

**CAPÍTULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Metodología de la investigación**

El presente proyecto es de tipo cuantitativo experimental, los diseños de investigaciones cuantitativas de tipo experimental corresponden a estudios para cuyo desarrollo se busca o requiere examinar el comportamiento de los fenómenos o hechos, a partir de la operación de cambios intencionados en las variables que los componen y es lo que se va a realizar en el desarrollo del proyecto.

Es importante para una investigación experimental establecer la causa y el efecto de un fenómeno, lo que significa que debe ser claro que los efectos observados en un experimento deben ser la causa.

Como es natural puede ser que los eventos que ocurran sean confusos y no permitan al investigador establecer conclusiones fácilmente.

### **1.2. Definición de distribución de planta**

Es el proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal.

#### **1.2.1. Ventajas de una eficiente distribución en planta**

Las ventajas de una buena distribución en planta se traducen en reducción del coste de fabricación, como resultado de los siguientes puntos:

- a) Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- b) Elevación de la moral y la satisfacción del obrero.
- c) Incremento de la producción.
- d) Disminución de los retrasos en la producción.
- e) Ahorro de área ocupada (áreas de producción, almacenamiento y de servicio)
- f) Reducción del manejo de materiales.

- g) Una mayor utilización de la maquinaria, de la mano de obra y/o de los servicios.
- h) Reducción del material en proceso.
- i) Acortamiento del tiempo de fabricación.
- j) Reducción del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general.
- k) Logro de una supervisión más fácil y mejor.
- l) Disminución de la congestión y confusión.
- m) Disminución del riesgo para el material o su calidad.
- n) Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones.
- o) Otras ventajas diversas.

### 1.2.2. Principios básicos de la distribución en planta

Los principios de distribución en planta según Muther, se han convertido en un símbolo de optimización de espacios para la industria.

Muther fue un pensador que vio la necesidad de establecer una industria que produjera al 100%, eliminando cualquier desperdicio en todos los sentidos; para él implantar una metodología de distribución era tan importante como la industria en sí.

Muther formuló estos 6 principios:

- **1er Principio: Integración de conjunto.** - En este principio dice que la mejor distribución es aquella que integra a los que operan, el equipo y/o maquinaria, todas las actividades, así como también cualquier otro factor involucrado, tratando que resulte un mayor compromiso entre las partes.  
No debe de excluirse nada referente a la producción en la industria, debe incluirse todo lo que comprende el proceso de fabricación de un bien; si excluimos algunas de estas partes o factores estamos destruyendo el proceso de fabricación.
- **2do Principio: Mínima distancia recorrida.** - La mejor distribución es la que permite que la distancia a recorrer por el material entre las operaciones sea la más corta posible.

Siempre se debe de tomar en cuenta la distancia que se recorre en cada operación, y se debe de seleccionar la más corta, cómoda y segura. Es erróneo pensar que las operaciones no deben de tener un orden.

- **3er Principio: Circulación o flujo de materiales.** - Una de las mejores distribuciones es aquella que ordena las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se tratan, elaboran, o montan los materiales.

Como ya se ha dicho, la primera operación empieza en la integración de material a la industria y termina con el embalaje del producto.

- **4to Principio: Espacio cúbico.** - La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal. Para este método se utiliza la idea de almacenamiento de estantes, lo que quiere decir que se optimizará el espacio entre horizontal y vertical.

- **5to Principio: Satisfacción y seguridad.** - Será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los operarios, los materiales y la maquinaria.

Como todo tiene que estar ordenado, estando todo bajo control, el área de producción debe de estar segura y sin riesgos para que los operarios estén en nivel de confort, y lleguen a una satisfacción que brinde confianza en la producción de bienes.

- **6to Principio: Flexibilidad.** - Siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costes o inconvenientes.

Se debe de evaluar la distribución, de modo que ésta no produzca costes innecesarios y que sea muy útil, fluida para la producción, como, por ejemplo, se debe de evitar gastar en divisiones de paredes costosas y difíciles de destruir, debido a que los procesos pueden cambiar por muchos motivos.

### **1.2.3. Factores que afectan la distribución en planta**

Los factores que tienen influencia sobre cualquier tipo de distribución se dividen en ocho grupos:

- a) Factor material, incluyendo diseño, variedad, cantidad, operaciones necesarias y su secuencia.
- b) Factor maquinaria, abarcando equipo de producción y herramientas, y su utilización.
- c) Factor hombre, involucrado en la supervisión y los servicios auxiliares, al mismo tiempo que la mano de obra directa.
- d) Factor movimiento, englobando transporte inter o intradepartamental, así como manejo en las diversas operaciones, almacenamientos e inspecciones.
- e) Factor espera, incluyendo los almacenamientos temporales y permanentes, así como las esperas.
- f) Factor servicio, cubriendo el mantenimiento, inspección, control de desperdicios, programación y lanzamiento.
- g) Factor edificio, comprendiendo los elementos y particularidades interiores y exteriores del mismo, así como la distribución y equipo de las instalaciones.
- h) Factor cambio, teniendo en cuenta la versatilidad, flexibilidad y expansión.

### **1.3. Tipos de distribución en planta**

#### **1.3.1. Distribución por componente principal fijo**

Esta distribución se utiliza en los casos en que el material que se debe elaborar no se desplaza en la fábrica, sino que él permanece en un solo lugar, y por lo tanto toda la maquinaria, mano de obra y demás equipos necesarios se llevan hacia él. Este tipo de distribución se emplea cuando el producto es voluminoso y pesado, y sólo se producen pocas unidades al mismo tiempo, como es el caso del ensamble de buques y aviones, así como la fabricación de motores de grandes dimensiones.

### **1.3.2. Distribución por proceso**

Esta es la distribución en la cual todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas, es decir que este sistema de disposición se utiliza frecuentemente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y se produce un volumen relativamente pequeño de cada producto, como lo es el caso de fábricas de hilados y tejidos, talleres de mantenimiento e industrias de confección.

### **1.3.3. Distribución por producto o en línea**

Este tipo de distribución comúnmente denominado «distribución de producción en cadena», corresponde al caso en el que toda la maquinaria y equipos necesarios para la fabricación de determinado producto se agrupan en una misma zona y se ordena de acuerdo con el proceso secuencial de fabricación. Se emplea usualmente en los casos en que exista una elevada demanda de uno o varios productos más o menos estandarizados, o en la fabricación de productos específicos que tienen como base un producto genérico. Por ejemplo, el embotellado de gaseosas, el montaje de automóviles, procesos sumamente estandarizados en los que la diferenciación se hace lo más cercana al cliente posible.

## **1.4. Método SLP (Sistematic lay-out planning)**

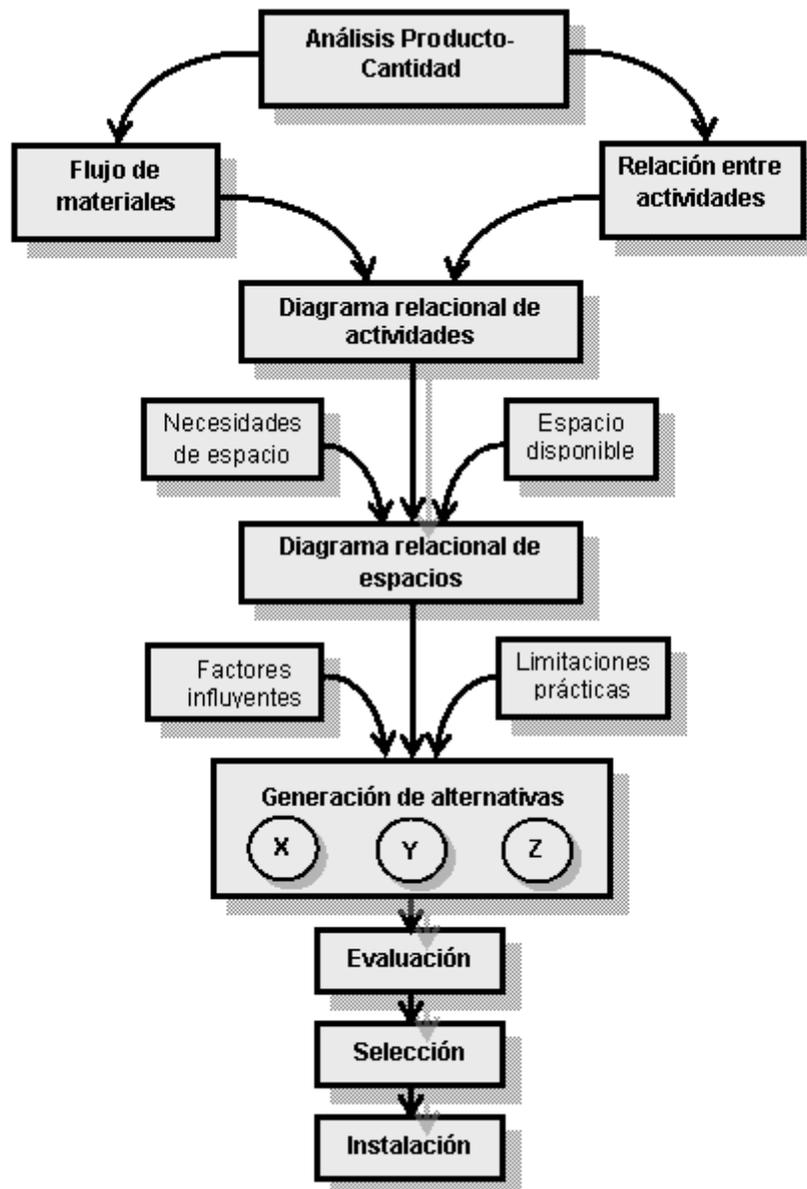
### **1.4.1. Metodología**

Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza.

Fue desarrollada por Richard Muther en los años 60 como un procedimiento sistemático multicriterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas de otros autores en esta temática se incorpora el flujo de los materiales en el estudio de la distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que,

como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos.

**Figura 1-1 Esquema Del Systematic Lay-out Planning**



**FUENTE:** Metodología De Richard Muther

### 1.4.2. Fases de desarrollo del modelo SLP

Las cuatro fases o niveles de la distribución en planta, que además pueden superponerse uno con el otro, son:

**Fase I:** Localización. Aquí debe decidirse la ubicación de la planta a distribuir. Al tratarse de una planta completamente nueva se buscará una posición geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores relevantes para la misma. En caso de una redistribución el objetivo será determinar si la planta se mantendrá en el emplazamiento actual o si se trasladará hacia un edificio nuevo o bien hacia un área de similares características y potencialmente disponible.

**Fase II:** Plan de Distribución General. Aquí se establece el patrón de flujo para el total de áreas que deben ser atendidas en la actividad a desarrollar, indicando también (y para cada una de ellas) la superficie requerida, la relación entre las diferentes áreas y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, sin atender aún las cuestiones referentes a la distribución en detalle. El resultado de esta fase nos llevará a obtener un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

**Fase III:** Plan de Distribución Detallada. Aquí se debe estudiar y preparar en detalle el plan de distribución alcanzado en el punto anterior e incluye el análisis, definición y planificación de los lugares donde van a ser instalados/colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos e instalaciones de la actividad.

**Fase IV:** Instalación. Aquí, última fase, se deberán realizar los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van instalando los equipos, máquinas e instalaciones, para lograr la materialización de la distribución en detalle que fue planeada.

### 1.4.3. Descripción general del procedimiento

#### **Paso 1: Análisis producto-cantidad**

Lo primero que se debe conocer para realizar una distribución en planta es qué se va a producir y en qué cantidades, y estas previsiones deben disponerse para cierto horizonte

temporal. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio. En cuanto al volumen de información debemos prever que pueden presentarse situaciones variadas, ya que el número de productos puede variar de uno a varios cientos o millares. Si la gama de productos fuera muy amplia convendrá formar grupos de productos similares con el fin de facilitar el tratamiento de la información. La formulación de previsiones (FP) para estos casos debe compensar lo que la referida FP daría para un solo producto ya que ello bien puede llegar a ser de poca significancia.

Posteriormente, se organizaron los grupos según su importancia, de acuerdo con las previsiones efectuadas.

### **Paso 2: Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción)**

Se trata en este paso de determinar la secuencia y la cantidad de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su procesado. A partir de la información del proceso productivo y de los volúmenes de producción, se elaboran gráficas y diagramas descriptivos del flujo de los materiales. Tales instrumentos no son exclusivos de los estudios de distribución en planta; son o pueden ser los mismos empleados en los estudios de métodos y tiempos, como ser:

- ·Diagrama OTIDA
- Diagrama de acoplamiento.
- ·Cursogramas analíticos.
- ·Diagrama multiproducto.
- ·Matrices origen-destino(desde/hacia).
- ·Diagramas de hilos.
- ·Diagramas de recorrido.

De estos diagramas no se desprende una distribución en planta, pero sin dudas proporcionan un punto de partida relevante para su planteamiento. No resulta difícil a partir de ellos establecer puestos de trabajo, líneas de montaje principales y secundarias, áreas de almacenamiento, etc.

### **Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades**

Conocido el recorrido de los productos, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares, los sistemas de manipulación y los diferentes servicios de la planta. Estas relaciones no se limitan a la circulación de materiales, pudiendo ser ésta irrelevante o incluso inexistente entre determinadas actividades. La no existencia de flujo de materiales entre dos actividades no implica que no puedan existir otro tipo de relaciones que determinan, por ejemplo, la necesidad de proximidad entre ellas; o que las características de determinado proceso requiera una determinada posición en relación a determinado servicio auxiliar. El flujo de materiales es solamente una de las razones para la proximidad de ciertas operaciones unas con otras. Entre otros aspectos, el proyectista debe considerar en esta etapa las exigencias constructivas, ambientales, de Higiene y Seguridad en el Trabajo, los sistemas de manipulación necesarios, el abastecimiento de energía y el almacenaje transitorio y externalización de residuos y desperdicios, la organización de la mano de obra, los sistemas de control de los procesos, los sistemas de información, etc. Esta información resulta de vital importancia para poder integrar los medios auxiliares de producción en la distribución de una manera racional.

Para poder representar las relaciones encontradas/definidas/existentes de una manera lógica y que permita clasificar la intensidad de dichas relaciones, se emplea la tabla relacional de actividades, consistente en un diagrama de doble entrada, en el que quedan plasmadas las necesidades de proximidad entre cada actividad y las restantes según los factores de proximidad definidos a tal efecto. Es habitual expresar estas necesidades mediante un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa generalmente por la letra X. En la práctica, el análisis de recorridos indicados en el punto anterior se emplea para relacionar las actividades directamente

implicadas en el sistema productivo, mientras que la tabla relacional permite integrar los medios auxiliares de producción.

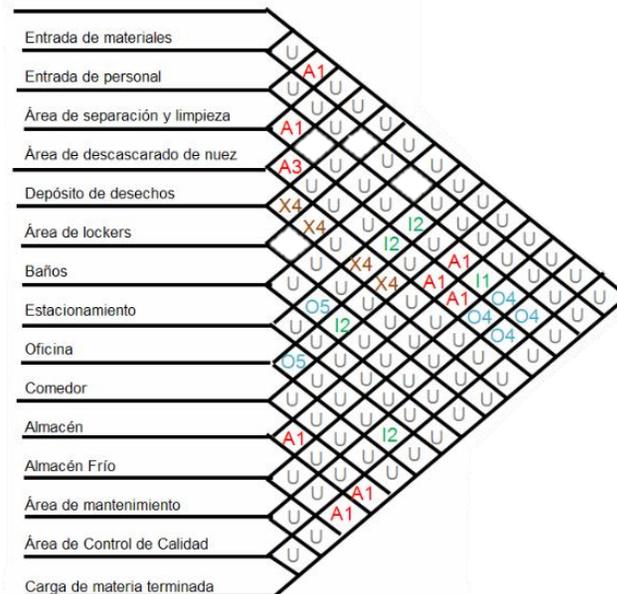
**Tabla I-1 Símbolos De Procesos**

Símbolo	Significado
●	Montaje y submontaje
●	Proceso u operación
➔	Transporte
■	Control o Inspección
◐	Servicios
↑	Sectores administrativos
▼	Almacén

**Fuente:** Richard Muther

**Elaboración:** Propia

**Figura 1-2 Diagrama Relacional De Actividades**



**Fuente:** Richard Muther

**Elaboración:** Propia

**Tabla I-2 Tabla De Proximidad**

<b>Código</b>	<b>Relación de proximidad</b>
<b>A</b>	Absolutamente necesaria
<b>E</b>	Necesaria
<b>I</b>	Importante
<b>O</b>	Ordinaria
<b>U</b>	No importante
<b>X</b>	Indeseable

**Fuente:** Richard Muther

**Elaboración:** Propia

**Tabla I-3 Tabla De Motivos**

<b>Código</b>	<b>Fundamentos</b>
1	Por flujo de información
2	Por conveniencia de la dirección
3	Por peligrosidad, toxicidad y ruidos
4	Por inspección y control
5	Por recorrido de los materiales
6	Por distracción e interrupción
7	Por deterioro de los materiales
8	Por uso de los mismos materiales
9	Por seguridad

**Fuente:** Richard Muther

**Elaboración:** Propia

#### **Paso 4: Desarrollo del Diagrama de Relaciones de las Actividades**

La información recogida hasta el momento, referente tanto a las relaciones entre las actividades como a la importancia relativa de la proximidad entre ellas, es recogida y volcada en el Diagrama Relacional de Actividades. Este pretende recoger la ordenación topológica de las actividades en base a la información de la que se dispone. De tal forma, en dicho grafo los departamentos que deben acoger las actividades son adimensionales y no poseen una forma definida.

