



**REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE  
VENTANAS DE ALUMINIOS EN LA EMPRESA TRES METALES**

**Por:**

**ARLIN MANUEL ALCAZAR CAMPO  
ANDRES RICARDO PEREZ AGAMEZ**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

**2018**



**REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE  
VENTANAS DE ALUMINIOS EN LA EMPRESA TRES METALES**

**Por:**

**ARLIN MANUEL ALCAZAR CAMPO  
ANDRES RICARDO PEREZ AGAMEZ**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial**

**Asesor Disciplinar:**

**JUAN CAMILO MACHADO FERRUCHO**

**Asesor Metodológico**

**GERMAN HERRERA VIDAL**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

**2018**

**Acta de calificación y  
aprobación**

**Nota de  
aceptación**

---

---

---

---

---

**Director de  
Escuela**

---

**Director de Investigaciones**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

Cartagena de Indias, de 2018.

Director

**SR. DIRECTOR DE ESCUELA**

Director de la Escuela de Ingeniería Industrial  
Universidad del Sinú

Cordial saludo.

La presente comunicación con el fin de manifestar mi conocimiento y aprobación del trabajo de grado titulado “REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE VENTANAS DE ALUMINIOS EN LA EMPRESA TRES METALES”, elaborada por los estudiantes ARLIN MANUEL ALCAZAR CAMPO identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.143.399.795 de Cartagena y ANDRES RICARDO PEREZ AGAMEZ, identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.143.369.763 de Cartagena presentado como requisito para optar al título de Ingeniería Industrial.

Cartagena de Indias, 2018

Cordialmente,

---

Asesor del trabajo de grado

Cartagena de Indias, de 2018.

Director

**SR. DIRECTOR DE ESCUELA**

Director de la Escuela de Ingeniería Industrial  
Universidad del Sinú

Cordial saludo.

Por medio de la presente se hace entrega oficial del trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Industrial titulado “REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE VENTANAS DE ALUMINIOS EN LA EMPRESA TRES METALES”, elaborada por el estudiante ANDRES RICARDO PEREZ AGAMEZ, identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.143.369.763 de la ciudad de Cartagena y ARLIN MANUEL ALCAZAR CAMPO identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.143.399.795 de Cartagena.

---

Nombre del investigador

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo agradecerle a Dios por que en su infinita misericordia ayudó para que se llevara a cabo este proyecto, a mis padres quienes fueron un pilar fundamental, un apoyo incondicional en esta nueva etapa.

A mis familiares que siempre estuvieron presente brindando una voz de aliento en todos los momentos cuando pensaba en renunciar.

A los docentes German Herrera Vidal, Juan Camilo Machado, quienes con su conocimiento ayudaron a resolver todos los puntos del proyecto y de una u otra forma fueron un pilar para culminar con esta etapa.

A los compañeros que siempre brindaron su apoyo incondicional y ayudaron de una u otra forma para el desarrollo de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	19
1.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	19
2. JUSTIFICACIÓN .....	20
3. OBJETIVOS .....	21
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
4. MARCO REFERENCIAL .....	22
4.1. ANTECEDENTES .....	22
4.2. MARCO TEÓRICO.....	24
4.2.1. Distribuciones en el pasado .....	24
4.2.2. Distribución de planta en la actualidad .....	25
4.2.3. Importancia de la distribución de planta .....	25
4.2.4. Sugerencias para la ordenación de un taller pequeño o de servicio .....	29
4.2.5. Métodos para la planeación de distribución de planta.....	31
4.3. SIMULACION .....	34
4.4. MARCO CONCEPTUAL.....	36
4.4.1. Simulación.....	36
4.4.2. Diagnostico.....	36
4.4.3. Análisis Dofa .....	37
4.4.4. Optimización.....	37
4.4.5. Lista de chequeo .....	37

5.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	38
5.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	38
5.2.	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	39
6.	GENERALIDADES DEL TALLER DE ALUMINIOS TRES METALES.....	40
6.1.	UBICACIÓN DE LA EMPRESA.....	40
6.2.	PRODUCTOS Y SERVICIOS.....	41
6.3.	MATERIA PRIMA E INSUMOS .....	42
7.	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	43
7.1.	DESCRIPCIÓN DEL ALMACÉN .....	43
7.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS RECURSOS .....	44
7.3.	DESCRIPCIÓN DE LOS INSUMOS.....	44
7.4.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	44
7.5.	DIAGNOSTICO ACTUAL .....	49
8.	ALGORITMO CRAFT .....	54
9.	PLAN DE MEJORA EN LA EMPRESA TRES METALES .....	67
9.1.	ACCIONES DE MEJORA ENFOCADO AL ELEVADO TIEMPO DE CICLO DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	67
9.2.	METODOLOGIA.....	69
9.3.	PLAN DE ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES .....	69
9.4.	ANALISIS COSTO BENEFICIO .....	70
9.4.1.	Recurso humano .....	71
9.4.2.	Contratación de asesores.....	71
9.4.3.	Ventajas operacionales .....	73
9.4.4.	Ventajas económicas .....	73
	CONCLUSIONES.....	74
	REFERENCIAS.....	76



## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Casos de redistribución de planta.	21
Tabla 2. Relación entre los diferentes métodos.	32
Tabla 3. Materiales utilizados para la producción de ventanas.	41
Tabla 4. Indicaciones generales.	50
Tabla 5. Matriz Dofa	51
Tabla 6. Datos generales del proceso para la elaboración de (1) ventana.	53
Tabla 7. Distancia en metros entre áreas.	53
Tabla 8. Numero de recorridos entre áreas.	54
Tabla 9. Distancia recorrida en metros.	54
Tabla 10. Costo por metros recorridos para la elaboración de una (1) ventana.	55
Tabla 11. Datos generales del proceso para la elaboración de 78 ventanas.	55
Tabla 12. Distancia en metros entre áreas.	56
Tabla 13. Numero de recorridos entre áreas.	56
Tabla 14. Distancia recorrida en metros.	57
Tabla 15. Costo por metros recorridos.	57
Tabla 16. Distancia en metros entre áreas	58
Tabla 17. Numero de recorridos entre áreas.	58
Tabla 18. Total metros recorridos.	58
Tabla 19. Costo por desplazamiento.	59
Tabla 20. Distancia en metros entre áreas.	59
Tabla 21. Numero de recorridos entre áreas.	59
Tabla 22. Total metros recorridos.	60
Tabla 23. Costo por desplazamiento.	60
Tabla 24. Distancia en metros entre áreas.	60
Tabla 25. Numero de recorridos entre áreas.	61
Tabla 26. Total metros recorridos.	61
Tabla 27. Costo por desplazamiento.	61
Tabla 28. Resumen del algoritmo Craft.	62
Tabla 29. Esquema de la metodología 5w+1h.	64
Tabla 30. Estructura para el plan de mejora enfocado al elevado tiempo de ciclo del proceso productivo.	65

Tabla 31. Cronograma para el plan de actividades.	67
Tabla 32. Costos totales para la contratación de recurso humano.	68
Tabla 33. Costos totales para la contratación de asesor.	69
Tabla 34. Costo total para la implementación del proyecto.	69

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama causa-efecto .....	17
Figura 2. Elementos de producción.....	23
Figura 3. Producción por posición fija.....	25
Figura 4. Producción por posición fija.....	25
Figura 5. Proceso productivo de una alfarería.....	27
Figura 6. Elaboración por el sistema de producción en cadena .....	28
Figura 7. Ejes temáticos.....	37
Figura 8. Ubicación del taller de aluminios tres metales en la ciudad de Cartagena, Bolívar.....	39
Figura 9. Demanda de productos .....	40
Figura 10. Layout inicial del taller .....	42
Figura 11. Proceso de fabricación de la ventana de aluminio 7-44 .....	44
Figura 12. Diagrama de recorridos.....	48
Figura 13. Resultado de la lista de inspección .....	50
Figura 14. Layout actual.....	55
Figura 15. Cambio de corte con ensamble.....	58
Figura 16. Cambio de almacén con ensamble .....	59
Figura 17. Cambio de corte con almacén.....	60
Figura 18. Simulación del proceso con la distribución actual .....	62
Figura 19. Tiempo de relación del proceso de corte.....	63
Figura 20. Tiempo de relación del proceso de ensamble.....	63

## INTRODUCCIÓN

La competitividad del mercado actual, hace que todas las empresas estén en constante proceso de mejoramiento y evolución. es importante mejorar cada proceso que realiza la organización durante el desarrollo de su actividad económica.

Todas las organizaciones deberían realizar una evaluación sobre factores o acciones internas o externas las cuales estén influyendo de manera positiva o negativa en el buen rendimiento del sistema productivo. si se tienen claros estos factores será fácil implementar medidas de corrección con el fin de minimizar los riesgos y maximizar las estrategias cuyo fin sea el aumento de la productividad.

Después de realizar un diagnóstico se detecta que uno de los factores que afecta el crecimiento del negocio son las fallas en los tiempos de producción y entrega. para generar una solución a este problema se desarrolló el presente proyecto con el fin de brindar a la organización las medidas necesarias para programar y desarrollar el proceso productivo de manera eficiente.

Utilizando el algoritmo Craft que comprende la mejora de las instalaciones locativas, que le permita a la organización reducir al mínimo el costo total de manejo de materiales. Este punto es de suma importancia debido a que una buena organización física contribuye de manera significativa en el cumplimiento de los objetivos plasmados de una manera más efectiva. El desarrollo de este estudio está basado en la observación directa y descriptiva tomando dicha observación como instrumento de medición y análisis de la información.

El estudio se lleva a cabo en la línea de aluminio arquitectónico, en el cual se toma como referencia las ventanas debido a que es el producto con mayor demanda en la organización seleccionada.

Para dar cumplimiento al proyecto el estudio se dividirá en tres etapas: en la primera etapa se realizará un diagnóstico del proceso productivo utilizando la matriz Dofa y una lista de chequeo, con el fin de determinar el estado actual del proceso y determinar en que punto está presentando mayor inconveniente la empresa evaluada. Para la segunda etapa se utilizarán dos herramientas fundamentales como lo son el algoritmo Craft y el

simulador Flexsim, con el Craft se buscará determinar la mejor distribución de planta con la cual se pueda disminuir el costo por manejo de materiales, el software Flexsim ayudará a determinar la distribución de planta que resulte mejor para el óptimo desarrollo de las actividades, debido a que este software arroja datos cuantitativos como tiempo de proceso, cantidad de producto terminado, cantidad de material en proceso etc. Además muestra los indicadores de productividad de los operarios, que es un factor importante para todo proceso productivo. Por último se diseñará un plan de mejora utilizando la metodología de las 5w + 1h con el fin de establecer claramente las acciones de mejora, metodología a utilizar, plan de actividades, y un análisis costo beneficio.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La construcción es una de las actividades secundaria más oportunas, pero que está llamada a jugar un importante papel en la economía de la región. En la actualidad es una importante fuente generadora de empleo y productividad, y su análisis es imprescindible para diagnosticar correctamente la situación actual de la Comarca. (Navia-Porcía 2015-2016).

Este sector productivo va de la mano con otras áreas de la industria constructora como lo es la marquertería en aluminio. El aluminio se considera un material verde en base a sus numerosas propiedades. Se trata de un material muy resistente que no requiere mucho mantenimiento. El aluminio es un metal ligero que presenta un punto de fusión bajo; su transporte y transformación requieren poca energía. No se oxida, lo que también significa que no contamina el suelo o las aguas superficiales a través de la escorrentía del agua de lluvia. Sin embargo, la característica que hace de aluminio de uno de los materiales más duraderos es su alto potencial de reciclaje. Mientras que la producción original de aluminio a partir de la bauxita requiere mucha energía (alrededor del 60% de energía hidroeléctrica), el proceso de reciclado requiere tan sólo un 5% de energía. Además, el aluminio es 100% reciclable sin pérdida de calidad, por ejemplo, se pueden producir nuevos perfiles para ventanas a partir de las antiguas. Y esto es muy importante para el futuro porque en la actualidad cada vez se reemplazan más ventanas y estructuras de aluminio por sistemas más eficientes energéticamente. Hoy en día, el 90% del aluminio que proviene de los residuos de la construcción y la demolición ya se reciclan y el 40% de los materiales reciclados suministrados a nivel mundial provienen de aluminio recuperado o "secundario". Para los productos de Reynaers, la tasa es incluso superior al 60%. Hoy en día, el reciclaje de aluminio secundario ahorra casi 80 millones de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que equivale a las emisiones anuales de 15 millones de coches. Reynaers trabaja en estrecha colaboración con sus proveedores para utilizar aluminio secundario para la extrusión de sus perfiles. (Reynaers Aluminium 2014).

La empresa de Aluminios Tres Metales ubicada en el barrio Escallón Villa, es una empresa dedicada a la fabricación, comercialización y reparación de ventanas, puertas, divisiones de baños, puerta ventana, cielo raso etc. Se realizaron visitas periódicas y entrevistas con la parte directiva y operativa de la empresa, teniendo en cuenta criterios relacionados con el flujo de materiales, tiempo de proceso, distribución actual de la planta, disponibilidad de espacio, rutinas de trabajo entre otras. Se llevó a cabo un diagnóstico, el cual permitió identificar el problema, dado lo anterior se pudo evidenciar que la empresa actualmente presenta una desorganización en la distribución actual de la planta, lo que a su vez está generando alzas en los ciclos de producción y por ende incumplimiento a los clientes.

Este inconveniente se está presentando en la empresa desde el último trimestre del año 2017 hasta lo corrido del año en curso. Entre los principales responsables del problema se encuentran la parte directiva, ya que ellos tienen conocimiento del aumento en la demanda y no han realizado una adecuada gestión para ampliar la capacidad de la empresa, todo esto con el fin de minimizar los inconvenientes que se están presentando y que están generando disminución en las utilidades.

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Haciendo un análisis del proceso productivo del taller de fabricación de ventanas de aluminios Tres Metales, se encontraron deficiencias en las operaciones, dado que no cuenta con un diseño adecuado de las instalaciones para la optimización del proceso de fabricación, y así poder responder a la demanda por parte de los clientes.

El flujo y almacenamiento del aluminio, materia prima para la elaboración del producto; no dispone de un espacio adecuado que permita su correcto almacenamiento, manipulación, y transporte. En cuanto a la ubicación de las máquinas constituidas por cierra circular, pulidora, taladro, troqueladoras, y las herramientas que son: remachadora, lima, martillo, pinzas, mazo y el cincel, se encuentran ubicados de tal forma que los empleados deben realizar movimientos reiterativos para transportar los productos en proceso de una estación a otra; lo que ocasiona demoras en la elaboración del producto terminado.

Las causas de este problema son la falta de supervisión y control en el área de almacenamiento. En lo concerniente a los métodos utilizados actualmente se observan movimientos innecesarios y obstáculos en las rutas de acceso a materiales y máquinas de corte, que generan demoras en el desarrollo del proceso.

También surgen diversas causas como lo son:

- **Falta de espacio:** gracias al aumento en la demanda la empresa se vio en la necesidad de comprar nuevas máquinas, las cuales ubicaron en el orden que se adquirirían sin realizar un previo estudio de distribución, por tal motivo en la actualidad se presentan inconvenientes a la hora de transportar los materiales y productos.
- **Falta de organización:** debido a la pésima distribución del espacio los empleados se ven en la engorrosa tarea de repetir los trayectos durante el proceso productivo al momento de desplazarse de una maquina a otra o al momento de necesitar una que otra herramienta.
- **Falta capacitación:** la empresa cuenta con excelentes empleados los cuales dan todo de sí para sacar adelante un pedido, pero existe un inconveniente, que los empleados no son certificados, en su planta de trabajo cuenta con 9 empleados, 3 administrativos y 6 productivos, de los cuales 4 son empíricos, lo que de una u otra forma es un factor fundamental en el problema que presenta Tres Metales, ya que no cuentan con los conocimientos teóricos para llevar a cabo las labores de producción.
- **Falta de procedimientos:** durante las visitas de campo realizadas a la Empresa de Aluminios y las entrevistas con el gerente de Tres Metales, se observaron las falencias que presenta la empresa en el área de producción. Todo esto gracias a la desorganización estructural que se evidencia, los empleados no cuentan con el espacio suficiente para realizar el trabajo de forma efectiva, sin mencionar la falta de capacitación y actualización en los procedimientos.



