



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO DE  
FABRICACIÓN DE TROQUELES ROTATIVOS E INCREMENTAR LA RENTABILIDAD  
MEDIANTE EL ESTUDIO DE TIEMPOS Y UN ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN, EN UNA  
EMPRESA TROQUELADORA EN CHIMALTENANGO, GUATEMALA**

**Luis Adolfo Alvarado Samayoa**

Asesorado por el MSc. Lic. Julio Otoniel Roca Morales

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO DE FABRICACIÓN DE TROQUELES ROTATIVOS E INCREMENTAR LA RENTABILIDAD MEDIANTE EL ESTUDIO DE TIEMPOS Y UN ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN, EN UNA EMPRESA TROQUELADORA EN CHIMALTENANGO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS ADOLFO ALVARADO SAMAYOA**

ASESORADO POR EL MSC. LIC. JULIO OTONIEL ROCA MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADORA	Inga. Rosa Amarilis Dubón Mazariegos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO DE FABRICACIÓN DE TROQUELES ROTATIVOS E INCREMENTAR LA RENTABILIDAD MEDIANTE EL ESTUDIO DE TIEMPOS Y UN ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN, EN UNA EMPRESA TROQUELADORA EN CHIMALTENANGO, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha noviembre 2015.



Luis Adolfo Alvarado Samayoa



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226**



**AGS-MGIPP-0004-2016**

Guatemala, 07 de marzo de 2016.

Director  
 Ing. Juan José Peralta Dardón  
 Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
 Presente.


Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Luis Adolfo Alvarado Samayoa** carné número **2011 13954**, quien optó la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.


Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

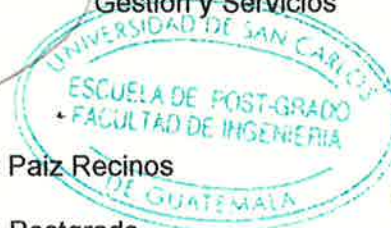
Sin otro particular, atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
 MSc. Lic. Julio Otoniel Roca Morales  
 Asesor (a)

*Lic. MSc. Julio Otoniel Roca Morales*  
 Contador Público y Auditor  
 Colegiado No. 8075

  
 MSc. Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola  
 Coordinadora de Área  
 Gestión y Servicios



  
 MSc. Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos  
 Director  
 Escuela de Estudios de Postgrado

Cc: archivo  
 /ec



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO DE FABRICACIÓN DE TROQUELES ROTATIVOS E INCREMENTAR LA RENTABILIDAD MEDIANTE EL ESTUDIO DE TIEMPOS Y UN ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN, EN UNA EMPRESA TROQUELADORA EN CHIMALTENANGO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Adolfo Alvarado Samayoa**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón  
**DIRECTOR**

**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**



Guatemala, marzo de 2016.

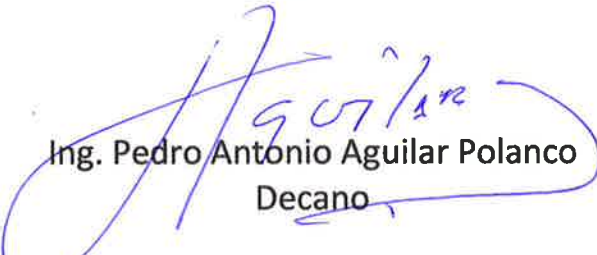
/mgp



DTG. 132.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO DE FABRICACIÓN DE TROQUELES ROTATIVOS E INCREMENTAR LA RENTABILIDAD MEDIANTE EL ESTUDIO DE TIEMPOS Y UN ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN, EN UNA EMPRESA TROQUELADORA EN CHIMALTENANGO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Adolfo Alvarado Samayoa**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, abril de 2016

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por nunca desampararme y estar a mi lado en todo momento y guiar mi vida por el buen camino.
<b>Mi mamá</b>	Elizabeth Samayoa, por ser un ejemplo de vida, mujer luchadora y que gracias a sus esfuerzos costó mi carrera universitaria.
<b>Mi papá</b>	Luis Armando Alvarado Rojas, (q. e. p. d.), por enseñarme a ser un hombre de bien, luchador, honesto, honrado y por sacrificarse durante toda su vida por brindarme una educación ejemplar.
<b>Gabriela Marroquín</b>	Ya que desde el inicio hasta el fin, fue un apoyo al momento de estudiar, animarme y demás situaciones que me confortaron y me animaron a seguir.
<b>Familia</b>	Por sus buenos deseos.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por estar presente en mi vida y su infinita bondad y misericordia.
<b>Mi mamá</b>	Elizabeth Samayoa, por sus incontables esfuerzos, sacrificios, apoyo, consejos y regaños.
<b>Mi papá</b>	Luis Armando Alvarado Rojas (q. e. p. d.), por sus enseñanzas, valores y coraje ante la vida que inculcó en mí y que desde su partida han sido mi guía para ser quien soy hoy en día.
<b>Gabriela Marroquín</b>	Por sus consejos, apoyo y amor incondicional.
<b>Familia</b>	Por sus buenos deseos.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
RESUMEN.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	IX
1. ANTECEDENTES .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
2.1. Descripción del problema .....	5
2.2. Formulación del problema .....	5
2.2.1. Pregunta central .....	5
2.2.2. Preguntas secundarias .....	6
2.3. Delimitación del problema .....	6
2.3.1. Viabilidad .....	6
2.3.2. Consecuencias .....	7
3. JUSTIFICACIÓN .....	9
4. OBJETIVOS .....	11
5. ALCANCE .....	13
5.1. Necesidades a cubrir y esquema de solución .....	14
6. MARCO TEÓRICO.....	15
6.1. Empresas de troqueles.....	15
6.2. Descripción del sector económico .....	15

6.3.	Empresas en Guatemala.....	16
6.4.	Troqueles rotativos.....	16
6.4.1.	Aplicación.....	17
6.4.2.	Materias primas utilizadas para su fabricación.....	17
6.4.3.	Cuidados.....	22
6.5.	Rentabilidad.....	23
6.5.1.	Descripción.....	23
6.5.2.	Formas de medirla.....	23
6.6.	Estudio de tiempos.....	24
6.6.1.	Componentes.....	24
6.6.2.	Equipo necesario para estudiar un estudio de tiempos.....	26
6.7.	Análisis de operación.....	27
6.7.1.	Condiciones actuales del trabajo.....	29
6.7.2.	Maquinaria utilizada actualmente.....	30
6.7.3.	Descripción del proceso actual.....	32
6.7.4.	Forma de almacenamiento gradual.....	36
6.7.5.	Indicadores del departamento.....	36
7.	PROPUESTA DE ÍNDICE.....	39
8.	MARCO METODOLÓGICO.....	43
8.1.	Diseño de investigación.....	43
8.2.	Tipo de estudio.....	43
8.3.	Variables e indicadores.....	44
8.3.1.	Variables.....	44
8.3.2.	Indicadores.....	45
8.4.	Fases.....	46

8.4.1.	Análisis de la operación y costos de fabricación de troqueles .....	46
8.4.2.	Diseñar las condiciones ergonómicas necesarias para realizar el trabajo productivamente.....	47
8.4.3.	Revisar el plan de capacitaciones, competencias y habilidades de los operadores .....	47
8.4.4.	Resultados esperados .....	48
8.4.5.	Plan de muestreo.....	49
9.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	51
9.1.	Técnicas de recolección de datos .....	51
9.2.	Técnicas de interpretación de datos.....	51
9.3.	Depuración de datos .....	52
9.4.	Técnicas de presentación de datos .....	52
10.	CRONOGRAMA .....	53
11.	FACTIBILIDAD .....	57
11.1.	Recursos .....	57
12.	PRESUPUESTO .....	61
	BIBLIOGRAFÍA.....	63
	APÉNDICES .....	67

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Sisa de cabeza cuadrada .....	18
2.	Sisa cabeza redonda .....	19
3.	Pleca .....	19
4.	Vista en planta del departamento .....	28
5.	Diagrama de flujo .....	33
6.	Colocación plecas del troquel.....	35
7.	Cronograma.....	54

### TABLAS

I.	Flautas .....	20
II.	Altura óptima de flauta .....	20
III.	Tipos de <i>pads</i> .....	21
IV.	Presupuesto .....	61

## RESUMEN

Actualmente se vive en un mundo en donde las industrias compiten en un mar rojo, el cual no tiene piedad y sin duda alguna, saca del mercado a las empresas que no tienen las fortalezas necesarias para permanecer en el mismo. Por otro lado están los clientes y la necesidad que los mismos requieren en los productos que consumen diariamente. Es por eso que día con día las empresas tienen que ingeniárselas para ser más competitivas en el mercado, eficientes en sus procesos, mejorar sus servicios y sobre todo satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes.

En el presente trabajo se muestra la situación de una empresa dedicada a la fabricación de troqueles rotativos, en la cual se pretende mejorar su rentabilidad por medio de la optimización de tiempos de fabricación, un estudio de tiempos de los procesos críticos y un análisis de la operación. El estudio se llevará a cabo en la ciudad de Chimaltenango, Guatemala, en el Departamento de Producción.

La finalidad del proyecto es mejorar las ganancias de la empresa y que la misma pueda trabajar de forma productiva. Esto debido a los problemas que actualmente se tienen como falta de equipo, mano de obra no capacitada, mala distribución y mal diseño de planta, entre otros.



## INTRODUCCIÓN

Fernandez (1984) afirma que a partir de la revolución industrial que tuvo sus inicios a mediados del siglo XVIII, el mundo de los negocios sufrió un cambio radical en donde las máquinas remplazaron la mano del hombre. Esto hizo los trabajos realizados por el hombre en menor tiempo, menor costo y en muchos casos, fabricaban productos de mejor calidad. Con esta innovación las empresas pudieron automatizar sus procesos, creando producciones continuas, haciendo esto que las ganancias se elevaran y los costos disminuyeran. Con el pasar de los años desde ese lejano siglo XVIII, la tecnología fue el nuevo auge de los productores. Por ello cada vez la fabricación de productos necesitaba menos el contacto con el ser humano y se fabricaban en tiempos inimaginables.

El fenómeno de la industrialización en Guatemala no fue la excepción y dentro de las empresas emprendedoras surgió una empresa dedicada a la fabricación de troqueles rotativos. Esta cuenta con la tecnología básica para brindar calidad total a los clientes, manejando altos estándares y rigurosas inspecciones de calidad. Cada uno de los departamentos de la empresa están orientados a mantener en control en sus procesos y operaciones.

Dentro de la empresa se fabrican cada uno de los troqueles que los clientes necesitan para que sus productos puedan llevar las formas necesarias y requeridas. A la empresa le corresponde la restauración, limpieza y fabricación de los troqueles. Este trabajo por lo tanto es completo y a la vez complicado. En la empresa se llevan a cabo con el uso de máquinas especialmente diseñadas para la fabricación de dichos troqueles.