El diagrama es un gráfico simple en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas. Estas últimas representan la intensidad de la relación (A, E, I, O, U y X) entre las actividades unidas a partir del código de líneas que se detalla en la Figura 4. A continuación este diagrama se va ajustando a prueba y error, lo cual debe realizarse de manera tal que se minimice el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades, o por lo menos entre aquellas que representen una mayor intensidad relacional.

De esta forma, se trata de conseguir distribuciones en las que las actividades con mayor flujo de materiales estén lo más próximas posible, cumpliendo el principio de la mínima distancia recorrida, y en las que la secuencia de las actividades sea similar a aquella con la que se tratan, elaboran o montan los materiales (principio de la circulación o flujo de materiales).

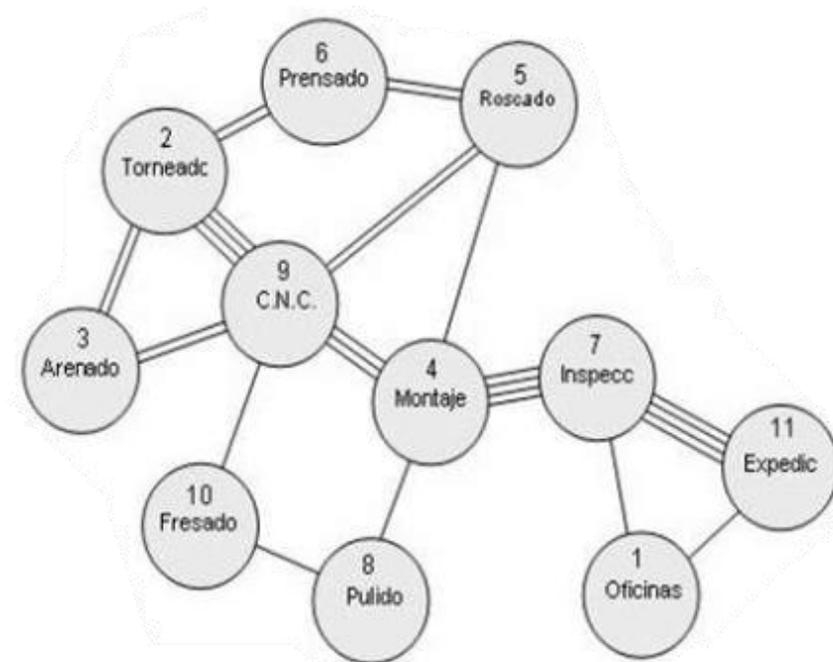
**Tabla I-4** Tabla de Código De Líneas

Código	Simbología
A	=====
E	====
I	====
O	_____
U	
X	-----

**Fuente:** Richard Muther

**Elaboración:** Propia

**Figura 1-3** Diagrama De Relación De Actividades



**Fuente:** Richard Muther

**Elaboración:** Propia

### **Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios**

El siguiente paso hacia la obtención de alternativas factibles de distribución es la introducción en el proceso de diseño, de información referida al área requerida por cada actividad para su normal desempeño.

El planificador debe hacer una previsión, tanto de la cantidad de superficie, como de la forma del área destinada a cada actividad.

La experiencia revela que no existe un procedimiento general “ideal” para el cálculo de las necesidades de espacio.

El proyectista debe emplear el método más adecuado al nivel de detalle con el que se está trabajando, a la cantidad y exactitud de la información que se posee y a su propia experiencia previa.

El espacio requerido por una actividad no depende únicamente de factores inherentes a sí misma, si no que puede verse condicionado por las características del proceso productivo global, de la gestión de dicho proceso o del mercado mismo.

Por ejemplo, el volumen de producción estimado, la variabilidad de la demanda o el tipo de gestión de almacenes previsto pueden afectar al área necesaria para el desarrollo de una actividad.

En cualquier caso, hay que considerar que los resultados obtenidos son siempre previsiones, con base más o menos sólida, pero en general con cierto margen de incertezas.

El planificador puede hacer uso de los diversos procedimientos de cálculo de espacios existentes para lograr una estimación del área requerida por cada actividad. Los datos así obtenidos deben confrontarse con la disponibilidad real de espacio.

Si la necesidad de espacio fuera mayor que la disponibilidad, deben realizarse los reajustes necesarios, disminuyendo la previsión de requerimientos de superficie de las

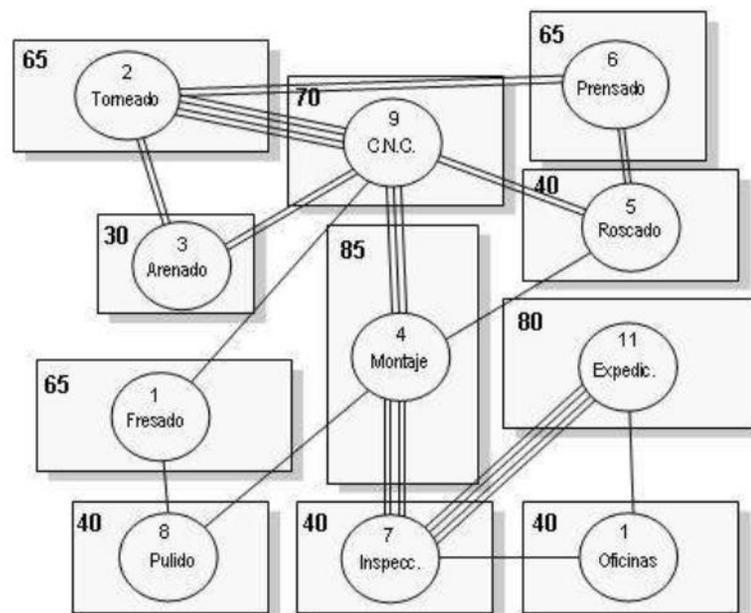
actividades, o bien, aumentar la superficie total disponible modificando el proyecto de edificación (o el propio edificio si éste ya existiera).

El ajuste de las necesidades y disponibilidades de espacio suele ser un proceso iterativo de continuos acuerdos, correcciones y reajustes, que desemboca finalmente en una solución que se representa en el llamado Diagrama Relacional de Espacios.

### **Paso 6: Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios**

El Diagrama Relacional de Espacios es similar al Diagrama Relacional de Actividades presentado previamente, con la particularidad de que en este caso los símbolos distintivos de cada actividad son representados a escala, de forma que el tamaño que ocupa cada uno sea proporcional al área necesaria para el desarrollo de la actividad

**Figura 1-4 Diagrama Relacional De Espacios**



**Fuente:** Richard Muther  
**Elaboración:** Propia

En estos símbolos es frecuente añadir, además, otro tipo de información referente a la actividad como, por ejemplo, el número de equipos o la planta en la que debe situarse.

Con la información incluida en este diagrama se está en disposición de construir un conjunto de distribuciones alternativas que den solución al problema. Se trata pues de transformar el diagrama ideal en una serie de distribuciones reales, considerando todos los factores condicionantes y limitaciones prácticas que afectan al problema.

Entre estos elementos se pueden citar características constructivas de los edificios, orientación de los mismos, usos del suelo en las áreas colindantes a la que es objeto de estudio, equipos de manipulación de materiales, disponibilidad insuficiente de recursos financieros, vigilancia, seguridad del personal y los equipos, turnos de trabajo con una distribución que necesite instalaciones extras para su implantación.

A pesar de la aplicación de las más novedosas técnicas de distribución, la solución final requiere normalmente de ajustes imprescindibles basados en el sentido común y en el juicio del distribuidor, de acuerdo a las características específicas del proceso productivo o de servicios que tendrá lugar en la planta que se proyecta.

No es extraño que, a pesar del apoyo y simpleza encontrada con el uso de diferente software disponible en la actualidad, se siguen utilizando las técnicas tradicionales y propias de la distribución SLP en la mayoría de las ocasiones.

De tal forma, sigue siendo un procedimiento ampliamente utilizado la realización de maquetas de la planta y los equipos en forma plana y tridimensionales, de forma que estos puedan ir colocándose de distintas formas en aquella hasta obtener una distribución aceptable.

La obtención de soluciones es un proceso que exige creatividad y que debe desembocar en un cierto número de propuestas (Muther, aconseja de dos a cinco) elaboradas de forma suficientemente precisa, que resultan de haber estudiado y filtrado un número mayor de alternativas desarrolladas sólo esquemáticamente.

## **Paso 7: Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución**

Una vez desarrolladas las soluciones, hay que proceder a seleccionar una de ellas, para lo que es necesario realizar una evaluación de las propuestas, lo que nos pone en presencia de un problema de decisión multicriterio.

La evaluación de los planes alternativos determinará que propuestas ofrecen la mejor distribución en planta.

Los métodos más referenciados con este fin se relacionan a continuación:

- a) Comparación de ventajas y desventajas
- b) Análisis de factores ponderados
- c) Comparación de costos
- d) Otros

### **1.5. Diagrama de Pareto**

El Diagrama de Pareto, es una técnica gráfica sencilla para clasificar aspectos en orden de mayor a menor frecuencia. Está basado en el principio de Pareto.

Este diagrama, también es llamado curva cerrada o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras.

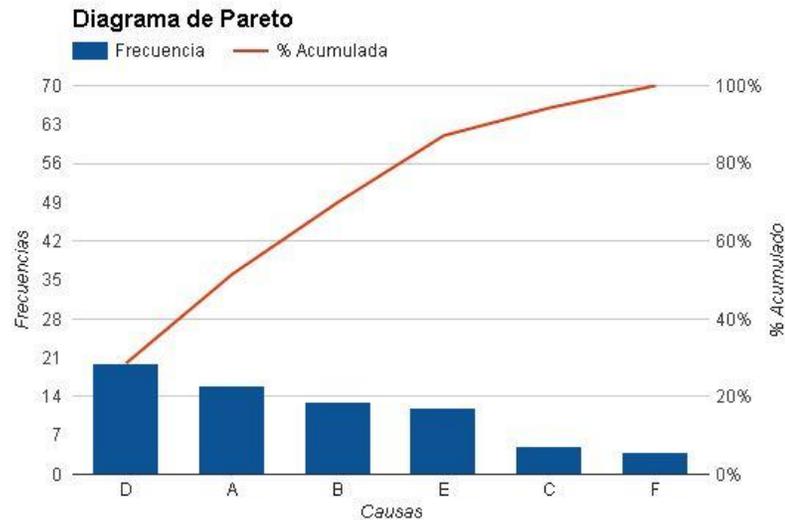
Este diagrama:

- Permite asignar un orden de prioridades.
- Permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Mediante la gráfica colocamos los «pocos que son vitales» a la izquierda y los «muchos triviales» a la derecha.

- Facilita el estudio de las fallas en las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales psicosomáticos.

El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización.

**Figura 1-5 Diagrama De Pareto**



**Fuente:** FJG Gonzales-Herramientas de calidad

### 1.5.1. Elaboración del diagrama de Pareto

- Seleccionar los aspectos que se van a analizar. ¿Cuál es el problema y las causas que se van a tratar?
- Seleccionar la unidad de medida para el análisis: la cantidad de ocurrencias, los costos u otra medida de influencia.
- Seleccionar el período de tiempo para el análisis de los datos, por ejemplo: un ciclo de trabajo, un día completo, una semana, etc.
- Relacionar los aspectos de izquierda a derecha en el eje horizontal en el orden de magnitud decreciente de la unidad de medida. Las categorías que contienen la menor cantidad de aspectos pueden combinarse en «otra» categoría, la cual se debe colocar en la extrema derecha).

- e) Encima de cada aspecto, se dibuja un rectángulo cuya altura representa la magnitud de la unidad de medida para cada aspecto.
- f) Construir la línea de frecuencia acumulativa sumando las magnitudes de cada aspecto de izquierda a derecha.
- g) Utilizar el Diagrama de Pareto para identificar los aspectos más importantes para el mejoramiento de la calidad.

### 1.6. Cálculo de las superficies-método Guerchet

El primer paso al efectuar una distribución o redistribución de elementos en planta corresponde al cálculo de las superficies. Éste es un método de cálculo que para cada elemento a distribuir supone que su superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales que contemplan la superficie estática, la superficie de gravitación y la superficie de evolución o movimientos.

- **Superficie estática (Ss):** Es la superficie correspondiente a los muebles, máquinas e instalaciones.

$$S_s = A \times L \qquad \text{Ecuación I.1}$$

- **Superficie de gravitación (Sg):** Es la superficie utilizada alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y por el material acopiado para las operaciones en curso. Esta superficie se obtiene para cada elemento multiplicando la superficie estática por el número de lados a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizados.

$$S_g = S_s \times N \qquad \text{Ecuación I.2}$$

- **Superficie de evolución (Se):** Es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal y para la manutención.

$$Se = (Ss + Sg) (K)$$

**Ecuación I.3**

- **Superficie total** = Sumatoria de todas las superficies
- **K (Coeficiente constante):** Coeficiente que puede variar desde 0.05 a 3 dependiendo de la razón de la empresa, este coeficiente representa una media ponderada de la relación entre las alturas de los elementos móviles y los elementos estáticos.

En la siguiente tabla se muestran valores ya determinados de K para diferentes tipos de industrias planteada en la metodología de Guerchet.

**Tabla I-5 Tabla De Coeficientes K**

<b>Razón de la empresa</b>	<b>Coeficiente K</b>
Gran industria alimenticia	0,05-0,15
Trabajo en cadena, transporte mecánico	0,10-0,25
Textil-Hilado	0,05-0,25
Textil-Tejido	0,05-0,25
Relojería, Joyería	0,75-1,00
Industria mecánica pequeña	1,50-2,00
Industria mecánica	2,00-3,00

**Fuente:** Richard Muther

**Elaboración:** Propia

### **1.7. Método de los factores ponderados para la selección de alternativas**

Este método que aquí se presenta realiza un análisis cuantitativo en el que se compararán entre sí las diferentes alternativas para conseguir determinar una o varias localizaciones válidas.

El objetivo del estudio no es buscar una localización óptima sino una o varias localizaciones aceptables. En cualquier caso, otros factores más subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la empresa a instalar determinarán la localización definitiva.

A continuación, se presentan los pasos a seguir:

1. Determinar una relación de los factores relevantes.
2. Asignar un peso a cada factor que refleje su importancia relativa.
3. Fijar una escala a cada factor: 1-10 ó 1-100 puntos.
4. Hacer que los directivos evalúen cada localización para cada factor.
5. Multiplicar la puntuación por los pesos para cada factor y obtener el total para cada localización.
6. Hacer una recomendación basada en la localización que haya obtenido la mayor puntuación, sin dejar de tener en cuenta los resultados obtenidos a través de métodos cuantitativos.

Para entender adecuadamente los conceptos planteados realizaremos un ejemplo de aplicación:

Para la localización de una nueva planta de fabricación se ha identificado un conjunto de criterios y se ha distinguido el grado de importancia de cada una de las alternativas en una escala de 0 a 10. Todo esto se recoge en la siguiente tabla.

**Tabla I-6 Tabla De Ponderación De Factores**

Factores	Peso relativo (%)	Alternativas		
		A	B	C
F1	30	7	7	10
F2	30	5	9	7
F3	20	9	6	6
F4	15	6	6	7
F5	5	7	8	2

**Fuente:** F.G. García Álvarez

**Elaboración:** Propia

La puntuación total para cada alternativa se calcula como la suma de las puntuaciones para cada factor ponderadas según su importancia relativa.

$$P_j = \sum_{i=1}^m (W_i \times F_{ij}) \quad \text{Ecuación I.4}$$

Donde:

$P_j$ =Puntuación global de cada alternativa j.

$W_i$ =peso ponderado de cada factor i.

$F_{ij}$ =Puntuación de las alternativas j por cada uno de los factores i.

## **1.8. Ley general de higiene y seguridad ocupacional y bienestar**

### **Capítulo I de los locales de los establecimientos de trabajo**

#### **Requisitos de espacio**

**Artículo 61°.-** Las edificaciones de trabajo tendrán como mínimo 3 metros de altura desde el piso al techo.

**Artículo 62°.-** El número máximo de personas que se encuentren en un local no excederá de una persona por cada 12 metros cúbicos. En los cálculos de m<sup>3</sup> no se hará deducción del volumen de los bancos y otros muebles, máquinas o materiales, pero se excluirá la altura de éstos cuando excedan de 3 metros.

#### **1.9. Medición del trabajo**

La Medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándose según una norma de ejecución preestablecida.

El estudio del trabajo implica analizar la manera de hacer la transformación en cada etapa del proceso a esto le llamamos «estudio de métodos».

Antes de estudiar trabajos concretos, el técnico debe examinar el flujo general del producto por las instalaciones. Comprender la situación actual permite estar preparado para mejorarla. En el caso de un producto que se va a fabricar, se debe dividir primero en partes y después estudiar la secuencia de fabricación de los componentes y la secuencia de ensamble de éstos, el subensamble, el producto terminado y el empaque de salida.

##### **1.9.1. Técnicas de medición del estudio del trabajo**

- **Diagramas de flujo.** - Un diagrama de flujo es la representación gráfica del flujo o secuencia de rutinas simples. Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución, es decir, viene a ser la representación simbólica o pictórica de un procedimiento administrativo.

