

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**“Proponer un sistema que mejore el proceso de producción de piezas metálicas y el diseño del ambiente de trabajo para reducir los tiempos de entrega de producto terminado, para impactar la productividad en la empresa de Tornos *Barimer* en Amatitlán, Guatemala”**

**Trabajo de graduación presentado por:**  
Claudia Beatriz Barillas Herrera  
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala,  
2016



**“Proponer un sistema que mejore el proceso de producción de piezas metálicas y el diseño del ambiente de trabajo para reducir los tiempos de entrega de producto terminado, para impactar la productividad en la empresa de Tornos *Barimer* en Amatitlán, Guatemala”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**“Proponer un sistema que mejore el proceso de producción de piezas metálicas y el diseño del ambiente de trabajo para reducir los tiempos de entrega de producto terminado, para impactar la productividad en la empresa de Tornos *Barimer* en Amatitlán, Guatemala”**

**Trabajo de graduación presentado por:**  
Claudia Beatriz Barillas Herrera  
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala,  
2016

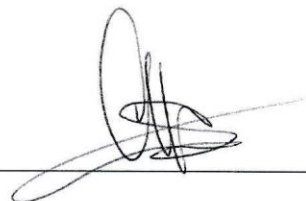
Vo. Bo. :

(f)


  
Ing. César Silva

Tribunal Examinador:

(f)

  
Ing. César Silva

(f)

  
Inga. Vivian Sigüenza

(f)

  
Lic. Raúl Dacaret

Fecha de aprobación: Guatemala, 29 de septiembre 2016

## **Prefacio**

En el presente estudio se realizó una propuesta de mejora para una empresa dedicada en la fabricación y reparación de piezas en diferentes tipos de materiales. Durante la realización del proyecto se encontraron limitaciones, como la falta de organización dentro de la empresa, como requisitos básicos que no se cumplían en el ambiente de trabajo, falta de supervisión y control en el área de producción. Sin embargo se propusieron mejoras para cumplir dichos requerimientos para mejorar el proceso de producción de piezas metálicas.

Agradezco a la empresa por la oportunidad de conocer su proceso y permitirme aplicar mis conocimientos aprendidos durante la carrera, además de haberme permitido utilizar su nombre y la información requerida. Se les agradece también a mi asesor y catedráticos que me apoyaron y guiaron en la realización del presente trabajo. Y por último se le agradece a Dios, a la Virgen, a mis padres y a mi familia por el apoyo que siempre me han brindado y la oportunidad de haberme permitido estudiar en una universidad tan prestigiosa como es la Universidad del Valle de Guatemala.

## ÍNDICE

Índice de diagrama	vii
Índice de figuras	viii
Índice de tablas	ix
<b>Resumen</b>	x
<b>I Introducción</b>	01
<b>II Objetivos</b>	02
2.1. General	02
2.2. Específicos	02
<b>III Marco teórico</b>	03
3.1. Ruido	03
3.1.1. Dosis de ruido	03
3.2. Iluminación	05
3.2.1. Niveles de iluminación	05
3.3. Ambiente de trabajo	07
3.4. Temperatura	07
3.5. Maquinaria	08
<b>IV Información general de la empresa</b>	09
4.1. Generalidades de la empresa	09
4.2. Distribución de la empresa	10
4.2.1. Organización de la empresa	10
4.2.2. Diagrama de flujo interdepartamental	10
4.2.3. Horario de los trabajadores	12
4.2.4. Distribución actual de la planta	13
<b>V Situación actual del Taller <i>Barmer</i></b>	15
5.1. Antecedentes	15
5.2. Descripción visual de situación inicial	15
5.2.1. Área de trabajo	15
5.2.2. Área de trabajo	20
5.2.3 Área de administrativa	20
5.3. Medición de ruido	21
5.3.1. Ruido	21
5.3.2. Luz	22
5.3.3. Diagrama de operaciones del proceso	23
<b>VI Análisis de resultados</b>	26
6.1. Diagrama de Pareto	27
6.2. Flow Planner	28
6.3. Plan de propuesta	32
6.3.1. Capacitación para el personal	33
6.3.2. Implementar de un área de producto terminado y materia prima	34
6.4. Plan de implementación	36
6.5. Presupuesto de implementación	37
6.6. Análisis económico	38
6.6.1. Espacio físico	38
6.6.2. Análisis de inventario	39
6.6.2.1. Modelo lote económico de producción	39
6.6.3. Instalaciones	42
6.6.4. Formación personal y mantenimiento mensual	43
6.6.5. Beneficios mensuales	43
<b>VII Conclusiones</b>	49
<b>VIII Recomendaciones</b>	50
<b>IX Referencias bibliográficas</b>	51
<b>IX Anexos</b>	52
Anexo 1 Fotografías del taller <i>Barimer</i>	52
Anexo 2 Tabla de estudio de tiempos aleatorios	54
Anexo 3 Tabla costos de materiales, herramientas y equipo	55
Anexo 4 Tabla cálculo de CMPC	56

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

1.	Diagrama 1 Organigrama taller tornos <i>Barimer</i>	10
2.	Diagrama 2 de Flujo interdepartamental	11
3.	Diagrama 3 de Operaciones del proceso	24
4.	Diagrama 4 Diagrama de Pareto	27
5.	Diagrama 5 Listado de posibles mejoras dentro del taller	33
6.	Diagrama 6 Ciclo de mejora continua en formación de equipo de trabajo	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Figura 1 Horario de administrador	12
2.	Figura 2 Horario de los trabajadores	12
3.	Figura 3 Distribución actual planta taller <b>Barimer</b>	14
4.	Figura 4 Torno horizontal entre 2 puntos 1	16
5.	Figura 5 Torno horizontal entre 2 puntos 2	16
6.	Figura 6 Torno horizontal entre 2 puntos 3	16
7.	Figura 7 Fresadora vertical 1	17
8.	Figura 8 Fresadora vertical 2	17
9.	Figura 9 Fresadora vertical 3	17
10.	Figura 10 Taladro fresador	17
11.	Figura 11 Esmeril	18
12.	Figura 12 Mesa de trabajo	18
13.	Figura 15 Soldadora 1	19
14.	Figura 16 Soldadora 2	19
15.	Figura 17 Soldadora 3	19
16.	Figura 16 Área administrativa	20
17.	Figura 17 Distribución actual planta taller <b>Barimer</b> en Flow Planner	29
18.	Figura 18 Estaciones de trabajo en distribución actual taller <b>Barimer</b> en Flow Planner	29
19.	Figura 19 Determinación de flujo en distribución actual planta taller <b>Barimer</b> en Flow Planner	29
20.	Figura 20 Determinación de método distribución actual planta taller <b>Barimer</b> en Flow Planner	29
21.	Figura 21 Propuesta distribución de planta taller <b>Barimer</b> en Flow Planner	30
22.	Figura 22 Estaciones de trabajo en propuesta distribución taller <b>Barimer</b> en Flow Planner	30
23.	Figura 23 Determinación de flujo en propuesta distribución planta taller <b>Barimer</b> en Flow Planner	30
24.	Figura 24 Determinación de métodos en propuesta distribución actual panta taller <b>Barimer</b> en Flow Planner	30

## ÍNDICE DE TABLAS

1.	Tabla 1 Exposiciones al ruido permitidas	4
2.	Tabla 2 Niveles de iluminación	6
3.	Tabla 3 Tornos	16
4.	Tabla 4 Fresadoras	17
5.	Tabla 5 Soldadoras	19
6.	Tabla 6 Medición de decibeles en el área de trabajo	21
7.	Tabla 7 Medición luz en el área de trabajo	23
8.	Tabla 8 Tipos de evento del DOP	25
9.	Tabla 9 Resumen estudio de tiempos	28
10.	Tabla 10 Distribución actual taller <b>Barimer</b> en Flow Planner	29
11.	Tabla 11 Propuesta distribución taller <b>Barimer</b> en Flow Planner	30
12.	Tabla 12 Tiempo promedio que trabajan los operarios	31
13.	Tabla 13 Datos Flow Planner	31
14.	Tabla 14 Materiales	34
15.	Tabla 15 Costo del espacio físico del terreno	38
16.	Tabla 16 Costo de la bodega	39
17.	Tabla 17 Costo de materia prima	39
18.	Tabla 18 Modelo de lote económico de producción	41
19.	Tabla 19 Planeación de requerimientos de materiales a la semana	41
20.	Tabla 20 Planeación de requerimientos de materiales al mes	42
21.	Tabla 21 Costo de implementación de bodega	42
22.	Tabla 22 Instalaciones	42
23.	Tabla 23 Formación personal	43
24.	Tabla 24 Mantenimiento de herramientas	43
25.	Tabla 25 Mantenimiento de equipo	43
26.	Tabla 26 Reducción de horas extra en el proceso de torneado	44
27.	Tabla 27 Reducción de horas extras días sábados	44
28.	Tabla 28 Listado de costos y beneficios de la implementación de la propuesta	45
29.	Tabla 29 Estimación del valor presente	47
30.	Tabla 30 Calculo de análisis beneficios/costo	48
31.	Tabla 31 Estudio de tiempos aleatorios	54
32.	Tabla 32 Costos de materiales, herramientas y equipo	55
33.	Tabla 33 Calculo del CMPC	56

## Resumen

El presente estudio se realizó en un taller de tornos ubicado en el municipio de Amatitlán del departamento de Guatemala. Su finalidad fue proponer un sistema que mejore el proceso de producción de piezas metálicas y el diseño del ambiente de trabajo para reducir los tiempos de entrega de productos terminado, para impactar la productividad en la empresa de tornos **Barimer** en Amatitlán, Guatemala.

A través de herramientas ingenieriles tales como: Diagrama de Pareto; Diagrama de operaciones de proceso, Layout, entre otras; se pueden identificar los puntos críticos que generan demoras dentro del taller. Se realizó un análisis de las condiciones actuales del taller, se identificó la presencia de acumulación de materiales en el área de trabajo, iluminación de debajo del nivel estándar establecido por la *OSHA*, el nivel de ruido sobrepasa el límite establecido por la *OSHA*, mal almacenamiento de insumos y herramienta, entre otras.

La empresa no cuenta con bodega. Se trabaja bajo pedido, realizando la orden de compra de materia prima una vez que es requerida y se depende del tiempo en que el proveedor despache los suministros. El tiempo de espera para el abastecimiento de materia prima es de tres puntos críticos que provocan demoras dentro del proceso de la fabricación de una pieza metálica. Se identificó que el taller cuenta con un espacio en el que puede implementar un área de bodega de materia prima y producto terminado, la cual ayudara a reducir las demoras que se provocan en el proceso, y se estima que se disminuirá el tiempo de despacho del producto en un 33.33%. Al igual se realizó un plano de distribución actual y la propuesta para el área de producción, con el propósito de recomendar una mejor organización de los materiales, equipos, insumos, materia prima y producto terminado con el fin de disminuir demoras.

Se determinaron los costos asociados para la implementación de los cambios propuestos y se evaluó económicamente el proyecto. El proyecto económicamente con un resultado en la razón de costo/beneficio de 1.16 y con un tiempo estimado para la recuperación de la inversión inicial de 21 meses.

## Introducción

El propósito de este trabajo de investigación fue realizar el análisis de taller de tornos ya que la escasa bibliografía y la falta de relevamiento documental acerca de esta temática suscitó la necesidad de indagar sobre las experiencias existentes relacionadas en algún punto con el objeto de estudio. Así se intercambio información con los trabajadores del taller **Barimer** enfocando y analizando teorías y nociones de suma relevancia. Ya en Guatemala hay mucho desconocimiento del terma sobre el proceso de producción en cuanto a piezas metálicas, diseños.

Hoy por hoy existe una gran variedad de piezas de las cuales algunas de ellas pasan por diferentes procesos como pueden ser el maquinado, fresado y torneado estos son unos de los procesos mecánicos que se tienen que llevarse a cabo para su elaboración con diferente tipo de máquina.

El torno es una herramienta que permite mecanizar piezas de forma geométrica de revolución (cilindros, conos, hélices, etc.), tiene técnicas complicadas en el proceso de fabricación y se implementa conocimientos básicos y esenciales en su elaboración.

Al aprender el principio de funcionamiento del torno su correcto uso y precauciones al momento de usar la maquina al saber desarrollar y manejar las máquinas de torno así como conocer la forma de tornos con los diferentes tipos de materiales desde la elaboración del más sencillo hasta los difíciles.

## II Objetivos

### 2.1. General

Proponer un sistema que mejore el proceso de producción de piezas metálicas y el diseño del ambiente de trabajo para reducir los tiempos de entrega de producto terminado, para impactar la productividad en la empresa de tornos **Barimer** en Amatitlán, Guatemala.

### 2.2. Específicos

- Realizar un análisis crítico del proceso de producción de piezas metálicas para determinar las actividades que causan las horas extra de trabajo y retrasos en la entrega de producto terminado.
- Identificar en la distribución actual los puntos críticos de mejora para el ambiente de trabajo.
- Realizar la propuesta del sistema que mejore los tiempos de entrega en un 20%.
- Proponer un nuevo layout del taller que mejore las estaciones de trabajo, en el proceso de producción de piezas metálicas.
- Determinar los costos asociados para la implementación de los cambios propuestos y evaluar el proyecto por medio de la razón beneficio/costo.

### III Marco Teórico

#### 3.1. Ruido:

“El ruido es posiblemente el contaminante físico que con mayor frecuencia se halla presente en los puestos de trabajo. En gran número de procesos industriales se generan altos niveles de ruido, por tanto, podemos afirmar que muchos trabajadores se encuentran expuestos al ruido en su ambiente de trabajo. Esta exposición representa, en un número considerable de casos, un riesgo potencial para su salud y seguridad”, (Mateo, 1999).

“La exposición al ruido durante el trabajo puede provocar diversos efectos negativos para la salud de los trabajadores. Entre estos efectos cabe destacar, como el más nocivo, la pérdida de audición. Como consecuencia de las exposiciones prolongadas y repetidas a altos niveles de ruido, sin la adopción de las debidas medidas de protección, existe un riesgo cierto de experimentar daños que afectan al sistema auditivo, dando lugar a una progresiva disminución de la capacidad auditiva, que puede llegar a generar una sordera. Por lo tanto es importante el conocimiento de los efectos del ruido sobre la salud de los trabajadores”, (Chinchilla, 2002).

**3.1.1. Dosis de ruido:** “La administración de la salud y seguridad ocupacional (OSHA, Occupational Safety and Health Administration, 1983) estableció los niveles permisibles de exposición al ruido de los trabajadores de la industria. Los niveles que se permiten depende de la duración de exposición, como se muestra en la tabla 1”, (Niebel, 2009).

“La OSHA utiliza el concepto de dosis de ruido. Así, la exposición a cualquier nivel sonoro que se encuentre por arriba de 80 dB provoca que quien escucha sea afectado por una dosis parcial. Si la exposición total diaria consta de varias exposiciones parciales a diferentes niveles de ruido, la dosis parciales se suman con el fin de obtener una exposición combinada”, (Niebel, 2009).