Este tipo de troqueles tienen un alto costo de fabricación en la industria, el tiempo de fabricación de un troquel varía entre 50 a 90 horas dependiendo de los acabados que la caja necesite y del tamaño de dicho troquel. Este tiempo significa valor en dinero para la empresa ya que se está pagando mano de obra, energía eléctrica, materia prima, entre otros.

Por lo anterior el beneficio para la empresa al llevar a cabo el estudio se verá reflejado en la reducción de dichos tiempos de fabricación de troqueles haciendo uso de herramientas estadísticas, financieras, entre otras. Se analizarán todas las alternativas y utilizarán los diagramas, conceptos y demás conocimientos que puedan brindar a la empresa una reducción de los tiempos de fabricación de troqueles y así promover una mejora significativa en costos de producción al ahorrar tiempos de fabricación.

Todas estas mejoras se investigarán y dividirán en tres capítulos. El primero de ellos contiene las características actuales que posee el proceso de fabricación, como materias primas utilizadas, tiempos actuales de fabricación, indicadores actuales, condiciones ergonómicas de los trabajadores, mantenimientos, almacenamientos y demás características. Las mismas se consideran importantes y se deben tomar en cuenta ya que, generan valor a la investigación.

En el segundo capítulo se estructurarán las condiciones idóneas en cuanto a ergonomía se refiere, para que los trabajadores puedan sentirse cómodos al realizar sus actividades diarias. Con esto se pretende motivarlos para que realicen un trabajo productivo e inconscientemente mejoren los tiempos de fabricación y la productividad de la empresa y utilidades se incrementen.

Por último, en el tercer capítulo, se pretende examinar las habilidades técnicas y los conocimientos teóricos de cada uno de los operadores del departamento. Esto para generar planes de capacitación y que el personal no solo realice un trabajo en los tiempos deseados, sino utilicen las técnicas correctas y métodos adecuados en la fabricación de troqueles. Esto se llevará a cabo con la finalidad de brindar a los clientes troqueles de alta calidad y sobre todo que los tiempos de vida de los mismos se alarguen, siempre que se utilicen de manera correcta.

## 1. ANTECEDENTES

Sagastume (1996) expuso su tesis doctoral con nombre *Diseño de manual para elaborar troqueles de cajas de cartón*. Él diseñó un manual sobre cómo elaborar troqueles planos, incluyó aspectos sumamente importantes como los tipos de máquina troqueladora que existen, las piezas que componen un troquel y ciertas especificaciones que hablan sobre el proceso en sí del troquelado.

En su oportunidad la idea surgió por la necesidad de dejar un manual para el curso de la Facultad de Arquitectura *Procesos de Reproducción II*, se logró imprimir un ejemplar de prueba. Este contenía los datos más importantes sobre el diseño de empaques y especificaciones básicas sobre troqueles y su composición.

Mérida (2010) propuso el tema *Proceso de fabricación de moldes de troquel, en la industria de fabricación de cajas plegadizas*. Este como trabajo de graduación, el cual consistía en describir detalladamente cómo se componía un troquel plano, cuáles eran los requisitos para la fabricación de los troqueles, tipo de plecas utilizadas en cada tipo de caja, las diferencias entre sisas, cortes y punteado, entre otros datos.

Todo esto se llevó a cabo mediante observaciones, diagramas de operaciones, mediciones de los tóqueles, y otros. El proyecto llegó a la etapa de planeación de la implementación en el cual el hizo diagramas de actividades sobre las capacitaciones que deberían tener los trabajadores de los troqueles, cronograma de mantenimiento, entre otros.

Hernandez y Alcántar propusieron el tema *Diseño y fabricación de un troquel para la manufactura de caratulas de pedales*, como tema de tesis en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica. Documento en el que se puede apreciar las técnicas y bases generales que son aplicadas para la fabricación de troqueles en general. En el mismo documento se muestran las materias primas óptimas necesarias para fabricar troqueles de calidad y evitar fracturas en la madera y plecas. Los ingenieros realizaron la comparación de utilizar equipo propio o de utilizar el método de leasing, para minimizar costos. (Hernandez & Alcántar, 2008).

Castillo (2001) propuso su tesis con el nombre *Desarrollo de una nueva técnica de diseño de troqueles de alta velocidad para producir laminación rotor-estator grapado* para optar al título de maestro. El ingeniero Castillo afirma que los tiempos de troquelado se reducen considerablemente si se tienen programas en computadora en donde se pueden hacer los planos preliminares del troquel, ya que es aquí donde permite evidenciar y ajustar los desfases que se crean por la curva de la concha. También indicó la necesidad de utilizar maderas de maple para obtener un troquel duradero y que soporte los golpes que constantemente reciben los troqueles. Esto por las características únicas que la madera de maple posee en cuanto a su flexibilidad y resistencia a la fatiga.

Marín (2002) publicó un artículo para la revista Metal Actual con el nombre *Troqueles y troquelado para la producción de grandes series de piezas*. En él se afirma que cuando se construye un troquel es necesario tomar en cuenta cuatro aspectos de suma importancia: trabajo a realizar, características de la prensa, material a troquelar y número de piezas a producir. A medida que aumentan los requerimientos del trabajo, la capacidad de las prensas, las exigencias de los materiales y la necesidad de producir más y mejor, también

se conciben para diseños de troqueles con mayor complejidad y desarrollo. En ese sentido, los troqueles se pueden clasificar en simples, compuestos y progresivos. Siendo los simples los troqueles que solo realizan un corte por golpe y los compuestos realizando dos o más operaciones por golpe y por último, los progresivos en donde la complejidad del corte va aumentando conforme el tiempo.



## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Este se identifica en la baja rentabilidad de la empresa debido al tiempo en que se incurre al fabricar un troquel. Lo anterior genera costos elevados de producción e impide que el sistema de producción de la empresa sea flexible.

### **2.1. Descripción del problema**

Estos tiempos excesivos de producción y falta de rentabilidad se deben a: la mala distribución de mobiliario y maquinaria que se posee en el departamento. Además de la falta de tecnología para doblar, cortar y puentear las placas y las condiciones en que los operadores trabajan (ruido molesto y calor intenso).

### **2.2. Formulación del problema**

Se presentan la pregunta central y las secundarias que se emplean para dicha investigación.

#### **2.2.1. Pregunta central**

¿Al llevar a cabo un estudio de tiempos de la fabricación de troqueles y un análisis de la operación, se puede mejorar la rentabilidad de la empresa?

### **2.2.2. Preguntas secundarias**

- ¿De qué manera repercuten los tiempos extensos de fabricación de troqueles en la rentabilidad de la empresa?
- ¿Cuentan los operadores con las condiciones laborales y herramientas necesarias para realizar su trabajo productivamente?
- ¿Tienen la capacitación y habilidades necesarias los trabajadores para realizar las tareas que el proceso de producción de troqueles requiere?

### **2.3. Delimitación del problema**

El estudio del problema se realizará en una empresa dedicada a fabricar troqueles rotativos en la ciudad de Chimaltenango durante el periodo aproximadamente de un año (mayo 2015 a julio 2016). Esto se hará dentro de los cursos de seminario uno a semanario tres, correspondientes a la Maestría en Gestión Industrial.

#### **2.3.1. Viabilidad**

Para llevar a cabo dicho estudio se tiene acceso a la información necesaria para realizar el análisis. Se pretende realizar un acercamiento directo con el proceso y observar cómo funciona cada una de las máquinas y sobre todo observar cuáles son las operaciones en donde los trabajadores se tardan más tiempo y repercuten en las ganancias.

La investigación será costeadada por el investigador a cargo.



### **2.3.2. Consecuencias**

Todo este análisis se realizará por medio del estudio de tiempos, graficas de control, y demás herramientas que vayan surgiendo para evidenciar cualquier tipo de oportunidad.

El disminuir los tiempos de fabricación de troqueles representará un ahorro significativo para la empresa. Con ello mejorará los indicadores y permitiendo tener un aumento en las ganancias de la misma. Los costos directos e indirectos de producción se reducirán, ya que el trabajo se realizará eficientemente.



### **3. JUSTIFICACIÓN**

El presente estudio se sustenta en la línea de investigación de producción, ya que con el mercado tan cambiante, la innovación de los productos y la competencia que las demás empresas ejercen sobre el mercado, es necesario un sistema de producción flexible. La necesidad de optimizar los tiempos de fabricación es una característica que muchas empresas necesitan para tener un proceso de producción ideal. Esto porque los productos pueden ser de la mejor calidad, pero si no se cumple con los pedidos en el tiempo solicitado, la empresa queda mal vista y es ahí donde se comienzan a perder clientes y es ahí donde las empresas se comienzan a ver en aprietos.

La optimización de tiempos es un arma sumamente útil para crecer como ingeniero y su impacto se duplica si se habla de un mercado tan reducido como es, la fabricación de troqueles. Los troqueles son producto de la ingeniería en todo sentido de la palabra, desde la fabricación de la materia prima, hasta su colocación en las máquinas troqueladoras. Por lo que se incluyen las palabras optimizar y tiempos, en el título del trabajo de investigación, encerrando dichas palabras, campos en donde un ingeniero se puede desarrollar brindando lo mejor de sí para innovar y llevar una empresa al éxito.

Al disminuir los tiempos en la fabricación de troqueles, la empresa puede tener una competitividad mucho mayor en el mercado nacional e internacional. Esto genera mayores utilidades para la misma.

Los beneficios de llevar a cabo esta investigación se verán reflejados en las ganancias e incremento de la rentabilidad de la empresa, ya que con el

mismo personal pero haciendo los procesos de la forma correcta y en los debidos tiempos, la productividad aumentará y la empresa ganará.

## **4. OBJETIVOS**

### **General**

Proponer la mejora para optimizar el tiempo de fabricación de troqueles rotativos e incrementar la rentabilidad de la empresa mediante un estudio de tiempos y un análisis de la operación.

### **Específicos**

1. Analizar los costos de fabricación en los que se incurren al fabricar los troqueles de la manera actual.
2. Diseñar las condiciones ergonómicas necesarias para realizar el trabajo productivamente.
3. Revisar el plan de capacitación, competencias y habilidades de los operadores.



## **5. ALCANCE**

El presente trabajo se concibe en una investigación explicativa. Busca detallar y explicar las características y procesos de la fabricación de troqueles, determinar las variables y los posibles problemas. Además deducir oportunidades de mejora las cuales se vean reflejadas en las utilidades de la empresa. El objetivo principal de esta investigación es minimizar los tiempos de fabricación de troqueles midiendo y recaudando la información necesaria a fin de describir las variables involucradas y detectar las oportunidades de mejora descritas anteriormente.

