Justificación del proyecto (Business Case)
- Definición inicial de los principales Stakeholder y sus intereses, así como de recursos principales para el proyecto
- Descripción del producto o servicio a desarrollar por el proyecto
- Definición de los objetivos del proyecto, incluyendo el cronograma preliminar y el presupuesto inicial.
- Definición de riesgos inicial
- Requerimientos de aprobación del proyecto
- Otros puntos que el Sponsor considere importantes (Pérez, 2019)

#### **2.4.2. VOC**

En el libro (Socconini L. , Lean Six Sigma: Green Belt, 2020) se describe a la Voz del Cliente como una herramienta que tiene como fin responder a preguntas como ¿Quiénes son mis clientes?; ¿Qué servicio o producto he de entregar a mis clientes?; ¿Qué creen mis clientes que es clave para la calidad? Estas preguntas pueden responderse a través de entrevistas, cuestionarios, paneles, exposiciones, quejas de cliente, investigación del mercado, entre otras.

Todo esto con el fin de dar más información al cliente sobre las características del producto, pues es evidente que para obtener una percepción más clara de lo que el cliente quiere obtener este debe tener claros algunos aspectos como los describe (Cañedo Fernández, 2015):

- Percepción de la empresa.
- Comparación del artículo con otros de la competencia.
- Medios de comunicación (publicidad en periódicos, revistas o paneles indicativos).
- Información y comunicación del responsable de calidad ante la resolución de dudas y preguntas de los clientes.
- Actitud del personal.

- Malas experiencias.
- Compartir experiencias similares con otros clientes.
- Requisitos del cliente como el desembolso económico, la ubicación de la fábrica y su accesibilidad.

Todas estas características influyen sobre la satisfacción de los clientes, pues a partir de esto se puede valorar objetivamente la percepción de los clientes sobre el producto y utilizar esta información posteriormente para mejorar el rendimiento de la empresa.

Es importante considerar que la voz del cliente escuchada desde el primer contacto contiene información necesaria que pasara desde el área de ventas, la transmitirán a ingeniería y la traducción de todos los requerimientos darán el objetivo a lograr en el diseño y aseguramiento de la calidad que debe aplicarse en las fases de la cadena de suministros, producción, instalación y en la etapa de postventa. Asegurando que se permita documentar y dar seguimiento a los requerimientos del cliente, a través de todo el proceso hasta la aprobación y satisfacción del cliente. (Cabrera Calva, 2012)

Una vez que se conocen todos estos puntos se pueden identificar las necesidades para transformarlas en requerimientos de los clientes, así como los parámetros de calidad que esperan para tener una satisfacción, esto a su vez es de gran importancia en las empresas puesto que al aplicar la VOC se procede a establecer una mejora continua.

### **2.4.3. SIPOC**

El diagrama SIPOC según (Gueorguiev, 2018) es una herramienta utilizada en la gestión de la calidad total (TQM) y en los proyectos Six Sigma. Se asemeja mucho a la lógica de la gestión de la cadena de suministro, pero está adaptada a los procesos del SGC de la organización. La descripción del proceso puede hacerse de derecha a izquierda, o de izquierda a derecha. Si se empieza por la derecha se deben completar los siguientes elementos:

- Proveedores: que partes externas se necesitan para apoyar o proporcionar recursos al proceso;
- Entradas: la información documentada para gestionar el proceso;
- Pasos del proceso: se organiza con un orden lógico y se compara con las actividades que se aplican en el proceso según el proceso interno de la

organización, a su vez se dibuja un diagrama de flujo combinándolo con requisitos y actividades;

- Salidas: los registros de calidad y resultados obtenidos;
- Clientes: pueden ser internos o externos.

Esta herramienta también permitirá capturar la información necesaria de entradas y salidas determinando así la importancia de cada elemento o parte interesada y de igual manera permite mantener una idea clara de los recursos que intervienen dentro del proceso.

#### **2.4.4. VSM**

Esta herramienta está orientada a distinguir entre el valor y el despilfarro. El VSM tiene por objetivo identificar las fuentes de despilfarro y de variabilidad del proceso, pues ayuda a los responsables del sistema productivo, que puede ser logístico o administrativo, a visualizar y entender el flujo de materiales y de información, siguiendo el recorrido del producto en la cadena de valor, de esta forma se identifican las operaciones que aportan valor con respecto a las que se consideran mudas, permitiendo una mejora continua. (Rajadell Carreras, 2021)

El value stream mapping o VSM debe empezar conociendo la situación de partida, conociendo que recursos se necesitan, en donde hay que empezar a actuar y de qué manera, conociendo estos puntos el “mapa de la cadena de valor” permite obtener conclusiones que son base para una mejora organizativa.

Según (Martín & Socconini, 2019) un mapa de valor es una herramienta de la metodología lean que muestra gráficamente todas las actividades requeridas en una organización enfocándose en un producto o servicio, desde que el cliente realiza un pedido hasta que este es entregado. Estos mapas aclaran en que parte del proceso existe el valor agregado y en donde se desperdician recursos. A continuación, se muestran los dos tipos de mapas de valor, el actual gráfica 1 en donde se muestran procesos en un momento determinado, y el futuro gráfica 2 que es como se quiere que estén esos procesos a medio plazo (6 meses).

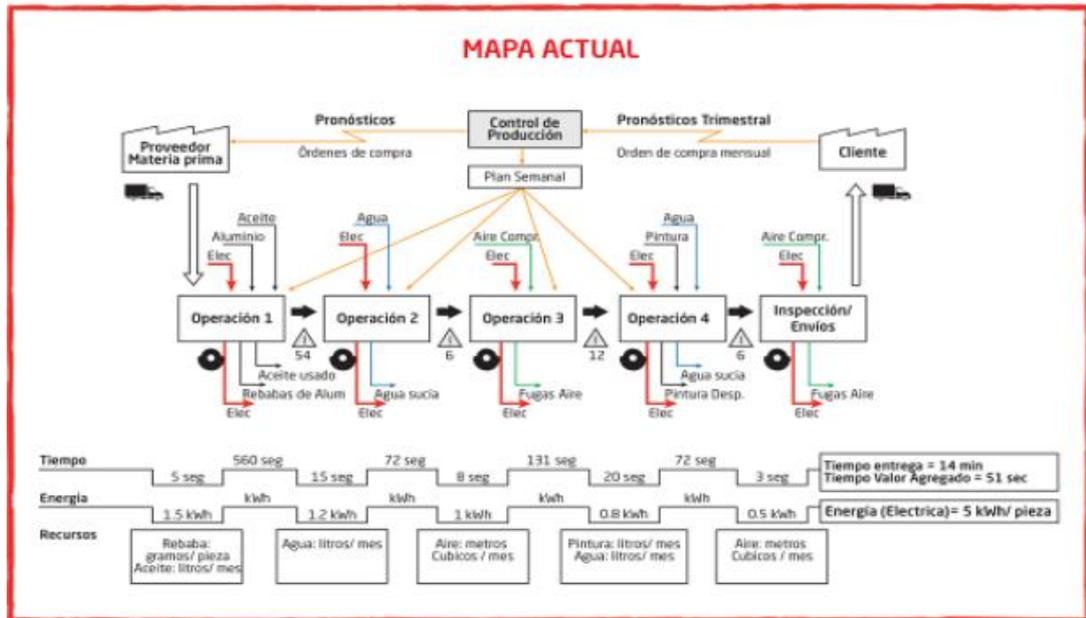


Gráfico 1 - VSM Actual

Fuente: (Martín & Socconini, 2019)

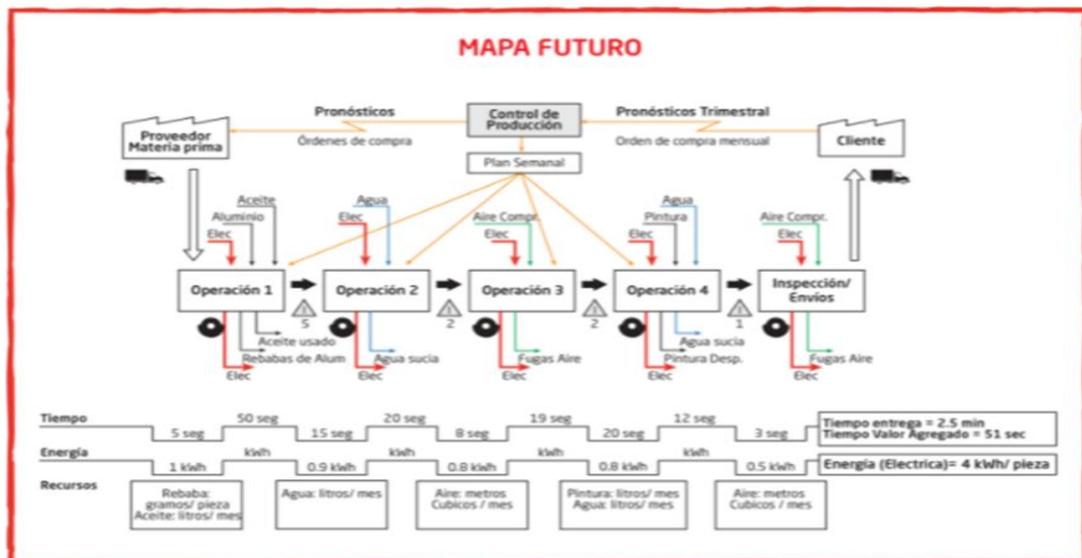


Gráfico 2 - VSM Futuro

Fuente: (Martín & Socconini, 2019)

El VSM puede resultar de gran ayuda para determinar las acciones que no generan valor y que causan un lead time significativo dentro del proceso en estudio, esto puede permitir la toma de decisiones asertivas, mediante la aplicación de herramientas que permitan asegurar la calidad y una mejora continua con acciones sí que generen valor.

### 2.4.5. Takt Time

El takt time se define como la expresión de la demanda en términos de tiempo (horas por pedido). Dado que la demanda puede variar habrá que hacer varios cálculos del takt time que pueden corresponder a periodos con mucha, media o poca actividad, esto puede suceder en casos donde la organización tenga actividades con demandas estacionales. (Rajadell, 2021)

La fórmula que se aplica para el takt time es:

$$Takt\ Time = \frac{tiempo\ de\ trabajo}{producción\ requerida} = \frac{Horas\ por\ turno - Descanso - Almuerzo}{(Demanda\ mensual)/(Demanda\ diaria)}$$

**Fuente:** (Martín & Socconini, 2019)

Se puede tomar este concepto como un número de referencia que brinda un sentido del ritmo al que se tiene que producir, de tal forma que se pueda saber con tan solo mirar si se va por detrás de lo previsto o por delante. (Buzón, 2019)

### 2.4.6. Lead Time

El lead time puede definirse como el análisis de la rapidez del flujo de materiales, o como el tiempo que media desde que se inicia un “proceso operativo” hasta su finalización. Es decir, el Lead Time toma el tiempo desde que se reconoce la necesidad de iniciar una determinada operación hasta que esta se concluya totalmente. (Anaya, 2007)

Para su utilización el lead time se podría descomponer en diferentes segmentos de tiempo, tales como:

- Cálculo de la necesidad del material.
- Tramitación del pedido al proveedor.
- Plazo de entrega del proveedor.
- Recepción y control de calidad del producto.
- Ubicación física en las estanterías del almacén.
- Comunicación al sistema informático y administrativo de la disponibilidad del producto para su utilización.

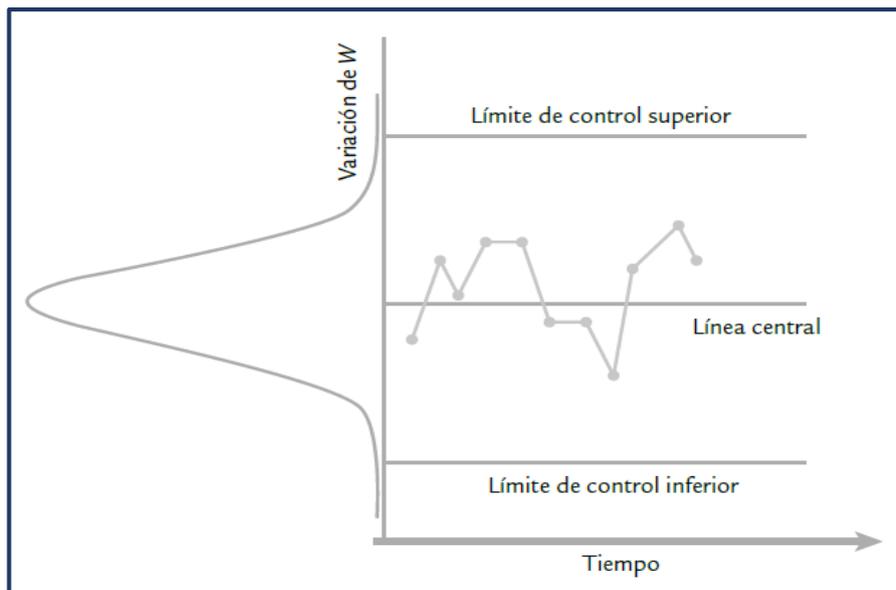
La fórmula que se aplica para un Lead Time acumulado es:

$$LT = LT \text{ Aprovechamiento} + LT \text{ Almacenaje} + LT \text{ Transporte}$$

Este lead time se puede obtener a través de un flujograma, ya que facilita los cálculos y su interpretación debido a lo gráfico que resulta. (Anaya & Polanco, 2007)

#### 2.4.7. Cartas de Control

En el libro de (Gutiérrez & De la Vara, 2009), se define a las cartas de control como una gráfica que sirve para observar y analizar la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo, teniendo en cuenta que el objetivo básico de una carta de control radica en observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo, lo que hace posible distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales (atribuibles), ayudando a entender el funcionamiento del proceso y decidir las mejores acciones de control y de mejora.



**Gráfico 3** - Cartas de control

**Fuente:** (Gutiérrez & De la Vara, 2009)

Las cartas de control permiten conocer mejor la estabilidad de un proceso y esto a su vez permite la toma de decisiones sobre las acciones de mejora.

### **2.4.7.1. Software Minitab**

Minitab es un software de estadística industrial que puede examinar datos actuales y pasados para descubrir tendencias, encontrar y predecir patrones, descubrir relaciones ocultas entre las variables y crear visualizaciones. (Minitab, 2022)

Al contar con todos estos recursos estadísticos potentes, la mejor analítica de datos en la industria y visualizaciones dinámicas aumenta las posibilidades de lograr un mejor control estadístico.

Este software permite a todas las partes de una organización predecir mejores resultados, diseñar mejores productos y mejorar los procesos para generar mayores ingresos y reducir los costos. (Minitab, 2022)

### **2.4.8. Análisis causa efecto**

Esta es una de las 7 herramientas de la calidad propuestas por Ishikawa, esta técnica identifica las posibles causas de un problema y las clasifica por categorías, enfocados hacia el problema aparecen los principales grupos de causas generadoras del problema que en la inmensa mayoría de los casos son 6; Materia prima, Mano de obra, Maquinaria, Medio ambiente, Medición, Métodos.

La forma que propone esta herramienta para abordar un problema consiste en preguntar “¿Por qué?”, logrando así llegar hasta las causas. (Mauleon & Prado, 2021)

### **2.4.9. 5 porqués**

La técnica de los 5 porqués ha sido utilizada con mucho éxito en las áreas de gestión de la calidad y gestión de riesgos, pues esta técnica parte de la premisa de que, después de preguntar 5 veces por qué un problema está sucediendo (cada porqué relacionado con la respuesta anterior), obtendremos la causa raíz del problema.

El objetivo de los 5 porqués no es encontrar un culpable sino una causa, esto gracias a que se determinaran las causas inmediatas y adyacentes, descubriendo cuales merecen acciones correctivas. Siguiendo estos pasos: (Escuela Europea de Excelencia, 2018)

Algunos pasos a seguir:

- Analizar el área donde se presentó la no conformidad.
- Presentar el problema de una manera completa, utilizando diferentes técnicas lo que permitirá llegar a un consenso con respecto a la descripción del problema y sus detalles.
- Determinar las posibles causas que generaron el problema.
- Es necesario repetir esta operación, siempre fundamentando el nuevo porqué en la última respuesta y anotar cada nueva respuesta.
- Asegurarse de que se ha encontrado la causa raíz después de cada respuesta, de no ser así se repetirá la pregunta indefinidamente hasta hallar la causa raíz.

#### **2.4.10. 5s**

Esta herramienta sigue un proceso de 5 pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, adaptación de la cultura de la empresa y considera los aspectos humanos. El fin que persigue la implementación de las 5's es evitar una empresa con aspecto sucio, desordenado, herramientas poco funcionales, falta de instrucciones, falta de elementos de seguridad, desinterés de los empleados, movimientos innecesarios, desaprovechamiento de espacio, etc. (Socconini L. V., 2019)

Fases:

- Seiri – Eliminar o innecesario.
- Seiton – Ordenar cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa.
- Seiso – Limpiar e inspeccionar.
- Seiketsu – Estandarizar fijando una norma de trabajo para respetarla.
- Shitsuke – Disciplina forjando hábitos y autodisciplina para comprometer.

La metodología 5s es una técnica de gestión que ayuda a crear una cultura de disciplina, identificando problemas y creando oportunidades de mejora, reduciendo el desperdicio de recursos y el espacio con el fin de aumentar la eficiencia operativa. (Novau & Suárez, 2020)

#### **2.4.11. Kanban**

El flujo pull significa que el material se sustituye en el proceso al mismo ritmo que se consume. El sistema pull se refiere a dos cosas:

- El flujo físico en el que se tira del material en vez de empujarlo por el sistema, lo que se conoce como pull flow.
- El procedimiento que se utiliza para indicar cuándo se necesita más material entre líneas y procesos separados se conoce como Kanban. (Rajadell & Sánchez, Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad, 2010)

#### 2.4.11.1. Punto de Reorden

El punto de reorden (ROP) determina cuando ordenar inventario, este se encuentra al multiplicar la demanda diaria por el plazo de entrega en días. Es también considerado como el tiempo que pasa entre la colocación y el abastecimiento de un pedido, llamado plazo de entrega o tiempo de entrega. (Render, Stair, & Michael, 2006)

Para esto debe haber inventario disponible para satisfacer la demanda durante este tiempo, en consecuencia, a decisión de cuando ordenar generalmente se expresa en términos de un punto de reorden (ROP), que es el nivel de inventario en el cual debe realizarse un pedido. El ROP se expresa como:

$$ROP = (Demanda\ diaria\ promedio) \times (Tiempo\ de\ entrega) \\ + (Nivel\ de\ Servicio) \times (Desviación\ estándar)$$

$$ROP = \bar{d}L \times z\sigma_L$$

Donde,

$\bar{d}$  = Demanda diaria promedio

L = Tiempo de entrega en días (entre hacer y recibir el pedido)

z = Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

$\sigma_L$  = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega.

#### 2.4.11.2. EOQ

El modelo EOQ equilibra explícitamente los costos de preparación y retención. En un modelo EOQ, debe existir una demanda ligeramente constante o mantenerse existencias de seguridad, para esto se utiliza un estimado de la demanda anual total, el costo de preparación o pedido y el costo anual de retención. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

Para este modelo la fórmula resulta en:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 DS}{H}}$$

EOQ = Cantidad de pedidos en la que el costo total es el mínimo.

D = Demanda (anual)

S = Costo de realizar un pedido.

H = Costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio, donde  $H = i \times C$

i = es un porcentaje del costo de manejo.

C = costo unitario.

#### **2.4.12. Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Esta metodología de mejora permite la continuidad de las operaciones, en los equipos al tener en cuenta los conceptos de prevención, cero defectos ocasionados por máquinas, cero incidentes y participación de las personas.

El proceso de mantenimiento para equipos dentro de una línea de producción puede llegar a generar un mayor índice de desperdicios en productos y gastos operativos debido a las reparaciones. (Socconini L. V., 2019)

#### **2.4.13. Hojas de control**

La hoja de control o de recogida de datos, sirve para reunir la información según determinadas categorías, mediante la anotación y registro de sus frecuencias bajo la forma de datos con el propósito de que los datos recogidos reflejen la realidad.

Las hojas de control cumplen con diversas funciones, pero a principal es la de agilizar y analizar la recopilación de datos de forma casi automática. (Tejeira, 2015)

Algunos de los principales aspectos para los que sirven estas hojas son:

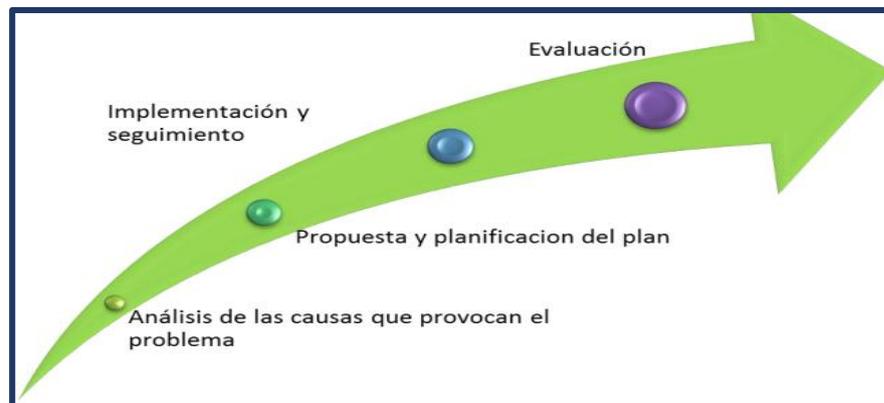
- **Función de distribución** de las variaciones y variables de los productos conformados (metrología, colorimetría, resistencias, entre otros)

- **Clasificación de los productos defectuosos** (diversos tipos de defectos, fallos, roturas, entre otros)
- **Localización de los defectos**, si los hubiera, en las piezas.
- **Identificación de las causas** de los defectos.
- **Verificación y chequeo** de las operaciones de mantenimiento.

## 2.5. Plan de mejora

El plan de mejora puede ser considerado en un proceso para alcanzar la calidad total y la excelencia de las organizaciones de manera progresiva, ya que permite obtener resultados eficientes y eficaces. Este tiene como fin relacionar los procesos y el personal generando un progreso constante. (Proaño, Gisbert, & Pérez, 2017)

Para esto es necesario un análisis de cada área lo que permite definir los problemas y en función de estos estructurar un plan de acción, que esté formado por objetivos, actividades, responsables e indicadores de gestión que permita evaluar constantemente este proceso en un periodo determinado.



**Gráfico 4** - Plan de mejora

**Fuente:** (Proaño, Gisbert, & Pérez, 2017)

Existen diferentes metodologías o técnicas para generar un plan de mejora, en este caso se aplica la metodología Lean Six Sigma la cual se centra en mejorar los procesos y de esta forma incrementar la rentabilidad de la empresa, mediante el uso o aplicación de diferentes herramientas que determinan los desperdicios del proceso, ya que muchas veces son la causa principal de las fallas en el producto final impidiendo que estos alcancen la calidad esperada.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 3.1. Antecedentes Empresariales

INDUMEI mantiene una trayectoria por más de 31 años, con presencia en la zona norte del país y a nivel nacional, orientando siempre su servicio al cliente, creando, innovando y manteniendo la calidad de sus productos.

