



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

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

TEMA:

**“OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE
MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL TALLER DE
MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA EMPRESA SYMEP S.A.”**

AUTOR: MAURICIO ANDRÉ RAMÍREZ CRESPO

DIRECTOR: MSc. YAKCLEEM MONTERO SANTOS

IBARRA – ECUADOR

2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. 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:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	080412675-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	RAMÍREZ CRESPO MAURICIO ANDRÉ		
DIRECCIÓN:	Imbabura - Ibarra		
EMAIL:	maramirezc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	N/A	TELÉFONO MÓVIL:	0982524868


DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Optimización del flujo de producción a través de métodos de distribución en planta del taller de máquinas y herramientas de la empresa SYMEP S. A.
AUTOR (ES):	RAMÍREZ CRESPO MAURICIO ANDRÉ
FECHA:	06 de Agosto del 2019
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Industrial
ASESOR /DIRECTOR:	Msc. Yakcleem Montero Santos

2. 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 la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de agosto del 2019

AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'R' and 'C' followed by a horizontal line. Below the signature is a dotted line.

Firma

Nombre: Ramírez Crespo Mauricio André

Cédula: 080412675-3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DECLARACIÓN

Yo, Ramírez Crespo Mauricio André, con cédula de ciudadanía Nro. 080412675-3 declaro bajo juramento que el trabajo de grado con el tema **“OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA EMPRESA SYMEP S.A.”**, corresponde a mi autoría; y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Además, a través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de la Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normativa Institucional vigente.

Ibarra, a los 06 días del mes de agosto del 2019.

AUTOR:

.....
Firma

Nombre: Ramírez Crespo Mauricio André

Cédula: 080412675-3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Yackleem Montero MSc., director del Trabajo de Grado desarrollado por el señor estudiante **RAMÍREZ CRESPO MAURICIO ANDRÉ**.

CERTIFICA

Que, el Proyecto de Trabajo de Grado titulado “**OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA EMPRESA SYMEP S.A.**”, ha sido elaborado en su totalidad por el señor estudiante **Ramírez Crespo Mauricio André** bajo mi dirección, para la obtención del título de Ingeniero Industrial. Luego de ser revisada, considerando 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, a los 06 días del mes de agosto del 2019.

.....
MSc. Yackleem Montero Santos

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

A Dios, por guiar mi camino a lo largo de mi vida y darme la fuerza para culminar con éxito una de mis metas profesionales.

A mi madre, Gladis Crespo, por ser madre y padre a la vez, por motivarme a ser mejor cada día, por enseñarme con su ejemplo que con esfuerzo, dedicación y perseverancia se consiguen las metas propuestas, pero sobre todo por su amor y apoyo incondicional.

A mi abuelita, Elsie Merchán, por sus enseñanzas y sabios consejos, por quererme y apoyarme en todo momento.

A mi tía, Mayra Ramírez, por estar presente en los momentos en que más la necesite y por su preocupación y apoyo en mi carrera universitaria.

A mis hermanos, tíos y enamorada por brindarme su apoyo y acompañarme en cada una de las etapas de este largo camino.

MAURICIO ANDRÉ RAMÍREZ CRESPO

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la sabiduría y temple para alcanzar esta meta, por brindarme su bendición y protección toda mi vida.

Al Ing. Yakcleem Montero, tutor de esta tesis por direccionarme y ayudarme al desarrollo del trabajo con la ayuda de sus conocimientos.

Mi reconocimiento a la Empresa Suministro y Mantenimiento de Equipos Petroleros SYMEP S.A., por su colaboración y ayuda brindada para el desarrollo del proyecto.

A la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ingenierías en Ciencias Aplicadas y a la Carrera de Ingeniería Industrial por haberme permitido conseguir el logro de esta meta personal.

A cada uno de los docentes de las materias recibidas por impartir sus conocimientos y experiencias para formarme académicamente.

De manera especial agradezco a mi familia por el apoyo y los consejos que me brindaron a lo largo de mi carrera universitaria, inspirándome a ser mejor cada día.

MAURICIO ANDRÉ RAMÍREZ CRESPO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
DECLARACIÓN	IV
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
ABREVIATURAS	XVI
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT	XVIII
CAPÍTULO I.....	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. ALCANCE.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN	3

CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	6
2.1.1 Factores que se debe tomar en cuenta en la distribución en planta	8
2.1.2 Principios de la distribución en planta.....	9
2.2 FLUJOS DE PRODUCTOS	10
2.3 TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	11
2.3.1 Distribución por procesos	11
2.3.2 Distribución por producto.....	12
2.3.3 Distribución por posición fija	13
2.3.4 Distribución por células de trabajo	14
2.4 UBICACIÓN DE MÁQUINAS	15
2.5 MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	16
2.5.1 Planeación sistemática de la distribución (SLP).....	16
2.5.2 Planificación de Diseño de Relaciones Computarizadas (CORELAP)....	23
2.5.3 Asignación Relativa Computarizada de Instalaciones (CRAFT).....	24
2.5.4 Programa Automatizado para Diseño de Distribución Física (ALDEP)..	25
2.5.5 Diseño de Instalaciones Computarizadas (COFAD).....	26
2.6 SEGURIDAD ESTRUCTURAL.....	27
CAPÍTULO III	29
3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	29