- **Falta supervisión y control del personal:** otra causa que de una u otra forma toma parte en la problemática de la empresa es la falta de un profesional que vele por la seguridad e integridad de los empleados, en este punto entran a jugar un papel fundamental los elementos de protección personal (E.P.P).

La empresa cuenta con los elementos de protección, pero los empleados en muchas ocasiones y expresado por ellos mismos no los utilizan porque son incómodos e interfieren en su proceso. Es por eso que la gerencia de la empresa debe contar con una persona capacitada que instruya a los empleados en la importancia que tiene el uso de dichos elementos para preservar su integridad física, o buscar E.P.P más cómodos para los empleados a la hora de realizar un trabajo.

- **Faltan políticas empresariales:** toda organización debe tener en su plan de constitución las políticas empresariales como lo son: misión, visión, objetivos laborales, reglamento interno empresarial etc. Todo esto ayuda a llevar un control y una organización en los bienes o servicios que estas ofrezcan, en el caso Tres Metales no se cuenta con políticas que ayuden a mejorar el sistema, es por esa razón que se presentan bajas productivas, incidentes laborales e incluso inconformidad por parte de los clientes.

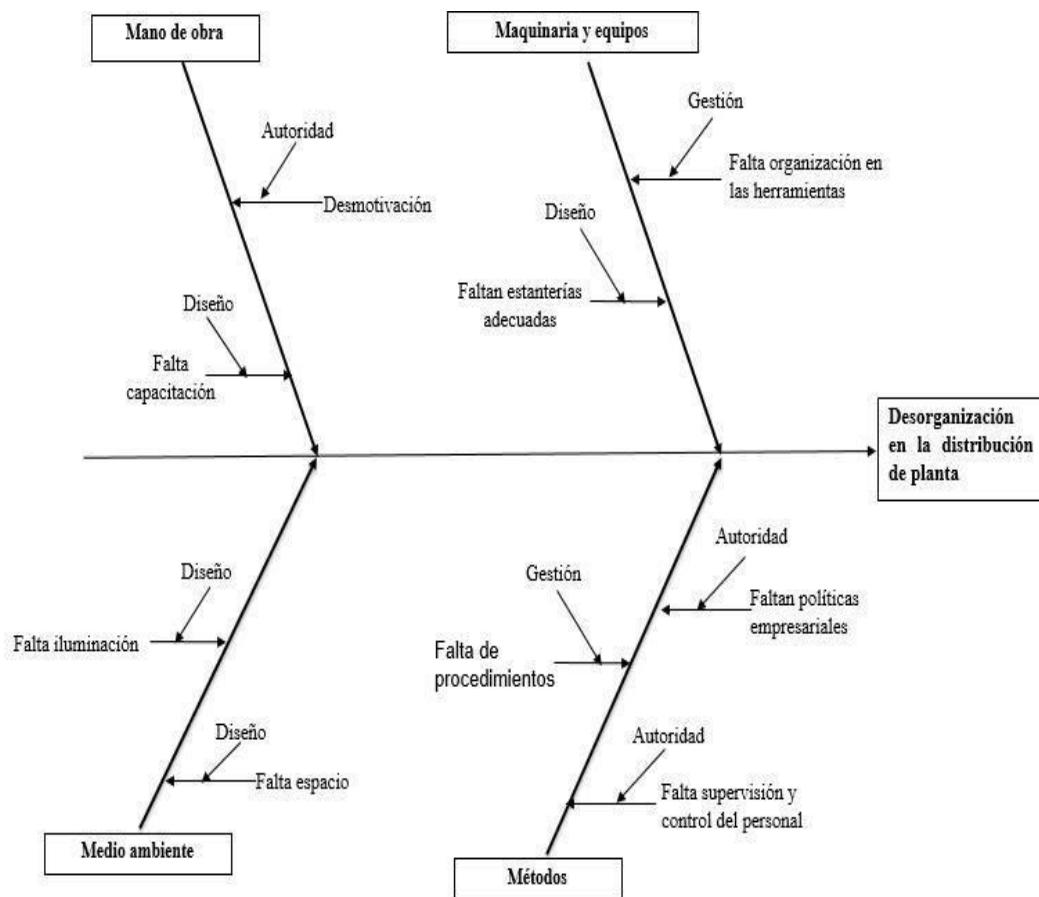
Teniendo en cuenta lo anterior cada problemática expuesta genera a la empresa una consecuencia tal como se describe a continuación:

- **Accidentes laborales:** La empresa de ventanas de aluminios Tres Metales presenta un aumento en los índices de accidentalidad, desde mediados del año 2017 hasta lo corrido del año 2018 comparado con el inicio del año 2017. En una entrevista el gerente comentó, que el taller presentó 30 accidentes desde julio del 2017 hasta mayo del 2018, todo esto debido al aumento en la demanda, a la mala distribución de la planta y al no uso de los elementos de protección personal.

- **Fatiga laboral:** A causa de los dispendiosos movimientos a los cuales se ven sometidos los empleados del taller de aluminios Tres Metales se está presentando un alto índice de fatiga humana lo que de una u otra forma retrasa la producción.
- **Elevado Tiempo de ciclo:** uno de los principales inconvenientes debido a la desorganización que presenta la empresa es el alza en los tiempos de ciclo, lo que a su vez genera una leve disminución en el cumplimiento de los tiempos pactados, lo que sin duda crea inconformidad por parte de los clientes.

Para estudiar todas las causas por la que se está presentando este inconveniente en la empresa es de mucha utilidad ver el siguiente diagrama causa efecto (ver figura 1).

**Figura 1.** Diagrama causa-efecto



**Fuente:** Elaboración del autor 2018.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo mejorar el proceso productivo del taller de fabricación de ventanas de aluminio Tres Metales, a través de un rediseño de la distribución de la planta mediante técnicas de optimización y simulación?

## **1.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

La investigación se llevará a cabo en el taller de aluminios Tres Metales ubicada en el barrio Escallón villa, en el área de producción, específicamente con la ventana a cuadros con medidas de un metro por un metro.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La implementación de una distribución en planta apropiada es una de las tareas más significativas y una de las más críticas para mejorar el proceso de producción dentro de la empresa. Aquí radica la importancia de realizar un eficiente diseño de distribución en planta, ya que el principal beneficiado será la empresa, además de sus trabajadores y clientes, permitiendo un mejor funcionamiento de todo el proceso productivo, de esta forma establecer una estructura de minimización de costos que le permitirá al taller de aluminios Tres Metales obtener una mayor productividad.

El buen desarrollo de este proyecto le permitirá a la Universidad del Sinú demostrar al mercado laboral y a la sociedad que es una institución comprometida a formar jóvenes con las capacidades y competencias necesarias para triunfar como un profesional ético y comprometido con el crecimiento del país. El beneficio que recibirá el estudiante es la aplicación de los conocimientos en el área de diseño, distribución de planta y costos de producción adquiridos durante una fase teórica obtenida en la universidad.

Este trabajo también tiene una intención social, debido a que la mayoría de empresas que se encuentran alrededor de taller de Aluminios Tres Metales presentan la misma problemática en el proceso productivo, esto permitirá que un 65% de los pequeños microempresarios, se beneficien de la implementación de este sistema de almacenamiento y lo utilicen en sus instalaciones para que sus costos de producción sean cada vez más bajos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Rediseñar la distribución de la planta de producción de ventanas de aluminio en la empresa Tres Metales, mediante técnicas de optimización y simulación.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un diagnóstico general de la empresa utilizando el análisis DOFA y listas de chequeo que permita la medición de manera cualitativa y cuantitativa de las condiciones iniciales del área de producción del taller.
- Determinar el diseño de la redistribución del área de trabajo mediante técnicas de optimización con el algoritmo Craft y el simulador Flexsim, que permitan un mínimo costo de transporte y disminución en el tiempo de ciclo.
- Diseñar un plan de mejora mediante la metodología de las 5w +1h, que permita determinar las acciones de mejora, metodología, plan de actividades y análisis costo beneficio.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1. ANTECEDENTES

Los antecedentes tomados a continuación están basados en investigaciones similares realizadas anteriormente por estudiantes de diferentes carreras a nivel local, nacional e internacional. Estas investigaciones directa o indirectamente tienen como base desarrollar una redistribución de planta de pequeñas o medianas empresas, con el fin de ser más competitivas en el mercado y alcanzar sus objetivos organizacionales. A continuación, se anexan los proyectos en los cuales se implementaron estas propuestas. (Ver tabla 1).

**Tabla 1.** Casos de redistribución de planta.

Autor – año	Titulo	Problema
Benítez Roldán, I. & Cortés Mulett, J. R. (2017, julio )	Propuesta de mejoramiento de las condiciones de trabajo mediante la distribución en planta y la aplicación de métodos de la ergonomía física en el taller de metalmecánica de la Empresa Comerdic LTDA. Pontificia Universidad Javeriana, Cali.	Dificultad en el flujo de materias primas y recorrido de los trabajadores.
Obando-Rodríguez, Joselyn (2017)	Propuesta de redistribución en planta y mejoramiento del sistema de almacenamiento e iluminación del Laboratorio Aduanero del Ministerio de Hacienda.	La infraestructura y diseño que presenta el Laboratorio Aduanero expone riesgos que puedan originar accidentes o daños a la salud de las personas.

Benavides Quiroga (2013)	Implementación de la distribución en planta en la manufactura de artículos seguridad Kadis E.U.	Inadecuada distribución en planta en la manufactura Kadis E.U.
Martínez Pinzón (2011)	Propuesta de rediseño de una planta tipo taller con base en la automatización de algunos procesos en una línea de producción.	Elevado tiempo de ciclo debido a la inadecuada distribución de planta y la no automatización de las maquinas.
Barón y zapata (2012)	Propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil.	Excesivo recorrido debido a la mala organización de la planta gracias al aumento en la demanda.
Morales, G. (2012)	Propuesta de diseño y distribución de planta para la empresa carretes y maderas	Excesivo tiempo de ciclo en el proceso productivo, debido a la poca utilización de la infraestructura.
Quinceno, O y Zuluaga (2012)	Propuesta de mejoramiento para la distribución de planta en una empresa del sector lácteo.	Teniendo en cuenta la mala distribución que presenta la empresa se le hace difícil responder a la fluctuación en la demanda.

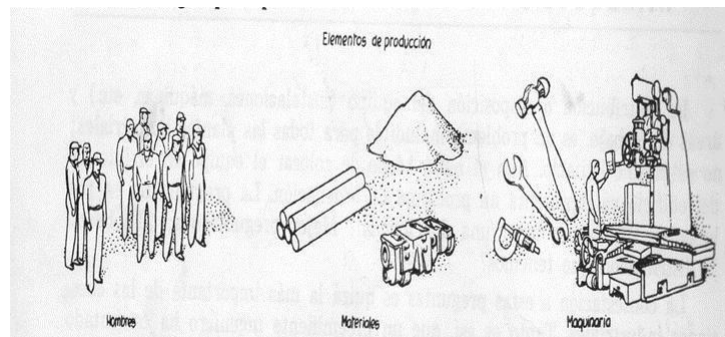
## 4.2. MARCO TEÓRICO

Si bien “Existen cuatro tipos principales de sistemas de producción industrial: por trabajo, por lotes, en masa y de flujo continuo”, cada una respectivamente, a escala cada vez mayor. El aprovechamiento de los recursos, la flexibilidad para responder a los cambios y el trabajo en condiciones de calidad suficientes son factores precisos para determinar cómo se desea operar la empresa. Según lo expuesto anteriormente, la forma de organización del proceso productivo es un factor crítico en la selección del tipo de distribución de planta (Chauvel & Tawfik, 1994).

### 4.2.1. Distribuciones en el pasado

Las primeras distribuciones eran producto del hombre que llevaba a cabo el trabajo, o del arquitecto que proyectaba el edificio. Hay muchos ejemplos en los archivos que ilustran el arreglo de lugares de trabajo, y que contienen planos de edificación. Todos muestran un área de trabajo para una misión o servicio específico, pero sin que parezcan reflejar la aplicación de ningún principio (ver figura 2).

**Figura 2.** Elementos de producción



La producción es el resultado de trabajo de los hombres, materiales y maquinarias. El hombre toma una o más piezas o trozos de material y con ayuda de la maquinaria cambia la forma naturaleza o características químicas del mismo o le añade otros materiales. El resultado es un producto. Este producto tiene ahora más valor que la pieza original, puede ser vendido con beneficio con respecto a los gastos de mano de obra material y maquinarias. La buena distribución en planta una responsabilidad de la administración.  
 $\text{Administración} \times (\text{hombres} + \text{materiales} + \text{maquinaria}) = \text{producción}.$



Esta es la relación existente entre dichos elementos de producción, expresada en forma de ecuación. Nótese que el elemento Administración — incluyendo el trabajo de distribución — tiene un efecto directamente proporcional, o multiplicativo sobre la producción. (Muther, R. 1987).

#### **4.2.2. Distribución de planta en la actualidad**

Es la ordenación física de los elementos que constituyen una instalación sea industrial o de servicios. Esta ordenación comprende los espacios necesarios para los movimientos, el almacenamiento, los colaboradores directos o indirectos y todas las actividades que tengan lugar en dicha instalación. Una distribución en planta puede aplicarse en una instalación ya existente o en una en proyección. (Vaughn, R. 1990).

#### **4.2.3. Importancia de la distribución de planta**

Por medio de la distribución en planta se consigue el mejor funcionamiento de las instalaciones. Esto aplica para todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de unos medios físicos en un espacio determinado, ya esté prefijado o no. Su utilidad se extiende tanto a procesos industriales como de servicios. La distribución en planta es un fundamento de la industria, determina la eficiencia y en algunas ocasiones la supervivencia de una empresa, además de que contribuye a la minimización del costo de fabricación.

La distribución de una planta se entiende como la localización de los departamentos de los grupos de trabajo dentro de los departamentos de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de mantenimiento de las existencias dentro de unas instalaciones de producción.

A continuación, se describen los tipos clásicos de distribución:

- **Distribución por posición fija:** permaneciendo el material en situación invariable, se trata de una distribución en la que el material o el componente permanece en un lugar fijo, todas las herramientas, maquinaria, hombre y otras piezas de material concurren a ella, el trabajo se realiza con el componente principal estacionado en una misma posición. (Ver figuras 3 y 4).

**Figura 3.** Producción por posición fija



Elaboración en posición fija: un soplador de vidrio elaborando un producto, partiendo de vidrio reblandecido.

**Figura 4.** Producción por posición fija



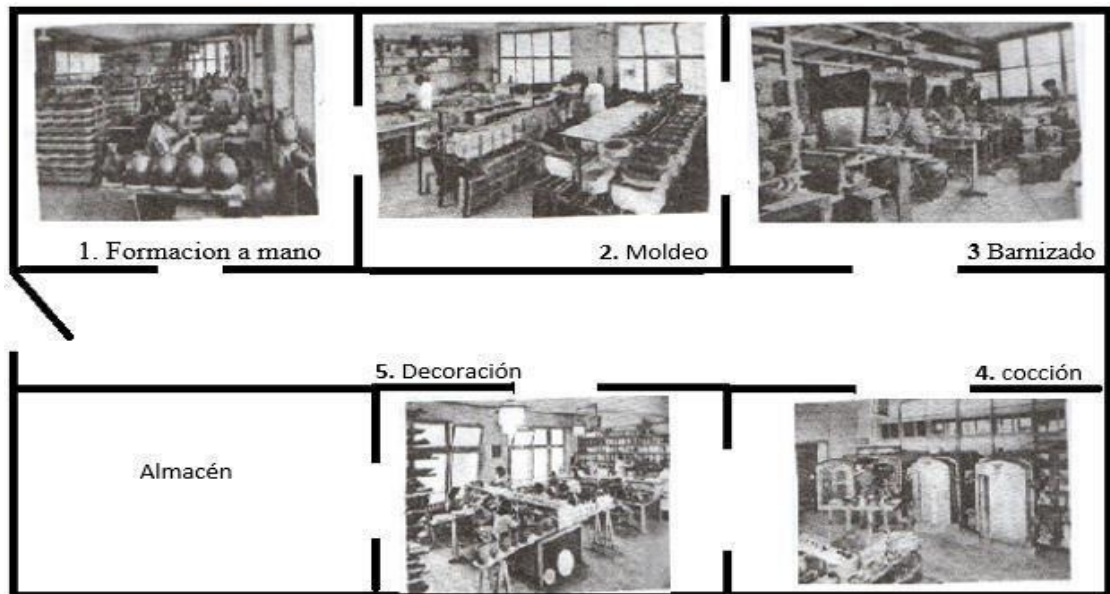
En la anterior figura se evidencia el montaje según distribución por posición fija. Montaje de transformadores por un montador que se mueve a lo largo del banco de montaje. El inspector en el tablero de control en el extremo del banco está comprobando un lote de unidades que previamente ejecutó el montador. Los embaladores recogerán y embalarán las unidades una vez terminada la inspección.