Esta empresa metalmecánica se especializa en el diseño, mantenimiento y reparación de maquinaria industrial, enfocándose en satisfacer las necesidades del cliente. La empresa se cataloga como un taller artesanal, su propietario considerado como persona natural es el señor Ernesto Chaglla con CI: 1000992733, a quien también se lo considera como maestro calificado en la rama artesanal de mecánica en general, por parte de la junta nacional de defensa del artesano.

**Tabla 2 - Información INDUMEI**

#### Ubicación de la empresa

**INDUMEI se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura ciudad de Ibarra, está ubicada en la carrera Julio Zaldumbide N°1-56, entre la calle Mejía y Borrero.**

**La ubicación de la empresa tiene cercanía con una de las vías principales de la ciudad, por lo que tiene un ambiente muy concurrido.**



**Gráfico 5 - Ubicación satelital**  
**Fuente:** (Google Maps, 2021)

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

### **3.1.1. Misión**

La empresa IDUMEI se plantea de forma clara la misión que a continuación, se presenta:

“Confiamos en el crecimiento industrial del país, manufacturando productos que generan valor agregado a nuestra materia prima ecuatoriana. Fabricamos maquinaria y prestamos servicios metalmecánicos con experiencia y tecnología de acuerdo con las necesidades de nuestros clientes.”

### **3.1.2. Visión**

La visión que se ha propuesto INDUMEI mantiene un enfoque a futuro que puede ampliar la exposición del mercado actual en el que se encuentra, manteniendo la calidad que los caracteriza, pero también apostando por la innovación y mejora continua.

“En 2023 ser una empresa desarrolladora y proveedora de líneas de producción automáticas que sobrepasen las expectativas de nuestros clientes. Garantizando experiencia, tecnología, calidad y eficiencia en los servicios entregados.”

## **3.2. Caracterización de la empresa**

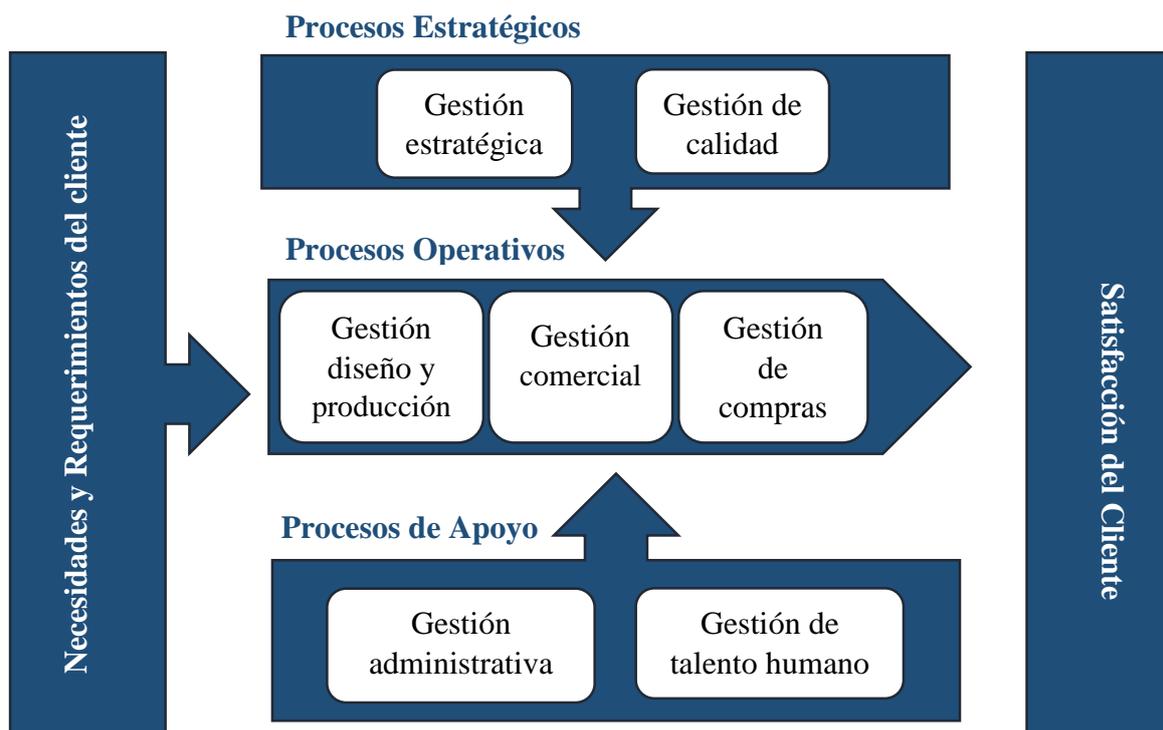
### **3.2.1. Factor Interno**

Aquí se integran los agentes que generan un impacto positivo o negativo en la gestión empresarial y por lo general la organización puede tener un alto grado de control sobre ellos. (Enciclopedia Económica, 2020)

#### **3.2.1.1. Mapa de procesos**

Este factor refleja uno de los sistemas internos y los procedimientos que comprenden los sistemas de producción.

Dentro del mapa de proceso se encuentran representados todos los procesos dentro de un esquema que permite una mejor comprensión a todos los miembros de la organización.



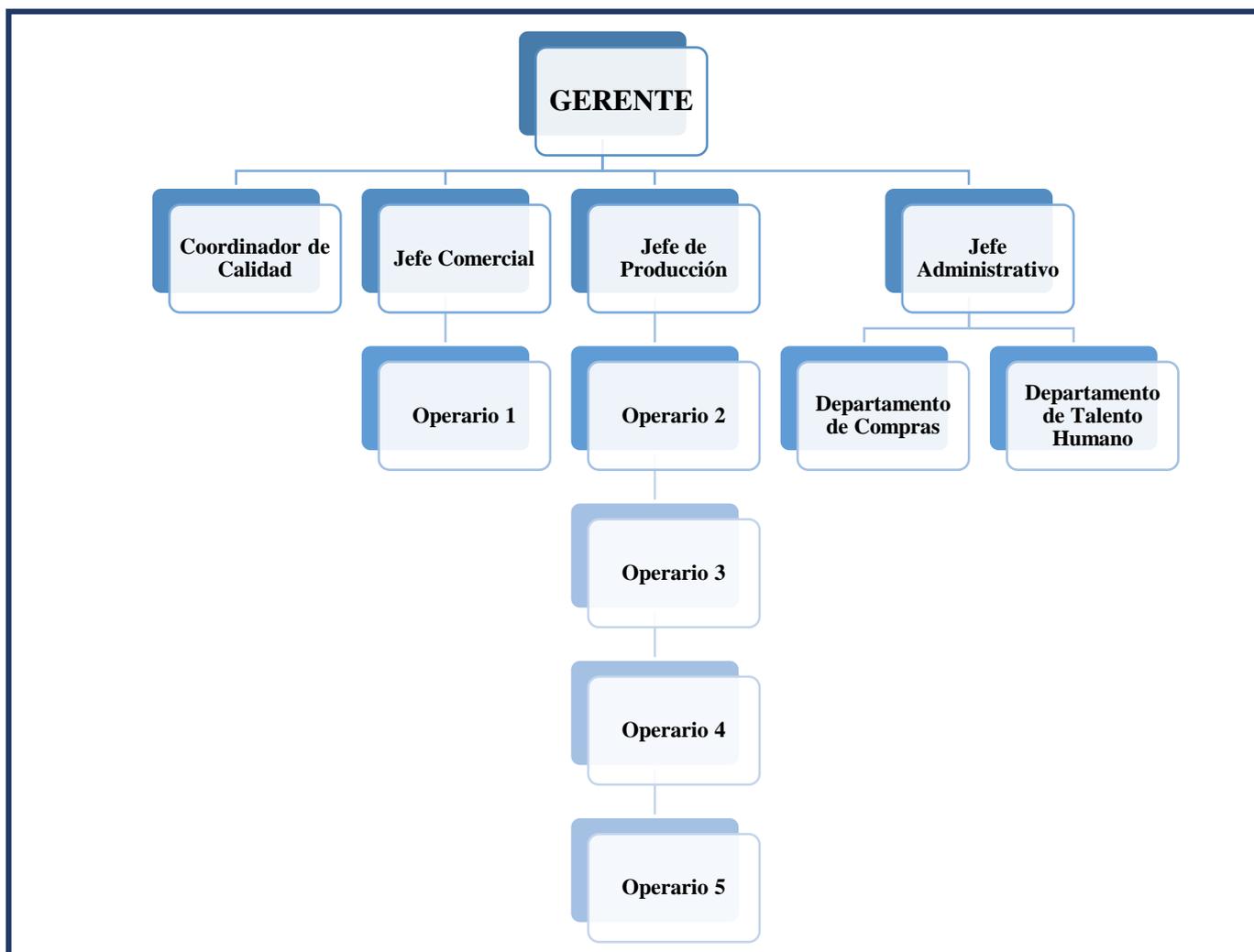
**Gráfico 6 - Mapa de Procesos**

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

- **Procesos estratégicos:** Este proceso se establece mediante la gerencia, es aquí donde se define la planificación para el resto de los procesos y las actividades que permiten una toma de decisiones eficaz.
- **Procesos operativos:** Aquí se identifican los requerimientos del cliente y se desarrolla el producto teniendo en cuenta tareas, actividades y subprocesos y todo aquello que interviene, logrando así acercarse cada vez a la satisfacción del cliente.
- **Procesos de apoyo:** Este proceso es un complemento para los anteriores procesos ya que determina los recursos que intervienen y demás actividades de apoyo que ayudan que el producto pueda cumplir los estándares propuestos.

### 3.2.1.2. Análisis organizacional

El organigrama describe la estructura organizacional de los cargos que ocupa todo el personal que se encuentra en INDUMEI, teniendo así una clara idea de cómo se maneja actualmente la empresa desde un enfoque administrativo.



**Gráfico 7 - Organigrama INDUMEI**

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

### **3.2.1.3. Talento humano**

En la tabla número 3 se describen las características de las funciones que desempeña cada miembro de la organización, para lo cual se describe el nombre, la edad, en que rama se desempeña cada trabajador y por último se describe el cargo que desempeña, todo esto en un nivel jerárquico, empezando con el gerente – propietario hasta el técnico en metalmecánica.

**Tabla 3** - Descripción de cargos

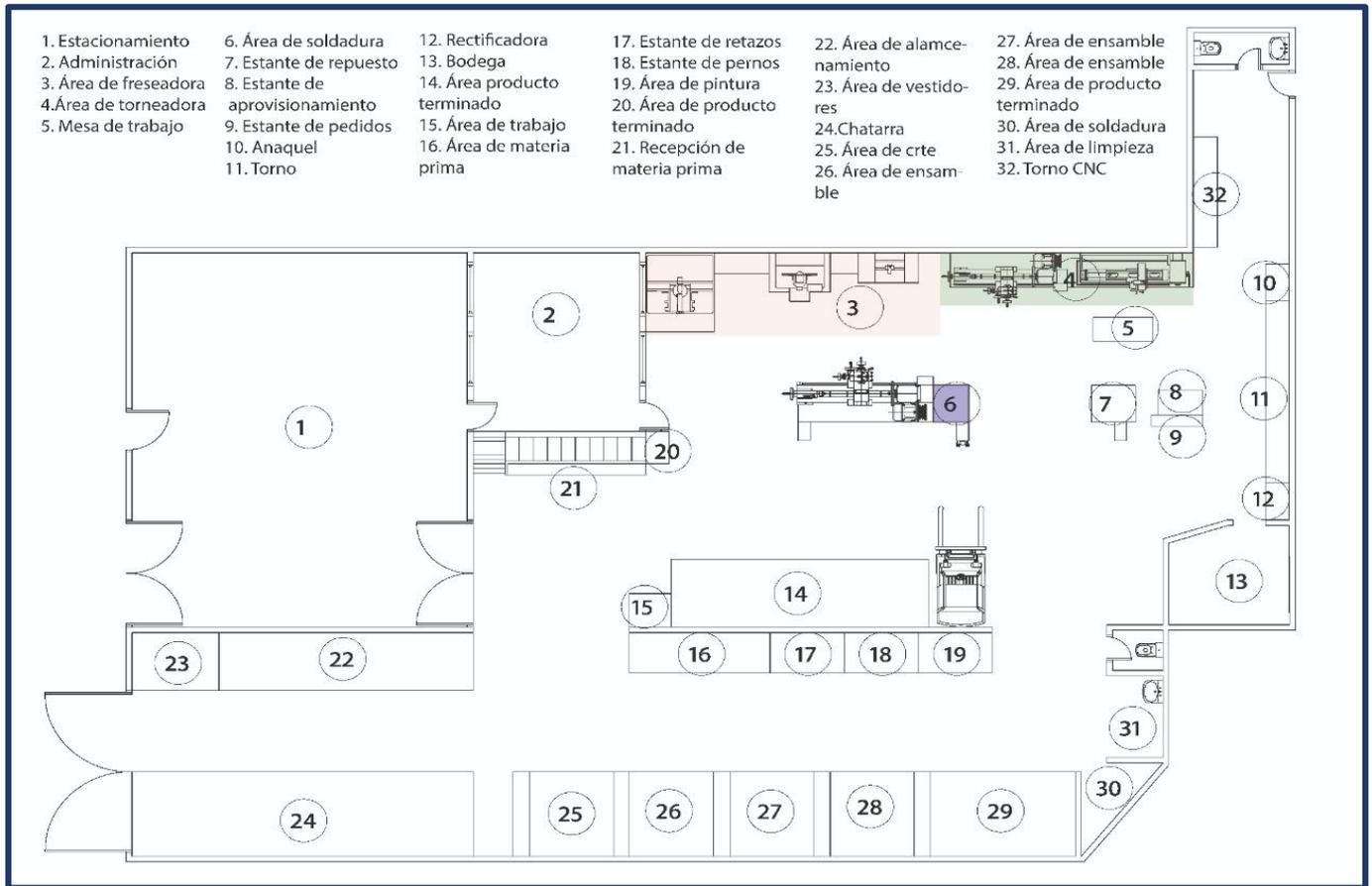
<b>TALENTO HUMANO</b>			
Nombre	Edad	Especialización	Cargo que desempeña dentro de la empresa
<b>Ernesto Chaglla</b>	60	Maestro artesano en mecánica	Gerente: (Gestión estratégica) Es quien se encarga de aprobar y controlar las actividades dentro de la empresa cumpliendo con los requisitos y consiguiendo la satisfacción de los clientes.
<b>Jorge Chaglla</b>	28	Ing. Mecánico	Coordinador de calidad: (Gestión de calidad) Es quien se encarga de supervisar que todos los productos de la empresa cumplan con los estándares de calidad, antes de entregarse a los clientes.
<b>Fanny Rivera</b>	65	Ocupaciones Prácticas	Asistente comercial: (Gestión comercial) Es quien se encarga de dar seguimiento a los clientes y posibles clientes, lleva a cabo una atención y asesoría personalizada.
<b>Javier Hernández</b>	26	Ing. Mecatrónico	Jefe de producción: (Gestión de producción) Es quien se encarga de llevar a cabo la producción desde el diseño de la maquinaria, hasta el producto final.
<b>Marina Palacios</b>	55	Ing. Comercial	Jefe administrativo: (Gestión Administrativa) Es quien se encarga de llevar la contabilidad y los tramites de la empresa, encargada de supervisar el orden administrativo con todas las partes interesadas.
<b>Marcos Calderón</b>	36	Ing. Agroindustrial	Operario en torno y fresadora: Es quien se encarga del maquinado de partes y piezas, es primordial para realizar las tareas del área de producción.
<b>David Landázuri</b>	36	Operario en suelda	Soldador: sus funciones son requeridas para realizar las tareas del área de producción.
<b>Wilmer Sandoval</b>	32	Técnico en metalmecánica	Soldador: sus funciones son requeridas para realizar las tareas del área de producción.
<b>Geovanny Lara</b>	30	Técnico en metalmecánica	Soldador: sus funciones son requeridas para realizar las tareas del área de producción.

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

### 3.2.2. Infraestructura

El layout de la empresa muestra la disposición actual de las diferentes áreas de trabajo, este esquema representa el departamento administrativo y las áreas que conforman el departamento de producción.



**Gráfico 8 - Layout INDUMEI**

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

Dentro de la empresa INDUMEI se encuentran las oficinas para comercialización, gerencia y producción, existen puestos de trabajo con la herramienta necesaria para cumplir con cada función. La empresa también posee la licencia del software de diseño CAD 3D SolidWorks, así como herramientas de medición calibradas y certificadas por laboratorio, todo con el fin de brindar la calidad que requieren los productos.

### 3.3. Productos

La metalmecánica INDUMEI tiene la capacidad de ofertar servicios como, la elaboración de maquinaria industrial, el refaccionamiento de piezas y la elaboración de piezas en torno CNC, estos productos mantienen las especificaciones o se diseñan según lo que el cliente predispone, ya que por lo general no se producen en grandes cantidades y siempre se aplican materiales de calidad para su elaboración.

**Tabla 4 - Productos**

<b>Productos</b>
<b>Maquinaria Industrial</b>

<b>Rectificación de Piezas</b>

<b>Elaboración de piezas CNC</b>


**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

### **3.4.Descripción del proceso productivo**

A continuación, se describen cada uno de los procesos que se realizan dentro de la empresa, para esto se elaboraron diagramas de procesos en donde se cuentan las operaciones, transporte, demora, inspección y almacenamiento, con tiempos y distancia.

#### **3.4.1. Maquinaria industrial**

A continuación, se describe el proceso para la construcción de maquinaria industrial y quienes intervienen.

Una vez que el cliente da a conocer todos sus requerimientos es el gerente, basado en su experiencia y teniendo en cuenta la capacidad de la empresa, quien ve la factibilidad de aprobar el proyecto, por lo que se procede con la planificación de todo lo que se va a realizar para construir la máquina, revisiones, documentación, adquisición de materia prima, mano de obra, etc., finalmente se procede con el diseño y desarrollo de la máquina.

Cuando se ha logrado lo anterior el departamento de producción inicia las actividades empezando con el mecanizado de piezas, el corte y soldadura, para dirigirse a un ensamble que conforme la maquina como tal, finalmente se procede con los acabados como la pulida y la pintura. La máquina también tiene que pasar por pruebas para corroborar su correcto funcionamiento.

En todo este proceso también intervienen los departamentos de compras para la adquisición de la materia prima, el departamento de talento humano que fija la mano de obra o servicio técnico que intervendrá en la elaboración de la máquina, también se encuentra calidad y mantenimiento como actividades de apoyo para que el producto pueda cumplir los estándares propuestos.

**Tabla 5 - Diagrama fabricación de máquinas**

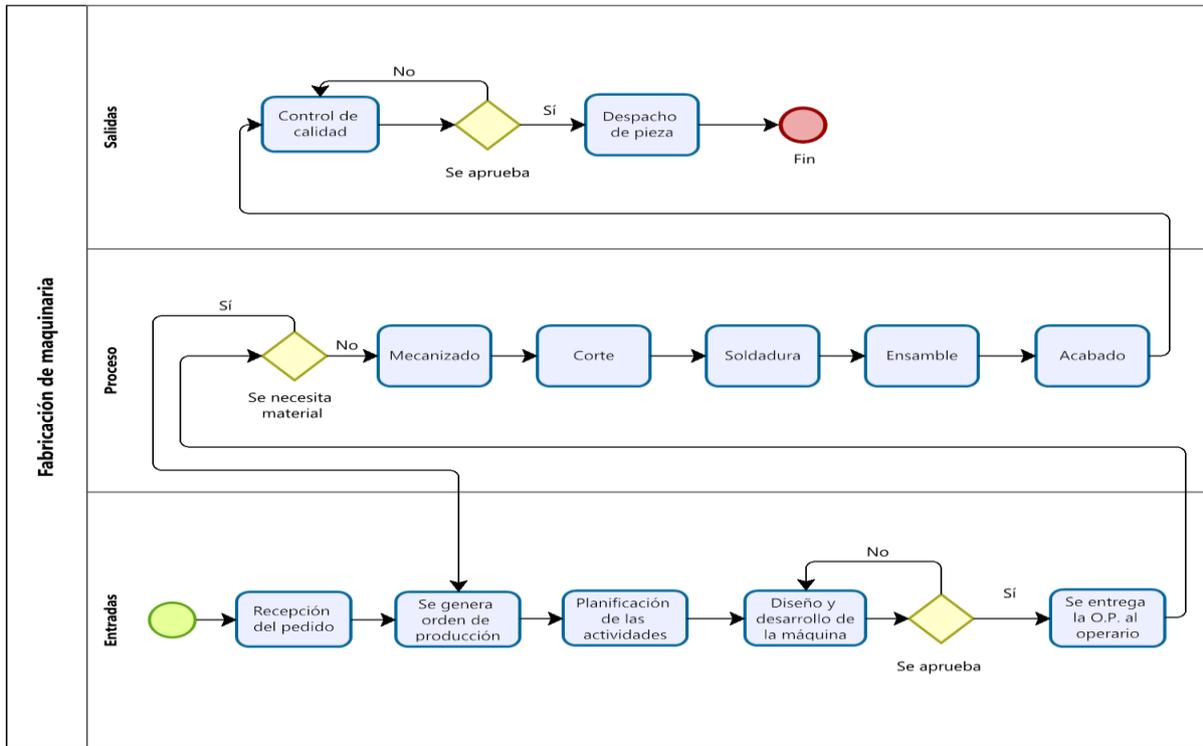
Diagrama de procesos para el proceso de fabricación de máquina								
Nro.	Descripción de la actividad	Tiempo	Distancia	Simbología				
				Operación	Transporte	Demora	Inspección	Almacenamiento
								
1	Recepción del pedido	60 min						
2	Se genera orden de trabajo	10 min						
3	Se analiza la máquina	120 min						
4	Se planifican las actividades	60 min	15 m					
5	Se desarrolla el primer diseño de la máquina	180 min						
6	Se analiza el diseño	20 min						
7	Se aprueba el diseño	15 min						
8	Se genera la Orden de producción	5 min	15 m					
9	Se entrega Orden de Producción al operador	10 min	21 m					
10	Se entregan planos de diseño	5 min						
11	El operario se traslada a administración y pide material	30 min	21 m					
12	Comercial procede a la compra del material o insumos y espera	180 min						
13	Se receipta los insumos	10 min						
14	El operario va a administración a traer los insumos	20 min	21 m					
15	Prepara la herramienta	20 min	21 m					
16	Se traslada al área de torno	3 min	4 m					
17	Procede a maquinar en torno	120 min						
18	Se traslada al área de corte	0,25 min	18 m					

Diagrama de procesos para el proceso de fabricación de máquina								
Nro.	Descripción de la actividad	Tiempo	Distancia	Simbología				
				Operación	Transporte	Demora	Inspección	Almacenamiento
								
19	Prepara la herramienta para corte	5 min						
20	Realiza cortes	120 min						
21	Se traslada al área de soldadura	0,2	4 m					
22	Se realiza la soldadura	120 min						
23	Se ensambla la máquina	5 horas	3 m					
24	Se realizan los acabados	120 min						
25	Se realiza un control de calidad	120 min						
26	Se aprueba la máquina	180 min						
27	Se despacha al área de producto terminado	20 min	15 m					
28	Se entrega al cliente	40 min	3 m					
29	Se realiza el pago final dependiendo del contrato	20 min						
30	Se genera la factura	4 min						
31	Se archiva la orden de producción, la orden de trabajo y la factura.	6 min						
				20	3	3	4	1

Fuente: (INDUMEI, 2021)

Elaboración: Fernanda Pérez

Para un mejor entendimiento el flujo de producción se refleja en la siguiente Diagrama de Procesos:



**Gráfico 9 - Flujo Maquinaria Industrial**

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

### 3.4.2. Rectificado de piezas

En el proceso de reparación de piezas sucede algo similar, pues el cliente da a conocer todos sus requerimientos y es el gerente basado en su experiencia y teniendo en cuenta la capacidad de la empresa, es quien ve la factibilidad de aprobar la pieza y a continuación se procede a realizar un diagnóstico inicial del producto en cuestión, para destinar los insumos necesarios. Una vez determinado esto, las piezas requieren la mayoría de las veces, pasar por el mecanizado, la soldadura y ensamble.

