



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**“DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA EL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS Y  
EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE LA EMPRESA OTEFRISA”**

**AUTOR: NAVARRETE GORDÓN JORGE MESIAS**

**DIRECTOR: RAMÍRO VICENTE SARAGURO PASPUEZÁN MSC.**

**IBARRA - ECUADOR**

**2024**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DEL NORTE**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

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

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1005057524		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	NAVARRETE GORDÓN JORGE MESIAS		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra – Imbabura		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:jmnavarreteg@utn.edu.ec">jmnavarreteg@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO</b>	s/n	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0984631621
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	“DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS Y EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE LA EMPRESA OTEFRISA”		
<b>AUTOR (ES):</b>	NAVARRETE GORDÓN JORGE MESIAS		
<b>FECHA:</b>	30/01/2024		
<b>PROGRAMA</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
<b>TITULO POR EL CUAL OPTA:</b>	Ingeniero Industrial		
<b>ASESOR/DIRECTOR</b>	Ing. RAMÍRO VICENTE SARAGURO PASPUEZÁN MSC.		



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CONSTANCIA**

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

Ibarra,, a los 30 días del mes de enero de 2024

**EL AUTOR**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Navarrete Gordon Jorge Mesías", is written over a horizontal line.

**Navarrete Gordon Jorge Mesías**

**C.I.:100505752-4**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CERTIFICACIÓN DE AUTOR**

Ing. Ramiro Saraguro Piarpuezán MSc. director del Trabajo de Grado desarrollado por el señor estudiante NAVARRETE GORDON JORGE MESÍAS.

**CERTIFICA**

Que, el proyecto de trabajo de grado titulado **“DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS Y EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE LA EMPRESA OTEFRISA”** Ha sido elaborado en su totalidad por el señor estudiante NAVARRETE GORDON JORGE MESÍAS bajo mi dirección, para la obtención del título de Ingeniero Industrial. Luego de ser revisada, considero que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Industrial, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.

Ibarra, 12, de 01 del 2024

**MSC.RAMÍRO SARAGURO PIARPUEZÁN  
DIRECTOR TRABAJO DE GRADO**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis la dedico a mi Dios, quien ha tenido gran misericordia para mi vida y me ha cuidado en todo momento. A él sea la gloria y la honra para siempre.

A mi familia quienes me han acogido con su calor y amor en todo momento, sepan que les llevo siempre conmigo en un pensamiento cada día. Para mis padres Mesías y Alicia que permanecieron a mi lado y me guiaron en todo tiempo para no perder el rumbo de mis objetivos, y facilitarme los recursos necesarios para estudiar. Me han dado ejemplo de superación, trabajo y cariño. Para mi hermano Manuel por ser mi ángel, gracias por todo te amo.

Gracias también a mis compañeros, amigos, profesores y demás familiares que fueron parte de mi vida, me llevo los mejores recuerdos a su lado.

Para todos ustedes un abrazo y unas gracias de corazón.

## **AGRADECIMINETO**

Primeramente, doy la gracias a Dios por permitirme cumplir un objetivo en mi vida y permanecer a mi lado siendo el quien me ha mostrado su fidelidad a lo largo de mi vida.

Agradezco también la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE por aceptarme y permitirme ser parte de ella, abriendo sus puertas y brindándome una oportunidad para crecer de manera profesional y como persona.

Mi agradecimiento también para el Ing. Ramiro Saraguro quien fue mi profesor y asesor de tesis, por su paciencia en las aulas y su conocimiento brindado, también por sus consejos, que me han sido de gran utilidad en la vida.

Y para finalizar agradezco a mis padres por su fuerte lucha día a día, a mi hermano por su paciencia y amor, a mis compañeros y amigos con los cuales hemos caminado en esta etapa de nuestras vidas gracias por estar ahí.

## RESUMEN

La presente tesis realiza el DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS Y EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE LA EMPRESA OTEFRISA, así mismo enfatiza el aprovechamiento de espacios y la organización en el centro de trabajo objeto de estudio.

Dando como resultado una distribución en planta mejorada y adaptada a las necesidades de la empresa.

En el primer capítulo se describe el alcance de la presente investigación, las necesidades encontradas, el problema planteado, los objetivos propuestos y la metodología que sustenta esta investigación. En el segundo capítulo, se muestra la fundamentación teórica para realizar este diseño de distribución en planta y se describe los factores que intervienen al momento de realizar un diseño de distribución en planta. En el tercer capítulo se expone la situación actual del centro de trabajo de la empresa, un análisis y caracterización de la empresa, mismo que será usado para enfocar esta investigación en satisfacer de manera óptima las necesidades de la empresa. En el cuarto capítulo se ejecuta las metodologías escogidas para esta investigación, se compara los resultados obtenidos por los diferentes métodos y se elige la solución que mejor se adapte a el objeto de estudio. Respondiendo a los objetivos planteados en el capítulo uno, se presentan las conclusiones a las que se llegaron en el estudio y se enuncian las recomendaciones para continuar con el desarrollo de la empresa.

## **ABSTRACT**

This thesis carries out the DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS Y EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE LA EMPRESA OTEFRISA, and also emphasizes the use of spaces and the organization in the work center under study.

Resulting in an improved plant layout adapted to the needs of the company.

The first chapter describes the scope of this research, the needs found, the problem posed, the proposed objectives and the methodology that supports this research. In the second chapter, the theoretical foundation for carrying out this plant layout design is shown and the factors involved when making a plant layout design are described. The third chapter presents the current situation of the company's work center, an analysis and characterization of the company, which will be used to focus this research on optimally satisfying the company's needs. In the fourth chapter, the methodologies chosen for this research are executed, the results obtained by the different methods are compared and the solution that best adapts to the object of study is chosen. Responding to the objectives set out in chapter one, the conclusions reached in the study are presented and the recommendations are stated to continue with the development of the company.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	i
CONSTANCIA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE AUTOR.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMINETO .....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
CAPÍTULO I .....	15
1 INTRODUCCIÓN .....	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.2.1 Objetivo General.....	17
1.2.2 Objetivos Específicos.....	17
1.3 ALCANCE.....	18

1.4	JUSTIFICACIÓN.....	18
1.5	METODOLOGÍA .....	19
1.5.1	Enfoque de la investigación .....	19
1.5.2	Tipos de investigación .....	19
1.5.3	Método de investigación.....	19
1.5.4	Técnicas de investigación .....	20
CAPÍTULO II.....		21
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	21
2.1	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	21
2.2	OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	24
2.3	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	25
2.3.1	Los materiales .....	25
2.3.2	La maquinaria .....	26
2.3.3	La mano de obra.....	26
2.3.4	El movimiento de materiales .....	27
2.3.5	Las personas.....	28
2.3.6	Los servicios auxiliares.....	29
2.3.7	El edificio.....	29
2.3.8	Los cambios .....	30
2.4	PRINCIPIOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	32

2.5	FLUJOS DE PRODUCTOS.....	33
2.5.1	Líneas de ensamble.....	34
2.5.2	Flujo en lotes.....	34
2.5.3	Talleres de trabajo.....	34
2.5.4	Proyectos.....	34
2.6	TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA .....	35
2.6.1	En cadena, serie, líneas o producto.....	35
2.6.2	Por posición fija .....	37
2.7	METODOLOGÍAS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA .....	38
2.7.1	CORELAP (Computerized Relationship Ployout Planing) .....	38
2.7.2	ALDEP (Automated Layout Design Program).....	39
2.7.3	CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique) .....	42
2.7.4	SPL (Sistematic Layoyt Planing).....	42
2.8	Análisis de necesidades de espacios.....	48
2.8.1	Fase de síntesis.....	49
2.8.2	Fase de evaluación, selección, implantación y seguimiento.....	49
CAPÍTULO III.....		50
3	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA “OTEFRISA” .....	50
3.1	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA EMPRES .....	50
3.1.1	MISIÓN .....	50

3.1.2	VISIÓN .....	51
3.1.3	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....	51
3.1.4	MAQUINARIA .....	53
3.1.5	ANÁLISIS FODA .....	53
3.1.6	ANÁLISIS SIPOC .....	57
3.1.7	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA .....	58
CAPÍTULO IV .....		61
4	DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA LA LÍNEA DE PROCUCCIÓN. 61	
4.1	PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA (SLP).....	61
4.1.1	FASE DE DEFINICIÓN.....	61
4.1.2	FASE DE ANÁLISIS .....	63
4.1.3	Secuencia de actividades.....	65
4.2	Cálculo de superficies .....	68
4.3	Relación entre actividades.....	70
4.4	Diagrama relacional de actividades.....	72
4.5	Diagrama relaciones de espacios.....	73
4.6	FASE DE SÍNTESIS.....	74
4.7	FASE DE EVALUACIÓN.....	75
4.7.1	SOLUCIÓN CRAFT .....	76

4.7.2	SOLUCIÓN CORELAP .....	78
4.8	COMPARATIVA DE SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA.....	81
	CONCLUSIONES .....	82
	RECOMENDACIONES.....	83
	BIBLIOGRAFÍA .....	84
	ANEXOS .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de distribución por producto .....	36
Tabla 2. Ventajas y desventajas de distribución por procesos .....	37
Tabla 3. Ventajas y desventajas de distribución por posición fija .....	38
Tabla 4. Ejemplo de distribución obtenida a partir del método CORELAP .....	39
Tabla 5. Tipos de relaciones.....	46
Tabla 6. Motivos de relaciones entre actividades.....	47
Tabla 7. Representación de proximidad .....	48
Tabla 8. Maquinaria .....	53
Tabla 9. Análisis FODA.....	54
Tabla 10. Posición estratégica.....	55
Tabla 11. Análisis de Posición DAFO .....	55
Tabla 12. Posición estratégica actual .....	56
Tabla 13. Matriz de estrategias.....	57
Tabla 14. Cálculo de espacios .....	68
Tabla 15. Dimensiones departamentos .....	70
Tabla 16. Códigos y motivos de las relaciones.....	71
Tabla 17. Análisis de las distintas alternativas de distribución en planta .....	76
Tabla 18. Datos de Matriz From-To.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 2.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 3.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 4.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 5.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 6.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 7.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 8.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 9.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 10.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 11.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 12.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 13.....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 14.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 15.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 16.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 17.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 18.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 19.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 20.....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexos 1 .....</b>	<b>87</b>
<b>Anexos 2 .....</b>	<b>94</b>
<b>Anexos 3 .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexos 4 .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexos 5 .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexos 6 .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexos 7 .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexos 8 .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexos 9 .....</b>	<b>99</b>
<b>Anexos 10 .....</b>	<b>99</b>
<b>Anexos 11 .....</b>	<b>100</b>

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa OTEFRISA se dedica al diseño, fabricación, distribución e instalación de sistemas de refrigeración, así como también a prestar los servicios de restauración y cuidado de los equipos; suministro y distribución de repuestos, sistemas de aire acondicionado, refrigeración, industrial, comercial y automotriz. Al transcurrir del tiempo, ha tenido un recorrido de forma creciente gracias a la mejora continua que tiene la empresa, su profesionalismo, excelencia y eficacia ha incitado el aumento de la demanda de clientes que deciden contratar los servicios y productos ofertados por la empresa.

Actualmente la empresa cuenta con la maquinaria necesaria para producir y brindar los servicios de manera competitiva y con altos niveles de calidad, sin embargo, ya que el número de clientes que la empresa debe satisfacer ha sufrido un cambio positivo, es decir aumentó su actividad económica, por lo que es de gran necesidad ampliar el lugar de trabajo y mejorar la línea de producción, lo que destacara la mejora continua y en la disminución de costos.

Por lo tanto, se plantea una propuesta de una nueva planta de fabricación de acuerdo a los parámetros especificados, que tengan la capacidad de producir, optimizar costos y tiempos con el espacio necesario para que la línea de producción o el proceso productivo sea el óptimo, manteniendo el nivel de calidad brindado por la empresa de acuerdo con los parámetros que se tiene especificados en la misión y visión de OTEFRISA.

De esta manera se garantiza el cumplimiento con los mejores estándares de fabricación en provecho de la empresa, satisfaciendo a los clientes, manteniendo un posicionamiento en el mercado con buenas posibilidades de ampliar nuevos mercados a nivel nacional.

## **1.2 OBJETIVOS**

### ***1.2.1 Objetivo General***

Diseñar la distribución en planta para el proceso de fabricación de cámaras frigoríficas y equipos de enfriamiento de la empresa OTEFRISA, aplicando métodos cuantitativos que logren disminuir el costo de recorrido del objeto de trabajo.

### ***1.2.2 Objetivos Específicos***

Realizar un análisis bibliográfico acerca de los métodos de distribución en planta que más se ajuste a la empresa OTEFRISA; que sirva de sustento de la investigación.

Establecer la situación actual del proceso de fabricación de cámaras frigoríficas y equipos de enfriamiento, que permita caracterizar la producción que se desarrolla en la empresa OTEFRISA.

Optimizar el flujo de producción aplicando los métodos de distribución en planta: Planeación Sistemática de la Distribución (SLP), Planificación de Diseño de Relaciones Computarizadas (CORELAP) y Asignación Relativa Computarizada de Instalaciones (CRAFT), para disminuir el costo de transporte del recorrido del objeto de trabajo.

### **1.3 ALCANCE**

Este estudio se realizará en la planta de producción de OTEFRISA, específicamente en el proceso de fabricación de cuartos fríos y equipos de enfriamiento y permitirá diseñar la óptima distribución de la nueva planta de trabajo; la cual permitirá organizar este proceso productivo.

Se prevé que el estudio tenga una duración de siete meses y como resultado se entregará el diseño de la distribución de la nueva planta de la empresa.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

La distribución en planta es una parte esencial dentro del diseño de una empresa ya que determina la ubicación de los departamentos, lugares de trabajo del área de producción, ubicación de las máquinas, y lugares de almacenamiento. Las asignaciones de los espacios Correspondientes a la maquinaria y equipos de producción se realizan en base a las relaciones existentes entre las áreas y al flujo productivo.

Conociendo la importancia y ventajas de una distribución en planta dentro de una empresa donde la política de calidad se manifiesta mediante el compromiso con sus clientes y la mejora continua y debido al notable crecimiento en las actividades económicas de la empresa OTEFRISA se ve necesario la creación de una nueva planta de producción con mayor espacio en todas sus áreas de trabajo y una distribución que optimice los recursos utilizados, aumentando la capacidad de producción de la empresa para satisfacer a todos sus clientes (internos y externos), disminuyendo costos por maquila y mejorar la capacidad de reacción de la empresa hacia los requerimientos.

## **1.5 METODOLOGÍA**

### ***1.5.1 Enfoque de la investigación***

La presente investigación estará enfocada en el diseño de distribución en planta para el proceso de fabricación de cámaras frigoríficas y equipos de enfriamiento de la empresa “OTEFRISA”, de esta manera se propende generar una disminución en el coste de recorrido del objeto de trabajo.

### ***1.5.2 Tipos de investigación***

Investigación Documental: Se procederá a conseguir los fundamentos teóricos acorde a distribución en planta, las distintas herramientas a utilizar, además de los aspectos organizacionales, procesos o procedimientos, actividades y otros aspectos que ayuden a determinar el marco teórico y parte de la situación actual de la empresa.

Investigación de Campo: Mediante visitas a la empresa se logrará obtener la información necesaria de los procesos a realizar, con lo que se puede determinar factores claves para encontrar los diferentes puntos críticos que afecten al recorrido de trabajo.

### ***1.5.3 Método de investigación***

Método Analítico: Se analizará eventos naturales y sociales que se presenten durante la investigación en la etapa de diagnóstico situacional.

Método Descriptivo: Se detallarán las actividades que se realizan, la distribución actual, los tiempos o costos de recorrido que esta general.

Método Inductivo: En base a una visita inicial se conocer que la empresa ha tenido un crecimiento en su producción por lo que es necesario una mejora en su línea de producción.

Método Deductivo: Al encontrar las necesidades que requiere la empresa se determinó que una nueva distribución de la planta era la opción más favorable para cumplir con las expectativas.

#### ***1.5.4 Técnicas de investigación***

Observación: Se realizará visitas a la planta para evaluar el proceso, la distribución actual, la producción y como esto afecta a futuro.

Toma de medidas: Se procederá a obtener medidas de las áreas para realizar un Layout inicial el cual servirá de base al distribuir actividades y la relación entre las mismas.

Estudio casual comparativo: Se realizará una comparación entre la situación actual y la propuesta para establecer las mejoras realizadas.

## **CAPÍTULO II**

### **2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

La distribución en planta consiste en determinar la posición en cierta porción del espacio de los diversos elementos que integran el proceso productivo, en donde se debe considerar especialmente el elevado número de unidades a tener en cuenta y la interacción que existe entre ellas (Torrens, Vilda, & Postils, 2010)

Entonces la distribución en planta determina de forma organizada el espacio que le corresponde a cada uno de los elementos que conforman el proceso productivo de manera que se optimice las instalaciones en donde se encuentra el mismo y que permita a sus procesos ser eficientes y efectivos (Mejia, Wilches, Galofre, & Montenegro, 2011)

Según (Sortino, 2001) afirma que existen varios factores que desencadenan en la necesidad de diseñar la distribución en planta de una organización y estos pueden encajar en diferentes categorías mencionadas a continuación:

- Proyecto de una planta completamente nueva
- Expansión o traslado de una ya existente
- Reordenación de una distribución ya existente
- Ajustes menores en distribuciones ya existentes

En cualquiera de las categorías presentadas es lo correcto seguir ordenadamente una serie de pasos que permitan el desarrollo idóneo del proyecto, tomando en cuenta cada uno de los aspectos que este implica teniendo presente en todo momento que, una vez implementado el

proyecto no resulta sencillo ni conveniente modificarlo a corto plazo salvo el caso en el que, las modificaciones hayan sido previamente contempladas en la planificación (De la Fuente & Fernandes, 2005).