#### Ecuación 1. Dosis de ruido

$$D = 100 \times (C_1/T_1 + C_2/T_2 + \dots + C_n/T_n)$$

D= dosis de ruido

C= tiempo de permanencia bajo los efectos de un nivel de ruido específico (h)

T= tiempo permitido bajo los efectos de un nivel de ruido específico (h) (ver Tabla 1)

Y la holgura de descanso requerida (en porcentaje) es:

$$HD = 100 \times (D-1)$$

Así, la exposición total a distintos niveles de ruido no puede exceder una dosis de 100%”

**Tabla 1. Exposiciones al ruido permitidas**

Duración por día (horas)	Nivel de sonido (dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
1	105
0.5	110
0.25 o menor	115

(Niebel, 2009)

La dosis de ruido también se puede convertir en un nivel sonoro *promedio ponderado en tiempo de 8 horas (TWA)*”. Éste es nivel de sonido que produciría una determinada dosis de ruido si un trabajador fuera expuesto a ese nivel sonoro de manera continua en un día laboral de 8 horas continuas. El TWA se define como:

**Ecuación 2. Promedio Ponderado en tiempo de 8 horas**

$$TWA = 16.61 \times \text{Log}_{10} (D/100) + 90$$

En la actualidad, la *OSHA* también requiere un programa obligatorio de conservación de la audición que incluya la supervisión de la exposición al ruido, la realización de audiometrías y el entrenamiento para todos los empleados que estén bajo los efectos de un ruido ocupacional que sea igual o mayor a un TWA de 85 dB.

A pesar de que es probable que los niveles de ruido por debajo de 85 dB no puedan provocar la pérdida del oído, contribuyen a incrementar la distracción y el aburrimiento, lo cual da como resultado un pobre desempeño por parte del trabajador”, (Niebel, 2009).

### 3.2. Iluminación

“Su significado es: es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa que cae en determinado tiempo sobre una superficie. Para medirla se dispone de una unidad conocida como lux y su símbolo es lx”, (Chinchilla, 2002).

“La iluminación en los centros de trabajo juega un papel importante para que los trabajadores puedan realizar sus labores. Factores como la seguridad, productividad y la calidad se ven favorecidas cuando existen buenas condiciones de iluminación, ya que esta brinda no sólo facilidad para hacer el trabajo, sino también, reduce las distracciones, molestias o agotamiento que pueden provocar un accidente laboral”, (Chinchilla, 2002).

**3.2.1. Niveles de iluminación:** “La reconciliación de las holguras *ILO* (1957) y de las recomendaciones de *IESNA* (1995) respecto a niveles de iluminación se pueden aproximar de la siguiente manera. En el caso de holguras de descanso, una tarea está por debajo de la que se recomienda puede considerarse dentro de la misma subcategoría de iluminación, quizá un poco abajo del estándar, en el límite inferior del intervalo y se le asigna una holgura de 0%. Una tarea que está por muy debajo de la iluminación adecuada puede incluirse en un subcategoría debajo de la recomendación y se le asigna una holgura de 2%. Una tarea con iluminación bastante inadecuada puede ubicarse en dos o más subcategorías abajo del nivel recomendado y recibe una holgura de 5%. Estas calificaciones son bastantes realistas, puesto que las percepciones humanas de la iluminación son logarítmicas; es decir, al aumentar la luminancia se requiere una mayor diferencia de intensidad antes del cambio”, (IES, 1981), (Ver **Tabla 2**).

“Los registros contienen ciertas evidencias de que cuando aumenta la iluminación de la tarea se obtiene un desempeño más hábil. La medida de desempeño más congruente es el tiempo de terminación de la tarea bajo diversas condiciones de iluminación”, (Niebel, 2009).

**Tabla 2. Niveles de iluminación**

<b>Categoría</b>	<b>Rango de luminiscencia (fc)</b>	<b>Tipo de actividad</b>	<b>Área de referencia</b>
A	2-3-5	Áreas públicas con inmediateces oscuras.	Alumbrado general a través de un cuarto o área.
B	5-7. 5-10	Orientación simple para visitas temporales breves.	
C	10-15-20	Espacios de trabajo donde las tareas visuales se realizan solo en ocasiones.	
D	20-30-50	Realización de tareas de gran contraste y tamaño, por ejemplo, lectura de material impreso, captura de originales, escritura a mano con tinta y xerografía; trabajo duro de prensa y máquina; inspección ordinaria; ensamblado rudo.	Luminancia en la tarea.
E	50-75-100	Realización de tareas visuales de contraste medio o pequeño, por ejemplo, lectura de manuscritos a lápiz, material con muy baja calidad de impresión y reproducción; trabajo mediano de prensa y máquina; difícil inspección; ensamblado medio.	
F	100-150-200	Realización de tareas visuales de contraste y tamaño muy pequeño, por ejemplo, lectura de manuscritos con lápiz duro sobre papel de muy baja calidad y material pobremente reproducido; inspección altamente difícil, ensamble difícil.	
G	200-300-500	Realización de trabajos visuales de bajo contraste y tamaño muy pequeño por un período prolongado, por ejemplo, ensamble fino; inspección muy difícil; trabajo fino de prensa y máquina; ensamble extrafino.	Luminancia sobre la tarea a través de combinación de alumbrados locales y generales y complementarios.
H	500-750-1000	Realización de trabajos visuales muy precisos y prolongados, por ejemplo, inspección difícil; trabajo extrafino de prensa y máquina; ensamble extrafino.	
I	1000-1500-200	Realización de tareas visuales muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño, por ejemplo, procedimientos quirúrgicos.	

(Niebel, 2009)

### 3.3. Ambiente de trabajo

“El medio ambiente de trabajo es el resultado de elementos como:

- a) Proceso tecnológico: procedimientos nuevos en los sistemas de trabajo.
- b) Diversidad de equipos que producen ruido.
- c) Métodos modernos de organización de trabajo-
- d) Distribución de la planta”, (Ramírez, 2005).

“El ambiente de trabajo es un factor esencial en el rendimiento humano; por lo que es necesario que los trabajadores no trabajen más allá de los límites máximos de su resistencia y condiciones ambientales adecuadas. El trabajador se puede enfrentar a problemas como: temperatura, humedad, ruido, iluminación, etc. La atención a cada uno de estos aspectos proporciona los conocimientos indispensables para trabajar sobre ellos en forma permanente”, (Ramírez, 2005).

### 3.4. Temperatura

“La temperatura influye en el bienestar, confort, rendimiento y seguridad del trabajador. Los estudio ergonómicos del puesto de trabajo y del ambiente físico que rodea al individuo, consideran al calor y sus efectos como una condición ambiental importante. El frío también perjudica al trabajador, las temperaturas bajas hacen perder agilidad, sensibilidad y precisión en las manos. Esto, aparte de resultar un serio inconveniente para la ejecución de la tarea, es un riesgo para su seguridad, ya que aumenta el contacto con superficies cortantes debido al entumecimiento de las manos”, (Ramírez, 2005).

La exposición de un ambiente térmico agresivo, puede causar “efecto térmico”, cuyas consecuencias se manifiestan bruscamente pudiendo provocar la muerte. El calor puede producir agotamiento, calambres, descompensación en los electrolitos, sarpullido y pérdida de la capacidad para el trabajo físico y mental.

El efecto del clima en la productividad es importante, un clima confortable depende de la cantidad y la velocidad de intercambio de aire, de la temperatura y de la humedad. En áreas muy cálidas, el clima se controla de una manera más fácil a través de una ventilación adecuada para remover los contaminantes y mejorar la evaporación del sudor (el aire acondicionado es más

eficiente, pero es más costoso), por lo que se debe aprovechar al máximo la ventilación natural y establecer pausas de trabajo durante la jornada laboral. En climas fríos, el uso de ropa apropiada constituye el mecanismo de control más importante”, (Niebel, 2009).

### 3.5. Maquinaria

**3.5.1. Tornos:** “Es una máquina simple que consiste en un cilindro dispuesto para girar alrededor de su eje por la acción de palancas, cigüeñas o ruedas, y que ordinariamente actúa sobre la resistencia por medio de una cuerda que se va arrollando al cilindro”, (López, 2006).

Tipos de torno: automático, paralelo, vertical, horizontal, copiador, revólver, entre otros.

**3.5.2. Fresadora:** “Es una máquina-herramienta cuya función es crear piezas de determinadas formas, a través de un proceso de mecanizado de las mismas, con el uso de una herramienta giratoria llamada fresa. El mecanizado es un modo de manufactura por remoción de material tanto por abrasión como por arranque de viruta”, (Malva, 2015).

Tipos de fresadoras: vertical, horizontal, universal, circulares, copiadoras, entre otras.

**3.5.3. Esmeril:** Es una herramienta que se usa para afilar y dar brillo a materiales.

**3.5.4. Mesa de trabajo:** Es el lugar en donde los operarios realizan los últimos detalles de los productos.

**3.6.5. Soldadora:** “Es una herramienta que realiza la unión de dos o más piezas de un material, usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo, se puede agregar un material de aporte (metal o plástico), que, al fundirse, forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar (el baño de soldadura) y, al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón”, (Aguirre, 2015).

## IV Información general de la empresa

### 4.1. Generalidades de la empresa

El estudio se realizó en un taller de tornos ubicado en el municipio de Amatitlán del departamento de Guatemala. Esta empresa se especializa en la mecánica industrial como en la fabricación y reparación de piezas en diferentes tipos de materiales, soldadura básica y especializada, mantenimiento preventivo y correctivo de equipo industrial y tratamientos térmicos.

Barimer es una empresa familiar que inició en octubre de 1995 debido a la oportunidad de negocio en el área de Amatitlán y la Costa Sur. Esta oportunidad surge por la intuición de los dueños por la poca competencia en el área de metalmecánica que existía en esos años, ya que las industrias tenían que enviar a reparar piezas a la ciudad capital o invertir recursos económicos en la implementación de un taller propio, el cual generaba gastos no presupuestados a las empresas. Por ser una empresa familiar el área administrativa no ha tenido el desarrollo esperado, debido a los constantes cambios y competencia en los últimos años; es por ellos que se tiene la necesidad de actualizar procesos para poder ser más competitivo cada día y liderar el mercado de metalmecánico en donde se encuentra ubicado dicho taller.

Para trabajos que requieren materiales de alta calidad y dimensiones especiales, ofrecen la posibilidad, a sus clientes, de importar los mismos. Cuenta con 12 empleados, distribuidos en: área de fabricación de piezas 10 operarios; un gerente general y un administrador la empresa labora ocho horas al día, de lunes a viernes.

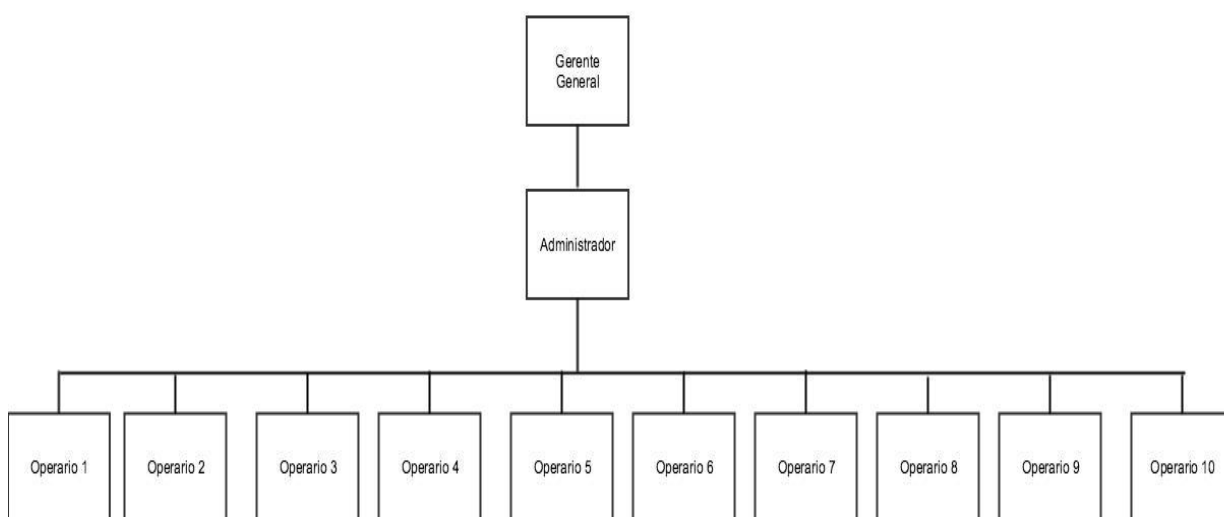
Tipo de materiales que trabajan:

- Aceros bonificados
- Aceros inoxidable
- Cold rolled
- Aluminio
- Bronces en general
- Hierro fundido
- Polímeros en general (ertalón, teflón, pvc, etc.)
- Fibra fenólica

## 4.2. Distribución de la empresa

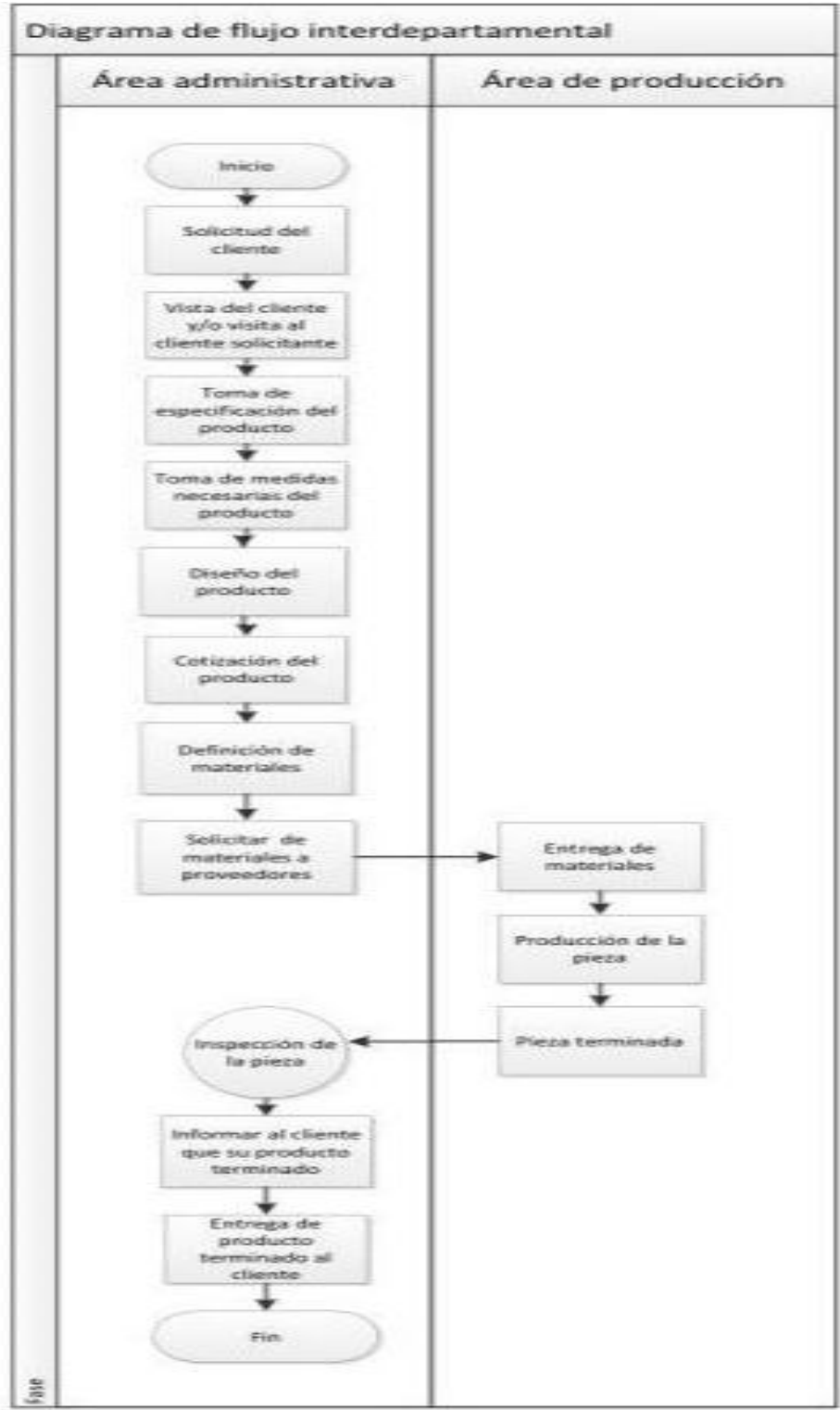
**4.2.1. Organización de la empresa:** El taller *Barimer*, cuenta con un gerente general, administrador y 10 operarios. El administrador es el encargado del taller; sus roles son desde abrir el taller, organizarlo, asignar el trabajo del día a cada operario, contactar a los proveedores, atender a los clientes, entregar el producto terminado. Los operarios son los encargados de fabricar las piezas en el taller. Se analizó la carga de tareas asignadas que tiene el administrador.