- **Cursogramas.** - Un cursograma permite representar gráficamente procedimientos administrativos. Constituyen instrumentos importantes para la visualización global y esquemática del conjunto de tareas administrativas. A través de los cursogramas se puede determinar si la descripción del procedimiento es completa, detectar errores, omisiones, reiteraciones y superposiciones de tareas a fin de subsanarlos y lograr procedimientos más eficientes.
- **Diagramas de hilos.** - El diagrama de hilos es un plano o modelo a escala en que se sigue y mide con un hilo el trayecto de los trabajadores, de los materiales o del equipo durante una sucesión determinada de hechos.
- **Diagramas de recorrido.** - El diagrama de recorrido es un diagrama o modelo, más o menos a escala, que muestra el lugar donde se efectúan actividades determinadas y el trayecto seguido por los trabajadores, los materiales o el equipo a fin de ejecutarlas.

#### **1.10. Estudio de tiempos**

El Estudio de Tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

#### **Tiempo estándar**

Se define como “el tiempo requerido para producir un artículo en una estación de manufactura, con las tres condiciones siguientes:

1. Operador calificado y bien capacitado
2. Manufactura a ritmo normal
3. Hacer una tarea específica

Las condiciones mencionadas anteriormente son importantes para entender el estudio de tiempos.

Las aplicaciones en el tiempo estándar están para ayudar a los diferentes problemas que presenta la producción. Entre los cuales están:

- ✓ Esta herramienta permite establecer estándares de producción exactos. Permite conocer la cantidad a producirse en un día de trabajo, y ayuda a mejorar los estándares de calidad.
- ✓ Ayuda a entrenar a trabajadores nuevos siendo los tiempos estándares el parámetro que indicará al supervisor la manera como el personal nuevo incrementa su habilidad en los métodos del trabajo.
- ✓ Facilita parámetros para pagar incentivos por el desempeño excepcional del personal.
- ✓ Permite que las ventas puedan basarse en los tiempos estándar después de haber aplicado la medición de trabajo a los respectivos procesos, eliminando en su totalidad una planeación basada en suposiciones o adivinanzas.
- ✓ Definir el número de personal a contratar.
- ✓ Permite calcular los costos de producción y precios de venta.

### **1.11. Productividad**

La productividad es una medida económica que calcula cuántos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, tiempo, tierra, etc.) durante un periodo determinado.

Otra definición de productividad:

La productividad es la relación existente entre las salidas de un proceso y las entradas.

El objetivo de la productividad es medir la eficiencia de producción por cada factor o recurso utilizado, entendiendo por eficiencia el hecho de obtener el mejor o máximo rendimiento utilizando un mínimo de recursos. Es decir, cuantos menos recursos sean necesarios para producir una misma cantidad, mayor será la productividad y, por tanto, mayor será la eficiencia.

$$\pi = \frac{\textit{Salidas}}{\textit{Entradas}} = \frac{\textit{Productos}}{\textit{Factores de Producción}} \quad \text{Ecuación I.5}$$

**Donde:**

$\pi$ = Productividad

### 1.11.1. Variación porcentual de la productividad

En matemáticas, el concepto de la variación porcentual se utiliza para describir la relación entre un valor pasado y uno presente. De manera específica, la variación porcentual representa la diferencia entre un valor pasado y uno presente en términos de un porcentaje del valor pasado. La ecuación a utilizar es:

$$\Delta\% = \frac{\pi_2 - \pi_1}{\pi_1} \times 100\% \quad \text{Ecuación I.6}$$

**Donde:**

$\pi_1$ = Representa al valor pasado o inicial

$\pi_2$ = Representa al valor presente o final

Si el número es positivo, entonces hay un incremento porcentual. Si es negativo, hay un decremento o disminución porcentual. Si prefieres evitar trabajar con números negativos, puedes usar una fórmula modificada para determinar la disminución porcentual.

**CAPÍTULO II**  
**DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA**

## **2.1. Antecedentes de la empresa**

En 1998 nace el taller de metalmecánica "RIMBA" y empieza sus actividades laborales como un negocio familiar, en el barrio los chapacos Av. Lazareto donde se encuentra ubicado hasta la actualidad, anteriormente cuando inicia la producción en este taller solo trabajaba el dueño con colaboración eventual de su esposa, debido a la reciente apertura no contaba con la maquinaria necesaria para producir estructuras metálicas grandes solo se dedicaban a la construcción de muebles metálicos, estantes, puertas, y otros, en ese entonces no había aún muchos talleres de este rubro que generen competencia como la que hay actualmente.

La demanda de sus productos se ha ido incrementando con el transcurso del tiempo a causa de la constante ejecución de obras, infraestructuras por parte de entidades públicas e individuos tanto del área urbana como rural, con este incremento de demanda había mucho más trabajo lo cual hacía que se tenga que ir contratando más mano de obra y también adquiriendo maquinaria para el proceso según se iba requiriendo. Actualmente es un taller inscrito en el régimen general de impuestos nacionales que opera con 6 trabajadores fijos y de dos a tres eventuales.

Entre los tipos de soldadura que se realizan en el taller tenemos: soldadura con arco, aluminio, acero inoxidable, fundición, acero de muelle, soldadura a autógena o soldadura de oxiacetileno, soldadura con estaño, etc. El taller metalmecánico no cuenta con un stock de productos terminados, debido a que se producen a requerimiento de cada cliente.

En su política de inventarios el almacén cuenta con ciertos materiales e insumos que se utilizan con mayor frecuencia el resto de estos son adquiridos en el momento que así se lo requiera esto por las características de cada diseño que es particular.

## 2.2. Presentación de la empresa

La metalmecánica “RIMBA” es una microempresa fundada el año 1998, genera fuentes de empleo para 5 personas y se dedica a la fabricación de todo tipo de estructura metálica, además brinda servicio de reparación y refacción de estructuras metálicas dañadas.

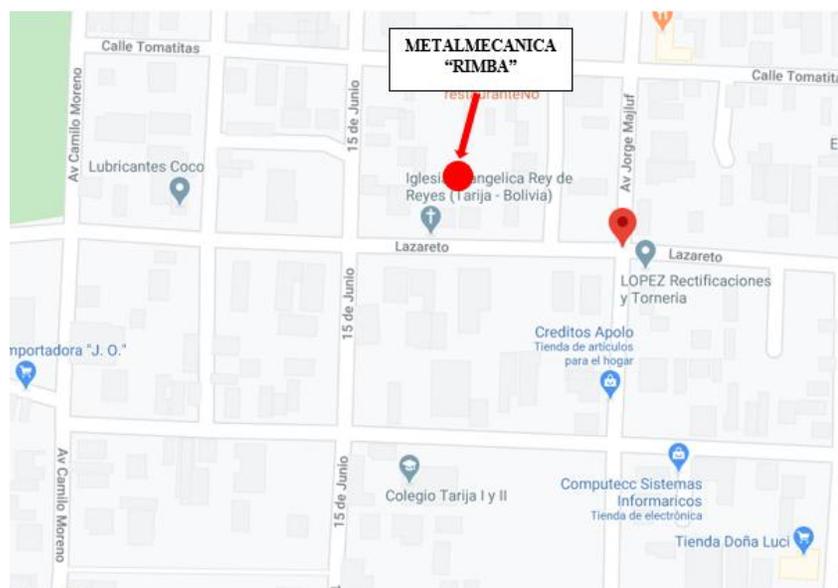
Los principales clientes de la metalmecánica son las familias con domicilio propio y empresas constructoras que requieren estructuras metálicas principalmente de la ciudad de Tarija.

El taller se encuentra registrado en el régimen general de impuestos nacionales como contribuyente newton, cuenta con el **NIT:** 1862708015 y emite la factura correspondiente.

## 2.3. Localización de la empresa

El taller está ubicado en la provincia cercado de Tarija-Bolivia más específicamente en el barrio los chapacos perteneciente al distrito 7, se encuentra en una avenida muy transitada a 3 cuadras de la avenida principal Circunvalación.

**Figura 2-1 Croquis del Taller**



**Fuente:** Datos de la Empresa

## 2.4.Estructura organizacional

A la cabeza del Taller se encuentra el Gerente Propietario, que se encarga de la parte administrativa, planeación y la dirección del trabajo. Cuenta con un encargado del área contable que es eventual y un encargado de taller que se encarga de todas las tareas de operación y de la planificación del instalado y entregas.

El taller también está conformado por soldadores, ayudantes y personal eventual para el desempeño de las actividades y tareas que se realizan en el área de producción.

**Figura 2-2 Organigrama del taller**



**Fuente:** Entrevistas al Gerente Propietario

**Elaboración:** Propia

## **2.5. Principales Productos**

Los principales productos que elabora el taller se enlistan a continuación y también están ilustrados en el anexo 1 del proyecto:

- ✓ Portones (corredizos, automáticos elevables, comunes, con fierro forjado, etc.)
- ✓ Persianas y cortinas metálicas
- ✓ Rejas y ventanas
- ✓ Escaleras metálicas (para interiores o exteriores)
- ✓ Barandas metálicas para balcones, escaleras, terrazas, etc.
- ✓ Tinglados
- ✓ Construcción y reconstrucción de carrocerías metálicas
- ✓ Remolques
- ✓ Puertas para interiores y exteriores
- ✓ Canaletas (son conductos abiertos conforman el sistema de drenaje que ayudan a eliminar el agua del techo)
- ✓ Compuertas para canales de riego y represas
- ✓ Herramientas para el sector del agro como arados, cultivadoras, discos para tractores de siembra
- ✓ Adaptes metálicos, mobiliario de metal, etc.

## **2.6. Instalación de productos**

La empresa se encarga del traslado e instalación, su entrega es culminada la instalación. Para el traslado de cada estructura y para evitar daños durante el mismo, se usan protectores de polietileno, láminas de goma u otros y estos son además reutilizables.

Para la instalación de las estructuras generalmente se perforan las paredes o columnas donde se apoyará el producto y soldar los soportes que harán que quede fijo y estable. En este procedimiento se daña la estética de las paredes y pintado por lo que posteriormente se debe subsanar estos detalles para un mejor acabado del producto.

### 2.7. Ciclo de vida.

Una estructura de metal puede tener un ciclo de vida de 10 a 15 años, dependerá del mantenimiento; la diferencia con una puerta de madera a la que no se le hace mantenimiento será principalmente en la apariencia que esta puede recuperar de manera fácil con un mantenimiento, pero para una puerta de metal de no corregir un proceso de oxidación en su fase inicial podría hacer difícil y costosa su recuperación por eso la importancia de un mantenimiento preventivo.

Para el proceso de fabricación de las puertas de metal se contempla un tratamiento de galvanizado que brinda una protección adicional al que brinda la pintura protegiéndolo de mejor forma contra la corrosión y que no afecte la estética del producto, de esta forma podemos ofrecer un periodo de vida de hasta 15 años dejando en claro que esto se cumplirá siempre y cuando el producto no se vea afectado por agentes ajenos para lo que fue creado y cumpla con los mantenimientos mínimos.

### 2.8. Plaza

Los canales de distribución son directos, la venta directa de todos los productos y ser realizan a pedido del cliente. La condición de Pago es 50% al contado y saldo contra entrega del producto otorgando la factura del mismo, el cual estará estipulado como condición de entrega del mismo.

**Figura 2-3 Canales De Distribución**



**Fuente:** entrevista al propietario

**Elaboración:** propia

### 2.9. Materia prima empleada (proveedores)

Los principales proveedores de material del taller son distribuidoras ubicadas en la ciudad de Tarija como:

**Tabla II-1 Principales proveedores de materia prima e insumos**

Proveedor	Material o insumo
Las lomas	Hierro
Metales del oriente	Hierro, láminas metálicas
El nogal	Hierro, pinturas, electrodos
Aceromat	Hierro, pinturas, electrodos, láminas metálicas
Acero Vale	Pinturas y hierro

**Fuente:** Entrevistas al Gerente Propietario

**Elaboración:** Propia

## **CAPÍTULO III**

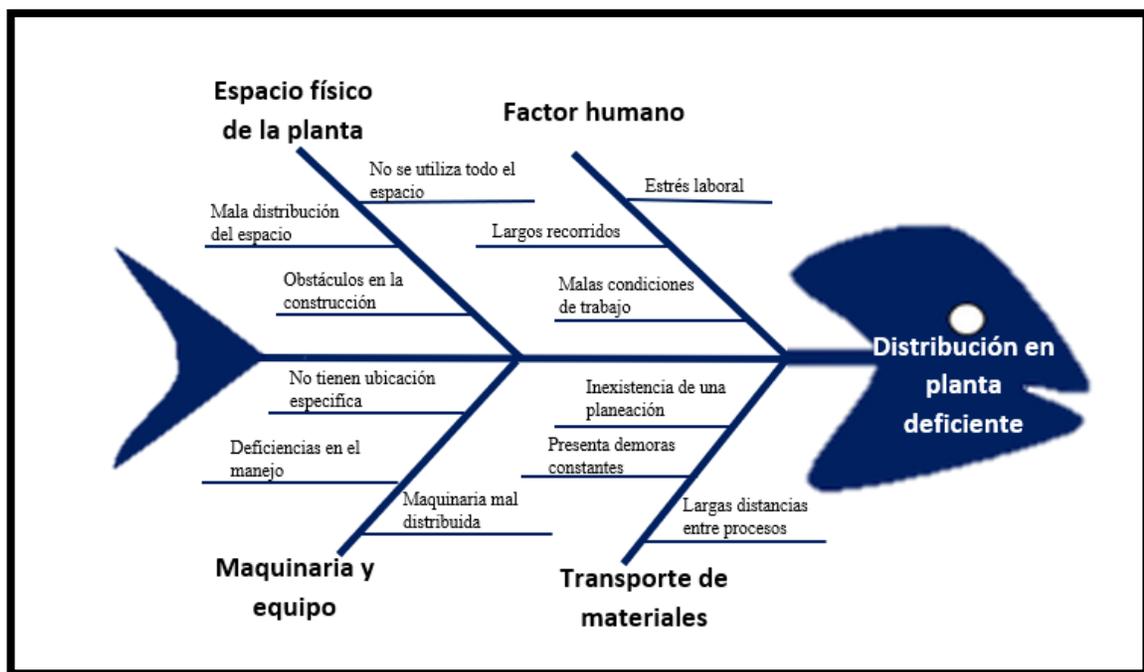
# **ANÁLISIS DEL PROBLEMA Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA**

### 3.1. Análisis del problema

#### 3.1.1. Diagrama de Ishikawa

Para un mejor análisis y estudio de la problemática se muestra a continuación un diagrama de causa efecto mas conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama espina de pescado que es utilizado para identificar las causas de un problema específico.

**Cuadro I-1 Diagrama De Ishikawa**



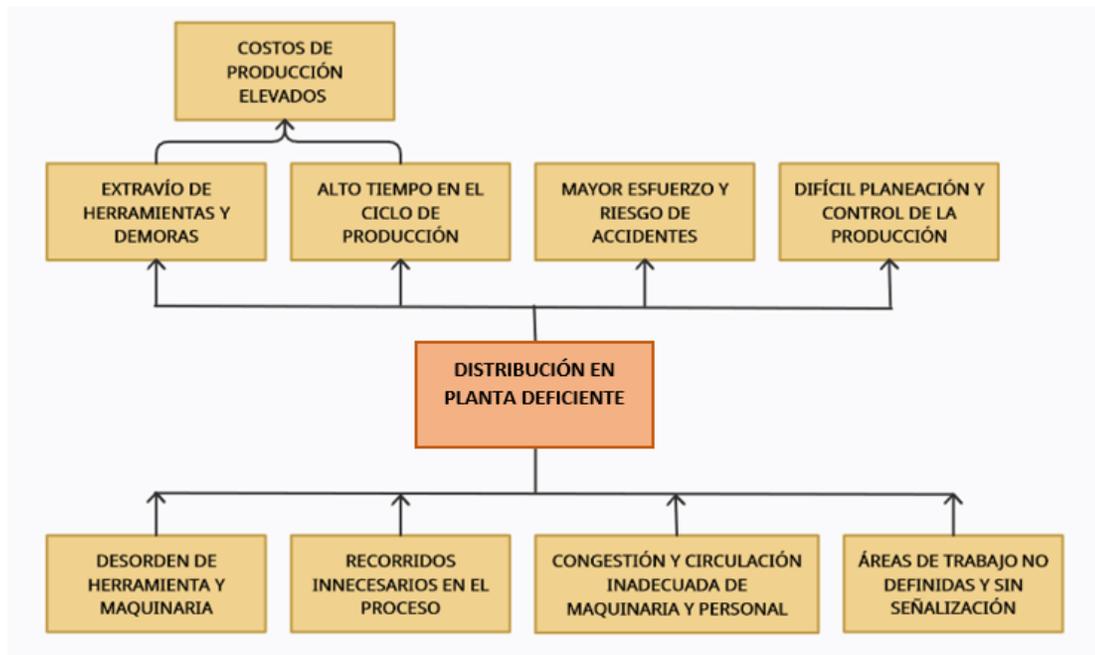
**Fuente:** Observación de la empresa

**Elaboración:** Propia

### 3.1.2. Árbol de problemas

A continuación, se muestra un árbol de problemas que se empleó para identificar la problemática central, la cual se intenta solucionar como también todos los problemas vinculados a este analizando relaciones de tipo causa-efecto.