A continuación, se muestran las ventajas de una distribución por posición fija en una planta de montaje:

- Reduce el manejo de la pieza mayor (a pesar de que aumenta la cantidad de piezas a trasladar al punto de montaje).
- Permite que operarios altamente capacitados, completen su trabajo en un punto y hace recaer sobre un trabajador o un equipo de montaje la responsabilidad en cuanto a la calidad.

- Permite cambios frecuentes en el producto o productos diseñados y en la secuencia de operaciones.
  - Se adapta a gran variedad de productos y a la demanda intermitente.
  - Es más flexible, al no requerir una ingeniería de distribución muy organizada ni costosa, un Planning de producción ni precauciones contra las interrupciones en la continuidad del trabajo ( Muther, R. 1970).
- **La distribución por proceso o por función:** En ella todas las operaciones del mismo proceso o tipo de proceso están agrupadas. Todas las soldaduras están en un área, todo el taladrado en otra, etc. Las operaciones similares y el equipo están agrupados de acuerdo con el proceso que llevan a cabo. De acuerdo con la secuencia de operaciones establecida, una parte pasa de un área a otra, donde se ubican las máquinas adecuadas para cada operación. La técnica más común para obtener una distribución por proceso es acomodar las estaciones que realizan procesos similares de manera que se optimice su ubicación relativa. En muchas instalaciones, la ubicación óptima implica colocar de manera adyacente las estaciones entre las cuales hay gran cantidad de tráfico. Para optimizar se minimiza los costos de movimientos interdependientes, o sea minimizar el costo de manejo de materiales entre estaciones. Como el flujo numérico de artículos entre estaciones no revela los factores cualitativos que pueden ser decisivos para la distribución, se emplea un software llamado Flexsim. (Muther, R. 1970). (ver figura 5).

**Figura 5.** Proceso productivo de una alfarería



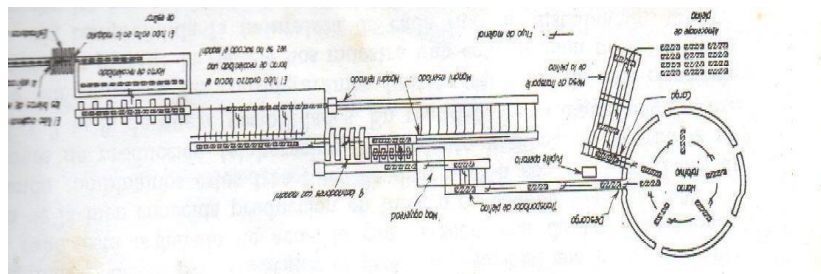
Una alfarería: el trabajo de dar forma se lleva a cabo en un área, el trabajo de moldeo en otra. Cada proceso o función tienen su propia área.

- **Ventajas de la distribución por proceso para elaboración y tratamiento:**
- Con ella se logra una mejor utilización de la maquinaria, lo que permitirá reducir las inversiones en este sentido.
- Se adapta a gran variedad de productos, así como a frecuentes cambios en la secuencia de operaciones.
- Se adapta fácilmente a una demanda intermitente (variación de los programas de producción).
- Presenta un mayor incentivo para el individuo en lo que se refiere a elevar el nivel de su producción.
- Con su empleo es más fácil mantener la continuidad de la producción en los casos de: Avería de maquinaria o equipo, Escasez de material, Ausencia de trabajadores.

Entre los tipos de producción más comunes a nivel industrial se pueden encontrar Producción en cadena, en línea o por productos:

En esta un producto tipo, tipo de producto se realiza en área, pero al contrario de la distribución fija, el material está en movimiento. Cualquier equipo maquinaria usado para conseguir el producto esta ordenado de acuerdo con la secuencia de las operaciones (Muther, R. 1970) (Ver figura 6).

**Figura 6.** Elaboración por el sistema de producción en cadena



Elaboración por el sistema de producción en cadena. Plano simplificado de una planta continua de laminado de tubo de acero sin costura, mostrando el flujo de material desde el estado de pletina laminada hasta el tubo final.

#### 4.2.4. Sugerencias para la ordenación de un taller pequeño o de servicio

- Ordenar las máquinas, bancos y puestos de trabajo, para aproximarse lo máximo posible a la distribución encontrada en los grandes talleres industriales, así la ordenación permite que la posible expansión se realice de una manera mas sencilla.
- Ordenar las máquinas con vista al máximo aprovechamiento de la luz natural. Las máquinas que se usen más a menudo deben ser las más favorecidas de la luz natural.
- Ordenar las máquinas de trabajo pesado, de modo que:
  - Estén lo más cerca posible al área por el que entrará el material.
  - Puedan ser atendidas fácilmente por alguna grúa o aparato elevador.

- Ordenar todas las máquinas de forma que:
  - Se pueda colocar al lado de cualquiera de ellas una plataforma rodante para la descarga de utillajes, fijaciones, cabezales y cajas llenas de material. Es necesario proveer el adecuado espacio de pasillo.
  - Exista suficiente superficie de suelo, para el mantenimiento, lubricación y engrase, reparación de todas las correas, motores y otras piezas.
  - Exista espacio suficiente para el operario.
- Ordenar las rectificadoras de modo que la cantidad de polvo abrasivo que llegue a las máquinas sea mínimo.
- Disponer la esmeriladora portátil de manera que se requiera un recorrido mínimo para alcanzarla desde las máquinas herramientas. Si se usa una segunda esmeriladora, debe ser fácilmente accesible desde los bancos y los puestos de trabajo de las taladradoras.
- Junto a cada máquina deberá existir una mesa auxiliar para guardar los accesorios herramientas y montaje de la misma.
- Las sierras mecánicas estarán situadas cerca del almacén de perfiles metálicos y deberán tener espacio suficiente para poder cortar barras de 24 pies.
- Las afiladoras de herramientas y cortadoras deberán estar ubicadas cerca del almacén de los mismo.
- Las conformadoras deberán estar colocadas de modo que las barras largas puedan ser detenidas por el tornillo.
- Todas las máquinas deberán ser niveladas y fijadas en suelo.

- Los interruptores de control, de las maquinas deberán situarse donde exista menos peligro de confusión.
- El panel de control, principal que desconecta toda la fuerza deberá ser accesible fácilmente y estar señalado de modo sencillo y comprensible ya que su accionamiento debe ser comprendió por todos los operarios.
- Los conductores o cables de servicios aun en instalaciones temporales deben subir verticalmente desde la maquinas hasta por lo menos una altura de 7 pies antes de discurrir horizontalmente hasta la conexión de servicio. Esto no reza naturalmente para las conducciones subterráneas.
- Los bancos se dispondrán de modo que las barras largas puedan ser sujetadas por tornillos.
- Evitar las alineaciones de banco a lo largo de una pared.
- El espacio existente debajo de los bancos deberá estar libre de cualquier obstrucción. (Muther, R. 1970).

#### **4.2.5. Métodos para la planeación de distribución de planta**

La distribución de planta es un problema común que se ha estudiado con varios métodos, para hacerla más eficiente, productiva y que los costos sean menores.

Se tienen varios tipos de métodos para la planeación de una distribución de planta, entre los cuales se encuentran el Systematic Layout Planning (SLP), CRAFT, BLOCPLAN y MULTIPLE cada uno se explicará a continuación.

- **Slp:** consiste en un marco laboral de fases con los cuales cada proyecto es una disposición. El SLP utiliza el diagrama de relación de actividades mediante ciertas letras para clasificar los elementos importantes de la distribución, los cuales son: P, Q, R, S, T que significan: Producto, Cantidad, Ruta, Servicio, y Tiempo respectivamente.

- **Craft:** el método CRAFT es uno de los primeros algoritmos para la distribución de planta, Utiliza una caja o rectángulo para los datos de entrada para el flujo entre departamentos. Los departamentos no se restringen a las formas rectangulares y la disposición se representa de una manera discreta. El Craft comienza determinando los centros de los departamentos en la disposición inicial. Después calcula la distancia rectilínea entre los pares de centros de los departamentos y almacena los valores en una matriz de distancia y calcula la disposición de los departamentos.
- **Bloc plan:** utiliza un diagrama de relación, así como una caja o rectángulo con datos de entrada para el flujo. El número de bandas es determinado por el programa y limitado a dos o tres bandas. Sin embargo, a las anchuras de la banda se le permiten variar y así determinar la nueva distribución.
- **Múltiple:** es un tipo de algoritmo que mejora la distribución empezando con una disposición inicial especificada por el planificador de la distribución generando curvas matemáticas en el rectángulo (cuadrículado) e ir contando cada cuadro para tomar la dimensión del departamento, como si fuera una ruta para la localización de departamentos y esta se puede utilizar para múltiples distribuciones de planta.

A continuación se evidencia un resumen de estos métodos y los elementos que se deben tener en cuenta para que se puedan ejecutar de la mejor manera (ver tabla 2).



**Tabla 2.** Relación entre los diferentes métodos.

Métodos	Elementos
SLP	Diagrama de relación de actividades. Producto (p), bien producidos. Cantidad (Q), volumen producido. Ruta (R), procesos realizados. Servicios (S), procesos realizados.
CRAFT	Flujo de materiales y personas entre departamentos. Datos de entrada. Distancias. Almacén de valores. Disposición de departamentos.
BLOC PLAN	Diagrama de relación de actividades. Dimensión de los departamentos. Formas de los departamentos.
DIAGRAMA DE RELACION DE ACTIVIDADES	Relación entre departamentos. Distancias entre departamentos. Flujo de material y personas entre departamentos.
MÚLTIPLE	Distancia entre departamentos. Localización de departamentos. Distribuciones de planta.

La anterior tabla muestra que, en los diferentes métodos antes descritos, tienen elementos comunes dentro de sus funcionamientos como lo son: el flujo de materiales, y de personas, la relación y la distancia entre departamentos.

• **Metodología 5W+1H:** es una técnica de análisis empresarial que consiste en contestar seis preguntas básicas: qué (WHAT), por qué (WHY), cuándo (WHEN), dónde (WHERE), quién (WHO) y cómo (HOW). Esta regla creada por Lasswell (1979) puede considerarse como una lista de verificación mediante la cual es posible generar estrategias para implementar una mejora. La mejora puede aplicarse como “cambios radicales” o

“pequeños cambios”. La primera opción puede aplicarse en pocas ocasiones, mientras que la segunda opción es aplicable en forma reiterada en un mismo proceso. Es la denominada “mejora continua”. (LASSWELL, H. 1979).

### **4.3. SIMULACION**

La simulación es un medio mediante el cual tanto nuevos procesos como procesos ya existentes pueden proyectarse, evaluarse y contemplarse sin correr el riesgo asociado a experiencias llevadas a cabo en un sistema real. Es decir, permite a las organizaciones estudiar sus procesos desde una perspectiva sistemática procurando una mejor comprensión de la causa y efecto entre ellos además de permitir una mejor predicción de ciertas situaciones. La teoría de la simulación permite valorar, replantear y medir, por ejemplo, la satisfacción del cliente ante un nuevo proceso, la utilización de recursos en el nuevo proceso o incluso el tiempo para minimizarle. Todas estas posibilidades hacen de la simulación un instrumento ideal para un esfuerzo de replanteamiento de la empresa. (Harrell, C, C & Tumay, K. 1995).

- **Ventajas de la simulación**

Los procesos de simulación ayudan a las organizaciones a predecir, comparar y optimizar los resultados de un proceso sin el coste y los riesgos que suponen. Su importancia radica en su utilidad para plantear la estrategia de una empresa desde el punto de vista experimental, para generar observaciones en las variables claves y el análisis estadístico de los datos resultantes.

Razones para utilizar la teoría de la simulación en una empresa como herramienta de apoyo a la Contabilidad (Harrington, H.J. y Tumay, K.1999).

- La simulación anticipa cómo un sistema puede responder a los cambios: Esto permite analizar si la infraestructura existente puede manejar la nueva situación planteada.
- La simulación permite un análisis de las variaciones del sistema desde una perspectiva más amplia: Los métodos convencionales de análisis, como los modelos estadísticos matemáticos, no pueden dirigir eficientemente las

variaciones pues los cálculos se derivan de valores constantes. Mediante un sistema que incorpora interdependencia, la simulación tiene en cuenta las variaciones, así como la interacción entre los componentes y el tiempo. Promueve soluciones totales: Ya que permite modelar sistemas completos.

- La simulación es efectiva para el control de costes: Teniendo en cuenta que las organizaciones tratan de responder rápidamente a los cambios en sus mercados, un modelo de simulación válido puede ser un excelente instrumento para evaluar respuestas rápidas y valorar varias soluciones para responder a las cambiantes situaciones del mercado.
- La simulación procura un enfoque cuantitativo para medir la actividad: La simulación puede ayudar a cuantificar las medidas de actividad del sistema. Por ejemplo, el objetivo de una empresa puede ser satisfacer al cliente, esta exigencia puede traducirse en el tiempo para responder a la petición de un cliente, que puede ser designado como la medida de actuación para satisfacer al cliente. La simulación mide los puntos fuertes y los débiles asociados al diseño de un nuevo producto/servicio y permite un mayor análisis sobre parámetros como el tiempo, niveles de servicio, exigencias de mercado, costes de transporte, etc. (Houck, E. & Cooley, B 1983).

- **Herramientas de modelado Flexsim**

Es un software para la simulación de eventos discretos, que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro. Además, Flexsim es un programa que permite construir y ejecutar el modelo desarrollado en una simulación dentro de un entorno 3D desde el comienzo. Actualmente, El software de simulación Flexsim es usado por empresas líderes en la industria para simular sus procesos productivos antes de llevarlo a ejecución real. Actualmente, existe mucha gente implicada en este proyecto y su uso se encuentra muy extendido en EE. UU. y México.

De esta manera posee un extenso grupo o comunidad de desarrolladores (muchos de ellos desinteresados) que han aumentado y mejorado las competencias del software. (J. Banks, J. S. Carson, B. L. Nelson, & D. M. Nicol.2005).

- **Recursos en un modelo Flexsim:**

- Recursos constantes o fijos (fixed resources). Aquí entrarían las colas (queues), las máquinas o procesos (processor) y las cintas transportadoras (conveyors).
- Recursos compartidos (shared resources). En este apartado están los operadores.
- Recursos móviles (Mobile resources). En este apartado entran los sistemas de transporte que permite modelar el software tales como elevadores, trans-paletas, robots industriales, etc.

#### **4.4. MARCO CONCEPTUAL**

Los términos de mayor apoyo y referencia para el desarrollo de este proyecto son los siguientes:

##### **4.4.1. Simulación**

Es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema (Shannon, 1988).

##### **4.4.2. Diagnostico**

Es una metodología de evaluación de empresas que facilita un análisis profundo de las principales áreas de gestión de un negocio. Con una explicación más minuciosa de la organización. Partiendo de este enunciado se busca conocer al detalle las áreas de mayor impacto que permita optimizar las operaciones de la empresa dándole mayor rentabilidad económica en el desarrollo de sus actividades. (Anaya Nieto, Daniel 2002).