	X
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	29
3.2. MISIÓN	30
3.3. VISIÓN	30
3.4. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.....	30
3.5. ANÁLISIS FODA	32
3.6. FLUJO DE PROCESO DEL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS.....	37
3.7. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA ACTUAL.....	40
3.8. MAQUINARIA, MANO DE OBRA Y MATERIA PRIMA.....	42
3.8.1. Maquinaria y Mano de Obra.....	42
3.8.2. Materia Prima	44
CAPÍTULO IV	45
4. OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN DEL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA EMPRESA SYMEP S.A.....	45
4.1. PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (SLP)	45
4.1.1. Flujo de materiales	45
4.1.2. Cálculo de superficies.....	47
4.1.3. Relación entre actividades	48
4.1.4. Diagrama relacional entre actividades.....	50
4.1.5. Diagrama relacional de espacios	52
4.1.6. Propuesta de distribución en planta del taller de máquinas y herramientas	53

4.1.7. Diagrama de Recorrido.....	54
4.2. PLANIFICACIÓN DE DISEÑO DE RELACIONES COMPUTARIZADAS (CORELAP)	55
4.3. ASIGNACIÓN RELATIVA COMPUTARIZADA DE INSTALACIONES (CRAFT).....	60
4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	63
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Relaciones de cercanía	20
Tabla No. 2: Motivos de las relaciones entre actividades	21
Tabla No. 3: Representación de proximidad entre departamentos	21
Tabla No. 4: Clasificación para las relaciones de cercanía	23
Tabla No. 5: Análisis FODA	33
Tabla No. 6: Matriz de Evaluación de Factores Internos	34
Tabla No. 7: Matriz de Evaluación de Factores Externos	35
Tabla No. 8: Matriz de Estrategias	37
Tabla No. 9: Recursos para la producción de Recipientes de Presión	43
Tabla No. 10: Recursos para la Producción de Intercambiadores de Calor	43
Tabla No. 11: Cálculo de Superficies de la línea de producción de Recipientes de Presión	47
Tabla No. 12: Cálculo de Superficies de la línea de producción de Intercambiadores de Calor	48
Tabla No. 13: Tipos y motivos de relaciones y líneas de trazado	49
Tabla No. 14: Datos de matriz From –To Recipientes de Presión	61
Tabla No. 15: Datos de matriz From –To Intercambiadores de Calor	62
Tabla No. 16: Costo Total de Transporte del Objeto de Trabajo	63
Tabla No. 17: Validación de la propuesta de distribución en planta de la línea de producción Recipientes de Presión.....	64
Tabla No. 18: Validación de la propuesta de distribución en planta de la línea de producción Intercambiadores de Calor.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Razones para una distribución en planta	7
Figura 2: Distribución por procesos en un taller	12
Figura 3: Distribución por productos	13
Figura 4: Factores que intervienen en la distribución por posición fija.....	14
Figura 5: Distribución por células de trabajo	15
Figura 6: Pasos para desarrollar la metodología SLP	18
Figura 7: Análisis de producto y cantidad.....	19
Figura 8: Diagrama relacional de actividades	20
Figura 9: Iteraciones del Método CRAFT.....	25
Figura 10: Distribución en planta por el método ALDEP.....	26
Figura 11: Organigrama organizativo	30
Figura 12: Posición Estratégica de SYMEP S.A.	36
Figura 13: Diagrama OTIDA de Recipientes de Presión.....	38
Figura 14: Diagrama OTIDA de Intercambiadores de Calor.....	39
Figura 15: Layout de la parte frontal de la empresa.....	40
Figura 16: Layout del área central de la empresa.....	41
Figura 17: Layout del taller de máquinas y herramientas	42
Figura 18: Diagrama de procesos de Recipiente de Presión	46
Figura 19: Diagrama de procesos de Intercambiadores de Calor.....	46
Figura 20: Matriz de relación entre actividades de Recipientes de Presión.....	49
Figura 21: Matriz de relación entre actividades de Intercambiadores de Calor.....	50
Figura 22: Diagrama relacional entre actividades de Recipientes de Presión.....	51
Figura 23: Diagrama relacional entre actividades de Intercambiadores de Calor.....	51
Figura 24: Diagrama relacional de espacios de Recipientes de Presión	52

Figura 25: Diagrama relacional de espacios de Intercambiadores de Calor	53
Figura 26: Propuesta de distribución en planta del taller de máquinas y herramientas..	54
Figura 27: Diagrama de recorrido de las líneas de producción.....	55
Figura 28: Orden de importancia de los departamentos Recipientes de Presión	56
Figura 29: Orden de importancia de los departamentos de Intercambiadores de Calor	57
Figura 30: Layout adecuado de la línea de producción de Recipientes de Presión	57
Figura 31: Layout adecuado Intercambiadores de Calor	58
Figura 32: Iteraciones del layout adecuado de Recipientes de Presión.....	59
Figura 33: Iteraciones del layout adecuado de Intercambiadores de Calor.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No. 1: Plano de la parte frontal de la empresa.....	74
Anexo No. 2: Plano del área central de la empresa.....	75
Anexo No. 3: Plano del taller de máquinas y herramientas	76
Anexo No. 4: Fichas Técnicas de Maquinaria	77
Anexo No. 5: Plano de la propuesta de distribución en planta del taller.	87
Anexo No. 6: Datos de las líneas de producción y matrices de relaciones CORELAP...	88
Anexo No. 7: Datos para el cálculo del costo total del transporte del objeto de trabajo CRAFT	90
Anexo No. 8: Cálculo del costo total del transporte del objeto de trabajo CRAFT	92
Anexo No. 9: Plano de la propuesta de distribución en planta con máquinas ubicadas y pasillo de recorrido	94