**Figura 3-1 Árbol De Problemas**



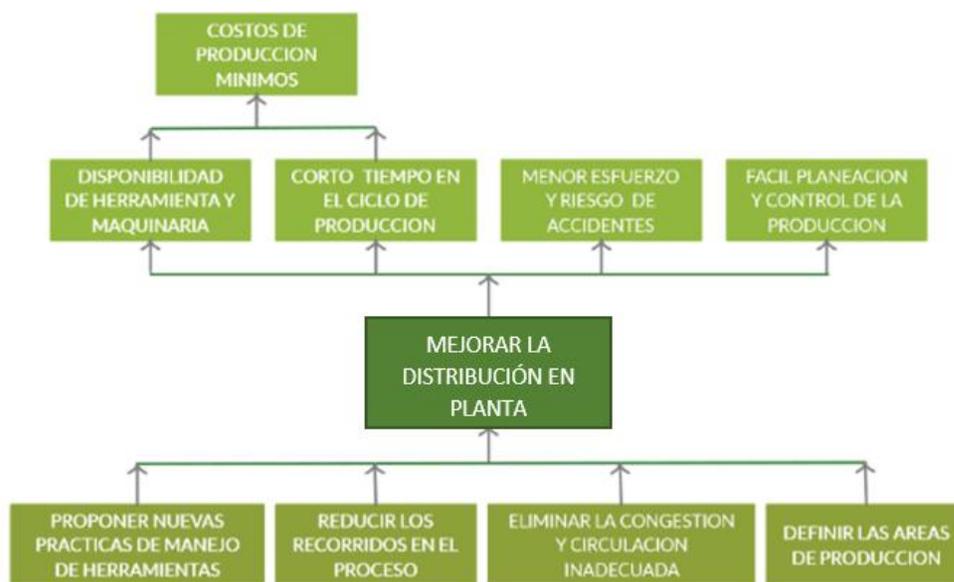
**Fuente:** Observación de la empresa

**Elaboración:** Propia

### 3.1.3. Árbol de objetivos

A partir del análisis de problemas anterior se construye el árbol de objetivos el cual define los criterios de evaluación de las distintas soluciones al problema planteado, reflejando desde el objetivo global hasta las estrategias y proyectos planteados para llevarlos a cabo concretamente en la práctica.

**Figura 3-2 Árbol De Objetivos**



**Fuente y Elaboración:** Propia

## 3.2. Identificación de alternativas

Algunos de los métodos más utilizados para la distribución de planta son los siguientes:

- **Método de eslabones.** – La aplicación del método de eslabones se lleva a cabo en la micro empresa, la cual no tiene ubicadas las áreas de trabajo estratégicamente y la superficie total disponible de las instalaciones es pequeña debido a que su proceso de producción no es muy complejo ni a gran

escala, sin embargo, el aprovechamiento de este espacio no es el óptimo y existe una clara evidencia de que el flujo de materiales, personas y equipo en general es deficiente.

Dentro de las áreas de la micro empresa se trabaja en un almacén general, por lo tanto, no cuenta con una separación de la materia prima y el producto terminado, lo que genera un gran desorden y dificultad en el control de materiales.

También se aprecia que existen riesgos en la seguridad y salud del trabajador, esto porque las cajas están ubicadas en cualquier espacio que se encuentre disponible dentro de la empresa. Cuando el producto en proceso o final no tiene rotación el problema se vuelve mayor ya que se obstruye el paso en todas las áreas y los tiempos de espera en los procesos se incrementa considerablemente. Todo lo anterior genera pérdidas económicas a la empresa.

- **Método de intensidades de tráfico.** – utilizado donde se maneja muchos contenedores o existe un flujo considerable del manejo de materiales, paquetes o productos.

En este método se mide el tráfico en Erlangs que se define como la relación entre el tiempo durante el cual una instalación está ocupada de forma acumulativa a la vez este servicio está disponible para su ocupación.

- **Método SLP (Sistematic lay-out planning).** – se adapta a distintas instalaciones existentes o nuevas. Este método además considera la proximidad relativa de las actividades que se realizan.

### **Definiendo los criterios**

Los criterios a tomar en cuenta para evaluar las alternativas planteadas son las siguientes:

- Adaptación del método. - Que se ajuste a la naturaleza de la empresa o se acomode a diversas condiciones del sistema productivo.
- Facilidad de implementación (tiempo y esfuerzo). – Se debe considerar el tiempo de implementación de la distribución según la metodología a utilizar, y el esfuerzo que esta requiere.
- Conocimiento de la estrategia. – El nivel de conocimiento o dominio de la estrategia de diseño de la distribución en planta, el contenido o fases para su elaboración y aplicación.
- Costo de aplicación. – Se analiza el costo económico que tiene cada metodología de diseño desde el estudio hasta la implementación de la misma.

### 3.3. Selección de la alternativa óptima

Para la selección de la alternativa óptima se utiliza el método de factores ponderados para lo cual se establecen las siguientes referencias:

Escala 0-10

10=importante

0= no importante

**Tabla III-1 Factores de selección de la alternativa**

Factor	Peso Relativo (%)	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Adaptación del método	30	4	3	9
Facilidad de implementación	12	8	7	6
Conocimiento de la estrategia	10	6	5	7
Costo de aplicación	20	5	6	6
Posibilidad de rediseño por ampliación	15	6	8	7
Requerimiento de infraestructura	13	7	8	7
<b>Puntuación total</b>	<b>100%</b>	<b>5,2</b>	<b>4,8</b>	<b>7,35</b>

**Fuente y Elaboración:** Propia

$$P1 = 4 \times (0,30) + 8 \times (0,12) + 6 \times (0,10) + 5 \times (0,20) + 6 \times (0,15) + 7 \times (0,13) = 5,57$$

$$P2 = 3 \times (0,30) + 7 \times (0,12) + 5 \times (0,10) + 6 \times (0,20) + 8 \times (0,15) + 8 \times (0,13) = 5,68$$

$$P3 = 9 \times (0,30) + 6 \times (0,12) + 7 \times (0,10) + 6 \times (0,20) + 7 \times (0,15) + 7 \times (0,13) = 7,28$$

Considerando la importancia de los factores seleccionados para esta evaluación los resultados del análisis arrojan un resultado de un puntaje de 7,28 para el método SLP.

**CAPÍTULO IV**

**SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA  
PRODUCTIVO DE LA EMPRESA**

#### **4.1. Productos De La Empresa**

En la empresa se fabrican diferentes estructuras metálicas, una amplia gama de estas forman parte de los inmuebles de la ciudad y área rural, otros de los productos elaborados están destinados al sector del agro en lo que se trata de herramientas y maquinaria conformada de metal.

A continuación, se describen algunos de los productos de mayor demanda y en los anexos del proyecto se puede observar muchos más productos que se elaboran en el taller.

- **Portones metálicos**

El portón es el producto que tiene mayor demanda en el mercado es una estructura importante no solo para la estética de una infraestructura sino también es elemental en cuestiones de seguridad, existen diversos diseños y formas de estos pueden ser automáticos, corredizos, despleables, elevadizos, etc.

Los portones tienen un tiempo de fabricación promedio de 4 días, este valor varía según las características de este tanto del modelo como del tamaño, el tamaño promedio y más solicitado en estas estructuras es de 3m de alto por 4 m de ancho, y el precio de estos está establecido por m<sup>2</sup> que puede variar según el diseño y calidad del material con el que se construye en un rango de 300 a 600 bs por metro cuadrado.

- **Persianas**

Las persianas son los elementos de seguridad más utilizados actualmente en el mercado para dar protección a locales, negocios, o empresas, esta estructura mecánica puede ser para el exterior o interior de la infraestructura son enrollables y son también llamadas cortinas metálicas.

Existen diversos modelos pueden ser de red o ensambles dependiendo del uso o gusto del cliente que desee adquirir este producto su fabricación demora de 2 a 3 días dependiendo del tamaño de este, y el precio por metro cuadrado de estas estructuras varían desde 350 a 550 bs.

- **Barandas**

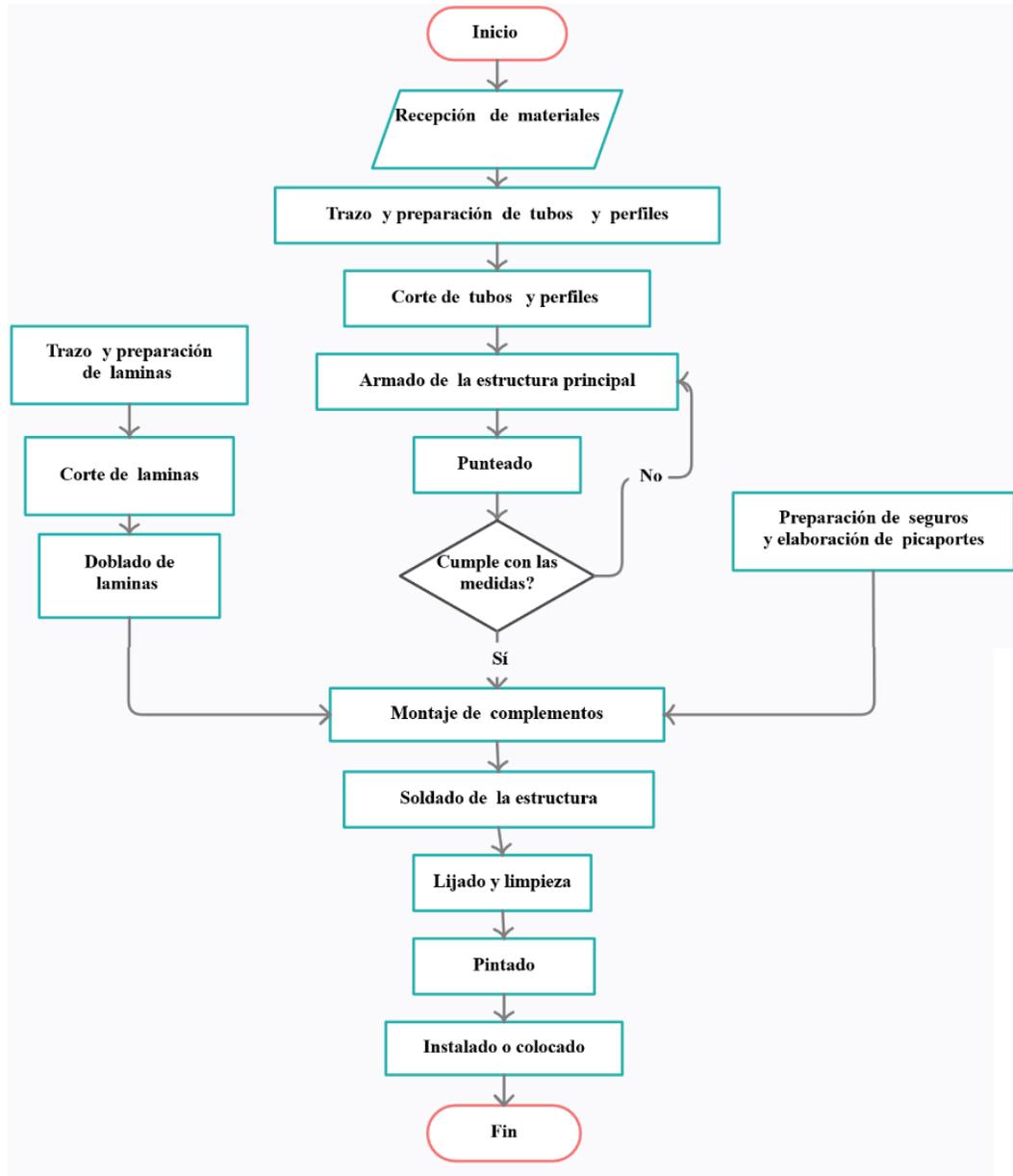
De igual manera esta estructura constituye un elemento de protección para balcones, escalera, puentes u otros, pueden fabricarse de diferentes modelos y tamaños de acuerdo a gustos o necesidades de cada cliente, los precios varían en un rango de 250 a 400 bs el metro cuadrado.

#### **4.2.Descripción del proceso productivo**

A continuación, se describe el proceso productivo detallado del producto con mayor rotación, en los anexos del presente proyecto se encuentra la descripción detallada de los demás productos estudiados.

#### 4.2.1. Descripción del proceso productivo de un portón

Figura 4-1 Flujoograma Del Proceso Productivo De Un Portón



**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

Para la fabricación de un portón se llevan a cabo las siguientes actividades:

**Recepción de materiales.** -Después del pedido del material que se realiza tras la decisión del cliente por un producto de determinadas características se recibe el material a ser empleado en la elaboración de la estructura para ser puesto a disposición de los trabajadores en el taller.

**Trazo y preparación de tubos y perfiles.** – En esta etapa que es una de las primeras del proceso de fabricación se realiza el trazo de los materiales a utilizarse para la estructura principal es decir el esqueleto del portón, esta consta de tubos y perfiles metálicos. Esta tarea se lleva a cabo de acuerdo a las medidas especificadas en el diseño o plano de la estructura, se requiere precisión para el marcado de los tubos con las medidas ya que posterior a esto se cortará el material de forma definitiva.

**Corte.** – En este paso se procede al corte de todas las piezas de la estructura principal de acuerdo al trazado anterior por medidas, para esta operación se hace uso de las herramientas como amoladoras de corte ya sean estas estáticas o manuales.

**Trazo y preparación de planchas o láminas.** – se lleva a cabo el trazado de las láminas metálicas, esta tarea requiere de un marcado preciso para que coincida al momento de ensamblar en la estructura principal después de doblarla.

**Corte de planchas.** – posterior al trazo y preparación de estas se procede a cortar las láminas si así lo requiere, dependiendo de las dimensiones necesarias para el proceso. Se utiliza para ello una cizalladora de planchas.

**Doblado.** – las láminas para los portones generalmente requieren de este proceso, se lleva a cabo guiándose de las marcas señaladas en el proceso de trazo de las mismas para elaborar cada pliegue de la plancha, con ayuda de una dobladora de plancha.

**Elaboración de picaportes y seguros.** – para una estructura metálica de este tipo se requieren de seguros y picaportes, que son accesorios importantes de un portón como de las puertas, estos son elaborados generalmente con trozos sobrantes de fierro que son desechados de algunos cortes del proceso de otras estructuras.

**Armado y montaje.** – esta operación consiste en armar todas las piezas cortadas tanto de la estructura principal como de los complementos y accesorios de la estructura.

**Punteado.** – en la operación de punteado se realiza el soldado de la estructura en puntos estratégicos o principales, para sostener las piezas de la estructura para posteriormente inspeccionar.

**Inspección.** – en la inspección posterior al punteado se procede a revisar las medidas correspondientes al diseño, como también el correcto armado, ángulos de la estructura y otros para proseguir con el proceso si cumple con los requisitos y sino subsanar la falla antes de realizar un soldado definitivo.

**Soldado.** – después de corroborar las medidas de diseño adecuadas se procede al soldado de la estructura completa.

**Acabado.** – esta es una tarea que se lleva a cabo para un mejor acabado de la estructura, debido a que la soldadura no siempre queda de forma uniforme y se encuentra sobresaliendo de la estructura, esto suele dar mal aspecto por lo que para subsanar este defecto se utilizan amoladoras con discos de desgaste para nivelar la soldadura de la estructura y darle un mejor acabado.

**Lijado y limpieza.** – en el lijado de la estructura se utilizan lijas especiales para metal esta tarea se lleva a cabo manualmente por toda la estructura para eliminar corrosiones y para una mejor adhesión de la pintura a aplicar posteriormente, después del lijado se da una limpieza a la estructura para deshacerse de restos de polvo, escoria, y otras impurezas.

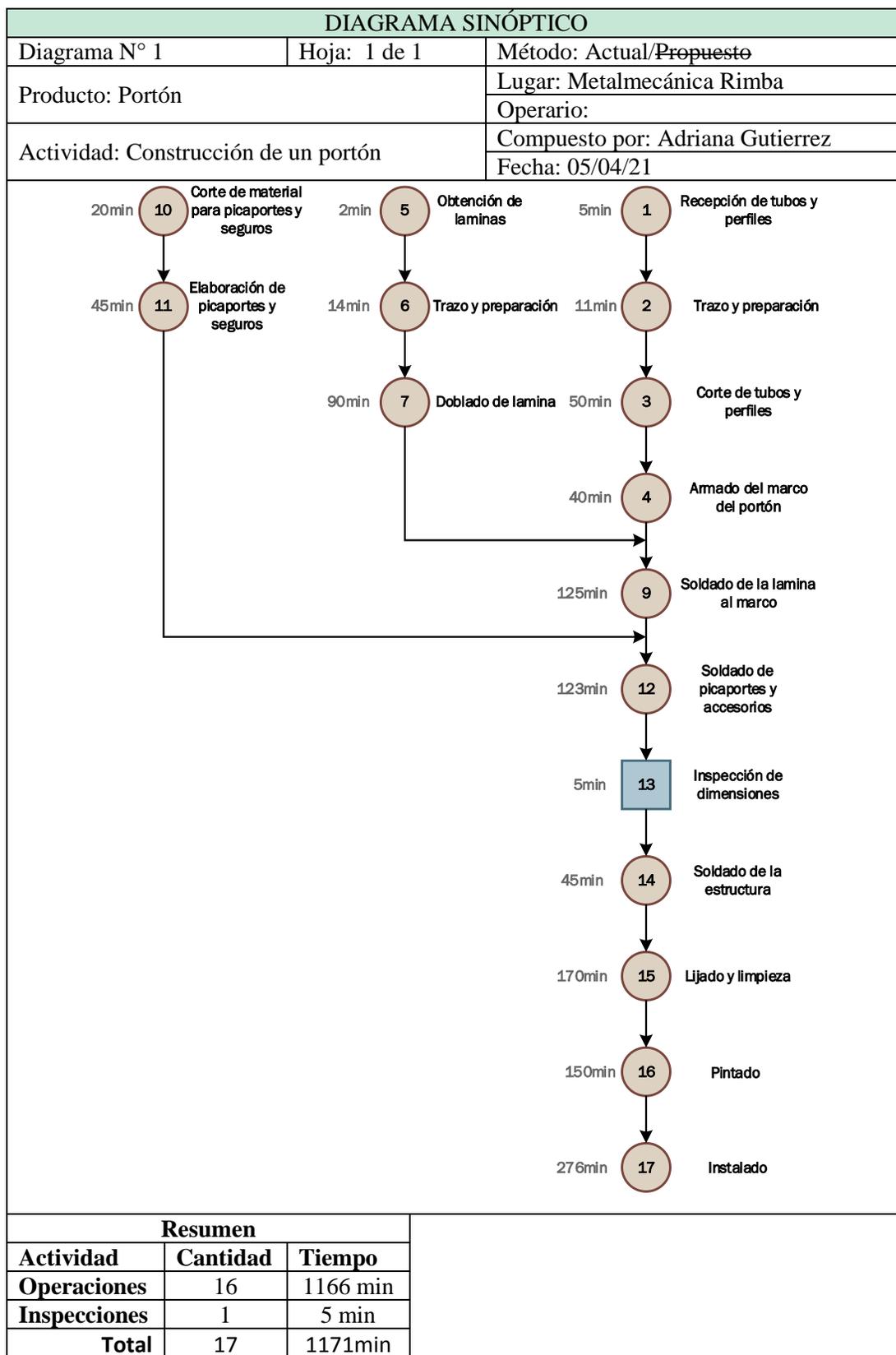
**Pintado.** - el pintado de la estructura es el último proceso de fabricación efectuado en el taller, este se realiza con pinturas para metal de color acorde al pedido del cliente, inicialmente se realiza un pintado manual con brocha por la estructura principal del portón, picaportes y ranuras para evitar que la humedad llegue a dañar esta estructura en pequeñas partes donde no penetra la pintura que posteriormente es aplicada por el resto de toda la estructura con un compresor.