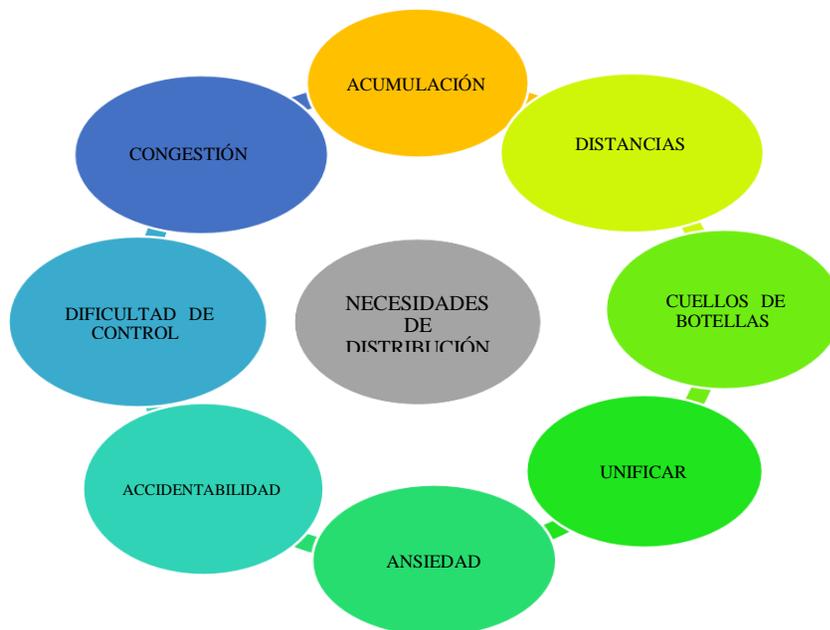
(Sortino, 2001) afirma que es importante mencionar que las empresas se encuentran en constante cambio para hacer frente a las nuevas necesidades que presenta el mercado, es por eso por lo que este constante flujo de información hace que se tomen decisiones importantes dentro de la organización y se den situaciones en donde la distribución en planta debe ser adecuada para atender a:

- Cambios en el volumen de producción.
- Cambios en los procesos y en la tecnología que se emplea.
- Cambios en el diseño o en el tipo de producto.
- Observación de deficiencias tales como:
  - Congestión de materiales, piezas y montajes.
  - Cantidades excesivas de producto incluido en el proceso o sobrecarga.
  - Utilización deficiente del espacio disponible.
  - Largos circuitos de transporte.
  - Estancamiento de la producción en determinadas máquinas, mientras otras similares o idénticas permanecen inactivas.
  - Excesiva manipulación a cargo de operarios cualificados.
  - Desgaste físico y mental de personal operativo.
  - Dificultad en el control de los mantenimientos.
  - Subutilización de las instalaciones, capacidad productiva sin funcionar en su totalidad.

Por otra parte, (Núñez, Guitart, & Barraza, 2014) plantea que la distribución en planta (o Layout) consiste en determinar la mejor disposición de los elementos necesarios para llevar a cabo la actividad de una empresa (ubicación de máquinas, puestos de trabajo, almacenes, pasillos, zonas de descanso del personal, oficinas, áreas de servicio, etc.) dentro de la instalación productiva, de manera que se alcancen los objetivos establecidos de la forma más adecuada y eficiente posible. Un buen diseño de fabricación debe considerar el espacio adecuado y necesario para los procesos de producción, así como las diversas operaciones de soporte, logrando un buen flujo de materiales, personal, insumos e información. (Palacios, 2009) plantea las necesidades de la distribución en planta las cuales se muestran en la Figura 1.

**Figura 1.**

*Necesidades de distribución*



*Nota.* El gráfico representa las necesidades de distribución. Tomado de (Palacios, 2009)

## 2.2 OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Según (Dominguez & Garcia, 2003) define a la distribución de planta como el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Ha planteado los propósitos elementales que se debe lograr para obtener una buena distribución de planta, siendo estos descritos a continuación:

- Lograr que se integre los factores que se asocian a una estación de producción, de esta manera alcanzar el funcionamiento en conjunto para lograr los objetivos.
- Pretender que, al ejecutarse el recorrido de materiales y personal operativo, se optimice los movimientos en la interacción de departamentos y actividades, permitiendo economizar movimientos y espacio de trabajo.
- Asegurar un ambiente confortable y seguro para los trabajadores, logrando de esta manera una reducción en el porcentaje de accidentes laborales y mejorando las condiciones de trabajo.
- Adecuar la distribución en planta a las necesidades cambiantes en las que se opera cotidianamente, es recomendable adquirir flexibilidad en la distribución.

Sin embargo, (Núñez, Guitart, & Barraza, 2014) plantea que para alcanzar los objetivos de la distribución de planta hay que considerar los siguientes aspectos:

- a. Modo de circulación de materiales a través de las instalaciones.
- b. Número de equipos a utilizar, incluyendo sus dimensiones, espacios extra que necesitan mantenerse en su alrededor.
- c. Mano de obra, sus condiciones directas a la fabricación del producto y factores influyentes en las relaciones personales y laborales de los trabajadores.

d. Servicios auxiliares y sus requerimientos, espacios para seguridad, prevención de incendios, sistemas de enfriamiento.

e. Factores limitantes expuestos por la estructura de la construcción del edificio, escaleras, columnas, puertas, etc., y costo para arreglar la construcción o modificarla.

## **2.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

Al realizar una buena distribución de planta es necesario conocer todos los factores implicados y además las relaciones entre ellos, la influencia e importancia de éstos pueden variar con cada organización y situación en específico (Platas & Marià, 2014). En cualquier caso, la distribución de planta debe equilibrar las características y consideraciones de cada factor, obteniendo la máxima ventaja de cada uno de ellos (Vallhonrat Bou & Corominas, 1991).

De acuerdo con (Dominguez & Garcia, 2003) agrupan estos factores en ocho grupos como materiales, maquinaria, mano de obra, movimiento de materiales, esperas, servicios auxiliares, edificio, cambios.

### **2.3.1 *Los materiales***

Se considera como elementos fundamentales y que influyen decisivamente en los métodos de producción como el almacenamiento y manipulación son tamaño, la forma, el volumen, el peso y características físicas y químicas (Dominguez & Garcia, 2003).

Para (Platas & Marià, 2014) afirma que este factor es más importante en el diseño de la planta e incluye las siguientes áreas: materiales entrantes, en proceso, salientes o de embalaje: piezas rechazadas para recuperar o rehacer, chatarra, virutas, cajones o cajas: entre áreas el desplazamiento de material es lento y los materiales permanecen en el proceso demasiado tiempo.

### **2.3.2 *La maquinaria***

En una distribución de planta es preciso estudiar herramientas, equipos y máquinas de manufactura, es indispensable para la elaboración del producto, así como los requerimientos y su uso. Es necesario el conocimiento de la tipología de la maquinaria y la cantidad de máquinas en cada estación, requerimiento espacial, forma, dimensiones, el número de operadores necesarios, riesgos operativos, requisitos de servicios adicionales, etc. Además, se debe considerar el tipo y clase de los equipos y herramientas utilizados en la producción del producto (Dominguez & Garcia, 2003).

Se puede considerar algunos de los siguientes elementos adicionales, como ejemplo: maquinaria de producción; equipos de proceso y de manejo de materiales; herramientas, moldes, patrones, plantillas; maquinaria averiada, inactiva o anticuada; equipo que causa excesiva vibración, ruido, suciedad, vapores; maquinaria y equipo para mantenimiento (Platas & Marìa, 2014).

### **2.3.3 *La mano de obra***

El factor hombre, como factor de producción, es considerado mucho más flexible que cualquier material o maquinaria; ya que se puede trasladar, capacitar en actividades diversas y adaptar a distintas tareas (Leyva, Mauricio, & Salas, 2013).

Además, es factible dividir o repartir su trabajo, tomando en cuenta las condiciones que puedan afectar directamente con su desempeño y proporcione un nivel elevado de accidentes, las áreas que no se ajustan a los reglamentos de seguridad, de edificación o contra incendios, quejas acerca de condiciones de trabajo incómodas, excesiva rotación de personal, obreros de pie u

ociosos durante gran parte de su tiempo y trabajadores calificados que realizan otras operaciones de servicio (Orozco & Jorge, 2013).

(Moreno, Álvarez, Noble, & Lòpez, 2014) mencionan que la mano de obra también ha de ser ordenada en una distribución de planta, tanto la directa como la de supervisión y auxiliar. Se debe considerar el entorno en el cual los trabajadores desarrollan sus actividades verificando si es óptimo y seguro.

Además, hay que estudiar la cualificación y flexibilidad del personal requerido, la mano de obra es fundamental para que la distribución tenga el efecto esperado, ya que estos son los responsables de que las operaciones se lleven a cabo, por lo que la parte psicológica juega un papel relevante en este factor (García, 1998).

#### **2.3.4 El movimiento de materiales**

(Salazar, Leydi, Añasco, & Orejuela, 2010). El flujo de materiales podemos considerarlo como un factor muy influyente para la reducción de costos de producción debido a que nos da paso a reducir costos de producción y ayuda a los trabajadores especializarse en operaciones en lugar de mover materiales.

Por lo que se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- Minimizar o eliminar el choque entre recorridos y circulación, y procurar que el flujo sea en una dirección única.
- Procurar que los pasillos seas uniformes y cómodos para la movilidad.
- Eliminar movimientos innecesarios, con el fin de recortar la distancia.
- Examinar el orden de las estaciones de trabajo, para hacer óptimo el movimiento del material.

- Disminuir el tiempo de abastecimiento entre las estaciones de trabajo.
- Minimizar la acumulación de materiales y transportes que requieran esfuerzos físicos del trabajador.
- Minimizar movimientos de distancias considerables, o hacerlas con poca frecuencia.

Según (Dominguez & Garcia, 2003) el movimiento de materiales no se considera como una actividad que suma valor a la cadena de producción, debido a esto se debe intentar minimizar y combinar su relación con otras actividades que agilicen el proceso de producción.

Para el proceso de distribución se debe considerar la entrada de materiales o accesos a la planta, la salida de estos o lugares de desembarque, así como también el movimiento de materiales auxiliares, maquinaria, equipos y personal (Ruiz E. , 2014).

### **2.3.5 *Las personas***

La distribución de planta busca minimizar los costos ligados a las esperas del material que ocurren dentro de un proceso productivo, pero hay veces que una espera puede acrecentar la economía, (por ejemplo: protegiendo la producción frente a demoras de entrega programa, etc.), por lo cual se hace necesario designar espacios para los materiales en espera (Dominguez & Garcia, 2003).

Los materiales en almacén o en estaciones de producción que están en espera de ser trasladados generan costos que se pueden evitar impidiendo algunas situaciones como las que se describen a continuación: grandes cantidades de almacenamiento de toda clase, demasiadas pilas de materiales en espera de proceso, congestión en zonas de almacenes, confusión en áreas de recepción y embarque, operarios en espera de material en los almacenes o en los puestos de

trabajo, materiales averiados o mermados en las áreas de almacenamiento y errores frecuentes en las cuentas o en los registros de existencias (Platas & María, 2014).

### **2.3.6 *Los servicios auxiliares***

Los servicios auxiliares permiten y facilitan las actividades principales dentro de una organización, entre ellos están los relacionados al personal (por ejemplo, vías de acceso, protección contra incendios, primeros auxilios, supervisión, seguridad, etc.), relativos al material (como por ejemplo inspección y control de calidad), y los relacionados a la maquinaria (ejemplo mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares) (Dominguez & Garcia, 2003).

(Arata, 2009) menciona que se consideran servicios auxiliares de una planta las actividades, los elementos y el personal que sirven y auxilian a la producción. Los servicios conservan en acción a los trabajadores y a todo el proceso productivo.

A continuación, se presentan algunos aspectos que se deben evitar según el autor: quejas acerca de las instalaciones de servicio inadecuado, puntos de control e inspección en lugares inadecuados, inspectores y elementos ociosos de control de pruebas, entregas retrasadas de material a las áreas de producción, demasiadas personas en el área de rechazo y desperdicios, demoras en las reparaciones (Marín, Ramos, Montes, Hernandez, & Lòpez, 2011).

### **2.3.7 *El edificio***

Las empresas pueden operar en edificios que cuenten con la infraestructura y las instalaciones adecuadas, o adaptar un inmueble a las necesidades de los productos y servicios, ya que el edificio es el caparazón que resguarda a empleados, operarios, materiales, maquinaria, equipo y actividades auxiliares, por lo que constituye una parte importante de la distribución de planta (Platas & María, 2014).

Por lo que respecta a este factor se recomienda tener en cuenta lo siguiente: delimitar las áreas de productos, proceso, equipos o similares, con pared y divisiones, evitar la sobrecarga de los montacargas o la excesiva espera de los mismos, contar con pasillos principales, pasos y calles, rectos y amplios, evitar edificios distribuidos sin ningún orden y evitar edificios repletos, interferencia de tránsito entre trabajadores, almacenamiento o trabajo en los pasillos, áreas de trabajo sobrecargadas (Santos, Arbòs, Castellsaques, & Nadal, 2008).

La influencia del edificio será determinante si éste ya existe al momento de proyectar la distribución, su disposición espacial y demás características (número de pisos, forma de la planta, localización de ventanas y puertas, resistencia del suelo, altura de techos, emplazamiento de columnas, escaleras, montacargas, desagüe, tomas de corriente, entre otros) limitan el proceso de distribución, no así cuando el edificio es nuevo (Dominguez & Garcia, 2003).

### **2.3.8 *Los cambios***

La distribución debe ser flexible, por lo que se debe tener en cuenta posibles variaciones futuras, identificando posibles cambios y su magnitud, por lo cual se debe buscar una distribución capaz de adaptarse dentro de límites razonables y realistas (Dominguez & Garcia, 2003).

Para alcanzar la flexibilidad se debe mantener la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o especiales, permitiendo la adaptación ante cualquier emergencia y variaciones inesperadas de las actividades productivas normales sin tener que realizar un reordenamiento de los departamentos o zonas de trabajo (Otavalo, 2017).

El cambio es un aspecto básico en todo concepto de mejora; su frecuencia y rapidez es cada vez mayor, los cambios y modificaciones son elementos importantes de la producción, así

como los operarios, los materiales y la maquinaria, además del reajuste en los procesos y en la distribución son factores que ayudan a mejorar la producción (Priego, 2018).

Además, (Platas & María, 2014) mencionan que se recomienda considerar algunos cambios que resultan ser beneficiosos para la empresa:

- Cambios anticipados o menores en el diseño del producto, materiales, producción y variedad de productos
- Cambios anticipados o corrientes en los métodos, maquinaria o equipo, equipo normalizado, como estantería, motores conexiones, equipos de manejo, maquinaria, edificios flexibles, espacios amplios, con pocas separaciones y mínimas obstrucciones, para que la maquinaria pueda ser redistribuida con conexiones accesibles
- Cambios anticipados en los elementos de manejo y almacenaje, así como servicios de apoyo a la producción.

Se aconseja que durante el proceso de distribución no debe pasar por alto ni uno de los factores mencionados, por el contrario, se debe dar una importancia a cada uno y buscando que la distribución final saque ventajas de cada uno de los factores mencionados (Baque, 2014).

## **2.4 PRINCIPIOS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

Los siguientes principios benefician a que la distribución en planta arroje resultados óptimos en el proceso productivo, (Muther, 1968) estos se detallan a continuación:

### **a) Principio de la integración de conjunto**

La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que exista el compromiso mejor entre todas estas partes.

### **b) Principio de la mínima distancia recorrida**

En igualdad de condiciones, la mejor distribución es aquella que permite que el material viaje distancia más corta entre operaciones reduciendo tiempos. Al mover material se debe acortando la distancia, ahorrar tiempo; por lo tanto, una sugerencia es colocar las operaciones sucesivas muy juntas para evitar el transporte de estación a estación.

### **c) Principio de la circulación o flujo de materiales**

En este punto, es mejor crear un desglose que separe las áreas de trabajo para que cada proceso se desarrolle en el mismo orden o secuencia que la conversión del material. El concepto circular se enfoca un progreso continuo rumbo a la finalización con perturbaciones o sobrecargas mínimas que afecten al proceso

### **d) Principio del espacio cúbico.**

La economía se produce de buena manera al crear el uso eficiente de todo el espacio disponible que tiene una planta de forma (vertical y horizontal). Un buen diseño debe aprovechar al máximo todo el espacio tridimensional y el espacio del piso de la fábrica, lo que significa que se debe aprovechar el espacio libre existente sobre la cabecera o el suelo.

**e) Principio de la satisfacción de la seguridad**

Para que la seguridad sea satisfactoria se debe a una asignación que haga que el trabajo de un productor sea más satisfactorio y seguro es siempre más eficiente. Se considera la seguridad como un factor muy importante en un gran porcentaje de los diseños de plantas, por lo que el diseño no puede ser eficaz si los trabajadores están expuestos a peligros o accidentes.

**f) Principio de la flexibilidad.**

A igualdad de condiciones, Las tareas que se pueden ajustar o reorganizar son siempre más eficientes y requieren menos costos o inconvenientes. Se pueden esperar beneficios significativos si la distribución permite el acceso a equipos que sean fáciles de adaptar o ajustar de forma rápida y económica por lo que permiten reducir tiempos y costos mejorando el proceso.

## **2.5 FLUJOS DE PRODUCTOS**

El flujo de productos es el camino usado para transportar los insumos dentro del proceso productivo hasta la obtención del producto final. Existen cinco tipos de flujos de productos: proceso continuo, línea de ensamble, lote, taller de trabajo y proyectos (Roger, Meyer Goldstein, & Rungtusanatham, 2011).

### **Proceso continuo**

La producción continua se realiza de manera no interrumpida y tiene una tendencia de altos volúmenes de producción estandarizados, se encuentra organizado de forma lineal y sin interrupciones con el fin de evitar pausas en la etapa de fabricación. Entre estas industrias de procesos se tiene el azúcar, papel, petróleo y electricidad, entre otras (Baque, 2014).

### **2.5.1 Líneas de ensamble**

El proceso se realiza de forma lineal y se utiliza máquinas y equipos automatizados para la producción estandarizada de los productos, el producto se desplaza de forma secuencial desde el inicio del proceso hasta la obtención del producto final y los productos más comunes ensamblados son los automóviles, motocicletas, refrigeradores, computadores, impresoras entre otros (Aguayo-Gonzales, 1985)

### **2.5.2 Flujo en lotes**

Es un proceso en el que se agrupan productos o también llamados lotes, cada grupo pasa por todas las áreas de producción que realizan procesos similares que conllevan la elaboración de los productos, a menudo se usan equipos de propósitos generales no especializados para un producto en particular lo cual aporta mucha flexibilidad en las operaciones de lotes (Santos, Arbòs, Castellsaques, & Nadal, 2008).

### **2.5.3 Talleres de trabajo**

Los talleres de trabajo utilizan la producción por procesos y elaboran productos de una cantidad determinada de acuerdo con las órdenes de los clientes, un área de trabajo se considera un caso especial de procesos por lotes debido a la cantidad y en la forma que se producen ciertos productos. Los productos que se obtienen en los talleres por lo general contienen partes de plástico, electrónicas, componentes de máquinas, metales, entre otros (Marìn, Ramos, Montes, Hernandez, & Lòpez, 2011).

### **2.5.4 Proyectos**

Los proyectos se aplican en productos únicos o creativos, en el cual el proceso de fabricación es diferente de otros productos, ya que la mano de obra y materiales se trasladan a donde el proyecto se desarrolla siendo este permanente.

## **2.6 TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

### **2.6.1 *En cadena, serie, líneas o producto***

(Heizer, Render, & Munson, 2021) señala que los Layout indican que un diseño orientado al producto se construye utilizando productos o líneas de producción similares con un alto volumen y poca variedad.

Se describe dos tipos de esta distribución: líneas de producción y líneas de montaje. Los dos procesos son repetitivos y en los dos se debe mantener equilibrio lo que significa que el tiempo que le toma a un operario completar una actividad en una maquina o estación de trabajo debe ser consistente lo largo del tiempo. El siguiente operador trabaja en la siguiente maquina o puesto de trabajo.