ABREVIATURAS

ALDEP	Programa automatizado para diseño de distribución física
COFAD	Diseño de instalaciones computarizadas
CORELAP	Planificación de diseño de relaciones computarizada
CRAFT	Asignación relativa computarizada de instalaciones
P	Resultado final
Q	Cantidad o volumen del producto
S	Servicios anexos
SLP	Planeación sistemática de la distribución
SYMEP	Suministro y Mantenimiento de Equipos Petroleros
T	Tiempo
TCR	Índice total de cercanía
X	Recorrido

RESUMEN

El trabajo de titulación se desarrolló en el taller de máquinas y herramientas de la empresa SYMEP S.A. el cual surge por la necesidad de realizar la distribución en planta para dos nuevas líneas de producción de Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor. El objetivo principal es optimizar el recorrido del objeto de trabajo a través de los departamentos de producción, logrando una disminución del costo total de transporte, mediante la aplicación de métodos de distribución en planta.

Se inició con la investigación de la fundamentación teórica analizando las metodologías existentes acerca de la optimización de la distribución en planta, aplicadas en organizaciones productivas. Se caracteriza la empresa, identificando el proceso productivo para cada línea de producción y además se evidenció la infraestructura y dimensiones del taller de máquinas y herramientas.

Se elaboró la propuesta de distribución en planta con un flujo de materiales en forma de U, debido a las restricciones físicas del taller; que cumple con los principios de distribución en planta y las normas de seguridad y salud ocupacional para los trabajadores; a través del método Planeación Sistemática de la Distribución y el método Planificación de Diseño de Relaciones Computarizadas para cada línea de producción tomando en cuenta que el motivo principal de relación y cercanía entre departamentos es el flujo productivo. Para contrastar los resultados se aplicó el método Asignación Relativa Computarizada de Instalaciones por medio de complementos de Excel para calcular el costo total de transporte del recorrido del objeto de trabajo que se obtuvo de la distribución para cada una de las líneas de producción.

ABSTRACT

The degree work was developed in the machine shop of the SYMEP S.A., company from the need to make the distribution in plant for two new production lines of Pressure Vessels and Heat Exchangers. The main objective is to optimize raw material transportation through the departments of production, achieving a decrease of the total cost of transport, by means of the application of distribution methods.

This research started with the creation of the theoretical foundation analysing the existing methodologies about the optimization of distribution, applied in productive organizations. It characterizes the company, identifying the productive process for each production line and evidencing the infrastructure and dimensions of the machine shop.

The proposal for distribution was prepared with a flow of U-shaped materials, due to the physical restrictions of the machine shop; following the principles of plant distribution and occupational health and safety standards for workers; through the method Systematic Planning of Distribution and the method Design Planning of Computerized Relationships for each production line, taking into account that the relationship between departments is the production flow. In order to contrast the results, the Relative Computerized Assignment of Installations method was applied with Excel complements in order to calculate the total transportation cost of the work object from each one of the production lines.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La distribución adecuada de los espacios y áreas de trabajo en una empresa tiene como objetivo principal el de ordenar los elementos industriales para que los procesos productivos se realicen de forma fluida, eficaz y que se cumplan en el tiempo programado, reduciendo los riesgos de accidentes laborales, optimizando el flujo de producción, mejorando la movilidad de los empleados y aumentando la productividad (Vallhonrat & Corominas, 2010).

Las razones para que las empresas decidan optar por la distribución de sus espacios son: congestión de los corredores, piezas y maquinarias obsoletas, confusión y pérdidas de materiales, demoras en los trabajos, riesgos laborales, expansión o ampliación (De la Fuente & Fernández, 2005).

Suministro y Mantenimiento de Equipos Petroleros SYMEP S.A. es una empresa esmeraldeña que cuenta con una experiencia de 12 años en la Industria Petrolera, Termoeléctrica y Naviera brindando mantenimiento de instalaciones, reparación, limpieza industrial de equipos rotativos, estáticos, líneas de procesos y tanques de almacenamiento, además, cuenta con un Taller de Máquinas y Herramientas que se encuentra operando bajo el sistema ISO 9001:2015.

SYMEP S.A. al realizar un estudio de mercado, evidencia la necesidad de expandir sus servicios, pues además del mantenimiento de equipos industriales se dedicará a la producción de equipos a presión e intercambiadores de calor bajo la certificación de la norma ASME, lo que proporcionará un incremento del 10% en el ingreso anual de la empresa, por concepto de

manufactura de equipos. Como política de crecimiento, surge la alternativa de la expansión de la planta de producción.