La investigación posee un alcance técnico que pretende realizar el estudio utilizando diferentes herramientas y técnicas de la ingeniería que han demostrado ser una solución para los problemas identificados. Dentro de estas herramientas resalta el estudio y análisis de tiempos, ya que es una técnica que permitirá determinar los posibles cuellos de botella y presentar las soluciones para eliminarlos y realizar la fabricación de troqueles en un tiempo menor, utilizando la misma cantidad de insumos y recursos. El resultado se presentará a la gerencia general en forma de propuesta para que ellos evalúen aspectos de inversión mayor, tales como compra de maquinaria, redistribución del departamento, entre otros.

Los resultados esperados no harán notorias al incrementar las ganancias de la empresa, mediante la optimización de los procesos de fabricación de troqueles, redistribución del departamento y demás oportunidades de mejora, derivados del estudio de tiempos y el análisis de la operación. Los beneficiados serán los dueños de la empresa, ya que una productividad puede subir de tres

formas: bajar insumos y subir producción, subir producción y bajar insumos y que los insumos sigan igual y la producción suba. La propuesta de mejora se encierra en esta última, ya que con la misma gente y personal se pretende agilizar el proceso y realizar mayor cantidad de troqueles en menos tiempo y con la misma cantidad de personal.

### **5.1. Necesidades a cubrir y esquema de solución**

Dentro de la investigación se solventará la falta de equipo de protección y maquinaria o herramientas de trabajo que necesitan los colaboradores, para ejecutar las tareas diarias y realizar un trabajo de calidad en tiempos óptimos para la empresa. La investigación contará con tres fases en las cuales se les dará solución a los problemas encontrados. En la primera se investigarán, documentarán y estudiarán las técnicas y métodos que la empresa ha utilizado para fabricar troqueles, con el fin de determinar y mejorar sus técnicas de fabricación. En la segunda se diseñarán las condiciones ergonómicas que los trabajadores necesitan para realizar el trabajo productivamente y generar un ahorro de tiempos en la fabricación. Y por último, en la tercera fase, se revisará el plan de capacitaciones, competencias y habilidades de los operadores, con el fin de mejorar el desempeño de los mismos.

El estudio y las propuestas de mejora se llevarán a cabo por medio de técnicas ingenieriles. Estas son: la toma de tiempos, gráficas de control, evaluaciones por pares, entrevistas y demás herramientas que vayan surgiendo para evidenciar cualquier tipo de oportunidad de mejora.



## **6. MARCO TEÓRICO**

### **6.1. Empresas de troqueles**

Las empresas productoras de troqueles son instituciones que se dedican a fabricar productos hechos a base de madera, metal y gomas, se conocen como troqueles. Son utilizados por otras industrias para la transformación de materias.

Estas empresas regularmente trabajan para el sector de papel y cartón, ya que en estas industrias los troqueles son fundamentales para transformar las láminas de papel y cartón en cajas o empaques.

### **6.2. Descripción del sector económico**

Las empresas productoras de troques son muy pocas en el país, debido a lo caro de la maquinaria y a la poca demanda que tienen los troqueles.

Producir un troquel lleva aproximadamente tres días sin contar los materiales que se utilizan en la fabricación. Las maderas, las plecas, y los *pads* o esponjas se utilizan para fabricar un troquel. Los materiales deben ser específicos y de la mejor calidad.

Fabricar un troquel de complejidad promedio artesanalmente (sin maquinaria CNC), tiene un costo aproximado de diez mil quetzales.

En países tales como España y Colombia, el mercado y la demanda de los troqueles es alta. Estos países son pioneros en la fabricación de cajas de cartón por lo que es fundamental utilizar, los troqueles.

Estos troqueles tienen un tiempo de vida definido por lo cual es indispensable darles cierto mantenimiento por el desgaste que sufren las plecas con la fatiga de cada corte. Por ello, las empresas tienen una brecha de oportunidad al reparar estos troqueles y generar ingresos para la misma.

### **6.3. Empresas en Guatemala**

En Guatemala la mayoría de empresas que utilizan troqueles rotativos poseen su propio taller y prefieren invertir en maquinaria, capacitación y materia prima, en lugar de mandar a fabricar con terceros los troqueles. Empresas dedicadas exclusivamente a la fabricación de troqueles solo hay cinco, y están ubicadas, la mayoría, en la ciudad de Guatemala.

### **6.4. Troqueles rotativos**

Estos pueden ser planos y rotativos. En la empresa se dedican a fabricar troqueles rotativos, estos son más eficientes al momento de trabajar, ya que pueden fabricar mayor cantidad de unidades troqueladas en menos tiempo. La debilidad de estos troqueles se puede observar a la hora de la definición y calidad de troquelado, aunque ya existen plecas que brindan una mejor definición, la calidad en definición de un troquel rotativo no se puede comparar con la de un troquel plano.

#### **6.4.1. Aplicación**

Estos troqueles, en su mayoría, son utilizados para fabricar materiales de empaque, producidos con papel o cartón corrugado. Están diseñados para sisar y cortar materiales con durezas moderadas, debido a su estructura y los materiales que se utilizan en su fabricación.

#### **6.4.2. Materias primas utilizadas para su fabricación**

- Plecas: las plecas son láminas de acero las cuales tienen como función darle forma a las láminas de cartón para formar las cajas y hacer posible sus diferentes diseños. En la empresa, las plecas están divididas en tres grandes grupos: de corte, de sisa y de perforado.

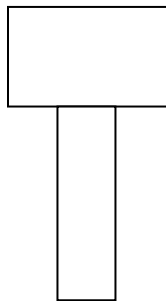
Las plecas de corte tiene la función de cortar el material que requiere troquelas y darle forma al producto final. Estas plecas pueden tener un grosor de dos a cuatro puntos; regularmente si la pleca es de dos puntos es para troquel plano y si la pleca es de 4 puntos es para troquel rotativo

Las plecas de corte también están divididas por la forma en la que cortan el cartón y el diseño de los dientes. En la empresa se manejan dos tipos:

- *Eurocut*, la cual sirve para realizar cortes ondulados y por consiguiente tiene picos ondulados.
- *Cleancut*, realiza suajes en cajas y automáticamente limpia las mismas, evitando con este tipo de plecas productos finales defectuosos. Este tipo de pleca tiene dientes puntiagudos y por un lado de la pleca está totalmente lisa, que es la cualidad que permite que limpie automáticamente cuando está troquelando.

También en el departamento se manejan plecas de sisa, las cuales tienen como función principal hacer sisas y permitir que las cajas se puedan doblar. Existen dos tipos: sisas de cabeza redonda y cabeza cuadrada, la forma de estas sisas se muestra a continuación:

Figura 1. **Sisa de cabeza cuadrada**

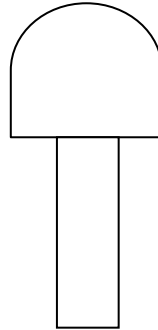


Fuente: elaboración propia.

La imagen mostrada en la figura es una sisa de cabeza cuadrada. Estas pueden ser de 4 puntos de grosor en la parte inferior y 6 puntos de grosor en la parte superior (en el cuadrado). También se trabaja con sisas cuadradas de 4 puntos de grosor en la parte inferior y 8 puntos de grosor en la parte superior. Este tipo de sisas cuadradas están diseñadas para hacer dobleces más pronunciados y que el empaque se pueda doblar mejor.

La diferencia que existe entre las sisas de cabeza cuadrada y la sisa de cabeza redonda es el diseño de la cabeza. En las sisas redondas en la parte superior en vez de tener un cuadrado tienen una forma ovalada como se muestra en la siguiente figura:

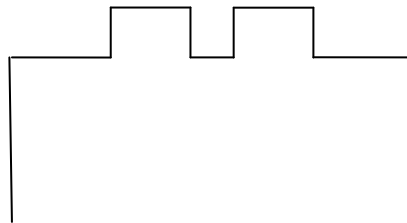
Figura 2. **Sisa cabeza redonda**



Fuente: elaboración propia.

Y por último y no menos importante están las placas de perforado, las cuales perforan los materiales cuando los diseños así lo requieren. El grosor de estas también es de tres a cuatro puntos y se clasifican por el tipo de diente: existe el aserrado el cual tiene pequeños picos en cada sierra y por otro lado está la liza. Este tipo de placa también se clasifica por la separación entre sierra y sierra, las cuales pueden ser: de 1/4, 1/8, y 1/16 de pulgada.

Figura 3. **Pleca**



Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que el tipo de pleca y grosor de la misma es determinante para troquelar cualquier material y principalmente el cartón. Se tiene que respetar los diferentes tipos de flauta y tratar de trabajar los troqueles con las siguientes especificaciones:

Tabla I. **Flautas**

<b>Tipo de flauta</b>	<b>Cantidad de dientes/pulgada</b>
C, BC	8
C	12
E	20

Fuente: elaboración propia.

Existe otro tipo de especificación en cuanto a la altura óptima que debe existir entre la madera del troquel y la parte más alta de la pleca. Esta se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla II. **Altura óptima de flauta**

<b>Tipo de flauta</b>	<b>Altura (mm)</b>
C	24
BC	12
E	25

Fuente: elaboración propia.

- *Pads*: son pequeñas esponjas que se colocan entre las plecas, fijadas a la madera del troquel por un adherente. Existen dos razones fundamentales por las cuales se utilizan en el proceso:
  - Expulsar la basura de los suajes
  - Expulsar la caja del troquel.

Dentro de la empresa se operan con varios tipos de *pads* dentro de los que cabe mencionar:

Tabla III. **Tipos de *pads***

<b>Nombre</b>	<b>Medidas (Plg)</b>	<b>Descripción</b>
<i>Pad</i> negro de celda cerrada	1 x 1	Se coloca dentro de los suajes. Esto con el fin de expulsar la basura de los mismos. Su consistencia es dura con el fin de que expulse cualquier tipo de basura.
<i>Pad</i> negro de celda abierta	1 x ¾	Son utilizadas únicamente en las plecas de corte.
<i>Pad</i> verde gorrilla	3/8 x 3/4	Su función es evitar que las sisas de los troqueles rotativos revienten la caja al momento de aplicarles presión y troquelar.
<i>Pad pur</i> amarillo <i>closed</i>	1/2 x 1/2	Son utilizados únicamente en las plecas de perforado.
<i>Pad</i> beige	1/2 x 3/4	Es utilizado únicamente en sisas. Su sustituto puede ser el <i>pad</i> verde gorrilla.
<i>Pad</i> hexagonal	5/8 x ¾	Su usa para las cuchillas de corte de los troqueles con diámetros de concha pequeños.

Fuente: elaboración propia.

- Madera: la madera de la cual están hechas las conchas de los troqueles, es el maple norteamericano. Esta madera se da en Estados Unidos, desde el centro hasta las fronteras canadienses.
  - El maple es una de las maderas norteamericanas más valoradas y codiciadas en todo el mundo debido a las propiedades que posee. A la fecha se han registrado doce especies que crecen en Norteamérica siendo el Sugar Maple la especie con mayor número de ejemplares.