La línea de fabricación debe funciona al ritmo de la maquina y se necesitan cambios mecánicos y técnicos para promover el equilibrio. La línea de montaje debe funcionar a tiempo con las tareas asignadas al personal o a la estación de trabajo, por tanto, se puede lograr el equilibrio transfiriendo tareas o actividades a otra persona.

Según (Núñez, Guitart, & Barraza, 2014) propone ventajas y desventajas para este tipo de distribución, que se mencionan en la siguiente (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Ventajas y desventajas de distribución por producto*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Poco trabajo en puesto de trabajo</li><li>- Mínimo transporte interno</li><li>- Planificación y control de la producción sencillos</li><li>- Mínimos retrasos siguiendo rutas de trabajo</li><li>- Mínimo tiempo total de fabricación</li><li>- Mano de obra poco calificada</li><li>- Menor superficie ocupada por unidad de producto</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Requiere de alta inversión</li><li>- Inflexibilidad ante cambios en el diseño del producto o en el entorno</li><li>- Sistema vulnerable a averías</li><li>- Menor nivel de cualificación de operarios</li><li>- Trabajo repetitivo afecta mano de obra</li><li>- El ritmo para equilibrar la línea viene determinado por el puesto de trabajo más lento</li></ul>

**Fuente:** (Núñez, Guitart, & Barraza, 2014)

### **Por procesos, función o secciones**

Según (Dominguez & Garcia, 2003) menciona que esta distribución se adopta cuando la producción se organiza por lotes o a pedido de los clientes (por ejemplo: talleres de vehículos, hospitales, sucursales bancarias, etc.). Los trabajadores y máquinas con funciones iguales se agruparán en un área definida. De esta forma los productos recorren las estaciones de trabajo, respetando la secuencia de la cadena de producción.

Al contar con diversidad de productos obtenemos varias secuencias operativas. Y siendo una producción bajo pedido, se debe tomar en cuenta que pueden cambiar con transcurrir del tiempo. De esta manera optar por una distribución flexible es indispensable, haciendo énfasis en la variación de equipos que son usados para el transporte de materiales entre una y otra área de trabajo. La siguiente (tabla 2) muestra las ventajas y desventajas de la distribución por procesos

**Tabla 2.**

*Ventajas y desventajas de distribución por procesos*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Elevada flexibilidad para adaptar el producto a posibles cambios en la demanda</li><li>- Las inversiones en equipos son menores</li><li>- Es más fácil mantener el sistema en funcionamiento ante averías o problemas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Manutención cara ya que los desplazamientos suelen ser largos</li><li>- Elevado trabajo en curso</li><li>- Elevados tiempos de ejecución</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- La diversidad de tareas reduce la rutina y la insatisfacción de los trabajadores</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Dificultad en la planificación de la producción, rutas y programa de trabajo</li><li>- Coste unitario por producto más elevado</li><li>- Se presenta una baja productividad</li><li>- Requiere una mayor cualificación de la mano de obra</li><li>- Requiere una mayor superficie</li></ul>

**Fuente:** (Núñez, Guitart, & Barraza, 2014)

### **2.6.2 Por posición fija**

Esta distribución es apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma, volumen o alguna característica particular que lo impida. Esto desencadena una limitante de movimiento de material, lo más usual es que el material no se traslade, y sean los trabajadores quienes se desplacen hacia el lugar donde se encuentra el mismo, así como las máquinas, las herramientas y los materiales requeridos para la elaboración del producto. Esto provoca que la distribución sea limitada, y en su gran mayoría, a colocar diversos materiales y máquinas alrededor del emplazamiento del centro de trabajo (Dominguez & Garcia, 2003).

(Heizer, Render, & Munson, 2021) menciona que las técnicas para tratar este tipo de Layout no están bien desarrolladas, a causa de tres razones:

- El espacio es limitado en cualquier lugar donde se esté realizando un producto o proyecto.
- Es necesario tener diferentes materiales en distintas etapas del proceso de producción, para que mediante el proceso vaya avanzando los diferentes materiales se vuelvan críticos.
- El volumen de materiales requeridos es dinámico

La siguiente Tabla 3 muestra las ventajas y desventajas de la distribución por procesos

**Tabla 3.**

*Ventajas y desventajas de distribución por posición fija*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
- Poca manipulación de la unidad principal de montaje	- Requiere trasladar todos los factores productivos al emplazamiento en el que se realiza la producción
- Elevada flexibilidad en la fabricación, ya que permite cambios frecuentes en el diseño	- Según el producto, exige una gran cantidad de espacio

**Fuente:** (Núñez, Guitart, & Barraza, 2014)

## **2.7 METODOLOGÍAS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

### **2.7.1 CORELAP (Computerized Relationship Payout Planing)**

(Leyva, Mauricio, & Salas, 2013) dice que CORELAP fue desarrollado por Lee & Moore en el año 1967. El algoritmo utiliza las relaciones estrechas de cada objeto con el fin de determinar la distribución. Según este criterio, el objeto con mayor proximidad se selecciona y asigna al centro de la zona de objetos para controlar la distribución de las divisiones restantes. El equipo posterior se agrega al diseño según su relación con el objeto existente.

Según (Segura, 2010). Afirma que CORELAP (Computerized Relationship Layout Planing) es un procedimiento de construcción que incluye consistentemente actividades en la distribución. Siendo la primera a seleccionar la que tengas un mayor tiempo de TCR, ubicándola en un centro geométrico espacial de distribución, el criterio determinante adecuado de cada una de las siguientes actividades tiene como base el índice de localización CI y por último seleccionar la ubicación con el IC más alto. Cuando existen varias alternativas con igual puntuación se escoge la más compacta, es decir, la inscrita en un rectángulo con menor área a continuación, se muestra en la siguiente Tabla 1 en la que se muestra la distribución obtenida a partir del método CORELAP (Tabla 4) (Casals, Forcada, & Roca, 2008).

**Tabla 4.**

*Ejemplo de distribución obtenida a partir del método CORELAP*

<b>Depart.</b>	<b>TCR</b>	<b>Orden</b>
<b>1</b>	402	5
<b>2</b>	301	7
<b>3</b>	450	4
<b>4</b>	351	6
<b>5</b>	527	2
<b>6</b>	254	8
<b>7</b>	625	1
<b>8</b>	452	9
<b>9</b>	502	3

**Fuente:** (Casals, Forcada, & Roca, 2008)

**2.7.2 ALDEP (Automated Layout Design Program)**

Automated Layout Design Program, es un programa que fue desarrollado por (Seehoff & Evans, 1967) y tiene una capacidad para distribuir 63 departamentos. Utiliza una matriz de códigos de caracteres similar a la especificación. Esta calificación se traduce en ponderaciones cuantitativas que facilitan la evaluación. La entrada del programa es la planta del edificio y la

ubicación de los elementos fijos, por lo que se puede seleccionar la ubicación de un departamento específico.

El algoritmo que utiliza selecciona un departamento aleatoriamente y lo sitúa en la esquina noroeste de la planta, colocando los demás de forma sucesiva en función de las especificaciones de proximidad dadas (Dominguez & Garcia, 2003).

ALDELP ha sido desarrollado por (Seehoff & Evans, 1967) Y funciona así: Primero, la instalación se selecciona aleatoriamente y se coloca en la esquina superior izquierda del diseño. El siguiente dispositivo seleccionado la ubicación es aquel con una puntuación de proximidad mayor o igual a la relación de proximidad especificada por el usuario, y el primer dispositivo se selecciona al azar. Este método puede manejar distribuciones en edificios de varios niveles (Leyva, Mauricio, & Salas, 2013).

(Segura, 2010) plantea que Habitualmente el primer elemento de la secuencia se escoge aleatoriamente, los restantes se escogen usando como criterio las relaciones entre actividades expresadas en la Tabla Relacional de Actividades (obtenida a partir del SLP). La actividad que se introduce después basándose en la secuencia será la que más necesidad de relación tenga con anterior, midiendo la cercanía con parámetros del algoritmo. En caso de no encontrar una actividad que requiera cercanía en la secuencia se arrojará una actividad aleatoriamente.

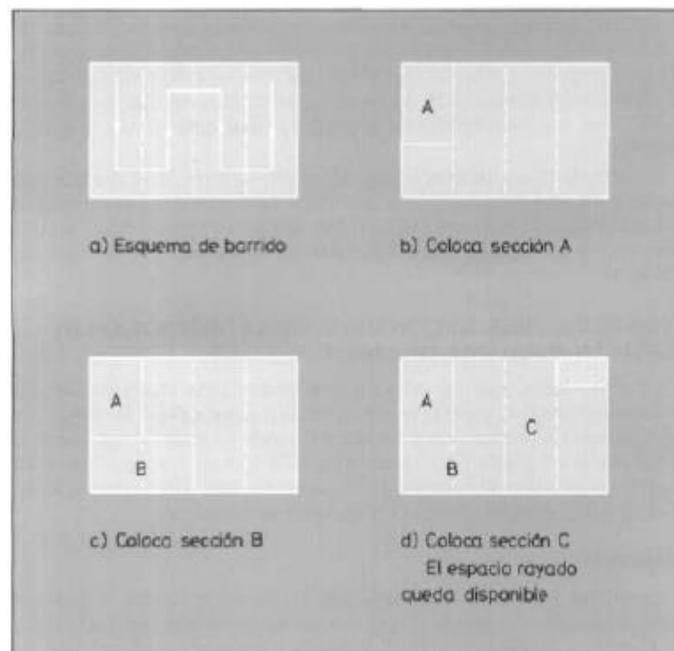
De esta forma continua el proceso, hasta que se logre abarcar todas las actividades de la distribución. Se generan los Layout que se necesita ( parámetro de algoritmo), y se evalúa cada uno mediante valores ponderados que hacen referencia a los índices de proximidad entre todos los departamentos con referencia a uno en específico. A este valor se lo conoce como Total Closeness

Rating (TCR). De esta manera, se evalúa de manera cualitativa, asignando valores numéricos a los índices de proximidad: A=64; E=16; I=4; O=1; U=0; X=-1024.

La puntuación que sobresalga es usada en la siguiente generación de Layout, siendo esta la base mínima aceptable. Se repite el proceso hasta que todos los Layout obtenidos tengan una valoración inferior a la base mínima de aceptación. (Otavalo, 2017). A esto le sumamos las afirmaciones del autor donde indica que el programa sigue una serie de pasos ordenados y secuenciales con respecto a las actividades, siguiendo un patrón que influye en la formación de diferentes trayectorias de la distribución. Es decir, el inicio es la esquina del piso con un movimiento vertical u horizontal, diagonal, etc. Figura 2.

**Figura 2.**

*Esquema de barrido en que se programa ALDEP*



*Nota.* Este gráfico representa los diferentes esquemas de barrido en el programa ALDEP.

Tomado de (Vallhonrat Bou & Corominas, 1991).

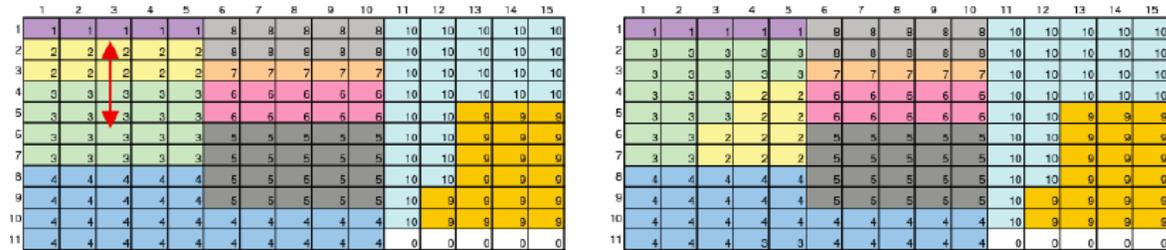
### 2.7.3 CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique)

(Armour & Buffa, 1963) Desarrollaron este método con el fin de disminuir el costo de movimientos de transporte en una distribución en planta. CRAFT calcula distancias tomadas desde el centro posicional de cada actividad en el cual se considera La distancia rectangular desde sus costos de movimiento. Después de cada iteración, el algoritmo considera posibles intercambios de centros de actividad sensibles al desplazamiento con otros centros de actividad y calcula el cambio de costo para cada intercambio potencial.

. Sin ningún intercambio produce una reducción de coste superior a un cierto valor, el algoritmo termina si no se realiza intercambio y se obtiene así una nueva solución, a partir de la cual se sigue iterando (Figura 3) (Vallhonrat Bou & Corominas, 1991).

**Figura 3.**

*Iteración del método CRAFT*



*Nota.* Esta figura representa las interacciones que se efectúan en el método CRAFT. Tomado

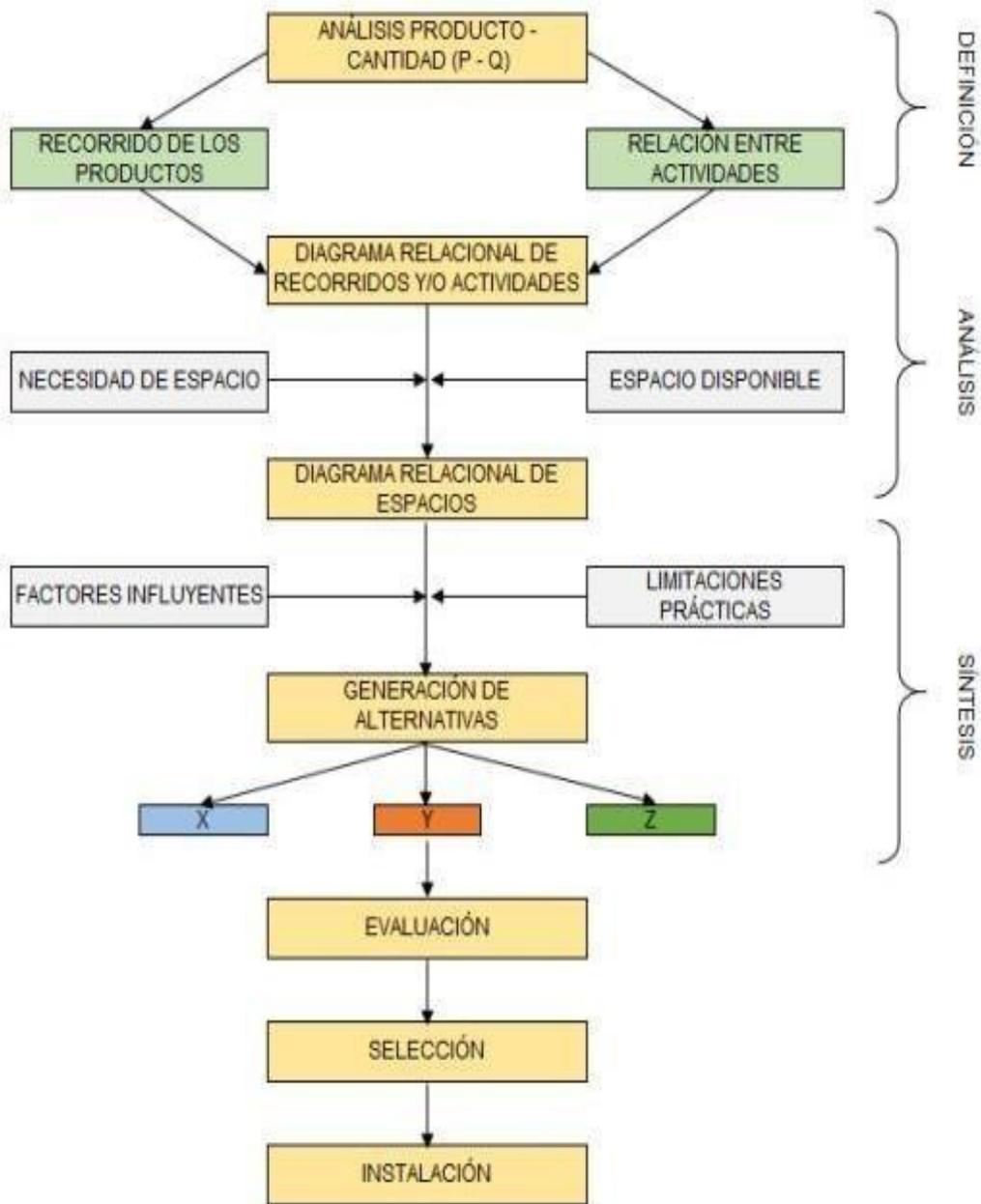
de (Casals, Forcada, & Roca, 2008)

### 2.7.4 SPL (Sistematic Layout Planing)

(Muther, 1968) presenta “Systematic Layout Planning” o método SLP, resumido en la figura 1, que incorpora el flujo de materiales, y es común para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza: plantas industriales, hospitales, oficinas, locales comerciales, etc. (Figura 4).

**Figura 4.**

*Proceso racional para preparar el Planteamiento (Systematic Layout Planning)*



*Nota.* Esta figura representa un esquema del método SPL. Tomado de (Muther, 1968)

Según (Càrdenas, 2017) plantea los siguientes criterios son tomados en cuenta para la resolución de problemas de Layout y concluyen que:

- El SLP se ha considerado el método más utilizado con un alto grado de aceptación al resolver problemas encontrados en la distribución de planta mismo que se basa en criterios cualitativos, teniendo en cuenta que puede crear distribuciones de toda naturaleza.
- Las propuestas de métodos anteriores a SPL se consideran demasiado simples con vacíos resolutivos; esto se ve reflejado en varias etapas las cuales no se pudieron solucionar con SPL, disminuyendo la aceptación de la metodología de Muther.
- El SLP une las ventajas de métodos anteriores y aumenta un estudio de flujo de materiales dentro de la distribución. Toma un módulo de organización de procesos, haciéndolo de manera racional y crea faces y parámetros medibles para llevar control y trazabilidad sobre los elementos involucrados.
- Las escasas investigaciones de valor importante provocan que SLP sea la metodología con más aceptación, misma que abarca tres modelos de distribución. El generar varias alternativas medibles y mejorables es fundamental para el proceso de selección.

#### **2.7.4.1 Fase de definición**

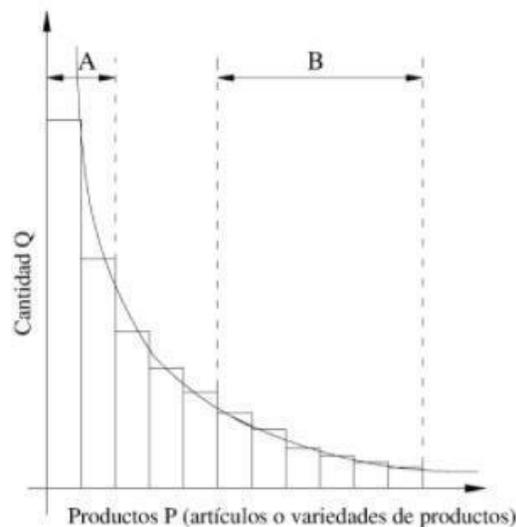
##### **Análisis P-Q**

El organigrama del SPL pone en manifiesto los dos elementos fundamentales sobre los que se apoya la implantación: Producto – cantidad. Lo fundamental que se plantea es que producir, cuánto producir y en cuánto tiempo, con el propósito de determinar las dimensiones de la planta industrial.