Identificado el problema la empresa tiene la necesidad de realizar la optimización del flujo de producción de la línea de producción de recipientes de presión e intercambiadores de calor a través de métodos de distribución en planta del taller de máquinas y herramientas de la Empresa de Suministro y Mantenimiento de Equipos Petroleros SYMEP S.A.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Optimizar el flujo de producción del taller de máquinas y herramientas de la empresa SYMEP S.A. aplicando métodos de distribución en planta para la disminución del costo total de transporte del objeto de trabajo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio bibliográfico acerca de los métodos de distribución en planta que se ajusten a la empresa objeto de estudio.
- Establecer la situación actual del taller de máquinas y herramientas de SYMEP S.A.
- Demostrar la optimización del 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).

1.3. ALCANCE

A través del presente estudio se propone optimizar el flujo de producción en el área de manufactura del taller de máquinas y herramientas de la Empresa de Suministro y Mantenimiento de Equipos Petroleros SYMEP S.A. aplicando métodos de distribución en planta para la disminución del costo total de transporte del objeto de trabajo.

La optimización del flujo de producción del taller le permitirá a SYMEP S.A. ampliar sus servicios con la producción de equipos a presión e intercambiadores de calor, bajo la certificación de las normas ASME.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La distribución en planta tiene como objetivo principal que el flujo de los procesos que se realizan en las empresas se dé de forma ordenada, lógica integrando todos los elementos de la producción, minimizando las distancias, disminuyendo el costo total de transporte del objeto de trabajo, haciendo que la circulación sea ágil y segura cumpliendo normas reglamentarias de seguridad. Cada empresa sabe cuáles son los procesos que realiza y las herramientas, máquinas y materiales que necesita para ello, además tiene organizados sus procesos productivos que pueden o no ser los adecuados, es allí donde radica la importancia de una correcta distribución en planta que otorga los siguientes beneficios a quienes las aplican: ordenación física de los elementos industriales de acuerdo a la normativa, rediseños de los flujos de procesos, circulación y movilidad (De la Fuente & Fernández, 2005).

SYMEP S.A. es una empresa ecuatoriana cuya política de calidad se manifiesta mediante el compromiso con sus clientes para satisfacer sus necesidades y requerimientos, cumpliendo las expectativas del servicio brindado. Para ello impulsan una cultura de calidad basada en los

principios de honestidad, liderazgo y desarrollo del recurso humano. Manteniendo un fiel compromiso con la mejora continua, asignando todos los recursos necesarios y cumpliendo con todas las normas de seguridad, estándares de calidad y requisitos legales pertinentes.

La empresa se beneficiará con la optimización del flujo de producción en el taller de máquinas y herramientas a través de métodos de distribución en planta ya que le permitirá aumentar sus servicios, pues además del mantenimiento de equipos industriales se dedicará a la producción de equipos a presión e intercambiadores de calor bajo la certificación de las normas ASME y los espacios de la empresa quedarán mejor distribuidos. Con el proyecto se beneficiará el sector laboral con la generación de plazas de empleo para los esmeraldeños. El sector industrial también se beneficiará porque no será necesario importar ciertos equipos que la empresa empezará a fabricar en el Ecuador, evitando así los costos elevados y los trámites aduaneros.

El trabajo de titulación se enmarca en el Plan Nacional de Desarrollo, Toda una Vida 2017 – 2021, en el eje No. 2 Economía al Servicio de la Sociedad, que busca que la economía de nuestro país crezca logrando que interactúen de forma coherente lo público y privado a través de reglas claras que impulsen la productividad con conciencia social.

El Objetivo No. 5 indica que el Estado debe “Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria que busca el desarrollo de una adecuada política industrial promoviendo la productividad, la competitividad y el uso de la tecnología potencializando las cadenas productivas del país”. (CNP, 2017)

Este proyecto toma en consideración la política No 5.2 que “Promueve la productividad, competitividad y calidad de los productos nacionales, como también la disponibilidad de servicios conexos y otros insumos, para generar valor agregado y procesos de industrialización en los sectores productivos con enfoque a satisfacer la demanda nacional y de exportación” y

la 5.5 “Diversificar la producción nacional con pertinencia territorial, aprovechando las ventajas competitivas, comparativas y las oportunidades identificadas en el mercado interno y externo, para lograr un crecimiento económico sostenible y sustentable” (CNP, 2017).

El proyecto es factible de realizar pues existe la colaboración de SYMEP S.A en la entrega de la información que sea necesaria para la realización del mismo. Además, existe la información en fuentes primarias y secundarias y los recursos económicos por parte del tesista para llevarlo a cabo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo abarca, la fundamentación teórica necesaria para la solución de problemas de distribución en planta y el estudio bibliográfico de los métodos de distribución en planta capaces de ayudar a resolver la problemática de la empresa SYMEP S.A.

2.1 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La distribución en planta busca organizar de forma adecuada y óptima las instalaciones de una empresa con la finalidad de que los procesos productivos sean más eficientes y efectivos (De la Fuente & Fernández, 2005).