#### **6.4.3. Cuidados**

Los troqueles rotativos necesitan de ciertos cuidados que las personas regularmente olvidan.

Dentro de estos cuidados está: el cambiar los *pads* cada cierto tiempo, ya que los mismos permiten y aseguran que el troquel no se golpee con el *cover* que protege al anillo donde la pleca rebota al momento de hacer el corte.

También hay que tomar en cuenta la forma de almacenarlos, ya que no pueden estar almacenados uno sobre de otro o entarimados ya que se abren y la distorsión es mayor.

El cuidado al trasportarlos es fundamental para que las plecas se mantengan firmes y no se caigan dentro de la maquina troqueladora al momento de estar trabajando. Es recomendable contar con carros trasportadores para que no se arrastren y dañe inclusive la madera.



## **6.5. Rentabilidad**

A continuación se explica la rentabilidad del proyecto.

### **6.5.1. Descripción**

Amstead (1999) indica que la rentabilidad no es más que la forma en que una empresa utiliza sus recursos para convertir materias primas en bienes de manera efectiva y eficaz, los cuales posteriormente dejan una ganancia a la empresa por su venta. Una empresa puede ser rentable cuando los gastos de merma y demás son mínimos y se genera la máxima ganancia con la menor cantidad de insumos.

### **6.5.2. Formas de medirla**

Según Garcia (1998) existen varias formas de medir la rentabilidad:

- Rentabilidad económica: “La rentabilidad económica se puede calcular si se conocen exactamente las ganancias” (Evans, 2015 p. 237). El total de pasivo o en su defecto el total de activo como medida de recursos empleados para generar los bienes:

$$\text{Rentabilidad} = \text{ganancias} / \text{total activo o total pasivo}$$

La ganancia es igual al total de los ingresos de la empresa menos todos los costos en los que se incurrió al llevar a cabo la comercialización y producción de los bienes. Es importante que a la ganancia no se le reste los intereses de la deuda, impuestos y demás costes financieros de la misma índole.

- Rentabilidad financiera: es muy parecida al cálculo de la rentabilidad económica. En este cálculo se utiliza como dividendo las ganancias y como divisor los fondos propios de la empresa, que no es más que el capital más las reservas.

### **Rentabilidad=ganancias/fondos propios**

También se le conoce con el nombre de rentabilidad neta o rentabilidad de los fondos propios, debido al divisor utilizado.

## **6.6. Estudio de tiempos**

Niebel (1990) indica que es una técnica que devuelve un tiempo estándar de fabricación mediante un número de determinado de observaciones limitado. Este tipo de estudio se utiliza en nuevas operaciones a desarrollarse, cuando una operación es muy tardada, cuando hay un cuello de botella, cuando se quiere implementar un método de incentivos por metas, cuando se detectan bajos rendimientos, entre otros.

### **6.6.1. Componentes**

- Preparación
  - Seleccionar el tipo de operación
  - Se selecciona trabajador en que se realizará la medición
  - Observar la actitud del trabajador
  - Analizar el método de trabajo
- Ejecución
  - Se procede con la obtención y registro de la información.

- Se tiene que descomponer la tarea en sus elementos con mayor importancia.
- Cronometrar.
- Se procede a calcular el tiempo observado por medio de fórmulas ya establecidas.
  
- Valoración
  - Se procede con el cálculo del ritmo normal del trabajador promedio.
  - Se emplea la tabla de valoración.
  - Y por último se obtiene el tiempo base.
  
- Suplementos
  - Se analizan las demoras que pueda tener el proceso.
  - Se realiza el estudio para analizar la fatiga que causa la naturaleza del trabajo.
  - Y se procede con el cálculo de suplementos al cual se le agregan las tolerancias.
  
- Tiempo estándar
  - Se procede a calcular el error de tiempo estándar.
  - Se calcula la frecuencia de todos los elementos bajo estudio.
  - Se determinan los tiempos de interferencia.
  - Y por último se procede con el cálculo del tiempo estándar.

### **6.6.2. Equipo necesario para estudiar un estudio de tiempos**

- Tabla para estudio de tiempos: es uno de los equipos indispensables y de más uso para medir tiempos. Esta tabla puede estar fabricada a base de madera o plástico duro en donde se coloca una hoja donde se hacen las anotaciones correspondientes y se escriben los tiempos cronometrados. A esta tabla se le puede colocar un cronometro en la parte superior con el fin de que sea más fácil y efectiva la toma de tiempos.
- Hoja de observaciones: es una hoja donde se escriben todas las observaciones y tiempos tomados con el cronometro. Existen muchos diseños pero es indispensable que dentro de esta hoja se escriba el nombre del producto o pieza, cantidad de observaciones, entre otros. Esta hoja se coloca en la tabla de estudio de tiempos y sirve para hacer cálculos estadísticos en base a las anotaciones que contenga.
- Cronómetro: es el implemento más importante, existen muchas clases pero el más utilizado es el regreso a cero. Para el estudio del departamento de troqueles no se utilizará el cronómetro de regreso acero debido al costo elevado de adquisición. La toma de tiempos se realizará por medio de una videocámara la cual incluye el tiempo que dura cada acción en milésimas de segundo, por lo que hace fácil tomar un dato más exacto.

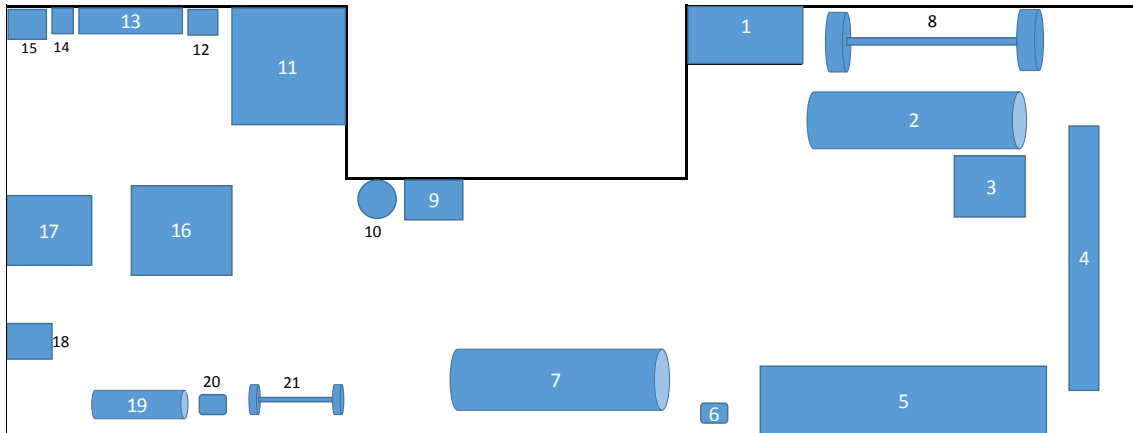
## **6.7. Análisis de operación**

La empresa actualmente fabrica cualquier orden de fabricación sin importar la complejidad de los diseños en los troqueles. Los operadores cuentan con maquinaria que a pesar de su antigüedad y estado son funcionales para realizar el trabajo.

Cada operador cuenta con indicadores los cuales muestran que tan productivos y funcionales son los mismos para la empresa.

El principal problema actualmente es el tiempo que tarda la elaboración de un troquel rotativo, el cual varía de acuerdo a su diseño y complejidad en 24, 48, 50, 60 o 90 horas. Este excesivo tiempo de fabricación incurre en gastos de operación y sobre todo limita la capacidad de respuesta ante nuevos pedidos de clientes. Los tiempos de fabricación excesivos se deben a diversos factores que pueden mejorarse implementado una redistribución de la maquinaria, mejoramiento de las condiciones ergonómicas de los trabajadores y adquisición de maquinaria de avanzado.

Figura 4. Vista en planta del departamento



Fuente: elaboración propia.

1. Estante para guardar herramientas secundarias.
2. Multifom cilindro mayor.
3. Mesa donde se coloca la dobladora de 4-6 puntos.
4. Mesa colocadora de troqueles planos Easysset.
5. Mesa donde se encuentra una dobladora, una puenteadora y una cortadora.
6. Esmeril.
7. Rodillo para realizar limpiezas de troqueles..
8. Cilindro en donde se colocan las conchas para limpieza.
9. Estante para guardar herramientas secundarias.
10. Depósito donde se coloca los desperdicios de madera.
11. Mesa de trabajo.

### **6.7.1. Condiciones actuales del trabajo**

En la empresa los operadores diariamente están expuestos a ruidos intensos, lesiones y desgaste físico. Estas condiciones pueden mejorarse si se tienen en consideración ciertas precauciones contra accidentes y si se usa equipo de seguridad industrial, que actualmente no se emplea. Cuando se fabrican troqueles, por la naturaleza del trabajo, se tiene que estar de pie todo el turno y dentro de la empresa no se cuenta con piso antiestrés.

A parte los operadores deben utilizar calzado de seguridad, el cual pesa considerablemente, generando cansancio al final del turno e incomodidad en los trabajadores. Los operadores tienen turnos normales de trabajo y la maquinaria que utilizan durante la fabricación genera ruido el cual puede ser dañino para la salud de los mismos, ya que supera los 65 decibeles que el oído humano puede soportar.

También al momento de colocar las plecas en la madera para armar los troqueles, no se utiliza ningún tipo de protección en las manos y como consecuencia en ocasiones genera lesiones en las manos de los mismos. Estos ejemplos son parte de los temas que se tienen que tratar para generar mejoras en las condiciones de trabajo y que el personal pueda realizar el mismo de forma mejor y en menor tiempo.

### **6.7.2. Maquinaria utilizada actualmente**

- Cortadora: esta máquina es la que se encarga de cortar las plecas a base de un sistema de corte o también conocido en ingeniería como corte de guillotina. Esta máquina consta de un mango el cual su función principal es formar un momento el que permite aplicar menor fuerza debido a la longitud del brazo. Lo que ejecuta el corte es una cuchilla aproximadamente de un centímetro de espesor. Dentro la empresa se cuenta con una cortadora para plecas de dos a cuatro puntos.
- Puenteadora: es la herramienta que permite la formación de puentes en las plecas, los cuales consisten en pequeños cuadrados que se perforan en las plecas para fijarlas en los troqueles y darles un mejor agarre a la madera. La herramienta también cuenta con un mango al igual que la cortadora. La diferencia de esta es que no corta las plecas sino que hace perforaciones cuadas en las mismas, formando así los puentes. El sistema está fabricado a base de un sistema de guillotina al igual que la cortadora, el cual consiste en colocar la pleca entre los dos pines de sujeción y la parte donde el dado puenteador produce el puente; cuando la pleca se tiene en la posición indicada anteriormente, el operador tiene que bajar con fuerza el mango y crear el puente.
- Dobladora: la dobladora es la máquina encargada de darle forma a las plecas y brindar a la caja los diseños especificados por los clientes. Este sistema consiste al igual que la dobladora y puenteadora en un mango, el cual su función es brindar al operador un incremento de fuerza y así minimizar la fuerza de aplicación que este debe realizar, debido al momento que se produce entre el mango y la fuerza que se aplica.