Para realizar el análisis PQ, se recomienda utilizar un histograma de frecuencias con la finalidad de representar los diversos productos como la elaborar en abscisas y las cantidades de cada uno en ordenadas. La gráfica debe representar los productos en orden de cantidad producida en un orden decreciente. En función del tipo de histograma resultante, es recomendable implantar un tipo u otro de distribución (Casals, Forcada, & Roca, 2008). (Figura 5).

### **Figura 5.**

*Interpretación del histograma P-Q y Análisis P-Q*



*Nota.* Esta figura representa la comparativa y análisis entre producto y calidad. Tomado de (Casals, Forcada, & Roca, 2008).

#### **2.7.4.2 Fase de análisis**

##### **a) Flujo de materiales**

Con el fin de identificar, seleccionar y secuenciar el proceso industrial, se debe elaborar los diagramas de proceso, máquinas y de flujos, fichas de máquinas, de manera que se identifique las necesidades del proceso (Casals, Forcada, & Roca, 2008).

## b) Relación entre actividades

El primer paso es realizar la identificar y enlistar las acciones que se realiza dentro de la planta de producción, con esto se procede a elaborar la tabla relacional. Los valores de relación de actividades se connotan con las letras A, E, I, O, U y X (indican los diferentes grados de relación). Las vocales utilizadas tienen su origen en el significado inglés de las palabras (Casals, Forcada, & Roca, 2008).

En la tabla 5, se detalla el tipo de relaciones representado por letras que indican el grado de relación.

**Tabla 5.**

*Tipos de relaciones*

Código	Tipo de relación
A	<b>Absolutamente importante</b>
E	<b>Especialmente importante</b>
I	<b>Importante</b>
O	<b>Ordinaria</b>
U	<b>Sin importancia</b>
X	<b>No deseada</b>

**Fuente:** (Casals, Forcada, & Roca, 2008).

**Elaborado por:** Jorge Navarrete

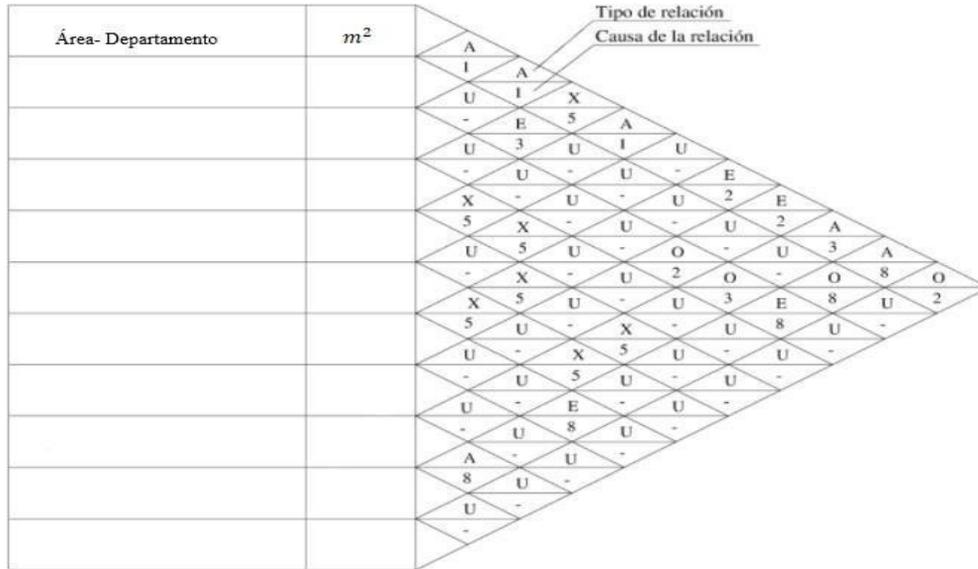
## c) Diagrama de relación de actividades

La matriz de relaciones de actividades se completa utilizando la información recopilada de las actividades como base. El diagrama relacional de actividades muestra casillas que se dividen de forma horizontal siendo dos partes las que intervienen: casilla indicadora de valor de relación

(superior) y casilla indicadora de motivos (inferior). En la figura 6 se muestra el diagrama relacional.

**Figura 6.**

*Diagrama de relación de actividades.*



Nota. Esta figura representa como se relacionan las actividades dentro de las casillas y que tan involucradas están unas con otras. Tomado de (Elaboración propia, 2021)

En la tabla 6 se detalla los motivos o causas de relaciones entre actividades

**Tabla 6.**

*Motivos de relaciones entre actividades*

Código	Motivo o causa
1	Recorrido de material
2	Recorrido de personal
3	Inspección y control
4	Aporte de energía
5	Razones estéticas, higiene, ruidos y otras
	Molestias
6	Reparación de averías

7	Uso compartido de equipos de trabajos
8	Comodidad
9	Control de calidad

**Fuente:** (Casals, Forcada, & Roca, 2008).

El diagrama de relación de actividades muestra en forma de grafo sus resultados, donde se representa las actividades por nodos unidos con líneas, estos nodos representan las letras que representan el tipo de relación. En la tabla 6 se indica la relación de proximidad entre departamentos, donde se muestra las líneas de trazado que se deben emplear en el grafo para la unión entre departamentos, de acuerdo con el código utilizado en el diagrama relacional de actividades (Tabla 7).

**Tabla 7.**

*Representación de proximidad*

Código	Líneas de trazado
A	=====
E	=====
I	=====
O	=====
U	
X	~~~~~

**Fuente:** (Casals, Forcada, & Roca, 2008).

## 2.8 Análisis de necesidades de espacios

Al recrear el diagrama, se tiene como referencia el flujo de procesos y los y las necesidades requeridas en el paso anterior, culminado esta fase se procedió a graficar y determinar el área que necesita la planta.

### **2.8.1 Fase de síntesis**

#### **Factores influyentes y limitaciones prácticas**

Este comienza con un diagrama de relación tomando en cuenta los espacios y modificando según la necesidad de confort para todo el personal operativo. Es importante estudiar si las dimensiones espaciales disponibles cuenta son suficientes tomando en cuenta la normativa de seguridad. Además, en el diseño del suelo también se deben incluir pasillos de acceso a diversas zonas (Casals, Forcada, & Roca, 2008).

### **2.8.2 Fase de evaluación, selección, implantación y seguimiento**

Partiendo de las opciones de la etapa de propuesta o síntesis, se realiza una ponderación valorada para elegir la solución más conveniente en el estudio realizado, y en base a las necesidades. De esta manera, se plantea criterios útiles en la selección, asignación de pesos ponderados, mismos que reflejen su importancia. Considerando lo siguiente:

- Comunicación directa de los almacenes de entrada y de salida con los accesos a la parcela
- Proximidad del despacho de producción a la entrada de la zona de producción para facilitar el control de las entradas y salidas de los trabajadores
- Simplicidad de las edificaciones y confort de los trabajadores
- Posibilidad de ampliaciones futuras
- Sencillez del tráfico de vehículos para la carga y descarga de materiales.

Para obtener la alternativa más favorable, se debe multiplicar la puntuación por los pesos correspondientes a cada factor y obtener el total ponderado a cada alternativa y así visualizar que

alternativa es la que más se adecua a las necesidades del proceso industrial (Casals, Forcada, & Roca, 2008).

## **CAPÍTULO III**

### **3 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA “OTEFRISA”**

#### **3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EMPRES**

La empresa OTEFRISA se dedica al diseño, fabricación, distribución e instalación de sistemas de refrigeración, así como también a prestar los servicios de reparación y mantenimiento; suministro y distribución de repuestos de sistemas de aire acondicionado, refrigeración, industrial, comercial y automotriz., se constituyó en el año 2006 e inició sus actividades a finales del mismo año.

En la actualidad esta empresa diseña, fabrica e instala diferentes sistemas de refrigeración y enfriamiento, es también distribuidor de equipos, piezas y materiales usados en el área de refrigeración. Los clientes principales son Corporación La Favorita e Improlacs, por lo cual los trabajos están realizados cuidadosamente y con un nivel de calidad aceptable.

##### **3.1.1 MISIÓN**

Somos una empresa encargada de proveer servicios y soluciones integrales, a equipos de refrigeración y aire acondicionado, con una asistencia técnica personalizada, garantizando el buen funcionamiento de los equipos, manteniendo las temperaturas adecuadas para los diferentes productos.

### **3.1.2 VISIÓN**

Diseñar y fabricar equipos de frío; ejecutar programas de mantenimientos preventivos y correctivos, brindando soluciones a todos los sistemas de refrigeración y acondicionamiento de aire, ofreciendo una atención eficaz y de calidad para el Ecuador.

### **3.1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

En la figura 7 que corresponde al organigrama estructural, en la que se muestra de manera ordenada y con una estructuración jerárquica los diferentes miembros de la empresa con su respectivo cargo; a continuación, se muestra la descripción de las funciones que cumplen cada uno de ellos:

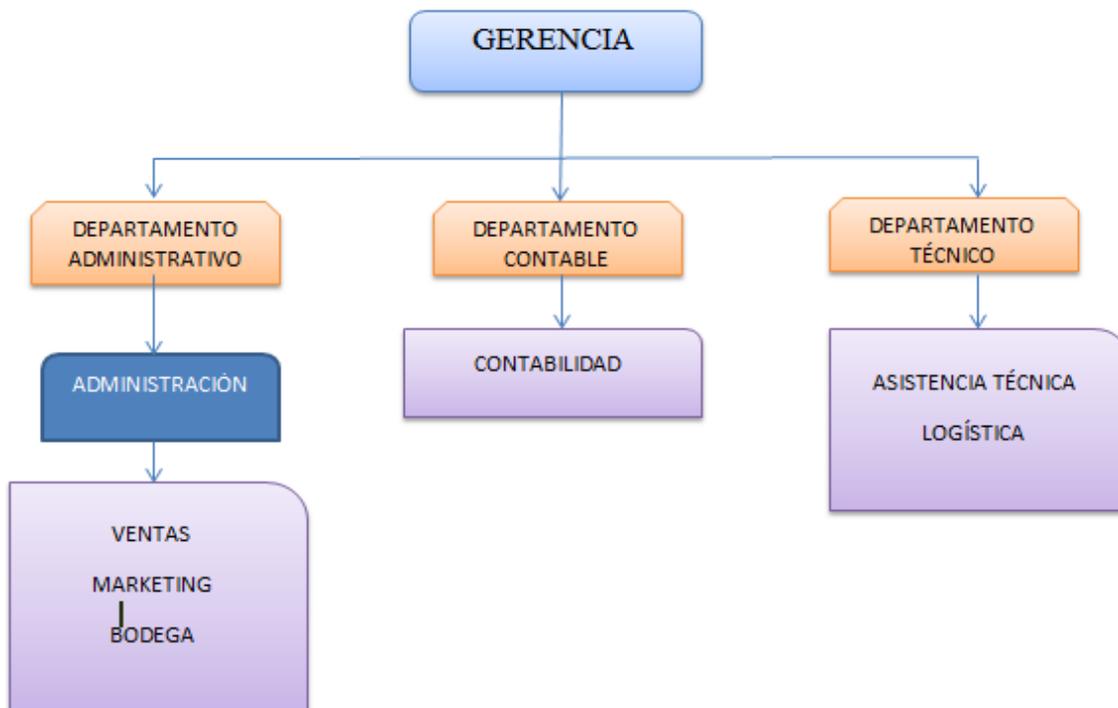
- a. Gerente General, está a cargo de la planificación de actividades para del personal técnico, supervisión de los productos en proceso y productos terminados, realiza el diseño de cámaras frigoríficas. También, está a cargo de la comunicación directa con los clientes.
- b. Asistente de gerencia – Dentro de sus funciones está actividades directamente relacionadas con secretariado y asistencia, monitoreo de personal de campo, soporte y apoyo a gerencia y limpieza.
- c. Contadora, está a cargo de mantener los estados contables, realiza informes sobre la situación financiera, proveer de dinero para movilización de personal, manejo de caja chica y realizar las responsabilidades tributarias de la empresa.
- d. Jefe de Compras, está a cargo de coordinar, organizar y controlar las actividades que desencadena la adquisición de materiales y materia prima.
- e. Asistente contable, Es el encargado de brindar apoyo al área de contabilidad.
- f. Técnicos de refrigeración, Son los encargados de dar los diferentes tipos de mantenimientos a los clientes de la empresa, reparar los equipos dañados, construir

nuevos sistemas de refrigeración en base a los diseños de gerencia.

- g. Ayudantes técnicos, Brindan apoyo a los técnicos en sus diferentes trabajos realizados.
- h. Choferes, encargados de la movilización del personal técnico, cuidado de los vehículos de la empresa.
- i. Bodeguero, está a cargo de inventariar las herramientas y controlar la salida y entrada de estas junto con materiales usados en los procesos de fabricación de productos, compras emergentes y preparación de materiales.

**Figura 7.**

*Organigrama Estructural*



**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.4 MAQUINARIA

Las máquinas más ocupadas e importantes que la empresa usa para la producción de cámaras frigoríficas y equipos de enfriamiento se dividieron por áreas, se muestra el nombre de la máquina, una descripción de su uso y función, las dimensiones y la cantidad que existen (Tabla 8).

**Tabla 8.**

#### *Maquinaria*

ÁREA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	CANTIDAD
Taller	Amoladora	Corta diferentes superficies	1,00 x 0,90 m	3
Taller	Dobladora de tol	Dobla cualquier tipo de tol	2,60 m x 1,20 m	1
Taller	Cortadora de tol	Corta el tol en la dimensión requerida	2,00 m x 1,00 m	1
Taller	Cortadora de Madera	Corta exclusivamente madera	1,20 m x 1,20 m	1
Taller	Mesa de trabajo	Lugar donde se coloca el tol para medir antes de Córdalo	2,60 m x 1,50 m	3
Taller	Prensa	Ajusta las piezas de tol que van a ser unidas	1,10 m x 0,90 m	1
Taller	Suelda eléctrica	Une piezas de metal mediante elevación de temperatura	0,80 m x 0,50 m	3
Taller	Esmeril	Desbasta y pule superficies de metal y madera	1,00 m x 0,80 m	1
Taller	Suelda autógena	Une metales resistentes al calor como cobre y plata	0,80 m x 0,75 m	3
Taller	Compresor	Usado para pintar los equipos armados	1,00 m x 0,60 m	2
Taller	Dobladora de tubo	Doblar la tubería de cobre acorde a la necesidad del caso	0,60 m x 0,50 m	1
Taller	Bomba de vacío	Extrae gases y líquidos de los sistemas de compresión	0,40 m x 0,20 m	3
Taller	Hidro lavadora	Remueve suciedad con un sistema de presión de agua	0,90 m x 0,70 m	3
<b>TOTAL</b>				<b>26</b>

**Nota:** Elaboración propia, 2021

### 3.1.5 ANÁLISIS FODA

Para comprender de mejor manera el estado de la empresa OTEFRISA se efectuó el análisis FODA de esta, se tuvo en cuenta aspectos externos los cuales se componen de oportunidades y amenazas, y los aspectos internos que se componen de fortalezas y debilidades de la empresa (Tabla 9).

**Tabla 9.***Análisis FODA*

<b>AMBIENTE INTERNO</b>	<b>AMBIENTE EXTERNO</b>
<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad de servicios y productos</li> <li>• Tercerización inexistente</li> <li>• Experiencia en la industria</li> <li>• Personal capacitado y preparado</li> <li>• Capacidad de adaptarse a los requerimientos del cliente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento en el mercado</li> <li>• Incremento de la cobertura territorial del mercado</li> <li>• Convenios del sector privado</li> <li>• Convenios con empresas internacionales</li> <li>• Crecimiento del sector florícola</li> </ul>
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitalización insuficiente para enfrentar la nueva normalidad</li> <li>• Recursos financieros limitados</li> <li>• Logística interna insuficiente</li> <li>• Condiciones de trabajo inadecuadas</li> <li>□ Rotación de personal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Independización de corporación la Favorita</li> <li>• Baja de precios de la competencia</li> <li>• Inestabilidad en importaciones</li> <li>• Aumento de precio en la materia prima</li> <li>• Cambio de legislación</li> <li>• Catástrofes naturales</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia, 2021

Gracias a este análisis FODA se conoció la situación de la empresa de forma gráfica y su condición interna y externa basando el resultado con ponderaciones de importancia . A continuación, se muestra cómo se llegó a definir la posición estratégica:

**Tabla 10.***Posición estratégica*

ANÁLISIS INTERNO		ANÁLISIS EXTERNO	
FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
MF= Posición muy fuerte	MD= Posición muy débil	MF= Posición muy fuerte	MF= Posición muy fuerte
F= Posición fuerte	M= Posición media	F= Posición fuerte	F= Posición fuerte
M= Posición Media	D= Posición débil	M= Posición Media	M= Posición Media
		D= Posición débil	D= Posición débil

Fuente: Elaboración propia, 2021

**Tabla 11.***Análisis de Posición DAFO*

ANÁLISIS DE POSICIÓN FODA						
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INTERNA						
		Factores críticos para el éxito	Posición	Peso	Calificación	Peso Ponderado
<b>FORTALEZAS</b>	1	Calidad de servicios y productos	MF	0,10	4	0,40
	2	Maquinaria suficiente	F	0,10	3	0,30
	3	Experiencia en la industria	F	0,15	4	0,60
	4	Personal capacitado y preparado	M	0,10	3	0,30
	5	Capacidad de adaptarse a los requerimientos del cliente	F	0,10	4	0,40
<b>DEBILIDADES</b>	1	Digitalización insuficiente para enfrentar la nueva normalidad	D	0,10	4	0,40
	2	Recursos financieros limitados	D	0,10	2	0,20
	3	Logística interna insuficiente	M	0,10	3	0,30
	4	Condiciones de trabajo inadecuadas	M	0,05	4	0,20
	5	Rotación de personal	MD	0,10	2	0,20
		<b>TOTAL</b>		<b>1,00</b>		<b>3,30</b>

Nota: Elaboración propia, 2021

Después de concluir con el estudio anterior se visualizó la posición de la empresa que, debido a sus características en un entorno débil en el ambiente externo y fuerte en el ambiente interno, debido a que se ubica en el cuadrante cuatro, lo cual indica que es una empresa competitiva.

**Tabla 12.**

*Posición estratégica actual*

<b>CONSERVADORA</b>	<b>AGRESIVA</b>
Fuerte factores externos	Fuertes factores internos
Débil factores internos	Fuertes factores externos
<b>DEFENSIVA</b>	<b>COMPETITIVA</b>
Débil factores internos	Débil factores internos
Débil factores externos	Fuertes factores externos

**Fuente:** Elaboración propia, 2021

A continuación, en la tabla 13 se muestra las estrategias que arrojan la relación de los factores externos e internos de la empresa.