#### **4.4.3. Análisis Dofa**

Es una herramienta de estudio de la situación de una empresa, institución, proyecto o persona, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) en una matriz cuadrada, es de utilidad para conocer la situación real en que se encuentra una organización, empresa, o proyecto, y planear una estrategia de futuro. (Camp, M. 1993)

#### **4.4.4. Optimización**

Es la selección del mejor elemento (con respecto a algún criterio) de un conjunto de elementos disponibles. En el caso más simple, un problema de optimización consiste en maximizar o minimizar una función real eligiendo sistemáticamente valores de entrada (tomados de un conjunto permitido) y computando el valor de la función. (Camp, M.1993)

#### **4.4.5. Lista de chequeo**

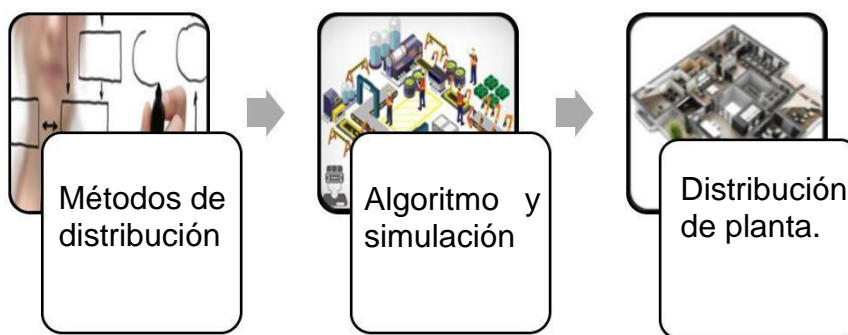
La lista de chequeo, como herramienta metodológica está compuesta por una serie de ítems, factores, propiedades, aspectos, componentes, criterios, dimensiones o comportamientos, necesarios de tomarse en cuenta, para realizar una tarea, controlar y evaluar detalladamente el desarrollo de un proyecto, evento, producto o actividad. Dichos componentes se organizan de manera coherente para permitir que se evalúe de manera efectiva, la presencia o ausencia de los elementos individuales enumerados o por porcentaje de cumplimiento u ocurrencia. (Oliva, 2009).

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

Se considera la metodología como un procedimiento general para lograr de una manera precisa los objetivos de la investigación. De lo anterior se deduce que la metodología de la investigación presenta los métodos y técnicas para realizar la misma. A través de esta, se garantiza que los resultados obtenidos tengan el grado máximo de exactitud y confiabilidad. (Bernal, Cesar A 2006)

La investigación se desarrollará bajo los siguientes ejes temáticos:

**Figura 7.** Ejes temáticos



### 5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es un proceso de generación de nuevo conocimiento a partir de la recopilación, estudio e interpretación de un conocimiento generado previamente, o que se genera a partir de la observación, en entornos académicos y científicos, mediante la utilización del método científico. (LASES, M. año 2006)

Con relación a esto, el presente trabajo aplicará varios tipos de investigación:

- **Descriptiva:** por lo que se busca poner en conocimiento todo lo relacionado en cuanto a características y diagnóstico de la empresa en relación con la producción.

- **Propositiva:** puesto que la investigación permitirá el avance de la propuesta para la redistribución de la planta de producción de ventanas de aluminios con el fin de minimizar los costos y tiempo de ciclo y de esta manera ser convertida en una herramienta esencial para el estado competitivo en el mercado.
- **Explicativa:** debido a que se plantean objetivos para estudiar la razón por la cual Tres Metales está presentando inconvenientes en el proceso productivo.

## 5.2. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para dar respuesta a los objetivos planteados se proponen las siguientes técnicas de recolección de datos, de acuerdo con cada objetivo específico definido:

- Para el objetivo específico 1, se utilizará la lista de chequeo y un análisis Dofa, lo cual permitirá recabar la información del estado actual del proceso productivo del taller.
- En cuanto al objetivo específico 2, se esgrimirá el algoritmo Craft en conjunto con el simulador Flexsim con el fin de establecer el diseño óptimo de redistribución del área de producción de Tres Metales.
- Por último, para el objetivo específico 3, se utilizará la metodología de las 5w+h con el fin de fijar el plan de mejora y así optimizar el proceso de fabricación de la empresa.

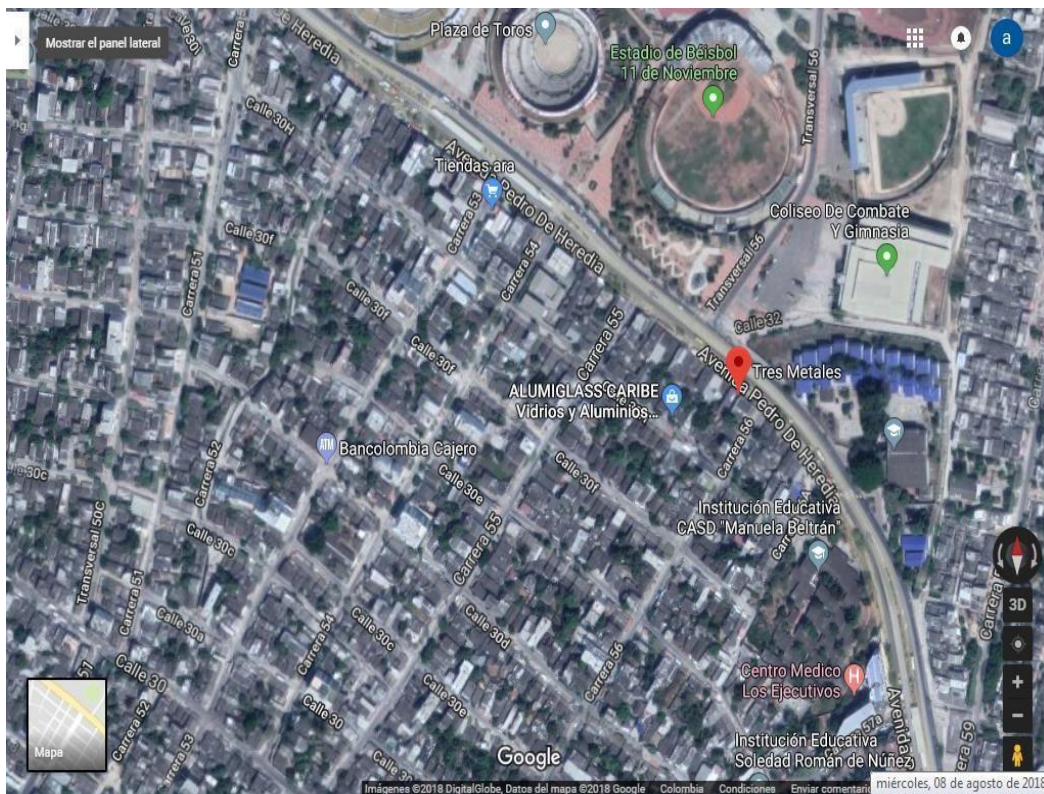
## 6. GENERALIDADES DEL TALLER DE ALUMINIOS TRES METALES

En la siguiente sección se describen algunos aspectos generales sobre la empresa que es objeto de estudio, tales como, ubicación, productos, materia prima e insumos etc.

### 6.1. UBICACIÓN DE LA EMPRESA

El taller de aluminios tres metales está ubicada en el barrio Escallón villa con la siguiente dirección avenida pedro de Heredia #55, Cartagena, Bolívar, tal como se muestra en la siguiente imagen (ver figura 8).

**Figura 8.** Ubicación del taller de aluminios tres metales en la ciudad de Cartagena, Bolívar.



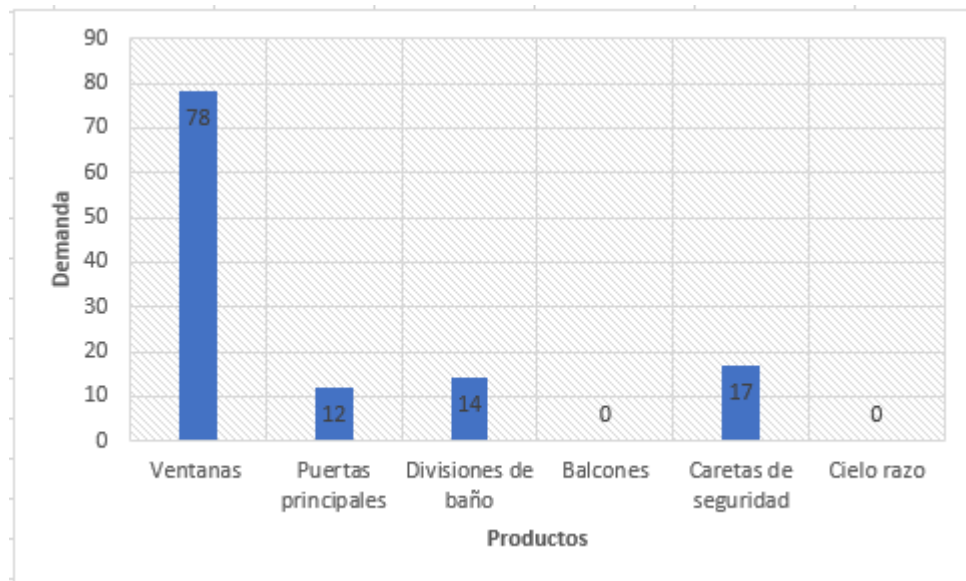
Fuente: Google Maps, 2018



## 6.2. PRODUCTOS Y SERVICIOS

En la actualidad los productos de la empresa se distribuyen en todo el mercado local y se encuentran muy bien posicionados a nivel regional. La mayor demanda de ventanas de aluminios es generada actualmente para proyectos del sector de la construcción de viviendas, oficinas, edificios etc. Los cuales son estructuras modernas y confiables por ende requieren de este producto como parte del diseño de sus estructuras. A continuación, se muestra una grafica la cual explica el comportamiento de la demanda en un periodo de un año comprendido desde julio 2017 hasta junio 2018 que fue un periodo con una producción alta. (Ver figura 9).

**Figura 9.** Demanda de productos



**Fuente:** elaboración propia del autor con información suministrada por la gerencia.

- **Ventanas de aluminios:** es el producto más comercializado en la empresa debido a los diversos diseños de fabricación que presenta el taller.
- **Puertas principales:** gracias a los modernos diseños y a la alta seguridad que brindan las personas adquieren este producto en gran cantidad.
- **Divisiones de baño:** este producto ha tenido un alza en ventas en el último trimestre de año en curso debido a sus diferentes y modernos presentaciones y modelos.

- **Balcones:** este producto no es de mayor demanda en el taller, sin embargo, los diferentes modelos y presentaciones hacen que los clientes se sientan atraídos por este producto.

La otra línea de negocio actual corresponde a la fabricación y reparación de caretas de seguridad.

### 6.3. MATERIA PRIMA E INSUMOS

Los insumos y materia prima para la fabricación de las ventanas de aluminios de una u otra forma son los mismos lo que varía es la referencia en la cual se desea fabricar el producto, en el presente documento se está hablando de este elemento con referencia 7-44. Debido que es la referencia con más demanda actualmente en el taller, los materiales y accesorios utilizados para la producción de este bien son los siguientes. (Ver tabla 3).

**Tabla 3.** Materiales utilizados para la producción de ventanas.

<b>Artículos</b>	<b>Referencia</b>
<b>Hoja lateral, central, superior, inferior.</b>	7-44
<b>Marco superior, lateral, inferior.</b>	7-44
<b>Hoja inferior superior</b>	50-20
<b>Hoja lateral</b>	50-20
<b>Rodajas metálicas</b>	7-44
<b>Caracol</b>	7-44
<b>Empaque</b>	4mm
<b>Tornillos</b>	1"x8
<b>Tornillos</b>	1 1/2" x 8
<b>Chazos</b>	1/4
<b>Remaches</b>	4mm
<b>Vidrio (color de preferencia)</b>	4mm

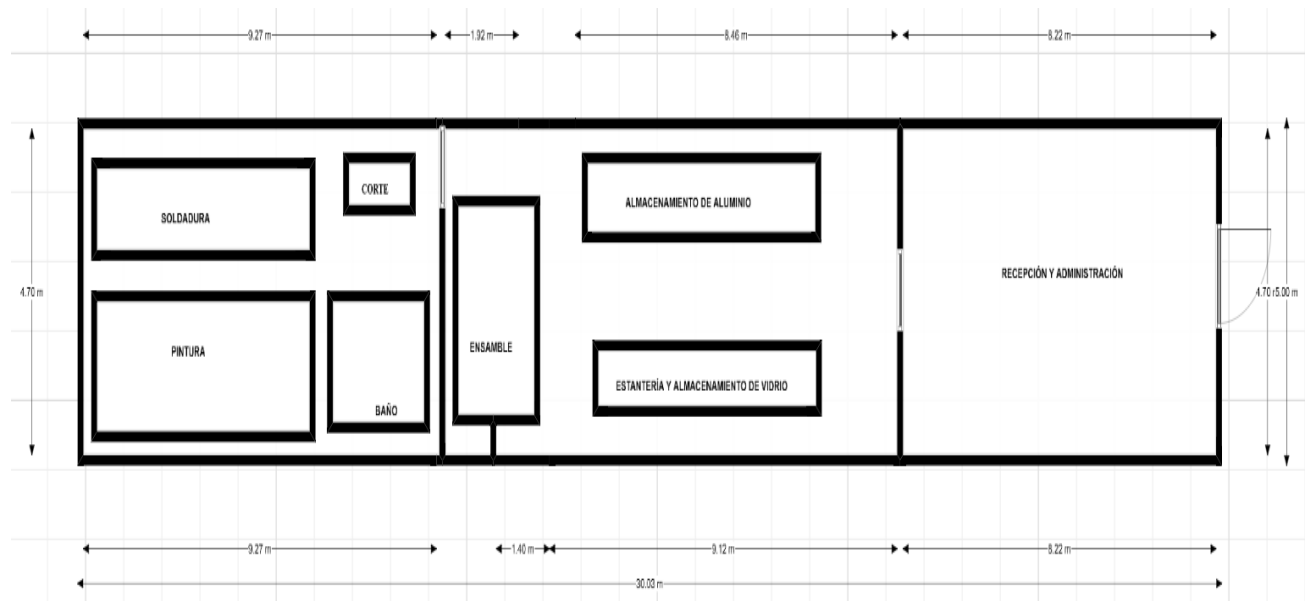
## 7. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Con el fin de contextualizar acerca del estado actual del taller de aluminios, a continuación, se procede a especificar los aspectos más importantes que describen la situación real de la empresa, los recursos, insumos y procesos.

### 7.1. DESCRIPCIÓN DEL ALMACÉN

El taller en la actualidad dispone de un área total de 150 m<sup>2</sup>, de los cuales 40m<sup>2</sup> son utilizados por las oficinas de administración y atención al cliente, el área de almacenamiento ocupa un espacio de 50 m<sup>2</sup>, para el ensamble se ocupa una zona de 6m<sup>2</sup> y los 44m<sup>2</sup> restantes son utilizados por las áreas de pintura, soldadura, corte y el baño. Para tener una idea clara y una descripción grafica acerca de la distribución actual en la empresa, se presenta la siguiente imagen donde se demarcan cada una de las áreas que conforman este taller (ver figura 10).

**Figura 10.** Layout inicial del taller



**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

## **7.2. DESCRIPCIÓN DE LOS RECURSOS**

En general la empresa cuenta con un total de 9 empleados, de los cuales 3 son administrativos y los otros 6 son productivos.

De igual forma, dispone de 1 vehículo propio y en ocasiones contratan vehículos para el transporte bien sea de materia prima o del producto terminado listo para instalación.

- Propios: 1 vehículo sencillo con capacidad de 5 toneladas.
- Contratados: 1 transportador

Tomando a referencia que los movimientos internos no son muy largos el taller no cuenta con transporte dentro de las instalaciones por lo que los empleados se movilizan caminando.

## **7.3. DESCRIPCIÓN DE LOS INSUMOS**

Los insumos para la fabricación de los productos que se comercializan, en su mayoría se adquieren son de origen importado. El principal proveedor de insumos es la central mayorista de aluminios y vidrios aquí se compra todo lo relacionado con los perfiles en aluminio.