La distribución en planta permite el ordenamiento de los elementos industriales como materiales, máquinas, equipos, dispositivos, herramientas, trabajadores, espacios de producción, almacenamiento y todos aquellos que la empresa necesite para su funcionamiento (Párreño, Fernández, Pino, Puente, & De la Fuente, 2008).

Una adecuada distribución “pretende reducir los desplazamientos innecesarios, utilizar el espacio disponible de la mejor forma posible, aumentar la seguridad de los trabajadores, mejorar la calidad de vida en el trabajo y disminuir los riesgos que puedan afectar el buen estado de los materiales, equipos y herramientas” (Castán, Giménez, & Guitart, 2003, pág. 29).

El diseño debe ser sencillo para facilitar la distribución de las áreas dentro de la organización con la finalidad de brindar un mejor servicio y una correcta comunicación (Vallhonrat & Corominas, 2010).

Evita o minimiza las enfermedades y accidentes laborales, aumentando la productividad ya que los procesos se cumplen en los tiempos previstos, distribuyendo de forma adecuada los

materiales, herramientas y máquinas para que estén en los lugares que se las necesita y así no tener que trasladarlos desde largas distancias (Salazar, 2016).

Integrar a las personas, herramientas, actividades y procesos reduciendo distancias, utilizando todos los espacios, brindando seguridad y tranquilidad a los trabajadores es la finalidad de la distribución (Obregón, 2016).

En la figura No.1 se indican las razones para una distribución en planta, las cuales son: agregar nuevos productos a los ya existentes que demandan nuevas maquinarias, herramientas y condiciones especiales; cambio del modelo de distribución que se venía manejando, esto permite determinar si se puede o no aplicar; reemplazo de equipos y máquinas por otros y por último revisión de los procesos y flujos de trabajo para verificar su funcionabilidad. Las razones mencionadas orientan a las empresas a realizar distribuciones o redistribuciones de sus espacios (Vaughn, 2003).

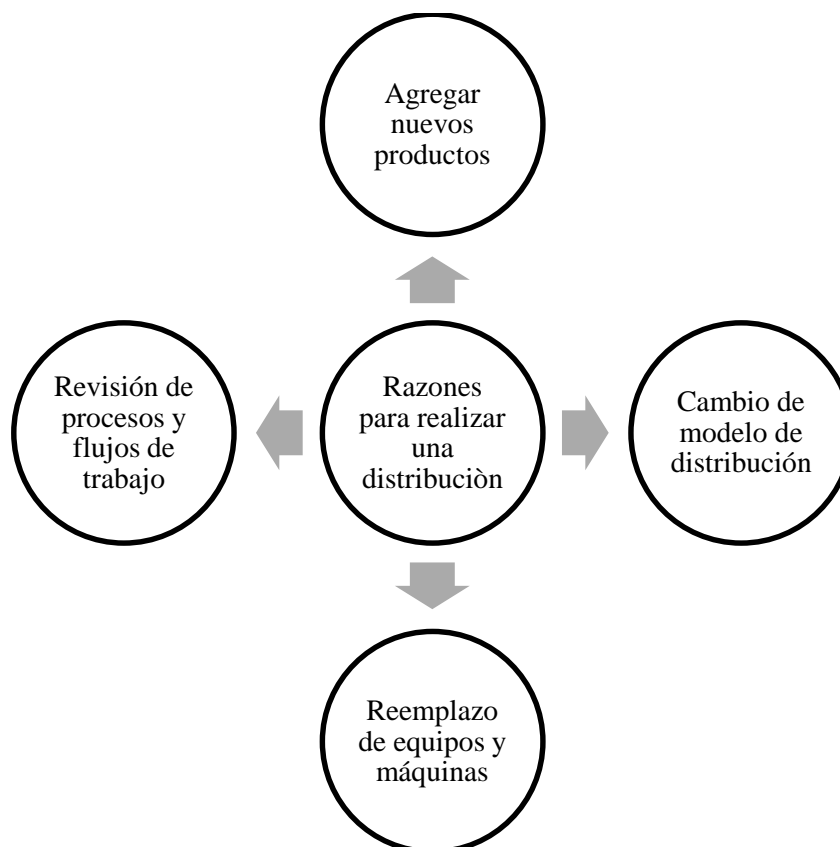


Figura 1: Razones para una distribución en planta

Fuente: (Vaughn, 2003)

Entre las ventajas del uso de distribuciones adecuadas de planta se tiene la reducción de pérdidas económicas, evitar grandes distancias para el traslado de materiales y herramientas, división del personal en las áreas de trabajo, mejoramiento de la calidad de los productos al reducir los tiempos de respuesta en los procesos (Cuatrecasas, 2012).

La importancia de una correcta distribución en planta está enmarcada en la ubicación exacta de los recursos en las diferentes áreas de la empresa, facilitando el flujo de los procesos, haciendo que la comunicación sea viable, mejorando el ambiente de trabajo, ya que cada trabajador conoce que debe hacer y con qué elementos cuenta para ello. El mantenimiento se vuelve más fácil, seguro y se puede realizar en el menor tiempo posible.

Uno de los limitantes que se puede observar al momento de realizar la distribución en planta es el espacio reducido, la cantidad, peso y volumen de las máquinas y equipos, el gran número de trabajadores, pero sobre todo las actividades que se realizan en la producción dentro de la empresa, situación que genera serios problemas.