**Diagrama 1. Organigrama taller de torno *Barimer***



**4.2.2 Diagrama de flujo interdepartamental:** En el diagrama de flujo interdepartamental se detallan las tareas del administrador y su interrelación con el área de producción. El administrador es el encargado de atender a los clientes, diseñar la pieza, costeo, solicitar materiales al proveedor y despachar la pieza terminada. El administrador, debido a la demanda de trabajo, no tiene tiempo para supervisar el trabajo de los operarios (según Figura 1). Los operarios no tienen una función específica, el administrador les asigna el trabajo dependiendo la demanda del día a día. Como se observa en el diagrama de flujo interdepartamental el administrador les asigna a los operarios la pieza que deben fabricar; el administrador les muestra el esbozo de la pieza a los operarios y les explica que materiales se utilizaran y como debe ser fabricada cada pieza.

Diagrama 2. De Flujo Interdepartamental



<sup>1</sup> La nomenclatura utilizada Diagrama de flujo interdepartamental están normalizados por el American National Standards Institute (ANSI).

**Figura 1. Horario del Administrador**

Horario del administrador						
Hora	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado
8:00	Abre el taller	Abre el taller	Abre el taller	Abre el taller	Abre el taller	Abre el taller
9:00	Organiza lo que va hacer cada día	Organiza lo que va hacer cada día	Organiza lo que va hacer cada día	Organiza lo que va hacer cada día	Organiza lo que va hacer cada día	Ayuda a los trabajadores con el trabajo pendiente
10:00	Visita a clientes	Visita a clientes	Entrega de producto a clientes	Entrega de producto a clientes	Visita a clientes	Fabricación de piezas
11:00	Visita a clientes	Visita a clientes	Visita a clientes	Entrega de producto a clientes	Entrega de producto a clientes	Fabricación de piezas
12:00	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	Cierre del día
13:00	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	
14:00	Ordena material a sus proveedores o compra de insumos	Ordena material a sus proveedores o compra de insumos	Visita a clientes	Ordena material a sus proveedores o compra de insumos	Visita a clientes	
15:00	Atiende a clientes	Entrega de producto a clientes	Visita a clientes	Atiende a clientes	Visita a clientes	
16:00	Autoriza pagos	Verifica calidad de las piezas	Verifica calidad de las piezas	Verifica calidad de las piezas	Autoriza pagos	
17:00	Cierre del día	Cierre del día	Cierre del día	Cierre del día	Cierre del día	

**Figura 2. Horario de los Trabajadores**

Horario del trabajos						
Hora	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado
8:00	Abre el taller	Abre el taller	Abre el taller	Abre el taller	Abre el taller	Abre el taller
9:00	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas pendientes
10:00	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas pendientes
11:00	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas pendientes
12:00	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	HORA DE SALIDA
13:00	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	
14:00	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	
15:00	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	Fabricación de piezas	
16:00	Limpeza de herramientas y equipo	Limpeza de herramientas y equipo	Limpeza de herramientas y equipo	Limpeza de herramientas y equipo	Limpeza de herramientas y equipo	
17:00	Hora de salida	Hora de salida	Hora de salida	Hora de salida	Hora de salida	

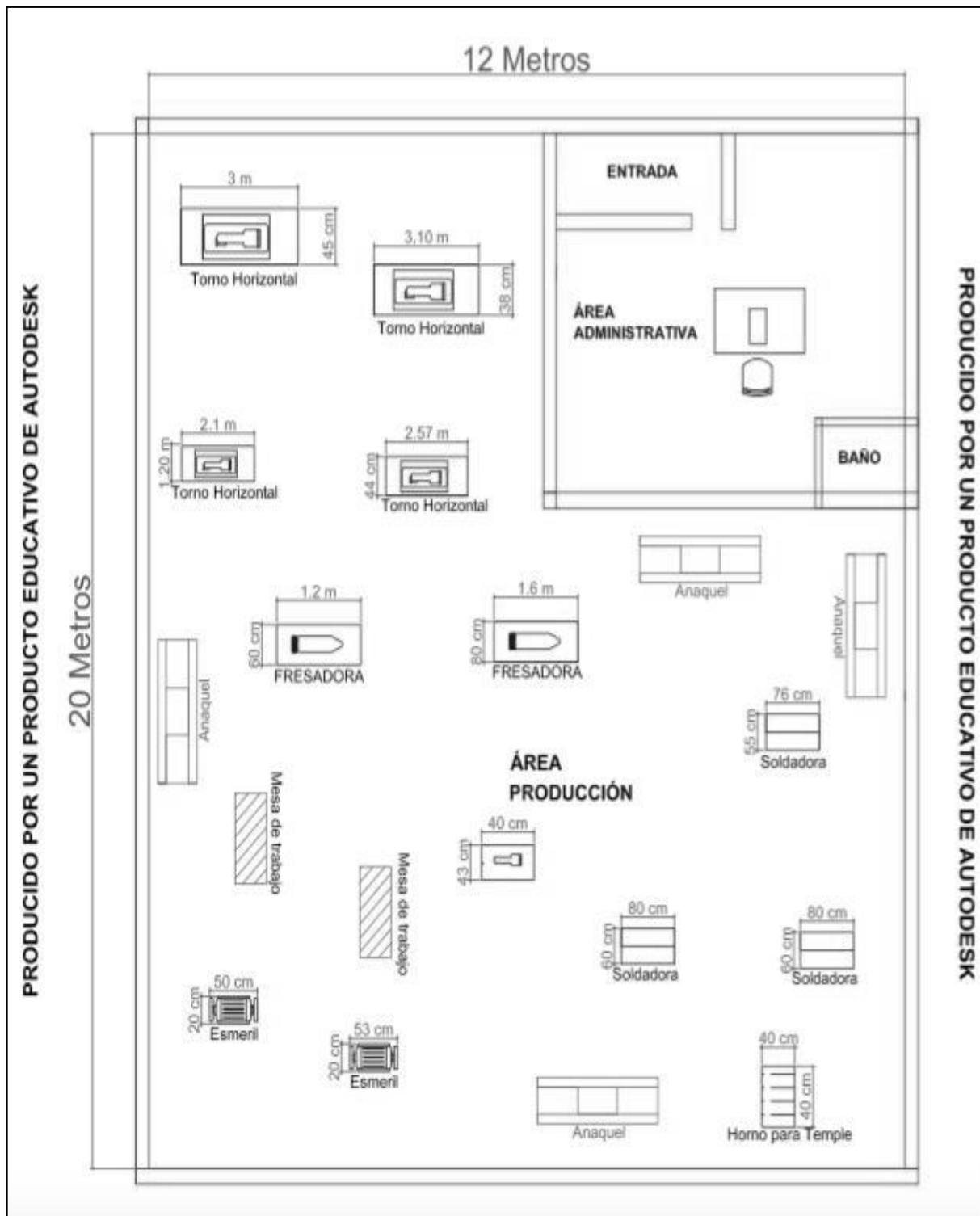
**4.2.3. Horario de los trabajadores:** Cada uno de los trabajadores tiene planificado y programado tareas para cada día. En el horario se dividen las diferentes tareas tanto para los trabajadores como para el administrador; como se mencionó anteriormente se analizaron las tareas asignadas del administrador como se puede observar en el horario tiene una alta carga de tareas asignadas.

**4.2.4. Distribución actual de la planta:** La planta se divide en dos diferentes áreas; área administrativa y producción. En el área de producción se encuentran desorganizados los productos en proceso, productos terminados, la materia prima, las herramientas, insumos y mesas de trabajo. Creando dificultad en el control y orden de los mismos. No cuentan con mesas de trabajo suficientes que cubran la demanda de trabajo de los operarios. La falta de orden afecta a los inventarios debidos a su mal almacenamiento ya que no se toma en cuenta si ya tenían en existencia o no se conoce si ya se encuentran agotados. Por falta de insumos se pierde aproximadamente 3 horas al día, dato obtenido por medio de un estudio de tiempos aleatorios<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Ver Figura 12, página 22

Figura 3. Distribución actual planta taller *Barimer*



Fuente: (Elaboración propia)

## V Situación actual del taller *Barimer*

### 5.1. Antecedentes

La calidad y la eficiencia son factores importantes al evaluar la productividad en la empresa, no se refiere únicamente al área de producción sino también se puede incluir el desempeño laboral y recurso humano.

En la actualidad, el área administrativa del taller tornos *Barimer* no ha tenido el desarrollo esperado, debido a los constantes cambios y competencia en los últimos años por lo que se tiene la necesidad de actualizar procesos. Cuentan con una computadora, y formatos manuales donde se llevan los controles y registros administrativos. El administrador del taller es también el encargado de visitar a los clientes, cuando estos necesitan o requieren algún producto o reparación. La empresa no cuenta con bodega de almacenamiento, ellos trabajan bajo pedido esto quiere decir que si un cliente les ordena alguna pieza, ellos se comunican con sus proveedores para pedir el material necesario y en el transcurso de la tarde el proveedor les entrega el material o materia prima para la elaboración de la pieza o piezas requeridas. El administrador y algunos operarios trabajan horas extras ya que el trabajo asignado para cada día no se termina en el horario establecido.

También se puede observar en el layout actual<sup>3</sup> que el diseño del ambiente de trabajo no posee espacios de almacenamiento para herramientas o materias primas. El flujo del proceso es interrumpido por la falta de iluminación y acumulación de viruta (material desecho producido por la actividad metalmeccánica de la empresa. Los operarios por la falta de iluminación deben aprovechar a trabajar en el mañana ya que en la tarde/noche no cuentan con suficiente luz para trabajar. Algunas herramientas de mano se encuentran deteriorados como: desarmadores, martillo, cepillos entre otras. Los operarios no cuentan con protección personal como: ropa adecuada, calzado, lentes y tapones de oídos. (Ver Figura 5, Pág. 8); provocando riesgos como: fatiga visual, deslumbramientos, síntomas como: cefaleas,

Respecto a lo mencionado anteriormente se puede identificar que existe ausencia de cuidado y mantenimiento de cómo almacenar herramientas, materiales, equipo de trabajo entre otros. Estas acciones han provocado riesgo en la seguridad del personal que realiza sus labores en esta área de trabajo. Al igual se ve afectado el tiempo de entrega de las piezas al cliente, por consiguiente existe insatisfacción del cliente.

---

<sup>3</sup> Ver Figura 5, página 8

## 5.2. Descripción visual de situación inicial:




**5.2.1. Infraestructura y equipo:** El taller Tornos Barimer cuenta con un área de 12 metros de frente por 20 metros de fondo; se encuentra dividido en un área administrativa, producción, trabajo terminado y 1 baño para el personal. Además, cuenta con 3 tornos, 3 fresadoras, 1 taladro fresador, 1 esmeril, 3 soldadoras, 1 horno para temple y algunas herramientas que permiten la fabricación y reparación de los diferentes productos de metal que les ofrecen a sus clientes.

El taller cuenta con la siguiente maquinaria:

- **Tabla 3. Tornos**

Torno horizontal entre 2 punto		Figura 4
Torno horizontal entre 2 punto		Figura 5
Torno horizontal entre 2 punto		Figura 6

Tabla 4. Fresadoras

Fresadora vertical 1		Figura 7
Fresadora vertical 2		Figura 8
Fresadora vertical 3		Figura 9

- Taladro:

Figura10. Taladro Fresador



- **Esmeril:**

**Figura 11. Esmeril**



- **Mesa de trabajo:**

**Figura 12. Mesa de Trabajo**



• **Tabla 6. Soldadoras**

Soldadora 1		Figura 15
Soldadora 2		Figura 16
Soldadora 3		Figura 17

**5.2.2. Área de trabajo:** Para la realización del presente trabajo se analizó la situación actual del taller basándose en la observación realizada en las visitas, respaldada de fotografías. En estas se pudo identificar la ubicación de materiales en lugares equivocados, generando un alto grado de desorden e impidiendo la circulación adecuada en el área de trabajo. Provocando pérdida de tiempo y aumentando la dificultad de llevar a cabo el trabajo establecido para cada operario (ver en Diagrama de operaciones del proceso <sup>4</sup> el tiempo que pierde el operario en buscar las herramientas a utilizar para la fabricación de una pieza, transporte 4).

Se puede observar que algunas herramientas se encuentran dispersas en el piso, algunos de los insumos se encuentran mezclados, causando dificultad al operario en el momento de la obtención de los materiales necesarios para la realización de alguna pieza metálica. Por lo tanto esto también representa pérdidas económicas, ya que una herramienta o materia almacenada en un lugar donde no corresponde, en este caso en el suelo puede sufrir de daños. Estos daños incurren en el mantenimiento no previsto.

**5.2.3. Área de administrativa:** En el área administrativa se pudo observar la ubicación de insumos inadecuada, generando un ambiente desordenado. También la falta de luz, ventilación y un alto ruido provocado por las máquinas. Durante la observación se utilizó un decibelímetro y un luxómetro, para medir el ruido total y la cantidad de lux dentro del área administrativa.