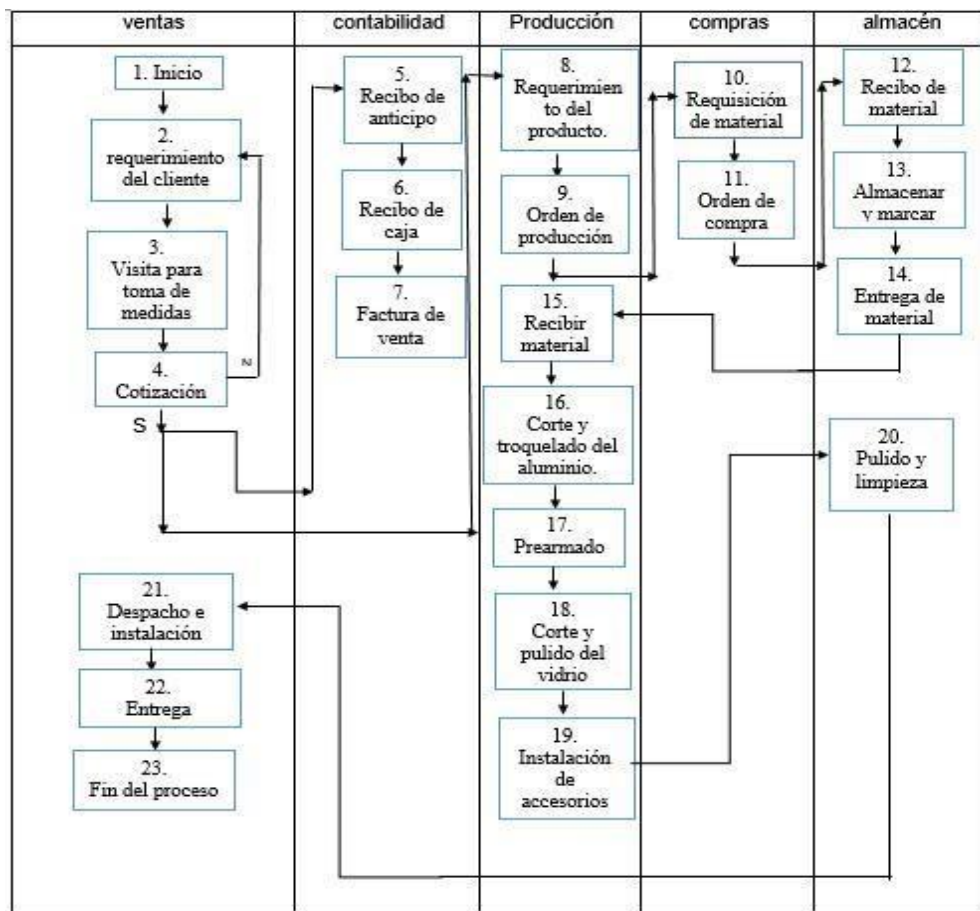
Los vidrios los adquieren por medio de una compañía llamada vidrios + vidrios la ventaja con este proveedor es que entrega el producto y Tres Metales comienza a pagar después de 3 meses sin ningún tipo de interés.

En lo concerniente a las varillas de hierro con las cuales se fabrican las caretas de seguridad los provee ferretería alemana.

## 7.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Actualmente el proceso productivo de la organización presenta fallas en cada una de las áreas que la conforman; este problema se presenta por la mala distribución del espacio de trabajo que tiene la compañía. Para tener una idea clara y una descripción grafica sobre el proceso de producción actual en la empresa, se presenta el siguiente diagrama donde se dibujan cada una de las actividades que conforman este proceso en la empresa (ver figura11).

**Figura 11.** Proceso de fabricación de la ventana de aluminio 7-44



**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

A continuación, se expone como se desarrolla actualmente el proceso de producción de la organización.

- **Inicio:** Punto de partida para iniciar el proceso de producción.
- **Requerimiento del cliente:** en este punto el cliente contacta la empresa con el fin de satisfacer una necesidad específica.
- **Visitas para toma de medidas:** después de atender la solicitud del cliente la empresa programa junto con el cliente una visita para tomar las dimensiones del producto a realizar, en este proceso es responsabilidad del vendedor en cual programa la fecha y la hora en que se va a realizar dicha visita por parte de un empleado llamado visitador.
- **Cotización:** con las medidas que ha tomado el visitador, el vendedor debe realizar la cotización que será presentada al cliente para que él, tome la decisión si realiza la obra con la empresa, en caso de que la decisión del cliente sea negativa es necesario regresar al punto 2 y volver a analizar los requerimientos del cliente.
- **Recibo de anticipo:** cuando el cliente acepta la cotización es política de la empresa exigir un anticipo para iniciar la obra, se ha establecido que este anticipo debe ser mínimo del 50% del total de la obra.
- **Recibo de caja:** el recibo de caja es el documento que realiza el área de contabilidad para darle formalidad al anticipo recibido, este documento es presentado con original y copia, una para el cliente y otra para la empresa.
- **Factura de venta:** con el fin de llevar el control de los anticipos que realizan los clientes, inmediatamente el cliente realiza el anticipo se debe generar la factura de venta para anexar el correspondiente recibo de caja.
- **Requerimiento del producto:** cuando el cliente toma la decisión de realizar la obra con la empresa, el área de ventas debe pasar el requerimiento de producto al área de producción.

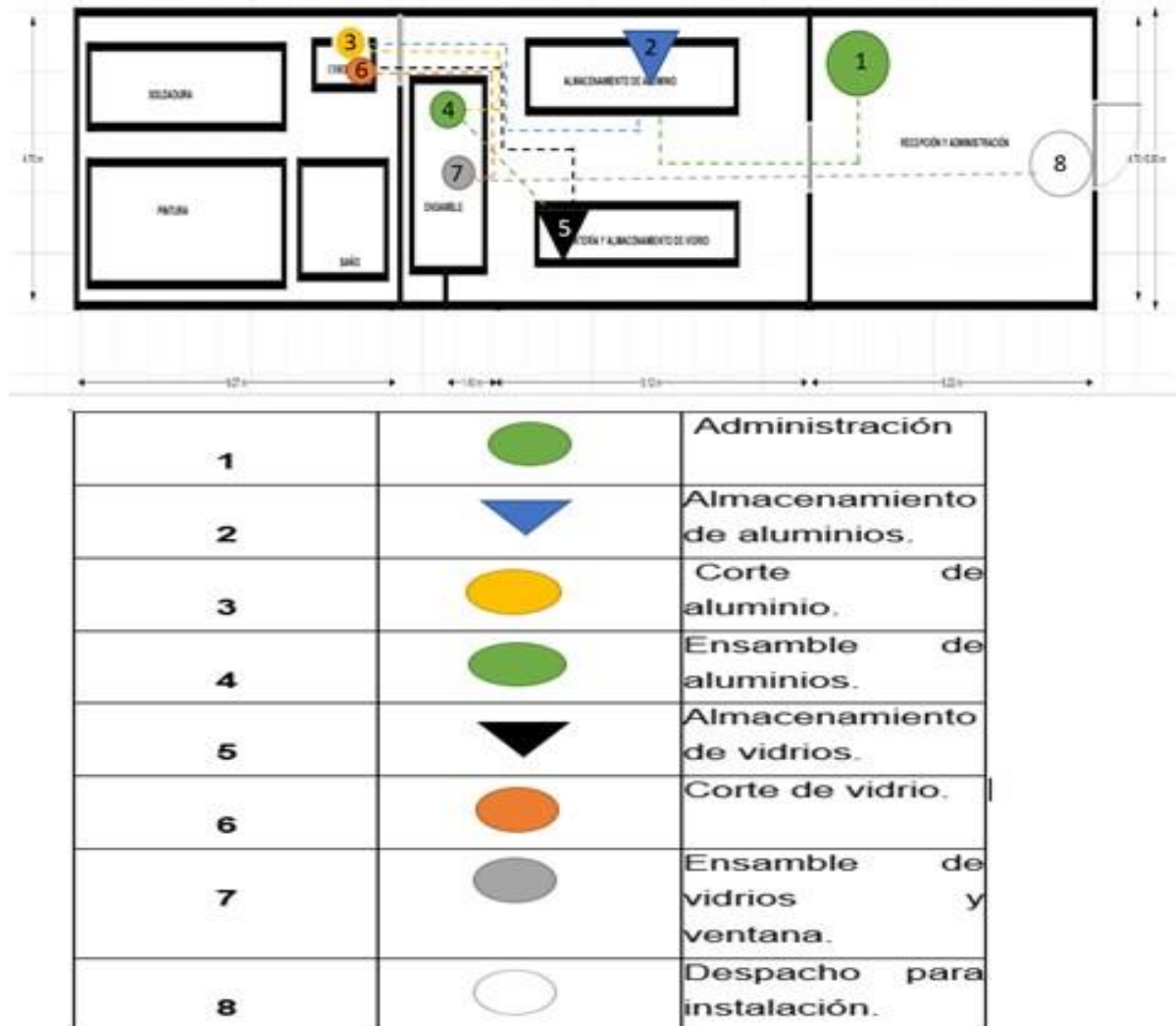
- **Orden de producción:** este es el documento formal que presenta el área de ventas al área de producción para que se inicie este proceso, este documento tiene dos copias una para el área de ventas y otra para producción, en este documento se describe con exactitud todas las especificaciones del producto, medidas, tipo de producto, color del aluminio, color del vidrio.
- **Requisición del material:** después que producción conoce qué tipo de producto requiere el cliente, solicita al área de compras los materiales necesarios para la elaboración del producto. El área de compras tiene como función solicitar cotizaciones y tomar la decisión de compra de los materiales que producción requiere.
- **Orden de compra:** con este documento esta área realiza la solicitud de material a sus proveedores.
- **Recibo de material:** este punto se recibe el material de acuerdo con la orden de compra presentada en el punto anterior.
- **Almacenar y marcar:** para evitar confusiones con los materiales de cada obra el almacenista debe marcarlos en el momento de recibo con el nombre del cliente.
- **Entrega del material:** en este punto almacén entrega a producción los materiales requeridos para la elaboración del producto.
- **Recibir material:** producción recibe el material para iniciar el proceso. Si la solicitud de producto es de puertas o ventaría, se deben seguir los siguientes pasos.
- **Corte y troquelado de aluminio:** En este procedimiento, se realizan las actividades de corte, troquelado y ensamble del aluminio según las medidas presentadas en la orden de producción.

- **Pre-armado:** aquí se arma el producto ya sea puerta o ventana con el fin de determinar las medidas del vidrio que se va a utilizar.
- **Corte y pulido del vidrio:** En este procedimiento se realizan cada una de las labores para el alistamiento del vidrio que es requerido para la elaboración de ventanas, puertas o cortes según las medidas de los clientes.
- **Instalación de accesorios:** en esta parte del proceso el operario debe colocar los respectivos accesorios como manijas, caracoles, cerraduras etc.
- **Pulido y limpieza:** una vez instalados los accesorios se limpia el producto con el fin de entregarle un bien al cliente en perfecto estado y agradable para la vista.
- **Despacho e instalación:** cuando se llega a este punto, el asesor comercial ha coordinado con el cliente la hora y la fecha de entrega del producto, en este procedimiento se cargan los productos en el vehículo de transporte y al operario que va a instalar se le debe entregar la factura de venta y el saldo a cobrar cuando terminen la instalación del producto. En la instalación los operarios deben llevar la herramienta necesaria para llevar a cabo el procedimiento, además es obligación de ellos dejar el lugar aseado después de realizar la instalación.
- **Entrega:** se debe realizar la entrega de la obra al cliente y debe verificarse que todo el proceso de instalación este a su satisfacción
- **Fin:** del proceso.

Para llevar a cabo el proceso productivo anteriormente especificado el operario debe realizar una serie de desplazamientos en diferentes áreas de la empresa. a continuación se expondrá el recorrido que realiza el operario y las áreas que intervienen (Ver figura 12).



**Figura 12.** Diagrama de recorridos



**Fuente:** elaboración propia del autor.

Para efectuar el proceso productivo de la fabricación de las ventanas el operario debe primero que todo recibir la orden de producción en la administración una vez tiene el requerimiento del cliente, el operario se dirige hasta la estantería de almacenamiento del aluminio y toma los perfiles necesarios para la elaboración del producto.

Cuando tiene los perfiles de aluminios se desplaza hasta el área de corte para realizar la actividad de corte, después de realizar el proceso el operario se transporta con los perfiles cortados hasta el área de ensamble, donde arma la estructura para obtener las medidas de los vidrios.

Una vez tiene las medidas se dirige hasta el área de almacenamiento y toma los vidrios necesarios según las especificaciones del cliente, de ahí se dirige nuevamente hasta el

área de corte para sacar los cuadros necesarios, una vez se tienen los vidrios en cuadros se transporta hasta el área ensamble en donde empaca los vidrios y arma la ventana. Cuando tiene la ventana armada la transporta hasta la entrada del almacén para su posterior transporte e instalación.

## **7.5. DIAGNOSTICO ACTUAL**

Como se mencionó en citas anteriores de este documento, la problemática actual en cuanto al alza del ciclo productivo gira entorno a la desorganización del taller, como resultado a esto el transito se vuelve un poco lento generando demoras en el proceso, las máquinas están en sitios inadecuados y la estantería de almacenamiento ocupa gran cantidad de espacio obstaculizando el flujo tanto del personal como del material. Además de esto hay espacios de la locación que están siendo inutilizados lo que de una u otra forma es desventaja para el buen funcionamiento del proceso.

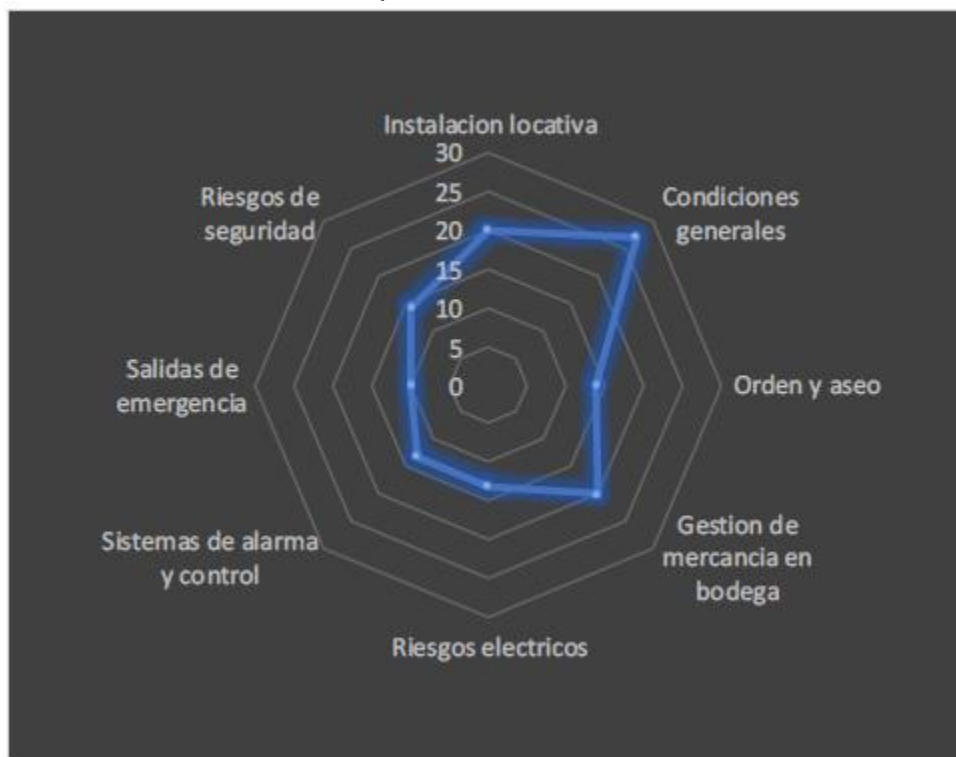
Adicionalmente, se presenta inutilización del espacio, ocasionado por la poca experiencia de la parte administrativa a la hora de realizar la distribución del área.

Continuando con el estudio realizado en el planteamiento del problema de la investigación mediante la utilización del diagrama Ishikawa, es posible destacar algunos aspectos relevantes relacionados con la situación descrita en la figura 1.

Como primera instancia la falta de organización, la falta de capacitación y la falta de control y supervisión del personal están generando demoras en los procesos productivos y en ocasiones incidentes laborales lo que de una u otra forma se ve reflejado en retrasos de la labor.

A continuación, se expondrán los resultados obtenidos del estado de la empresa luego de la inspección realizada con la lista de chequeo. (ver figura 13)

**Figura 13.** Resultado de la lista de inspección



**Fuente:** elaboración propia.

Tomando como base los resultados obtenidos después de realizar el estudio general de la planta con la lista de inspección, se le sugiere a la administración corregir ciertos detalles en los ítems evaluados que presentaron un nivel bajo de cumplimiento, las sugerencias de manera más detallada se observan en la siguiente tabla (ver tabla 4).