En este proceso intervienen los departamentos de compras para la adquisición de la materia prima, el departamento de talento humano que fija la mano de obra o servicio técnico que intervendrá en la elaboración de las piezas, también se encuentra calidad para que el producto pueda cumplir los estándares propuestos. Para un mejor entendimiento el flujo de producción se refleja en la siguiente Diagrama de Procesos:

**Tabla 6 - Diagrama de refacción de piezas**

Diagrama de procesos para el proceso de rectificado de piezas								
Nro.	Descripción de la actividad	Tiempo (min)	Distancia	Simbología				
				Operación	Transporte	Demora	Inspección	Almacenamiento
								
1	Recepción del pedido en administración	3						
2	Se llama al técnico	1	21 m					
3	Viene el técnico a administración	5	21 m					
4	Se analiza la pieza	3						
5	El operario regresa a su estación	0,35	21 m					
6	Se genera la Orden de Trabajo con el cliente	3						
7	Administración genera la orden de producción	3						
8	Se entrega la orden de producción al operario	1	21 m					
9	El operario evalúa la pieza y la orden de trabajo	2						
10	El operario prepara la herramienta para el mecanizado	3						
11	El operario se traslada a administración y pide material	3	21 m					

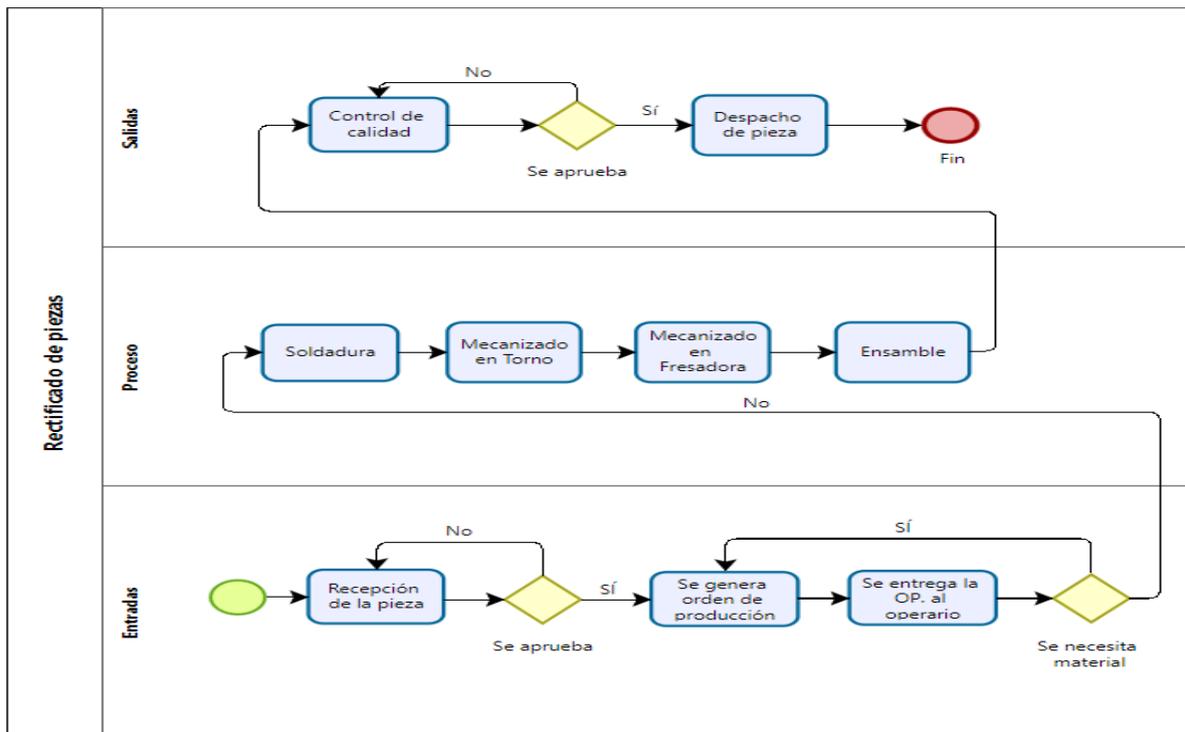
Diagrama de procesos para el proceso de rectificado de piezas								
Nro.	Descripción de la actividad	Tiempo (min)	Distancia	Simbología				
				Operación	Transporte	Demora	Inspección	Almacenamiento
12	Comercial procede a la compra del material o insumos y espera	40						
13	Se recepta los insumos	2						
14	El operario va a administración a traer los insumos	2	21 m					
15	El operario vuelve a la mesa de trabajo	0,35	21 m					
16	Se traslada al área de soldadura	0,2	4 m					
17	Prepara la herramienta	2						
18	Se realiza la soldadura para recuperar el estriado	30						
19	Traslada la pieza al área de torno	0,2	4 m					
20	Procede a maquinar en torno	60						
21	Traslada la pieza al área de fresado	0,25	10 m					
22	Prepara la herramienta para el fresado	5						
23	Procede a maquinar en fresadora	40						
24	Traslada la pieza a la mesa de trabajo	0,25	10 m					

Diagrama de procesos para el proceso de rectificado de piezas								
Nro.	Descripción de la actividad	Tiempo (min)	Distancia	Simbología				
				Operación	Transporte	Demora	Inspección	Almacenamiento
								
25	Realiza el ensamble de la pieza terminada	3						
26	Coloca la pieza en la gaveta de producto terminado	0,1						
27	Se almacena la gaveta al área de producto terminado	0,3	15 m					
28	Avisa a administración que el trabajo está terminado	1	0,50 m					
29	La administradora se dirige al área de producto terminado	0,3	5 m					
30	Traslada la gaveta a la recepción	0,3	5 m					
31	Se entrega al cliente	0,1	1 m					
32	Se cobra	3						
33	Se genera la factura	4						
34	Se archiva la orden de producción, la orden de trabajo y la factura.	6						
				15	6	9	2	2

Fuente: (INDUMEI, 2021)

Elaboración: Fernanda Pérez

Teniendo en cuenta la información del diagrama de procesos se estructura el siguiente flujo de producción consiste en lo siguiente:



**Gráfico 10 - Flujo refacción de piezas**

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

### 3.4.3. Piezas mecanizadas

Cuando el cliente da a conocer todos sus requerimientos es el gerente quien ve la factibilidad de aprobar la ejecución del mecanizado de piezas y a continuación se procede con la planificación para preparar el torno CNC, revisiones, documentación, adquisición de materia prima, mano de obra, etc., finalmente se procede con el diseño y desarrollo de las piezas.

Se empieza por un diseño CAD de las piezas, la programación CNC o generación del código G, se ejecuta el programa y se procede con el mecanizado, el acabado de la pieza depende del requerimiento del cliente. Para este proceso también intervienen los departamentos de compras para la adquisición de la materia prima, el departamento de talento humano que fija la mano de obra o servicio técnico que intervendrá en el torno CNC, también se encuentra calidad como una actividad de apoyo para que el producto pueda cumplir los estándares propuestos.

Tabla 7 - Diagrama de flujo piezas CNC

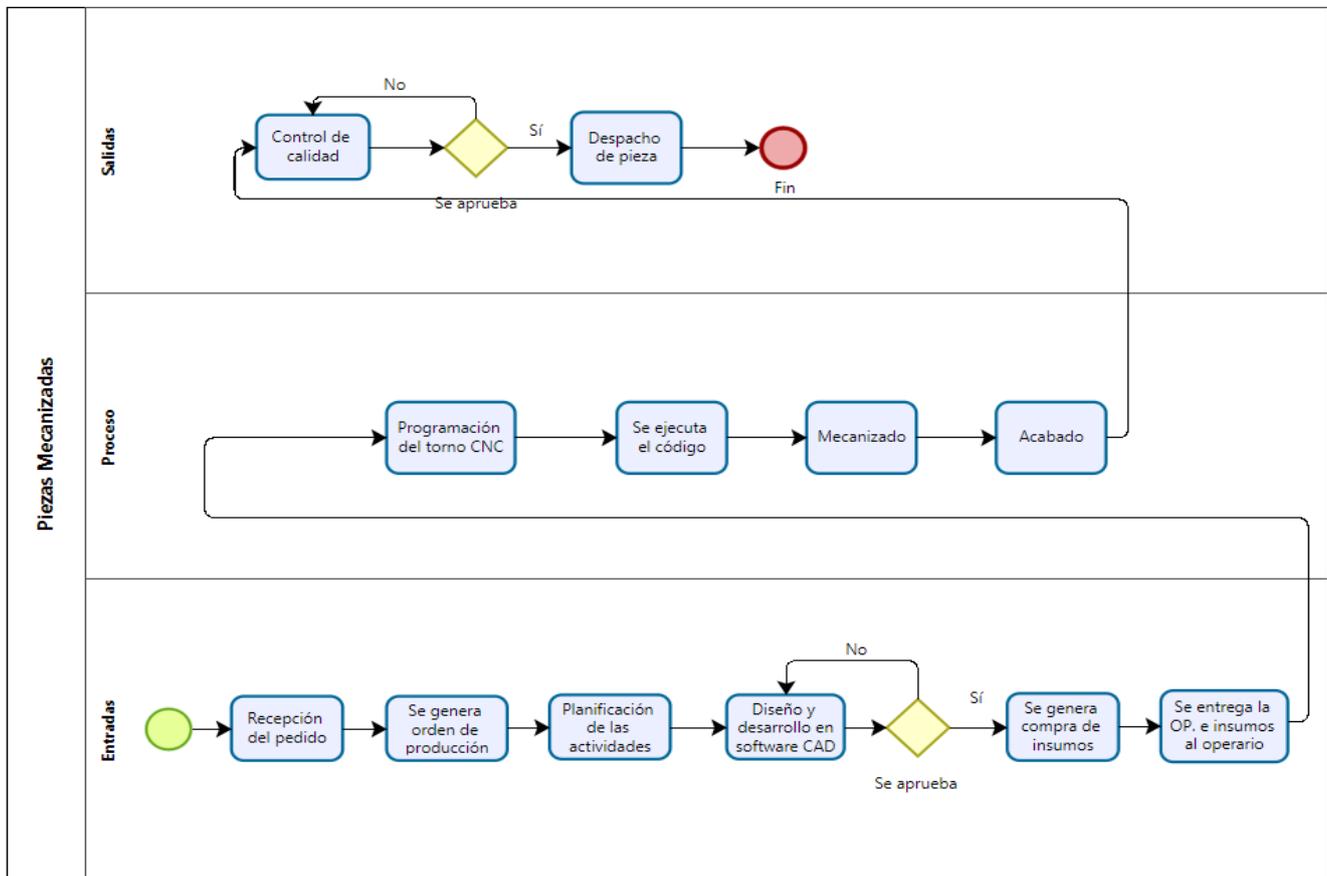
Diagrama de procesos para el proceso de fabricación de piezas cnc								
Nro.	Descripción de la actividad	Tiempo	Distancia	Simbología				
				Operación	Transporte	Demora	Inspección	Almacenamiento
								
1	Recepción del pedido	60 min						
2	Se analiza el pedido	30 min	15 m					
3	Se genera orden de trabajo	5 min						
4	Se planifican las actividades	20 min						
5	Se desarrolla el diseño en software CAD	20 min						
6	Se analiza el diseño	30 min						
7	Se aprueba el diseño	20 min						
8	Se genera la Orden de producción	5 min	15 m					
9	Se entrega Orden de Producción al operador	2 min						
10	Se entregan planos de diseño	5 min	30 m					
11	El operario se traslada a administración y se solicita material	5 min	30 m					
12	Comercial procede a la compra del material o insumos y espera	120 min						
13	Se receipta el material	10 min	5 m					
14	El operario va a administración a traer los materiales	5 min	30 m					

Diagrama de procesos para el proceso de fabricación de piezas cnc								
Nro.	Descripción de la actividad	Tiempo	Distancia	Simbología				
				Operación	Transporte	Demora	Inspección	Almacenamiento
								
15	El operario genera la programación del torno CNC	120 min	30 m					
16	Se ejecuta el código	20 min	4 m					
17	Se realiza el mecanizado	30 min						
18	Se da el acabado a las piezas	10 min	4 m					
19	Se realiza un control de calidad	10 min						
20	Se aprueban las piezas	5 min						
21	Se despacha al área de producto terminado	5 min	25 m					
22	Se entrega al cliente	15 min	5 m					
23	Se realiza el pago final dependiendo del contrato	3 min						
24	Se genera la factura	4 min						
25	Se archiva la orden de producción, la orden de trabajo y la factura.	6 min						
				16	1	4	3	1

Fuente: (INDUMEI, 2021)

Elaboración: Fernanda Pérez

Teniendo en cuenta la información del diagrama de procesos se estructura el siguiente flujo de producción consiste en lo siguiente:



**Gráfico 11** - Flujo de piezas mecanizadas

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

### 3.5. Diagrama de Pareto

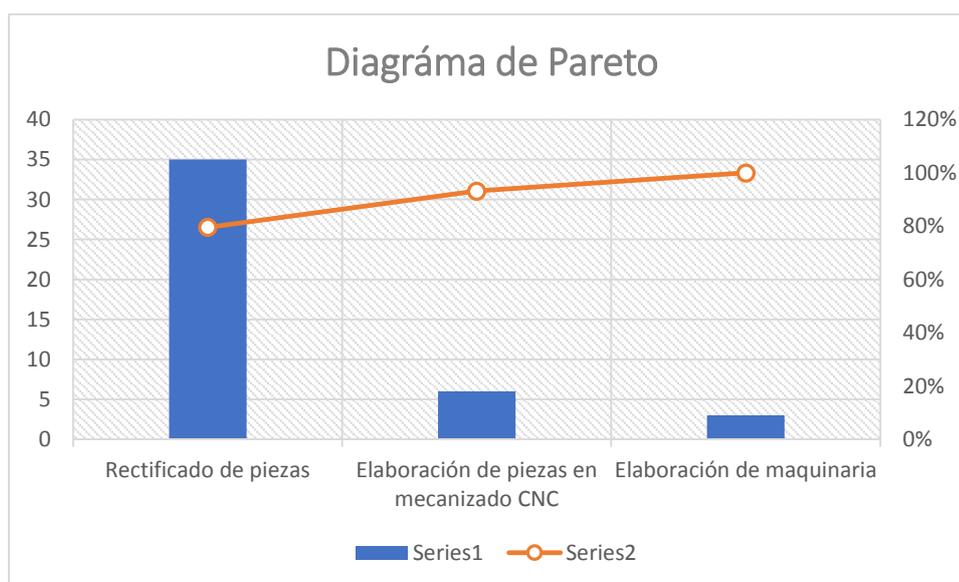
Según los registros de las ordenes de producción que se emiten desde administración hacia el departamento de producción, se han encontrado que en un lapso de 8 meses se han presentado alrededor de 35 fallas en el rectificado de piezas, para las máquinas se han encontrado alrededor de 3 fallas y para las piezas que se elaboran en el torno CNC un estimado de 6 fallas, por lo que se procede a priorizar los procesos y sus números de errores o fallas mediante un diagrama de Pareto:

**Tabla 8 - Porcentaje de defectos**

**Problema: Mayor porcentaje de defectos que se presentan en los tres procesos de la empresa INDUMEI, para priorizar el proceso en el que se debe aplicar una mejora.**

Factores	Número de defectos	Porcentaje	Porcentaje acumulado
<b>Rectificado de piezas</b>	35	80%	80%
<b>Elaboración de piezas en mecanizado CNC</b>	6	14%	93%
<b>Elaboración de maquinaria</b>	3	7%	100%
	43	100%	

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)  
**Elaboración:** Fernanda Pérez



**Gráfico 12 - Diagrama de Pareto**

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)  
**Elaboración:** Fernanda Pérez

Con los resultados se evidencia que se debe priorizar el proceso de rectificado de piezas ya que representa el 80 % de fallas que se dan entre los procesos productivos, con lo que se puede considerar que los otros dos procesos el de elaboración de maquinaria y el de elaboración de pieza en mecanizado CNC, representan el otro 20% del total de las fallas.

### **3.6. Problemática actual de la empresa**

Una vez determinada la principal actividad que mantiene mayor índice de fallas o errores para la empresa, se entrevista a los involucrados, en este proceso, quienes determinan que la problemática se da por lo siguiente:

#### **Proceso administrativo:**

- Tiempos de producción altos.
- Se elevan los costos de producción.
- No hay un sistema eficaz de documentación para registro de las fallas.
- Procesos no planificados.
- Falta de comunicación interna y externa.
- Duplicidad de actividades y tareas.

#### **Proceso de producción:**

- Duplicidad de procesos
- Variabilidad en la calidad de las piezas.
- No hay un correcto control de calidad.
- Falta de orden y limpieza en las estaciones de trabajo.
- Productos incompletos o con fallas.

### **3.7. Metodología DMAIC**

Para la identificación del estado actual de la empresa INDUMEI se aplica la metodología DMAIC y en este tercer capítulo se destinan las tres primeras fases que consisten en Definir, Medir y Analizar, cada una contiene las herramientas necesarias que permitan encontrar las fallas dentro del proceso productivo del rectificado de piezas.

#### **3.7.1. Fase Definir**

En esta fase se identifican los problemas de retrasos o mudas que enfrenta el proceso de rectificación de piezas, esto mediante el levantamiento de antecedentes y el conocimiento del proceso, esto servirá para sentar una base de esta investigación.

### 3.7.1.1. Project Charter

El acta de constitución del proceso se realiza con el fin de que las partes interesadas mantengan claro cual el problema prioritario dentro del proceso productivo, el objetivo y alcance que tiene el proyecto.

**Tabla 9** - Project Charter

<b>ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO</b>			
<b>Nombre del Proyecto</b>	Mejora del proceso de producción basado en la metodología lean-six sigma		
<b>Equipo del proyecto</b>	Partes interesadas		
<b>Sponsor</b>	Jorge Chaglla	Gerente	Ernesto Chaglla
<b>Gerente</b>	Ernesto Chaglla	Investigadora	Fernanda Pérez
<b>Investigadora</b>	Fernanda Pérez		
<b>Declaración del Problema</b>			
El problema se focaliza en el proceso de reparación de piezas, debido a que mantiene un alto número de fallas en el producto final, impidiendo así a mantener un estándar de calidad.			
<b>Objetivo del Proyecto</b>			
Diseñar una propuesta de mejora del proceso productivo basado en la metodología Lean-Six Sigma para la empresa INDUMEI.			
<b>Alcance</b>			
Aplicar la metodología Lean Manufacturing, en el proceso de reparación de piezas, dentro de la empresa INDUMEI en la ciudad de Ibarra, para reducir los defectos en el producto final.			
<b>Plan de trabajo</b>			
<b>Etapas</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	
<b>Definir</b>	8/11/2021	12/11/2021	
<b>Medir</b>	15/11/2021	19/11/2021	
<b>Analizar</b>	22/11/2021	26/12/2021	
<b>Mejorar</b>	29/11/2021	10/12/2021	
<b>Controlar</b>	13/12/2021	17/12/2021	

**Elaboración:** Fernanda Pérez

### 3.7.1.2. VOC

Para la mejora de cualquier proceso también es necesario tener en cuenta a los clientes, por lo que conocer la Voz del Cliente se convierte en una prioridad, teniendo en cuenta que para dar inicio con el proceso productivo se debe conocer las necesidades del cliente transformándolas en requerimientos. Así y de una forma continua se podrá trabajar en establecer mejoras. Para el desarrollo de esta matriz se realizaron 15 encuestas Anexo 1, en donde se evidencia lo que el cliente considera importante para un mejor desarrollo de la empresa.

**Tabla 10 - VOC INDUMEI**

<b>Cliente</b>	<b>Determinar necesidades</b>	<b>Requerimientos de proceso</b>
<b>¿Quién es el cliente?</b>	¿Qué es importante para el cliente?	Traducir lo que quiere el cliente en requerimiento del proceso
<b>Sector agroindustrial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Desorganización</li> <li>➤ Demora en los procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mantener una comunicación eficiente entre departamentos.</li> </ul>
<b>Sector alimenticio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los servicios</li> <li>➤ La organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ampliar la oferta de servicios que se ofrecen actualmente.</li> <li>➤ Mejorar la organización interna de la empresa.</li> </ul>
<b>Automotriz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rapidez en el servicio</li> <li>➤ Mejorar el personal</li> <li>➤ La organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mejorar los tiempos de trabajo.</li> <li>➤ Brindar capacitaciones para atención al cliente.</li> </ul>

**Elaboración:** Fernanda Pérez

El resultado de conocer las opiniones de los clientes sobre este proceso es identificar los requerimientos del cliente estableciendo las pautas de inicio y fin que conforman el proceso, esto se tendrá en cuenta dentro del plan de mejoras.

### 3.7.1.3. Diagrama causa y efecto

Esta herramienta ayuda a ahondar más sobre lo que produce las fallas dentro del proceso productivo de rectificado de piezas, de esta forma se logra definir lo que afecta directamente a este proceso e incluso se conocen causas que no se habían tomado en cuenta.