Esta dobladora permite hacer diferentes dobleces gracias a un sistema de dados que se colocan en la misma. Los dados están hechos con diferentes formas y con materiales más resistentes que las plecas, lo que permite a base de pequeños golpes entre los dados y la dobladora moldear las plecas y obtener formas dinámicas.

- Esmeril: se utiliza para hacer arreglos de limpieza en los troqueles y separar por completo el pad del troquel.
- Cilindro de montaje: es la herramienta en donde se coloca la concha de troquel. En este cilindro se realizan las siguientes acciones: se coloca la guía de troquel y se perforan todos los agujeros que sujetan el troquel con los anillos de aluminio que sujetan el troquel a la máquina.
- Extractor de plecas: es una herramienta fundamental en el departamento y su función como su nombre lo indica es extraer las plecas de los troqueles cuando estas están desgastadas o en mal estado.
- Piso anti estrés: es utilizado para mejorar las condiciones ergonómicas de los trabajadores. Este piso reduce el impacto que causa la pisada de los operadores con el piso de concreto y permite que los operadores estén cómodos durante sus horas de trabajo.
- Router: es la herramienta con la que se realizan los agujeros que sujetan el troquel con los anillos de aluminio.
- Martillo elastomérico: es un martillo el cual consiste en un mango fabricado a base de madera o plástico. La cabeza de este martillo puede estar fabricada de cuero de búfalo o un plástico especial para que al

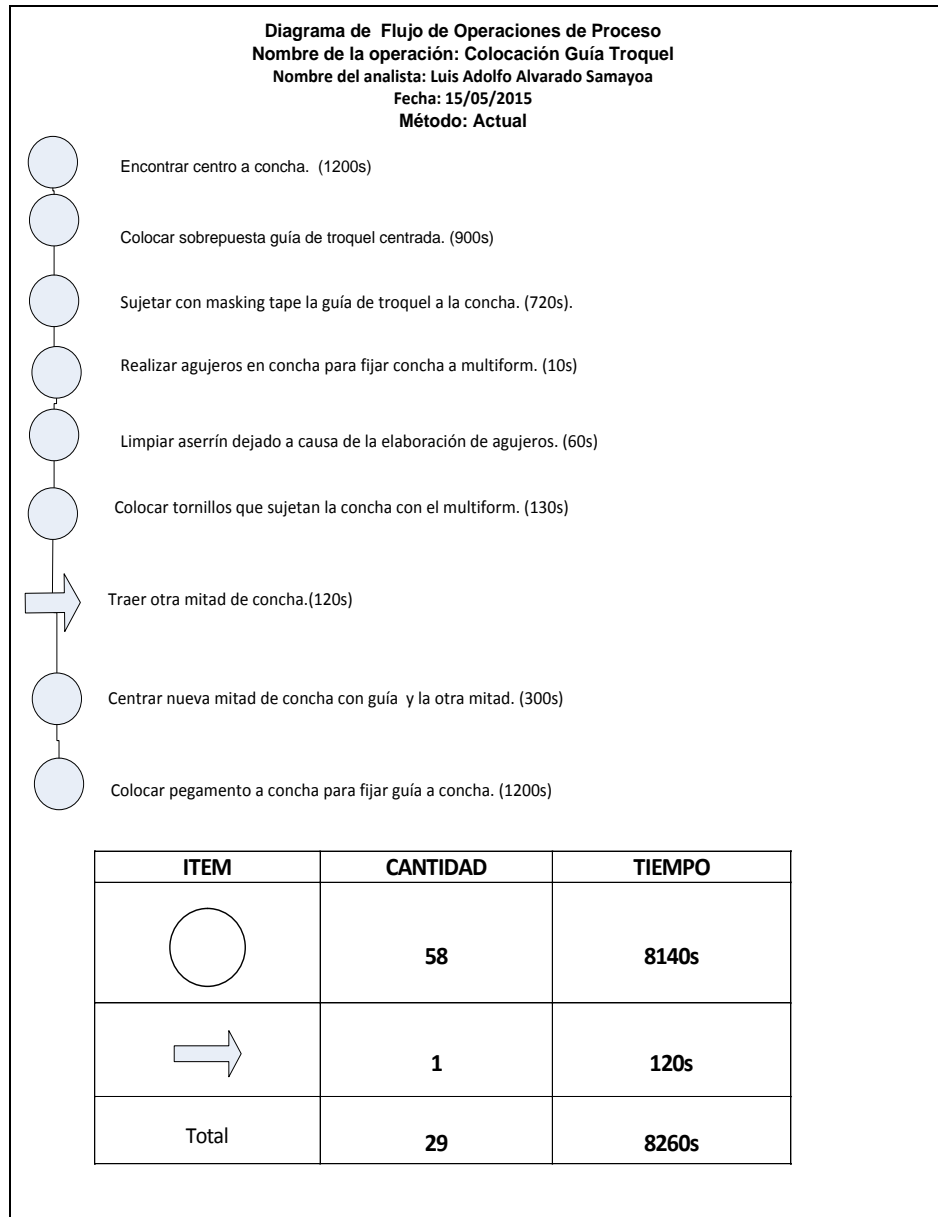
golpear la pleca no se dañe. La función de este martillo es por medio de golpes, colocar las plecas en el lugar deseado.

- Caladora K12: es una caladora curva, especialmente diseñada para la fabricación de troqueles rotativos. Con esta herramienta se cala en la concha todos los diseños que la guía de troquel contiene para que posteriormente las plecas puedan colocarse a presión en la concha.

### **6.7.3. Descripción del proceso actual**

El proceso de producción de un troquel rotativo lleva una cantidad significativa de acciones, las cuales son fundamentales para que el troquel funcione a la perfección. Un troquel nunca es igual a otro debido a que los diseños de los clientes cambian totalmente, lo cual hace imposible estandarizar el proceso, pero si se puede estandarizar las acciones más importantes y así poder pronosticar el tiempo total de fabricación del troquel. A continuación se muestran los diagramas de las operaciones más importantes para fabricar un troquel rotativo. El primero es el diagrama para colocar la guía del troquel:

**Figura 5. Diagrama de flujo**

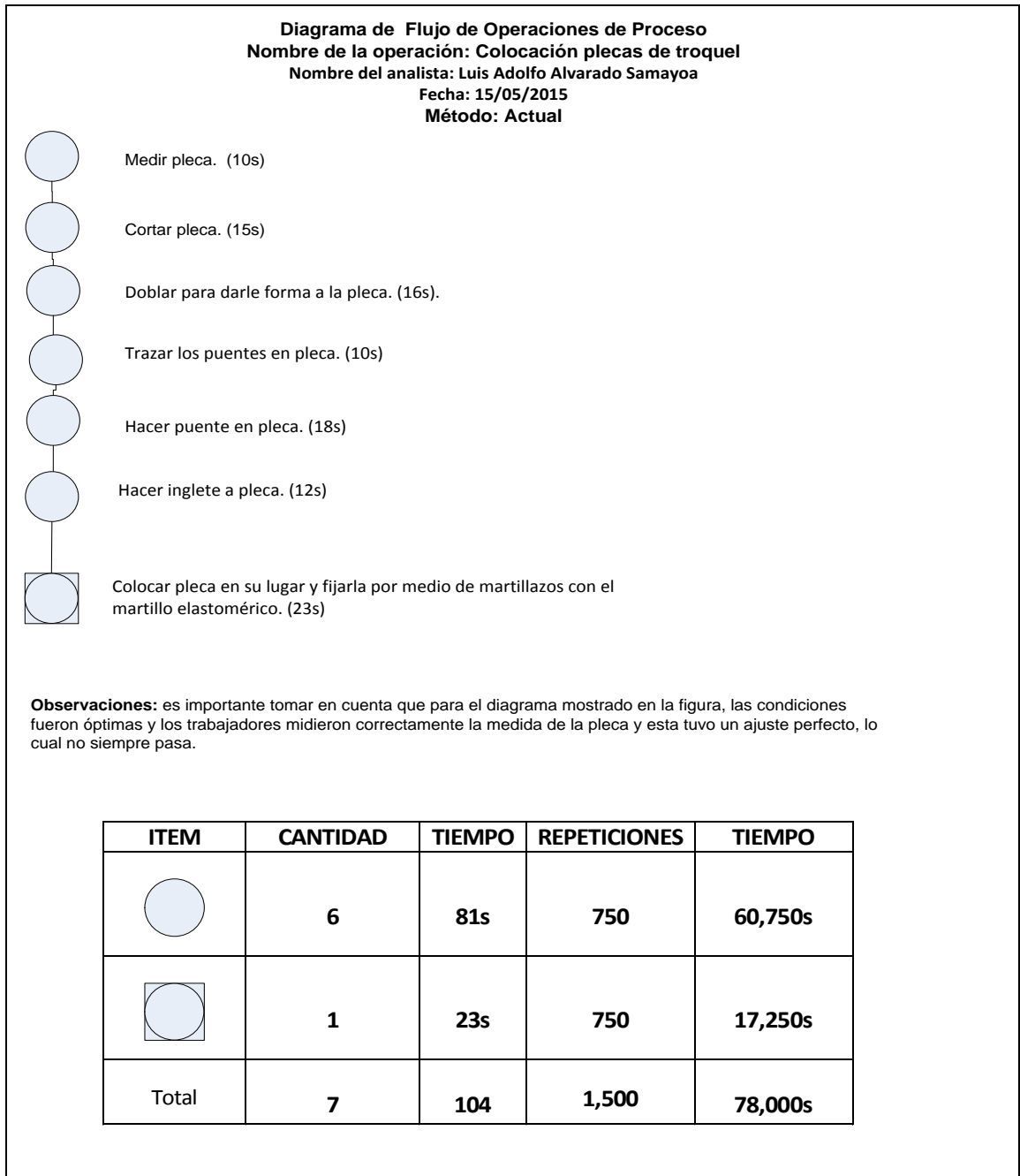


Fuente: elaboración propia.

Para el segundo diagrama es importante tomar en cuenta que los troqueles tienen gran variación entre un diseño y otro. En el siguiente diagrama se muestra el proceso para colocar una pleca exterior las cuales son las más fáciles de hacer, dentro de los diseños más difíciles esta: hacer círculo, óvalos, entre otros.

Para este diagrama se tomará la misma metodología que el diagrama anterior, la cual consiste en sacar el tiempo de una pleca y multiplicarlo por el aproximado de plecas que lleva un troquel.