2.1.1 Factores que se debe tomar en cuenta en la distribución en planta

Los factores que se toman en cuenta para realizar una distribución en planta son materiales, líneas de distribución, personas, máquinas, edificios, tiempos de espera, servicios y cambios, de acuerdo a (De la Fuente & Fernández, 2005).

- **Materiales:** Elementos que pueden transformarse de acuerdo a un proceso de producción, se debe considerar características propias como tamaño, peso, volumen, forma y componentes que determinan la manera de tratarlos y almacenarlos.
- **Líneas de circulación:** Se refieren al movimiento de los materiales desde que llegan a la planta hasta que son utilizados en la producción. Se necesita tomar en cuenta el tipo de transporte a utilizar para su traslado.

- **Personas:** Consideradas la mano de obra dentro de la planta, realizan diferentes actividades en la producción. Se debe precisar tareas, número de horas, tipo de trabajo y las condiciones laborales en que se desenvolverán.
- **Máquinas:** Dentro de este factor se encuentran las máquinas, equipos, dispositivos, aparatos y herramientas que servirán en los procesos de producción, se debe tomar en cuenta el tipo, cantidad, proceso que va a realizar, número de operarios, tamaño, peso, altura y medidas de seguridad.
- **Edificios:** Es la estructura física en la que funciona la empresa, dividida en áreas de trabajo de acuerdo a las actividades que realiza, se considera techado, pisos, paredes, espacios, pasillos, ventilación, talleres, zona de almacenaje, instalaciones eléctricas, de agua, drenaje.
- **Espera:** Son los tiempos que se debe esperar en el proceso de producción: traslado de materiales, almacenamiento, preparación, operación y transferencia.
- **Servicios:** Son las actividades auxiliares que se realizan en la planta con la finalidad de verificar la calidad del producto, además permiten controlar la producción en cada una de sus etapas y la seguridad del personal.
- **Cambios**
Los factores de cambio son parte de los sistemas de producción, sea por situación económica, procesos tecnológicos, situaciones laborales e innovaciones, con la finalidad de mejorar y hacer más productiva la empresa para ser eficientes, efectivos y eficaces.

2.1.2 Principios de la distribución en planta

Los principios que guían la distribución en planta propuestos por (Bravo & Sánchez, 2011), se detallan a continuación:

- **Integración de conjunto:** Una adecuada relación entre las personas, máquinas, materiales y las tareas a realizar permitirán que el proceso productivo sea el adecuado.
- **Mínima distancia recorrido:** Busca que la distancia entre los materiales, herramientas, equipos, mano de obra y puntos de producción sean cortos para así reducir los tiempos de respuestas.
- **Circulación o flujo de materiales:** Este principio tiene que ver con el orden en que se deben cumplir las actividades en cada una de las áreas de trabajo.
- **Espacio cúbico:** Está relacionado con la utilización de todos los espacios disponibles.
- **Satisfacción y seguridad:** Los empleados deben sentirse bien y seguros en sus lugares de trabajo.
- **Flexibilidad:** Las distribuciones deben contemplar la posibilidad de realizar cambios en caso de así requerirlos.

2.2 FLUJOS DE PRODUCTOS

El flujo de productos es el camino que recorre la materia prima por el proceso de producción hasta obtener el producto final o terminado listo para ser utilizado. Entre los tipos de flujo de productos podemos citar los propuestos por (Cuatrecasas, 2012).

- **Procesos continuos:** Es un método que busca organizar el proceso de producción de forma lineal, sin interrupciones con la finalidad que no hayan pausas en la etapa de fabricación. Los productos que se pueden elaborar por este modelo son acero, leche, energía.
- **Líneas de ensamble:** Como su nombre lo indica el proceso se realiza en forma lineal, utiliza máquinas y equipos automatizados para la producción estandarizada de los productos como vehículos, lavadoras, televisores.

- **Flujo en lotes:** Es un proceso en el que se hacen grupos o lotes, cada paquete pasa por las áreas de producción. Este modelo fabrica varios productos a la vez lo que hace que se pierda mucho tiempo en el proceso.
- **Talleres de trabajo:** Utiliza la producción por procesos, se realiza bajo pedido por lo que se elabora una cantidad determinada del producto.
- **Proyectos:** Se utiliza para la producción limitada de productos, por lo general son muy grandes y tanto las máquinas como los materiales son llevados al lugar donde se realizará el proceso de producción.

2.3 TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La distribución en planta se puede realizar por producto, procesos, posición fija y por células de trabajo, de acuerdo a (Garcia, 1998).

2.3.1 Distribución por procesos

La distribución por procesos implica agrupar las tareas y actividades que se realizan por grupos o talleres con la finalidad que el material circule por cada uno de los puntos hasta obtener el producto final. Cada lote tiene su flujo de producción y se puede interactuar entre lotes.

Los beneficios están enmarcados en el menor costo de las máquinas, si una se daña sale de circulación hasta que se arregle y no interrumpe la tarea, es para grandes cantidades del producto.