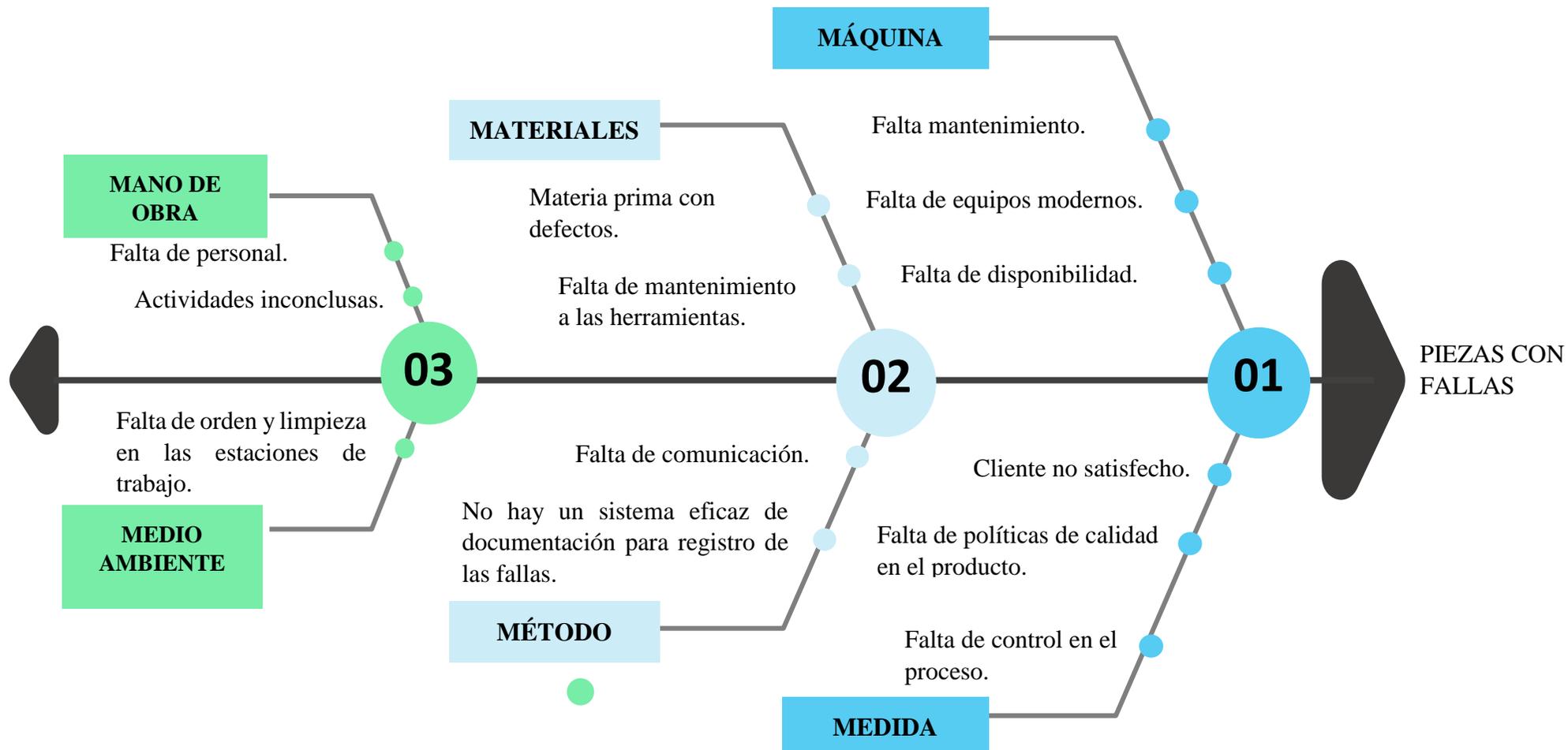


Gráfico 13 - Diagrama de Causa y Efecto

Fuente: (INDUMEI, 2021)

### 3.7.2. Fase Medir

En esta fase es necesario tomar en cuenta cada actividad que se desarrolla dentro del proceso de rectificado de pieza, de esta forma se logra entender o identificar la actividad o actividades que producen variabilidad y fallos en el proceso.



**Gráfico 14** - Pieza para reparación

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

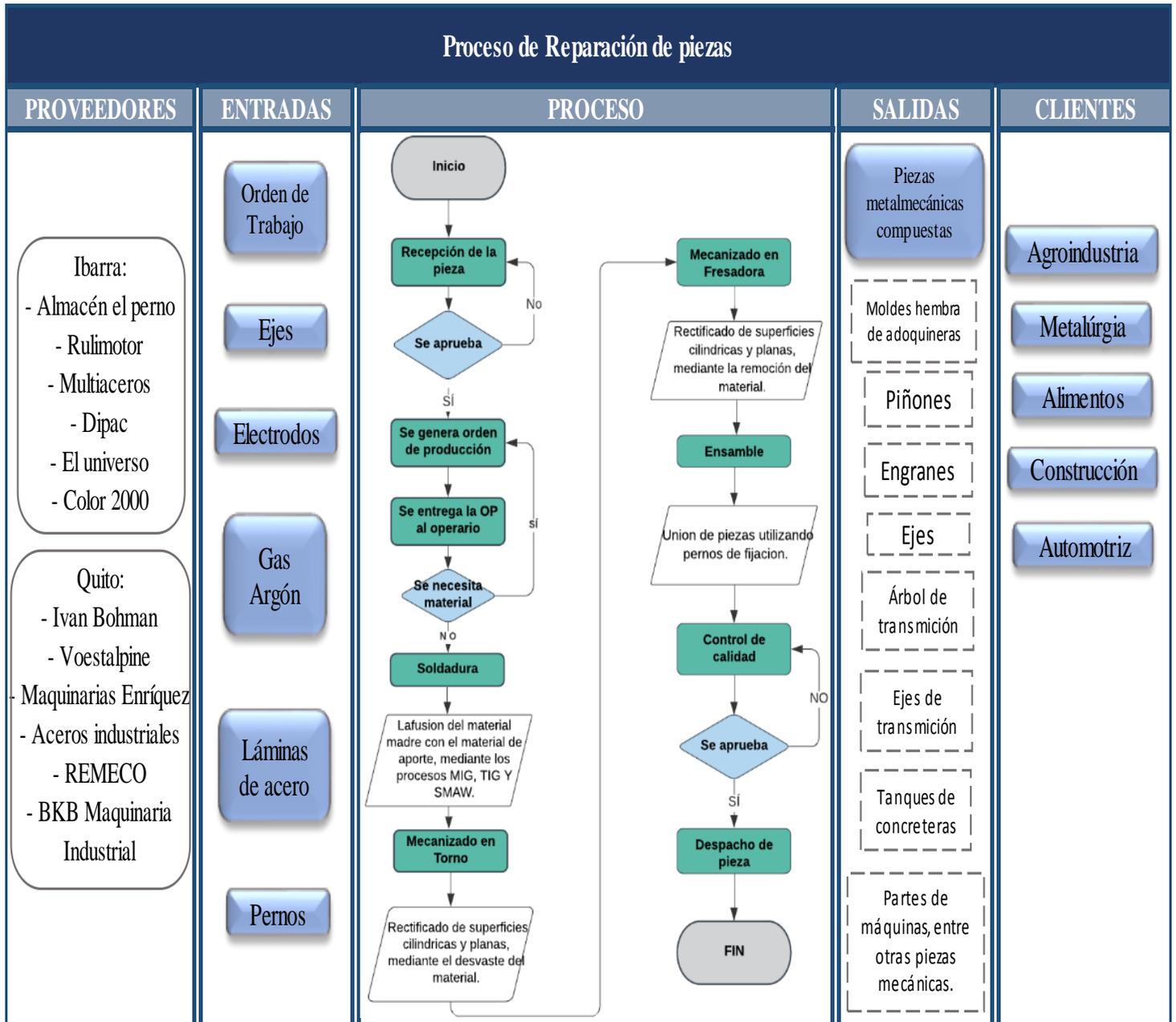
Dentro de la empresa INDUMEI se registra el ingreso de este tipo de piezas (Eje estriado) se trabajan cuando el cliente lo requiere, por lo general se registra un ingreso de 3 piezas por día, la demanda mensual estimada es de 60 piezas para refaccionar al mes.

Las fallas que comúnmente se registran en este tipo de piezas se da en los niveles de tolerancia, que se miden en la profundidad de cada estriado, cuyo valor es de  $\pm 0.10$  según los registros de la empresa, de cada 15 piezas una presenta fallas lo que significa un 6.66% de fallas al mes sea por falla de la maquinaria, herramienta, mano de obra o material. Al año se pueden registrar el ingreso de alrededor de 720 piezas.

### 3.7.2.1. SIPOC

Esta herramienta se obtiene luego de la descripción del proceso detallado en el diagrama de procesos. Es necesario tener en cuenta que el SIPOC tiene la información esencial para conocer a fondo la estructura del proceso, teniendo en cuenta las entradas y salidas que intervienen.

**Tabla 11** - SIPOC Proceso rectificado de piezas



Fuente: (INDUMEI, 2021)

Elaboración: Fernanda Pérez

### 3.7.2.2. Cálculo de tiempos

- **Cálculo del lead time:** Se entiende por Lead Time al tiempo promedio que transcurre desde que se inicia una solicitud de provisionamiento a proveedores o fábrica de un determinado producto, hasta que éstos se sitúan físicamente en el mercado. (Anaya & Polanco, 2007)

Para el cálculo de este lead time se tiene en cuenta el LT de abastecimiento, Producción y Transporte.

$$\text{Lead Time} = \text{LT Abastecimiento} + \text{LT Producción} + \text{LT Transporte}$$

$$\text{Lead Time} = 47,35 \text{ min} + 169,65 \text{ min} + 1440 \text{ min}$$

$$\text{Lead Time} = 1657 \text{ min}$$

El Lead Time para la elaboración del proceso de refacción de piezas es de 1657 min.

- **Cálculo del Takt Time:**

Este concepto considera es el tiempo máximo o el ciclo de tiempo que toma producir un producto y con esto poder satisfacer la demanda requerida.

Es necesario aclarar que, al no contar con los registros necesarios para establecer un histórico de la demanda de los pedidos, se va a asumir el estimado de la demanda mensual planificada que mantiene la empresa, esta demanda fija es de 60 piezas a refaccionar mensualmente.

Formula del Takt Time:

$$\text{Tiempo Disponible} = \text{Horas por turno} - \text{Descanso} - \text{Almuerzo}$$

$$\text{Tiempo Disponible} = 630 \text{ min} - 15 \text{ min} - 120 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo Disponible} = 495 \text{ min}$$

$$\text{Demanda Diaria} = \frac{\text{Demanda mensual}}{\text{Días Laborables}}$$

$$\text{Demanda Diaria} = \frac{60 \text{ unidades}}{22 \text{ días}}$$

$$\text{Demanda Diaria} = 3 \text{ piezas}$$

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo Disponible}}{\text{Demanda Diaria}}$$

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{495 \text{ min}}{3 \text{ piezas}}$$

$$\text{Tiempo Takt} = 165 \text{ min/pieza}$$

En la siguiente tabla se observa el cálculo del Takt Time, los resultados que arroja son que el ritmo de producción son 165 minutos para la elaboración de cada pieza.

**Tabla 12** - Takt Time

Demanda de ejes estriados		Cálculo del Takt Time	
<b>Enero</b>	60	<b>Días laborables</b>	22,00
<b>Febrero</b>	60	<b>Horas por turno</b>	10,50
<b>Marzo</b>	60	<b>Turnos</b>	1,00
<b>Abril</b>	60	<b>Descansos por turno (min)</b>	15,00
<b>Mayo</b>	60	<b>Almuerzo (min)</b>	120,00
<b>Junio</b>	60	<b>Demanda mensual</b>	60,00
<b>Julio</b>	60	<b>Tiempo disponible (min)</b>	495
<b>Agosto</b>	60	<b>Demanda diaria</b>	3
<b>Septiembre</b>	60	<b>Takt Time</b>	181,50
<b>Octubre</b>	60		
<b>Noviembre</b>	60		
<b>Diciembre</b>	60		
<b>Total</b>	720		

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

### 3.7.2.3.VSM

Mediante el mapa de flujo de valor se puede hacer un análisis de la función actual del proceso para la refacción de piezas, esta herramienta también evidencia el lead time en este proceso y esto a su vez permite tomar acciones de mejora.

Para esta herramienta se toma en cuenta el proceso productivo de la rectificación de piezas de la empresa INDUMEI desde el ingreso de la pieza y cuando se genera la

orden de trabajo, hasta cuando se almacena el producto terminado. Para esto se han tomado los tiempos que se establecieron en la tabla 6 en donde se describe el proceso de rectificación de piezas:

**Tabla 13** - Tiempos para VSM actual

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo Total (min)</b>	<b>Agrega valor (min)</b>	<b>No agrega valor (min)</b>
<b>Recepción de pieza</b>	24,35	17	7,35
<b>Generar compra de materia prima</b>	47,35	3	44,35
<b>Soldadura</b>	32,2	32	0,20
<b>Mecanizado en torno</b>	60,20	60	0,20
<b>Mecanizado en fresadora</b>	45,25	45	0,25
<b>Ensamble de pieza</b>	3,25	3	0,25
<b>Llevar al área de PT</b>	1,40	1,40	0
<b>Total</b>	<b>214</b>	<b>161,40</b>	<b>52,60</b>

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

En la tabla 13 se observa que existen un total de 214 min de tiempo total y de este se determina que el tiempo que agrega valor es de 161,40 min, por el contrario, se determina que 52,60 min no agregan valor al proceso productivo, esto se da por el tiempo de espera que conlleva la adquisición de la materia prima.

Este VSM se aplica al proceso de reparación de piezas (eje estriado), que con más frecuencia presenta fallas o contratiempos lo cual significa que genera desperdicios para el proceso. Se tiene en cuenta que existe un total de 720 piezas al año que ingresan por motivo de refacción, con una demanda mensual de 60 unidades. A continuación, los indicadores para el VSM:

- **C/T:** El tiempo total del proceso productivo es de 214 minutos.
- **VA:** Las actividades que agregan valor cumplen con un tiempo de 161,40 minutos.
- **NAV:** El tiempo que no agrega valor al proceso es de 52,60 minutos
- **TP:** El tiempo de proceso es de 169,65 minutos.
- El tiempo de **abastecimiento** de la materia prima es de 47.35 minutos.
- La **distancia** que se recorre en este proceso es de 85 metros.



### 3.7.2.4. Cartas de Control

Las gráficas, diagramas o cartas de control permiten detectar la variación sistémica generada en un proceso de producción o en la prestación de un servicio con el objetivo de poder ser identificada y corregida antes de que ésta produzca una gran cantidad de partes, productos o servicios defectuosos. (Pierdant & Rodríguez, 2009)

**Cálculo de la media  $X_i$  y el rango  $R_i$  para cada subgrupo:**

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \bar{X}_i = \text{promedio de un subgrupo}$$

$X_i$  = valor de la variable media

$n$  = tamaño de la muestra

$R_i$  = Valor max-Valor min

**Cálculo del promedio de rangos  $R$  y el promedio de promedios  $\bar{X}$ :**

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_i}{k} \quad \bar{\bar{R}} = \frac{\sum R_i}{k}$$

**Cálculo de los límites de control:**

**Límites de control para  $\bar{X}$**

$$Elx = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

LÍNEA CENTRAL =  $\bar{X}$

$$Local = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

**Límites de control para  $R$**

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

LÍNEA CENTRAL =  $\bar{R}$

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

**Constantes para el diagrama  $X$  y  $R$  para distintos tamaños de los subgrupos racionales:**

Estas constantes varían según el tamaño de muestra. A continuación, se presentan los valores de dichas constantes para tamaños de muestra de 2 a 10.

**Tabla 14** - Valores de las constantes

<b>Valores de las constantes para distintos tamaños de los subgrupos racionales.</b>				
<b>n</b>	<b>A2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>	<b>d2</b>
<b>2</b>	1,88	0	3,268	1,128
<b>3</b>	1,023	0	2,574	1,693
<b>4</b>	0,729	0	2,282	2,059
<b>5</b>	0,577	0	2,114	2,326
<b>6</b>	0,483	0	2,004	2,534
<b>7</b>	0,419	0,076	1,924	2,704
<b>8</b>	0,373	0,136	1,864	2,847
<b>9</b>	0,377	0,184	1,816	2,97
<b>10</b>	0,308	0,223	1,777	3,078

**Fuente:** (Pierdant & Rodríguez, 2009)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

Dentro de la tabla 15 se ingresaron los datos que se han recogido en 3 meses dentro del proceso de rectificado de piezas, tomando en cuenta que se hace seguimiento a la pieza que con más frecuencia se trabaja dentro de la empresa que es el eje estriado, en este caso se toma en cuenta la altura de las ranuras para las cuales se ha establecido una tolerancia de  $\pm 0.10$ .

Para este caso de estudio se realizan 4 lecturas de 15 muestras cada una teniendo en cuenta que la población de piezas en 3 meses es de 180 pieza, por lo que se toma una frecuencia de lectura cada dos días a dos piezas, una vez se obtienen estos datos de registros por parte del operario se procede a desarrollar las fórmulas para las cartas de control X y R, en donde se toma en cuenta la tabla 14 en donde n representa el número de lecturas realizado.

También se determina las medias, rangos y límites tanto superior como inferior los cuales se representan en las gráficas de control.

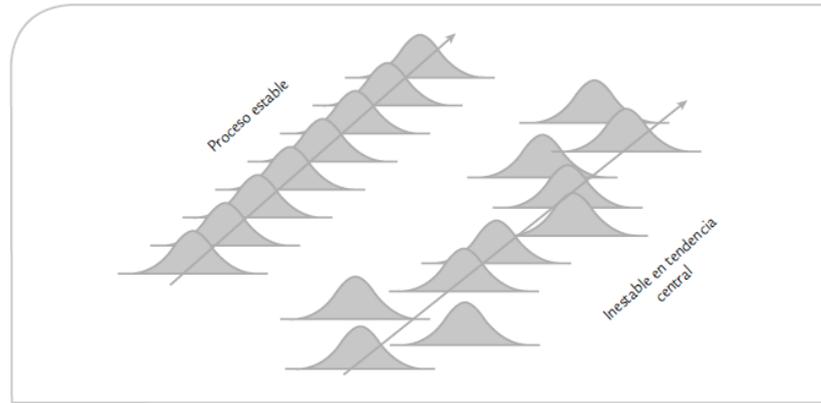
**Tabla 15 - Datos cartas de control X-R**

<b>Cartas de control (X - R)</b>												
<b>DATOS</b>												
<b>Frecuencia de muestra:</b>	2	días	<b>Población:</b>	180	<b>Tolerancia:</b>	±0,10	<b>Desv. Est</b>	0,04509876	<b>Varianza</b>	0,0020339		
<b>Intervalo de lectura de piezas cada:</b>	2	(Piezas)	<b>Carta X</b>						<b>Carta R</b>			
<b>Nro. muestra</b>	<b>Lecturas de piezas</b>				<b>X</b>	<b>Promedio X</b>	<b>LCS</b>	<b>LCI</b>	<b>R</b>	<b>Promedio R</b>	<b>LCS</b>	<b>LCI</b>
	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>								
1	5,1	5,1	5,1	5,2	5,13	5,10	5,15	5,06	0,1	0,073	0,16	0
2	5,1	5	5,1	5,1	5,08	5,10	5,15	5,06	0,1	0,073	0,16	0
3	5,1	5,1	5,1	5,1	5,10	5,10	5,15	5,06	0	0,073	0,16	0
4	5,1	5,1	5,1	5,1	5,10	5,10	5,15	5,06	0	0,073	0,16	0
5	5,1	5,1	5,1	5	5,08	5,10	5,15	5,06	0,1	0,073	0,16	0
6	5	5,1	5,1	5	5,05	5,10	5,15	5,06	0,1	0,073	0,16	0
7	5,1	5,2	5,1	5	5,10	5,10	5,15	5,06	0,2	0,073	0,16	0
8	5	5,2	5,1	5,1	5,10	5,10	5,15	5,06	0,2	0,073	0,16	0
9	5,1	5,1	5,2	5,1	5,13	5,10	5,15	5,06	0,1	0,073	0,16	0
10	5,1	5,1	5,1	5,1	5,10	5,10	5,15	5,06	0	0,073	0,16	0
11	5,1	5,1	5,1	5,1	5,10	5,10	5,15	5,06	0	0,073	0,16	0
12	5,1	5,1	5,1	5,1	5,10	5,10	5,15	5,06	0	0,073	0,16	0
13	5,2	5,1	5,1	5,1	5,13	5,10	5,15	5,06	0,1	0,073	0,16	0
14	5,1	5,1	5,1	5,1	5,10	5,10	5,15	5,06	0	0,073	0,16	0
15	5,2	5,1	5,1	5,1	5,13	5,10	5,15	5,06	0,1	0,073	0,16	0

**Elaboración:** Fernanda Pérez

**Interpretación de las gráficas de control X:**

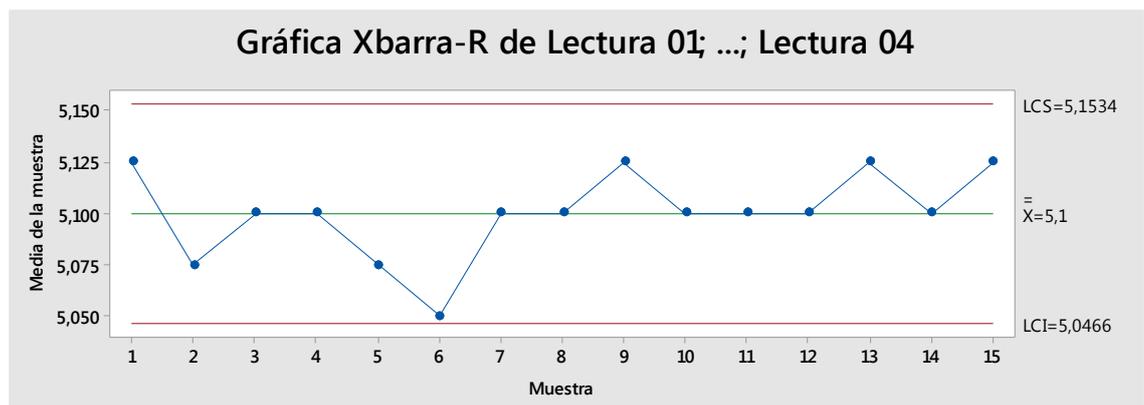
Con la carta X se analiza la variación entre las medias de los subgrupos, para detectar cambios en la media del proceso, en la gráfica X la amplitud de valores en la escala debe de ser al menos del tamaño de los límites de tolerancia especificados o dos veces el rango promedio. Se debe considerar que si X esta fuera de los límites de control es prueba de un cambio general que afecta todas las piezas después del primer subgrupo fuera de los límites. (Gutiérrez & De la Vara, 2009)



**Gráfico 16 - Carta X**

**Fuente:** (Gutiérrez & De la Vara, 2009)

La carta X detecta cambios significativos en la media el proceso. Cuando la curva se desplaza la carta manda una o varias señales de fuera de control.



**Gráfico 17 - Carta de control X**

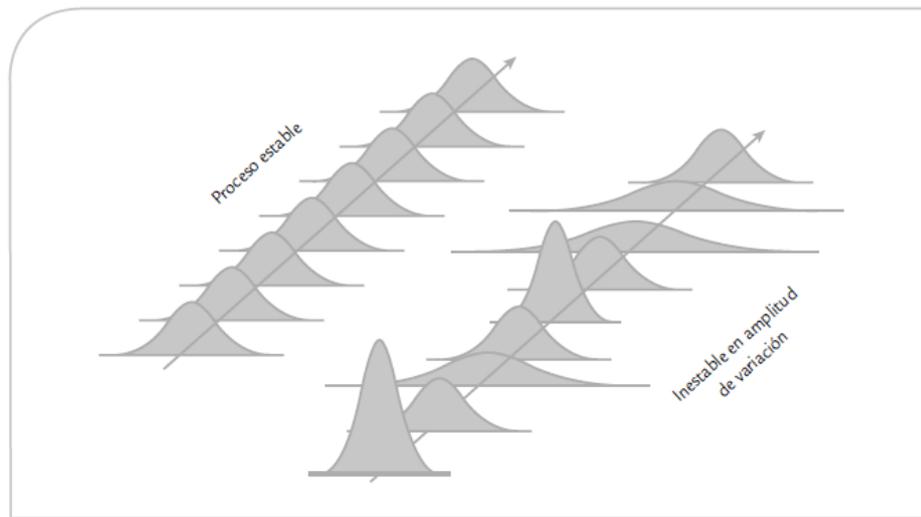
**Fuente:** (Gutiérrez & De la Vara, 2009)

Esta gráfica indica que número inusual de puntos consecutivos que caen a un lado de la línea central casi siempre es una indicación de que el promedio del proceso se desplazó de forma repentina, por causas como: la introducción de nuevos trabajadores, materiales o equipos; cambios de métodos de inspección; una mayor o menor atención en la inspección; el proceso ha mejorado o desmejorado.