Figura 6. Colocación placas del troquel



Fuente: elaboración propia.

#### **6.7.4. Forma de almacenamiento gradual**

Los troqueles actualmente se almacenan en estanterías enumeradas, este sistema permite encontrar con facilidad los troqueles cuando los clientes llegan a recogerlos. Las estanterías están conformadas por diez espacios en donde caben perfectamente treinta troqueles colocados de forma correcta y sin forzar la estructura.

Los troqueles son almacenados de forma vertical de tal manera que las plecas no se dañen durante el tiempo que estos permanecen fuera de uso. Esta parte es determinante ya que la posición en que se colocan los troqueles es fundamental para conservar la calidad en troquelado y la vida de los mismos. Cuando se almacenan los troqueles de forma horizontal y se entarima uno sobre de otro, estos tienden a abrirse y distorsionar el troquelado en el producto final, por lo que dentro del departamento se trata de que la concha cargue lo menos posible y así preservar la calidad y vida de los mismos.

#### **6.7.5. Indicadores del departamento**

En el departamento los indicadores de los operadores no están determinados ni establecidos en su totalidad, actualmente se lleva una productividad simple. Esta consiste en contabilizar la cantidad de troqueles producidos mensualmente dividido dentro del tiempo que emplearon en fabricarlos. Este es un indicador el cual se considera que es un poco totalizado y poco enfocado ya que dentro de todo el mes no se toma en cuenta más que el total de troqueles producidos y el tiempo global. No se toma en cuenta reclamos, calidad, eficiencia en uso de materias primas, entre otros.

La medición del indicador actual se puede observar en una gráfica, la cual se publica mensualmente en la empresa y a partir de esta es donde se van tomando acciones y decisiones para tratar de mejorarla.





## 7. PROPUESTA DE ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES  
LISTA DE SÍMBOLOS  
GLOSARIO  
RESUMEN  
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE  
PREGUNTAS ORIENTADORAS  
OBJETIVOS  
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO  
INTRODUCCIÓN

1. EMPRESAS DE TROQUELES
  - 1.1. Descripción del sector económico
  - 1.2. Empresas en Guatemala
  
2. TROQUELES ROTATIVOS
  - 2.1. Aplicación
  - 2.2. Materias primas para su fabricación
    - 2.2.1. Madera utilizada en los troqueles
    - 2.2.2. Definición de pleca y tipos utilizados en el proceso
    - 2.2.3. Definición de *Pads* y tipos que se utilizan en el proceso
    - 2.2.4. Definición de molde de troquel
  - 2.3. Cuidados
    - 2.3.1. Forma de almacenamiento de los troqueles
    - 2.3.2. Proceso de limpieza de un troquel rotativo
  
3. RENTABILIDAD
  - 3.1. Descripción
  - 3.2. Formas de medirla

- 3.3. Análisis de costo de fabricación actual
- 3.4. Costo de mantenimiento de la maquinaria
- 3.5. Costos de operación

#### 4. ESTUDIO DE TIEMPOS

- 4.1. Componentes
- 4.2. Equipo necesario para realizar un estudio de tiempos
- 4.3. Estudio de tiempos de fabricación de un troquel

#### 5. ANÁLISIS DE OPERACIÓN

- 5.1. Vista en planta del departamento
- 5.2. Condiciones actuales de trabajo
  - 5.2.1. Ambiente de trabajo de los operadores
  - 5.2.2. Equipo de seguridad utilizado por los operadores
- 5.3. Maquinaria utilizada actualmente
- 5.4. Descripción del proceso actual
- 5.5. Forma de almacenamiento actual
- 5.6. Indicadores del departamento

#### 6. PROPUESTAS DE MEJORA

- 6.1. Redistribución de maquinaria y equipo del departamento de troqueles
  - 6.1.1. Vista en planta del departamento de troqueles
  - 6.1.2. Diagrama de recorrido del departamento de troqueles
  - 6.1.3. Evaluación de implementación de nueva de maquinaria
    - 6.1.3.1. Puenteadora manual de 4 puntos
    - 6.1.3.2. Dobladora manual de 4 puntos
    - 6.1.3.3. Porta cilindro Serrapid
    - 6.1.3.4. Dobladora automática para troqueles rotativos

6.2. Propuestas de mejora de condiciones termohigrométricas para los trabajadores

6.2.1. Calor

6.2.2. Humedad

6.3. Disminución del ruido en el departamento

## 7. EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS

7.1. Costo de compra de equipo y maquinaria

7.2. Costo de instalación de nueva maquinaria

7.3. Costo de redistribución del equipo

7.4. Costo de mantenimiento de la maquinaria

7.5. Costos de operación

7.6. Análisis valor presente neto de cada propuesta

7.7. Análisis tasa interna de retorno de cada propuesta

7.8. Análisis beneficio costo de cada propuesta

## 8. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS PROPUESTAS

8.1. Reacondicionamiento del departamento de troqueles

8.2. Mejora de las condiciones laborales de los operadores

8.3. Instalación de nueva maquinaria

8.4. Capacitación del personal para uso de la nueva maquinaria

8.5. Desarrollo de programa de capacitación para mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipo

8.6. Diagrama de Gantt de la implementación de cada propuesta

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

ANEXOS



## **8. MARCO METODOLÓGICO**

### **8.1. Diseño de investigación**

El diseño que se utilizará para realizar la investigación es de carácter no experimental, ya que no se alterará o construirá ningún tipo de escenario para obtener datos o información. Por el contrario, se observarán las operaciones y acciones de la fabricación de troqueles, tal como se dan en su contexto diario, para posteriormente analizar dichas operaciones y determinar oportunidades de mejora dentro de la empresa. Por consiguiente “Las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se posee el control total sobre las variables mencionadas ni se puede intervenir sobre ellas, porque estas ya sucedieron, al igual que sus efectos” (Piloña, 2002, p.149).

La investigación es transeccional o transversal ya que los datos se recolectan en un momento determinado al igual que las variables.

### **8.2. Tipo de estudio**

El estudio será de tipo explicativo ya que se pretende describir el proceso actual y determinar posibles opciones de mejora. Se pretende dar a conocer las características del de la situación actual y las que estén en estudio a fin de describir las variables involucradas y establecer un patrón que permita la obtención de los resultados esperados mediante la relación de las mismas.

La finalidad de los estudios descriptivos es especificar las propiedades, características y los perfiles de las personas, grupos sociales, comunidades,

procesos de todo tipo, objetos o cualquier otro caso que se someta a un análisis profundo. Es decir, que únicamente se pretende cuantificar o recaudar datos de manera independiente o en conjunto sobre los términos o las variables a las que se refieren, su objetivo no es indicar cómo se relacionan estas. (Piloña, 2002, p.80).

Así también será una investigación del tipo explicativo porque se tratará de explicar y entender la relación existente entre las variables involucradas. Con esto se pretende obtener los indicadores y comportamientos de las variables bajo estudio, a fin de explicarlas y determinar su forma de relacionarse, para garantizar la funcionalidad de las mejoras propuestas.

### **8.3. Variables e indicadores**

A continuación se presentan las variables para este proyecto.

#### **8.3.1. Variables**

- Temporada: será una variable de tipo dependiente y será determinante para el estudio ya que durante el tiempo de fruta tropical, el pedido de troqueles se incrementa debido al empaque utilizado para la agroindustria.
- Entregas de materia prima: variable de tipo independiente de la empresa, ya que últimamente se ha tenido problema con las entrega por la informalidad de los proveedores.
- Periodo: variable de carácter independiente que representara el periodo de tiempo bajo estudio o en análisis

### 8.3.2. Indicadores

Los indicadores que podrán demostrar los avances obtenidos durante la investigación y que dirán si la propuesta funcionó o no serán:

- **Desperdicio:** el software que se utiliza para crear las guías que se colocan en los troqueles, permite determinar la cantidad total de piezas que son necesarias para producirlos, incluso permite determinar si son de corte, de sisa, puntos, entre otros. Se pretende implementar un indicador de eficiencia del uso de dicho material, dividiendo lo que se utilizó en realidad vs lo que se debería utilizar. Este indicador lo que permitirá es determinar si se está haciendo o no, uso eficiente de los recursos.
- **Tiempo de fabricación:** se tomará el tiempo promedio en que actualmente se tardan en fabricar un troquel y se comparará con el tiempo de fabricación, con las mejoras ya implementadas. Con el tiempo se sugerirá que estos tiempos se vayan minimizando a manera de exigir más al departamento, buscando la mejora continua.
- **Cantidad de reclamos:** es indispensable medir la calidad y se puede hacer si se contabilizan los reclamos por no cumplir con la calidad mínima necesaria o por fabricar productos que no satisfagan las necesidades de los clientes.

Con este indicador es indispensable saber el destino y uso que se le dará al troquel. Esto con el fin de garantizar que sea fabricado para realizar el trabajo deseado, ya que si el troquel no soporta la dureza de los materiales a

troquelar y se forza, la empresa no es responsable por daños ocasionados al troquel o que el troquel dure menos de lo indicado por el fabricante.

- Pruebas trimestrales sobre procesos: cada trimestre realizar una prueba sobre conocimientos básicos y sobre conocimientos adquiridos en el trimestre, fruto de las capacitaciones constantes que la empresa brinda a los operadores.

#### **8.4. Fases**

Se establecieron las siguientes fases:

##### **8.4.1. Análisis de la operación y costos de fabricación de troqueles**

En esta parte se investigará, documentará y estudiará las técnicas y métodos que la empresa ha utilizado para fabricar troqueles. Estas observaciones son de gran injerencia para el buen desarrollo de la investigación, y el impacto que tengan las sugerencias de mejora propuestas al final de la misma. Ya que de un buen análisis y observación previo de las operaciones actuales, pueden comenzarse a detectar las oportunidades de mejora y comenzar a sugerir cambios en pro de la mejora de los procesos.

También se analizarán y evaluarán los costos de fabricación de los troqueles. Ya que podría suceder que se esté costearo mal el producto y no se estén generando las utilidades deseadas o esperadas, por cuestión de costos ocultos y mala colocación de precios a cada troquel.



El análisis de la operación y costos se logrará implementando y haciendo uso de técnicas como la toma de tiempo de las operaciones de fabricación, análisis de los costos de materia prima, análisis de los costos de mano de obra directa y análisis de los costos indirectos de fabricación.

Con las técnicas propuestas anteriormente se pretende desmembrar todas las actividades, procesos, entre otros y determinar posibles opciones de mejora e incrementar de a pocos, la rentabilidad y productividad de la empresa.