**Figura 16. Área Administrativa**



<sup>4</sup> Diagrama 3. DOP, página 31

### 5.3. Medición de ruido y luz.

**5.3.1. Ruido:** La medición de ruido es importante para el oído humano, ya que hay un límite para tolerar el ruido. Los trabajadores en el taller **Barimer** están expuestos a 97 dB por un periodo de 5 horas y a 84 dB por un periodo de 3 horas aproximadamente.

**Tabla 6. Medición de decibeles en el área de trabajo**

Taller <b>Barimer</b>	Máximo(dB)	Mínimo (dB)
Área de trabajo	97	84

Cuanto mayor es la frecuencia de un sonido, menor es el tiempo en que se puede tolerar. El resultado de la medición fue un máximo de decibeles de 97 (dB) y un mínimo de 84(dB). Con este resultado se muestra que el ruido percibido desde el área de trabajo es muy molesto<sup>5</sup> según (Niebel, 2009), por lo que puede causar consecuencias como la pérdida del oído. Según la *OSHA*, si la exposición a cualquier nivel sonoro se encuentra arriba de los 80 (dB) puede provocar a quien escucha sea afectado por una dosis parcial.

Se puede notar que el resultado de exposición al ruido en el área de producción sobrepasa la exposición al ruido permitida establecida por la *OSHA*, según (la Tabla 1, página 13) el nivel de sonido de 97 (dB) debe estar expuesto a 3 horas por día de ruido constante.

Cálculo de la dosis de ruido de la *OSHA*<sup>6</sup> (ver ecuación, página 13).

$$D = \left( \frac{5+3}{3 \quad 8} \right) \times 100 = 183$$

La dosis de ruido debe ser  $\leq 100$

$$T = \frac{84 - 94}{2 \quad 5} = 10.4$$

<sup>5</sup> Valores en decibeles de sonidos típicos, página 193 del libro

<sup>6</sup> Ver ecuación del cálculo de dosis de ruido ,en la página 13

La dosis total de ruido es mayor o igual que 100. Por lo tanto, 84 dB está por debajo del nivel máximo permisible en un día de 8 horas pero, 97 dB si sobrepasa el nivel. Para cualquier nivel de sonido por arriba de 90 dB, se requiere de un mecanismo de atenuación. También se puede calcular el nivel sonoro promedio ponderado en tiempo de 8 horas.

Cálculo de TWA<sup>7</sup>

$$TWA = 16.61 \log_{10}(183/100) + 90 = 94.36 \text{ dB}$$

El nivel sonoro promedio ponderado en tiempo de 8 horas para una dosis de 183% debe ser 94.36 dB.

Debido a que la dosis de exposición al ruido en 8 horas excede los requerimientos de OSHA, los trabajadores deben tener una holgura de descanso.

Cálculo de Holgura<sup>8</sup>

$$HD = 100 (1.83 - 1) = 83\%$$

Por lo mencionado anteriormente el taller trabaja 8 horas al día, el resultado de esta exposición al ruido puede estar provocando consecuencias tanto en el área administrativa como en el área de trabajo. Una de ellas puede ser el efecto sobre el desempeño del empleado, muchas veces no se le presta atención a estas consecuencias pero a largo plazo se verá el efecto que puede causar la exposición al ruido.

Según la OSHA, la holgura de descanso sería de 6.64 horas. Ya que el tiempo que pasa expuesto del operario a 97 dB sobrepasa el tiempo permitido de exposición.

**5.3.2. Luz:** La medición de luz es esencial en cualquier área de trabajo, ya que una mala iluminación puede provocar problemas en la pérdida de visibilidad, fatiga, baja productividad, descenso de calidad, entre otras.

---

<sup>7</sup>. Ver ecuación del cálculo de niveles intermedios de ruido, en la página 14.

<sup>8</sup>. Ver ecuación del cálculo de holgura de descanso, en la página 13.

**Tabla 7. Medición de luz en el área de trabajo**

Taller <i>Barimer</i>	98 lux
-----------------------	--------

Conversión lux a fotocandelas: 
$$E_{FC} = \frac{E_{LUX}}{10.76391} = \frac{98}{10.76391} = 9.11$$

El resultado de esta medición fue de 98 lux en el área de trabajo. Según los niveles de iluminación recomendados para utilizarse en el diseño de alumbrado en interiores,<sup>9</sup> el rango de luminiscencia de 98 lux (9.11 fc) se encuentra en la categoría B, la que indica que el tipo de actividad es de orientación simple para visitas temporales breves.

Se puede identificar que la luminiscencia que se encuentra en el área de trabajo del taller *Barimer* está por debajo del rango establecido para la realización de trabajos industriales. Una mala iluminación puede provocar riesgos en los trabajadores como: forzar la vista, vista nublada, irritación de los ojos, resequedad en los ojos, dolores de cabeza, entre otros.

**5.3.3. Diagrama de operaciones del proceso:** El diagrama de operaciones del proceso (*DOP*) muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en el proceso de torneado de una pieza. Este proceso puede variar dependiendo de las especificaciones que ordene el cliente. Los tiempos provienen de un estudio de tiempo regreso a cero con un muestreo aleatorio. El detalle del estudio de tiempos en el anexo 2<sup>10</sup>. Se realizó el diagrama de operaciones de proceso de un proceso de torneado de una pieza metálica ya que es el proceso que más tiempo se demora y se pudo determinar las demoras que hacen que el proceso tarde 11.17 horas.

<sup>9</sup> Ver tabla de niveles de iluminación, en página 16.

<sup>10</sup> Estudio de tiempos alternativos anexo 2, página 68.

### Diagrama 3. De Operaciones del Proceso

#### DIAGRAMA DE PROCESO DE LA OPERACIÓN: PROCESO DE TORNEADO 19/01/2016

#### ORDEN DE UNA PIEZA METÁLICA

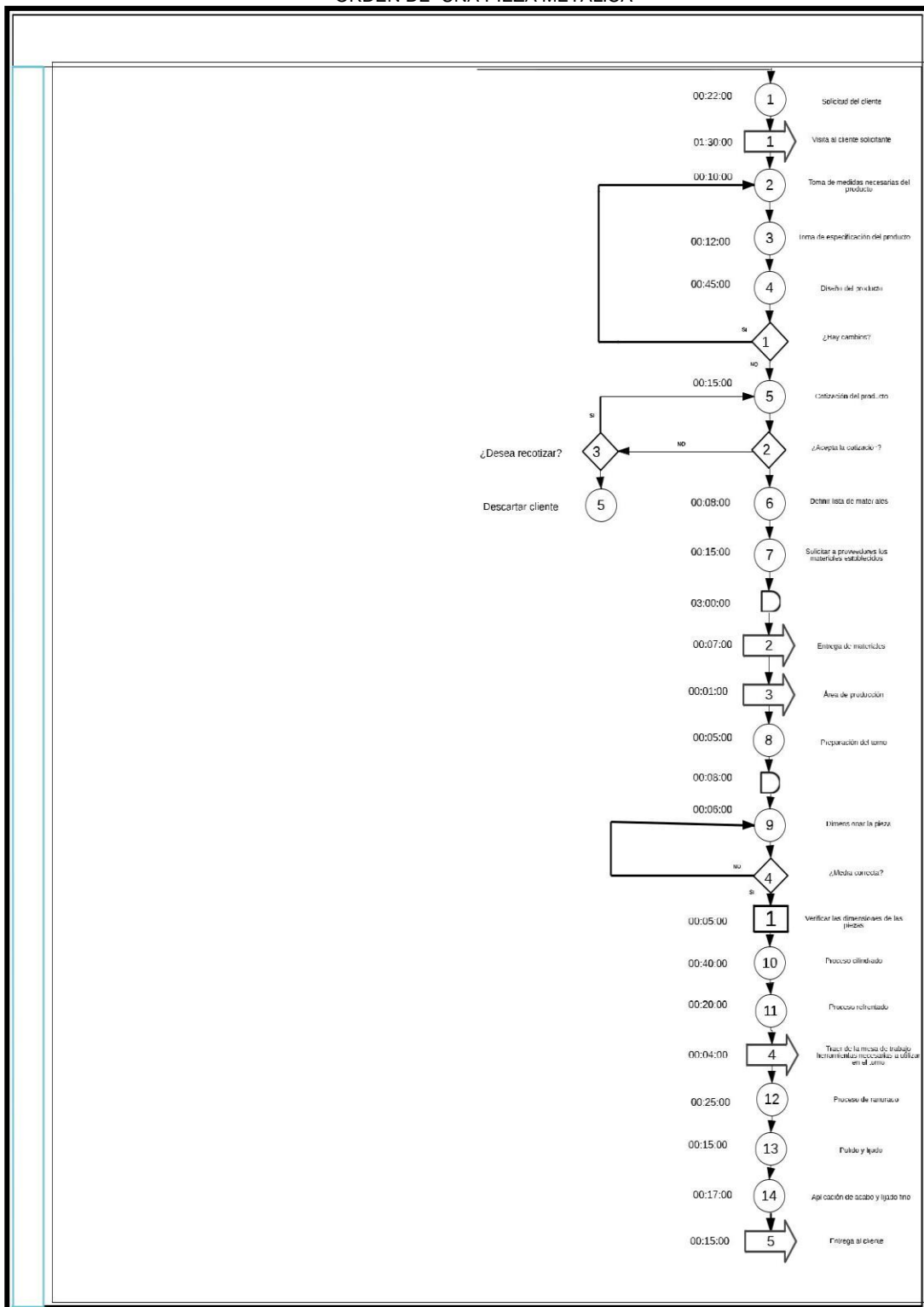


Tabla 8. Tipos de Evento del Dop

Tipo de evento	Evento	Número	Tiempo
	Operación	14	255 minutos
	Transporte	5	117 minutos
	Inspección	2	5 minutos
	Demora	2	188 minutos

Fuente (Elaboración propia)

Total de ciclo de una pieza = 565 minutos

El tiempo total del proceso de torneado de una pieza metálica es de 565 minutos, encuentran demoras de 188 minutos. La jornada laboral del taller es de 480 minutos (8 horas), al día por lo tanto el proceso de torneado sobrepasa el tiempo de la jornada laboral.

En este diagrama se puede identificar que existen 2 demoras, la primera dura 180 minutos, el taller **Barimer** no cuenta con una bodega de materia prima. Ellos trabajan bajo pedido, llaman a sus proveedores para que estos les vendan los materiales e insumos que necesitan para la fabricación de las piezas. Esta demora provoca un atraso de 3 horas promedio. Y la segunda demora es la preparación de la maquinaria.

El proceso de torneado equivale a 9.42 horas menos las demoras de 3.14 horas el tiempo del proceso se reduciría a 6.28.

## VI Análisis de resultados

A continuación se presenta un análisis de la situación actual del taller y los resultados obtenidos con base en los objetivos fijados al comienzo de este trabajo de graduación.

El resultado de la medición de ruido y luz sobrepasan el nivel permitido según la *OSHA*. El nivel de ruido según la Tabla no.7 medición de decibeles en el área de trabajo<sup>11</sup> fue un máximo de decibeles de 97 (dB); un mínimo de 84(dB) y una holgura de descanso sería de 6.64 horas. Por lo que se recomienda cambiar de tarea en el área de trabajo durante períodos intermitentes para que el tiempo bajo el cual esté expuesto el operario a este nivel de ruido sea menor a 2 horas al día. El resultado de la medición de luz fue de 98 lux, la luminiscencia está por debajo del rango establecido para la realización de trabajos industriales; por lo que se recomienda implementar luminarias *LED* en el taller.

Se realizó un diagrama de operaciones del proceso en funcionamiento, debido a que es un taller, el proceso no ha sido estandarizado por la variedad de productos que se requieren y los cambios ocurridos en las especificaciones de los mismos. En el *DOP* se identificaron 2 demoras, en las cuales las 2 causan las horas extra de trabajo y retrasos en la entrega de producto terminado.

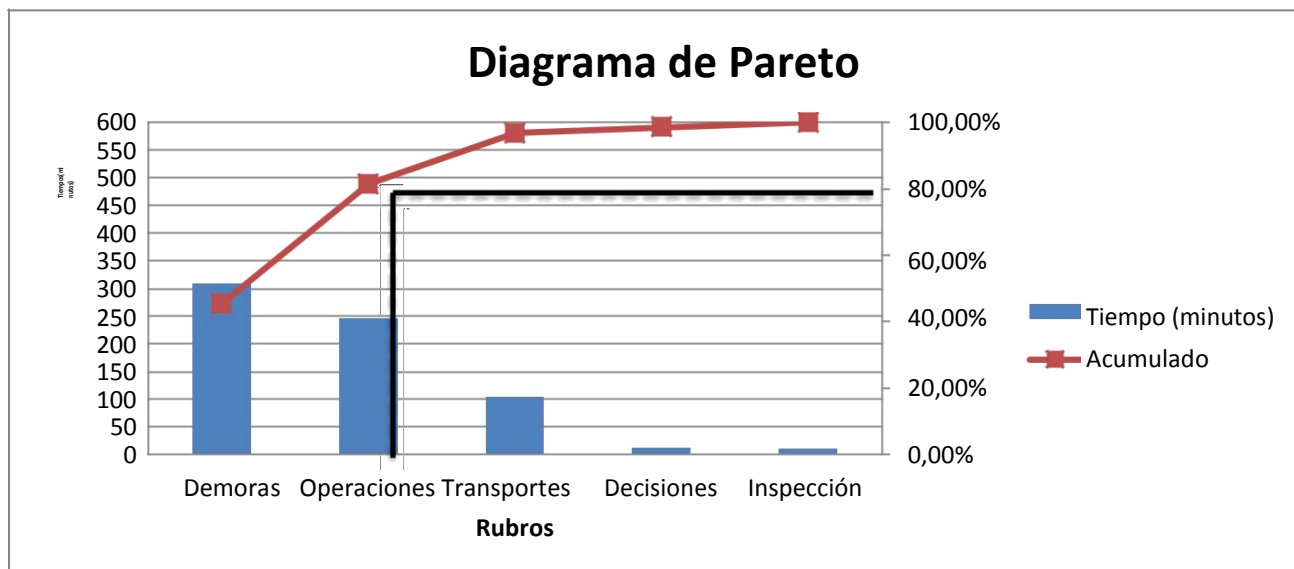
Luego se determinaron los puntos críticos que están generando problemas en el taller, por medio de un diagrama de Pareto se identificaron que las causas: demoras, operaciones, transportes, decisiones e inspección las cuales impactan el taller *Barimer*, y se deben atender para poder disminuir los tiempos.