### **Interpretación de las gráficas de control R:**

Con la carta R se analiza la variación entre los rangos de los subgrupos, lo cual permite detectar cambios en la amplitud o magnitud de la variación del proceso, para la gráfica R la amplitud debe extenderse desde un valor cero hasta un valor superior

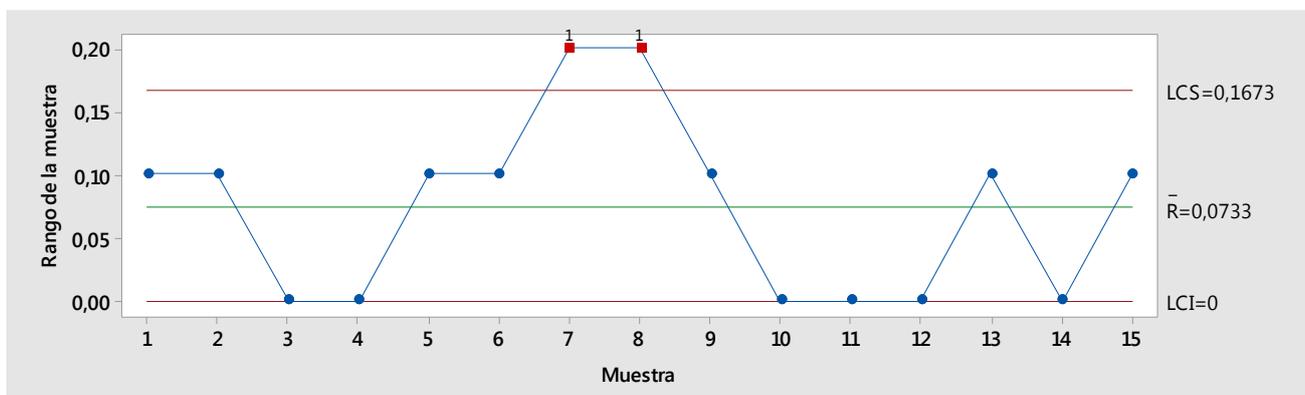
equivalente a  $1\frac{1}{2}$  - 2 veces el rango. El hecho de que la R esté fuera de los límites de control es evidencia de que la uniformidad del proceso ha cambiado.



**Gráfico 18** - Carta R

**Fuente:** (Gutiérrez & De la Vara, 2009)

La carta R detecta cambios significativos en la amplitud de la dispersión. Por ejemplo, si la variabilidad aumenta (campana más amplia), la carta R lo detecta mediante uno o más puntos fuera de su LCS.



**Gráfico 19**- Carta de control R

**Elaboración:** Fernanda Pérez

En esta carta se puede evidenciar que existen dos puntos que sobrepasan el límite de control superior lo cual puede darse por una mala medición provocando un error en el cálculo de X o R.

### 3.7.3. Fase Analizar

En esta fase se pretende identificar la relación entre los datos de las anteriores fases, esto con el fin de poder establecer pautas que diferencien el desempeño o rendimiento actual del proceso.

#### 3.7.3.1. Los 5 Porques

Esta herramienta permite determinar la causa raíz de un del problema encontrado en la empresa INDUMEI, estas se toman del diagrama de causa efecto teniendo en cuenta las problemáticas más relevantes para este proceso.

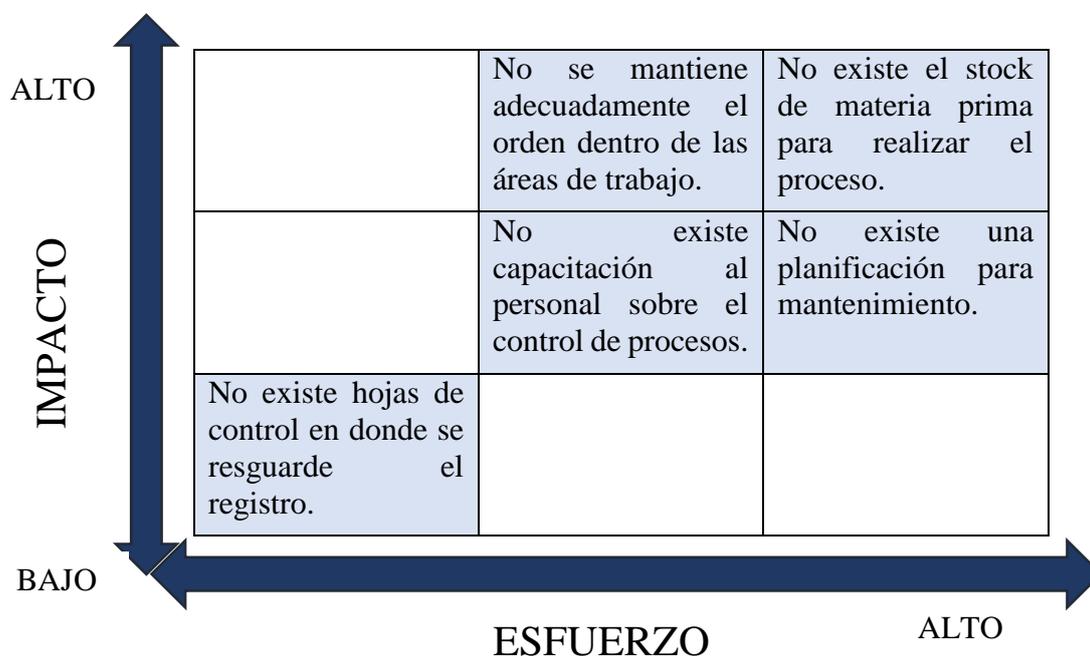
**Tabla 16 - 5 por qué**

<b>5 por qué</b>			
<b>Causa</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>¿Por qué?</b>
<b>Falta de mantenimiento a máquinas y herramientas.</b>	No se pueden parar las máquinas	Los equipos de calibración son muy costosos.	No existe una planificación para mantenimiento.
<b>Falta de control del proceso</b>	No hay control establecido sobre la calidad que debe cumplir el proceso.	No existe capacitación al personal sobre el control de procesos.	
<b>No hay un sistema eficaz de documentación para registro de las fallas.</b>	Se anotan las fallas en las ordenes de producción.	Falta de tiempo.	No existe hojas de control en donde se resguarde el registro.
<b>Actividades inconclusas</b>	Se postergan las actividades del proceso.	Existe demora entre hacer el pedido de materia prima y obtenerlo	No existe el stock de materia prima para realizar el proceso.
<b>Falta de orden y limpieza en las estaciones de trabajo.</b>	Los operarios no dan importancia a este problema.	Los operarios no aceptan las ordenes emitidas por gerencia.	No se mantiene adecuadamente el orden dentro de las áreas de trabajo.

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

Se han priorizados las causas raíz dependiendo de su impacto, esto para tener en cuenta el nivel de esfuerzo que se va a tener que realizar, esto se evidencia en el gráfico 20.



**Gráfico 20** - Priorización de causa raíz

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

Esta matriz abre el paso al siguiente capítulo en donde se hace énfasis en aplicar las herramientas adecuadas dentro de las fases de la metodología DMAIC, Medir y Controlar, esto con el fin de conseguir una mejora para el actual proceso productivo que se maneja en la empresa INDUMEI.

Dentro de esta matriz se encuentra que la mayor causa a atacar es “No existe el stock de materia prima para realizar el proceso”, así como “No se mantiene adecuadamente el orden dentro de las áreas de trabajo.”, estas son las principales razones por las que se presentan las demoras y despilfarros dentro del proceso de producción para la rectificación de piezas.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. PROPUESTA DE MEJORA APLICANDO LA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA**

En este capítulo se desarrollan las fases Mejorar y Controlar teniendo en cuenta las fases anteriores en donde se logra integrar todos los datos que se obtuvieron tras el análisis en los capítulos anteriores, así como la información necesaria para producir una propuesta de mejora, que beneficie al proceso productivo que se ha seleccionado dentro de la empresa INDUMEI.

Las herramientas que se proponen dentro de estas fases se relacionan con las metodologías Lean y Six Sigma, estas también forman parte de una solución para los problemas que se lograron detectar anteriormente.

#### **4.1.Fase Mejorar**

Tras un análisis de la situación actual a la que se enfrenta la empresa y los resultados de dichos análisis se logra comprender de mejor manera todos los agentes que afecta en el proceso productivo, por lo que se propone el uso o aplicación de las siguientes herramientas, mismas que ayudaran a mejorar los factores negativos dentro del proceso productivo.

##### **4.1.1. 5´S**

Es necesaria la aplicación de un programa 5´S dentro del área de producción a pesar de que las estaciones de trabajo cuentan con un sistema de orden estas no siempre cumplen con este requerimiento, ya que después de que las herramientas se utilizan no suelen ubicarse en los lugares señalados.

Es por esta razón que la herramienta 5´S se hace necesaria para mejorar este factor que afecta en gran magnitud al orden y la limpieza dentro del área de producción, lo que a su vez provoca demoras o retrasos mientras se preparan las herramientas o se limpian.

## Plan de implementación 5'S

### 1. Seiri: Clasificar

Tabla 17 - Clasificar

<b>Alcance:</b> Identificar las herramientas que realmente sirven y descartar las herramientas obsoletas o innecesarias.	
<b>Objetivos:</b>	<b>Beneficios:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Identificar las herramientas que no aporten valor proceso productivo.</li><li>➤ Organizar las áreas de trabajo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Se mantienen espacios libres,</li><li>➤ Se eliminan herramientas u objetos obsoletos,</li><li>➤ Se eliminan despilfarros.</li></ul>

**Elaboración:** Fernanda Pérez



Gráfico 21 – Clasificar

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

En esta estación se observan herramientas que están fuera de su lugar, en este caso la suelda, que, aunque se haya usado no se ha devuelto a su lugar.

## 2. Seiton: Ordenar

Tabla 18 - Ordenar

<b>Alcance:</b> Mantener cada cosa en su lugar,	
<b>Objetivos:</b>	<b>Beneficios:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Delimitar los espacios apropiados para cada objeto u herramienta.</li><li>➤ Identificar la utilidad de cada espacio.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Se logran reducir los tiempo de búsqueda,</li><li>➤ Se ocupan menos espacios,</li><li>➤ Se reducen riesgos.</li></ul>

Elaboración: Fernanda Pérez



Gráfico 22 – Ordenar

Fuente: (INDUMEI, 2021)

En el gráfico número 22 se muestran partes arrumbadas en el piso, lo cual puede ocasionar accidentes, también se observan gavetas de producto terminado fuera de su estante.

### 3. Seiso: Limpiar

**Tabla 19 - Limpiar**

<b>Alcance:</b> Asumir la limpieza como parte del trabajo	
<b>Objetivos:</b>	<b>Beneficios:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Generar un documento para tener un control y registro de la limpieza.</li> <li>➤ Identificar las fuentes de contaminación que generan la mayor parte de desperdicios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se incrementa la calidad de los procesos,</li> <li>➤ Se mantiene un mejor cuidado de los equipos,</li> <li>➤ Se mejora la percepción del cliente.</li> </ul>

**Elaboración:** Fernanda Pérez



**Gráfico 23 – Limpiar**

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

En el gráfico 23 se observa el área de corte con retazos que no se han recogido y es el área en la que más se observa este tipo de desechos, considerando que en el fondo se encuentra el área de desechos.

#### 4. Seiketsu: Estandarizar

**Tabla 20** - Estandarizar

<b>Alcance:</b> Mantener el nivel de organización que abarcan las tres primeras S's.	
<b>Objetivos:</b>	<b>Beneficios:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Definir compromiso y responsabilidad entre trabajadores.</li> <li>➤ Utilizar tableros con plantillas exactas de las herramientas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se mantiene un compromiso sobre los beneficios de las tres primeras S's,</li> <li>➤ Se genera una constante retroalimentación sobre los niveles de organización que se deben mantener.</li> </ul>

**Elaboración:** Fernanda Pérez



**Gráfico 24** – Estandarizar

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

Aquí se encuentra un tablero de herramientas en donde se han estandarizado las herramientas según la frecuencia de uso, aun así, se puede observar que faltan piezas por colocar.

## 5. Shitsuke: Disciplina

**Tabla 21** - Disciplina

<b>Alcance:</b> Mediante la disciplina se debe establecer una cultura organizacional que respete y se responsabilice por mantener el orden alcanzado con las 4 anteriores S's.	
<b>Objetivos:</b>	<b>Beneficios:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Establecer respeto por los logros alcanzados en todos los puntos de las 5's.</li> <li>➤ Promover el hábito de responsabilidad con los principios de las 5's.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Proteger la organización dentro del proceso productivo, alcanzando los estándares de calidad deseados,</li> <li>➤ Planificar constantemente capacitaciones para que los trabajadores puedan seguir correctamente el sistema de las 5's.</li> </ul>

**Elaboración:** Fernanda Pérez

Estos puntos se resumen en una hoja de control como se muestra en el anexo 3 en donde se detallan los requerimientos que se deben completar para cada fase del sistema de las 5's.

### 4.1.2. Kanban

Para la aplicación de esta herramienta se tiene en cuenta que el abastecimiento de la materia prima es el lead time que genera el mayor cuello de botella dentro del proceso de rectificado de pieza, lo que provoca la necesidad de contar con un sistema que permita mantener en conocimiento el estado en el que se encuentre el aprovisionamiento de material requerido.

El sistema Kanban es una técnica de producción mediante la cual se dan instrucciones d trabajo con las tarjetas Kanban a las distintas zonas de producción: estas

pueden darse en intervalos de tiempos que van de un proceso anterior al posterior en función de los requerimientos del cliente. (Zamora, Guzmán, Cordero, & Sánchez, 2019)

Para la aplicación de esta herramienta es necesario considerar primero el cálculo del EOQ cantidad económica de pedido, para seguir con el cálculo del POR o punto de reorden, teniendo en cuenta que se va a trabajar con la demanda de la materia prima requerida para el proceso de rectificación de piezas estos materiales incluyen, ejes para los estriados de 20cm, electrodos UTP 65, vidias y cuchillas. Para esto se debe tener en cuenta que existe una demanda fija de 60 piezas al mes, pero cada una de las piezas tiene diferentes requerimientos que predispone el cliente, por lo tanto, se debe tener en cuenta que la disposición de materia prima va a variar.

La fórmula que se aplica para el punto de reorden consiste en:

$$ROP = \bar{d}L \times z\sigma_L$$

**Tabla 22 - KANBAN DE ABASTECIMIENTO**

<b>KANBAN DE ABASTECIMIENTO</b>	
<b>Punto de reorden</b>	
<b>Stock de seguridad</b>	

**Elaboración:** Fernanda Pérez

Teniendo en cuenta lo antes mencionado se procede a desarrollar el punto de reorden para cada material, considerando como característica de Kanban el aviso por color al denominar tarjeta roja al stock de seguridad y tarjeta amarilla al punto de reorden, estas tarjetas se encuentran en los Anexos 4 y 5.

➤ **Ejes**

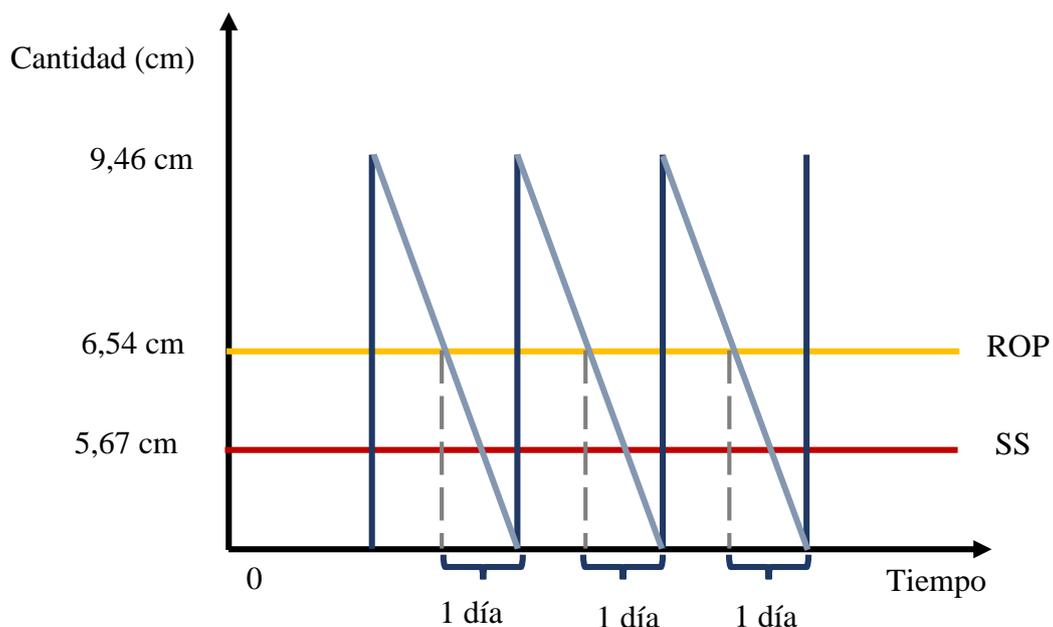
Los ejes se utilizan para realizar las partes de un estriado, siendo así un insumo fundamental para el rectificado de piezas, para este material se utiliza un aproximado de 20 cm de eje al mes, aunque su demanda puede variar por distintas razones ya que cada pieza puede mantener diferentes medidas por requerimiento del cliente. Teniendo en

cuenta lo anterior se determina como cantidad económica de pedido (EOQ) 9,46 cm/mes que es la cantidad mínima a ordenar, que se logró determinar para este tipo de material.

**Tabla 23** - Kanban ejes

Demanda de ejes en (cm)		EOQ	
Enero	20	S:	2,1
Febrero	15	D:	230
Marzo	20	Tasa de conservación	10%
Abril	25	Costo de la unidad (\$)	0,75
Mayo	20	H:	0,075
Junio	15	EOQ:	9,46
Julio	20		
Agosto	25	d:	0,87
Septiembre	15	L:	1
Octubre	15	z	1,65
Noviembre	20	Desv. Est. $\sigma$	3,44
Diciembre	20	SS	5,67
<b>Total</b>	<b>230</b>	<b>ROP:</b>	<b>6,54</b>

**Elaboración:** Fernanda Pérez



**Gráfico 25** - Modelo Q para ejes

**Elaboración:** Fernanda Pérez

Una vez que se obtiene la cantidad mínima a ordenar, se realiza el cálculo para obtener el punto de reorden (ROP), teniendo en cuenta que se caracteriza con tarjeta roja al Stock de Seguridad y con tarjeta amarilla al Punto de Reorden. Esto quiere decir que cuando el inventario disponible para el eje baje a 6,54 cm se debe generar una tarjeta amarilla y será necesario ordenar un mínimo de 9,46 cm del eje, si el inventario del eje llega a 5,67 cm se consideraría crítico dado que se ha llegado al Stock de Seguridad, que es el nivel mínimo del inventario y para este se coloca una tarjeta roja.

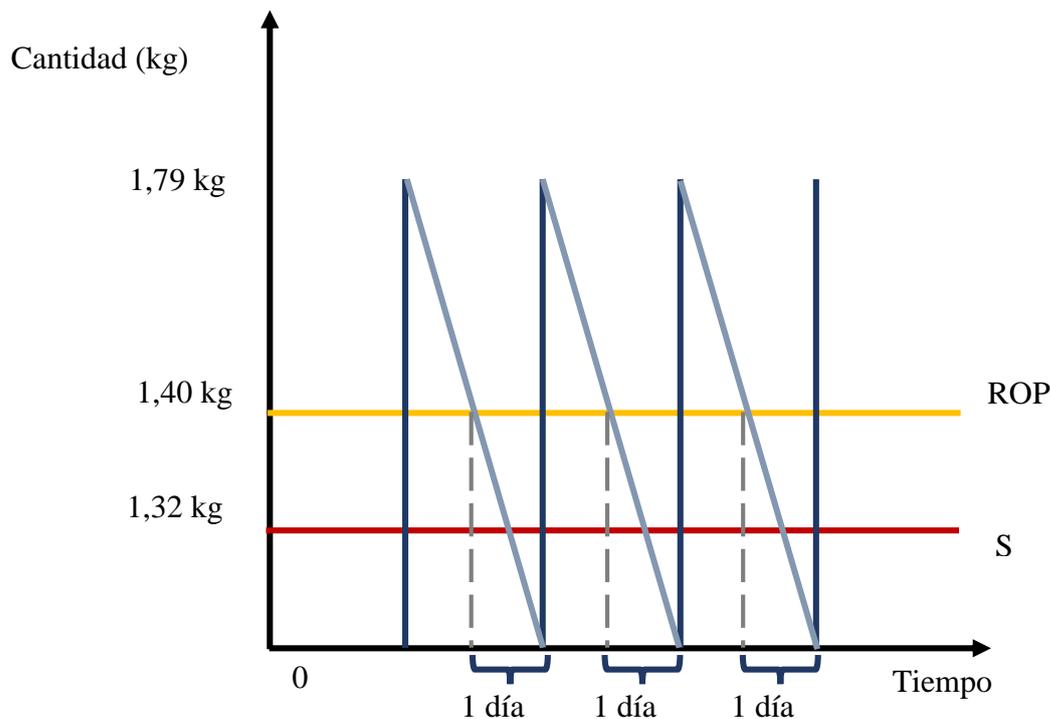
➤ **Electrodos**

Los electrodos se utilizan para realizar soldadura en un estriado, siendo así un insumo fundamental para el rectificado de piezas, para este material se utiliza un aproximado de 1 a 3 kg de electrodos al mes, aunque su demanda puede variar por distintas razones ya que cada pieza puede requerir diferentes cantidades según lo predisponga el cliente. Teniendo en cuenta lo anterior se determina como cantidad económica de pedido (EOQ) 1,79 kg/mes que es la cantidad mínima a ordenar, que se logró determinar para este tipo de material.