Los problemas que presenta este tipo de distribución se dan al formarse los embotellamientos que hacen que los materiales se muevan lentos, disminuyendo la producción, además presenta dificultades con grandes volúmenes de artículos. En la figura No. 2, se muestra una distribución por procesos en un taller, en el cual los productos A, B y C circulan por

diferentes procesos tales como: almacén de materiales, inspección, tornos, fresadoras, taladros, ensamblado, pintura y almacén de productos terminados.

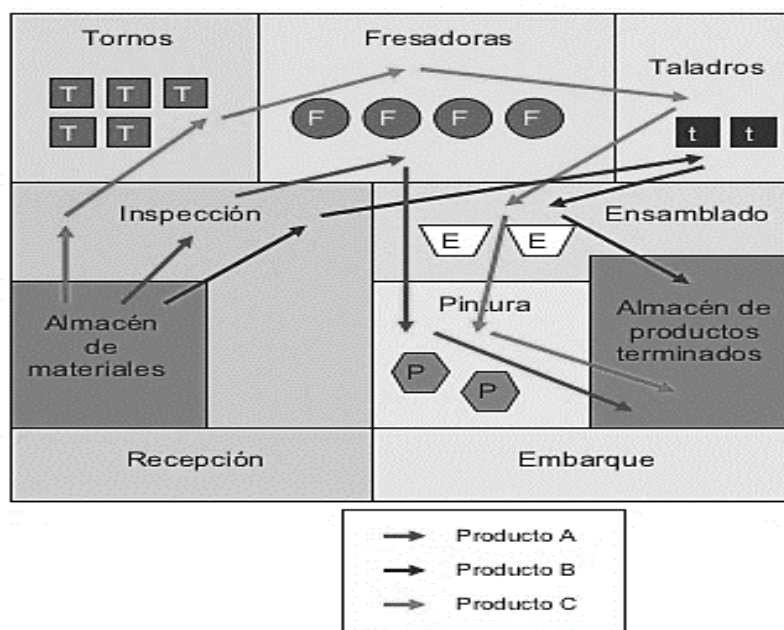


Figura 2: Distribución por procesos en un taller

Fuente: (Fernández, 2008)

2.3.2 Distribución por producto

Este tipo de distribución se aplica cuando la producción está basada en los productos, lo que implica una secuencia lógica de procesos, máquinas y personal. Los materiales se trasladan entre los puntos hasta obtener el producto final.

Entre las ventajas que nos ofrece este modelo tenemos que es sencilla de aplicar, puede ser utilizado para la producción en masa de artículos, sigue un flujo horizontal o vertical disminuyendo la pérdida de tiempo y material, facilita el control de los procesos e interacciones.

Como desventajas podemos citar que la cadena de producción es solo para un producto, si se dañan las maquinarias y equipos se rompe la secuencia hasta que se reparen, a más de eso son muy caras y se debe capacitar al personal que las va a manejar.

En la En la figura No. 3, se muestra una distribución por producto, en el cual la materia prima circula por las líneas de fabricación A, B y C que están ubicados en secuencia, para obtener el producto terminado.

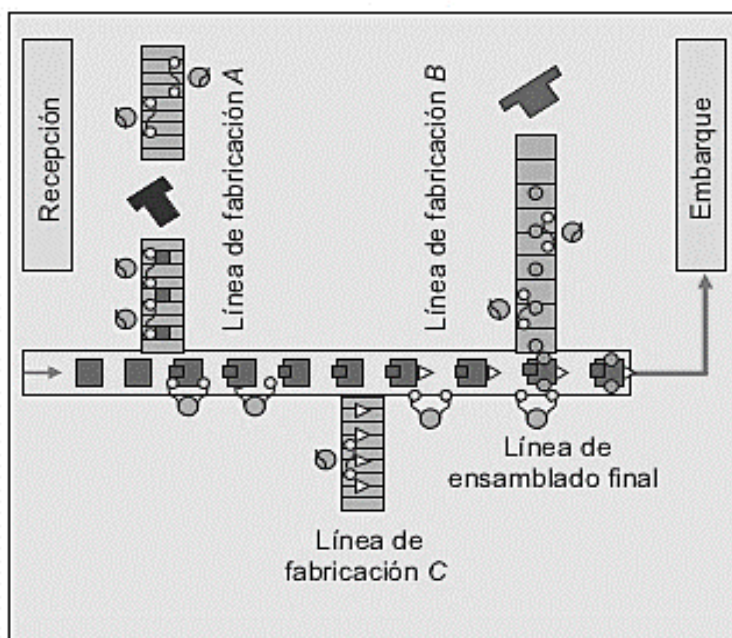


Figura 3: Distribución por productos

Fuente: (Fernández, 2008)

2.3.3 Distribución por posición fija

La distribución fija implica que se mueven los materiales, operarios y las máquinas al lugar donde se va a elaborar el producto, esto se realiza en grandes proyectos, se fabrican por unidad.

Como ventajas de esta distribución podemos citar que la calidad es primordial, no se necesitan comprar las máquinas que se van a utilizar ya que se pueden alquilar, para que los costos bajen notablemente, se debe planificar el flujo de procesos para cumplir tiempos.

Entre las desventajas se tiene que si la empresa decide comprar equipos puede ser costoso, se necesita capacitar a personal que maneje las máquinas y mucho espacio para el área de trabajo.