**Instalación o colocado.** –Para la instalación se debe perforar las columnas donde va a ser instalado este para poder fijarlo, requiere del soldado de estos apoyos y se procede al revocado de las perforaciones realizadas para un mejor acabado.

### **4.3.Cursograma sinóptico del proceso productivo**

El cursograma sinóptico presenta un cuadro general de cómo se suceden las principales operaciones e inspecciones. Muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones y las inspecciones que se realizan para comprobar los resultados de esas operaciones, a continuación, se muestra el cursograma sinóptico del proceso productivo del producto más vendido.

En los anexos del proyecto se pueden observar los cursogramas de los productos que se encuentran entre los más demandados, a diferencia de los diagramas y cursogramas de una situación propuesta en el caso de los cursogramas sinópticos no se representa posteriormente estos cursogramas debido a que la modificación en el tiempo y distancias de trabajo al cual esta enfocado el presente proyecto no altera la estructura de este cursograma al mantenerse las operaciones e inspecciones sin modificaciones.



#### 4.4. Maquinaria y equipos presentes en el proceso productivo

En los anexos del proyecto se detalla una tabla de la maquinaria con la que se cuenta en el taller como sus características de las mismas.

A continuación, se detalla una tabla con la maquinaria que se emplea en los productos descritos anteriormente. Al tratarse de la elaboración de diversos productos no se utiliza la misma maquinaria para su fabricación de estos por sus características físicas tanto del producto como la materia prima utilizada, a continuación.

**Tabla IV-1 Maquinaria empleada en el proceso**

MAQUINA O EQUIPO	PORTON	PERSIANA	BARANDA	TINGLADO
Soldadora	✓	✓	✓	✓
Amoladora	✓	✓	✓	✓
Dobladora de plancha	✓			
Taladro				
Compresor	✓	✓	✓	✓
Cizalla de plancha	✓			
Dobladora de tubo			✓	
Dobladora de fierro	✓			✓

**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

#### 4.5. Mano de obra empleada en el proceso

La mano de obra empleada para el proceso productivo de los productos con mayor rotación son los soldadores y los ayudantes estos se encargan de todo el proceso de fabricación desde la recepción de la materia prima hasta el instalado del producto.

**Tabla IV-2 Mano De Obra Empleada En El Proceso**

MANO DE OBRA	PORTON	PERSIANA	BARANDA	TINGLADO
Soldador	✓	✓	✓	✓
Ayudante	✓	✓	✓	✓

**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

#### 4.6. Diagrama de recorrido del proceso productivo

Los diagramas de recorrido de los procesos de construcción de un portón, persiana, baranda y tinglado se encuentran en anexos del documento estos diagramas son de tipo hombre los cuales presentan el proceso referido a los movimientos y actividades del operador en cada una de las etapas del proceso de producción.

#### 4.7. Cursograma analítico

A continuación, se muestra el cursograma analítico de un portón metálico y el resto de los cursogramas se encuentran en la sección de anexos del proyecto para los productos que se vienen analizando en páginas anteriores, estos abordan el proceso de un modo más detallado que los diagramas de flujo ya que en estos se encuentran incluidas e ilustradas las cinco actividades fundamentales. Este expone la circulación o sucesión de los hechos en el proceso e incluye información adicional tal como el tiempo necesario y la distancia recorrida.

Los cursogramas elaborados están orientados a las actividades que realizan los operadores para la elaboración de los diferentes productos.

#### 4.7.1. Cursograma analítico de un portón metálico

Cursograma Analítico				Material/Operario/Equipo					
Diagrama Núm.: 1	Hoja 1 de 2	Resumen							
Objeto: comparar la situación actual y propuesta		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación		23					
Actividad: Construcción de un portón		Inspección		1					
Método: actual		Transporte		18					
Lugar: metalmecánica RIMBA		Espera		1					
Operario (s): Normando Cabezas	Ficha núm.: 1	Almacenamiento		0					
		Distancia (m)		182,5					
		Tiempo (min-hombre)		1838,25					
Compuesto por: Adriana Gutierrez	Fecha: 18-12-20	-Costo Mano de obra							
Aprobado por:	Fecha:	-Costo Material							
		Total							
Descripción	Cantidad	Tiempo [s]	Distancia [mts]	Símbolo		Observaciones			
									
-Recepciona la materia prima	1	420	0	●					
-Traslada el material	1	360	7.5	●				A área de corte	
-Traslada herramientas de trazado	1	610	6	●				A área de corte	
-Traza y prepara los materiales	1	660	0	●					
-Traslada la maquinaria de corte	1	600	6.5	●					
-Corta los materiales	1	3000	0	●					
-Traslada las laminas	1	240	6	●				A área de corte	
-Traza las laminas	1	840	0	●					
-Retorna con herramientas	1	200	6	●				A lugar de origen	
-Traslada las láminas	1	180	6	●				A área de doblado	
-Dobla las laminas	1	5400	0	●					
-Elabora picaportes	1	3900	12.5	●					
-Traslada material cortado	1	300	6	●				A área de soldado	
-Arma el marco del portón	1	2400	0	●					
-Traslada las láminas dobladas	1	240	4	●				A área de soldado	
-Suelda la lámina al marco	1	7500	0	●					
-Traslada los seguros y accesorios	1	180	9	●					
-Suelda seguros y accesorios	1	7400	0	●					
-Controla dimensiones	1	304	0	●					
-Suelda definitivamente el portón	1	2712	0	●					
-Transporta la amoladora	1	48	9	●					
-Desgasta y afina	1	1080	0	●					
-Transporta el portón para lijado	1	420	12	●				A área de pintado	

Cursograma Analítico										
Diagrama Núm.: 1	Hoja 2 de 2	Resumen								
Objeto: comparar la situación actual y propuesta		Actividad			Actual	Propuesta	Economía			
		Operación								
Actividad: Construcción de un portón		Inspección								
Método: actual		Transporte								
Lugar: metalmecánica RIMBA		Espera								
Operario (s): Normando Cabezas	Ficha núm.: 1	Almacenamiento								
		Distancia (m)								
		Tiempo (min-hombre)								
Compuesto por: Adriana Gutierrez	Fecha: 18-12-20	-Costo Mano de obra								
Aprobado por:	Fecha:	-Costo Material								
		Total								
Descripción	Cantidad	Tiempo [s]	Distancia [mts]	Símbolo					Observaciones	
										
-Traslada el material de lijado	1	350	16.5							
-Lija y cepilla la estructura	1	9000	0							
-Traslada el material de limpieza	1	326	11.5							
-Limpia	1	1200	0							
-Traslada el compresor	1	616	14							
-Traslada pinturas e insumos	1	900	14.5							
-Pinta manualmente el esqueleto	1	1800	0							
-Pinta toda la estructura	1	7200	0							
-Deja secar el portón	1	28800	0							
-Traslada el producto terminado	1	900	21						A área de producto terminado	
-Embala y carga	1	1200	0							
-Transporta la herramienta y maq.	1	1800	14.5							
-Transporta al lugar de instalación	1	-	-						Variable de acuerdo a cliente	
-Descarga la estructura	1	900	0							
-Perfora las columnas	1	7200	0							
-monta el portón	1	1790	0							
-Suelda las bisagras	1	5780	0							
-Prepara la pintura	1	179	0							
-Pinta	1	720	0							
-Entrega	1	640	0							
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>110295</b>	<b>182.5</b>	<b>23</b>	<b>1</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		

En la siguiente tabla se puede observar el resumen de los datos obtenidos de los cursogramas analíticos.

**Tabla IV-3 Tabla Resumen De Los Cursogramas**

Producto	Tiempo (seg)	Distancia (m)
Portón	110.295	182,5
Persiana	92.788	174,5
Baranda	61.076	185
Tinglado	94.610	166

**Fuente:** Datos de los cursogramas

**Elaboración:** Propia

#### **4.8. Desechos y desperdicios generados en el proceso**

En la industria metalúrgica durante el proceso productivo se generan escorias, polvos de acería, arenas gastadas y restos metálicos; estos residuos son un problema para la industria que los genera, el medio ambiente y la sociedad por su carácter de peligrosidad, elevado volumen, inadecuada disposición y falta de aprovechamiento.

Actualmente se generan un aproximado de 2 kg diarios de desechos, según información proporcionada en el taller, estos son vendidos cada bimestre y transportados a industrias ubicadas en Santa Cruz y La Paz que procesan estos residuos para poder recuperarlos fundiéndolos y así poder aprovecharlos nuevamente.

## **4.9.Productividad**

La productividad representa un indicador muy útil para evaluar la situación de una empresa e implementar una mejora continua, este indicador de gestión nos muestra con mayor exactitud la aparición de cambios positivos o negativos en cuanto a productividad lo que se pretende en este caso con fines comparativos de una situación actual y una situación propuesta.

Se realizó el cálculo de la productividad por producto y no de forma global debido a que la empresa cuenta con una amplia gama de productos que presentan costos muy variables debido a las características y materiales que se utilizan para su fabricación con tipos y precios diferentes por lo tanto se considera que el indicador de productividad individual es más confiable y preciso para fines de este proyecto.

A continuación, se muestra el cálculo de la productividad de un producto y en la sección de anexos los que restan.

### **4.9.1. Productividad de un portón metálico**

#### **Características del producto**

El producto del cual se calcula la productividad tiene las siguientes características:

- Dimensiones: 3 m x 2,70 m
- Total, metros cuadrados: 8,1m<sup>2</sup>
- Precio de la estructura por metro cuadrado: 300 Bs./m<sup>2</sup>
- Precio bruto de ventas:2430 Bs.

Tabla IV-3 Inversión Para La Fabricación De Un Portón

<b>INVERSION PARA LA FABRICACIÓN DE UN PORTÓN</b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (Bs.)</b>	<b>PRECIO TOTAL (Bs.)</b>
Tubo 40 x 40	2 barras	98	196
Plancha 0,80	3 láminas	110	330
Tubo 30	3 barras	78	234
Tubo 25	1 barra	70	70
Angular 1 ½	½ barra	72	36
Tubo cuadrado 20 x 20	1 barra	54	54
Corrugado ¼	1 barra	18	18
Bisagras	6	8,50	51
Pintura	3,5 litros	34,28	120
Electrodos	2 kg	22	44
Lija	1 pliegue	1,50	1,50
<b>TOTAL, MATERIAL</b>			<b>1154,50</b>
<b>MANO DE OBRA REQUERIDA</b>			
<b>PERSONAL</b>	<b>HORAS REQUERIDAS</b>	<b>PRECIO/HORA</b>	<b>PRECIO TOTAL (Bs)</b>
-maestro soldador	22,64	16,25	367,9
<b>TOTAL, MANO DE OBRA</b>			<b>367,9</b>
<b>ENERGIA ELECTRICA</b>			
49,84 Kwh			41,37
<b>TOTAL, ENERGIA ELECTRICA</b>			<b>41,37</b>
<b>IMPUESTOS</b>			
(16%) s/precio bruto de venta			388.80
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>			<b>388.80</b>
<b>OTROS GASTOS</b>			
-transporte y viáticos			50
<b>TOTAL OTROS GASTOS</b>			<b>50</b>
<b>TOTAL</b>			<b>2002,57</b>

Fuente: Información de la empresa

Elaboración: Propia

⇒ **Cálculo de la productividad**

$$\pi = \frac{\text{producto}}{\text{insumos}}$$

$$\pi = \frac{\text{metros cuadrados de la estructura } \times \text{ precio}}{\text{materia prima} + \text{mano de obra} + \text{energía} + \text{impuestos} + \text{otros gastos}}$$

$$\pi = \frac{8,1 \text{ m}^2 \times 300 \text{ Bs/m}^2}{1154,50 + 367,9 + 41,37 + 388,80 + 50}$$

$$\pi = \frac{2430 \text{ Bs}}{2002,57 \text{ Bs}}$$

$$\pi = 1,21 \text{ Bs./Bs.}$$

Este resultado de productividad indica que por cada boliviano invertido se obtiene 0,21 centavos de boliviano de beneficio para la empresa.

Tomando en cuenta los datos de la productividad calculada para cada producto tenemos la tabla resumen que se muestra a continuación.

**Tabla V-20 Productividad De Los Productos**

Producto	Productividad Actual
Portón	1,21
Persiana	1,35
Baranda	1,27
Tinglado	1,16

**Fuente:** Datos de productividad actual

**Elaboración:** Propia

Para un análisis mas profundo de la productividad se realizó el cálculo de la productividad parcial de la mano de obra de los diferentes productos que se muestra en los anexos del presente proyecto.

**CAPÍTULO V**  
**DISEÑO DE LA NUEVA DISTRIBUCIÓN EN**  
**PLANTA**

## 5.1. Análisis de producto cantidad

### 5.1.1. Características de los Productos

Es importante considerar las características de los productos, desde el inicio de la fabricación hasta el almacenado y las condiciones que requiere en el mismo. Los diversos productos elaborados en el taller.

Considerando que las estructuras que se fabrican tienen dimensiones considerables es un factor importante para una distribución efectiva, se toma en cuenta las dimensiones máximas de los productos de mayor volumen y las promedio para no limitar posteriormente la fabricación de estructuras de mayor ocupación de espacio que las promedio.

Existen productos de volumen mayor como los tinglados que no se toman en cuenta en esta tabla por que la fabricación de estos es por pieza para el posterior montaje de este en el lugar de la instalación.

**Tabla V-1 Dimensiones De Los Productos**

Producto	Dimensiones máx. (m)		Área total ocupada
	Alto	Largo o Ancho	
Portón	4m	4.5m	18m <sup>2</sup>
Persiana	4m	4m	16m <sup>2</sup>
Barandas	1m	6m	6m <sup>2</sup>
Carrocerías	6.40m	2m	12.8m <sup>2</sup>
Tinglados	6m	0.50m	5m <sup>2</sup>

**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

### 5.1.2. Cantidad producida

Es necesario tener un estimado de la cantidad de cada producto que se elabora en el taller debido a que es la base para un mejor análisis, a continuación, se muestran datos de la producción mensual más frecuente, debido a que los productos que se elaboran son diversos y algunos meses varían sin embargo los datos proporcionados por el gerente propietario son de las cantidades que se repiten con mayor frecuencia por mes.

Estos datos nos permitirán encontrar la frecuencia de producción y representarla en un diagrama de Pareto para tomar en cuenta en análisis posteriormente realizados.

**Tabla V-2 Producción Mensual**

Producto	Cantidad X Mes (PZAS)
Portón	9
Persiana	7
Barandas	6
Tinglados	4
Carrocerías	2
otros	2

**Fuente:** Información del gerente propietario

**Elaboración:** Propia

### 5.1.3. Gráfica producto Vs. Cantidad

Con la información combinada de producto cantidad se desarrolla un análisis importante a partir de una gráfica de tipo Pareto para identificar cuáles son los productos más relevantes debido a la existencia de numerosos productos que van a circular por el diseño de planta a diseñar ya que no es necesario involucrar a todos estos productos dentro de los análisis.

Este análisis pretende concentrar todos los esfuerzos de análisis y desarrollo de la distribución solo en aquellos productos cuyo volumen es el mayor y determinan finalmente la mejor forma de distribución de la planta.