**Tabla 24** - Kanban electrodos

<b>Demanda de electrodos (kg)</b>		<b>EOQ</b>	
<b>Enero</b>	1	<b>S:</b>	2,1
<b>Febrero</b>	2	<b>D:</b>	22
<b>Marzo</b>	3	<b>Tasa de conservación</b>	10%
<b>Abril</b>	3	<b>Costo de la unidad (\$)</b>	2
<b>Mayo</b>	3	<b>H:</b>	0,2
<b>Junio</b>	1	<b>EOQ:</b>	1,79
<b>Julio</b>	1		
<b>Agosto</b>	1	<b>d:</b>	0,08
<b>Septiembre</b>	1	<b>L:</b>	1,00
<b>Octubre</b>	2	<b>z</b>	1,65
<b>Noviembre</b>	2	<b>Desv. Est. <math>\sigma</math></b>	0,80
<b>Diciembre</b>	2	<b>SS</b>	1,32
<b>Total</b>	22	<b>ROP:</b>	1,40

**Elaboración:** Fernanda Pérez



**Gráfico 26 - Modelo Q para electrodos**

**Elaboración:** Fernanda Pérez

Una vez que se obtiene la cantidad mínima a ordenar, se realiza el cálculo para obtener el punto de reorden (ROP), teniendo en cuenta que se caracteriza con tarjeta roja al Stock de Seguridad y con tarjeta amarilla al Punto de Reorden. Esto quiere decir que cuando el inventario disponible para los electrodos baje a 1,40 kg se debe generar una tarjeta amarilla y será necesario ordenar un mínimo de 1,79 kg del electrodos, si el inventario del eje llega a 1,32 kg se consideraría crítico dado que se ha llegado al Stock de Seguridad, que es el nivel mínimo del inventario y para este se coloca una tarjeta roja.

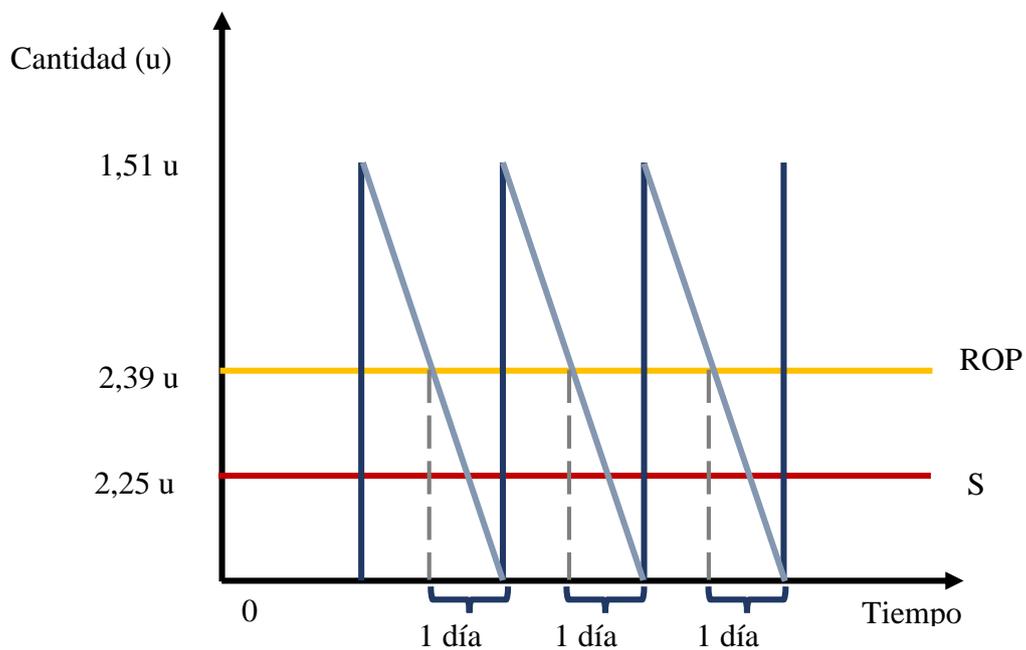
➤ **Vidias**

Las vidias se utilizan para realizar cortes o perforaciones de un estriado, siendo así un insumo fundamental para el rectificado de piezas, para este material se utiliza un aproximado de 5 unidades de vidias al mes, aunque su demanda puede variar por distintas razones según lo requiera el cliente y según sea la calidad del material. Teniendo en cuenta lo anterior se determina como cantidad económica de pedido (EOQ)  $1,51 \approx 2$  unidades/mes que es la cantidad mínima a ordenar, que se logró determinar para este tipo de material.

**Tabla 25 - Kanban vidias**

Demanda de Vidias (U)		EOQ	
Enero	5	S:	2,1
Febrero	3	D:	39
Marzo	2	Tasa de conservación	10%
Abril	3	Costo de la unidad (\$)	5
Mayo	3	H:	0,5
Junio	2	EOQ:	1,51
Julio	2		
Agosto	5	d:	0,15
Septiembre	5	L:	1,00
Octubre	1	z	1,65
Noviembre	3	Desv. Est. $\sigma$	1,36
Diciembre	5	SS	2,25
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>ROP:</b>	<b>2,39</b>

Elaboración: Fernanda Pérez



**Gráfico 27 - Modelo Q vidias**

Elaboración: Fernanda Pérez

Una vez que se obtiene la cantidad mínima a ordenar, se realiza el cálculo para obtener el punto de reorden (ROP), teniendo en cuenta que se caracteriza con tarjeta roja al Stock de Seguridad y con tarjeta amarilla al Punto de Reorden. Esto quiere decir que cuando el inventario disponible para las vidias baje a 2,39 unidades se debe generar una tarjeta amarilla y será necesario ordenar un mínimo de 2 unidades, si el inventario llega a 2,25 unidades se consideraría crítico dado que se ha llegado al Stock de Seguridad, que es el nivel mínimo del inventario y para este se coloca una tarjeta roja.

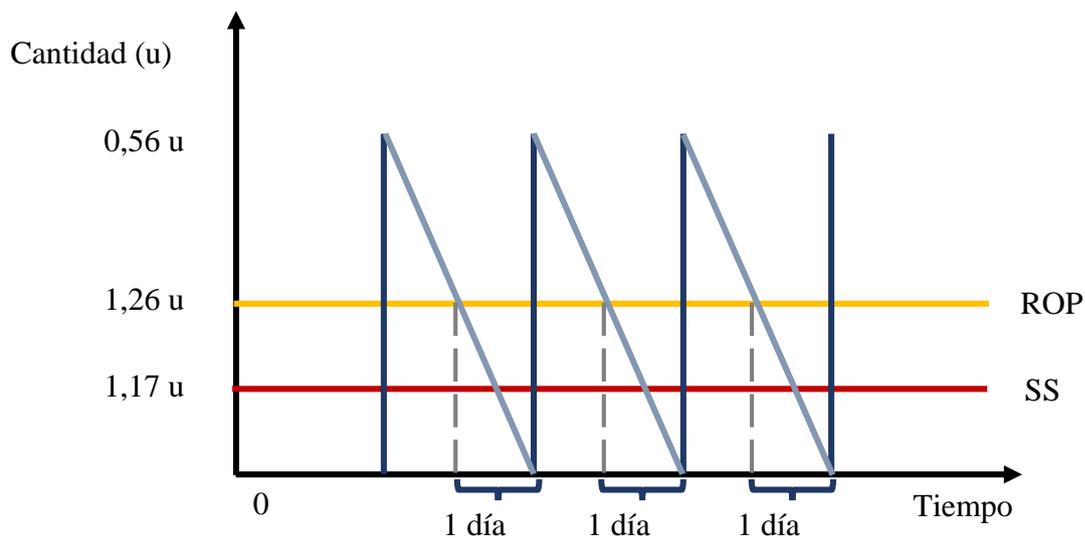
### ➤ Cuchillas

Las cuchillas se utilizan para modelar y dar forma a un estriado, siendo así un insumo fundamental para el rectificado de piezas, para este material se utiliza un aproximado de 3 unidades de cuchillas al mes, aunque su demanda puede variar por distintas razones según lo requiera el cliente y según sea la calidad del material. Teniendo en cuenta lo anterior se determina como cantidad económica de pedido (EOQ) 0,56 ≈ 1 unidad/mes que es la cantidad mínima para ordenar, que se logró determinar para este tipo de material.

**Tabla 26 - Kanban cuchillas**

Demanda de cuchillas (U)		EOQ	
<b>Enero</b>	3	<b>S:</b>	2,1
<b>Febrero</b>	2	<b>D:</b>	24
<b>Marzo</b>	2	<b>Tasa de conservación</b>	10%
<b>Abril</b>	1	<b>Costo de la unidad (\$)</b>	22
<b>Mayo</b>	2	<b>H:</b>	2,2
<b>Junio</b>	2	<b>EOQ:</b>	0,56
<b>Julio</b>	1		
<b>Agosto</b>	3	<b>d:</b>	0,09
<b>Septiembre</b>	1	<b>L:</b>	1,00
<b>Octubre</b>	2	<b>z</b>	1,65
<b>Noviembre</b>	3	<b>Desv. Est. <math>\sigma</math></b>	0,71
<b>Diciembre</b>	2	<b>SS</b>	1,17
<b>Total</b>	24	<b>ROP:</b>	1,26

**Elaboración:** Fernanda Pérez



**Gráfico 28** - Modelo Q cuchillas

**Elaboración:** Fernanda Pérez

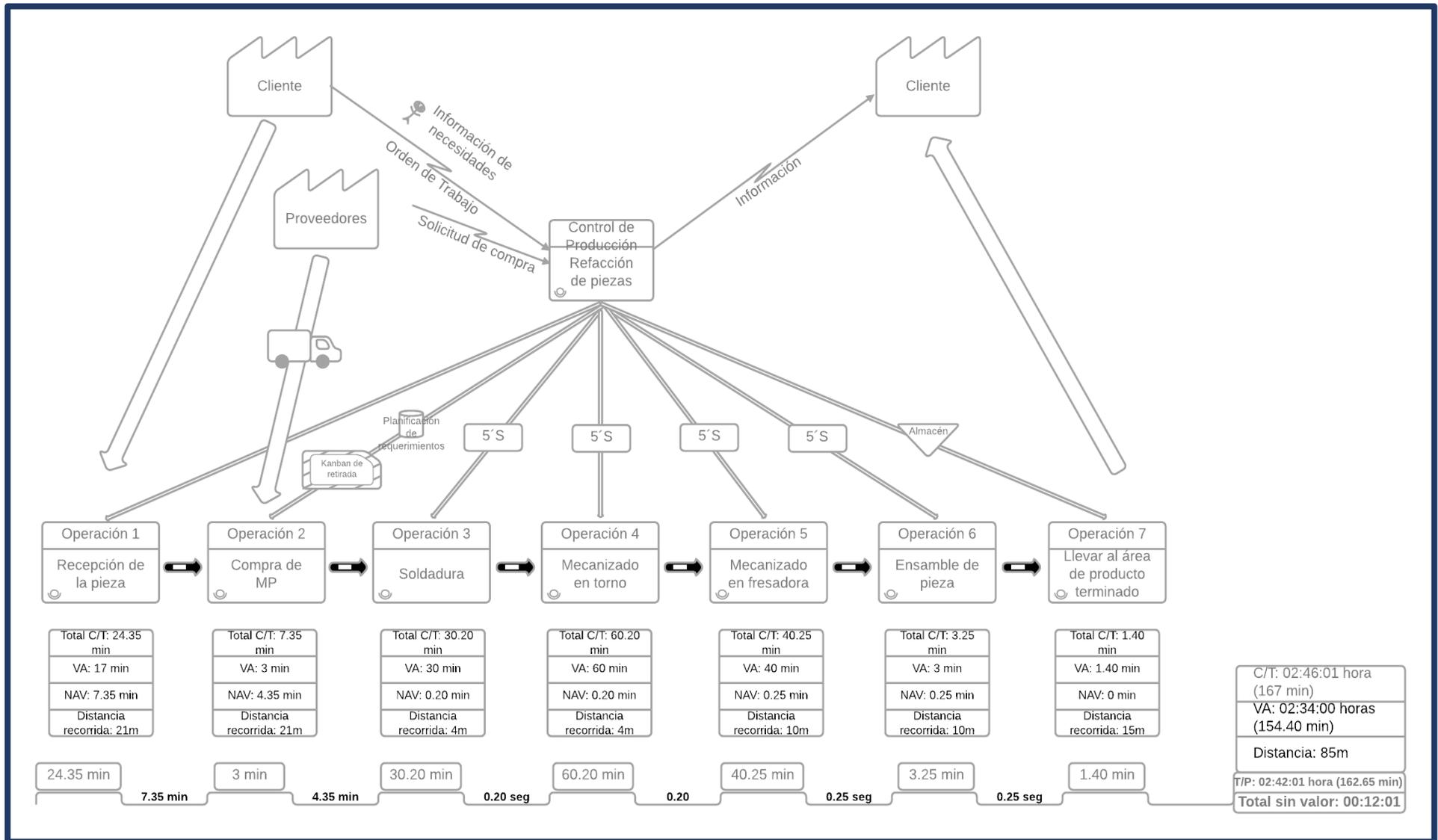
Una vez que se obtiene la cantidad mínima a ordenar, se realiza el cálculo para el ROP. Esto quiere decir que cuando el inventario disponible para las cuchillas baje a 1,26 unidades se debe generar una tarjeta amarilla y será necesario ordenar un mínimo de 1 unidad, si el inventario llega a 1,17 unidades se consideraría crítico dado que se ha llegado al Stock de Seguridad, que es el nivel mínimo del inventario y para este se coloca una tarjeta roja.

#### 4.1.3. VSM propuesto

Para la propuesta del VSM de la empresa INDUMEI se ha considerado aplicar algunas herramientas que permita la disminución del lead time.

Uno de los puntos principales es el sistema de abastecimiento para la materia prima, puesto que en el VSM actual se encuentra un lead time de 47.35 min, que parte desde que el operario realiza el pedido de MP, hasta que se le es entregada, pues la empresa no cuenta con un sistema de abastecimiento para la MP.

- Tomando en cuenta lo anterior se propone el uso del sistema Kanban, para determinar el punto de reorden de cada material que se requiera dentro del proceso de refacción de piezas.
- También se propone un plan para la aplicación de las 5'S que asegure el orden y el correcto uso de los materiales que se emplean dentro de este proceso, pues se podría disminuir el tiempo de preparación de herramientas, si estas mantuvieran el orden deseado al terminar cada jornada laboral.



**Gráfico 29 - VSM Propuesto**

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

#### 4.1.4. Análisis Comparativo para el VSM Actual y VSM Propuesto

Al completar la herramienta Value Stream Mapping, se recogen los datos en la tabla 27 en donde se detallan los porcentajes de mejora alcanzados en la aplicación del VSM tanto actual como propuesto.

Todo esto con el fin de tener un mejor conocimiento del impacto que se obtuvo tras la aplicación de herramientas como Kanban y 5's, para esto también es necesario tener en cuenta que se debe llevar un constante control de lo aplicado.

**Tabla 27** - Análisis comparativo VSM

<b>Análisis comparativo VSM</b>			
<b>Descripción</b>	<b>VSM Actual (min)</b>	<b>VSM propuesto (min)</b>	<b>Mejora (%)</b>
<b>Tiempo total del proceso productivo</b>	214	167	22,96%
<b>Tiempo de valor agregado</b>	161,40	154.4	4,34%
<b>Tiempo que no agrega valor</b>	52.6	12.6	76,05%
<b>Tiempo en proceso</b>	169,65	162.65	4,13%
<b>Distancia</b>	85 m	85 m	0%

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

En la tabla 27 se observan los porcentajes de mejora que se obtuvieron tras la aplicación de las herramientas en la metodología DMAIC, entre estos resultados se encuentra el incremento de porcentaje de la mejora en el tiempo que no agrega valor con un 76,05 %, y esto gracias a la disminución en la demora del pedido de MP, tras la aplicación de Kanban de abastecimiento.

De la misma forma se observa una mejora del 22,96 % en el tiempo total del proceso productivo tras una disminución de 47 minutos, lo que significaría mayor tiempo para producir y reconsiderar la demanda que se ha establecido como predeterminedada en la empresa de tres piezas a cuatro piezas al día para refaccionar, considerando que se ha aumentado el tiempo de ciclo.

## 4.2.Fase Controlar

Para la fase controlar se propone el uso de herramientas que permitan llevar de forma más ordenada un control sobre los procesos que se desarrollan, tomando en cuenta que siempre es necesario documentar las condiciones en las que se encuentran los equipos y productos, para garantizar la calidad dentro del proceso productivo, en este caso de rectificado de pieza.

### 4.2.1. TPM

Para realizar un Mantenimiento Total Productivo dentro del área de producción de la empresa INDUMEI, se tienen en cuenta la maquinaria que interviene en el proceso de rectificación de piezas. Para lo cual se listan en la tabla 28:

**Tabla 28** - Descripción de la maquinaria

<b>Maquinaria</b>		
Nombre	Cantidad	Código
Máquina Fresadora Universal	1	FU_WUF5_1
Máquina Torno Manual	1	TM_AT_1
Suelda	1	SD_MGS452_1

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

La aplicación de un TPM ayuda a optimizar la funcionalidad de cada máquina, mediante la aplicación de programas de mantenimiento preventivo, lo cual disminuirá posibles pérdidas económicas que se puedan ocasionar por no mantener una constante revisión de los problemas que se puedan presentar.

Para esto es necesario valorar primero el estado actual de las máquinas que intervienen en este proceso, esto se encuentra reflejado en las fichas técnicas de los Anexos 6, 7 y 8.

Otro aspecto necesario que se debe conocer es el de los costos de mantenimiento:

- Los costos de mantenimiento representan entre el 15% y el 40% de los costos totales de operación.

- Las reparaciones por emergencia cuestan, por lo menos tres veces más que si las mismas reparaciones hubieran sido planificadas.
- El 58% del costo del mantenimiento es provocado por operaciones deficientes.
- El 17% del costo del mantenimiento es provocado por la mala lubricación de la maquinaria. (Socconini L. V., 2020)

### **Propuesta para el Mantenimiento Total Productivo (TPM)**

La aplicación de un TPM ayuda a optimizar la funcionalidad de cada máquina, mediante la aplicación de programas de mantenimiento preventivo, lo cual disminuirá posibles pérdidas económicas que se puedan ocasionar por no mantener una constante revisión de los problemas que se puedan presentar.

- **Involucrados:** es conveniente contar con la intervención y el interés de todo el personal que se involucre directa o indirectamente con la maquinaria, asegurando así un alcance correcto de todas las acciones a seguir.
- **Inspección:** se puede percibir como una limpieza inicial en donde se tome en cuenta cada aspecto que muestre deterioro en los equipos a través de algunos documentos que den seguimiento a esta problemática estos problemas pueden percibirse ya sea como desgaste, fisuras, fugas, corrosión, etc.
- **Formato de registro:** aquí intervienen las fichas de mantenimiento preventivo Anexo 9, 10 y 11, que son las recomendadas ya que mantener un constante mantenimiento a los equipos disminuye la posibilidad de generar mayores pérdidas.
- **Diagnostico general de los equipos:** en la siguiente tabla se aprecia el estado actual de cada máquina, con esta información puede darse paso a la implementación de una política de mantenimiento dentro de la empresa INDUMEI, lo cual puede traer beneficios como la programación de los tiempos de parada y así contribuir a mejorar aspectos económicos y productivos dentro de los procesos.

**Tabla 29** - Diagnóstico de los equipos

<b>Código</b>	<b>Maquinaria</b>	<b>Diagnostico</b>
<b>FU_WUF5_1</b>	Máquina Fresadora Universal	Presenta: Fugas en la manguera de aceite. Fuga de aceite por tapón.
<b>TM_AT_1</b>	Máquina Torno Manual	Presenta: Fallos eléctrico en iluminación. Se realizó cambio de sensor encoder del eje z. Falla palanca de avance automático. Fuga de refrigerante. No funciona freno de emergencia.
<b>SD_MGS452_1</b>	Suelda	Distorsión angular, causando tensión a la raíz del cordón

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

- **Aplicación de mantenimiento:** a continuación, se explican el tipo de mantenimiento que es conveniente aplicar a cada máquina que interviene en el proceso productivo de refaccionamiento de piezas, así como el tiempo de aplicación del mantenimiento.

**Tabla 30** - Tipo de Mantenimiento

<b>Código</b>	<b>Maquinaria</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Tiempo (min)</b>
<b>TM_AT_1</b>	Torno	Preventivo y Correctivo	120
<b>FU_WUF5_1</b>	Fresadora	Preventivo y Correctivo	45
<b>SD_MGS452_1</b>	Suelda	Preventivo y Correctivo	100
<b>Total</b>			<b>195 min</b>

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

- **Tipos de mantenimiento:** para esta propuesta se toman en cuenta dos tipos de mantenimientos que se describen a continuación.

### **Mantenimiento Preventivo:**

Tiene como finalidad la reducción del número de paradas derivadas de averías imprevistas, ya que se basa en paradas programadas que permiten una inspección más detallada en donde se pueden sustituir las piezas desgastadas. (Rajadell & Sánchez, 2010)

Usualmente el mantenimiento preventivo comprende algunas actividades como:

- Limpieza y revisiones periódicas.
- Conservación de equipos y protección contra los agentes ambientales.
- Control de la lubricación.
- Reparación y recambio de los puntos del sistema identificados como puntos débiles.
- Reparación y recambios planificados.

El mantenimiento preventivo tiene el fin de optimizar su programación, ya que muchas veces a pesar de lo que los fabricantes recomienden los tiempos de intervención no son totalmente válidos. (Fernández, García, Alonso, Cano, & Solares, 1998)

Para este tipo de mantenimiento se propone la ficha de mantenimiento preventivo como se muestra en los Anexos 9, 10 y 11.

Teniendo en cuenta todos los aspectos que intervienen en el mantenimiento preventivo se muestra en la tabla 31 un plan de mantenimiento propuesto.

**Tabla 31** - Plan Mantenimiento Preventivo

<b>Código</b>	<b>Maquinaria</b>	<b>Periodo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Tiempo (min)</b>
<b>TM_A T_1</b>	Torno	Mensual	Revisión del sistema de lubricación.  Revisión del sistema de transmisión.  Revisión de torreta, bancada y tornillo sinfín del carro principal.	Operario de la máquina	30
<b>FU_W UF5_1</b>	Fresadora	Mensual	Revisión de:  Sistema de transmisión.  Sistema de lubricación.  Bancada.	Operario de la máquina	30

<b>Código</b>	<b>Maquinaria</b>	<b>Periodo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Tiempo (min)</b>
<b>SD_M</b>	Suelda	Mensual	Revisión de:	Técnico	40
<b>GS452</b>			Sistema eléctrico	electrónico y	
<b>_1</b>			Control de amperaje y voltaje.	electricista.	
			Pinza y cable puerta electrodo.		
			Cable y pinza de masa.		
<b>Total</b>					100 min

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

#### **Mantenimiento Correctivo:**

Consiste en la reparación de la avería sobre la marcha en el momento que se produce. El principal objetivo es que la reparación dure el mínimo tiempo posible y este mantenimiento resulta imprescindible ya que al no repararse la producción seguiría parada. (Marqués Bernal, 2015)

Se podría decir también que el mantenimiento correctivo se basa en la intervención cuando se presenta una avería o el colapso de un equipo lo que interrumpiría la producción, para esto el mantenimiento correctivo se puede presentar como:

**Mantenimiento correctivo con eliminación de la avería:** esto se da cuando existe una reparación de emergencia, sustituyendo los elementos averiados y evitando caídas en la producción.