#### **8.4.2. Diseñar las condiciones ergonómicas necesarias para realizar el trabajo productivamente**

Como primer paso por medio de técnicas de observación y entrevistas al personal operativo, se determinarán las necesidades tangibles e intangibles que los operadores necesitan para realizar un trabajo productivo, tales como: equipo que en el departamento se necesita (mesas, maquinaria, bancos, entre otros), estado de ruido, calor, tensión, fatiga, entre otros. Esto con el fin de que los operadores puedan desarrollar su trabajo de una forma efectiva, amena y que por medio de las mejoras, el nivel de productividad de la empresa mejore.

Todo este estudio se pretende realizar con el fin de replicar la teoría que dice; “un trabajador feliz hace su trabajo con mejora calidad y en menor tiempo”, exactamente esto es lo que se pretende, al facilitarles a los operadores mobiliario y equipo, maquinaria, equipo de seguridad y equipo ergonómico.

#### **8.4.3. Revisar el plan de capacitaciones, competencias y habilidades de los operadores**

Por medio del uso de técnicas como evaluaciones por pares, evaluaciones de conocimientos individuales sobre cada paso de la operación, estudio de

competencias y habilidades, se determinará la situación actual en cuanto a la capacidad que tienen los operadores de realizar el trabajo de forma efectiva. Y con base en los resultados obtenidos se propondrá un programa de capacitación constante para garantizar que los operadores de la empresa sean expertos en lo que hacen y tengan los conocimientos y técnicas utilizadas actualmente para fabricar troqueles de una forma mejor y con mayor eficacia, y así, generen trabajos de calidad y en tiempos que sean rentables para la empresa.

#### **8.4.4. Resultados esperados**

A partir de la presente investigación se determinaran cuáles son los principales cuellos de botella en la fabricación de troqueles, y se dejaran las sugerencias para minimizarlos o eliminarlos en algunos casos, mediante la compra de equipo o cambio en el orden de operaciones de fabricación.

Por otro lado se determinaran si no existe oportunidad de mejorar los costos primos e indirectos de fabricación de troqueles, con la finalidad de mejorar las utilidades obtenidas por cada troquel fabricado.

También se diseñarán las condiciones óptimas, equipo de seguridad industrial que los operadores deberían utilizar como mínimo, para que los operadores realicen el trabajo de manera cómoda y se incremente la calidad de fabricación de los productos y se mejoren los tiempos de fabricación.

Por último, se pretende establecer la capacidad técnica e intelectual de cada operador, con el fin de determinar si son rentables o no para la empresa. En el caso de que no lo fuesen, se pretende brindar un plan de capacitación

para convertirlos en operadores capaces y eficaces a la hora de realizar el trabajo.

Todo el estudio se llevará a cabo por medio de técnicas ingenieriles como la toma de tiempos, graficas de control, evaluaciones por pares, entrevistas y demás herramientas que vayan surgiendo para evidenciar cualquier tipo de oportunidad de mejora.

El disminuir los tiempos de fabricación de troqueles, adquirir productos de la misma calidad a mejor precio, diseñar condiciones de trabajo adecuadas y capacitar a los operadores con técnicas innovadoras, representarán para la empresa un ahorro significativo en sus costos de fabricación, mejorando los indicadores y permitiendo tener un aumento en las utilidades de la misma. Los costos directos e indirectos de producción disminuirán ya que el trabajo se realizara eficientemente.

#### **8.4.5. Plan de muestreo**

Se tomará el cien por ciento de la población de la planta de fabricación de troqueles, con el fin de analizar de forma más real y objetiva los costos implicados en la operación de fabricación.



## **9. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **9.1. Técnicas de recolección de datos**

Para recolectar datos se empleará la técnica de entrevistas y observación, tanto directa como indirecta. La entrevista será con el objetivo de definir los procedimientos actuales y obtener los costos promedios actuales de la elaboración de troqueles rotativos. La observación será un medio para corroborar la información obtenida mediante la entrevista. La investigación permitirá obtener las especificaciones y características específicas y determinantes en la elaboración de troqueles rotativos. (Ver Anexos).

### **9.2. Técnicas de interpretación de datos**

Serán diagramas de recorrido, flujo de proceso, Ishikawa, dispersión y análisis de medias. Con el diagrama de recorrido se analizará el recorrido que hace la materia prima y la organización de las estaciones de trabajo actuales en donde la materia prima es transformada para obtener un producto final. Con el diagrama de proceso se determinarán los puntos claves y estaciones determinantes del proceso en general en donde se puedan hacer modificaciones, para optimizar tiempos y minimizar costos. Con el diagrama de Ishikawa se determinarán las causas raíces de los problemas encontrados por medio del diagrama de flujo de proceso. Con las técnicas de diagramas de dispersión y análisis de medias se determinara cual debería de ser el tiempo y materias primas utilizadas exactamente para la elaboración de cada troquel.

### **9.3. Depuración de datos**

Para depurar los datos se utilizarán diagramas de Pareto para concentrarse en los problemas que impactan en los problemas. Consistirá en la eliminación de datos atípicos y que no generan valor a la investigación. Estos datos suelen suceder eventualmente y por lo tanto tienen que eliminarse de la base de datos de la investigación, con el fin de que a la hora de plotearlos no alteren la gráfica a examinar.

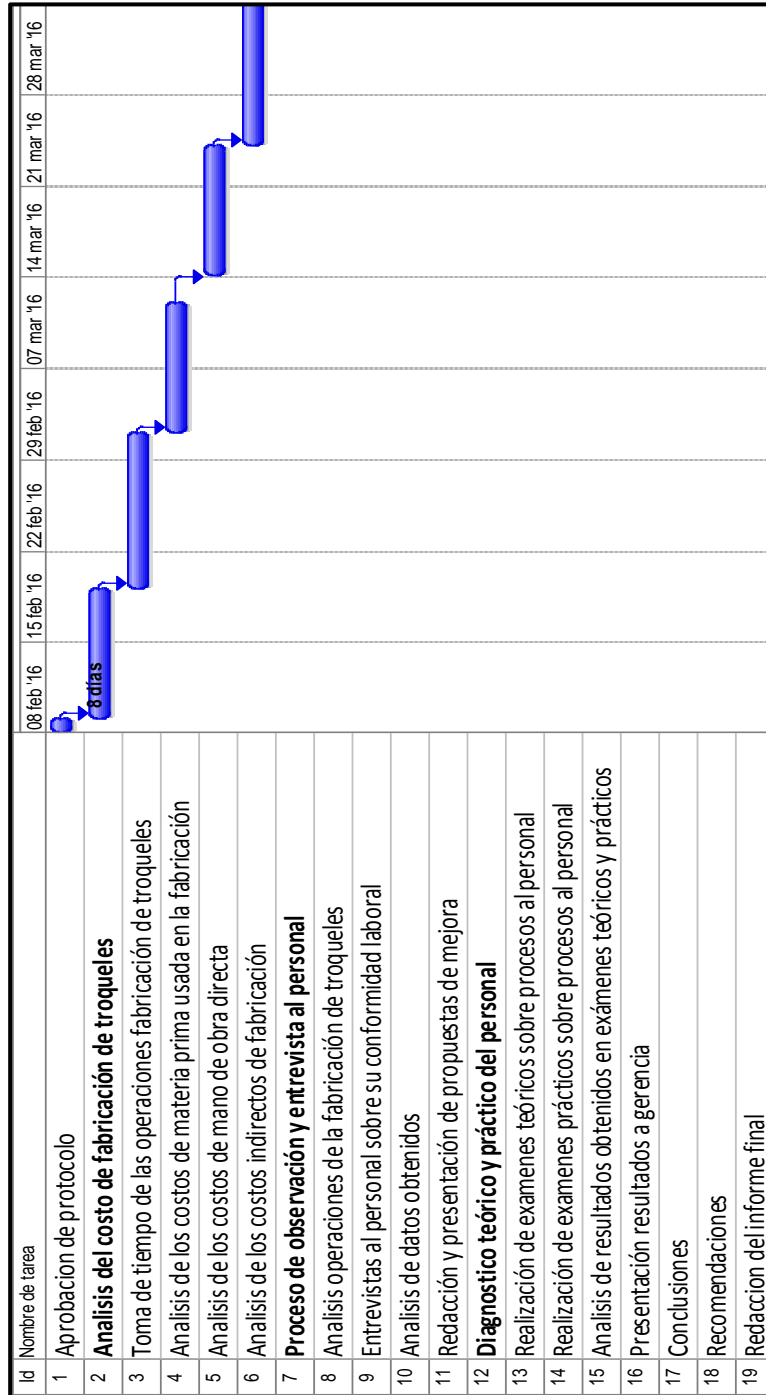
### **9.4. Técnicas de presentación de datos**

Para la presentación de datos se utilizarán tablas y gráficos. Las tablas permitirán de forma numérica presentar los resultados obtenidos de la investigación. Los gráficos mostrarán de forma más práctica la relación que existe en cada proceso y los avances alcanzados en cada etapa de la investigación.

## **10. CRONOGRAMA**

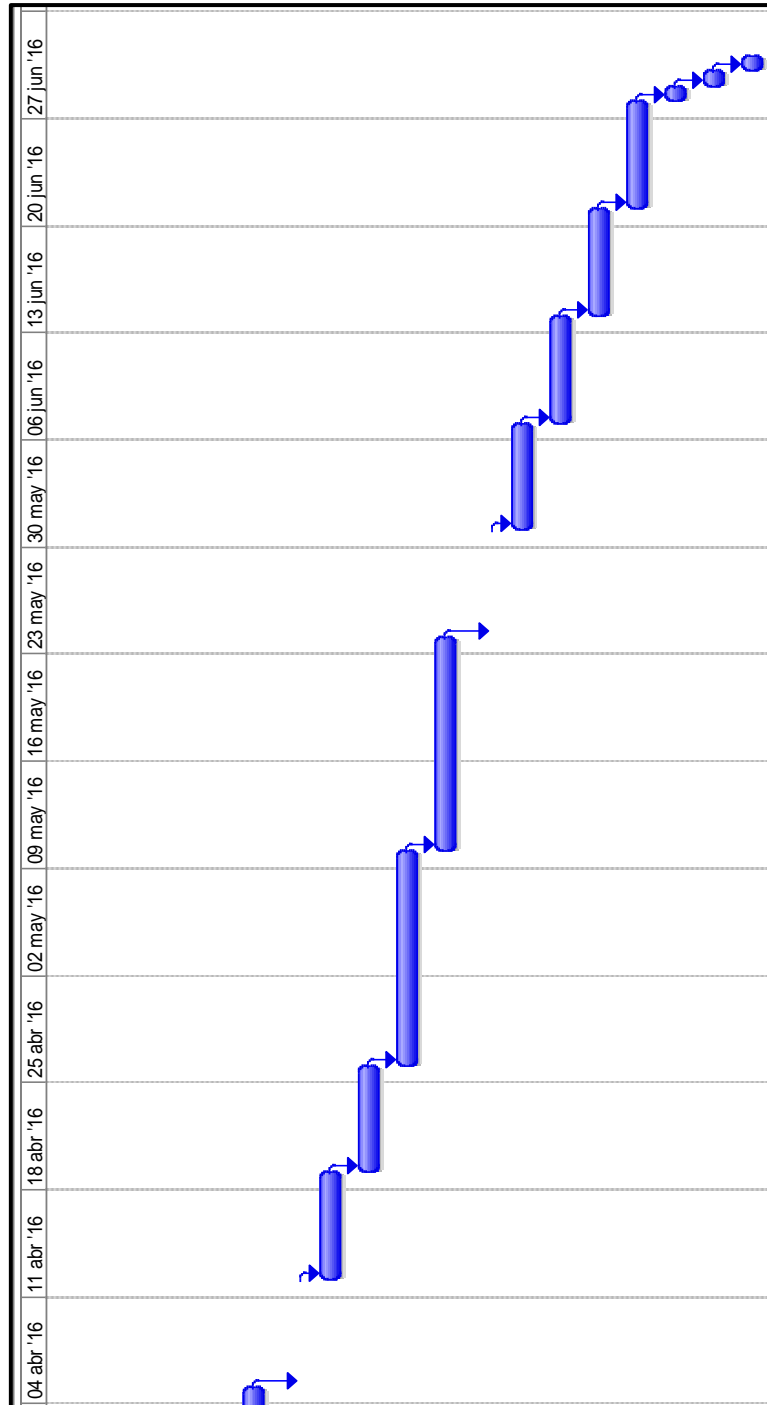
A continuación se muestra el cronograma de actividades.