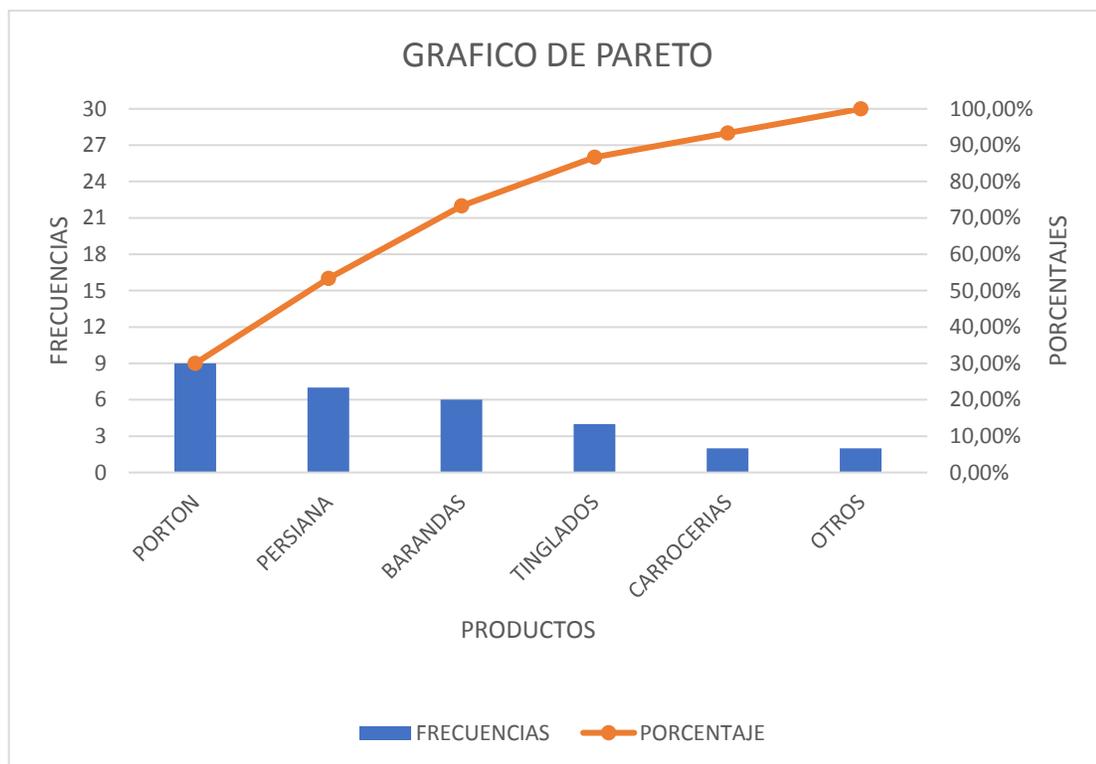
**Tabla V-3 Frecuencia De Fabricación**

PRODUCTOS FABRICADOS				
PRODUCTO	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
PORTON	9	30,00%	9	30,00%
PERSIANA	7	23,33%	16	53,33%
BARANDAS	6	20,00%	22	73,33%
TINGLADOS	4	13,33%	26	86,67%
CARROCERIAS	2	6,67%	28	93,33%
OTROS	2	6,67%	30	100,00%
TOTAL	30	100,00%		

**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

**Figura 5-1 Gráfica de Pareto**



**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

Podemos observar como la cantidad de productos que llegan a cubrir el 80% del volumen de estos que circulan en la planta son portones, Persianas, barandas y tinglados.

Si concentramos los esfuerzos en diseñar una planta que se oriente a atender las necesidades de flujo y de transporte de estos productos será más eficiente.

## **5.2.Análisis del proceso productivo**

### **5.2.1. Manejo de materiales**

El manejo de materiales comprende todas las operaciones básicas relacionadas con el movimiento de los productos empacados o unitarios en cualquier estado y dentro de los límites de un lugar de comercio. En el taller el manejo de materiales es de tipo manual y dependiente del esfuerzo físico, este nivel abarca el equipo operado manualmente y transportes a mano.

No se cuenta con ningún tipo de equipo de manejo de materiales como montacargas, transportadores, grúas, u otros equipos dentro del proceso de fabricación. Para el instalado del producto se requiere transportar este al lugar donde se va a instalar en este caso se cuenta con vehículos con características adecuadas para transportar las estructuras.

Es importante considerar en el manejo de las estructuras metálicas diferentes factores como ser:

- Peso
- Tamaño del producto
- Forma del producto
- Apilamiento del producto
- Protección del producto

### 5.2.2. Flujograma genérico del proceso

A continuación, se detalla un flujograma genérico sobre las actividades y operaciones que se realizan en el taller con mayor frecuencia, para poder apreciar de forma más precisa el recorrido de los materiales en el proceso.

**Figura 5-2 Flujograma Genérico Del Proceso**



**Fuente:** Entrevistas al Gerente Propietario  
**Elaboración:** Propia

### **5.3. Análisis de relaciones entre actividades**

#### **5.3.1. Actividades productivas**

- ✓ Corte
- ✓ Doblado
- ✓ Soldado
- ✓ Lijado y limpieza
- ✓ Pintado

#### **5.3.2. Actividades auxiliares**

- ✓ Entrada de materia prima
- ✓ Salida de producto terminado
- ✓ Perforado
- ✓ Almacén de insumos

#### **5.3.3. Diagrama de relación de actividades**

Para la elaboración del diagrama de relación de actividades se elaboran diferentes tablas, como la tabla de símbolos donde se muestra la simbología que corresponde a cada actividad o tarea realizada que se plasma en la Tabla I-1 del proyecto.

Otra de las tablas necesaria para el análisis de relación entre actividades son los requerimientos de proximidad de una determinada actividad desarrollada en un área con otra con su respectivo código para un mejor manejo de la información esta tabla se encuentra en el capítulo primero del presente proyecto como Tabla I-2.

Los fundamentos que se plasman en la Tabla I-3 también son importantes en las decisiones de necesidades de proximidad, en base a las tareas que se desempeñan en el taller se consideran diferentes motivos de relación.

Con la información y referencias de las tablas mencionadas anteriormente se elabora una matriz donde se encuentran las actividades que se identifican como principales en el taller con su correspondiente símbolo que se especificó anteriormente donde se intersectan y comparan cada una de las áreas en la parte superior del rombo se

determina el código correspondiente al nivel de intensidad con el que se relaciona y en el inferior un código numérico para definir la justificación de la relación.

**Figura 5-3 Matriz De Relación De Actividades**

1	➡	Entrada de M.P. y salida de P.T.																			
2	●	Corte																			
3	●	Doblado																			
4	●	Soldado																			
5	●	Lijado y limpieza																			
6	●	Pintado																			
7	◐	Perforado																			
8	▼	Almacén de insumos																			

**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

#### 5.4. Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios

Un elemento importante que debe involucrarse en este análisis tiene que ver con los espacios que se disponen para el desarrollo de las actividades productivas.

En el lay-out actual del anexo se observan los espacios disponibles y la ubicación de estos para considerarlos en la elaboración del nuevo diseño de distribución.

##### 5.4.1. Maquinaria

Los espacios físicos requeridos en la planta por la maquinaria se calculan mediante el método de Guerchet descrito en el marco teórico de proyecto, para ello se requieren las dimensiones de la maquinaria y equipo de cada área de trabajo que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla V-4 Dimensiones De Maquinaria Y Equipo

<b>Máquina</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Alto (m)</b>
<b>Área de corte</b>			
Guillotina	0,60	0,60	0,40
Amoladora	0,31	0,50	0,16
Prensa	0,32	0,19	0,26
<b>Área de doblado</b>			
Dobladora de laminas	2,27	0,58	1,66
Dobladora de tubos	0,50	0,60	0,90
Dobladora de resortes	0,63	0,14	0,54
<b>Área de soldado</b>			
Soldadora BAMBOZZI	0,46	0,57	0,52
Soldadora NORDICA	0,25	0,48	0,26
Soldadora SHIO	0,45	0,60	0,56
Soldadora RIMASTER	0,24	0,47	0,32
<b>Área de lijado y limpieza</b>			
Pulidora	0,32	0,51	0,16
<b>Área de pintado</b>			
Compresor 1	0,39	0,96	0,89
Compresor 2	0,30	0,70	0,70
Compresor 3	0,36	0,60	0,58
Estante de pinturas	1,01	0,33	0,97
<b>Área de perforado</b>			
Taladro PIRUL	0,29	0,47	1,00
Taladro manual	0,30	0,51	0,15
<b>Almacén de insumos</b>			
Cargador eléctrico	0,25	0,16	0,17
Generador	0,50	0,59	0,60

**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

#### 5.4.2. Cálculo de la superficie requerida para cada área

Con los datos de ancho y largo de la maquinaria y equipos recabados de la tabla anterior se procede al cálculo de la superficie estática que corresponde al área de terreno que ocupan estos. Deben incluir bandejas de depósito, las palancas, tableros, pedestales y demás objetos para su funcionamiento. Se calcula con la Ecuación I.1.

$$S_s = A \times L$$

⇒ **Donde:**

**S<sub>s</sub>** = superficie estática (m<sup>2</sup>)

**A** = ancho de la máquina (m)

**L** = largo de la máquina (m)

Tabla V-5 Calculo De Superficies Estáticas

Máquina	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie estática (m <sup>2</sup> )
<b>Área de corte</b>			
Guillotina	0,60	0,60	0,36
Amoladora	0,31	0,50	0,15
Prensa	0,32	0,19	0,06
<b>Área de doblado</b>			
Dobladora de laminas	2,27	0,58	1,32
Dobladora de tubos	0,50	0,60	0,30
Dobladora de resortes	0,63	0,14	0,09
<b>Área de soldado</b>			
Soldadora BAMBOZZI	0,46	0,57	0,26
Soldadora NORDICA	0,25	0,48	0,12
Soldadora SHIO	0,45	0,60	0,27
Soldadora RIMASTER	0,24	0,47	0,11
<b>Área de lijado y limpieza</b>			
Pulidora	0,32	0,51	0,16
<b>Área de pintado</b>			
Compresor 1	0,39	0,96	0,37
Compresor 2	0,30	0,70	0,21
Compresor 3	0,36	0,60	0,22
Estante de pinturas	1,01	0,33	0,33
<b>Área de perforado</b>			
Taladro PIRUL	0,29	0,47	0,14
Taladro manual	0,30	0,51	0,15
<b>Almacén de insumos</b>			
Cargador eléctrico	0,25	0,16	0,04
Generador	0,50	0,59	0,30

**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

La superficie de gravitación que representa la superficie utilizada por el obrero y por el material acopiado para las operaciones de los puestos de trabajo es calculado para cada elemento, multiplicando la superficie estática (Ss) por el número de lados a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizados. Se utiliza la Ecuación I.2

$$\mathbf{Sg = Ss \times N}$$

⇒ **Donde:**

**Sg**= superficie de gravitación (m<sup>2</sup>)

**Ss** = superficie estática (m<sup>2</sup>)

**N** = número de lados

Tabla V-6 Superficies De Gravitación

Máquina	Ss=Superficie estática (m <sup>2</sup> )	N	Sg (m <sup>2</sup> )
<b>Área de corte</b>			
Guillotina	0,36	1	0,36
Amoladora	0,15	1	0,15
Prensa	0,06	1	0,06
<b>Área de doblado</b>			
Dobladora de laminas	1,32	2	2,64
Dobladora de tubos	0,30	2	0,6
Dobladora de resortes	0,09	2	0,18
<b>Área de soldado</b>			
Soldadora BAMBOZZI	0,26	1	0,26
Soldadora NORDICA	0,12	1	0,12
Soldadora SHIO	0,27	1	0,27
Soldadora RIMASTER	0,11	1	0,11
<b>Área de lijado y limpieza</b>			
Pulidora	0,16	1	0,16
<b>Área de pintado</b>			
Compresor 1	0,37	1	0,37
Compresor 2	0,21	1	0,21
Compresor 3	0,22	1	0,22
Estante de pinturas	0,33	1	0,33
<b>Área de perforado</b>			
Taladro PIRUL	0,14	2	0,28
Taladro manual	0,15	1	0,15
<b>Área de almacén</b>			
Cargador eléctrico	0,04	1	0,04
Generador	0,30	1	0,30

Fuente: Información de la empresa

Elaboración: Propia

En cuanto a la superficie de evolución (Se) que es la que se reserva entre los puestos de trabajo para los desplazamientos de personal, del equipo, de los medios de transporte y para la salida del producto terminado, Se calcula utilizando el factor “k” denominado coeficiente de evolución, que representa una medida ponderada de la relación entre las alturas de los elementos móviles y los elementos estáticos.

#### coeficiente de evolución “K”

Razón de la empresa	Coefficiente K
Gran industria alimenticia	0,05-0,15
Trabajo en cadena, transporte mecánico	0,10-0,25
Textil- hilado	0,05-0,25
Textil -tejido	0,05-0,25
Relojería -joyería	0,75-1,00
 Industria mecánica pequeña	1,590-2,00
Industria mecánica	2,00-3,00

⇒ **Valor medio de K= 1,795**

Considerando la tabla de valores típicos de “K” y de acuerdo a la razón de la empresa en estudio el rango del coeficiente es **1,590-2,00** correspondiente a la industria mecánica pequeña, para no sobredimensionar la distribución de planta con los cálculos y resultados se halló un valor medio del Rango cuyo valor corresponde a **K= 1,795**

Este dato se reemplaza Ecuación I.3 para el cálculo de la superficie de evolución.

$$Se = (Ss + Sg) k$$

⇒ **Donde:** Se= superficie de evolución

Sg = superficie de gravitación

Ss =superficie estática

K=coeficiente de evolución

Tabla V-7 Superficies De Evolución

Máquina	Ss (m <sup>2</sup> )	Sg(m <sup>2</sup> )	Se(m <sup>2</sup> )
<b>Área de corte</b>			
Guillotina	0,36	0,36	1,29
Amoladora	0,15	0,15	0,54
Prensa	0,06	0,06	0,22
<b>Área de doblado</b>			
Dobladora de laminas	1,32	2,64	7,11
Dobladora de tubos	0,30	0,6	1,62
Dobladora de resortes	0,09	0,18	0,48
<b>Área de soldado</b>			
Soldadora BAMBOZZI	0,26	0,26	0,93
Soldadora NORDICA	0,12	0,12	0,43
Soldadora SHIO	0,27	0,27	0,97
Soldadora RIMASTER	0,11	0,11	0,39
<b>Área de lijado y limpieza</b>			
Pulidora	0,16	0,16	0,57
<b>Área de pintado</b>			
Compresor 1	0,37	0,37	1,33
Compresor 2	0,21	0,21	0,75
Compresor 3	0,22	0,22	0,79
Estante de pinturas	0,33	0,33	1,18
<b>Área de perforado</b>			
Taladro PIRUL	0,14	0,28	0,75
Taladro manual	0,15	0,15	0,54
<b>Área de almacén</b>			
Cargador eléctrico	0,04	0,04	0,14
Generador	0,30	0,30	1,08

Fuente: Información de la empresa

Elaboración: Propia

Habiendo realizado los cálculos anteriores se tiene la información necesaria para obtener la superficie total en metros cuadrados.

$$St = Ss + Sg + Se = m^2 \quad \text{Ecuación V.1}$$

En la siguiente tabla se puede observar la superficie total requerida por área de trabajo según la maquinaria y equipo utilizados en cada una de ellas.

**Tabla V-8 Superficie Total**

<b>Maquina</b>	<b>Ss (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Sg(m<sup>2</sup>)</b>	<b>Se(m<sup>2</sup>)</b>	<b>St</b>
<b>Área de corte</b>				
Guillotina	0,36	0,36	1,29	2.01
Amoladora	0,15	0,15	0,54	0,84
Prensa	0,06	0,06	0,22	0,34
<b>(St) Espacio total del área de corte</b>				<b>3,19</b>
<b>Área de doblado</b>				
Dobladora de laminas	1,32	2,64	7,11	11.07
Dobladora de tubos	0,30	0,6	1,62	2,52
Dobladora de resortes	0,09	0,18	0,48	0,75
<b>(St) Espacio total del área de doblado</b>				<b>14,34</b>
<b>Área de soldado</b>				
Soldadora BAMBOZZI	0,26	0,26	0.93	1,45
Soldadora NORDICA	0,12	0,12	0,43	0,67
Soldadora SHIO	0,27	0,27	0,97	1,51
Soldadora RIMASTER	0,11	0,11	0,39	0,61
<b>(St) Espacio total del área de soldado</b>				<b>5,24</b>

<b>Área de lijado y limpieza</b>				
Pulidora	0,16	0,16	0,57	0,89
<b>(St) área de lijado y limpieza</b>				<b>0,89</b>
<b>Área de pintado</b>				
Compresor 1	0,37	0,37	1,33	2,07
Compresor 2	0,21	0,21	0,75	1,17
Compresor 3	0,22	0,22	0,79	1,23
Estante de pinturas	0,33	0,33	1,18	1,84
<b>(St) Espacio total del área de pintado</b>				<b>6,31</b>
<b>Área de perforado</b>				
Taladro PIRUL	0,14	0,28	0,75	1,17
Taladro manual	0,15	0,15	0,54	0,84
<b>(St) Espacio total del área de perforado</b>				<b>2,01</b>
<b>Área de almacén</b>				
Cargador eléctrico	0,04	0,04	0,14	0,22
Generador	0,30	0,30	1,08	1,68
<b>(St) Espacio total del área de almacén</b>				<b>1,90</b>
<b>St</b>				<b>33,88 m<sup>2</sup></b>

**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

### 5.4.3. Espacios disponibles

A continuación, se muestran las dimensiones de las áreas de trabajo y disponibles actuales, que se pueden apreciar de mejor manera en la distribución en planta actual en los anexos del proyecto.

Tomando en cuenta los requerimientos de espacios analizados anteriormente en la tabla siguiente se define el área que requiere cada área en el taller.