**Tabla 4.** Indicaciones generales.

Sugerencias a novedades encontradas.	
Item	Sugerencia
2. Orden y aseo.	Para el correcto desarrollo del proceso se deben tener organizados todas las herramientas manuales, con el fin de minimizar los tiempos muertos y optimizar el proceso.
3. Gestión de mercancía en bodega.	Como sugerencias para este área solo sería cubrir las puntas de la estantería con el fin de evitar accidentes futuros con la estructura de almacenamiento.
5. riesgos eléctricos.	Instalación apropiada de acometida eléctrica interna con sus respectivos equipos de seguridad.
5. Sistemas de alarma y control.	En aras de mejorar la seguridad en las instalaciones se debe establecer un sistema de monitoreo con cámaras de seguridad.
8. salidas de emergencia.	Reubicación de la estantería de almacenamiento evitando obstrucciones en las vías de evacuación y zonas de seguridad.
9. Riesgo de seguridad.	Mejoramiento y reacondicionamiento de las señalizaciones utilizadas como (senderos peatonales, zonas de seguridad, riesgos eléctricos, ruta de evacuación, zona de operación, baños, etc.).

Con el fin de identificar de manera específica los factores internos y externos más que afectan a la organización, y así poder establecer las medidas de intervención pertinentes para el mejoramiento físico y funcional de la organización.

En la siguiente tabla se pueden evidenciar los principales aspectos observador en la evolución organización realizada (ver tabla 5).

**Tabla 5.** Matriz Dofa

Taller de aluminios Tres Metales		
Matriz Dofa	Fortalezas	Debilidades
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variedad de productos.</li> <li>• Facilidad de entrega.</li> <li>• Innovación en los diseños.</li> </ul>
Oportunidades	Estrategia FO	Estrategia DO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la demanda.</li> <li>• Ampliación del mercado.</li> <li>• Reorganización estructural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expandir el mercado creando nuevos talleres o almacenes de producción.</li> <li>• Estandarizar y documentar los procedimientos que dan lugar a nuevos productos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reorganizar las áreas de producción agrupando en sectores las tareas consiguientes.</li> <li>• Planes de capacitación de los empleados para agilizar los tiempos de entrega.</li> <li>• Implementar estrategias de orden y aseo, para controlar los elementos del proceso.</li> </ul>
Amenazas	Estrategia FA	Estrategia DA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran competencia en la zona.</li> <li>• Alto riesgo de accidentalidad.</li> <li>• Disminución en los ingresos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la publicidad de los nuevos productos y sus ventajas frente al mercado.</li> <li>• Designar operarios a cada una de las líneas de producción establecidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar 5W+1H para mejorar la organización empresarial.</li> <li>• Organizar y Señalizar las áreas de trabajo y rutas de los trabajadores.</li> <li>• Tomar medidas de intervención en con el fin de brindarles un mejor uso a los materiales defectuosos como comercialización de materiales potencialmente reciclables a terceros.</li> </ul>

**Fuente:** elaboración del autor.

Una vez realizado el análisis del estado actual del taller de aluminios Tres Metales utilizando la metodología Dofa se determinaron diversas estrategias, de las cuales se destaca una de las estrategias DO (Reorganizar las áreas de producción agrupando en sectores las tareas consiguientes), ya que es la que mas se amolda a la problemática en estudio. Para cumplir con esta estrategia se utilizará una herramienta útil como lo es el algoritmo Craft, en el siguiente capítulo se estudiará a fondo la utilización de este algoritmo para redistribuir la planta de producción de ventanas y así disminuir los recorridos reiterativos por parte de los operarios y esto a su vez ayudará al aumento de la producción.

## 8. ALGORITMO CRAFT

Tomando en cuenta la información suministrada por el gerente del taller de aluminios Tres Metales, se conoce que la remuneración salarial del operario por la elaboración de una ventana es de 50.000 pesos, además que el proceso de fabricación en óptimas condiciones tiene una duración de 120 minutos.

Ahora bien, dividiendo estos valores se obtiene que el costo por minuto de trabajo es de 417 pesos. Para obtener el valor por metro laborado, cabe mencionar que un operario promedio recorre 3 metros por minuto durante la elaboración del producto, por lo que se divide el costo por minuto de trabajo entre 3, lo que da como resultado que el valor por metro de trabajo es de 139 pesos. (Ver tabla 6).

**Tabla 6.** Datos generales del proceso para la elaboración de (1) ventana.

Sueldo por fabricación del operario	\$ 50.000
Tiempo de fabricación en minutos	120
Costo por minuto de trabajo	\$ 417
Metros recorridos por minuto	3
Valor por metro	\$139

**Fuente:** Elaboración propia del autor con información suministrada por la empresa. para determinar la distancia que hay entre las áreas que conforman el espacio de producción, y conociendo las dimensiones de cada área de la empresa, se midieron los trayectos desde el punto centro de un área hasta el centroide de otra área determinada, los datos presentados en la siguiente tabla son expresados en metros (ver tabla 7).

**Tabla 7.** Distancia en metros entre áreas.

Distancia en metros	Almacenamiento	Corte	Ensamble
Almacenamiento	0	6	5
Corte	6	0	4
Ensamble	5	4	0

**Fuente:** Elaboración propia del autor con información suministrada por la empresa.

Para determinar los recorridos entre áreas por parte del operario se estudió con detenimiento el diagrama de recorridos detallado en la figura 12, de esta forma se definieron los movimientos que realiza el operario durante la ejecución de las actividades, los resultados obtenidos después del estudio se evidencian en la siguiente tabla (Ver tabla 8).

**Tabla 8.** Numero de recorridos entre áreas.

<b>Flujo</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Corte</b>	<b>Ensamble</b>
<b>Almacenamiento</b>	0	2	0
<b>Corte</b>	0	0	2
<b>Ensamble</b>	1	0	0

Para calcular la distancia recorrida en metros se multiplicaron los datos de las distancias entre áreas por el numero de recorridos que realiza el operario y de esta forma se obtienen los metros recorridos por el operario durante el proceso . (Ver tabla 9)

**Tabla 9.** Distancia recorrida en metros.

<b>Total mts recorridos</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Corte</b>	<b>Ensamble</b>
<b>Almacenamiento</b>	0	12	0
<b>Corte</b>	0	0	8
<b>Ensamble</b>	5	0	0

Una vez obtenidos los datos anteriores, se puede calcular el valor que le paga la empresa al empleado por los metros recorridos durante el proceso de fabricación. Estos valores resultaron de la multiplicación de la distancia recorrida en metros, con el valor por metro de fabricación, por lo que se obtiene el costo de fabricación por área. conocidos los valores, se suman para conseguir el costo total por desplazamiento, que, en este caso, es de 3.472 pesos. (Ver tabla 10).



**Tabla 10.** Costo por metros recorridos para la elaboración de una (1) ventana.

Costo por desplazamiento	Almacenamiento	Corte	Ensamble
Almacenamiento	0	\$ 1.666	0
Corte	0	0	\$ 1.111
Ensamble	\$ 694	0	0
<b>Costo total</b>	<b>\$ 3.472</b>		

Durante el tiempo en el cual se presentó el inconveniente del taller en estudio, se fabricaron 78 ventanas de aluminios con las especificaciones anteriormente mencionadas, por lo cual se realizó el estudio con Craft tomando los siguientes valores (ver tabla 11).

**Tabla 11.** Datos generales del proceso para la elaboración de 78 ventanas.

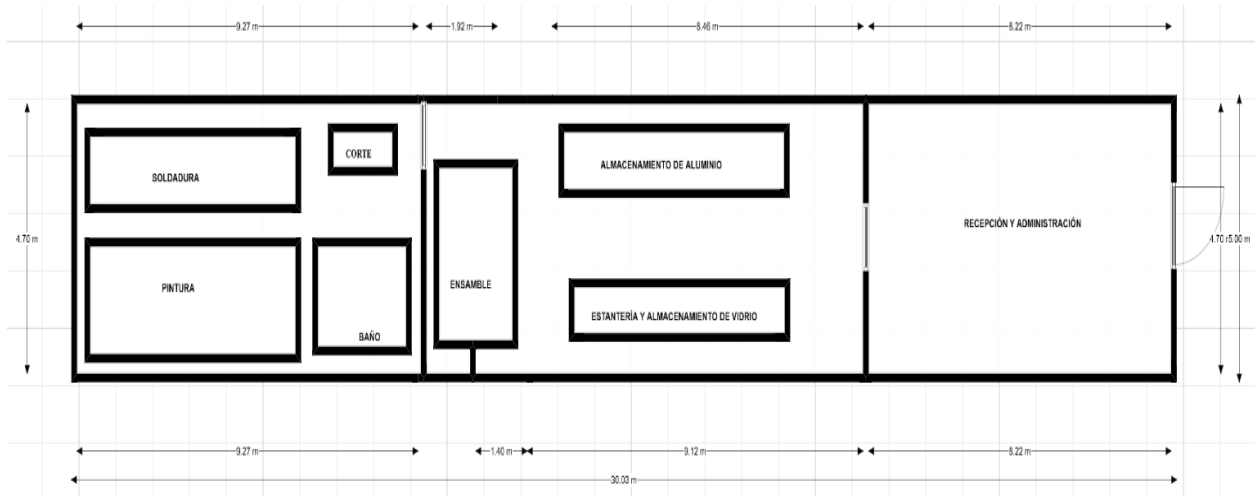
Sueldo por fabricación del operario	\$ 3.900.000
Tiempo de fabricación en minutos	9360
Costo por minuto de trabajo	\$ 417
Valor por metro	\$139

**Fuente:** Elaboración propia del autor con información suministrada por la empresa.

En este caso, el sueldo del operario y el tiempo de fabricación, se multiplicaron por el número de ventanas fabricadas. el costo por minuto de trabajo y el valor por metro se mantienen estables sin importar el número de bienes a producir.

### 8.1. Datos con la distribución actual (ver figura 14).

**Figura 14.** Layout actual



**Fuente:** Elaboración del autor, 2018.

El proceso para determinar las distancias en metros para este punto es igual que el anterior, ya que las distancias en las áreas es igual para cualquier numero de fabricaciones.

**Tabla 12.** Distancia en metros entre áreas.

Distancia en metros	Almacenamiento	Corte	Ensamble
Almacenamiento	0	6	5
Corte	6	0	4
Ensamble	5	4	0

Para determinar el flujo del operario en este caso se multiplican los recorridos que realiza a las áreas que intervienen directamente en el proceso de fabricación por el numero de ventanas a producir, que en este caso fueron 78 (ver tabla 13).

**Tabla 13.** Numero de recorridos entre áreas para la elaboración de 78 ventanas.

<b>Flujo</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Corte</b>	<b>Ensamble</b>
<b>Almacenamiento</b>	0	156	0
<b>Corte</b>	0	0	156
<b>Ensamble</b>	78	0	0

Para obtener los metros recorridos por área se debe multiplicar los valores de la distancia entre áreas en metros por el flujo del operario a cada área.

**Tabla 14.** Distancia recorrida en metros para la elaboración de 78 ventanas.

<b>Total mts recorridos</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Corte</b>	<b>Ensamble</b>
<b>Almacenamiento</b>	0	936	0
<b>Corte</b>	0	0	624
<b>Ensamble</b>	390	0	0

Para calcular el costo por los metros recorridos durante el proceso se deben multiplicar los metros recorridos por el valor por metro, una vez obtenidos los valores se suman y da como resultado el costo total por desplazamiento.

Realizados todos los cálculos con los datos de la distribución actual de la planta, se obtiene que el costo para la empresa por desplazamiento del operario durante el periodo de mayor demanda, es decir, desde julio del 2017 hasta junio del 2018 fue de \$ 270.790 (ver tabla 15).

**Tabla 15.** Costo por metros recorridos para la elaboración de 78 ventanas.

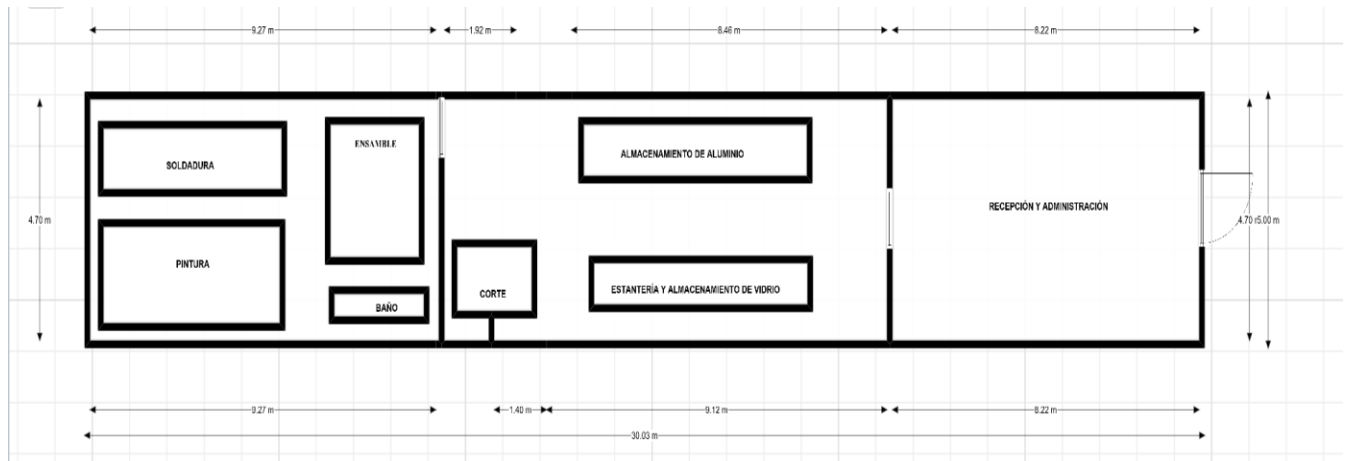
<b>Costo total</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Corte</b>	<b>Ensamble</b>
<b>Almacenamiento</b>	0	\$ 129.979	0
<b>Corte</b>	0	0	\$ 86.653
<b>Ensamble</b>	\$ 54.158	0	0
<b>Costo total</b>	\$ 270.790		

Conociendo estos datos, se procede a realizar las posibles combinaciones de las áreas. dichas combinaciones fueron realizadas por adyacencia. Para este punto solo se tuvieron en cuenta las áreas que intervienen directamente en el proceso de fabricación de las ventanas, las cuales son: almacenamiento, ensamble y corte.

Para el cálculo de las distancias, el flujo, metros recorridos y el costo por desplazamiento, se sigue el mismo lineamiento que en procedimientos anteriores.