Figura 7. Cronograma





Continuación de la figura 7.



Fuente: elaboración propia.



## 11. FACTIBILIDAD

### 11.1. Recursos

Para llevar a cabo la presente investigación es necesario incurrir en la inversión de ciertos recursos, los cuales se muestran a continuación:

- Humanos
  - Estudiante: es la persona encargada de investigar, estructurar, recopilar y analizar la información necesaria para llevar a cabo la investigación.
  - Asesor: persona que se encargará de acompañar, sugerir y corregir aspectos que se vayan creyendo considerables a manera que se desarrolle investigación. Se tiene que invertir en el pago correspondiente al servicio de asesoría.
  - Revisor: persona designada para la revisión e indicación de los lineamientos de la investigación.
  - Personal en planta: personal que se encarga de realizar las operaciones de producción y quienes estarán bajo análisis durante la investigación.

- Otras personas: personal que se crea conveniente que tiene que ser considerados como factor importante dentro de la investigación.
- Físicos: son todos los recursos tangibles que son fundamentales para realizar la investigación y en los cuales se realizará la mayor inversión.
  - Computadora portátil: necesaria para realizar la base de datos, tomar notas, redactar informes, realizar operaciones, diagramas, entre otros.
  - Oficina: lugar que la empresa designará para que el investigador pueda realizar análisis, estudios y demás.
  - Equipo de protección: equipo necesario para que el investigador realice el trabajo de manera segura, sin exponer ni comprometer su integridad física.
  - Equipo de toma de tiempos: es necesario realizar la inversión de una tabla Shannon, necesaria para realizar apuntes en planta, un cronometro, para tomar los tiempos de cada operación y lapicero sin tapón para realizar anotaciones.
  - Video cámara: necesaria para grabar las operaciones que más tiempo llevan y poder analizar posteriormente las operaciones, con comodidad y tranquilidad.

- Fotocopias: materiales necesarios para reproducir formatos, exámenes, pruebas, manuales, entre otros.
- Materiales varios de librería: son todos los demás materiales que se crean necesarios para llevar a cabo la investigación.
- Gasolina: combustible necesario para conducirse al lugar de la investigación como a lugares necesarios para recabar información



## 12. PRESUPUESTO

A continuación se presenta el presupuesto del proyecto.

Tabla IV. **Presupuesto**

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
<b>Asesor</b>	<b>1</b>	<b>Q2 500,00</b>
<b>Computadora portátil</b>	<b>1</b>	<b>Q4 000,00</b>
<b>Cuaderno universitario</b>	<b>3</b>	<b>Q 60,00</b>
<b>Tabla para anotar datos</b>	<b>1</b>	<b>Q70,00</b>
<b>Lapiceros</b>	<b>3</b>	<b>Q35,00</b>
<b>Folders</b>	<b>10</b>	<b>Q20,00</b>
<b>Sobres de papel manila</b>	<b>10</b>	<b>Q20,00</b>
<b>Fotocopias</b>	<b>N/A</b>	<b>Q100,00</b>
<b>Cronométró digital</b>	<b>1</b>	<b>Q 120,00</b>
<b>Combustible y depreciación de vehículo</b>	<b>N/A</b>	<b>Q3 500,00</b>
<b>Video cámara</b>	<b>1</b>	<b>Q3 000,00</b>
<b>Total</b>		<b>Q13 425,00</b>

Fuente: elaboración propia.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Amstead, P. F. (1999). *Procesos de manufactura*. México DF. Continental S.A.
2. Barnes, R. (1980). *Motion and Time Study; Design and Measurement of work*. Nueva York. John Wiley and Sons.
3. Corma, (2015). *Thechnical information for 3030-7.6 MQR Corrugator,*. Cánada 2009. <http://corma.com/models/3030-corrugator/>.
4. Eppen, G.D.(2000). *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*. México. Prentice-Hall.
5. Evans, L. (2005). *Administración y control de calidad*. México DF. Thomson.
6. Fernandez, A. (1984). *Historia Contemporánea*. México. Vicens- Vives, S.A.
7. García, R. (1998). *Estudio del trabajo: Medición del trabajo*. México DF. Mc Graw Hill.
8. Hellriegel, J.S. (1992). *Administración un enfoque basado en competencias*. México DF. Thomson Learning.

9. Higgins, L.R. (1995). *Maintenance engineering handbook*. Estados Unidos de América. McGraw-Hill.
10. Hodson, W. (2001). *Manual del Ingeniero Industrial*. México DF. McGraw Hill.
11. Koenig, D. T. (1990). *Productividad y optimización ingeniería de manufactura*. México DF. Marcombo, S. A.
12. Marks, L. (1982). *Manual del ingeniero mecánico*. México DF. Harla.
13. Mérida, J. (2010). *Proceso de fabricación de moldes de troquel, en la industria de fabricación de cajas plegadizas*. Tesis de maestría en Ingeniería. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.
14. Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la Manufactura Ágil*. México DF. Pearson Educación.
15. Mundel, M.E. (1984). *Estudio de tiempos y movimientos*. México, Guadalajara. Continental.
16. Niebel, M. (1990). *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*. México DF. Alfaomega.
17. Ramírez, D. (2002). *Contabilidad administrativa*. México DF. McGraw Hill.

18. Sagastume, J. (1996). *Diseño de manual para elaborar troqueles de cajas de cartón*. Tesis de maestría en Ingeniería. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.
19. Wallace, W. (1992). *Estudio de tiempos y movimientos para la Industria de la aguja*. Columbia, South Carolina. Editorial La Bobina.
20. Williams, D.L. (1994). *Estadística matemática con aplicaciones*. México. Grupo editorial Iberoamérica.



## APÉNDICES

### Apéndice 1.

<b>MATRIZ DE COHERENCIA</b>				
Problema	Preguntas	Objetivos	Variables	Metodología
El costo que genera el alto tiempo de fabricación de troqueles rotativos	¿Al llevar a cabo un estudio de tiempos de la fabricación de troqueles y un análisis de la operación, se puede mejorar la rentabilidad de la empresa?	Proponer la mejora para optimizar el tiempo de fabricación de troqueles rotativos e incrementar la rentabilidad de la empresa mediante un estudio de tiempos y un análisis de la operación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temporada</li> <li>• Entregas de materias primas</li> <li>• Periodo estudio</li> </ul>	Alcance <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicativo</li> </ul>
	¿De qué manera repercuten los tiempos extensos de fabricación de troqueles en la rentabilidad de la empresa?	Analizar los costos de fabricación en los que se incurren al fabricar los troqueles de la manera actual.  Diseñar las condiciones ergonómicas necesarias para realizar el trabajo productivamente.		
	¿Cuentan los operadores con las condiciones laborales y herramientas necesarias para realizar su trabajo productivamente?	Revisar el plan de capacitación, competencias y habilidades de los operadores.		

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2.

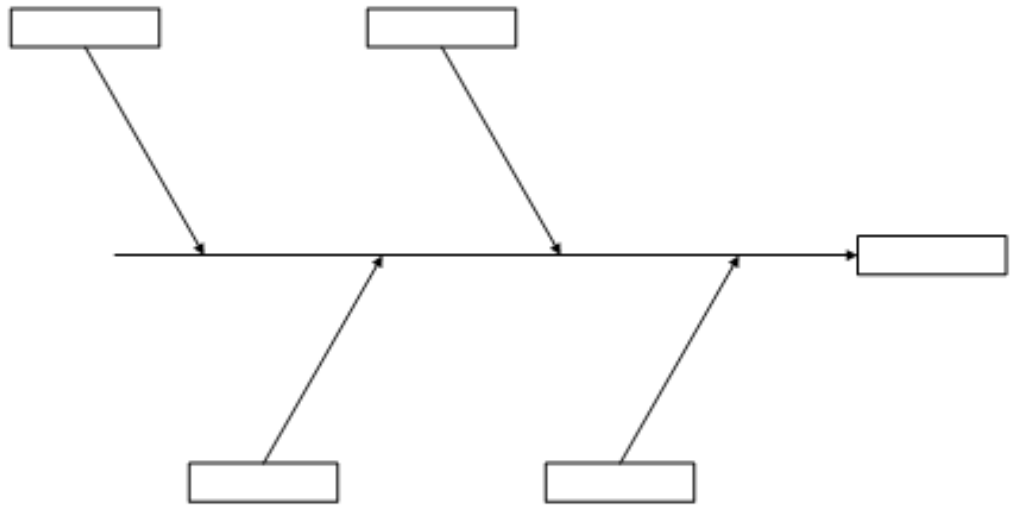
### Entrevista 1

1. Herramientas que utiliza en su trabajo
2. ¿Qué herramientas necesita y cuales necesitan arreglo para realizar de una mejor forma el trabajo?
3. Describa el proceso actual para fabricar un troquel
4. ¿En qué parte del proceso cree que se tiene el cuello de botella?
5. ¿Qué tipo de maquinaria utiliza en cada parte de proceso?
6. ¿Cuándo se debe de utilizar cada tipo de pleca?
7. ¿Cómo cuida usted el equipo y maquinaria de la empresa?
8. ¿Sabe darle mantenimiento a las maquinas y equipo utilizado dentro de la empresa?
9. ¿Se siente motivado en su área de trabajo?
10. ¿Qué necesita para ser más productivo?

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3.

Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.