---

<sup>11</sup> Resultados de la medición de ruido y luz, páginas 25,26 y 27

## 6.1. Diagrama de Pareto

Diagrama 4. Diagrama de Pareto



Fuente: (Elaboración propia)

El primer punto crítico según el diagrama de Pareto son las demoras, las cuales son el tiempo de espera al proveedor, como se mencionó anteriormente ellos no cuentan con una bodega de producto terminado o de materia prima. Esto ha provocado que al momento que el cliente les solicite una pieza ellos deban esperar aproximadamente 3 horas para que el proveedor les abastezca de material. En las visitas que se realizaron se pudo observar que en el área de trabajo ellos cuentan con un espacio vacío como se puede ver en el layout de la Figura 3<sup>12</sup> en donde ellos almacenan únicamente las soldadoras y algunas herramientas. Según el análisis de la distribución actual del taller se busca aprovechar el espacio vacío y almacenar materiales, insumos, herramientas, etc. Con el fin de disminuir esta demora.

El segundo punto crítico según el diagrama de Pareto son las operaciones, el tiempo de proceso de fabricar una pieza metálica depende de la dificultad de la pieza, al visitar al cliente el administrador del da un margen de un día al cliente para la fabricación de la piezas.

<sup>12</sup> Distribución actual planta taller *Barimer*, página 18.

El tercer punto crítico según el diagrama de Pareto son los transportes, el tiempo en que se tarda el administrador visitando al cliente es el tiempo que más impacta en los transportes. Luego por la falta de organización de las mesas de trabajo los operarios no tienen un orden específico en donde guardan las herramientas, como se puede ver en el layout <sup>13</sup> cuentan con 4 anaqueles y 2 mesas de trabajo y estos no son suficientes para almacenar las herramientas y trabajar ya que son 10 operarios trabajando simultáneamente. Esto ha provocado un desorden en el área de trabajo como se puede observar en el anexo 2 provocando así tiempos muertos.

**Tabla 9. Resumen Estudio de Tiempo<sup>14</sup>**

Resumen estudio de tiempos					
Proceso de torneado					
Número de elementos	Descripción de elemento	Tiempo observado (Minutos)		Media	Desviación Estándar
1	Visita al cliente solicitante	90.56	135.35	89.69	32.0
2	Diseño de producto	39.5	49.1	45.07	15.0
3	Tiempo de espera	168.99	216.5	179.62	22.7
4	Tiempo de espera	8	8	5.13	0.3
5	Transporte	1.5	1.4	1.57	0.7
6	Tiempo de espera	112.3	148.3	120.15	18.6

**6.2. Flow Planner:** En los planos anteriores se utilizó la distribución del taller *Barimer*, conjuntamente con las estaciones de trabajo y maquinaria utilizada poder tener una visión general de cómo fluye el proceso de producción de una pieza metálica y un panorama de distribución que permitirá un aumento o distribución eficiente de producción. El diseño de flujo de producción se refiere a un sistema donde se encuentran las estaciones de trabajo y equipos a lo largo de la línea de producción, como en las líneas de montaje.

En la Tabla 10 se puede observar el flujo actual en las áreas de trabajo en el taller, el cual empieza es en la administración y finaliza en el área de trabajo y viceversa.

<sup>13</sup>Ver layout actual, página 10.

<sup>14</sup>Ver estudio de tiempos completo, página 61.

Tabla 10. Distribución Actual taller Barimer en *Flow Planner*

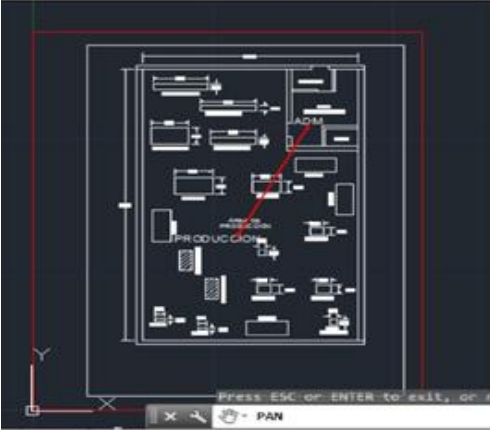


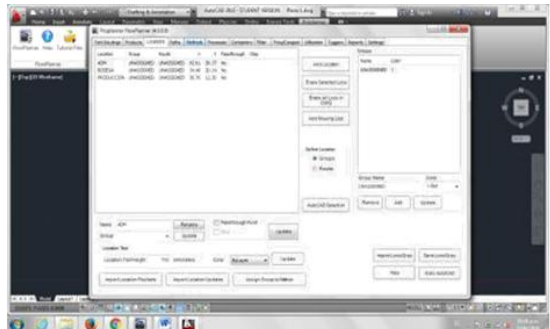
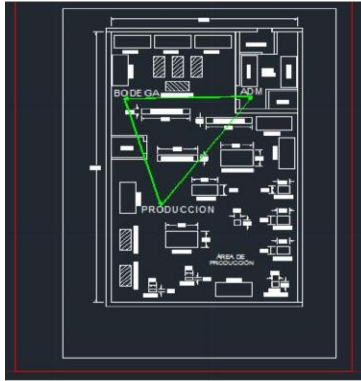



<p>Figura 17. Distribución actual planta taller <b>BARIMER</b> en Flow Planner.</p>	
<p>Figura 18. Estaciones de trabajo en distribución actual planta taller <b>BARIMER</b> en Flow Planner.</p>	
<p>Figura 19. Determinación de flujo en distribución actual planta taller <b>BARIMER</b> en Flow Planner.</p>	
<p>Figura 20. Determinación de método distribución actual planta taller <b>BARIMER</b> en Flow Planner.</p>	

Tabla 11. Propuesta distribución taller **BARIMER** en Flow Planner

<p>Figura 21. Propuesta distribución de la planta taller <b>BARIMER</b> en Flow Planner.</p>	
<p>Figura 22. Propuesta distribución de la planta taller <b>BARIMER</b> en Flow Planner.</p>	
<p>Figura 23. Propuesta distribución de la planta taller <b>BARIMER</b> en Flow Planner.</p>	
<p>Figura 24. Propuesta distribución de la planta taller <b>BARIMER</b> en Flow Planner.</p>	

En la Tabla 11 se puede observar el flujo de la propuesta de distribución en las áreas de trabajo en el taller, el cual empieza es en la administración y finaliza en el área de trabajo y viceversa.

Con Flow Planner permite tener la visión general de cómo fluye el proceso de producción de una pieza metálica y un panorama de la distribución lo cual permitirá una distribución eficiente en la producción de piezas en el taller.

**Tabla 12. Tiempo promedio que trabajan los operarios**

08 horas al día
40 horas a la semana
160 horas al mes
188 minutos extras por proceso
3.14 horas extras por proceso
20 horas extras al mes (días sábados)
Total horas al mes= 176
10,560 minutos al mes

Para calcular cuánto tiempo camina el operario por día, se tomaron en cuenta los siguientes datos:

**Tabla 13. Datos Flow Planner**

El proceso de producción de una pieza metálica se repite 3 veces al día.
Tiempo de ciclo de una pieza metálica: 565 minutos.
Tiempo que camina el operario por pieza producida: 12 minutos.
Tiempo que camina el operario por día: 38 minutos.
Costo por hora de operario: Q.17
Tiempo que camina el operario en 1 hora: 4.5 minutos.
Costo por hora de trabajo que camina el operario: Q.1.28

El proceso de producción de las piezas se repite 3 veces al día, el tiempo de ciclo de una pieza es de 565 minutos (según *DOP*, ver página 31). El operario según el estudio de tiempos camina un total de 12 minutos por pieza producida. Da un total de 36 minutos que camina al día, por lo tanto camina 4.5 minutos por hora de trabajo.

Cada hora que el operario trabaja cuesta Q17, para determinar cuánto cuesta el tiempo en que camina el operario, se divide los 4.5 minutos en 60 para pasarlo a horas y se multiplica por Q 17, por lo tanto el tiempo que le cuesta a la empresa lo que camina un operario es Q1.28 por hora de trabajo.

Según el diagrama de operaciones del proceso el tiempo de carga de materia prima es de 3 minutos y descarga 4 minutos. El paso estándar<sup>15</sup> es de 1.341 m/s (Niebel, 2009) se consideró aceleración 0 ya que los operarios no corren en el área de trabajo.

La falta de supervisión del administrador está provocando efectos en:

- **Mano de obra:**
  - Falta de personal capacitado para ejercer las diferentes tareas.
- **Materiales:**
  - Escasez de materia prima provocando pérdida de tiempo y costos.
  - Almacenamiento de materia prima, herramienta e insumos en lugares inadecuados.
  - Retrasos en abastecimiento.
- **Medio:**
  - Falta de orden y limpieza.
  - Falta de iluminación.
  - Falta de protección auditiva y visual.
- **Administración:**
  - Encargado no capacitado en procesos logísticos.
  - No existe un control de inventarios.
  - Falta de supervisión.

Estas se identificaron en las visitas que se realizaron en el taller.<sup>16</sup>

**6.3. Plan de propuesta:** Para la elaboración de la propuesta se realizó el siguiente diagrama, en el cual se listan las mejoras que se pueden realizar en el taller. Con el fin de mejorar la productividad.

<sup>15</sup> Calificación de la velocidad, ver página del libro 357.

<sup>16</sup> Ver fotografías en anexo 1, página 56.

**Diagrama 5. Listado de posibles mejoras dentro del taller *BARIMER*.**



**6.3.1. Capacitación para el personal:** “El recurso más importante en cualquier empresa es el recurso humano”. Se pudo observar dentro del taller el recurso humano no ha trabajado de la mejor manera, empezando por la gerencia y la administración. Ellos deben tener los conocimientos y habilidades que refleje directamente el comportamiento organizacional que la empresa busca o requiere, y transmitirlo al resto de los empleados. Deben alcanzar los objetivos propuestos para obtener la satisfacción buscada por la empresa.

Se promueven capacitaciones tanto para la gerencia como para los empleados, para poder crear una calidad en el personal de la empresa, es a través del recurso humano en donde los demás recursos se pueden explotar con la mejor efectividad gracias a la toma de decisiones del personal que está realmente comprometido con los objetivos de la empresa.

Además sugerirle al administrador algunas ideas de mejora como:

- Supervisión controlada: tanto para los empleados que estén realizando el trabajo asignado como en inventarios, insumos, herramientas, mantenimientos.
- Crear una cultura de calidad dentro de los trabajadores, que ellos se sientan parte dentro de la empresa. Esto puede generar mejoras en la producción ya que un empleado motivado explota su productividad.
- Establecer objetivos cada mes, con el fin de alcanzarlos y promoviendo a sus empleados algún incentivo para la motivación del personal.

**6.3.2. Implementar de un área de producto terminado y materia prima:** Según las entrevistas que se realizaron con el administrador del taller, el comentó que ellos trabajan bajo pedido con los proveedores por lo que los clientes le solicitan alguna pieza y es el administrador quien visita al cliente para determinar el costo de la pieza y las medidas. Este proceso causa demora en los tiempos de entrega el material para poder trabajar piezas. Al preguntarle al administrador si los productos se entregaban a tiempo, el comentó que de cada 10 clientes a 4 o 5 no se le entrega a tiempo debido al tiempo de espera del proveedor. Esta demora causa trabajar los días sábados (horas extras) para poder cumplir con el trabajo establecido.

Por lo tanto al analizar la situación inicial del taller, se propone la implementación de una bodega de materia prima y producto terminado. Con el fin de que la empresa disminuya sus tiempos de entrega y trabajar horas extra. Para la creación de esta área la empresa debe realizar un análisis de cuáles son sus materiales principales. Y así tener un stock en esta área para cualquier pedido que le puedan realizar los clientes. Al implementar esta área se disminuye el tiempo de espera de recepción de materiales brindado por los proveedores, ya que se cuenta con un stock de materia prima. También es importante crear un área de producto terminado, en las visitas realizadas se pudo observar que las piezas terminadas se encontraban en el suelo del área de producción, esto puede generar pérdidas económicas, ya que una herramienta o material almacenado en un lugar donde no en este caso en el suelo puede sufrir daños.

Se observó que el taller tiene el espacio suficiente para la asignación de esta área, cuentan con un área de 56 metros cuadrados. Como parte de la propuesta de esta área se recomienda la compra de mesas de trabajo y anaqueles, para el almacenaje de herramientas y materiales.

Los materiales que se almacenarán serán los siguientes:

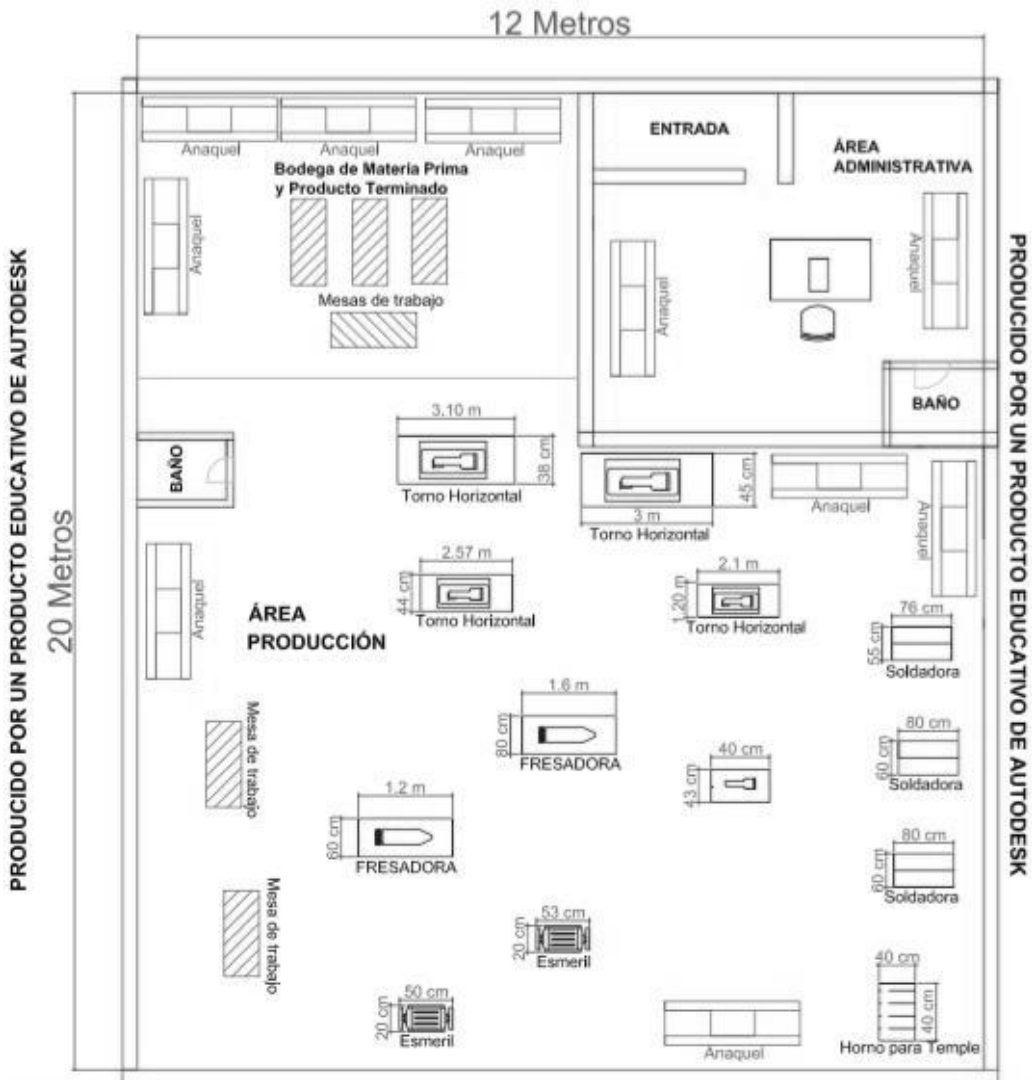
**Tabla 14. Materiales**

Materiales y herramientas
Barra de hierro negro de 1 pulgada (1 metro de alto).
Barra de hierro negro de 2 pulgada (1 metro de alto).
Barra de hierro negro de 3 pulgada (1 metro de alto).
Barra de cobre (1 metro de alto).
Barra de acero inoxidable (1 metro de alto).
Electrodos.
Buriles.
Pastillas de desgaste.