**Mantenimiento correctivo con eliminación de causas:** se enfoca en eliminar la causa que origina la avería lo que proporciona soluciones más duraderas, así como un incremento de la disponibilidad y fiabilidad a largo plazo, esto se logra con la intervención de personal sumamente capacitado.

Para este tipo de mantenimiento se propone la ficha de mantenimiento correctivo como se muestra en el Anexo 12.

Así también se propone un plan de mantenimiento correctivo como se observa en la tabla 32.

**Tabla 32** - Plan de Mantenimiento Correctivo

<b>Código</b>	<b>Maquinaria</b>	<b>Causa</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Tiempo min</b>	<b>Costo de manteni miento</b>
<b>TM_A T_1</b>	Torno	Anormalidad en dimensión geométrica de la pieza.	Revisar el sistema de transmisión, reemplazo de bandas.	Interno	90	\$. 80,00
<b>FU_W UF5_1</b>	Fresadora	Mala calidad en el acabado de superficie.	Utilizar insertos de corte con la geometría adecuada.	Interno	15	\$. 50,00
<b>SD_M GS452 _1</b>	Suelda	Soldadura deficiente.	Cambiar el material dañado y utilizar material de aporte adecuado.	Interno y Externo	60	\$. 3,00
<b>Total</b>					165	\$.133,00

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

#### **4.2.2. Análisis comparativo**

Mediante el mantenimiento preventivo se busca evitar generar retrasos por tiempos de maquinaria parada en el proceso productivo que lleguen a desencadenar acciones que no generen valor, es así que se propone la aplicación de un mantenimiento preventivo y correctivo, para lo cual se compara el tiempo que se usa en la aplicación de cada uno de los modelos de mantenimiento propuesto, estos datos se pueden revisar en la tabla 33.

**Tabla 33 - Análisis Comparativo TPM**

<b>Análisis comparativo TPM</b>		
Nombre	Mantenimiento Correctivo (min)	Mantenimiento Preventivo (min)
Máquina Torno Manual	90	30
Máquina Fresadora Universal	15	30
Suelda	60	40
Total	165	100
% de reducción	39,39%	

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

Los resultados que se obtienen en la tabla 33 son sobre la comparación entre los tiempos que conlleva la aplicación de los dos tipos de mantenimientos que sugiere el TPM, ya que al aplicar el mantenimiento preventivo se reduce un 39,39% el tiempo de aplicación del mantenimiento correctivo

La aplicación de estos dos tipos de mantenimientos, tanto preventivo como correctivo, pueden tener seguimiento mediante la aplicación de un cronograma como el que se describe en el anexo 13, lo que facilitará el control del TPM en el proceso productivo.

#### **4.2.3. Hojas de control**

La hoja de control será una herramienta en donde se podrán registrar el número de fallas que se vayan presentando en el proceso de recodificación de piezas, a su vez estas hojas se podrán cotejar con las cartas de control en donde también se pueden tabular los registros de la variabilidad en el proceso.

En la siguiente tabla se propone un modelo para la hoja de control de la empresa INDUMEI, misma que contiene el registro de datos del producto a evaluar y quien es el responsable, las fechas en que se realiza el control, de igual manera se encuentran las

casillas en donde se pueden anotar el tipo de problema, los defectos, rechazos o incumplimientos, dado el caso.

Además, en esta herramienta se incluye un cronograma en el que día a día se registran los datos que se vayan presentando según el defecto anotado.

**Tabla 34 - Hoja de Control**

Hoja de Control							
<b>Producto:</b>	Eje estriado			<b>Fecha de inicio:</b>	dd/mm/aa		
<b>Empresa:</b>	INDUMEI			<b>Fecha de fin:</b>	dd/mm/aa		
<b>Encargado:</b>	Jefe de producción			<b>Proceso:</b>	Rectificado de piezas		
Frecuencia							
Defecto	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Total
Variabilidad del nivel de tolerancia.							
Defecto en el material.							
Fallas por deformación en el eje.							
<b>Total:</b>							
<b>Observaciones:</b>							

**Elaboración:** Fernanda Pérez

#### 4.2.4. Plan de capacitación

Es importante tener una constante retroalimentación con los miembros de la organización por lo que también se propone un plan de capacitación con el cual se pretende impartir mayor control de los procesos, ya que cuando se tiene conocimiento de todos los temas que se manejan dentro de la empresa se mejoran los resultados en los procesos.

**Tabla 35 - Plan de capacitación**

Plan de capacitación					Semanas											
Ítem	Tema	Responsable	Estado	Personal objetivo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Introducción a la metodología Lean Six Sigma y su aplicación en el proceso productivo en INDUMEI	Jefe de producción	Pendiente	Todo el personal												
2	Implementación de las cartas de control para medias y rangos dentro del rectificado de piezas	Jefe de producción	Pendiente	Jefe de producción												
3	Implementación de las 5's	Jefe de producción	Pendiente	Todo el personal												
4	Kanban: Punto de reorden para la materia prima	Jefe de producción	Pendiente	Jefe de producción												
5	Aplicación de hojas de control y TPM dentro de la última fase DMAIC	Jefe de producción	Pendiente	Todo el personal												

Elaboración: Fernanda Pérez

#### 4.2.5. Costo de implementación

El presente trabajo de investigación presenta los rubros que constituirían la aplicación de las herramientas propuesta para una mejora dentro del proceso productivo en la empresa INDUMEI, a continuación, se detallan los costos de inversión para cada herramienta.

##### ➤ Inversión 5'S

En la tabla se detalla la inversión para la aplicación de las 5'S.

**Tabla 36 - Inversión 5's**

<b>Inversión 5'S</b>					
<b>RUBRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>U/M</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V/U</b>	<b>V/T</b>
<b>INVERSIONES FIJAS</b>					
<b>TANGIBLES</b>					
<b>BIENES MUEBLES</b>					
<b>Pintura</b>	Para pintar los tableros ya establecidos	Gal	1	\$ 17,00	\$ 17,00
<b>Brocha</b>	Para pintar	U	1	\$ 3,00	\$ 3,00
<b>Rótulos</b>	Para nombrar las áreas	U	13	\$ 2,35	\$ 30,55
<b>Resma de papel</b>	Registros	U	2	\$ 3,00	\$ 6,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 56,55</b>
<b>INVERSIONES DIFERIDAS</b>					
<b>CAPACITACIÓN</b>	Ing. INDUSTRIAL	HORAS	2	\$ 20,00	\$ 40,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 40,00</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>					
<b>PASANTE</b>	Ing. INDUSTRIAL	Talento humano	1	\$ 133,33	\$ 133,33
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 133,33</b>
				<b>Inversión Total</b>	<b>\$ 229,88</b>

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

En la tabla 36 se observa el detalle de los factores que intervienen en la aplicación de la herramientas 5's y esto se deriva en inversiones fijas, diferidas y capital de trabajo, teniendo como inversión total \$ 229,88 dólares.

➤ Inversión Kanban

En la tabla se detalla la inversión para la aplicación de la herramienta Kanban.

**Tabla 37 - Inversión Kanban**

<b>Inversión Kanban</b>					
<b>RUBRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>U/M</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V/U</b>	<b>V/T</b>
<b>INVERSIONES FIJAS</b>					
<b>TANGIBLES</b>					
<b>BIENES MUEBLES</b>					
<b>Resma de papel stiker</b>	Tarjetas Kanban	U	2	\$ 5,00	\$ 10,00
<b>Guillotina</b>		U	1	\$ 25,00	\$ 25,00
<b>Tijera</b>		U	1	\$ 1,00	\$ 1,00
<b>Tinta de impresión</b>		U	4	\$ 8,00	\$ 32,00
				<b>TOTAL</b>	\$ 68,00
<b>INVERSIONES DIFERIDAS</b>					
<b>CAPACITACIÓN</b>	Ing. INDUSTRIAL	HORAS	2	\$ 20,00	\$ 40,00
				<b>TOTAL</b>	\$ 40,00
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>					
<b>PASANTE</b>	Ing. INDUSTRIAL	Talento humano	1	\$ 133,33	\$ 133,33
				<b>TOTAL</b>	\$ 133,33
				<b>Inversión Total</b>	\$ 241,33

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

En la tabla 37 se detalla la inversión para la implementación de la herramienta Kanban teniendo en cuenta que se realizarán las tarjetas dentro de la empresa, lo que conlleva herramientas que permitan la elaboración de estas, resultando en una inversión estimada de \$ 241,33 dólares.

➤ Inversión TPM

En la tabla se detalla la inversión para la implementación del mantenimiento total productivo.

**Tabla 38 - Inversión TPM**

<b>Inversión TPM</b>					
<b>RUBRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>U/M</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V/U</b>	<b>V/T</b>
<b>INVERSIONES FIJAS</b>					
<b>TANGIBLES</b>					
<b>BIENES MUEBLES</b>					
<b>Resma de papel</b>	Registros	U	2	\$ 3,00	\$ 6,00
<b>Bandas para torno</b>		U	5	\$ 16,00	\$ 80,00
<b>Cuchillas para fresa</b>		U	5	\$ 10,00	\$ 50,00
<b>Electrodos</b>		Kg	2	\$ 3,00	\$ 6,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 142,00</b>
<b>INVERSIONES DIFERIDAS</b>					
<b>CAPACITACIÓN</b>	Ing. INDUSTRIAL	HORAS	2	\$ 20,00	\$ 40,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 40,00</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>					
<b>PASANTE</b>	Ing. INDUSTRIAL	Talento humano	1	\$ 133,33	\$ 133,33
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 133,33</b>
				<b>Inversión Total</b>	<b>\$ 315,33</b>

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

Para la implementación del Mantenimiento Total Productivo, se tiene en cuenta las herramientas o repuestos que se necesitarían para dejar a la maquinaria en un estado óptimo, evitando así tener defectos en la producción, para esto se considera una inversión de \$315,33 dólares.

➤ **Inversión total del proyecto**

El costo de inversión que se estima para la metodología Lean Six Sigma y las herramientas que se proponen en el presente trabajo de investigación, se resumen en la tabla 39.

**Tabla 39 - Inversión total**

<b>Inversión Total</b>	
<b>Inversión 5'S</b>	\$ 229,88
<b>Inversión Kanban</b>	\$ 241,33
<b>Inversión TPM</b>	\$ 315,33
<b>TOTAL</b>	\$ 786,54

**Fuente:** (INDUMEI, 2021)

**Elaboración:** Fernanda Pérez

Finalmente, se llega a obtener la inversión total para la implementación de la metodología Lean Six Sigma en la empresa INDUMEI considerando la inversión en cada una de las herramientas útiles que proporcionarían un resultado que aporte a la mejora continua del proceso productivo para el refaccionamiento de piezas, lo cual se resume en una inversión con un total de \$ 786,54 dólares.

## CONCLUSIONES

- Mediante la metodología Lean Six Sigma y la aplicación de herramientas que la componen se disminuye el número de defectos en el proceso, teniendo en cuenta los tiempos de entrega y la variabilidad, lo cual hace que aumente la satisfacción de los clientes. Mediante la investigación de bases teóricas científicas, se logró analizar diferentes aspectos de la metodología, obteniendo así información suficiente para seleccionar y aplicar distintas herramientas que permitan alcanzar una mejora continua.
- En el diagnóstico de la situación actual de la empresa INDUMEI, se aplicó el diagrama de Pareto con el que se encontró que, de entre los tres procesos que se realizan el 80% de las fallas se da en el proceso de rectificación de piezas, mientras que los otros dos procesos significan el 20% de las fallas. A partir de este resultado se tomó como prioridad el proceso de rectificado de pieza para desarrollar las fases de la metodología DMAIC, aplicando las herramientas como el VSM que permitió encontrar que el tiempo de ciclo para el proceso es de 214 min por pieza.
- Con la aplicación de herramientas como 5'S, Kanban, se logró establecer acciones que reducen las actividades que no generan valor en el proceso, como la eliminación de los tiempos de preparación de las herramientas y las áreas de trabajo o los tiempos de espera para el reabastecimiento de MP, para lo cual se aplicó el cálculo del ROP, todas estas acciones permitieron un nuevo cálculo del VSM propuesto en donde se obtuvo un tiempo de ciclo de 167 min, al aplicar la herramienta TPM se consigue una reducción en el tiempo de aplicación del mantenimiento correctivo al preventivo del 39,39%, llegando así a optimizar los tiempos de producción, mediante una mejora continua, lo que permite garantizar la satisfacción del cliente.
- Mediante un análisis comparativo se llegó a determinar que el tiempo total del proceso actual para la elaboración de una pieza es de 214 min, y el tiempo que no agrega valor es de 52,6 min, tras la elaboración de la propuesta de mejora los resultados que se obtienen son 167 min para el tiempo total del proceso y una disminución a 12,6 min del tiempo que no agrega valor, es decir se pueden recuperar 47 min del tiempo total con lo que se puede proponer un cambio en la

demanda predeterminada que tiene la empresa y pasar de refaccionar 3 piezas diarias a 4 piezas diarias, lo que significaría una mejora del 21,96% en parámetros del tiempo de producción total y un aumento del 1,66% en la productividad.

## RECOMENDACIONES

- El desarrollo de la metodología Lean Six Sigma en un proceso productivo es sinónimo de mejora y calidad, lo cual ayuda a que la empresa que la aplique se mantenga un paso delante de otras empresas, que no aplican este tipo de metodologías, por lo mismo es recomendable que se mantenga un constante conocimiento sobre los fundamentos de Lean Six Sigma y los beneficios que conlleva su aplicación.
- Se sugiere mantener un constante control de los procesos mediante el registro de la información que se genera sobre la variabilidad que se note en los procesos, esto puede darse con las hojas de control o el análisis estadístico que se realiza mediante la aplicación de cartas de control.
- Se recomienda seguir la propuesta de reabastecimiento para la MP, así como la propuesta del Mantenimiento Total Productivo para la maquinaria teniendo en cuenta los registros que se muestran tanto como para el control preventivo, así como para el correctivo.
- Es conveniente para la empresa realizar continuas capacitaciones sobre temas relacionados con la calidad, el orden y la estandarización en los puestos de trabajo, para que exista un clima laboran en el que se puedan desarrollar de mejor manera acciones que logren la mejora continua dentro de la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anaya, J. (2007). *Logística integral: La gestión operativa de la empresa* (Tercera ed.). Madrid, España: ESIC. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=a4Tq\\_7Pmc04C&pg=PA28&dq=Definici%C3%B3n+del+takt+time+f%C3%B3rmula&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiPuZ2ErLD1AhUWSzABHT1vDikQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q=Definici%C3%B3n%20de%20takt%20time%20f%C3%B3rmula&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=a4Tq_7Pmc04C&pg=PA28&dq=Definici%C3%B3n+del+takt+time+f%C3%B3rmula&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiPuZ2ErLD1AhUWSzABHT1vDikQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q=Definici%C3%B3n%20de%20takt%20time%20f%C3%B3rmula&f=true)
- Anaya, J., & Polanco, S. (2007). *Innovación y mejora de procesos logísticos* (Segunda ed.). Madrid, España: ESIC. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=rf-OkQFjcoQC&pg=PA164&dq=c%C3%A1lculo+del+lead+time&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwism\\_2857b1AhUfQjABHQuJC8MQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=rf-OkQFjcoQC&pg=PA164&dq=c%C3%A1lculo+del+lead+time&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwism_2857b1AhUfQjABHQuJC8MQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q&f=true)
- Andreu, I. (15 de Julio de 2021). *Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios?* Obtenido de Asociación para el Progreso de la Dirección: <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>
- Brown, A. (13 de septiembre de 2005). *The charter: selling your project*. Obtenido de Paper presented at PMI® Global Congress 2005: <https://www.pmi.org/learning/library/charter-selling-project-7473>
- Buzón, J. A. (2019). *Lean Manufacturing* (1.0 ed.). España: Editorial Elearning S.L. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=vMfIdwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=2.1+Definici%C3%B3n+Lean+Manufacturing+libro&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=vMfIdwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=2.1+Definici%C3%B3n+Lean+Manufacturing+libro&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true)
- Cabrera Calva, R. C. (2012). *Manual de Lean Manufacturing: Simplificado para PYMES*. España: Editorial Académica Española. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=psDDitEx\\_\\_gC&pg=PA226&dq=que+es+la+voz+del+cliente&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiFkI2ejPbzAhUUSzABHe2OBDC4KBD0AXoECAMQAg#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=psDDitEx__gC&pg=PA226&dq=que+es+la+voz+del+cliente&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiFkI2ejPbzAhUUSzABHe2OBDC4KBD0AXoECAMQAg#v=onepage&q&f=true)
- Cañedo Fernández, M. Á. (2015). *Gestión de la calidad y medioambiental en industrias de proceso* (6.0 ed.). España: Elearning. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=ubVWDwAAQBAJ&pg=PA26&dq=que+es+la+voz+del+cliente&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjdsNKPnfbzAhWxTjABHcISAXs4MhDoAXoECAMQAg#v=onepage&q=que%20es%20la%20voz%20del%20cliente&f=false>
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros* (Décima ed.). México: McGRAW-HILL.
- Enciclopedia Económica. (2020). *Factores internos*. (E. Grudemi, Editor) Obtenido de <https://enciclopediaeconomica.com/factores-internos/>
- Escobedo, E., & Socconini, L. (2020). *Lean Six Sigma Green Belt: paso a paso* (Primera ed.). Barcelona, España: Marge Books. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/172966?page=13>

- Escobedo, E., & Socconini, L. (2021). *Lean Six Sigma: Paso a Paso* (Segunda ed.). Barcelona, España: Marge Books. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/172966?page=15>
- Escuela Europea de Excelencia. (20 de diciembre de 2018). *Análisis de causa raíz de no conformidades: técnica de los 5 porqués*. Recuperado el 01 de 11 de 2021, de Análisis de causa raíz de no conformidades: técnica de los 5 porqués: <https://www.escolaeuropeaexcelencia.com/2018/12/analisis-de-causa-raiz-de-no-conformidades-tecnica-de-los-5-porques/>
- Fernández, M., García, M., Alonso, G., Cano, J., & Solares, J. (1998). *Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas*. Barcelona: Marcombo. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=X3p4bZfoqgEC&pg=PA10&dq=mantenimiento+preventivo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj9wv6D7cH1AhUzSzABHT\\_qAeMQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=mantenimiento%20preventivo&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=X3p4bZfoqgEC&pg=PA10&dq=mantenimiento+preventivo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj9wv6D7cH1AhUzSzABHT_qAeMQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=mantenimiento%20preventivo&f=true)
- García Ramírez, A. J. (15 de abril de 2013). *El Project Charter*. Obtenido de Escuela de organización industrial: <https://www.eoi.es/blogs/madeon/2013/04/15/el-project-charter/#:~:text=Es%20por%20esto%20que%20el,y%20expectativas%20de%20los%20interesados%20.>
- Gerges, M. (30 de abril de 2020). *Lean Six Sigma, una metodología aplicada a procesos reales*. Obtenido de Izertis: <https://www.izertis.com/es/-/blog/lean-six-sigma-una-metodologia-aplicada-a-procesos-reales>
- Gisbert, V., Pérez, A., Calabuig, M., Pons, B., Capoy, F., J. D., . . . Rojas, S. (2018). Cuadernos de investigación aplicada. *3Ciencias*, 32. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/EcoOrgyCso.218.47>
- Gómez, C., Izasa, D., & Ocampo, G. (2019). *Revisión de herramientas de Lean Manufacturing para el mejoramiento continuo*. Obtenido de Universidad Santiago de Cali: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4090/REVISI%C3%93N%20DE%20HERRAMIENTAS?sequence=3&isAllowed=y>
- Google Maps. (2021). *LOCALIZACIÓN INDUMEI*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/INDUMEI/@0.3547793,-78.1231065,73m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e2a3cba7b3b4e5f:0xcd13a92ea3e9c220!8m2!3d0.3549!4d-78.122883>
- Gueorguiev, T. (Junio de 2018). Improving the Internal Auditing Procedure by Using SIPOC Diagrams. *Journal of Innovations and Sustainability*, IV(2). Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/326539623\\_Improving\\_the\\_Internal\\_Auditing\\_Procedure\\_by\\_Using\\_SIPOC\\_Diagrams](https://www.researchgate.net/publication/326539623_Improving_the_Internal_Auditing_Procedure_by_Using_SIPOC_Diagrams)
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. Ciudad de México: Mc Graw Hill. Obtenido de <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>
- INDUMEI. (2021). Información. (F. Pérez, Entrevistador)
- INEC. (16 de marzo de 2020). *Índice de producción de la industria manufacturera (IPI-M), enero 2020*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Estadisticas\_Economicas/IPI-M/2020/Enero/BOLETIN\_TECNICO\_IPI-M\_2020\_01.pdf

- Marqués Bernal, L. F. (2015). *Diagnóstico de averías y mantenimiento correctivo de sistemas domóticos e inmóticos. ELLEM0111* (Primera ed.). Málaga: IC Editorial. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=VVApEAAAQBAJ&pg=PT89&dq=mantenimiento+preventivo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj9wv6D7cH1AhUzSzABHT\\_qAeMQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q=mantenimiento%20preventivo&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=VVApEAAAQBAJ&pg=PT89&dq=mantenimiento+preventivo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj9wv6D7cH1AhUzSzABHT_qAeMQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q=mantenimiento%20preventivo&f=true)
- Martín, J. P., & Socconini. (2019). *Lean Energy 4.0 Guía de implementación*. Barcelona, España: Marge Books. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=QjyeDwAAQBAJ&pg=PA54&dq=vsm+Mapa+de+la+cadena+de+valor&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjipIWgw\\_fzAhUzSzABHARIcesQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=QjyeDwAAQBAJ&pg=PA54&dq=vsm+Mapa+de+la+cadena+de+valor&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjipIWgw_fzAhUzSzABHARIcesQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q&f=true)
- Mauleon, M., & Prado, M. (2021). *Logística: INBOUND* (Vol. Tomo I). España: Díaz de Santos. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=wHcZEAAAQBAJ&pg=PA313&dq=diagrama+de+ishikawa+an%C3%A1lisis+causa+y+efecto&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj3rJKL2PzAhX-VTABHXKNDmYQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q&f=true>
- Minitab. (2022). *POTENTE SOFTWARE DE ESTADÍSTICA QUE TODOS PUEDEN USAR*. Obtenido de <https://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/>
- Novau, A. E., & Suárez, A. I. (2020). *Estrategia y operaciones esbeltas. Camino directo a la sobrevivencia y desarrollo de nuestras empresas*. México: Editorial digital tecnológico de monterrey. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=\\_m8OEAAAQBAJ&pg=PT39&dq=vsm+Mapa+de+la+cadena+de+valor&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjc04PRyvfzAhUmRzABHdWdALY4ChDoAXoECAUQA#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=_m8OEAAAQBAJ&pg=PT39&dq=vsm+Mapa+de+la+cadena+de+valor&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjc04PRyvfzAhUmRzABHdWdALY4ChDoAXoECAUQA#v=onepage&q&f=true)
- Pande, P., Neuman, R., Cavanagh, & Roland. (2002). *Las claves de seis sigma*. Madrid, España: MCGRAW—HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/50039?page=35>
- Pérez, A. (4 de noviembre de 2019). *¿Qué es y para que sirve un Project Charter?* Obtenido de PMP/CAPM, PROJECT MANAGEMENT: <https://www.ceolevel.com/project-charter>
- Pierdant, A., & Rodríguez, J. (2009). Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas X y R. *Política y Cultura [en línea]*.(32), 151-169. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/267/26711870008.pdf>
- Proaño, D., Gisbert, V., & Pérez, E. (22 de diciembre de 2017). METODOLOGÍA PARA ELABORAR UN PLAN DE MEJORA CONTINUA. *3C Empresa (Edición Especial)*, 50-56. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.50-56>
- Rajadell Carreras, M. (2021). *Lean Manufacturing: Herramientas para producir mejor* (Segunda ed.). Madrid, España: Díaz de Santos. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=40VIEAAAQBAJ&pg=PA42&dq=vsm+Mapa+de+la+cadena+de+valor&hl=es->