**Tabla 13.**

*Matriz de estrategias*

<b>FORTALEZAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calidad de servicios y productos</li><li>• Tercerización inexistente</li><li>• Experiencia en la industria</li><li>• Personal capacitado y preparado</li><li>• Capacidad de adaptarse a los requerimientos del cliente</li></ul>
<b>AMENAZAS</b>	<b>ESTRATEGIAS</b>
Independización de corporación la Favorita	Satisfacer las necesidades y dar prioridad a las peticiones de Corporación LA FAVORITA
Baja de precios de la competencia	Buscar un proveedor directo y eliminar tercerización de productos adquiridos.
Inestabilidad en importaciones	Crear convenios con las empresas que proveen de equipos utilizados por OTEFRISA
Aumento de precio en la materia prima	Reducir costos de producción y reducir mudas dentro del proceso.

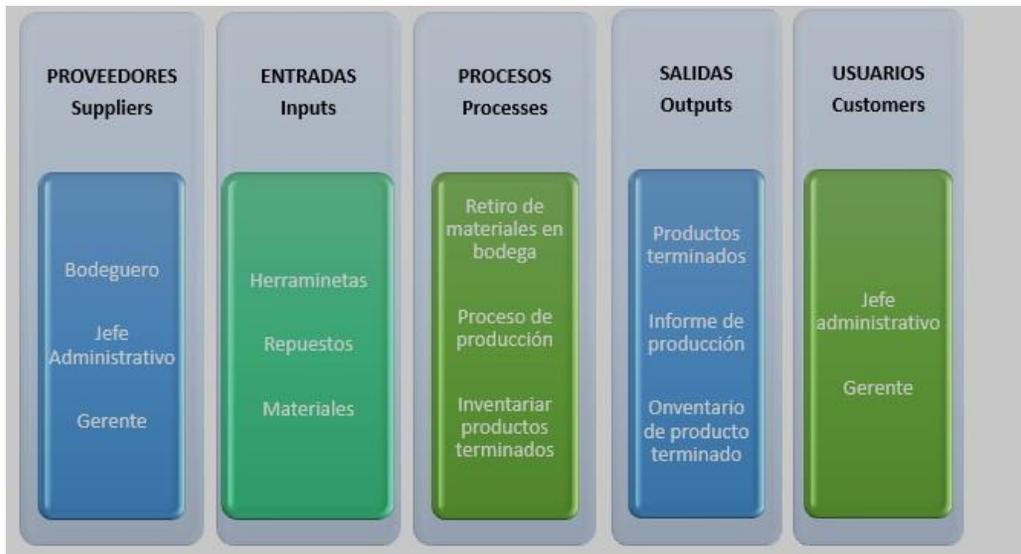
**Fuente:** Elaboración propia

### **3.1.6 ANÁLISIS SIPOC**

Se realiza el diagrama SIPOC (Supplier – Inputs – Process – Outputs – Customers) para conocer y entender los ciertos puntos clave que se dan dentro del proceso de producción en la empresa, dentro de estos puntos se observa: los diferentes proveedores, la materia prima que se utiliza, como se da el proceso de producción, los productos que se obtiene del mencionado proceso y los clientes que se benefician del mismo.

**Figura 8.**

*Diagrama SIPOC*



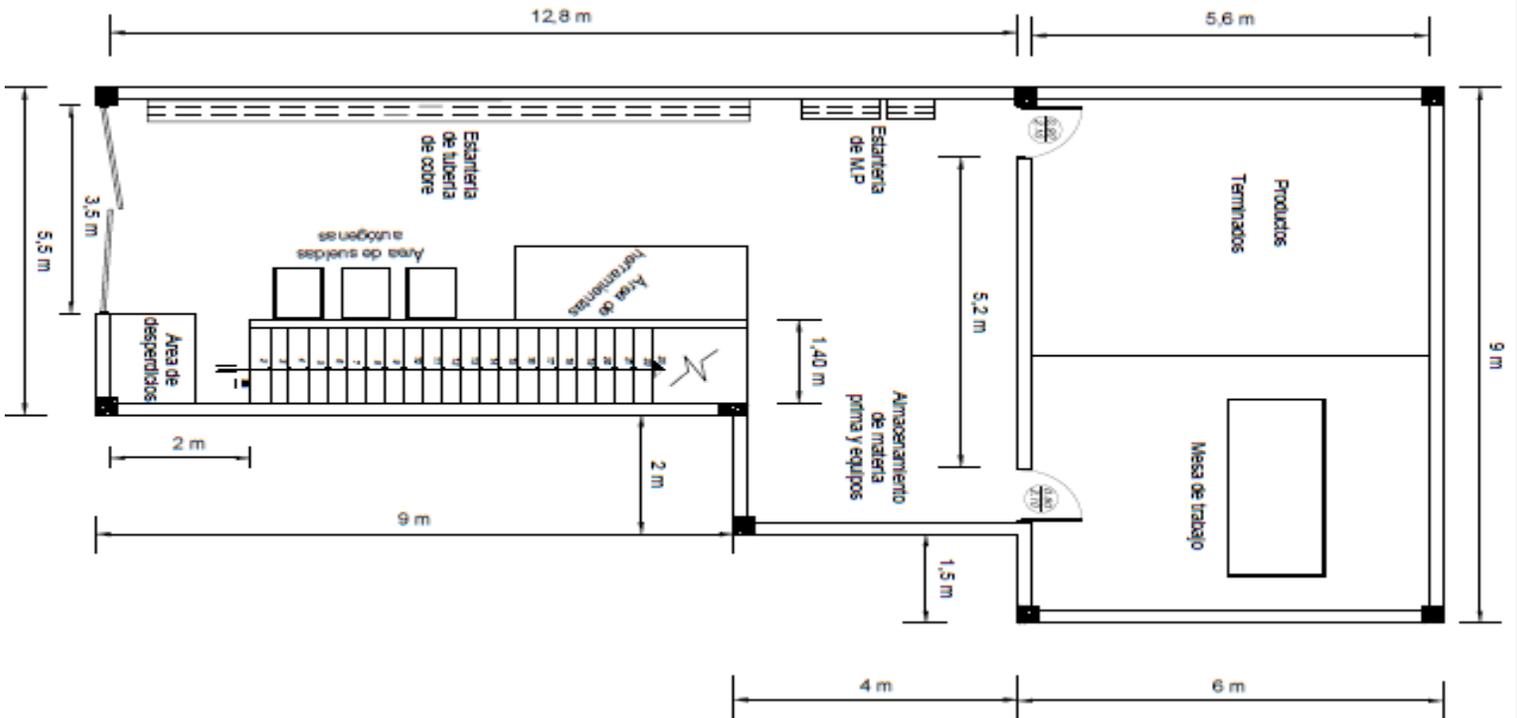
**Fuente:** Elaboración propia, 2021

### **3.1.7 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

OTEFRISA, en la actualidad realiza su proceso productivo en instalaciones que se encuentran distribuidas en dos plantas, primeramente, en la planta baja están áreas de almacenamiento de materia prima, así como productos terminados, además se encuentra el lugar donde se recolecta los desperdicios de material que ya no pueden ser reutilizados. De igual manera un espacio de trabajo y una pequeña sección donde se encuentran todos los instrumentos que son necesarios para desarrollar los productos. En la segunda planta se encuentran las áreas de cortado y doblado de tol, así como las áreas de soldadura y corte de hierro, además de esto se encuentra el área de trabajos con madera, también hay un espacio exclusivo para el almacenamiento de materia prima (tol) y finalmente un espacio de bicicletas, en las que se movilizan algunos trabajadores. (Figura 8).

**Figura 9.**

*Layout Subterráneo*

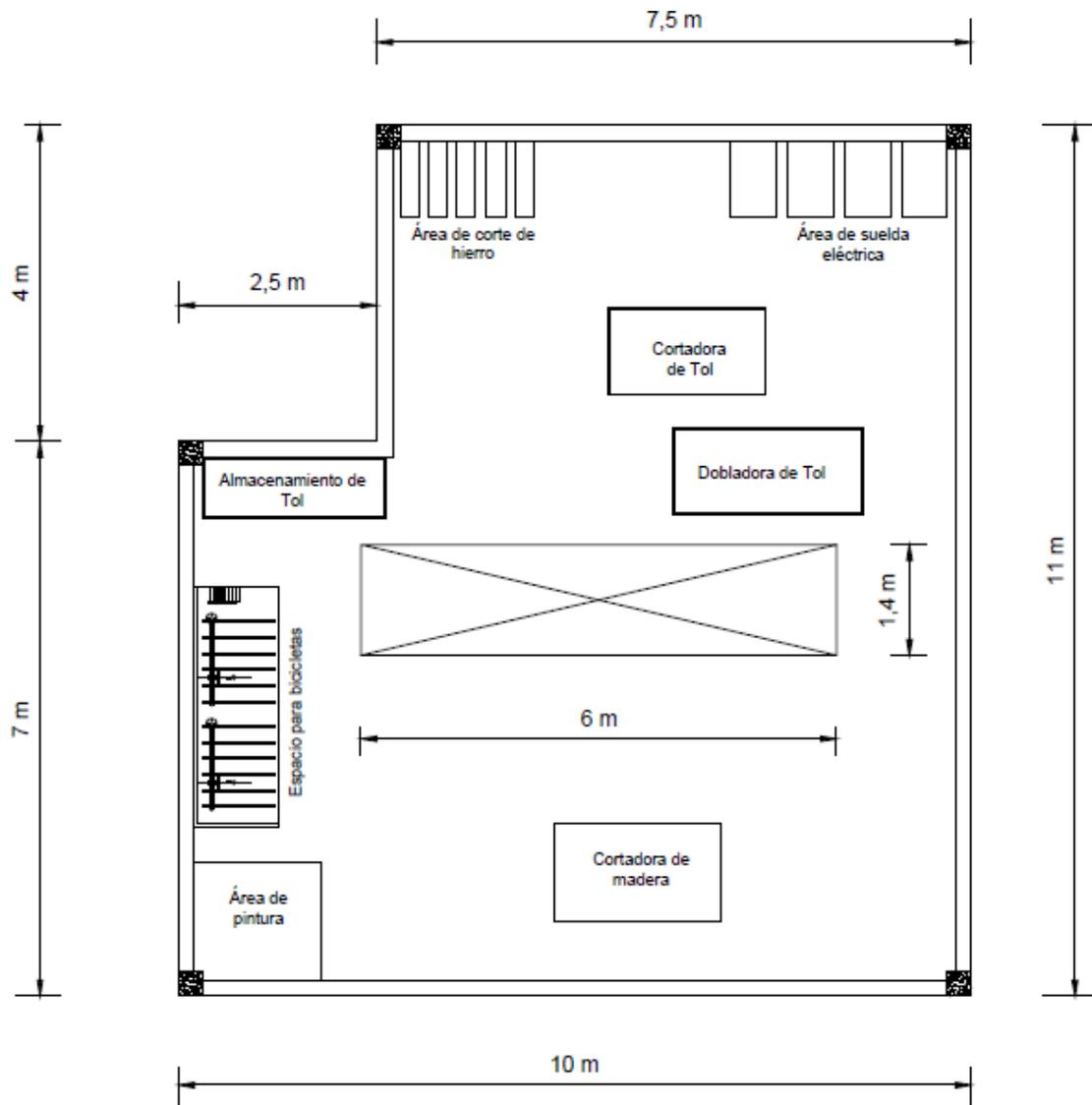


**Fuente:** Elaboración propia, 2021

La matriz de relaciones de actividades se completa utilizando la información recopilada de las actividades como base. El diagrama relacional de actividades muestra casillas que se dividen horizontalmente en dos partes: la casilla superior muestra el valor de la relación y la casilla inferior muestra los motivos.

**Figura 10.**

*Layout planta baja*



**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo con el estudio realizado y observando el entorno actual de la empresa, se encontró que no existe una adecuada distribución de los puestos de trabajo, por lo que influye directamente en el proceso de producción provocando que exista una desorganización evidente, esto se evidencia en las demoras que se han existido por el tiempo de recorrido al no contar con un diseño adecuado de la infraestructura y división de áreas.

## CAPÍTULO IV

### 4 DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.

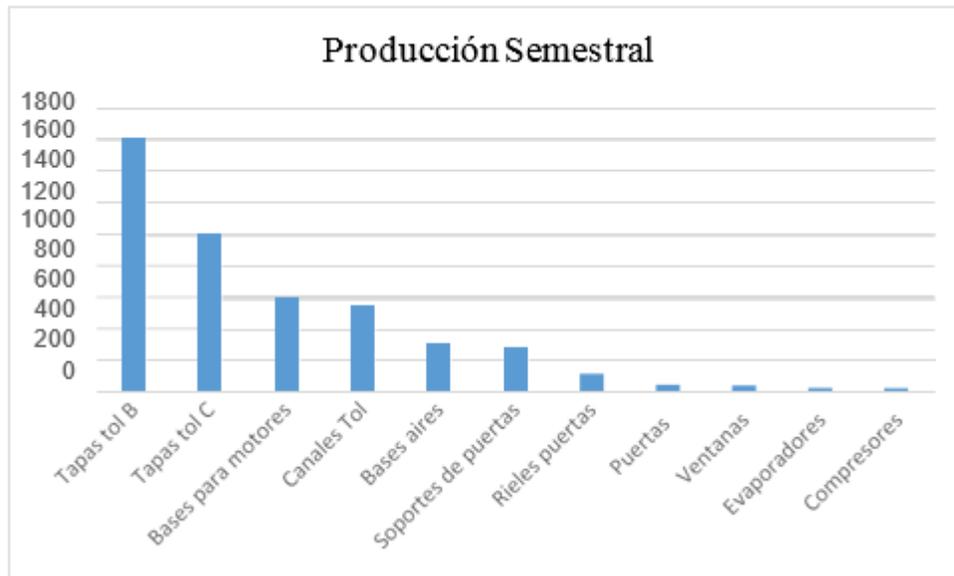
#### 4.1 PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA (SLP)

##### 4.1.1 FASE DE DEFINICIÓN

Se utilizó un histograma que organiza de forma descendente los productos, con el fin de poder observar cantidades grandes de varios productos y cantidades pequeñas en otros productos. Se utilizó datos de producciones pasadas y se las organizó de manera semestral para tener una base (desde el año 2017).

**Figura 11.**

*Histograma de productos*

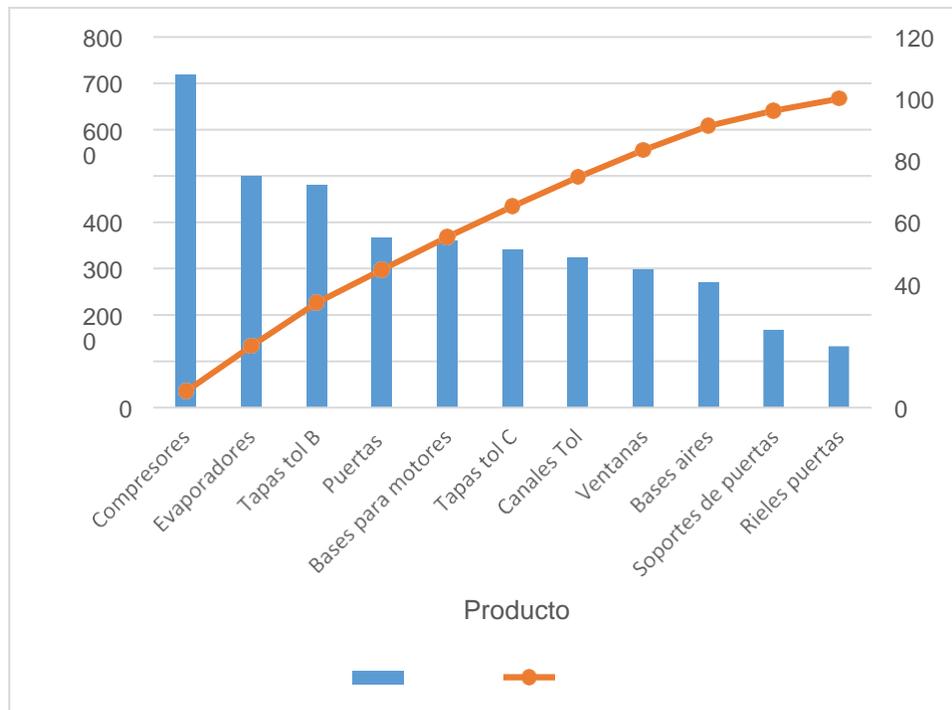


**Fuente:** Elaboración propia

Mediante el histograma se puede visualizar el promedio en cantidad de los diferentes productos.

**Figura 12.**

*Clasificación ABC*



**Fuente:** Elaboración propia

Para poder asegurar y confirmar los productos estrella o que más ingresos le producen a la empresa, se muestra la clasificación ABC, en la cual se toma en cuenta el volumen de producción y también el total el promedio total de ingresos por cada producto en un semestre. Los productos que representan un mayor ingreso a la empresa son los compresores y evaporadores, seguidas por los productos realizados en total.

#### **4.1.2 FASE DE ANÁLISIS**

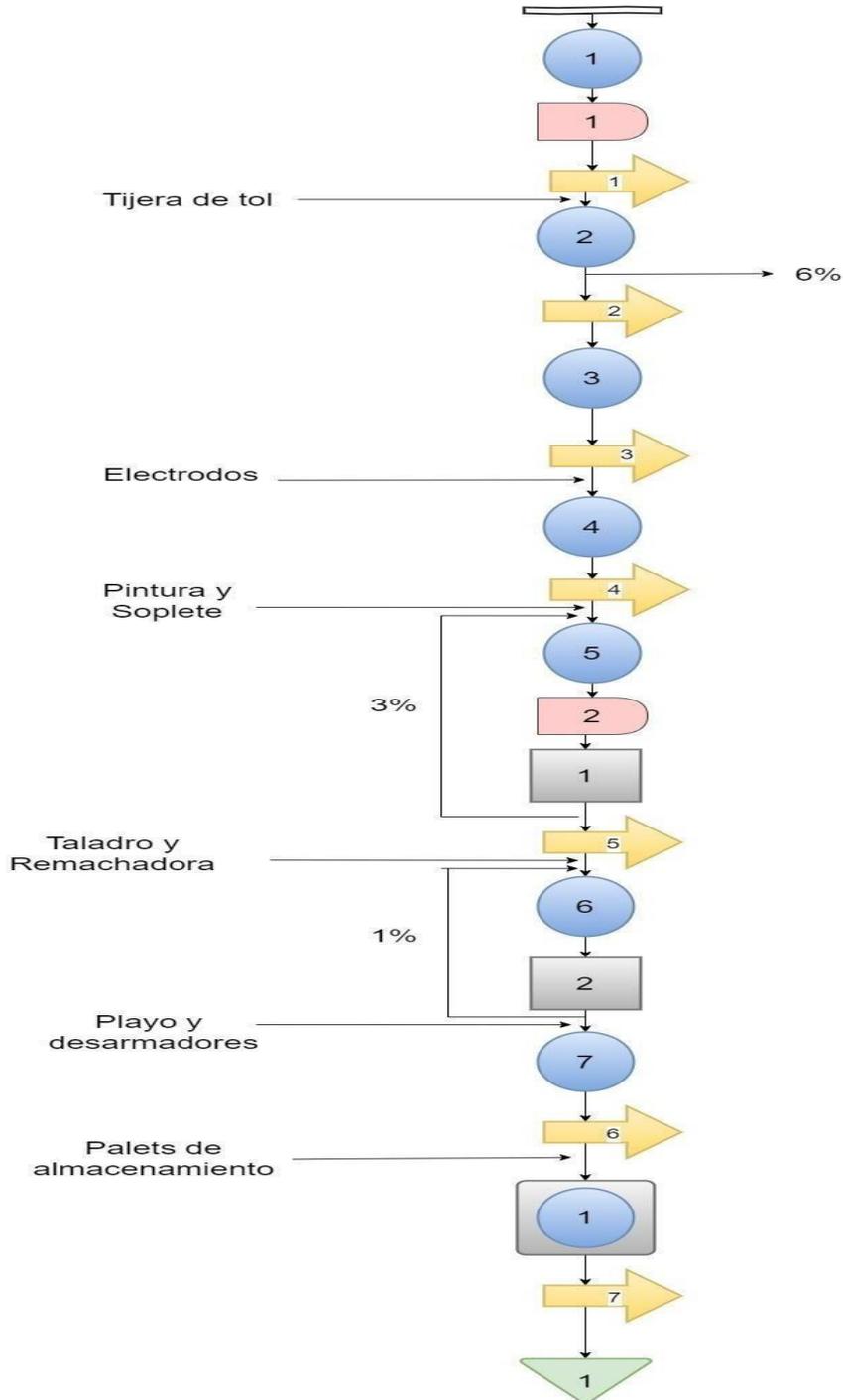
En esta etapa del estudio, vamos a encontrar las etapas importantes para lograr una distribución de planta óptima tales como son: flujo de materiales, procesamiento de datos en las áreas, relaciones entre operaciones, componentes influyentes, condiciones prácticas y diagramas de relación espacial.