Se realizó una propuesta de la distribución de la planta con el fin de solucionar algunos inconvenientes mencionados anteriormente. Se instalarán anaqueles, mesas de trabajo y estantes organizadores para producto terminado, insumos y materias prima. Con el fin de eliminar la acumulación de herramientas, insumos, materia prima y producto terminado, generando así mayor amplitud en el área de producción. Se redistribuyó el área de producción para permitir a los operarios mayor movilidad en el área.<sup>17</sup>

**Figura 17. Propuesta distribución de la planta taller BARIMER.**

**PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK**



Fuente: (Elaboración propia)

<sup>17</sup> Ver Propuesta del Layout, página 38.

#### 6.4. Plan de implementación:

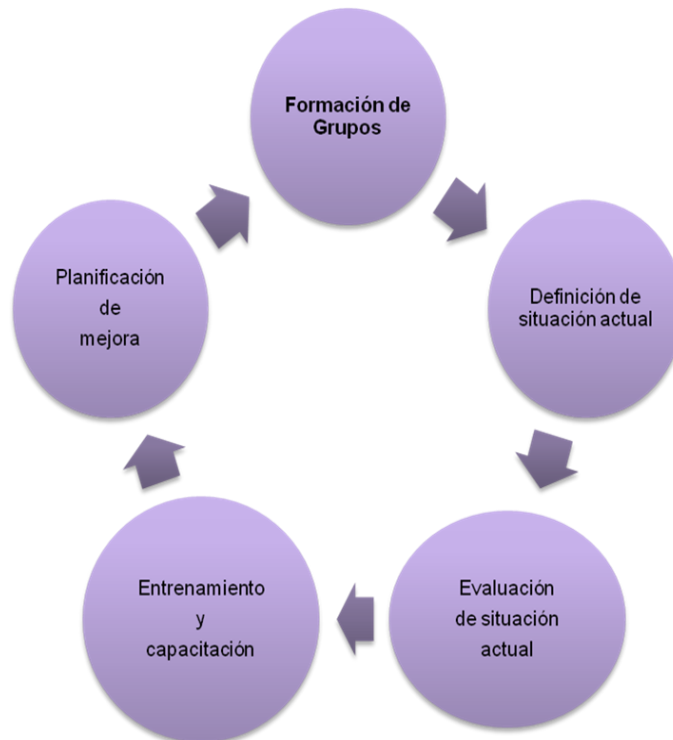
Para la elaboración del plan de implementación se desarrollo tres fases principales, la fase de formación de equipo de trabajo, la fase de planificación y la fase de desarrollo.

##### Fase 1: Formación de equipo de trabajo:

En esta fase se debe construir el equipo, en el cual se asignará un encargado en este caso es el administrador del taller. Él deberá impulsar, facilitar y planificar las acciones dentro de la empresa. Para crear un seguimiento de mejora continúa.

El directivo en este caso el gerente general junto con el administrador deberá entrenarse y capacitarse para comprometerse y conocer las actividades de la propuesta de mejora que esto conlleva y así manejar el método.

**Diagrama 6. Ciclo de mejora continúa en formación de equipo de trabajo.**



## Fase 2: Planificación

Se debe realizar un seguimiento a las actividades y documentar la información, entre las actividades que deben realizarse son reuniones con los trabajadores de la empresa e informarles de este nuevo sistema de mejora. Se les deberá capacitar para coordinar con ellos sobre cómo será la implementación de las mejoras, que beneficios conlleva y qué cambios se van a realizar dentro del taller.

Puesta en marcha el plan de implementación se deberá realizar reuniones periódicas de hora y media de manera semanal, para informales a los empleados los avances del nuevo sistema, si tienen alguna sugerencia o comentario. Así ellos se sientan parte de las nuevas mejoras que se realizarán.

## Fase 3: Desarrollo

En esta fase se recopilaran los datos de la situación actual de taller, luego se analizará la información y se tomaran acciones correctivas. El objetivo de la implementación del nuevo sistema es mejorar la productividad de la empresa, y esto conlleva rediseñar el ambiente de trabajo, capacitar al personal, reducción de tiempos de entrega etc.

**6.5. Presupuesto de implementación:** En la Tabla 25<sup>18</sup> se muestra el resumen de los costos necesarios para el estudio de la implementación del sistema. Este listado se divide en tres las cuales se toma lo siguiente:

- **Inversión inicial:** En esta división se toma en cuenta los costos estimados para la implementación de la propuesta.
- **Instalaciones:** Se incluyen la modificación físicas dentro de las áreas de trabajo, como la adquisición de anaqueles de almacenamiento, mesas de trabajo, inversión de lámparas *LED*, ventanas, equipo de seguridad auditiva y visual para el personal.
- **Formación de personal:** Se centra en las horas necesarias para la formación de ellos trabajadores, incluyendo las capacitaciones.

<sup>18</sup> Ver Tabla 25 listado de costos y beneficios de la implementación de la propuesta, página 56.

En las capacitaciones su objetivo es explicar la nueva metodología de trabajo y establecer normas. Esta formación de personal se proyectará para cuatro meses.

**Mantenimiento mensual:** En esta división se describen los gastos a incurrir para lograr un buen funcionamiento y mantenimiento de la propuesta. Se toma el tiempo que los empleados deben utilizar para el mantenimiento de la propuesta.

**Beneficios mensuales:** En esta división se cuantifican los beneficios que se estiman al implementar la propuesta.

- *Reducción de horas extras:* Al implementar la propuesta de crear un área de bodega se prevé que se eliminen las horas extra de trabajo, ya que se eliminará el tiempo de espera de recepción de materiales de los proveedores, ya que se contará un área de bodega de materia prima.
- *Reducción de tiempos de entrega:* Al crear la bodega de materia prima el tiempo de despacho de producto reducirá, ya que no se debe esperar a que el proveedor llegue a entregar la materia prima.
- *Reducción en el gasto de luz:* Al implementar las luminarias *LED*, el consumo de energía disminuirá.

**6.6. Análisis económico:** Con los datos mostrados anteriormente se realizaron los cálculos necesarios para determinar la amortización del costo total de la implementación y mantenimiento, teniendo en cuenta los beneficios mensuales obtenidos y los gastos que vaya a efectuar, para calcular el número de meses necesarios para recuperar la inversión.

**6.6.1 Espacio físico:** Se calculó el costo que tendrá la implementación de la bodega de producto terminado y materia prima. Los datos se obtuvieron por medio del gerente general.

**Tabla 15. Costo del espacio físico del terreno**

Tornos *Barimer*

Terreno	Medida	Precio Total	Precio por m2
240	m2	Q.16,740.00	Q.69.75

El costo del espacio físico del área de bodega:

**Tabla 16. Costo de la bodega**

Bodega de materia prima y producto terminado		
Terreno	Medida	Precio Total
56	m2	Q.3,906.00

**Tabla 17. Costo de materia prima**

El costo de los materiales e herramientas en el área de bodega<sup>19</sup>:

Materiales	Costo por unidad
Barra de hierro negro de 1 pulgada (1 metro de alto).	Q.90.00
Barra de hierro negro de 2 pulgadas (1 metro de alto).	Q.350.00
Barra de hierro negro de 3 pulgadas (1 metro de alto).	Q.900.00
Barra de cobre (1 metro de alto).	Q.1,100.00
Barra de acero inoxidable (1 metro de alto).	Q.250.00
Electrodos (lb).	Q.60.00
Buriles (3/8 X 4" SIN COBALTO).	Q.36.00
Pastillas de desgaste 4 pulg.	Q.100.00

## 6.6.2. Análisis de inventario

**6.6.2.1 Modelo lote económico de producción:** Se realizó un análisis de inventario con el fin de encontrar el lote económico de producción óptimo para minimizar el costo asociado a la compra y al mantenimiento de las unidades en el inventario.

Supuestos:

- Demanda es conocida.
- Los productos son producidos y vendidos simultáneamente.
- El punto de reorden (tiempo de carga o tiempo de reabastecimiento) del proveedor es constante y determinístico.

El Lote Económico (EOQ) correspondiente a cada ítem se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * K}{b * t}}$$

EOQ: Cantidad de unidades a solicitar por cada pedido de compras [unidad].

D: Demanda anual del ítem [unidad/año].

K: Costo de emisión de un Pedido de Compras [\$].

b: Costo unitario del ítem (\$/unidad).

t: Costo de almacenar una unidad monetaria por un año [%/año].

N = número esperado de órdenes.

$$\frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad de órdenes}} = D * Q$$

Se calculó la cantidad óptima de unidades de materia prima para cada orden de pedido (EOQ). También se calculó el número de pedidos al año, al mes y a la semana de cada materia prima. Luego se procedió en realizar una planificación. Se realizó una planeación de requerimientos de materiales (MRP) con el fin de abastecer las necesidades reales de materia prima de cada semana y según las diferentes cantidades; tomando en cuenta que el costo de mantener material prima tiene un costo por lo que se busca mantener en stock el material necesario. El *MRP* ayudará a gestionar los inventarios de la demanda y mantener de manera eficiente reabastecimiento de los pedidos.

Al calcular la cantidad óptima de unidades de materia prima, la planificación de requerimientos de materia prima se realizará un solo pedido de cada materia prima cada sema. La planificación será de la siguiente manera para las barras de hierro negro de 1 pulgada (1 metro de alto) se realizará el pedido los días lunes, para poder abastecer las materias prima; para las barra de hierro negro de 2 pulgadas (1 metro de alto) realizarán el día martes; Para las barra de hierro negro de 3 pulgadas (1 metro de alto) se realizarán los días miércoles junto con barras de cobre (1 metro de alto) Y por último para las barras de acero inoxidable (1 metro de alto) se realizará el pedido el día jueves.

Se planificó el abastecimiento de materia prima de esa forma debido a que es un solo operario el encargado de la bodega, por lo tanto de lunes a jueves se realizará. Y así no sobrecargar el trabajo físico del operario. La compra de materiales como: electrodos, buriles y pastillas de desgaste se realizará cada mes. Como se observa en la Tabla 18<sup>20</sup> se realizarán las 3 órdenes de cada materia prima al mes, por lo tanto se planificara que se realizan estas órdenes las primeras semanas del mes, para tener la última semana un conteo de material almacenado en bodega de cada fin de mes.

**Tabla 18. Modelo de lote económico de producción**

<b>Materiales</b>	<b>Demanda anual</b>	<b>Costo por mantener unidad (al año)</b>	<b>Costo de emisión de pedido de compra</b>	<b>EOQ (Cantidad de unidades)</b>	<b>Número de órdenes (al año)</b>	<b>Número de órdenes (al mes)</b>	<b>Número de órdenes (a la semana)</b>
Barra de hierro negro de 1 pulgada (1 metro de alto)	2,400	Q. 19.53	Q. 14.25	60	40	3	1
Barra de hierro negro de 2 pulgada (1 metro de alto)	2,160	Q. 21.70	Q. 14.25	53	41	3	1
Barra de hierro negro de 3 pulgada (1 metro de alto)	480	Q. 97.65	Q. 14.25	12	40	3	1
Barra de cobre (1 metro de alto)	1,440	Q. 32.55	Q. 14.25	36	40	3	1
Barra de acero inoxidable (1 metro de alto)	2,160	Q. 21.70	Q. 14.25	54	40	3	1

**Tabla 19. Planeación de requerimientos de materiales por semana**

<b>Materiales</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Costo</b>
Barra de hierro negro de 1 pulgada (1 metro de alto).	60	-	-	-	-	Q.5,400.00
Barra de hierro negro de 2 pulgada (1 metro de alto).	-	53	-	-	-	Q.18,550.00
Barra de hierro negro de 3 pulgada (1 metro de alto).	-	-	12	-	-	Q.10,800.00
Barra de cobre (1 metro de alto)	-	-	36	-	-	Q.39,600.00
Barra de acero inoxidable (1 metro de alto)	-	-	-	54	-	Q.13,500.00
<b>Total</b>						<b>Q.87,850.00</b>

<sup>0</sup> Ver Tabla 18, página 50.

**Tabla 20. Planeación de requerimientos de materiales por mes**

Materiales	Cada mes	
	Unidades	Costo
Electrodos	150	Q.60.00
Buriles	15	Q.540.00
Pastillas de desgaste	10	Q.10.00
<b>TOTAL</b>		<b>Q.610.00</b>

El costo de implementar una bodega de materia prima y producto terminado, es el costo que se requiere poseer una bodega de materia prima con materiales, al operario encargado de la bodega y el costo del espacio por metro cuadrado

**Tabla 21. Costo de implementación de bodega**

<b>Costo de Implementación</b>	
Costo de mantener materia prima	Q. 88,460.00
Costo operario	Q. 2,640.00
<b>Total costo</b>	<b>Q. 91,100.00</b>

**6.6.3 Instalaciones:** Se calculó el costo de las instalaciones en el área de trabajo. Los datos se obtuvieron en distintas empresas, ver anexo.

**Tabla 22. Instalaciones<sup>21</sup>**

Instalaciones	Cantidad	Unidades	Costo/u	Total
Anaqueles de almacenamiento	8	Anaqueles	Q 750.00	Q 6,000.00
Artículos de limpieza	6	Artículos	Q 25.00	Q 150.00
Señalización de áreas	20	Señales	Q 50.00	Q 1,000.00
Ventanas	6	Ventanas	Q 200.00	Q 1,200.00
Luminarias LED	16	Lámparas	Q 112.22	Q 1,795.52
Equipo de seguridad industrial para personal protección visual	12	Lentes	Q 49.00	Q 588.00
Equipo de seguridad industrial para personal protección auditiva	12	Diadema	Q 145.00	Q 1,740.00
Mesas de trabajo	4	Mesas	Q 230.00	Q 920.00
			<b>TOTAL</b>	<b>Q 13,393.52</b>

**6.6.4. Formación personal y mantenimiento mensual:** Se promoverá capacitaciones tanto para la gerencia como para operarios con el fin de crear un equipo de trabajo.