**Cuadro V-1 Espacios Del Taller**

Área total del taller = 337,5 m <sup>2</sup>
Área de recepción de materia prima y despacho de producto terminado =36 m <sup>2</sup>
Área de prensas = 10,8 m <sup>2</sup>
Área de soldado = 35,28 m <sup>2</sup>
Área de doblado = 11,00 m <sup>2</sup>
Área de herramientas = 12,75 m <sup>2</sup>
Área de almacén =14,28 m <sup>2</sup>
Área total del taller = 337,5 m <sup>2</sup>
Área administrativa= 63,28 m <sup>2</sup>
Total, área ocupada= 147,39 m <sup>2</sup>
Total, área disponible= 190,11 m <sup>2</sup>

**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

**Tabla V-9 Análisis de Espacios requeridos**

Área Requerimiento	A. soldado	A. corte-perforado	A. doblado	A. pintado	A. lijado	A. Limpieza	Almacén
Según dimensiones de productos	18m <sup>2</sup>	-	7,5m <sup>2</sup>	18m <sup>2</sup>	18m <sup>2</sup>	18m <sup>2</sup>	-
Según la maquinaria	5,24 m <sup>2</sup>	5,20 m <sup>2</sup>	14,34m <sup>2</sup>	6,3 m <sup>2</sup>	0,89m <sup>2</sup>	0,89 m <sup>2</sup>	1,90 m <sup>2</sup>
Según área para circulación	25m <sup>2</sup>	7,86m <sup>2</sup>	15m <sup>2</sup>	31,5m <sup>2</sup>	31,5m <sup>2</sup>	31,5m <sup>2</sup>	7,86m <sup>2</sup>
<b>Área requerida</b>	48,24m <sup>2</sup>	18,26 m <sup>2</sup>	51,18m <sup>2</sup>	55,8m <sup>2</sup>	35,49m <sup>2</sup>	50,39 m <sup>2</sup>	9,76 m <sup>2</sup>

**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

El espacio total requerido según la maquinaria, las estructuras metálicas y espacios de circulación es de 269,12 m<sup>2</sup>, está dentro del área con la que cuenta el taller, por lo cual el rediseño de la distribución por áreas de trabajo es viable en cuanto a espacios, el plano del diseño propuesto se encuentra en los anexos del proyecto.

### 5.5.Desarrollo del diagrama relacional de espacios

El diagrama relacional de espacios plasmado a continuación es un grafo en el que las actividades principales son representadas por nodos unidos por líneas, estas líneas representan la intensidad de la relación (A, E, I, O, U, X) entre las actividades unidas a partir del código de líneas que se muestra en la tabla.

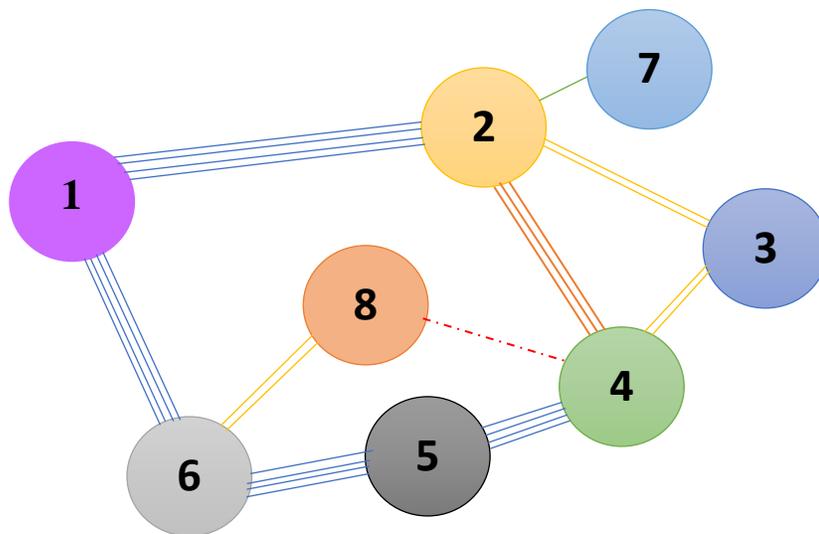
#### 5.5.1. Diagrama relacional de espacios

El diagrama está elaborado de manera tal que el cruce de líneas sea mínimo para conseguir que las actividades con mayor flujo de materiales estén lo más próximas posible en el diseño de la distribución.

Recordando la Tabla I-4 de códigos de líneas se desarrolla el diagrama de relación de actividades.

Código	Simbología
A	
E	
I	
O	
U	
X	

**Figura 5-4 Diagrama De Relación De Actividades**

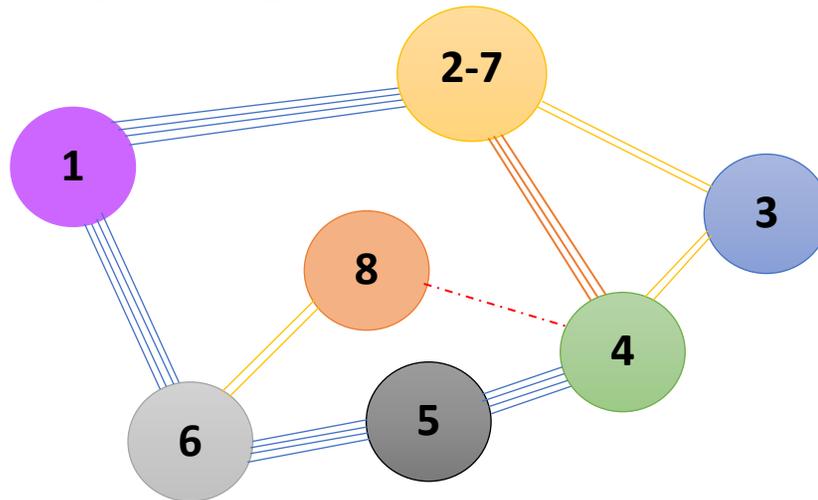


**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

Teniendo en cuenta los espacios de las áreas de trabajo y considerando la actividad 7 con menor flujo de materiales se determina unir el área de la actividad 7 con la actividad 2 para así no tener distancias innecesarias en el recorrido del proceso sin que esta afecte al desempeño normal de la circulación de material como del personal quedando entonces de la siguiente manera:

**Figura 5-5 Diagrama De Relación De Actividades Modificado**



**Fuente:** Información de la empresa  
**Elaboración:** Propia

## 5.6. Factores influyentes y limitaciones prácticas

### 5.6.1. Espacio mínimo exigido en las condiciones generales de seguridad en los lugares de trabajo

Para tener en cuenta los espacios mínimos exigidos en la ley general de higiene y seguridad ocupacional y bienestar se elabora la siguiente tabla resumen.

**Tabla V-10 Requerimientos Exigidos Por Ley**

Factor	Condiciones
Altura mínima	3m
Espacio por persona en el local	12m <sup>3</sup>

**Fuente:** Ley de higiene y seguridad ocupacional y bienestar  
**Elaboración:** Propia

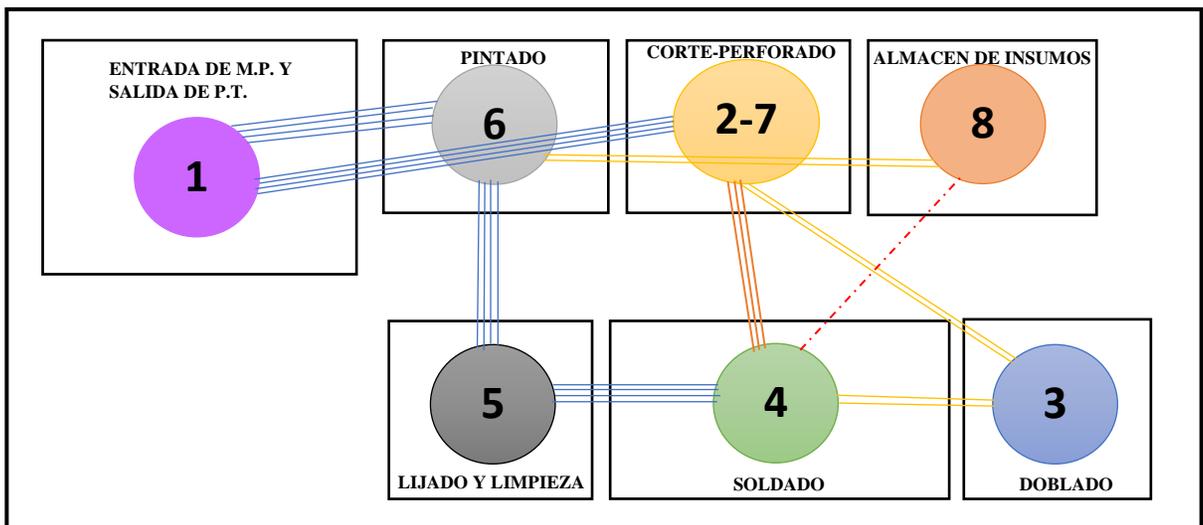
## 5.7. Alternativas de distribución

De acuerdo al diagrama relacional de espacios elaborado anteriormente se detallan a continuación dos propuestas de alternativas de solución, los nodos que representan las tareas están ordenadas de forma que las líneas de relación se crucen lo menos posible y tengan la menor distancia. Además, se consideraron los espacios disponibles en el taller para hacer el diseño de acuerdo a estas condiciones.

### 5.7.1. Alternativa 1

En la primera alternativa el diseño es flexible y se adapta a los espacios con los que se disponen, las condiciones de trabajo son mejores en cuanto a manejo de materiales y maquinaria por distancias recorridas y presenta una designación de áreas con un fácil control y supervisión del proceso.

**Cuadro V-2 Primera Alternativa De Distribución**



Fuente y Elaboración: Propia

### 5.7.1.1. Presupuesto e inversión

Para la implementación de la primera alternativa se requiere invertir en modificaciones que se deben realizar las cuales se detallan a continuación.

**Tabla V-11 Presupuesto De La Alternativa 1**

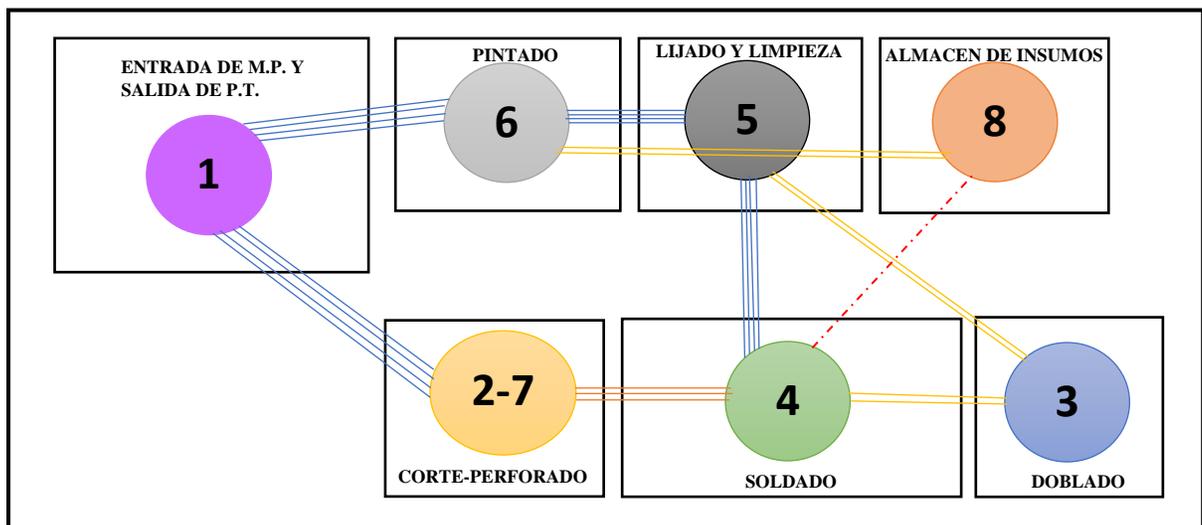
<b>PRESUPUESTO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.</b> – Refacción y adaptación de áreas del taller que lo requieran para la implementación de la alternativa de solución 1.				
<b>N°</b>	<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Importe total (bs)</b>
<b>Construcción y adaptación de áreas</b>				
1	Nivelación área de corte 12,75 m <sup>2</sup>	1	500	500
2	Modificación tinglado área de corte	1	600	600
3	Tablero de herramientas área de corte y soldado (2 x1,75) m	2	400	800
4	Tablero de herramienta área de doblado (1,30x0,90) m	1	350	350
5	Tablero de herramienta área de lijado y limpieza (1x0,80) m	1	300	300
6	Instalación eléctrica en área de pintado	1	120	120
7	Ampliación de tinglado para área de lijado	1	400	400
8	Traslado y ubicación de maquinaria y herramienta	1	100	100
9	Instalación eléctrica área de corte y perforado	1	160	160
10	Limpieza general	1	50	50
<b>Total, Construcción y adaptación de áreas</b>				<b>3380</b>
11	Señalización	1	600	<b>600</b>
12	<b>Capacitación</b>			
12.1	Profesional a cargo	1	1000	1000
12.2	Material	1	100	100
12.3	Refrigerios	5	10	50
<b>Total, capacitación</b>				<b>1150</b>
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>				<b>5130 Bs</b>

Fuente y Elaboración: Propia

### 5.7.2. Alternativa 2

La siguiente alternativa se estructuró de forma que los recorridos sean mínimos y no haya flujo de materiales cruzados que afecten la circulación efectiva de operadores, materiales y producto en proceso, es un diseño más flexible, y se ajusta de la misma manera a las condiciones de disponibilidad de espacios del taller.

**Cuadro V-3 Segunda Alternativa de Distribución**



**Fuente y Elaboración:** Propia

### 5.7.2.1. Presupuesto e inversión

Para la implementación de la alternativa 1 se necesita de la siguiente inversión:

**Tabla V-12 Presupuesto de la Alternativa 2**

<b>PRESUPUESTO DE OBRA</b>				
<b>DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.</b> – Refacción y adaptación de áreas del taller que lo requieran para la implementación de la alternativa de solución 2.				
<b>N°</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>IMPORTE TOTAL (Bs)</b>
<b>Construcción y adaptación de áreas</b>				
1	Nivelación de área de lijado	1	500	500
2	Modificación de tinglado área de lijado	1	600	600
3	Tablero de herramientas área de corte y soldado	2	400	800
4	Tablero de herramienta área de doblado	1	350	350
5	Tablero de herramienta área de lijado y limpieza	1	300	300
6	Instalación eléctrica en área de pintado	1	120	120
7	Ampliación de tinglado para área de corte y perforado	1	300	300
8	Traslado y ubicación de maquinaria y herramienta	1	100	100
9	Limpieza general	1	50	50
<b>Total, construcción y adaptación de áreas</b>				<b>3120</b>
10	Señalización	1	600	<b>600</b>
11	<b>Capacitación</b>			
11.1	Profesional encargado	1	1000	1000
11.2	Material	1	100	100
11.3	Refrigerios	5	10	50
<b>Total, capacitación</b>				<b>1150</b>
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>				<b>4870 Bs</b>

Fuente y Elaboración: Propia

### 5.8.Evaluación de alternativas y selección

Para la selección de la alternativa de solución óptima se utiliza el método de comparación de factores tomando en cuenta los factores esenciales con su respectivo peso asignado según la relevancia de cada uno.

#### Escala 0-10

10=importante

0= no importante

**Tabla V-13 Evaluación de Alternativas**

<b>FACTOR</b>	<b>PESO RELATIVO (%)</b>	<b>ALT 1</b>	<b>ALT 2</b>
Facilidad de expansión	10	6	6
Flexibilidad	15	7	8
Eficacia en la manipulación de mat.	15	6	9
Utilización del espacio	9	9	9
Seguridad	8	7	8
Condiciones de trabajo	10	7	9
Utilización de los equipos	8	8	8
Facilidad de supervisión y control	10	7	9
Inversión	15	8	9
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>25,25</b>	<b>27,2</b>

Fuente y Elaboración: Propia

Según los resultados de puntuación total arrojados en la tabla de comparación la alternativa más eficiente es la segunda alternativa propuesta.

### **5.9.Propuesta de la alternativa elegida**

Considerando la nueva distribución en planta seleccionada y teniendo en cuenta la nueva ubicación de cada área de trabajo donde se desempeñan las diferentes actividades productivas se elabora el cursograma analítico de la alternativa propuesta con las actividades, tiempos y distancias ajustadas al nuevo diseño.

Estas representaciones del proceso son elaboradas con fines comparativos con datos reales, permitirá analizar y comparar la situación actual con una situación propuesta.