En esta etapa se elaboraron las fichas técnicas de maquinaria que ayudan a levantar información relevante en referencia a dimensiones que invaden las máquinas, y también el número de existencias de cada máquina, finalmente se muestra también las características y el tipo de voltaje que utilizan las ya mencionadas máquinas.

El diagrama OTIDA muestra la cadena de acciones y la sucesión cronológica del objeto de trabajo.

Figura 13.

Diagrama de Flujo



Fuente: Elaboración propia

### **4.1.3 *Secuencia de actividades***

#### **4.1.3.1 Operaciones**

- Trazo de medidas
- Corte de piezas
- Doblado de piezas
- Ensamble de piezas
- Pintado de piezas
- Anclaje de motores
- Automatización

#### **4.1.3.2 Transporte**

- Trazo a corte
- Corte ha doblado
- Doblado a ensamble
- Ensamble a pintura
- Pintura a anclaje de motores
- Motores a automatización
- Automatización a empaque

#### **4.1.3.3 inspección**

- Piezas pintadas
- Estructuras Armadas

#### 4.1.3.4 inspección – Operación

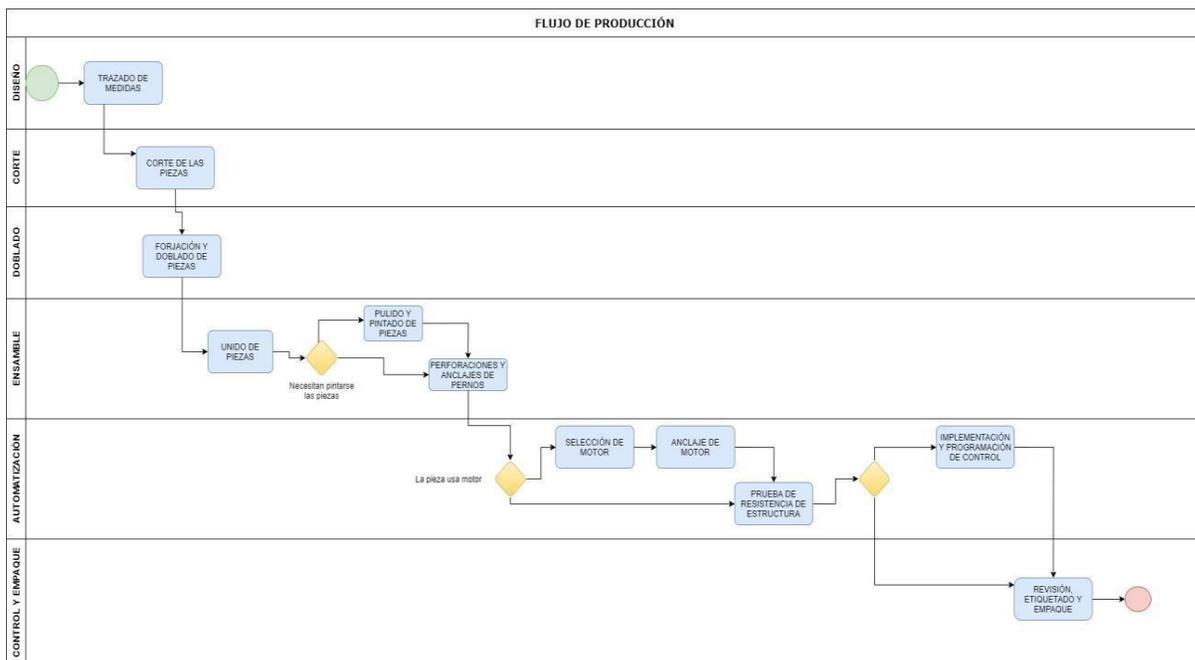
- Revisión de empaque y producto Terminado

#### 4.1.3.5 Demora

- Medidas trazadas en material 2 segundos

Figura 14.

Diagrama OTIDA

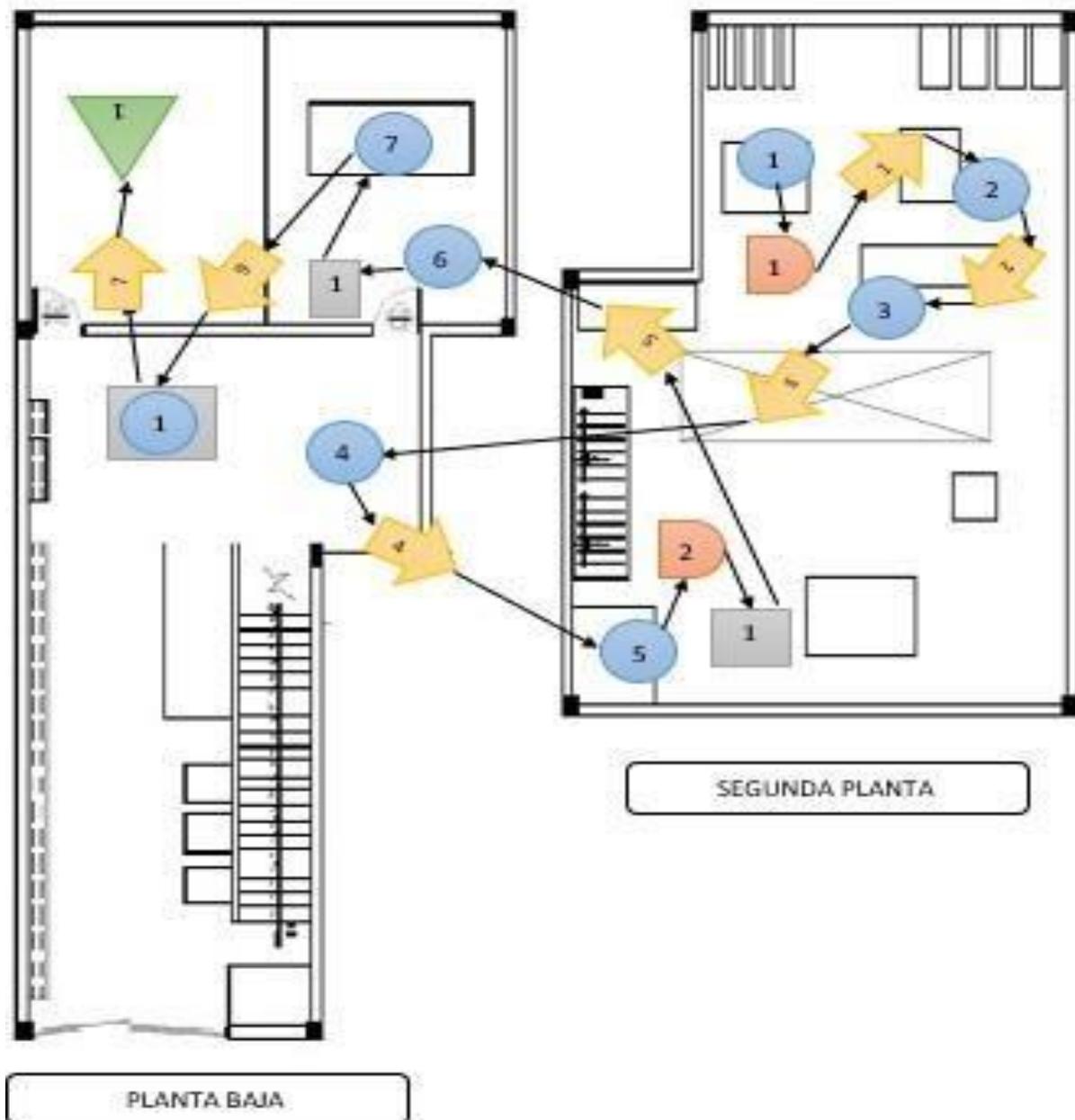


**Nota:** Elaboración propia

En la figura anterior se observa todos los procesos como: (transportes, operaciones, demoras, inspecciones, almacenamientos y operaciones combinadas) que ocurren durante el proceso de producción. Como complemento del diagrama OTIDA se creó una hoja de ruta (Diagrama de recorrido), que tiene como propósito hacer un análisis de la distribución de las áreas de trabajo de la empresa.

Figura 15.

Diagrama de recorrido



Fuente: Elaborado por el autor

Después de realizar la hoja de ruta (Diagrama de recorrido) se puede observar la falta de organización en el flujo de producción, esto se evidencia al observar la secuencia de las actividades, además se encontró la presencia de movimientos de transporte innecesarios.

## 4.2 Cálculo de superficies

Ese cálculo se lo realizó debido a la necesidad de saber cuál es el espacio que necesita cada área para el desarrollo de sus actividades, se tomó como base las fichas técnicas de maquinaria y materiales requeridos; sin dejar a un lado los requerimientos de la normativa legal necesaria al obtener espacio de trabajo seguros.

**Tabla 14.**

*Cálculo de espacios*

<b>1. Estantería de materia prima</b>			
<b>Máquinas y equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	<b>Dimensiones T (m)</b>
Estantería de tubería de cobre	1	6 x 0,50	6 x 1,8
Estantería de ángulos de hierro	1	6 x 0,50	
Estantería de materiales	1	2 x 0,80	

<b>2. Área de trazado de medidas</b>			
<b>Máquinas y equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	<b>Dimensiones T (m)</b>
Mesa de trabajo 1	1	2,50 x 1,40	2,50 x 1,40

<b>3. Área de corte</b>			
<b>Máquinas y equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	<b>Dimensiones T (m)</b>
Cortadora de tol	1	2,50 x 1,35	2,50 x 2,95
Cortadora de hierro	1	1,50 x 1,00	

<b>4. Área de doblado</b>			
<b>Máquinas y equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	<b>Dimensiones T (m)</b>
<b>Dobladora de tol</b>	1	3,50 x 1,50	3,50 x 3,30
<b>Prensa</b>	1	1,20 x 1,20	

<b>5. Área de ensamble</b>			
<b>Máquinas y equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	<b>Dimensiones T (m)</b>
<b>Mesa de trabajo</b>	1	2,50 x 1,40	2,50 x 1,40

<b>6. Área de pintura</b>			
<b>Máquinas y equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	<b>Dimensiones T (m)</b>
<b>Estantería de pintura</b>	1	2,00 x 1,00	2,00 x 2,00
<b>Compresor</b>	1	0,80 x 0,40	
<b>Soporte para pintar</b>	1	0,40 x 0,40	

<b>7. Área de motores</b>			
<b>Máquinas y equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	<b>Dimensiones T (m)</b>
<b>Mesa de trabajo</b>	1	2,50 x 1,40	2,50 x 2,60
<b>Estantería de motores</b>	1	1,40 x 60	

<b>8. Área de empaque</b>			
<b>Máquinas y equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	<b>Dimensiones T (m)</b>
<b>Espacio de almacenamiento</b>	1	5,00 x 4,00	5,00 x 4,00

**Fuente:** Elaboración propia

Se agrupo las máquinas en dependencia de la relación con el flujo de producción, tomando en cuenta la relación entre áreas y la similitud de actividades. También se tomó en cuenta el área para almacenamiento de productos terminados y el área de almacenamiento de materia prima.

**Tabla 15.**

*Dimensiones departamentos*

Número	Departamento (área)	Dimensiones <u>M</u>	Área m <sup>2</sup>
1	Estanterías de materia prima	6,00 x 1,80	10,80
2	Área de trazo de medidas	2,50 x 1,40	3,50
3	Área de corte	2,50 x 2,95	7,40
4	Área de doblado	3,50 x 3,30	11,55
5	Área de ensamble	2,50 x 1,40	3,50
6	Área de pintura	2,00 x 2,00	4,00
7	Área de motores y automatización	2,50 x 2,60	6,50
8	Área de empaque	5,00 x 4,00	20,00

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 15 se observa los departamentos existentes, con su respectiva dimensión espacial obtenidas después de realizar el cálculo de espacios.

### **4.3 Relación entre actividades**

Para establecer la relación entre actividades se tomó como base el cálculo de superficies realizado anteriormente, con esa herramienta se elaboró una matriz relacional entre actividades como muestra la Fig. 16.

En esta matriz se puede observar las operaciones deben tener cercanía de igual forma también las actividades en las cuales la cercanía entre ellas no es un factor importante. Además, se muestra los motivos por los que se toma la decisión de acercar o alejar a las actividades.

La tabla 16 indica las razones por las cuales las actividades y departamentos se relacionan.

**Tabla 16.**

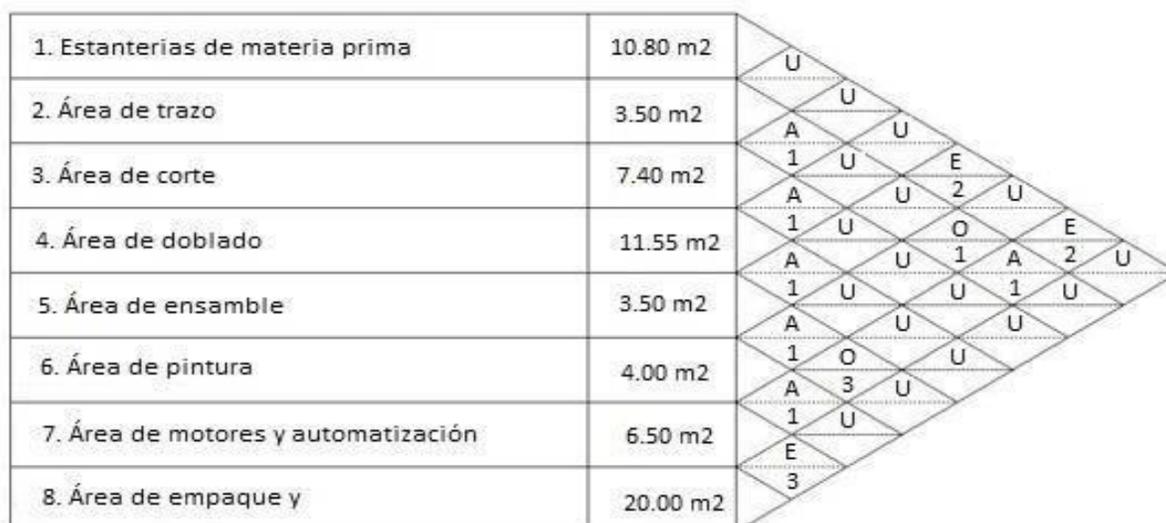
*Códigos y motivos de las relaciones*

<i>Código</i>	<i>Motivo o causa</i>	<i>Código</i>	<i>Tipo de relaciones</i>
1	Flujo	A	Absolutamente
2	productivo	E	importante
3	Suministro	O	Especialmente
	de	U	importante
	materiales		Ordinaria
	Inspección y control del producto		<u>Sin importancia</u>

**Fuente:** Elaboración propia, 2021

**Figura 16.**

*Relación entre actividades*



**Fuente:** Elaboración propia.

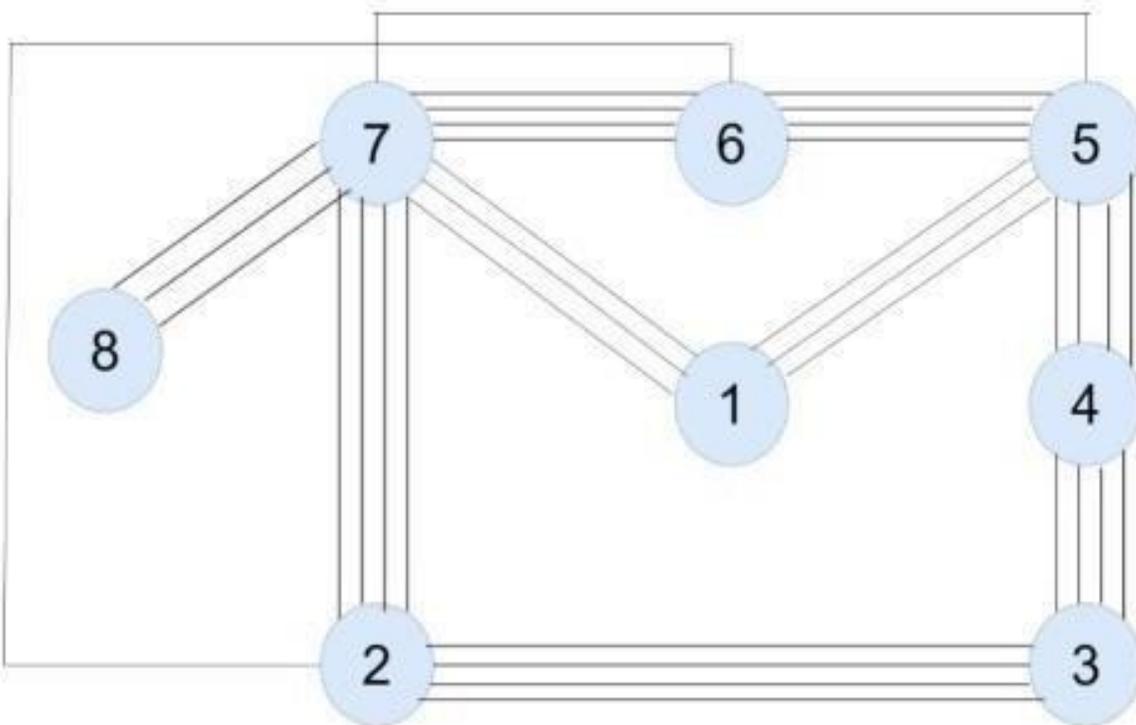
Se puede observar la matriz donde está cada departamento con su respectiva relación entre sí, es decir entre que departamentos necesitan estar cerca o deben alejarse, y bajo cada tipo de relación existe un valor que indica la causa por la cual se relacionan y finalmente se observa el tamaño o dimensión del área.