## 8.2. Combinación 1, (ver figura 15)

**Figura 15.** Cambio de corte con ensamble



**Tabla 16.** Distancia en metros entre áreas

Distancia en metros	Almacenamiento	Corte	Ensamble
Almacenamiento	0	5	6
Corte	5	0	4
Ensamble	6	4	0

**Tabla 17.** Numero de recorridos entre áreas.

Flujo	Almacenamiento	Corte	Ensamble
Almacenamiento	0	156	0
Corte	0	0	156
Ensamble	78	0	0

**Tabla 18.** Total metros recorridos.

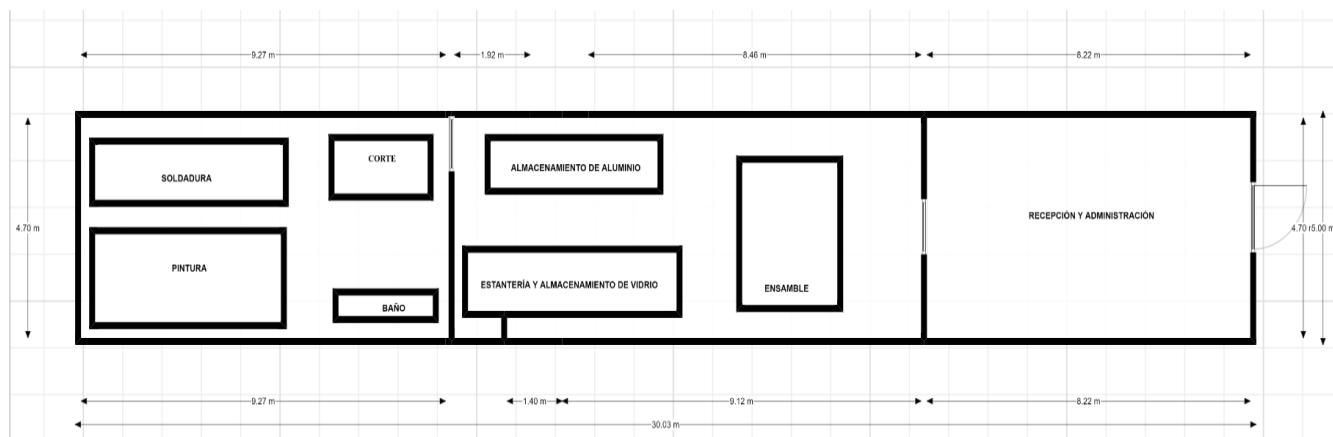
Total mts recorridos	Almacenamiento	Corte	Ensamble
<b>Almacenamiento</b>	0	780	0
<b>Corte</b>	0	0	624
<b>Ensamble</b>	468	0	0

**Tabla 19.** Costo por desplazamiento.

	Almacenamiento	Corte	Ensamble
<b>Almacenamiento</b>	0	\$ 108.316	0
<b>Corte</b>	0	0	\$ 86.653
<b>Ensamble</b>	\$ 64.990	0	0
<b>Costo total</b>	\$ 259.958		

**8.3. Combinación 2.** (ver figura 16)

**Figura 16.** Cambio de almacén con ensamble



**Tabla 20.** Distancia en metros entre áreas.

Distancia en metros	Almacenamiento	Corte	Ensamble
<b>Almacenamiento</b>	0	4	5
<b>Corte</b>	4	0	6
<b>Ensamble</b>	5	6	0

**Tabla 21.** Numero de recorridos entre áreas.

Flujo	Almacenamiento	Corte	Ensamble
Almacenamiento	0	156	0
Corte	0	0	156
Ensamble	78	0	0

**Tabla 22.** Total metros recorridos.

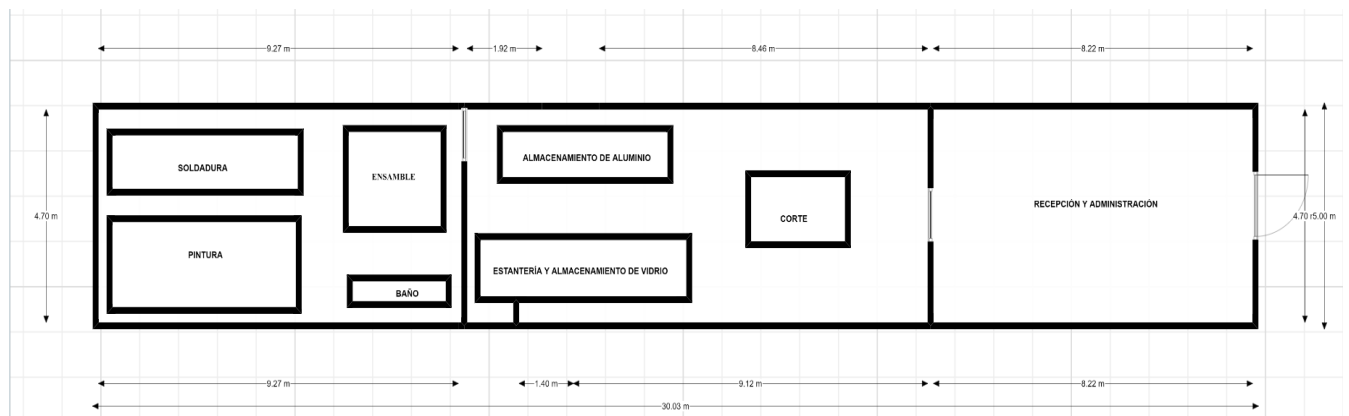
Total mts recorridos	Almacenamiento	Corte	Ensamble
Almacenamiento	0	624	0
Corte	0	0	936
Ensamble	390	0	0

**Tabla 23.** Costo por desplazamiento.

	Almacenamiento	Corte	Ensamble
Almacenamiento	0	\$ 86.653	0
Corte	0	0	\$ 129.979
Ensamble	\$ 54.158	0	0
<b>Costo total</b>	<b>\$ 270.790</b>		

#### 8.4. Combinación 3 (ver figura 17)

**Figura 17.** Cambio de corte con almacén



**Tabla 24.** Distancia en metros entre áreas.

<b>Distancia en metros</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Corte</b>	<b>Ensamble</b>
<b>Almacenamiento</b>	0	5	4
<b>Corte</b>	5	0	6
<b>Ensamble</b>	4	6	0

**Tabla 25.** Numero de recorridos entre áreas.

<b>Flujo</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Corte</b>	<b>Ensamble</b>
<b>Almacenamiento</b>	0	156	0
<b>Corte</b>	0	0	156
<b>Ensamble</b>	78	0	0

**Tabla 26.** Total, metros recorridos.

<b>Total mts recorridos</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Corte</b>	<b>Ensamble</b>
<b>Almacenamiento</b>	0	780	0
<b>Corte</b>	0	0	936
<b>Ensamble</b>	312	0	0

**Tabla 27.** Costo por desplazamiento.

	<b>Almacenamiento</b>	<b>Corte</b>	<b>Ensamble</b>
<b>Almacenamiento</b>	0	\$ 108.316	0
<b>Corte</b>	0	0	\$ 129.979
<b>Ensamble</b>	\$ 43.326	0	0
<b>Costo total</b>	\$ 281.622		

Una vez realizado el estudio con el algoritmo Craft, se obtuvieron los siguientes datos, los cuales ayudan a determinar el tipo de distribución mas apropiado para la empresa, en lo relacionado con la disminución del costo por desplazamiento.

Para sustentar esta distribución se realizará una simulación del proceso productivo de la empresa, tomando como base la distribución actual y la redistribución obtenida con el algoritmo, con el fin de comparar los datos y poder determinar la solución mas efectiva para la empresa (Ver tabla 28).

**Tabla 28.** Resumen del algoritmo Craft.

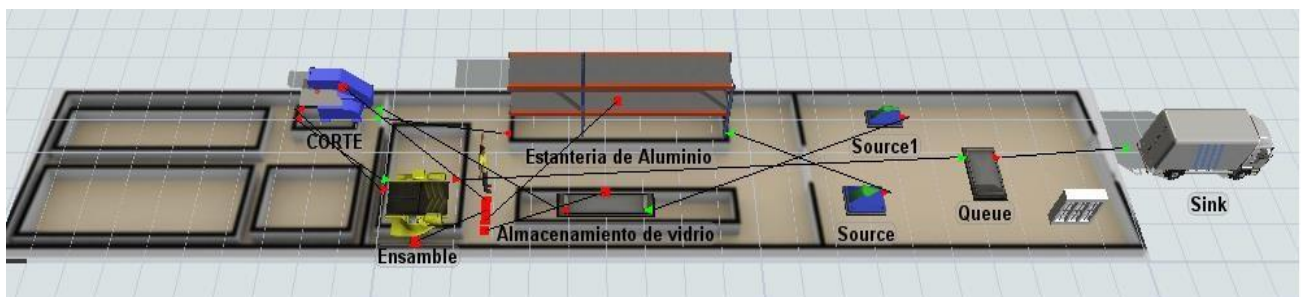
Datos obtenidos del proceso de fabricación con 78 ventanas		
Distribución	Costo por desplazamiento	Metros recorridos
Actual	\$ 270.790	1.950 mts
Combinación 1	\$ 259.958	1.872 mts
Combinación 2	\$ 270.790	1.950 mts
Combinación 3	\$ 281.622	2.028 mts

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Una vez realizado el proceso con el algoritmo Craft se definió que la mejor forma de distribución de la planta es la representada en la combinación 1, la cual consiste en cambiar el área de corte con el área de ensamble y de esta manera se logra disminuir el costo por desplazamiento de \$ 270.790 a \$ 259.958, una disminución significativa a medida que va aumentando el número de ventanas producidas, además se logra disminuir los metros recorridos por el operario de 1.950 a 1.872, estos datos son el resultado de la comparación de la distribución actual con la combinación 1, que en este caso es la combinación óptima y la que mejores resultados le brinda al proceso.

Como apoyo para el algoritmo Craft se simula el proceso productivo teniendo en cuenta la distribución actual de la planta, para esto se utiliza el software Flexsim el cual arroja ciertos datos cuantitativos que son de utilidad para generar el plan de mejora para la empresa. (Ver figura 18).

**Figura 18.** Simulación del proceso con la distribución actual.



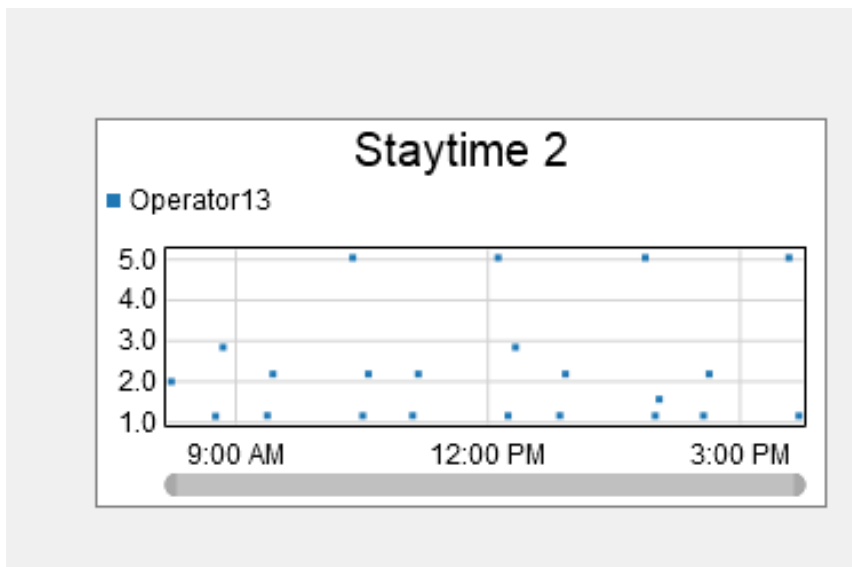
**Fuente:** Elaboración propia del autor, 2018.



Una vez realizada la simulación del proceso productivo de fabricación de ventanas de aluminio en la empresa Tres Metales, se pudo identificar de manera clara y fluida los posibles factores a mejorar sobre las condiciones físicas y logísticas de la empresa.

Como resultado de la siguiente simulación el software arrojó las siguientes tablas de información de la relación hombre máquina y los tiempos de intervención en cada uno de las etapas del desarrollo de las actividades (Ver figura 19).

**Figura 19.** Tiempo de relación entre procesos.

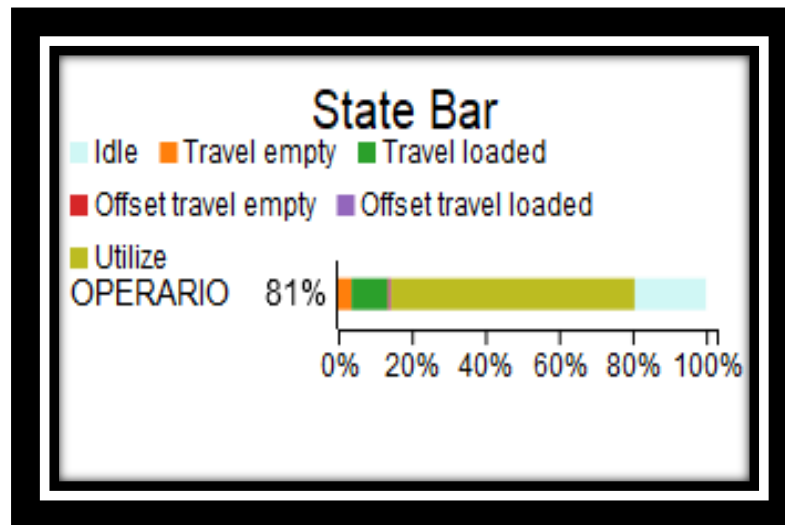


**Fuente:** Elaboración propia del autor, 2018.

En la anterior figura se puede evidenciar los momentos en tiempo de operación, donde el operario interviene en el proceso de corte y el suministro de producto a cada proceso además se observa el tiempo que demora para la elaboración de una ventana.

En la siguiente grafica se observa el tiempo que tarda el operario en ensamblar una ventana y los ciclos durante un día de labor. (Ver figura 20)

**Figura 20.** Porcentaje de ocupación actual en relación de tiempo de trabajo.



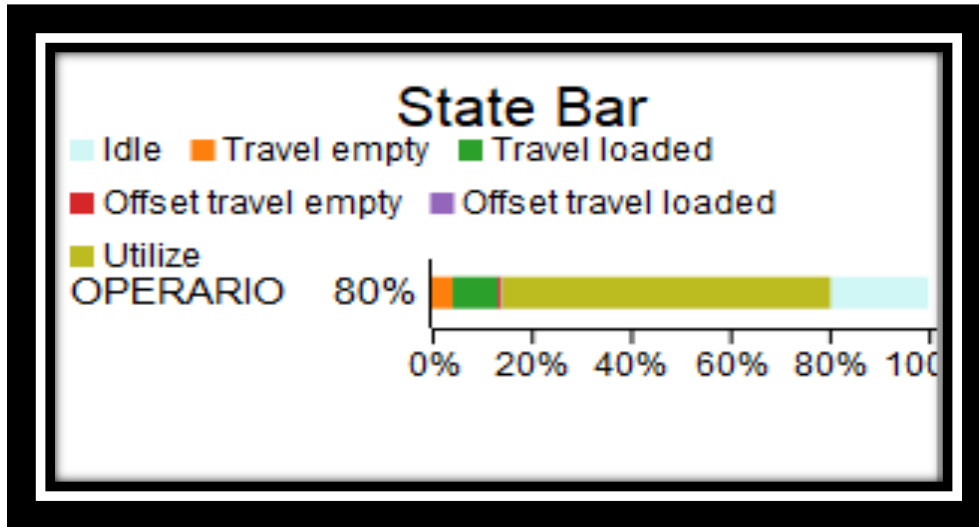
**Fuente:** Elaboración propia del autor, 2018.

El anterior gráfico muestra la distribución de tiempo empleado para la elaboración de ventanas en aluminio, teniendo en cuenta el ciclo laboral que es de 8 horas diarias, en los resultados presentados se destaca la totalidad de tiempo utilizado, tiempos de ocio (tiempo libre), viaje vacío (tiempo en el cual el trabajador no transporta materiales, productos o herramientas), viaje cargado (tiempo en el que el operario transporta un producto o materia prima para la labor desempeñada), porcentaje total de tiempo empleado.

El porcentaje total de tiempo utilizado por el trabajador arroja un 81% del tiempo total dentro de la planta en las condiciones actuales, la cual presenta regularmente accidentes en pérdidas de materiales y productos defectuosos, dando oportunidad a posibles afectaciones físicas al trabajador o enfermedades derivadas de su labor.

En la figura 21 se muestra el porcentaje de utilización de tiempo por parte del empleado durante la ejecución de la misma actividad pero esta vez utilizando la mejora en la distribución de planta obtenida luego del estudio con el algoritmo Craft.

**Figura 21.** Porcentaje de ocupación de tiempo con distribución recomendada.



**Fuente:** Elaboración propia del autor, 2018.

El anterior gráfico muestra la distribución de tiempo empleado para la elaboración de ventanas en aluminio arrojado por el software Flexsim, implementando las medidas sugeridas con base a los estudios realizados con el algoritmo Craft, De la cual se destacan los criterios evaluados en la distribución actual, totalidad de tiempo utilizado, tiempos de ocio (tiempo libre), viaje vacío (tiempo en el cual el trabajador no transporta materiales, productos o herramientas), viaje cargado (tiempo en el que el operario transporta un producto o materia prima para la labor desempeñada), porcentaje total de tiempo empleado.

Posterior al análisis de los resultados, se evidenció que el tiempo total empleado por el operario para la elaboración de ventanas durante el periodo laboral, disminuyó en un 1 % con respecto a la información inicial, dicho valor a simple vista no resulta relevante pero a medida que se va aumentando el volumen de producción esa disminución porcentual será mayor teniendo en cuenta la demanda. por tanto es importante resaltar que la nueva distribución física propuesta por los autores además de disminuir sustancialmente los posibles incidentes y/o accidentes, disminuye los recorridos del operario, consumo de materiales y tiempos de ciclos totales.