**Tabla 23. Formación de personal**

Formación de personal	Cantidad	Unidades	Precio/u	Total
Costo de capacitaciones de personal	32	Hora	Q 100.00	Q 3,200.00

Respecto a las capacitaciones anteriores se les explicará la importancia de mantener limpio y en buen estado la maquinaria y equipo de trabajo, por lo tanto se deberá hacer un mantenimiento profundo mensual. Desde limpieza de viruta en las máquinas, aplicación de lubricante, aceites y grasa para las herramientas y equipo de trabajo.

**1. Mantenimiento de herramientas**

**Tabla 24. Mantenimiento de herramientas**

Aceites y grasas (2 galones al mes)	Q.200.00
Mano de obra	Q.792.00
<b>Total</b>	<b>Q.992.00</b>

**2. Mantenimiento de equipo**

**Tabla 25. Mantenimiento de equipo**

13 máquinas

Aceite y grasas ( cada máquina 1/2)	Q. 650.00
Lubricante	Q.1,300.00
Mano de obra	Q.1,188.00
<b>Total</b>	<b>Q.2,553.00</b>

**6.6.5 Beneficios mensuales:** Se pronostica que los beneficios mensuales serán:

- *Reducción de horas extra extras por proceso:* Se calculó el costo de cada hora extra por operario que trabaja en el proceso de torneado de una pieza metálica. Según el *DOP*<sup>22</sup> el tiempo total del proceso de torneado de una pieza metálica es de 565 minutos, encuentran demoras de 188 minutos. La jornada laboral del taller es de 480 minutos (8 horas), al día por lo tanto el proceso de torneado sobrepasa el tiempo de la jornada laboral.

<sup>21</sup> El costo se obtuvo por medio de distintas empresas ver anexo 3, página 61.

El proceso de torneado equivale a 9.42 horas menos las demoras de 3.14 horas el tiempo del proceso se reduciría a 6.28 horas. El proceso de torneado se repite 3 veces al día. Por cada proceso de torneado de una pieza metálica trabajan 2 operarios en la fabricación de dicha pieza.

**Tabla 26. Reducción de horas extras en el proceso de torneado.**

Horas por proceso	3.14
Días al mes laborales	20
Costo por hora operario	Q 17.00
Costo por hora de operarios fabricando pieza metálica. (2 operarios)	Q 34.00
Costo total horas extras por proceso de torneado de una pieza metálica.	Q 106.76
Costo total extra por jornada laboral (3 veces el proceso de torneado al día)	Q 320.28
Costo total extra al mes	Q 6,405.60

- *Reducción de horas extra días sábados:* Se calculó el costo de cada hora extra por operario que trabajan los días sábados.

Se trabajan 5 horas a la semana, trabajan 5 operarios y el administrador.

**Tabla 27. Reducción de horas extras de días sábados.**

Horas semanas (día sábado)	5
Horas mes	20
Costo por hora operario	Q 17.00
Costo por hora administrador	Q 57.00
Costo por hora extra (5 operarios)	Q 340.00
Costo administrador extra	Q 1,140.00
Costo operarios extra	Q 1,700.00
<b>Costo total horas extras al mes</b>	<b>Q 2,840.00</b>

- Reducción en el gasto de luz: Al implementar tubos *LED* en el taller el consumo de energía se espera que reducirá el 41%, actualmente las luminarias que hay en el taller son fluorescentes y consumen 44W y los tubos *LED* consumen 18W.

<sup>22</sup> Ver tiempos en el diagrama de operaciones del proceso, página 31.

Tabla 28. Listado de costos y beneficios de la implementación de la propuesta

LISTADO DE COSTO Y BENEFICIOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA					
Inversión Inicial	Cantidades	Unidades	Precio/u	Total	
<b>Instalaciones</b>					
Anaqueles de almacenamiento	8	Anaqueles	Q 750.00	Q 6,000.00	
Artículos de limpieza	6	Artículos	Q 25.00	Q 150.00	
Señalización de áreas	20	Señales	Q 50.00	Q 1,000.00	
Ventanas	6	Ventanas	Q 200.00	Q 1,200.00	
Luminarias LED	16	Lámparas	Q 112.22	Q 1,795.52	
Equipo de seguridad industrial para personal protección visual	12	Lentes	Q 49.00	Q 588.00	
Equipo de seguridad industrial para personal protección auditiva	12	Diadema	Q 145.00	Q 1,740.00	
Mesas de trabajo	4	Mesas	Q 230.00	Q 920.00	
Implementación de bodega prima				Q 91,100.00	Q 104,493.52
<b>Formación de personal</b>					
Costo de capacitaciones a personal	32		Q 100.00	Q 3,200.00	
<b>Mantenimiento mensual</b>					Q 3,200.00
Capacitaciones	2	Horas	Q 100.00	Q 200.00	
Mantenimiento de herramientas				Q 992.00	
Mantenimiento de maquinaria y equipo				Q 3,534.00	Q 4,726.00
<b>Beneficios Mensuales</b>					
Reducción de horas extras	20	Horas		Q 2,840.00	
Reducción en el gasto de luz				Q 619.20	
Reducción de tiempos	63	Horas		Q 6,405.60	Q 9,864.80

Fuente: (Elaboración propia)

Para la realización de los cálculos se hizo el uso del método Coste de Capital Medio Ponderado (*CMPC*) es un promedio ponderado del costo de todas las fuentes que aportarán el capital en la empresa.

Se hizo una estimación utilizando el método de *CMPC* local. Debido a que no existe un mercado de valores en Guatemala, y no se tienen índices de la Industria Metálica en la Región Centroamérica, para obtener el coste de los fondos propio ( $K_e$ ) se aplica el modelo a partir de un análisis por comparables de industria en *USA* y es ajustado con la tasa de riesgo país. Se asume que la exposición de la empresa al riesgo de la empresa es proporcional a su exposición al riesgo de país.

El resultado fue:  $CMPC^{23}$  12.31%, el cual fue ajustado con la inflación de 2.8% promedio al mes de abril del año 2015 según el Banco de Guatemala.

$$\begin{aligned} TMAR_F &= TMAR + F + (TMAR)(F) \\ TMAR_F &= 0.1231 + 0.028 + (0.1231)(0.028) \\ TMAR_F &= 0.1545 = 15.45\% \text{ ANUAL} \end{aligned}$$

Siendo  $TMAR = CMPC$  12.31%

$F = \text{inflación} = 2.8\%$

Ya que este es un dato anual, se realizó el cálculo para obtener el dato mensual. Lo anterior dio como resultado una tasa de interés ajustada con la inflación de 1.29% mensual.

La Inversión Inicial de la implementación se realizó de la siguiente manera, el primer desembolso en el mes 0, con un monto de -Q107, 693.52 correspondiente al capital de trabajo necesario para la compra de materiales, instalaciones y formación de personal para la implementación; Como puede observarse en el siguiente Tabla 21 se presenta los flujos de efectivos correspondientes.

El valor presente neto se calculó con una  $TMAR$  del 1.29 mensual% con la finalidad de evaluar la inversión del proyecto. Este es el equivalente del dinero actual de todos los ingresos y egresos presentes y futuros.

Para el cálculo del valor presente neto se utilizó la tabla de flujos de efectivo obteniendo como resultado una  $VPN$  de Q16, 962.49. Al obtener una  $VPN$  positiva, indica que el proyecto se encuentra por encima de la tasa de descuento y que los ingresos son superiores a la inversión. Por lo tanto, el proyecto es viable económicamente desde este punto de vista.

---

<sup>23</sup> Ver cálculo de WACC en anexo 3, página 67.

Tabla 29. Estimación de valor presente

Mes	Inversión	Ingresos (Q)	Costo (Q)	Flujo de efectivo	VP	VP ACUMULADO
0	-Q107,693.52			-Q107,693.52	-Q107,693.52	-Q107,693.52
1		Q9,864.80	Q4,726.00	Q5,138.80	Q5,073.35	-Q102,620.17
2		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,964.91	-Q96,655.25
3		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,888.95	-Q90,766.31
4		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,813.95	-Q84,952.36
5		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,739.90	-Q79,212.46
6		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,666.80	-Q73,545.66
7		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,594.63	-Q67,951.04
8		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,523.38	-Q62,427.66
9		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,453.03	-Q56,974.63
10		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,383.58	-Q51,591.04
11		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,315.02	-Q46,276.02
12		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,247.33	-Q41,028.69
13		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,180.50	-Q35,848.19
14		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,114.52	-Q30,733.67
15		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q5,049.39	-Q25,684.28
16		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q4,985.08	-Q20,699.20
17		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q4,921.59	-Q15,777.61
18		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q4,858.91	-Q10,918.70
19		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q4,797.03	-Q6,121.67
20		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q4,735.94	-Q1,385.73
21		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q4,675.62	Q3,289.89
22		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q4,616.07	Q7,905.96
23		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q4,557.28	Q12,463.25
24		Q9,864.80	Q3,745.00	Q6,119.80	Q4,499.24	<b>Q16,962.49</b>
				<b>VPN</b>	<b>Q16,962.49</b>	

Fuente: (Elaboración propia)

En la empresa analizada, se proyectará para 24 meses, con el cual se hizo el cálculo del valor presente de los beneficios, y se obtuvo un monto de Q16, 962.49. Luego se realizó el cálculo de las ganancias obteniendo la diferencia entre los beneficios obtenidos y los costos.

Por último, se calculó la razón beneficio/costo como un indicador para la toma de decisiones sobre la aceptación del proyecto, la cual dio como resultado 1.16, Si  $B/C \geq 1.0$ , es acepta, ya que el proyecto es viable económicamente.

**Tabla 30. Calculo de análisis beneficio/costo**

Valor presente de beneficios	Q124,656.01
Costo inicial (inversión)	-Q107,693.52
Razón Beneficio/Costo	1.16

(Elaboración propia)

## VII Conclusiones

1. A través del diagrama de Pareto se identificaron los puntos críticos que generan demoras dentro de del taller.
2. Se realizó un análisis de las condiciones actuales del taller, se identificó la presencia de acumulación de materiales en el área de trabajo, el nivel de iluminación por debajo del nivel estándar establecido por la *OSHA*, el nivel de ruido sobrepasa el límite establecidos por la *OSHA*, mal almacenamiento de insumos y herramienta, entre otras.
3. Al implementar el área de bodega de materia prima y producto terminado se estimó que se disminuirá el tiempo de despacho de producto terminado en un 33.33%.
4. Se hizo un plano de distribución actual y la propuesta para el área de producción, con el propósito de recomendar una mejor organización de los materiales, equipos, insumos, materia prima y producto terminado.
5. Se calculó de la razón beneficio/costo como un indicador para la toma de decisión sobre la aceptación del proyecto. La razón dio como resultado 1.16, por lo tanto se acepta el proyecto ya que es viable económicamente. El tiempo estimado para la recuperación de la inversión inicial del plan propuesto de inicial es de 21 meses.

## VIII Recomendaciones

- Llevar a cabo las etapas de control y seguimiento de cada una, para tomar en cuenta posibles cambios que podrían afectar el nuevo funcionamiento para la mejora continua esperada.
- Es importante darle el valor correspondiente a las capacitaciones del personal, ya que éstas permiten un mejor conocimiento del nuevo funcionamiento de la empresa y, además, generan una mejor comunicación entre el administrador y el personal.
- La resistencia al cambio puede que afecte al personal ante los nuevos procesos y normas que deben ser tomadas. Se recomienda hacer énfasis en las ventajas y beneficios que se recibirán.
- Se recomienda implementar un incentivo para el personal para motivar el avance de este nuevo funcionamiento dentro de la empresa.

## IX Referencias bibliográficas

- Aguirre.M.2015. "El torno". Consultado en: [http://www.academia.edu/9700950/El\\_Torno](http://www.academia.edu/9700950/El_Torno). Fecha de acceso: 3 de Mayo de 2015].
- Anónimo.2006. "Boletín de Seguridad y Salud Laboral". Consultado en: [https://www.seguroscaracas.com/paginas/biblioteca\\_digital/PDF/1/Documentos/Ergonomia/ergo\\_importanciadelaergonomia.pdf](https://www.seguroscaracas.com/paginas/biblioteca_digital/PDF/1/Documentos/Ergonomia/ergo_importanciadelaergonomia.pdf) [Fecha de acceso: 21 de Enero de 2015].
- Cepeda. R. 2011, "Puntos para mejorar la productividad en las organizaciones". Consultado en: <http://www.xtrategy.com.mx/index.php/79-administracion-administracion/113-9puntos-para-mejorar-la-productividad-en-las-organizaciones>. [Fecha de acceso: 6 de Marzo de 2015].
- Chinchilla. R (2002). *Salud y Seguridad en el trabajo*. Editorial: EUNED. Costa Rica Mateo. P. (1999). *La prevención del ruido en la empresa*. Fundación CONFEMETAL. España.
- González .Aliana. 2005. "La gestión de inventarios, vía para mejorar con eficiencia y eficacia la gestión en una Empresa Constructora Cubana". Consultado en: <http://www.gestiopolis.com/finanzas-contaduria-2/gestion-inventarios-eficiencia-eficacia-constructora-cuba.htm>. [Fecha de acceso: 21 de Enero de 2015].
- López.P.2006."Compendio y análisis de la letra minera". 1era Edición. España. Universidad de Murcia, Servicios de Publicaciones.
- Malva.2008. "¿Qué son y cómo funcionan las Fresadoras? Consultado en: <http://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/fresadoras-que-son-y-para-que-sirven>. [Fecha de acceso: 21 de Febrero de 2015].
- Niebel, B. W. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo*. 12va Edición. México: McGraw-Hill.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española* (22.ed). Consultado en <http://www.rae.es/rae.html>. [Fecha de acceso: 25 de Marzo de 2015].
- Ramírez. C. (2005). *Seguridad Industrial, Un Enfoque Integral*. 2da Edición. México: Lumusa. Gudiño. A. 2011. "Programa 5's". Consultado en: <http://ccestrategica.com/0,276,cincos%C2%B4s.html>. [Fecha de acceso: 25 de Abril de 2015].