#### 4.4 Diagrama relacional de actividades

Este diagrama está diseñado para mostrar los datos que contiene la matriz de relación de actividades. Se inicia con las actividades A y E que son las más importantes. La siguiente figura muestra cómo se relacionan las actividades dentro del proceso productivo.

**Figura 17.**

*Diagrama relacional de actividades*



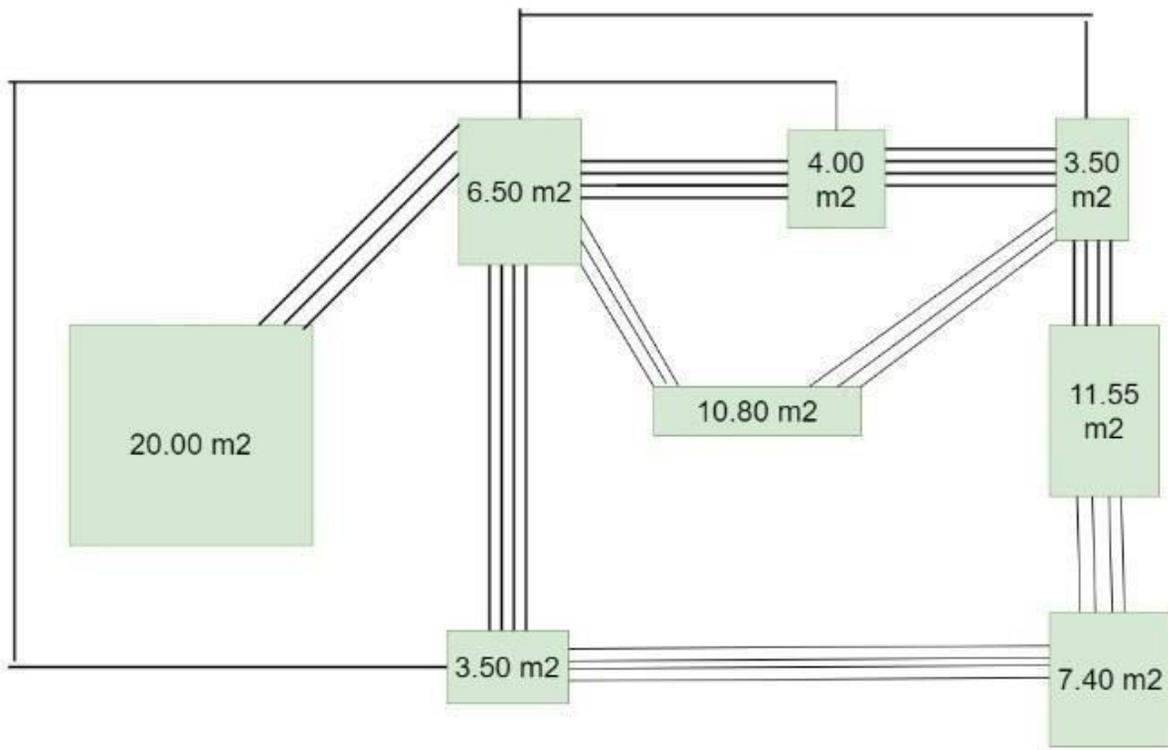
**Fuente:** Elaboración propia, 2021

#### 4.5 Diagrama relaciones de espacios

Una vez realizado el cálculo de zonas y superficies espaciales de las áreas que conforman el proceso de producción, se da paso a la elaboración del diagrama de relación y posteriormente el diagrama relacional de espacios, en el cual se asigna la superficie espacial necesaria para cada una de las actividades sin cambiar el orden de relación entre las mismas. Obteniendo el primer boceto de distribución en planta, mismo que ha sido comparado con el espacio disponible.

**Figura 18.**

*Diagrama relacional de espacios*



**Fuente:** Elaboración propia, 2021

#### 4.6 FASE DE SÍNTESIS

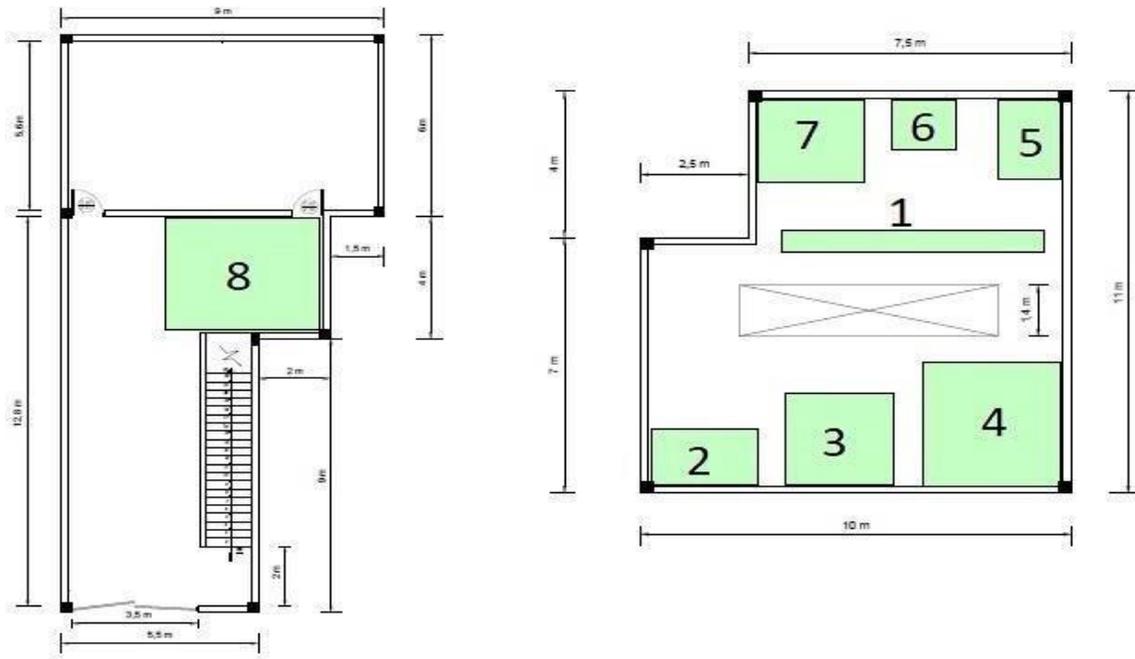
En la fase de síntesis en el SLP los factores influyentes para el diseño de distribución en planta fueron tomados en cuenta con el fin obtener un óptimo uso del espacio disponible.

- Dentro de la línea de producción, la actividad anterior al área objeto de estudio se encuentra subiendo las gradas, por lo que es necesario que la siguiente
- actividad se encuentre lo más cercana posible, con el objetivo de reducir tiempos de transporte del objeto de trabajo.
- Se organizó el flujo productivo enfocado en los productos con mayor importancia en base a la clasificación ABC (Compresores y evaporadores).
- Se analizó el espacio de cada puesto de trabajo marcado por la normativa de seguridad y salud (Decreto ejecutivo 2393), teniendo así un área segura para cada trabajador, Además, se incluyeron los pasillos de circulación de los trabajadores, los cuales fueron diseñados de ochenta centímetros de ancho, obteniendo una buena circulación por los pasillos de los departamentos.

Se crearon dos alternativas claras al diseño de la fábrica utilizando y modificando diagramas especiales relacionales, teniendo en cuenta todos los requerimientos para garantizar un entorno de trabajo adecuado y seguro,

**Figura 19.**

*Primera solución de distribución en planta*



**Fuente:** Elaboración propia, 2021

#### **4.7 FASE DE EVALUACIÓN**

Al culminar la fase de síntesis, se realizó la valoración de la propuesta ligado al gerente propietario de la empresa y con algunos miembros del personal de producción, quienes fueron muy críticos y reales al momento de ponderar la nueva alternativa y expresar su punto de vista sobre la utilidad de la nueva propuesta.

De esta manera, se recolecto la siguiente ponderación para la nueva alternativa en base a criterios establecidos y con una escala de calificación del 1 al 10, en donde 10 es la mayor puntuación.

**Tabla 17.**

*Análisis de las distintas alternativas de distribución en planta*

<b>Criterios</b>	<b>Peso</b>	<b>Calificación</b>
	%	
Comunicación directa con las actividades anteriores y posteriores al área objeto de estudio.	20	8
Posibilidad de implementar más maquinaria.	10	7
Utilización eficiente del espacio disponible	30	8
Flujo de materiales y del objeto de trabajo de manera ordenada y secuencial.	30	10
Posibilidad de ajustar y reordenar la distribución actual	10	8
	100	8,6

**Nota:** Elaborado por el autor

Una vez realizado el estudio de la Tabla 17, se llegó a la conclusión que la mejor alternativa para esta investigación es la 2, debido a que es la que, mejor cumpliendo con los requerimientos del proceso industrial, por lo que la planificación sistemática del diseño de planta (SLP) es un método cualitativo desarrollado para obtener soluciones de diseño viables.

Para que luego se aplicaron los métodos de cuantificación CRAFT y CORELAP y las soluciones obtenidas se compararon con el método SLP.

#### **4.7.1 SOLUCIÓN CRAFT**

Para obtener los resultados del método CRAFT, fue necesario utilizar complementos en Microsoft Excel y se inició por el registro e ingreso de datos referentes al problema como son; número de departamentos necesarios para el óptimo Layout y el nombre del proyecto. Se utilizó

la información obtenida y usada en el método SLP, por lo que se transcribió los datos obtenidos en el anterior método. Se conservó la unidad de medida anterior, siendo esta en metros

Una vez completada la información inicial de este problema, se creó una hoja en Microsoft Excel en la cual se escribió la longitud y el ancho disponible en las instalaciones; También se llenó una matriz con el nombre de cada uno de los departamentos y el área requerida por cada uno de ellos.

Luego de completar los datos iniciales acerca del problema, se generó automáticamente una hoja de Excel donde se ingresó la longitud y el ancho de las nuevas instalaciones, así como el nombre de los departamentos y su área ocupada (Anexo 8).

También se adjuntó datos relevantes acerca de cómo se debe elaborar el flujo productivo, que consiste en escribir las interacciones entre los diferentes departamentos y su grado de importancia de acuerdo con la importancia de su interacción. Siendo esto connotado por un punto emisor  $i$  hacia un receptor  $j$  (Anexo 9).

A continuación, en la tabla 18 se observa la matriz To – From en la que se pondera la interacción entre departamentos siendo el valor más alto un mayor grado de importancia y el menor valor un grado menos significativo.

**Tabla 18***Datos de Matriz From-To*

<b>Departamento i (From)</b>	<b>Departamento j (to)</b>	<b>Datos de flujo</b>	<b>Valor ingresado</b>	<b>Tipo de relación</b>
<b>Estanterías de MP D1</b>	Área de ensamble D5	Material	15	Importante
	Área de motores D7	Material	15	Importante
	Área de corte D3	Piezas	15	Importante
<b>Área de trazo D2</b>	Área de pintura D6	Piezas	12	Ordinaria
	Área de motores D7	Piezas	15	Importante
	Área de corte D3	Área de doblado D4	Piezas	18
<b>Área de doblado D4</b>	Área de ensamble D5	Piezas	18	Muy importante
<b>Área de ensamble D5</b>	Área de pintura D6	Estructuras	15	Importante
<b>Área de pintura D6</b>	Área de motores D7	Estructuras	15	Importante
<b>Área de motores D7</b>	Área de empaque y almacenamiento D8	Productos	15	Importante

**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.7.2 SOLUCIÓN CORELAP**

Para la elaboración de este método que ayuda a mejorar el desempeño del flujo productivo, se tomó datos ya usados antes como: el número de departamentos, los cuales deben tener definida el área requerida en metros cuadrados, de igual manera la superficie total de las instalaciones.

Se realizó también una ponderación basada en la proximidad que se mantiene entre departamentos, en la cual la ponderación más alta corresponde a una considerable e importante necesidad de proximidad entre los departamentos. Y de la misma manera con una ponderación constante baja, demuestra que no es tan importante mantener cercanía entre departamentos.

Para continuar con el método, fue obligatorio ingresar una matriz de relación entre actividades, misma que fue transcrita y tomada del método anterior (SLP) donde existen las siguientes connotaciones:

- (A) Absolutamente
- (E) Especialmente
  - (O) Ordinaria
- (U) Importancia sin relación

Finalmente, se generó los resultados, mismos que muestran la siguiente información:

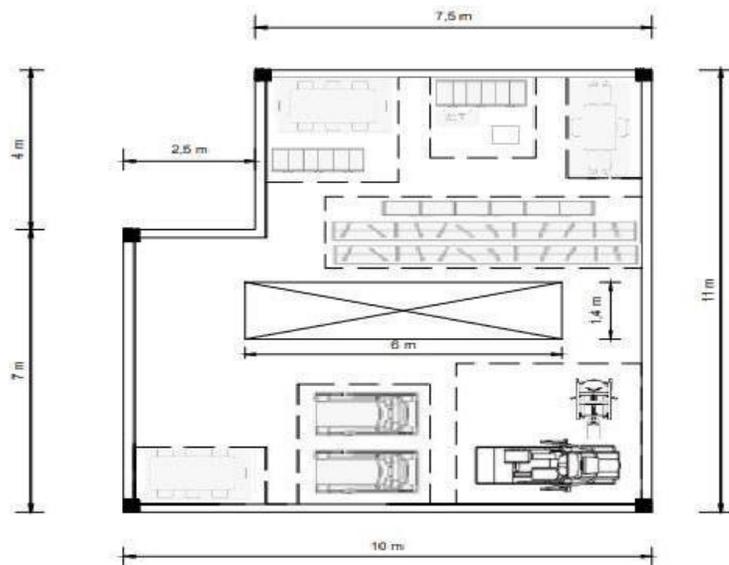
- Cada departamento está ordenado en función de su relación, los demás según sus obligaciones establecidos. El orden de jerarquía se denomina TCR. (Total Closeness Rating).
- La superficie requerida calculada por el programa indica que es menor a la superficie disponible y esto se puede observar en los resultados obtenidos en el anexo 13.
- El cálculo de iteraciones, que se realizó en dos proceso iterativos: permitió determinar el lugar en el que se colocaron los departamentos y adecuarlos en la posición más favorable.

Luego de analizar las soluciones cuantitativas de distribución de plantas, se enfatiza que estos métodos brindan organización de los departamentos a ejecutar y disponen un flujo de producción viable, no la asignación de áreas específicas de cada departamento que es importante. Esto se hace con la condición de que el programa cree un área de fábrica rectangular y el área en la que se implementa la línea de producción en consideración no sea rectangular. Una solución final en cuanto a la distribución de activos requirió un reajuste de los resultados alcanzados en el programa.

El diseño final de las instalaciones propuesto se muestra en la Figura 19. Donde muestra las dimensiones a lo largo y ancho de cada estación, el movimiento de personal y la ubicación de la maquinaria en los pasillos.

**Figura 20.**

*Solución final de distribución en planta*



**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.8 COMPARATIVA DE SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA

En la tabla 19 se muestra la comparación de los datos obtenidos de la situación actual de la empresa y la propuesta.

**Tabla 19.**

*Comparativa de datos*

<b>Descripción</b>	<b>MEJORAS</b>		<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTA</b>	
<b>COSTO M.O/MINUTO</b>	0,09	0,09	Dólares
<b>TIEMPO DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTO</b>	24	22	Minutos
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN/UND UND/DÍA</b>	2,16	1,98	Dólares
<b>COSTO DIARIO DE PRODUCCIÓN</b>	53,35	48,91	Dólares

**Fuente:** Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- Se recolectó información acerca de la fundamentación teórica en la cual está sustentada esta investigación, misma que facilitó el análisis de diversas metodologías que en la actualidad son usadas para el diseño de distribución en planta.
- El estudio de la situación actual posibilitó la caracterización de la empresa y comprender su estructura organizativa, el proceso de producción donde se determinó los proveedores, la materia prima utilizada, diferentes productos fabricados y sus clientes potenciales.
- El reconocimiento de la situación actual facilitó comprender la distribución en planta existente donde se determinó que el espacio en el centro de trabajo está mal utilizado y la falta de organización en la distribución de los espacios de trabajo.
- Se empleó el flujo de materiales en forma de U que generó una mejora al optimizar el espacio utilizado, mayor control en los procesos productivos y una interacción directa entre las actividades anteriores y posteriores con área objeto de estudio.
- Se aplicó la Planeación Sistemática de Distribución en Planta (SLP) donde se originó una solución factible que se obtuvo como resultado al evaluar diferentes alternativas de solución en conjunto con el gerente de la empresa y el personal operativo.
- Se evaluó la propuesta de distribución en planta de manera cuantitativa y cualitativa, donde se reflejó mejoras al disminuir el costo de transporte del objeto de trabajo en un 8,33% con respecto a la distribución actual.

## RECOMENDACIONES

- Aplicar la distribución en planta propuesta en las instalaciones de la empresa con la finalidad de impulsar la mejora de las condiciones de trabajo y garantizar la organización en el proceso productivo del área objeto de estudio.
- Evaluar los puestos de trabajo con la finalidad de colocar la señalización precisa de salud y seguridad en el trabajo; así como ejecutar el diseño de instalaciones eléctricas basándose en las necesidades del centro de trabajo y ductos de ventilación para las sueldas eléctricas, respetando las buenas condiciones de seguridad.
- Llevar a cabo un diseño de distribución en planta antes de establecer nuevas instalaciones con la finalidad de garantizar el espacio necesario para el área deseada, y prevenir espacios subutilizados o por el contrario infraestructura insuficiente
- Es importante aplicar herramientas para la mejora de procesos como el Lean manufacturing, lo cual aportaría de manera significativa en la eliminación o disminución de desperdicios, además, en la organización adecuada de trabajo y el cumplimiento de la gestión de tiempos y movimientos; todo esto fomentaría a la preservación de la mejora continua en la industria.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo-Gonzales, F. (1985). *Distribución en Planta*. Depósito de investigación Unidad de Sevilla. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11441/51066>
- Arias González , J. L., & Covinos Gallardo , M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Enfoques Consulting EIRL.
- Armour, G., & Buffa, E. S. (1963). A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to Relative Location of Facilities. *Management Science*, 294.309.
- Baque, S. (2014). *Mejora de los procesos productivos en la fabricación de paneles para cámaras de frío*. Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4383>
- Caldas Blanco, M. E., & HHidalgo Ortega, M. L. (2022). *Formación y orientación laboral 2022*. España: Editorial Editex.
- Cárdenas, D. (2017). *PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y DE AMBIENTE DE TRABAJO PARA LA NUEVA INSTALACIÓN DE LA EMPRESA MV CONTRUCCIONES LTDA DE LA COMUNA DE LLANQUIHUE*. Universidad Austral de Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2017/bpmfcic266p/doc/bpmfcic266p.pdf>
- Casals, M., Forcada, N., & Roca, X. (2008). *Diseño de complejos industriales : fundamentos*. Universidad Politècnica de Catalunya Barcelonatech. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2099.3/36150>
- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (2008). Obtenido de [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)
- García, H. C. (2011). *Medicina del trabajo y laboral* (Vol. Primera edición). Editorial CES.
- Gordon, A., & Elwood, B. (1963). A heuristic algorithm and simulation approach to relative Location of Facilities. *Management Science*, 294-309.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2021). *Principios de administración de operaciones gestión de la sostenibilidad y de la cadena de suministro*.
- Leyva, M., Mauricio, D., & Salas, J. (2013). *Una taxonomía del problema de distribución de planta por procesos y sus métodos de solución*. Industria Data.