## 9. PLAN DE MEJORA EN LA EMPRESA TRES METALES

Con el fin de brindar un plan de mejora a la problemática que presenta el taller de aluminios en estudio, es de mucha importancia la participación del gerente de la empresa, quien será el encargado de aprobar las actividades que permitirán la obtención de la mejora del proceso de fabricación de los productos.

La implementación de este plan de mejora permitirá a Tres Metales, optimizar el proceso productivo y así articular sus actividades, con el fin de minimizar los tiempos de ciclo y cumplir los objetivos propuestos.

Para efectuar el plan de mejora y ejecutarlo se utilizará, la metodología de las 5w+1h dicha metodología consiste en hacer preguntas acerca del proceso productivo. Las preguntas generadas son de tipo ¿Qué problema se está presentando?, ¿dónde está ocurriendo el problema?, ¿cuándo ocurre el problema?, entre otras. Basado en esta herramienta se ha estructurado los lineamientos a tener en cuenta para poder encontrarle respuesta a las preguntas (ver tabla 29).

**Tabla 29.** Esquema de la metodología 5w+1h.

¿Qué?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cuánto?	¿Por qué?
Acciones de mejora.	Metodología.	Plan de actividades.		Análisis costo - beneficio.	

**Fuente:** elaboración propia del autor, 2018.

### 9.1. ACCIONES DE MEJORA ENFOCADO AL ELEVADO TIEMPO DE CICLO DEL PROCESO PRODUCTIVO.

Las actividades que formarán parte del plan de acción, estarán direccionadas a una mejora en el proceso de fabricación de las ventanas de aluminio en la empresa Tres Metales. Estas acciones estarán enfocadas en la redistribución de la planta de producción, con el fin de minimizar los excesivos recorridos por parte de los operarios, a la hora de ejecutar el trabajo. En la siguiente tabla se puede apreciar la estructura correspondiente a las acciones de mejora (ver tabla 30).

**Tabla 30.** Estructura para el plan de mejora enfocado al elevado tiempo de ciclo del proceso productivo.

Estructura plan de mejora	
¿Qué?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rediseñar la distribución de la planta de producción teniendo en cuenta la combinación recomendada luego del análisis con el algoritmo Craft para disminuir el tiempo de ciclo y el costo por desplazamiento.</li> <li>• Establecer las políticas empresariales, (misión, visión, políticas de calidad, políticas de seguridad etc.).</li> </ul>
¿Quién?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal capacitado en construcción.</li> <li>• Contratar un especialista HSEQ quien se pueda encargar de instituir las políticas y a su vez capacitar a los empleados.</li> </ul>
¿Cuándo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El proyecto se puede llevar a cabo en un límite de tiempo no mayor a seis meses.</li> </ul>
¿Dónde?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las mejoras necesarias se llevarán a cabo en las instalaciones ubicada en el barrio escallón villa, teniendo en cuenta que es la única sede del taller.</li> </ul>
¿Por qué?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por el elevado tiempo de ciclo del proceso productivo. Y el incumplimiento con los tiempos pactados con el cliente.</li> </ul>
¿Cómo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reorganizando la planta de producción tomando como guía la combinación optima obtenida con el algoritmo Craft.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia del autor, 2018.

## **9.2. METODOLOGIA**

Esta etapa comienza con un análisis detallado del proceso productivo de las ventanas de aluminios, con el fin de determinar los recorridos que realizan los operarios para llevar a cabo cada actividad.

Cabe resaltar que existen varias causas por las cuales se están presentando los retrasos en el proceso productivo. dichas causas se han estudiado con detenimiento en capítulos anteriores de este documento. una de estas razones es la distribución de la planta, como se mencionó anteriormente la poca experiencia por parte de los administradores en lo relacionado con la distribución locativa ha llevado a los operarios a realizar reiterados movimientos lo cual aumenta la fatiga laboral y el tiempo de ciclo.

En aras de corregir el problema de distribución de planta que presenta el taller en estudio y optimizar el proceso productivo es necesario utilizar una herramienta útil para este tipo de inconvenientes, como lo es el algoritmo Craft, este es un programa computarizado de mejoramiento de las distribuciones, el objetivo principal es reducir al mínimo el costo total de transporte de una distribución el cual es el resultado de la suma de todos los elementos de una matriz de flujos(matriz desde – hacia cada departamento) multiplicado por la distancia y por el costo por metro recorrido de un departamento a otro.

Para probar que el resultado obtenido con el algoritmo Craft es óptimo, y que ciertamente ayudará a disminuir el tiempo de ciclo, se debe simular el proceso productivo, para esto se utilizará el software Flexsim. este programa es útil para visualizar los flujos del proceso antes de ponerlo en marcha.

Flexsim es un software que posee un ambiente orientado a objetos para desarrollar, modelar, simular, visualizar y monitorear actividades y sistemas con procesos de flujo dinámico, por lo que se simulará el proceso productivo actual y el proceso productivo tomando como referencia la distribución optima obtenida con el algoritmo. Todo esto con el fin de comparar los tiempos productivos y escoger el que mayor beneficios le brinde a la compañía.

## **9.3. PLAN DE ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES**

Una vez se desarrolla todo el proceso, conocida la distribución adecuada se procede a presentarlo a la parte directiva del taller de aluminios tres metales cuya labor será aprobar o rechazar la propuesta planteada.

Cabe mencionar que para aplicar la mejora se deben seguir ciertos lineamientos para que toda la actividad se lleve a cabo de la mejor manera (Ver tabla 31).

**Tabla 31.** Cronograma para el plan de actividades.

Actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Registrar la empresa en la cámara de comercio.	■	■																						
Establecer las políticas empresariales (misión, visión, políticas de seguridad. Etc. ).			■	■	■	■	■																	
determinar los aspectos relevantes para poder elaborar el Layout del diseño.									■	■	■	■												
Realizar el Layout de la empresa.											■													
Redistribuir el área de producción.													■	■	■	■	■	■	■	■				
Capacitar a los empleados																					■	■	■	■

**Fuente:** elaboración propia del autor, 2018.

#### 9.4. ANALISIS COSTO BENEFICIO

Para que estas actividades se puedan ejecutar de la mejor manera y se pueda cumplir con las etapas establecidas, se debe invertir cierta cantidad de dinero, por ende, se requiere que la empresa Tres Metales analice los beneficios que obtendrá con la implementación de este plan de mejora. Y con base en este análisis se tomará la decisión si se hace o no la inversión. Las actividades que requieren la inversión de dinero son las siguientes:

#### 9.4.1. Recurso humano

Tomando en cuenta que la empresa Tres Metales, debe mejorar la distribución locativa y no tiene personal capacitado dentro de su núcleo laboral para desarrollar esta actividad, se debe contratar a un practicante de ingeniería industrial, cuya función será estar al pendiente que se cumpla la redistribución plasmada en este documento, obtenida luego del estudio con el algoritmo Craft y la simulación con Flexsim. además, la empresa para implementar esta mejora debe contratar los servicios de un técnico en construcción civil para ejecutar todos los cambios y reestructuraciones guiado por el ingeniero industrial. En la siguiente tabla se puede observar el costo por la contratación de este recurso humano (Ver tabla 32).

**Tabla 32.** Costos totales para la contratación de recurso humano.

Requerimiento	Cantidad	Costo unitario por mes	Costos Parciales	Duración meses	Costos totales
Practicante de Ing. Industrial	1	\$ 781.242	\$ 781.242	5	\$ 3.906.210
Técnico construcción civil.	En2	\$ 700.000	\$ 1.400.000	2	\$ 2.800.000
					\$ 6.706.210

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

#### 9.4.2. Contratación de asesores

Teniendo en cuenta que la empresa Tres Metales no cuenta dentro de su núcleo de trabajo, con profesionales encargados de la seguridad laboral, es necesario contratar un tecnólogo HSEQ el cual formule e implemente la misión, visión, sistema de gestión de calidad, política de seguridad empresarial. Además, que realice un estudio de los E.P.P con los que cuenta el taller de aluminios, y una vez realice el estudio capacite a los empleados tanto administrativos como operativos acerca de la importancia de lo elementos de protección personal. La contratación del asesor será por un periodo de 3 meses con un salario de \$ 1.200.000. A continuación, se puede apreciar los costos correspondientes a la inversión necesaria para contemplar la contratación de asesores (ver tabla 33).



**Tabla 33.** Costos totales para la contratación de asesor.

Requerimiento	Costo unitario	Tiempo en Meses	Costos totales
➤ implementar las políticas empresariales.	\$ 1.200.000	3	\$ 3.600.000
➤ inspeccionar los E.P.P.			
➤ capacitar a los empleados.			

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

En la siguiente tabla se resume el análisis del costo para la contratación de recurso humano y el costo total por la contratación del asesor lo que da un valor general para la implementación del proyecto (ver tabla 34).

**Tabla 34.** Costo total para la implementación del proyecto.

Costo total para la contratación de recurso humano.	Costo total para la contratación del asesor.	Costo total para la ejecución del proyecto.
\$ 6.706.210	\$ 3.600.000	\$ 10.306.210

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Teniendo en cuenta el análisis del costo total de implementación del proyecto el cual es de \$10.306.210. le resultará beneficioso para la empresa Tres Metales tanto a nivel operativo como a nivel económico.

### **9.4.3. Ventajas operacionales**

- Optimización del proceso productivo: se reducirá en un 1% diario el ciclo productivo en la empresa debido que se eliminan cierto número de recorridos innecesarios durante el proceso, esta optimización será de gran utilidad debido a que ayudará a la empresa a responder a las posibles fluctuaciones en el mercado de una manera más efectiva.
- Disminución de los incidentes laborales: aumenta la seguridad para los empleados en la planta de producción.
- Ampliación del mercado: la empresa podrá entrar en nuevos mercados, ya que aumentará la efectividad de los procesos y la calidad de sus productos.

### **9.4.4. Ventajas económicas**

- Disminución del costo por desplazamiento. De 270.790 pesos a 259.958 pesos.
- Disminución de los metros recorridos durante el proceso. De 1.950 metros a 1.872 metros.
- Aumento en un 20% de la utilidad obtenida.

## CONCLUSIONES

Es claro que la productividad de una empresa depende específicamente de las labores que desempeñan cada uno de los empleados, por lo que es importante que, para el aumento de la productividad, todos los empleados tanto administrativos como operativos tengan el mismo lineamiento y organización. Durante el desarrollo de la investigación realizada a la empresa fabricante de ventanas de aluminios Tres Metales, se encontraron diferentes falencias tanto a nivel estructural y organizacional como operativo. uno de estos inconvenientes es el excesivo costo por desplazamiento y la cantidad de metros recorridos por el operario durante la ejecución del proceso, además de esto el excesivo número de incidentes laborales en la época de mayor demanda, todo esto por la falta de organización de la empresa, falta de capacitación al personal operativo, entre otros aspectos fundamentales.

A continuación, se presentan los aspectos a intervenir durante el desarrollo de los objetivos planteados:

- Es importante que la compañía capacite a los empleados según el área en la cual se desempeñan, esto con el fin de aumentar el rendimiento individual y así puedan contribuir notablemente al desarrollo productivo en la organización.
- Según el estudio realizado a la empresa en mención, se puede determinar, que es fundamental para el óptimo desarrollo del proceso, reestructurar las instalaciones locativas tomando como base los resultados obtenidos luego del estudio con el algoritmo Craft.
- Es necesario que la empresa desarrolle e implemente un sistema de control y vigilancia antes, durante y después de la ejecución del proceso productivo. Con el fin de minimizar los incidentes laborales y esto a su vez ayuda a la disminución de los costos de producción, los cuales afectan directamente las utilidades de la organización.
- En aras de aumentar la productividad se le sugiere a la empresa desarrollar un plan de incentivos a los empleados, teniendo en cuenta el desempeño de estos durante el desarrollo de sus labores.

Todas las medidas de intervención son perfiladas a la solución de la problemática prevista, permitiendo así la adecuación y rediseño de las condiciones actuales como son el intercambio de áreas, estandarización de los procesos, asignación de rutas de producción optimizadas y tiempos de ciclos más eficientes.

Después de realizar toda la etapa investigativa, se puede afirmar que el cumplimiento de los objetivos propuestos, impulsó la comprensión de algunos temas y conceptos que se desarrollaron durante la etapa lectiva, que al ser aplicados en la industria fueron de mucha utilidad para resolver de la mejor manera la problemática presentada anteriormente, y que además se puede utilizar como base no solo para la empresa en mención si no para otras empresas del sector que presentan la misma problemática.

## REFERENCIAS

- Anaya, D. (2002). *Diagnostico en educación* Madrid: Sanz y torres. P. 810. ISBN 84- 88667-90-6 Recuperado de: [www.unipamplona.edu.co/](http://www.unipamplona.edu.co/)
- Banks, J & Carson L. (2005) *Discrete-event System Simulation*, editorial PrenticeHall, USA.
- Benavides, B y Quiroga, J. (2013), *implementación de la distribución en planta en la manufacturera Kadis E.U.* (tesis de pregrado). Universidad libre, Bogotá, Colombia.
- Benítez Roldán, I. y Cortés Mulett, J. R. (2017) ,“Propuesta de mejoramiento de las condiciones de trabajo mediante la distribución en planta y la aplicación de métodos de la ergonomía física en el taller de metalmecánica de la Empresa Comerdic LTDA.” (tesis de pregrado). Universidad Pontificia Universidad Javeriana, Cali.
- Bernal, C. *metodología de investigación*. P. 159.
- Carnap, M. (1993). *Análisis foda o dofa-analisis foda o dafo*. Recuperado de: <https://www.gerencie.com> › Economía y finanzas › Administración.
- CEDER Navia-Porcía (2016). Extraído del documento “Programa Comarcal de Desarrollo Rural Navia-Porcía 2015-2016 Análisis de la situación actual” elaborado por el CEDER Navia-Porcía.
- Chauvel, A & Tawfik, L. (1994). ¿Qué es la producción? En *Administración de la producción* México D.F.: McGraw- Hill. P. 9.
- Harrell, C. & Tumay, K. (1995). *Simulation Made Easy. Manager's Guide*. Barcelona, Editorial Norcross, GA: Industrial Engineering and management press, PP. 158-172.
- Harrington, H. & Tumay, K. (1999).

- Houck, E & Cooley, J. (1983) *experimental estrategias for the estimation of optimum operating conditions in Simulation studies*. USA.
- Lases, M. (2006). *Metodología de la investigación: un nuevo enfoque*. Hidalgo. Editorial Lases Print.
- Lasswell, H. (1979). *Estructura y función de la comunicación en la sociedad*. Barcelona, Editorial Gili. pp. 158-172.
- Martínez, D., y Pinzón, J. (octubre de 2011), Propuesta de rediseño de una planta tipo taller con base en la automatización de algunos procesos en una línea de producción, *Technological innovation and intelectual*. Simposio llevado a Cabo en el XVII International conference on industrial engineering and operations management, Belo Horizonte, Brazil.
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta*. Segunda edición. P. 22.
- Ibid. P. 461.
- Muther, R. (1987). *Introducción a la ingeniería industrial*. Barcelona España Editorial Hispano-europea.
- Newman, P. (2008). *Indirect utility function The new Palgrave Dictionary Economics, 2nd Edition*.
- Obando-Rodríguez, Joselyn (2017), "Propuesta de redistribución en planta y mejoramiento del sistema de almacenamiento e iluminación del Laboratorio Aduanero del Ministerio de Hacienda."
- Quinceno, O y Zuluaga, N. (2012), *Propuesta de mejoramiento para la distribución de planta en una empresa del sector lácteo* (Proyecto de grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero Industrial) Universidad Icesi, Santiago de Cali.

Ramírez, B. (2012), *Propuesta de diseño y distribución de planta para la empresa carretes y maderas*. (Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Industrial). Universidad san buenaventura, Cali, Colombia.

REYNAERS ALUMINIUM (2014) Tomado de documentación de la empresa Reynaers Aluminium 2014. Recuperado de: <https://www.reynaers.com/en/downloads>.

Vaughn C. (1990). *Introducción a la ingeniería industrial*. p.111.