419&sa=X&ved=2ahUKEwjipIWgw\_fzAhUzSzABHARIcesQ6AF6BAGFEAI#v=onepage&q&f=true

- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Díaz de Santos. Obtenido de [https://www.academia.edu/28685140/Lean\\_Manufacturing\\_La\\_Evidencia\\_de\\_Una\\_Necesidad](https://www.academia.edu/28685140/Lean_Manufacturing_La_Evidencia_de_Una_Necesidad)
- Render, B., Stair, R., & Michael, H. (2006). *Métodos cuantitativos para los negocios* (Novena ed.). México. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=oNuXccZkWFIC&pg=PA200&dq=que+es+el+punto+de+reorden&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj5lcX5w7n1AhVqTDABHcYBAhkQ6AF6BAGLEAI#v=onepage&q&f=true>
- Rojas, A., & Gisbert, V. (diciembre de 2017). Lean Manufacturing: Herramienta para mejorar la productividad en las empresas. *3C Empresa*, 116-124. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3comp.2017.especial.116-124>
- SEMPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una vida*. Obtenido de <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/PLAN-NACIONAL-DE-DESARROLLO-2017-2021.compressed.pdf>
- Socconini, L. (2020). *Lean Six Sigma: Green Belt* (Primera ed.). Barcelona, España: Marge Books.
- Socconini, L. V. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso* (Primera ed.). Barcelona, España: Marge Books. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/117567?page=21>
- Socconini, L. V. (2020). *Lean Six Sigma Yellow Belt*. (Segunda ed.). Barcelona, España: Marge Books. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/176790?page=282>
- Socconini, L., & Reato, C. (2019). *Lean Six Sigma: Sistema de gestión para liderar empresas*. Barcelona, España: Marge Books. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/117568?page=183>
- Tejeira, T. (2015). *Fiabilidad y sistemas de control en la fabricación de pastas y de productos cerámicos conformados*. España: ELEARNING S.L. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=zbVWDwAAQBAJ&pg=PA341&dq=Hojas+de+control+definici%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjtud2itbr1AhUHRTABHWh8AcIQ6AF6BAGIEAI#v=onepage&q&f=true>
- Zamora, D., Guzmán, V., Cordero, M., & Sánchez, M. (2019). Madrid: ESIC EDITORIAL. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=CPO9DwAAQBAJ&pg=PT332&dq=aplicacion+del+sistema+kanban+en+un+proceso+productivo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiOrfnG3qf1AhVBSzABHagkA3MQ6AF6BAGHEAI#v=onepage&q=aplicacion%20del%20sistema%20kanban%20en%20un%20proceso%20prod>

## ANEXOS

### Análisis URKUND



#### Document Information

Analyzed document	Pérez Fernanda_Revisión Tesis Final.pdf (D140246038)
Submitted	2022-06-13T22:11:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	smvacas@utn.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	smvacas.utn@analysis.arkund.com

#### Sources included in the report

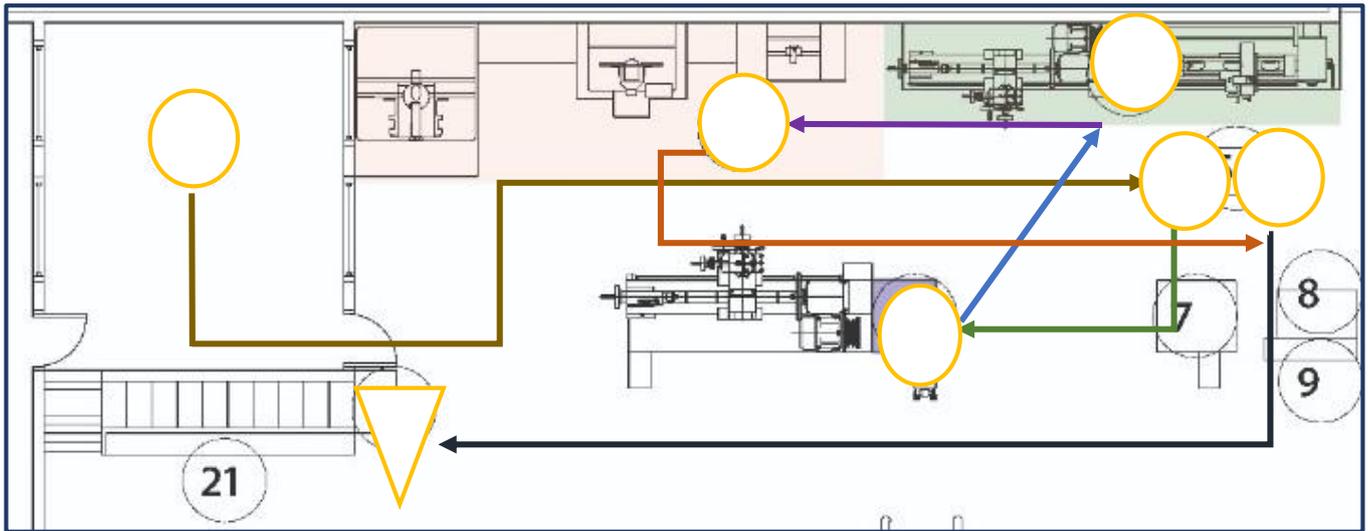
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/PLAN-NACIONAL-DE-DESARROLLO-2017-2021.compressed.pdf">https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/PLAN-NACIONAL-DE-DESARROLLO-2017-2021.compressed.pdf</a> Fetched: 2022-06-13T23:15:00.0000000		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.izertis.com/es/-/blog/lean-six-sigma-una-metodologia-aplicada-a-procesos-reales">https://www.izertis.com/es/-/blog/lean-six-sigma-una-metodologia-aplicada-a-procesos-reales</a> Fetched: 2022-06-13T23:14:00.0000000		2
<b>SA</b>	Tesis Huilcamasco - Itusaca - Medina.docx Document Tesis Huilcamasco - Itusaca - Medina.docx (D120594216)		2
<b>W</b>	URL: <a href="https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4090/REVISI%C3%93NX20DEX2OHERRAMIENTAS?sequence=3&amp;isAllowed=y">https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4090/REVISI%C3%93NX20DEX2OHERRAMIENTAS?sequence=3&amp;isAllowed=y</a> Fetched: 2022-06-13T23:14:00.0000000		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf">https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf</a> Fetched: 2022-06-13T23:14:00.0000000		9
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.eoi.es/blogs/madeon/2013/04/15/el-project-charter/">https://www.eoi.es/blogs/madeon/2013/04/15/el-project-charter/</a> Fetched: 2022-06-13T23:14:00.0000000		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.ceolevel.com/project-charter">https://www.ceolevel.com/project-charter</a> Fetched: 2022-06-13T23:15:00.0000000		2
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/">https://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/</a> Fetched: 2022-06-13T23:14:00.0000000		3
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.escuelsauropeaexcelencia.com/2018/12/analisis-de-causa-raiz-de-no-conformidades-tecnica-de-los-5-porques/">https://www.escuelsauropeaexcelencia.com/2018/12/analisis-de-causa-raiz-de-no-conformidades-tecnica-de-los-5-porques/</a> Fetched: 2022-06-13T23:14:00.0000000		6
<b>SA</b>	3813 - T2 - Chavez_Ramos - Villanueva_Doza.docx Document 3813 - T2 - Chavez_Ramos - Villanueva_Doza.docx (D114241118)		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://enciclopediaeconomica.com/factores-internos/">https://enciclopediaeconomica.com/factores-internos/</a> Fetched: 2022-06-13T23:14:00.0000000		1

URL: <https://www.redalyc.org/pdf/267/26711870008.pdf>

**Anexo 1. Encuesta al cliente**

<b>VOC - Encuesta al Cliente</b>						
<b>¿Cómo calificaría nuestro servicio de atención al cliente? (Marque con una X)</b>						
	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO	PÉSIMO	
<b>En una escala del 1 al 10, ¿Qué probabilidad hay de que nos recomiende a un amigo?</b>						
		Escriba aquí su respuesta:				
<b>¿En que necesitamos mejorar?</b>						
	Servicios	Personal	Infraestructura	Organización	Maquinaria	
<b>En una escala del 1 al 10 ¿En qué grado cumplió nuestro producto sus expectativas?</b>						
		Escriba aquí su respuesta:				
<b>En una escala del 1 al 10 ¿Cuánto esfuerzo le costó completar el pedido para la refacción de la pieza?</b>						
	Mucho	Poco	Nada			

**Anexo 2. Flujo del proceso de rectificado de pieza**



Anexo 3. Hoja de control 5's

<b>Hoja de control 5's</b>				
<b>Área de producción</b>				
<b>Clasificar</b>	<b>Cumple</b>			<b>Observaciones</b>
	<b>í</b>	<b>o</b>	<b>.A.</b>	
1. ¿Los tableros de herramientas, repuestos y demás elementos de trabajo se encuentran limpios y ordenados de acuerdo con el lugar asignado?				
2. ¿Las herramientas se vuelven a dejar en su lugar después de ser usadas?				
3. ¿Se cuenta con sitio para almacenamiento de materiales?				
4. ¿El área del puesto de trabajo está delimitada y libre de obstáculos?				
5. ¿Los artículos innecesarios están siendo almacenados?				
6. ¿En el puesto de trabajo se observan bien ubicados los elementos requeridos en el desarrollo de las actividades?				
<b>Ordenar</b>	<b>Cumple</b>			<b>Observaciones</b>
	<b>í</b>	<b>o</b>	<b>.A.</b>	

1. ¿Se dispone de los elementos, herramientas y materiales necesarios para hacer la limpieza?				
2. ¿Los estantes de herramientas están ordenados?				
3. ¿Los pisos y pasillos se encuentran libres de obstáculos?				
4. ¿Se encuentran disponibles contenedores para clasificar los desechos?				
5. ¿Los extintores se encuentran en buen estado y accesibles para su uso inmediato?				
<b>Limpiar</b>	<b>Cumple</b>			<b>Observaciones</b>
	<b>í</b>	<b>o</b>	<b>. A.</b>	
6. ¿El área de trabajo está libre de exceso de material o escombros?				
7. ¿Las máquinas se encuentran limpias y libres de escombros?				
8. ¿Los cables, toma corrientes y enchufes se encuentran ordenados y protegidos adecuadamente?				
9. ¿Existen derrames o fugas de aceite que atenten contra el ambiente y la salud de los trabajadores?				
<b>Estandarizar</b>	<b>Cumple</b>			<b>Observaciones</b>
	<b>í</b>	<b>o</b>	<b>. A.</b>	
10. ¿Se inspecciona las máquinas y herramientas antes y después de su uso?				
11. ¿Los trabajadores usan adecuadamente				
12. ¿La señalización preventiva referente a la seguridad en el área es la adecuada y se encuentra en buen estado?				
<b>Mantener</b>	<b>Cumple</b>			<b>Observaciones</b>

	í	o	.A.	
13. ¿Se entrega y se recibe el puesto de trabajo limpio y ordenado?				
14. ¿Existe una continua supervisión de la limpieza en cada puesto de trabajo?				

**Anexo 4. Tarjeta Kanban Amarilla (ROP)**

<b>KANBAN DE ABASTECIMIENTO PARA MATERIA PRIMA (ROP)</b>			
<b>DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO</b>			
<b>FECHA DE PEDIDO</b>		<b>FECHA DE ENTREGA</b>	
<b>CANTIDAD</b>		<b>NRO. DE TARJETA</b>	
<b>PROVEEDOR</b>			
<b>SOLICITADO POR:</b>			
<b>LEAD TIME</b>		<b>UBICACIÓN</b>	

**Anexo 5. Tarjeta Kanban Roja (SS)**

<b>KANBAN DE ABASTECIMIENTO PARA MATERIA PRIMA (SS)</b>			
<b>DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO</b>			
<b>FECHA DE PEDIDO</b>		<b>FECHA DE ENTREGA</b>	
<b>CANTIDAD</b>		<b>NRO. DE TARJETA</b>	
<b>PROVEEDOR</b>			
<b>SOLICITADO POR:</b>			
<b>LEAD TIME</b>		<b>UBICACIÓN</b>	

## Anexo 6. Ficha Técnica Torno Manual

Ficha técnica de Maquinaria			
<b>Realizado por:</b>	Jefe de Producción	<b>Fecha:</b>	dd / mm / aa
<b>Máquina - Equipo</b>	Torno Manual	<b>Ubicación</b>	Mecanizado
<b>Fabricante</b>	Abratools S.A.	<b>Sección</b>	Área de torneado
<b>Modelo</b>	CD6250C	<b>Código de</b>	TM_AT_1
<b>Marca</b>	Abratools	<b>Inventario</b>	
Características Generales			
<b>Peso:</b>	2020 kg	<b>Altura:</b>	1700 mm
		<b>Ancho:</b>	1120 mm
Foto de la Máquina - Equipo		Características Técnicas	
		Voltaje: 220 V; 50/60 Hz Corriente: 18 A Potencia: 10,7 HP Diámetro sobre bancada: 500mm Diámetro sobre scote: 700 mm Diámetro sobre carro: 320 mm Diámetro husillo de alimentación: 3 in Distancia entre puntos: 1500 mm Diámetro contrapunto: 90 mm Número de velocidades: 15 Rango de velocidades: 24- 1600 rpm Avance longitudinal: 25 mm/rev Avance transversal: 10 mm/rev Diámetro mandril de desplazamiento: 250 mm Número de muelas: 3 Accesorio 1: Mandril Independiente Diámetro: 320 mm Número de muelas: 4	
		<b>Fecha de mantenimiento:</b> <input type="text"/>	
<b>Observaciones:</b>          			

## Anexo 7. Ficha Técnica Fresadora Universal

Ficha técnica de Maquinaria			
<b>Realizado por:</b>	Jefe de Producción	<b>Fecha:</b>	dd / mm / aa
<b>Máquina - Equipo</b>	Fresadora universal	<b>Ubicación</b>	Mecanizado
<b>Fabricante</b>	Wilhelm Grupp	<b>Sección</b>	Área de fresado
<b>Modelo</b>	UF5	<b>Código de</b>	FU_WUF5_1
<b>Marca</b>	Wilhelm	<b>Inventario</b>	
Características Generales			
<b>Peso:</b>		<b>Altura:</b>	1800 mm
		<b>Ancho:</b>	1700 mm
Foto de la Máquina - Equipo		Características Técnicas	
		Voltaje: 220 V; 50/60 Hz Potencia: 8 HP <b>Mesa de Trabajo</b> Dimensiones: 1400x350 mm Desplazamiento en X: 330 mm Desplazamiento en Y: 1100 mm Desplazamiento en Z: 500 mm Rotación en Z: +45° hasta -45° <b>Herramienta de Corte</b> Sentido de giro: positivo y negativo <b>Modo de Trabajo:</b> Horizontal y Vertical Accesorio 1: Husillo Diámetro de husillo: 1 in Cono morse: #5 1,5°	
		Diámetro del mandril de desplazamiento: 130 mm Número de muelas: 3 Accesorio 2: Cabezal divisor Cabezal divisor: 40:1 Diámetro del husillo: 1 in Diámetro del mandril de desplazamiento: 130 mm Número de muelas: 4	
<b>Fecha de mantenimiento:</b>			
<b>Observaciones:</b>			

**Anexo 8. Ficha Técnica Suelta**

<b>Ficha técnica de Maquinaria</b>			
<b>Realizado por:</b>	Jefe de Producción	<b>Fecha:</b>	dd / mm / aa
<b>Máquina - Equipo</b>	Suelda	<b>Ubicación</b>	Mecanizado
<b>Fabricante</b>	Miller	<b>Sección</b>	Soldadura
<b>Modelo</b>	Gold Star 452	<b>Código de Inventario</b>	SD_MGS452_1
<b>Marca</b>	Miller		
<b>Características Generales</b>			
<b>Peso:</b>	183 kg	<b>Altura:</b>	762 mm
		<b>Ancho:</b>	584 mm
<b>Foto de la Máquina - Equipo</b>		<b>Características Técnicas</b>	
		<p>Voltaje de entrada: 208/220/230/240/460/480 V</p> <p>Frecuencia: 60Hz</p> <p>Potencia: 13,8 KW (18,5 HP)</p> <p>Voltaje máximo de circuito abierto: 72Vdc</p> <p>Tipo de corriente: DC</p> <p>Salida nominal: 300 A a 32 V, 60% Ciclo de Trabajo</p> <p>Rango de amperaje: 15-395 A DC</p> <p>Diámetro de carbono: 7,9 mm</p>	
<b>Fecha de mantenimiento:</b>			
<b>Observaciones:</b>			

**Anexo 9.** Ficha Mantenimiento preventivo para Torno

Ficha de mantenimiento Preventivo				
<b>Máquina</b>	Torno Manual	<b>Fecha de realización</b>		dd / mm / aa
<b>Código</b>	TM_AT_1	<b>Área</b>		Área de torneado
Inspección				
<b>Estado Actual</b>	<b>Funcional</b>	X	<b>Regular</b>	<b>No funcional</b>
Revisar		Realizado	Pendiente	Observaciones
<b>1</b>	Nivel de aceite de caja de velocidades y caja de avances	X		
<b>2</b>	Nivel de aceite de caja de engranajes de carros	X		
<b>3</b>	Funcionamiento de avances automáticos		X	
<b>4</b>	Ruidos anormales y cualquier otra anomalía		X	
Lubricar		Realizado	Pendiente	Observaciones
<b>5</b>	Guías de la bancada		X	
<b>6</b>	Árbol del carro transversal	X		
<b>7</b>	Cremallera principal del torno	X		
<b>8</b>	Eje de cilindrar		X	
Limpiar		Realizado	Pendiente	Observaciones
<b>9</b>	Polvo, viruta o cualquier otro tipo de suciedad o residuo.	X		
<b>10</b>	Limpieza general alrededor del torno	X		
<b>Realizado por:</b>		Operario de la máquina		

**Anexo 10.** Ficha Mantenimiento preventivo para Fresadora Universal

Ficha de mantenimiento Preventivo				
<b>Máquina</b>	Fresadora Universal	<b>Fecha de realización</b>		dd / mm / aa
<b>Código</b>	FU_WUF5_1	<b>Área</b>		Área de fresado
Inspección				
<b>Estado Actual</b>	<b>Funcional</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Regular</b>	<b>No funcional</b>
Revisar		Realizado	Pendiente	Observaciones
<b>1</b>	Verifica el juego del husillo porta fresas y ajusta los soportes	X		
<b>2</b>	Controla la tensión de las correas	X		
<b>3</b>	Inspeccionar las guías de la ménsula		X	
<b>4</b>	Ruidos anormales y cualquier otra anomalía		X	
Lubricar		Realizado	Pendiente	Observaciones
<b>5</b>	Suministrar aceite o grasa en los lugares que se requieran		X	
<b>6</b>	Limpiar las guías en la ménsula y aceitar levemente	X		
<b>7</b>	Retirar las manchas de aceite que puedan quedar en el piso	X		
Limpiar		Realizado	Pendiente	Observaciones
<b>9</b>	Polvo, viruta, refrigerante o cualquier otro tipo de suciedad o residuo.	X		
<b>10</b>	Las ranuras de la mesa se deben raspar con una lámina apropiada.		X	
<b>11</b>	Limpeza general alrededor de la fresadora	X		
<b>Realizado por:</b>		Operario de la máquina		

**Anexo 11. Ficha Mantenimiento preventivo para Suelta**

Ficha de mantenimiento Preventivo				
<b>Máquina</b>	Suelta	<b>Fecha de realización</b>		dd / mm / aa
<b>Código</b>	SD_MGS452_1	<b>Área</b>		Área de Suelta
Inspección				
<b>Estado Actual</b>	<b>Funcional</b>	X	<b>Regular</b>	<b>No funcional</b>
Revisar		Realizado	Pendiente	Observaciones
1	Medidas eléctricas en la bobina y evaluar su aislamiento	X		
2	Estado del cableado y verificar el estado	X		
3	El control del voltaje		X	
4	El motor del ventilador		X	
Limpiar		Realizado	Pendiente	Observaciones
9	Limpieza de superficies, contacto sulfatado	X		
10	Limpiar platinas de cable		X	
11	Limpieza general alrededor de la suelta	X		
<b>Realizado por:</b>		Técnico electrónico y electricista.		

**Anexo 12. Ficha Mantenimiento Correctivo**

Ficha de mantenimiento Correctivo					
<b>Máquina</b>	Torno Manual		<b>Fecha de realización</b>	dd / mm / aa	
<b>Código</b>	TM_AT_1		<b>Área</b>	Área de torneado	
<b>a. Reconocimiento Precedente</b>					
<b>Descripción del problema</b>					
1					
2					
3					
<b>Soluciones del problema</b>					
1					
2					
3					
<b>b. Repuestos usados por Mantenimiento Correctivo</b>					
	Descripción			Cantidad	
1					
2					
3					
<b>c. Ejecución de Mantenimiento</b>					
Número	Hora				Responsable
	Solicitada	Inicio	Fin	De Mnto	
Observaciones:					

Anexo 13. Cronograma de implementación TPM

Cronograma de implementación del TPM							Calendario																												
							Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				
Ítem	Máquina	Tema	Responsable	Estado	Frecuencia	Fecha inicio	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	
1	TORNO	Inspección visual	Operario encargado de la máquina	Pendiente	Mensual	1-mar																													
2	TORNO	Revisar el sistema de trasmisión en torno.	Operario encargado de la máquina	Pendiente	Semanal	4-mar																													
3	TORNO	Reemplazar bandas en torno.	Operario encargado de la máquina	Pendiente	Trimestral	4-mar																													
4	FRESADORA	Inspección visual	Operario encargado de la máquina	Pendiente	Mensual	1-mar																													
5	FRESADORA	Cambiar insertos de corte.	Operario encargado de la máquina	Pendiente	Mensual	2-mar																													
6	SUELDA	Inspección visual	Operario encargado de la máquina	Pendiente	Mensual	1-mar																													
7	SUELDA	Cambiar el material dañado.	Operario encargado de la máquina	Pendiente	Semanal	7-mar																													

## Anexo 14. Proceso productivo rectificado de pieza



Proceso Soldadura (preparación de herramientas)



Proceso de torneado



Proceso de fresado



Ensamblaje

**Anexo 15. Instalaciones de la empresa.**



Oficina - Recepción



Área de torneado y fresado



Área de corte y ensamble



Área de producto terminado