## 5.9.1. Cursogramas analíticos propuestos

### 5.9.1.1. Cursograma analítico propuesto de un portón

Cursograma Analítico				Material/Operario/Equipo					
Diagrama Núm.: 1	Hoja 1 de 2	Resumen							
Objeto: comparar la situación actual y propuesta		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación		23	23				
Actividad: Construcción de un portón		Inspección		1	1				
Método: Propuesto		Transporte		18	12				
Lugar: metalmecánica RIMBA		Espera		1	1				
Operario (s): Normando Cabezas	Ficha núm.: 1	Almacenamiento		0	0				
		Distancia (m)		182,5	78,5				
		Tiempo (min-hombre)		1838,25	1763,98				
Compuesto por: Adriana Gutierrez	Fecha:	-Costo Mano de obra							
Aprobado por:	Fecha:	-Costo Material							
		Total							
Descripción	Cantidad	Tiempo [s]	Distancia [mts]	Símbolo			Observaciones		
									
-Recepciona la materia prima	1	420	0	●					
-Traslada el material	1	175	6			●		A área de corte	
-Traza y prepara los materiales	1	660	0	●					
-Corta los materiales	1	3000	0	●					
-Traslada las láminas	1	230	6			●		A área de corte	
-Traza las láminas	1	840	0	●					
-Traslada las láminas	1	230	8			●		A área de doblado	
-Dobla las láminas	1	5400	0	●					
-Elabora picaportes	1	3900	11	●					
-Traslada material cortado	1	220	4			●		A área de soldado	
-Arma el marco del portón	1	2400	0	●					
-Traslada las láminas dobladas	1	240	4			●		A área de soldado	
-Suelda la lámina al marco	1	7500	0	●					
-Traslada los seguros y accesorios	1	140	7			●			
-Suelda seguros y accesorios	1	7400	0	●					
-Controla dimensiones	1	304	0	●					
-Suelda definitivamente el portón	1	2712	0	●					
-Desgasta y afina	1	1080	0	●					
-Transporta el portón para lijado	1	180	4			●		A área de lijado	

Cursograma Analítico								
Diagrama Núm.: 1	Hoja 2 de 2	Resumen						
Objeto: comparar la situación actual y propuesta	Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
	Operación							
Actividad: Construcción de un portón	Inspección							
Método: Propuesto	Transporte							
Lugar: metalmecánica RIMBA	Espera							
Operario (s): Normando Cabezas	Ficha núm.: 1	Almacenamiento						
		Distancia (m)						
		Tiempo (min-hombre)						
Compuesto por: Adriana Gutierrez	Fecha: 18-12-20	-Costo Mano de obra						
Aprobado por:	Fecha:	-Costo Material						
		Total						
Descripción	Cantidad	Tiempo [s]	Distancia [mts]	Símbolo			Observaciones	
-Lija y cepilla la estructura	1	9000	0					
-Limpia	1	1200	0					
-Traslada la estructura	1	99	2				A área de pintado	
-Traslada pinturas e insumos	1	400	6					
-Pinta manualmente el esqueleto	1	1800	0					
-Pinta toda la estructura	1	7200	0					
-Deja secar el portón	1	28800	0					
-Traslada el producto terminado	1	100	6				A área de producto terminado	
-Embala y carga	1	1200	0					
-Transporta herramienta y máquinas	1	1800	14.5					
-Transporta al lugar de instalación	1	-	-				Distancia variable	
-Descarga la estructura	1	900	0					
-Perfora las columnas	1	7200	0					
-monta el portón	1	1790	0					
-Suelda las bisagras	1	5780	0					
-Prepara la pintura	1	179	0					
-Pinta	1	720	0					
-Entrega	1	640	0					
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>105839</b>	<b>78,5</b>					

En la sección de anexos se detallan los cursogramas analíticos restantes de los productos en análisis, con esta información la información de los cursogramas analíticos elaborados de la situación actual de producción y la propuesta se puede resumir lo siguiente:

**Tablav-14 Tabla Comparativa De Tiempo**

Producto	Tiempo (seg.)		Tiempo reducido	
	Actual	Propuesta	segundos	%
Portón	110.295	105.839	4.456	4,04
Persiana	92.788	86.682	6.106	6,58
Baranda	61.076	56.563	4.513	7,39
Tinglado	94.610	89.806	4.804	5,77

**Fuente:** Datos de los cursogramas

**Elaboración:** Propia

**Tabla V-15 Tabla Comparativa De Distancias**

Producto	Distancia (m)		Distancia reducida	
	Actual	Propuesta	Metros	%
Portón	182,5	78,5	104	56,99
Persiana	174,5	61,5	113	64,76
Baranda	185	57	128	69,19
Tinglado	166	44,5	121,5	73,19

**Fuente:** Datos de los cursogramas

**Elaboración:** Propia

## **5.9.2. productividad propuesta**

La productividad es un indicador importante para observar en que grado se aprovechan los recursos utilizados, con la propuesta mediante la modificación de tiempos de producción implica una variación en cuanto a la mano de obra empleada en la fabricación de las diferentes estructuras se calcula una nueva productividad.

Para estos cálculos nuevamente se consideró los mismos productos con sus correspondientes características físicas por lo tanto no se modificaron los datos de materia prima e insumos empleados en su fabricación, los parámetros que fueron afectados en la modificación fue el tiempo alterando la mano de obra empleada.

### **5.9.2.1. Productividad propuesta de un portón**

#### **Características del producto**

El producto del cual se calcula la productividad tiene las siguientes características:

- Dimensiones: 3 m x 2,70 m
- Total, metros cuadrados: 8,1m<sup>2</sup>
- Precio de la estructura por metro cuadrado: 300 Bs./m<sup>2</sup>
- Precio bruto de ventas: 2430 Bs.

Tabla V-16 Inversión modificada para la fabricación de un portón

<b>INVERSIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE UN PORTÓN</b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNI. (Bs.)</b>	<b>PRECIO TOTAL (Bs.)</b>
Tubo 40 x 40	2 barras	98	196
Plancha 0,80	3 laminas	110	330
Tubo 30	3 barras	78	234
Tubo 25	1 barra	70	70
Angular 1 ½	½ barra	72	36
Tubo cuadrado 20 x 20	1 barra	54	54
Corrugado ¼	1 barra	18	18
Bisagras	6	8,50	51
Pintura	3,5 litros	34,28	120
Electrodos	2 kg	22	44
Lija	1 pliegue	1,50	1,50
<b>TOTAL, MATERIAL</b>			<b>1.154,50</b>
<b>MANO DE OBRA REQUERIDA</b>			
<b>PERSONAL</b>	<b>HORAS REQUERIDAS</b>	<b>PRECIO/HORA</b>	<b>PRECIO TOTAL (Bs)</b>
-maestro soldador	21,40	16,25	347,75
<b>TOTAL, MANO DE OBRA</b>			<b>347,75</b>
<b>ENERGIA ELECTRICA</b>			
49,84 Kwh			41,37
<b>TOTAL, ENERGIA ELECTRICA</b>			<b>41,37</b>
<b>IMPUESTOS</b>			
(16%) s/precio bruto de venta			388.80
<b>TOTAL, IMPUESTOS</b>			<b>388.80</b>
<b>OTROS GASTOS</b>			
-transporte y viáticos			50
<b>TOTAL, OTROS GASTOS</b>			<b>50</b>
<b>TOTAL</b>			<b>1.982,42</b>

Fuente: Información de la empresa

Elaboración: Propia

⇒ **Cálculo de la productividad**

$$\pi = \frac{\text{producto}}{\text{insumos}}$$

$$\pi = \frac{\text{metros cuadrados de la estructura} \times \text{precio}}{\text{materia prima} + \text{mano de obra} + \text{energía} + \text{impuestos} + \text{otros gastos}}$$

$$\pi = \frac{8,1 \text{ m}^2 \times 300 \text{ bs/m}^2}{1154,50 + 347,75 + 41,37 + 388,80 + 50}$$

$$\pi = \frac{2430 \text{ Bs}}{1982,42 \text{ Bs}}$$

$$\pi = 1,22 \frac{\text{Bs}}{\text{Bs}}$$

Este resultado de productividad indica que por cada boliviano invertido se obtiene 0,22 centavos de boliviano de beneficio para la empresa.

El cálculo de la productividad de los demás productos se encuentra detallado en los anexos del proyecto, a continuación, se muestra la tabla resumen de estos datos.

**Tabla V-17 Productividad Propuesta**

Producto	Productividad Propuesta
Portón	1,22
Persiana	1,37
Baranda	1,31
Tinglado	1,16

**Fuente:** Datos de productividad

**Elaboración:** Propia

El factor de producción que varía en este estudio del proyecto es la mano de obra empleada en el proceso debido a la reducción de los tiempos de producción mediante la optimización de la distribución en planta, por lo que en los anexos se muestran los cálculos de la productividad parcial ajustada a la nueva situación propuesta.

### 5.9.3. Incremento o variación de la productividad

$$\Delta\% \pi = \frac{\pi 2 - \pi 1}{\pi 1}$$

**DONDE:**

$\pi 1$  = productividad actual

$\pi 2$  = productividad propuesta

$\Delta\% \pi$  = variación o incremento de la productividad

#### 5.9.3.1. Incremento de la productividad de un portón

**DATOS:**

$\pi 1 = 1,21$

$\pi 2 = 1,22$

$$\Delta\% \pi = \frac{\pi 2 - \pi 1}{\pi 1}$$

$$\Delta\% \pi = \frac{1,22 - 1,21}{1,21} \times 100\%$$

$$\Delta\% \pi = \mathbf{0,83\%}$$

Los resultados indican que existe un incremento porcentual de 0,83% en relación a la productividad actual con la propuesta.

Los cálculos de los demás productos en estudio se detallan en los anexos del proyecto.

Tabla V-18 Variación De La Productividad

Producto	Productividad		Variación
	Actual	Propuesta	$\Delta\% \pi$
Portón	1,21	1,22	0,83
Persiana	1,35	1,37	1,48
Baranda	1,27	1,31	3,15
Tinglado	1,16	1,16	0

Fuente: Datos de productividad

Elaboración: Propia

### 5.10. Cronograma de actividades para la ejecución

Para la aplicación de la alternativa de solución seleccionada habiendo ya planteado los requerimientos y características de la alternativa a continuación se elabora el cronograma de implementación de esta:

Cuadro V-4 Cronograma de Actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES										
Actividad	Día									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.- Nivelación del área de lijado y limpieza	■									
2.- Modificación tinglado de área de lijado		■	■							
3.- Adquisición de tableros para herramientas			■							
4.- Instalación eléctrica en área de pintado			■							
5.- Preparación de tableros de herramienta				■	■					
6.- Colocado de tableros en cada área de trabajo						■				
7.- Ampliación del tinglado área de corte							■			
8.- Traslado de la maquinaria a cada área							■	■		
9.- Ubicación de la herramienta en los tableros								■		
10.- Adquisición de señalización								■		
11.- Limpieza general									■	
12.- Instalación de la señalización									■	
13.- Capacitación										■

Fuente y Elaboración: Propia

### 5.11. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios del establecimiento industrial

Teniendo en cuenta la superficie del área de producción y las actividades que se llevan a cabo en el taller y conforme a la NB58005-normativa de carga de fuego y dotación de extintores la cantidad de extintores estará definida por la carga de fuego calculada y del riesgo que conlleva la actividad en cada área.

Para este análisis se realizará un análisis de riesgos de cada área para definir la ubicación de los extintores en el taller de forma coherente.

**Tabla V-19 Magnitud de Riesgo en Cada Área**

RIESGOS POR ÁREA DE TRABAJO	
Área de recepción de materia prima y despacho de producto terminado.	R7
Área de pintado	R2
Área de lijado y limpieza	R7
Área de almacén de insumos	R3
Área de corte y perforado	R6
Área de soldado	R4
Área de doblado	R7
<p><b>Definiciones:</b>  R1= explosivo  R2= inflamable  R3= muy combustible  R4= combustible  R5= poco combustible  R6= incombustible  R7= refractarios</p>	

**Fuente:** Información de la empresa

**Elaboración:** Propia

Habiendo realizado la identificación de los riesgos que se presentan en cada área se puede definir la ubicación de los extintores por áreas de trabajo que lo requieren.

**Tabla V-20 Ubicación De Extintores**

Zonas	N° extintores
Área de pintado	1
Área de almacén	1
Área de soldado	1

**Fuente:** Análisis de riesgos

**Elaboración:** Propia

Los extintores se ubicarán en las áreas mencionadas en la tabla anterior para cualquier situación que pueda producirse en el taller o riesgos presentes en el desarrollo de las actividades de fabricación.

### 5.12. Requerimiento de señalización

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad IBNORCA a través de la Norma Boliviana NB -55001 “Señalización de Seguridad” establece: la identificación de los colores de seguridad y los principios de diseño de las señales de seguridad usadas en los lugares de trabajo con el propósito de informar sobre prohibición, advertencia, obligación salvamento, evacuación, entre otros.

Debido a ello, el contenido del presente catálogo de requerimiento de señalización para el taller metalmecánica “RIMBA” estará basado en los principios que establece el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), en el tema de Colores y Tipo de Señalización o carteles de seguridad permitidos.

#### **Características mínimas requeridas.**

#### **Para las señales de Obligación, Prohibición, Advertencia o Salvamento:**

- Altura mínima de colocación de la base del letrero respecto al piso:1,4 m.
- Tipo de Letra: Mayúscula ARIAL.
- Dimensión mínima del cartel para distancias de visión mayor a 5 metros:

Formato A2.

Diámetro de los símbolos de la señal: 0,3m.

Base del cartel: 0,42 m.

Altura mínima del área destinada al símbolo de la señal: 0,4 m.

Altura mínima del área destinada al texto de la señal: 0,194 m.

- Dimensión mínima del cartel para distancias de visión hasta 5 metros:

Formato A3.

Diámetro de los símbolos de la señal: 0,25 m.

Base del cartel: 0,297 m.

Altura mínima del área destinada al símbolo de la señal: 0,28 m.

Altura mínima del área destinada al texto de la señal: 0,14 m.

**Para las señales de Evacuación y Señales complementarias:**

- Altura mínima de colocación de la base del letrero respecto al piso: 1,4 m.
- Tipo de Letra: Mayúscula ARIAL.
- Dimensión mínima del cartel para distancias de visión mayor a 5 metros:

Lado menor de la señal: 0,3m.

Lado mayor de la señal: 0,6 m.

- Dimensión mínima del cartel para distancias de visión hasta 5 metros:

Lado menor de la señal: 0,15 m.

Lado mayor de la señal: 0,3 m.

**Para las señales contra incendios:**

- Altura mínima de colocación de la base del letrero respecto al piso: 1,5m.
- En ningún caso debe estar asegurado con fierros, clavos o similares.

- Dimensiones mínimas de la señal de extintores:

Lado menor de la señal: Mayor a 0,4 m.

Lado mayor de la señal: Mayor a 0,4 m (superior al lado menor).

Diámetro de franjas: 10 cm.

**Figura 5-6 Dimensiones De Señalética**



Fuente: NB -55001 IBNORCA

## 5.13. Manuales

### 5.13.1. Manual de procedimientos

Esta guía que establece la secuencia de pasos para que una empresa, organización, o área consiga realizar sus funciones se muestra en el anexo del documento.

### 5.13.2. manual de capacitación

Posterior a la implementación del nuevo diseño de distribución se recomienda llevar a cabo la capacitación del personal para que la implementación tenga la efectividad que se espera, este documento que reúne las instrucciones y pautas precisas para desarrollar la capacitación se detalla en el anexo del presente proyecto.

**CAPÍTULO VI**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1. Conclusiones

- Se logró realizar un diagnóstico adecuado de las condiciones actuales lo cual permitió determinar tiempos y distancias innecesarias en el proceso de producción, para un mejor diseño de la nueva distribución en planta.
- Se realizó un estudio de métodos del proceso de producción el cual permitió identificar fallas presentes en el mismo que fueron importantes para poder obtener datos de la situación actual como de la situación propuesta obteniendo pudiendo comparar y verificar las mejoras obtenidas con la propuesta del presente proyecto.
- Se presentó a la gerencia del taller metalmecánica RIMBA las alternativas de distribución en planta sugerida en este proyecto para su verificación y decisión de aplicación.  
habiendo estado de acuerdo con el rediseño y considerando el impacto del mismo al día 20 de abril del presente año se cuenta con un avance de la aplicación del proyecto en el taller considerable teniendo ya concluido la implementación de los tableros de herramientas por área de trabajo como también la designación de las áreas de cada actividad realizada con la correspondiente señalización.
- Este proyecto permitirá mejorar la disponibilidad de herramientas y maquinaria para reducir las distancias en un 66,03 % y el tiempo de producción en un 5,77 % promedio, optimizando de esta manera el proceso productivo brindando mejores condiciones de seguridad a los trabajadores y reduciendo el esfuerzo por el transporte de maquinaria y herramienta en largas trayectorias.

- La implementación adecuada del nuevo diseño de distribución en planta, permitirá mejorar la productividad en un 1,36% promedio debido a la reducción del tiempo de fabricación impacto que favorecerá a la empresa en cuando a desarrollo, organización y mejores beneficios para esta.
  
- El desarrollo de este proyecto fue una experiencia interesante debido a la interacción directa con la planta de producción donde se conoció todo el proceso productivo de una amplia gama de productos, por otra parte, por medio del levantamiento de datos e información se conoció más acerca del comportamiento de ventas, costos, requerimientos y otros.  
Además de fortalecer el conocimiento para una mejor formación profesional debido a la interacción directa con las distintas áreas de la empresa pudiendo realizar un estudio real para aportar de forma eficiente con un trabajo que se ajuste a la realidad de esta.

## 6.2.Recomendaciones

- Se sugiere realizar la instalación y movimiento de la maquinaria y herramienta de instalación en el área de despacho de producto terminado para optimizar y mejorar los tiempos de producción.
- Tomando en cuenta la competencia de precios en el mercado por productos importados es necesario aprovechar los recursos para producir a precios más bajos.
- Controlar que se cumpla con el recorrido, el establecimiento de cada área y que las actividades y procesos tengan un flujo adecuado en beneficio de la productividad.
- Verificar las nuevas instalaciones realizadas en el proceso de implementación para evitar la existencia de riesgos para los operarios.
- Al reubicar la maquinaria asegurarse de que queden estables, con anclajes firmes y que cuenten con los espacios correspondientes para la circulación.
- Realizar capacitaciones al personal tanto de mantenimiento como de seguridad industrial para contar con trabajadores más eficientes en su trabajo y preparados para cualquier eventualidad.