- Marín, Y., Ramos, Â., Montes, J., Hernandez, H., & Lòpez, J. (2011). Juego didáctico, una herramienta educativa para el autoaprendizaje en la ingeniería industrial. *Revista Educaciòn en Ingenieria*, 61-68.
- Martinez M., A. R. (2017). Validation of the Nordic Standardized Questionnaire of Musculoskeletal Symptoms for the Chilean Working Population. *Revista de Salud Pública (XXI)*, 51.
- Ministerio del Trabajo . (s.f.). *Seguridad y Salud en el Trabajo*. Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>
- Ministerio del Trabajo. (2017). Acuerdo Ministerial No. MDT-2017-0135. Qito.
- Mondelo, P., & Torada, E. G. (2010). *Ergonomía I. Fundamentos*. Catalunya,: Univ. Politèc.
- Moreno, A., Àlvarez, A., Noble, V., & Lòpez, J. (2014). *Optimización multiobjetivo del problema de distribución de planta: Un nuevo modelo matemático*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291333276023>
- Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial (SLP)*. Editores Técnicos Asociados, S.A.
- Orozco, E., & Jorge, C. (01 de Enero de 2013). *Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales apoyado en el Uso de la Simulación de Procesos*. Obtenido de <https://doi.org/10.17081/invinno.1.1.206>
- Otavalo, C. (Agosto de 2017). *Estudio de la distribución de planta en el área de hornos para el aprovechamiento de espacios y recursos en la empresa industrial metálica Cotopaxi en el período 2016-2017*. Universidad Tècnica de Cotopaxi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4394>
- ntos y tiempos*. Ecoe Ediciones.
- Pantoja, C. T. (14 de marzo de 2017). Entrevista: Guía práctica para la recolección de datos cualitativos en investigación de salud. *Artículo de reflexión*, 65(2), 329-32.
- Pladevall, X. (25 de febrero de 2022). *Enfermedades osteomusculares: Principal enfermedad laboral*. Recuperado el noviembre de 2022, de Acción Preventiva: <https://www.acciopreventiva.com/enfermedades-osteomusculares-trabajo/>
- Platas, J., & María, C. (2014). *Planeación, Diseño y Layout de Instalaciones: Un enfoque por competencias*. Grupo Editorial Patria.
- Priego, C. (2018). *Proyecto de distribución en planta e instalaciones eléctrica, frigorífica y contra incendios de una industria de extracción de aceites esenciales y pectinas de residuos de naranja para el procesado de 500 kg/h*. Universidad Politècnica de

- Catalunya                      Barcelonatech.                      Obtenido                      de  
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/120634>
- Ruiz Cubillos, S. N., & Villarreal Anamá, J. V. (Agosto de 2017). Desarrollo de la metodología Lean Healthcare, como estrategia de mejoramiento continuo, que permita elevar el nivel de servicio prestado en el área de Imágenes diagnósticas del hospital Universitario de La Samaritana (HUS). Bogota.
- Ruiz, E. (2014). Optimización multi-objetivo al problema de distribución de planta usando algoritmos genéticos: cuestiones previas para una propuesta de solución. *Industrial Data*, 120-137.
- Salazar, A., Leydi, V., Añasco, C., & Orejuela, J. (2010). Propuesta de distribución en planta bietapa en ambientes de manufactura flexible mediante el proceso analítico jerárquico. *Revista, EIA*, 161-175.
- Santos, J., Arbòs, L., Castellsaques, O., & Nadal, J. (2008). Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales. *Redalyc*, 28-41.
- Seehoff, & Evans. (1967).
- Segura, A. (2010). *Layout Aplicación a un Despacho de Administración de Fincas*. Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/70169/fichero/CAPITULO+3.pdf>
- Sortino, R. (2001). *Radicación y distribución de planta (layout) como gestión empresarial*. 125-139.
- Técnicas de investigación entrevista, e. y. (2014). *Slideshare*. Recuperado el febrero de 2023, de <https://es.slideshare.net/oscarcaceres9862/tecnicas-de-investigacion-entrevista-encuesta-y-observacin>
- Torrens, A., Vilda, F., & Postils, I. (2010). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Ediciones Díaz de Santos.
- UTN Posgrado. (s.f.). *Facultad de Posgrado De La Universidad Técnica Del Norte*. Obtenido de <https://posgrado.utn.edu.ec/>
- Vaamonde, C. V. (2017). *Organización Empresarial y Recursos Humanops*. Madrid: Ideaspropias.
- Vallhonrat Bou, o., & Corominas, A. (1991). *Localización, distribución en planta y manutención*. Marcombo.

# ANEXOS

## Anexos 1

### Fichas técnicas de maquinaria

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
<b>FECHA:</b>	13/05/2021	<b>MODELO:</b>	dwe49twin	<b>CANT:</b>	3
<b>NOMBRE:</b>	Amoladora				
<b>MARCA:</b>	Dewalt				
<b>DPTO:</b>	Corte				
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
<b>VOLTAJE:</b>	110v	<b>DIMENSIONES:</b>	1,5 x 1,00		
USO Y FUNCIONAMIENTO					
Amoladora angular - Corte de hierro - Corte de acero - Desbaste de metal -Pulimiento de metal.					
<b>Elaborado por:</b>	Jorge Navarrete	<b>Revisado por:</b>	Yakleem Montero	<b>Aprobado por:</b>	Byron Esparza

## FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA

<b>FECHA:</b>	13/05/2021	<b>MODELO:</b>	CT-laminado	<b>CANT:</b>	1
<b>NOMBRE:</b>	Cortadora de tol				
<b>MARCA:</b>	Truper				
<b>DPTO:</b>	Corte				
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>					
<b>VOLTAJE:</b>	-	<b>DIMENSIONES:</b>	2,50 x 1,35		

## USO Y FUNCIONAMIENTO

Corta láminas de tol - Medida del corte regulatorio - Prensas sujetadoras para estabilidad y precisión del corte - Guillotina centrada.

<b>Elaborado por:</b>	Jorge Navarrete	<b>Revisado por:</b>	Yakcleem Montero	<b>Aprobado por:</b>	Byron Esparza
-----------------------	-----------------	----------------------	------------------	----------------------	---------------

## FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA

<b>FECHA:</b>	13/05/2021	<b>MODELO:</b>	-	<b>CANT:</b>	1
<b>NOMBRE:</b>	Dobladora de tol				
<b>MARCA:</b>	Truper				
<b>DPTO:</b>	Doblado				
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>					
<b>VOLTAJE:</b>	-	<b>DIMENSIONES:</b>	3,50 x 1,50		
<b>USO Y FUNCIONAMIENTO</b>					
<p>Prensa y endereza láminas de tol de hasta 8 milímetros - Dobladora de piezas de tol.</p>					
<b>Elaborado por:</b>	Jorge Navarrete	<b>Revisado por:</b>	Yackleem Montero	<b>Aprobado por:</b>	Byron Esparza
<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>					
<b>FECHA:</b>	13/05/2021	<b>MODELO:</b>	Prensa de banco	<b>CANT:</b>	1
<b>NOMBRE:</b>	Prensa				

<b>MARCA:</b>	lewin				
<b>DPTO:</b>	Doblado				
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>					
<b>VOLTAJE:</b>	-	<b>DIMENSIONES:</b>	1,20 x 1,20		
<b>USO Y FUNCIONAMIENTO</b>					
<p>Comprime y endereza piezas de metal de hasta 22 milímetros de espesor - Sistema de yunque sujetador.</p>					
<b>Elaborado por:</b>	Jorge Navarrete	<b>Revisado por:</b>	Yakcleem Montero	<b>Aprobado por:</b>	Byron Esparza
<b>FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA</b>					
<b>FECHA:</b>	13/05/2021	<b>MODELO:</b>	Prensa de banco	<b>CANT:</b>	1
<b>NOMBRE:</b>	Prensa				
<b>MARCA:</b>	lewin				
<b>DPTO:</b>	Doblado				

CARACTERÍSTICAS GENERALES					
<b>VOLTAJE:</b>	-	<b>DIMENSIONES:</b>	1,20 x 1,20		
USO Y FUNCIONAMIENTO					
<p>Comprime y endereza piezas de metal de hasta 22 milímetros de espesor - Sistema de yunque sujetador.</p>					
<b>Elaborado por:</b>	Jorge Navarrete	<b>Revisado por:</b>	Yakleem Montero	<b>Aprobado por:</b>	Byron Esparza
FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
<b>FECHA:</b>	13/05/2021	<b>MODELO:</b>	d55167	<b>CANT:</b>	1
<b>NOMBRE:</b>	Compresor				
<b>MARCA:</b>	DeWalt				
<b>DPTO:</b>	Pintura				
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
<b>VOLTAJE:</b>	110v	<b>DIMENSIONES:</b>	0,80 x 0,40		

**USO Y FUNCIONAMIENTO**

Comprime y expulsa aire para agilizar el proceso de pintado de piezas - presión máxima de trabajo 200 PSI

<b>Elaborado por:</b>	Jorge Navarrete	<b>Revisado por:</b>	Yakleem Montero	<b>Aprobado por:</b>	Byron Esparza	
-----------------------	-----------------	----------------------	-----------------	----------------------	---------------	--

**FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA**

<b>FECHA:</b>	13/05/2021	<b>MODELO:</b>	d55167	<b>CANT:</b>	1
---------------	------------	----------------	--------	--------------	---

<b>NOMBRE:</b>	Compresor				
----------------	-----------	--	--	--	--

<b>MARCA:</b>	DeWalt				
---------------	--------	--	--	--	--

<b>DPTO:</b>	Pintura				
--------------	---------	--	--	--	--

**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

<b>VOLTAJE:</b>	110v	<b>DIMENSIONES:</b>	0,80 x 0,40		
-----------------	------	---------------------	-------------	--	--

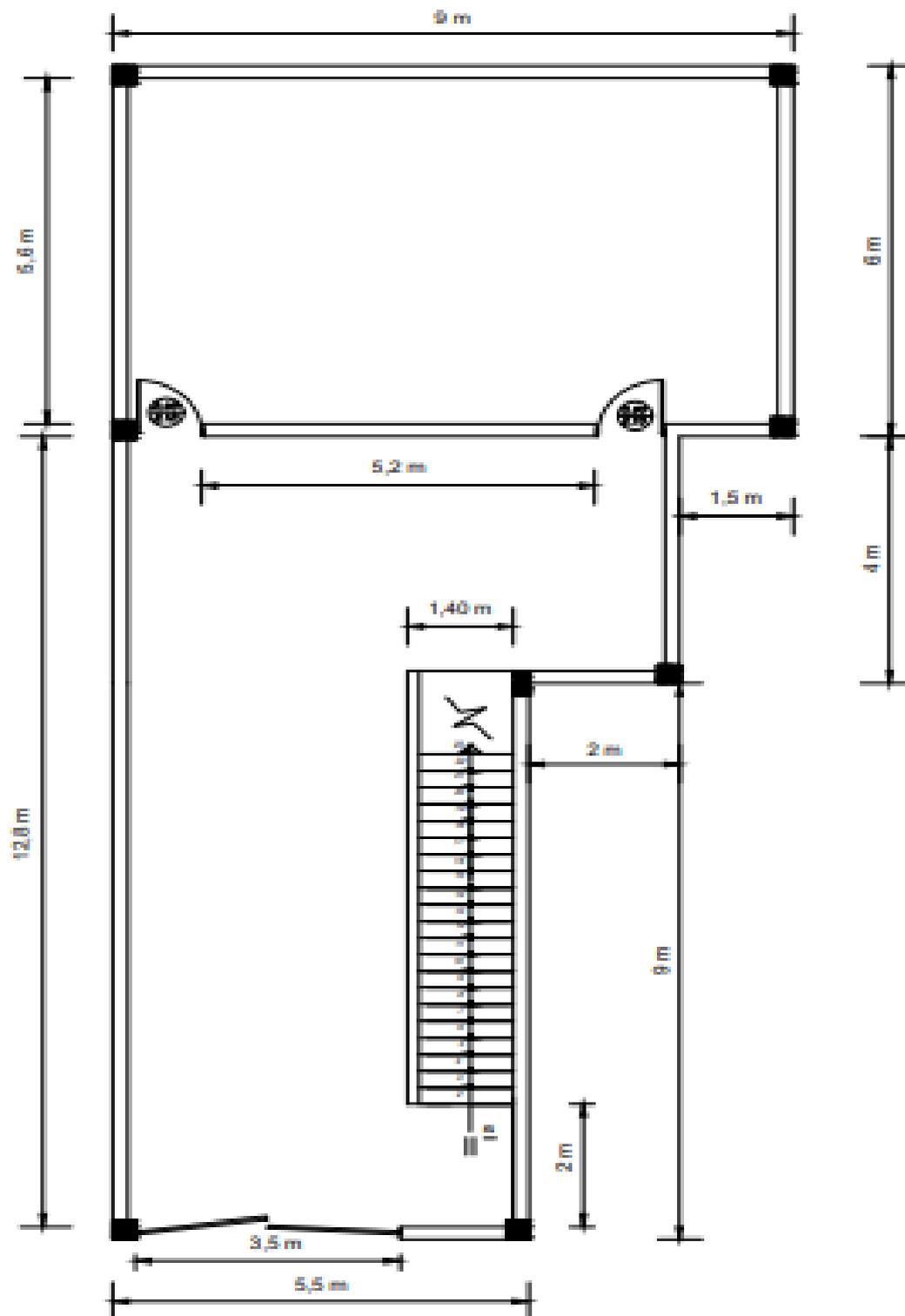
**USO Y FUNCIONAMIENTO**

Comprime y expulsa aire para agilizar el proceso de pintado de piezas - presión máxima  
de trabajo 200 PSI

<b>Elaborado por:</b>	Jorge Navarrete	<b>Revisado por:</b>	Yakleem Montero	<b>Aprobado por:</b>	Byron Esparza	
-----------------------	-----------------	----------------------	-----------------	----------------------	---------------	--

## Anexos 2

### Layout de instalaciones



### Anexos 3

#### Datos del Layout inicial en los complementos de Excel – CRAFT

Layout Data

Name: OTEFRISA

Number of Departments: 7

Number of Fixed Points: 0

Distance Measure (ft, m, etc.): m

Make Random Problem

OK

Cancel

### Anexos 4

#### Información de departamentos e instalaciones – CRAFT

#### Facility Information

Scale-m/unit	1	Cells
Length-m	9	9
Width-m	10	10
Area-sq.m	90	90

#### Department Information

	Name	F/V	Area	Cells
Dept. 1	D 1	F	11	11
Dept. 2	D 2	F	4	4
Dept. 3	D 3	F	8	8
Dept. 4	D 4	F	12	12
Dept. 5	D 5	F	4	4
Dept. 6	D 6	F	4	4
Dept. 7	D 7	F	7	7

## Anexos 5

### Flow Matrix – CRAFT

#### Flow Matrix

		TO						
FROM		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D1						15	15	15
D2							12	15
D3					18			
D4						18		
D5							15	
D6								15
D7								

## Anexos 6

### Distribución en planta – CRAFT Distribución en planta actual.

#### Facility Layout

Problem Name:	OTEFRISA
Number Depts.:	7
Length(cells):	9
Width(cells):	10
Area (cells):	90
Cost:	823

Method:	Traditional
Layout:	Aisle
Fill Departments:	No
Measure:	Rectilinear
Number Aisles:	3
Dept. Width:	4

Department	Color	Area-require	Area-define	x-centroid	y-centroid	Sequence
D 1	1	11	11	1,86363637	1,40909088	1
D 2	2	4	4	2	3,25	2
D 3	3	8	8	2	4,75	3
D 4	4	12	12	2	7,25	4
D 5	5	4	4	5	8,5	5
D 6	6	4	4	6	7,75	6
D 7	7	7	7	5,92857122	6,35714293	7

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0
4	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0
5	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0
6	3	3	3	4	7	7	0	0	0	0
7	4	4	4	4	7	7	7	7	0	0
8	4	4	4	4	6	6	6	7	0	0
9	4	4	4	5	5	5	5	6	0	0

Distribución en planta propuesta.

### Facility Layout

Problem Name:	OTEFRISA	Method:	Traditional
Number Depts.:	7	Layout:	Aisle
Length(cells):	9	Fill Departments:	No
Width(cells):	10	Measure:	Rectilinear
Area (cells):	90	Number Aisles:	5
Cost:	630	Dept. Width:	2

Department	Color	Area-require	Area-defin	x-centroid	y-centroid	Sequence
D 1	1	11	11	0,95454544	2,77272725	1
D 2	2	4	4	1	6,5	2
D 3	3	8	8	2,25	7,875	3
D 4	4	12	12	3	3,5	4
D 5	5	4	4	4,5	0,75	5
D 6	6	4	4	5	2,5	6
D 7	7	7	7	5,07142878	5,21428585	7

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	4	4	5	5	5	0	0	0	0
2	4	4	1	1	5	6	0	0	0	0
3	4	4	1	1	5	6	0	0	0	0
4	4	4	1	1	6	7	0	0	0	0
5	4	4	1	1	7	7	0	0	0	0
6	4	3	3	1	7	7	0	0	0	0
7	3	3	3	1	7	7	0	0	0	0
8	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0
9	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0

## Anexos 7

### Datos del problema – CORELAP

**ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS  
POR IMPORTANCIA**

Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	AUTOMATIZACIÓI	24	6,5
2.-	ENSAMBLE	24	3,5
3.-	PINTURA	21	4
4.-	TRAZO	21	3,5
5.-	DOBLADO	20	11,55
6.-	CORTE	20	7,4
7.-	MATERIA PRIMA	18	10,8

Calcular Iteraciones  
 Superficie Requerida < Superficie Disponible  
 Superficie Requerida: 47,25  
 Superficie Disponible: 91,6

## Anexos 8

### Matriz de relaciones entre actividades – CORELAP

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1

Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3	4	5	6	7
1 MATERIA PRIMA	10,80	■	U	U	U	E	U	E
2 TRAZO	3,50		■	A	U	U	O	A
3 CORTE	7,40			■	A	U	U	U
4 DOBLADO	11,55				■	A	U	U
5 ENSAMBLE	3,50					■	A	O
6 PINTURA	4,00						■	A
7 AUTOMATIZACIÓN	6,50							■



## Anexos 11

### Representación gráfica.