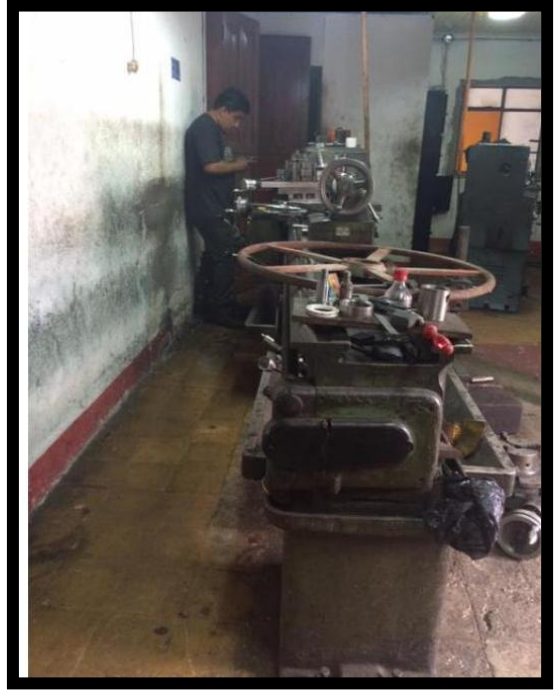
## IX Anexos

### Anexo 1. Fotografías de taller *BARIMER*

Fotografía 1. Anaqueles



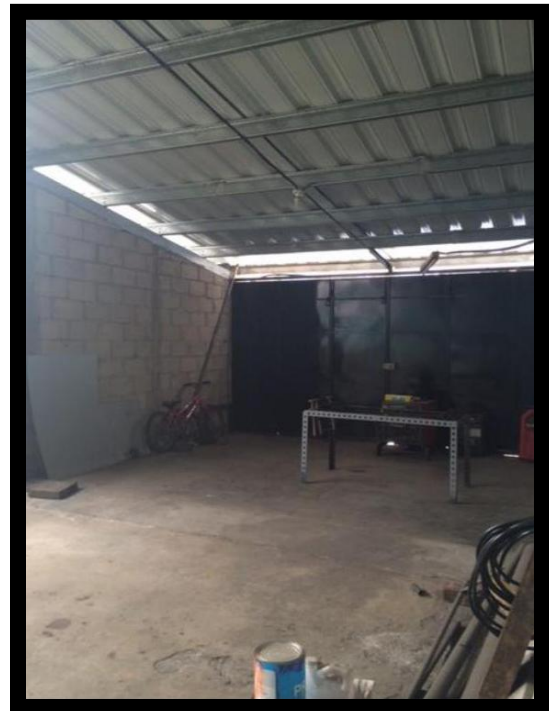
Fotografía 2. Herramientas sobre la maquinaria



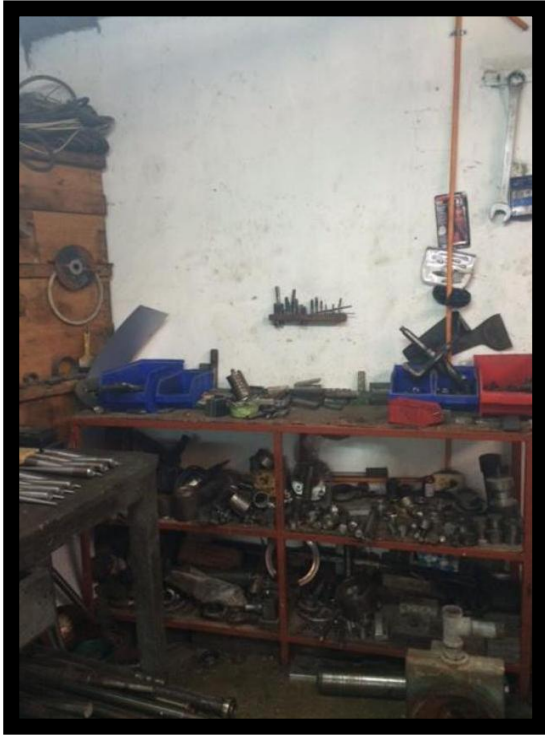
Fotografía 3. Área de trabajo vacía



Fotografía 4. Área de trabajo vacía



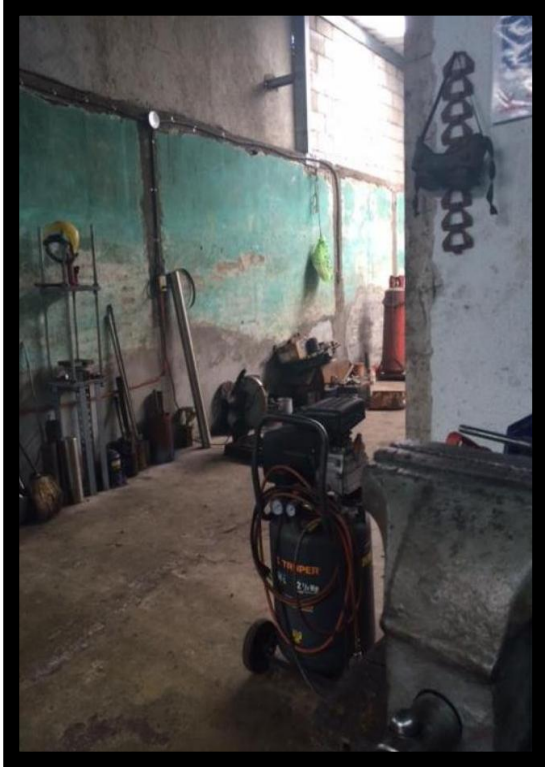
Fotografía 5. Anaqueles



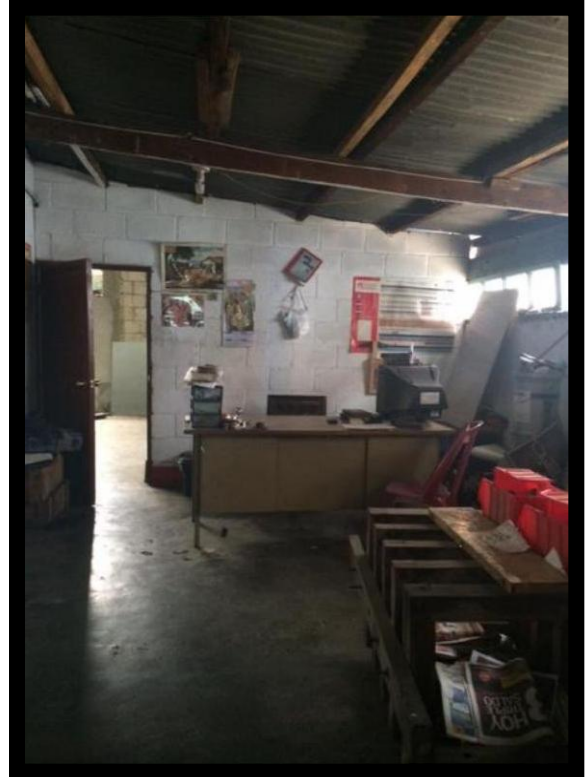
Fotografía 6. Área de trabajo



Fotografía 7. Área de trabajo



Fotografía 6. Área administrativa



Anexo 2. Tabla 31. Estudio de tiempos aleatorios

Estudio de tiempos									
Proceso de torneado									
Número de elemento	Descripción de elemento	Tiempo observado (minutos)	Tiempo observado (minutos)	Tiempo observado (minutos)	Tiempo observado (minutos)	Tiempo observado (minutos)	Tiempo observado (minutos)	Medida	Desviación estándar
1	Solicitud del cliente	25.6	17.3	15.7	22.9	19.6	28.5	21.6	5.0
2	Visita al cliente solicitante	90.6	135.4	48.4	117.0	69.0	77.9	89.7	32.0
3	Toma de especificaciones del producto	10.3	16.6	5.7	8.3	9.8	8.7	9.9	3.6
4	Toma de medidas necesarias del producto	9.8	15.3	8.0	12.4	5.0	8.5	9.8	3.6
5	Diseño de producto	39.5	49.1	25.5	68.0	34.9	53.4	45.1	15.0
6	Cotización de producto	10.00	19.50	16.70	13.0	5.0	28.0	15.40	8.00
7	Aceptación de cotización	17.00	10.0	8.0	5.0	5.0	15.00	10.0	5.1
8	Determinar lista de materiales	4.7	5.5	7.3	4.7	5.2	4.1	5.2	1.1
9	Solicitud de materiales a proveedores	10.1	20.4	15.6	9.8	8.5	24.6	14.8	6.5
10	Tiempo de espera	168.0	216.5	148.8	178.0	180.0	187.4	179.6	22.7
11	Entrega de materiales	9.6	12.4	6.0	4.3	5.6	5.0	7.2	3.2
12	Área de producción	1.0	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.1	0.2
13	Preparación de torno	5.5	4.8	5.0	5.0	5.0	5.5	5.1	0.3
14	Tiempo de espera	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	0.0
15	Dimensión de la pieza	5.2	11.2	4.5	6.2	4.9	5.4	6.2	2.5
16	Verificación de las dimensiones de la pieza	4.0	6.4	3.2	5.7	4.2	6.5	5.0	1.4
17	Proceso de cilindrado	33.1	58.8	20.1	30.3	54.8	45.3	40.4	15.1
18	Proceso de refrenado	15.6	27.3	36.2	19.9	7.9	10.5	19.6	10.7
19	Herramientas necesarias	3.0	6.0	4.9	3.7	6.4	5.0	4.8	1.3
20	Proceso de ranurado	47.4	39.1	20.9	17.3	10.5	12.3	24.6	15.1
21	Transporte	1.5	1.4	1.0	1.5	1.0	3.0	1.6	0.07
22	Pulido y lijado	11.3	20.3	15.5	10.0	14.2	17.8	14.9	3.9
23	Acabado	6.0	9.2	8.1	5.6	8.2	6.3	7.2	1.5
24	Lijado fino	11.4	15.6	7	5.9	7.3	10.3	9.6	3.6
25	Tiempo de espera	112.3	148.3	108.0	137.3	100.0	115.0	120.2	18.6

**Anexo3. Tabla 32. Costos de materiales, herramientas y equipo**

Equipo	Costo	Cotización (empresa)
Anaqueles de almacenamiento	Q 750.00	Pricesmart Guatemala
Artículo de limpieza	Q 25.00	Paiz
Señalización de áreas	Q 50.00	Elaboración propia
Ventanas	Q 200.00	Classic ventanas, <a href="http://www.classicventanas.com/">http://www.classicventanas.com/</a>
Luminarias LED	Q 112.22	Electroma, <a href="http://www.electroma.com//collections/led?page=2">http://www.electroma.com//collections/led?page=2</a>
Equipo de seguridad industrial para personal protección visual	Q 49.00	Elexsa, <a href="http://elexsa.com">http://elexsa.com</a>
Equipo de seguridad industrial para personal protección auditiva	Q 145.00	Elexsa, <a href="http://elexsa.com">http://elexsa.com</a>
Mesas de trabajo	Q 230.00	Carpintería San Jose
<b>Materiales</b>		
Barra de hierro negro de 1 pulgada (1 metro de alto)	Q 90.00	Aceros Suecos
Barra de hierro negro de 2 pulgada (1 metro de alto)	Q 350.00	Aceros Suecos
Barra de hierro negro de 3 pulgada (1 metro de alto)	Q 900.00	Aceros Suecos
Barra de cobre (1 metro de alto)	Q 1,100.00	Aceros Suecos
Barra de acero inoxidable (1 metro de alto)	Q 250.00	Aceros Suecos
Electrodos (lb)	Q 60.00	Cefesa, <a href="http://www.cefesa.com/">http://www.cefesa.com/</a>
Buriles (3/8 x 4" SIN COBALTO)	Q 36.00	Cefesa, <a href="http://www.cefesa.com/">http://www.cefesa.com/</a>
Pastillas de desgaste 4 pulgadas	Q 100.00	Productos del aire

## Anexo 4 Calculó CMPC

Tabla 33. Calculo del CMPC

Estados de resultados					
<i>Taller Barimer</i>					
(Datos confidenciales brindados por el <i>Taller Barimer</i> )					
Descripción	2010	2011	2012	2013	2014
Ventas	Q 2,700,000.00	Q 2,903,000.00	Q 2,933,440.00	Q 2,641,608.00	Q 2,434,940.00
Costos de ventas	Q 874,174.00	Q 889,172.00	Q 926,600.00	Q 1,067,974.00	Q 1,162,116.00
Utilidad bruta	Q 825,826.00	Q 2,013,828.00	Q 2,006,840.00	Q 1,573,634.00	Q 1,272,824.00
Gastos de ventas	Q 300,153.00	Q 310,773.00	Q 340,543.00	Q 353,217.00	Q 36,756.00
Contribución de venta	Q 1,525,673.00	Q 1,703,055.00	Q 1,666,297.00	Q 1,220,417.00	Q 1,236,068.00
Gastos de operación	Q 198,665.00	Q 200,886.00	Q 324,435.00	Q 367,543.00	Q 370,987.00
Utilidad de operación	Q 1,327,008.00	Q 1,502,169.00	Q 1,341,862.00	Q 852,874.00	Q 865,081.00
Intereses	Q 89,066.22	Q 96,526.77	Q 98,661.42	Q 89,286.89	Q 74,106.91
Utilidad antes de Impuestos	Q 1,237,941.78	Q 1,405,642.23	Q 1,243,200.58	Q 763,587.11	Q 790,974.09
Impuestos 7%	Q 86,655.92	Q 98,394.96	Q 87,024.04	Q 53,451.10	Q 55,368.90
Utilidad después de Impuestos	Q 1,551,285.86	Q 1,307,247.27	Q 1,156,176.54	Q 710,136.01	Q 735,605.91

Para la estimación del coste de los fondos propios ( $K_e$ ), se utilizaron todos los datos de un mercado desarrollado para una metálica en Estados Unidos. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$K_e = r_{fg} + B^* ((r_{mg} + r_{fg}) + r_c)$$

$K_e$ = Coste de los fondos propios

$r_{mg}$ = Rendimiento de mercado

$R_{fg}$ = Tasa libre de riesgo

$r_c$ = Riesgo país

$B$ = Beta de la industria metálica

## Datos

- **Tasa libre de riesgo (rfg) 3.20%**

La tasa libre de riesgo se tomo la tasa de USA; <http://datos.bancomundial.org/indicador/FR.INR.RISK>

- **Beta de la industria metálica en USA 1.63**

El beta se obtuvo de la página [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/wacc.html.htm](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/wacc.html.htm)  
Fabricating

- **Rendimiento de mercado (rmg) 5.00%**

Tasa de rendimiento de mercado en Guatemala según el Ministerio de Finanzas:

<http://dcpweb.minfin.gob.gt/Documentos/Colocacion%20Eurobono/2013/presentacion%20Colocacion%20Eurobono%202013.pdf>

- **Tasa riesgo país (rc) 3.75%**

Tasa del riesgo país se obtuvo la tasa de Guatemala al enero del 2015 en:

[http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/ctryprem.htm](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.htm)

- **Tasa de impuestos 7.00%**

% Deuda 40.00 %

% Equity 60.00%

- **Cálculo Ke:**

$$K_e = r_{fg} + B * ((r_{mg} + r_{fg}) + r_c)$$

$$K_e = 3.20\% + 163 * ((5\% + 3.20\%) + 3.75\%)$$

$$K_e = 12.25\%$$

Ya con los datos calculados anteriormente se pudo determinar el CMPC, su fórmula es:

$$CMPC = \frac{D}{D+E} * K_d + \frac{E}{D+E} * K_e$$

$$CMPC = (1 - 7\%) * (40\%) = (13.3\%) + (60\%) (12.25\%)$$

$$CMPC = 12.31\%$$

Para el cálculo del CMPC se utilizó la fórmula de Damodaran

$K_d$  13.3%  $K_d$ : Según bando de Guatemala <http://banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=vmc/vmc06>

$K_e$  12.25%

WACC 12.31 %

- **Inflación: 2.8%** según banco de Guatemala, <http://banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=vmc/vmc05>