En la figura No. 4 se muestra los factores que intervienen en la distribución por posición fija, entre los cuales se encuentran: las máquinas, equipos y herramientas; materiales; servicios y personal.

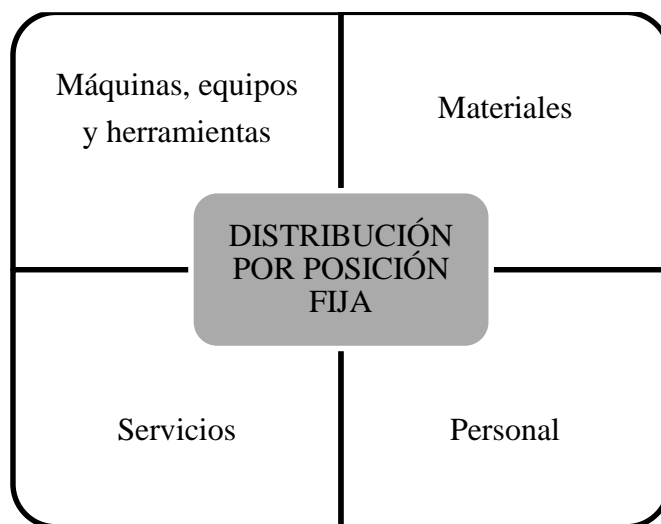


Figura 4: Factores que intervienen en la distribución por posición fija

Fuente: (García, 1998)

2.3.4 Distribución por células de trabajo

La distribución por células de trabajo surge de la combinación de la distribución por procesos y por producto, busca elaborar artículos que tienen características comunes como peso, tamaño y forma, por lo que se agrupan y se les asigna personal, material y máquinas para cumplir los procesos asignados de forma sencilla y eficiente.

Entre sus ventajas se tiene que el personal cumple varias tareas por lo que están mejor capacitados, existe una sinergia entre todos los colaboradores, se pierde poco material y se optimiza el tiempo.

Como desventajas se tiene que puede aumentar los tiempos de espera, se debe reorganizar las actividades de acuerdo al producto a fabricar y pueden quedarse máquinas sin utilizar por el avance tecnológico. En la En la figura No. 5, se indica una distribución por células de trabajo,

en el cual en las células 1 y 2 se fabrican dos tipos de productos diferentes que circulan por los procesos A, B ,C ,D y E.

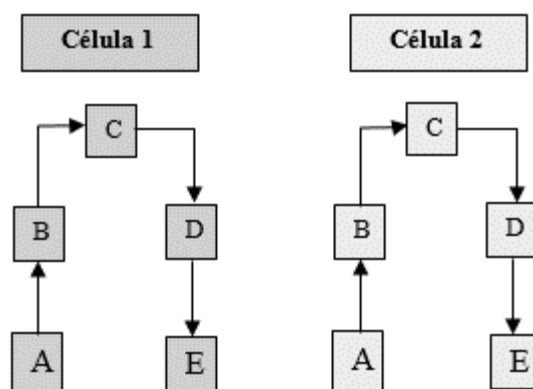


Figura 5: Distribución por células de trabajo

Fuente: (Hodson, 1996)

2.4 UBICACIÓN DE MÁQUINAS

Para analizar los tipos de ubicación de las máquinas se considera lo que dice (Konz S. , 1991) al respecto.

- **En paralelo**, las máquinas se ubican una frente a la otra, los operarios darán la espalda a los pasillos.
- **En ángulo**, esta posición es utilizada cuando el espacio es reducido, las máquinas son colocadas en un ángulo de hasta 90 grados.
- **En forma de C**, se utiliza cuando un operador trabaja con dos máquinas, esto implica que deben estar cerca, con el espacio suficiente para movilizarse sin problemas entre ellas a través del pasillo.
- **En forma libre**, toma como base la movilización del producto entre máquinas, para ello se deben ubicar de forma que se logre hacerlo sin problemas.
- **En forma de U**, los procesos que se realicen guiarán la ubicación de las máquinas dándole la forma de U.

2.5 MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Para realizar una distribución en planta se pueden utilizar diferentes métodos entre los que se analizará SLP, CORELAP, CRAFT, ADELP y COFAD.

2.5.1 Planeación sistemática de la distribución (SLP)

La planeación sistemática de la distribución es una metodología que permite realizar distribuciones en planta utilizando aspectos cualitativos del problema que permiten ordenar de mayor a menor las actividades a realizar y presentarlas en un flujo de procesos (Cabrera, 2014).

El método SLP desarrollado por Muther en 1961 permite realizar una distribución en instalaciones industriales nuevas o ya existentes, puede ser utilizado en organizaciones, empresas, oficinas, talleres, fábricas, plantas industriales o laboratorios. Utiliza una serie ordenada de pasos que se cumplen en las cuatro fases que lo componen como dice (Baca, y otros, 2014).

Los elementos del SLP son el producto (P) entendido como el resultado final de la materia prima en el proceso de producción. Cantidad o volumen (Q) del producto obtenido. Recorrido (X) actividades que se realizan en forma ordenada y consecutiva. Servicios anexos (S) ayudan a los procesos principales en la elaboración. Tiempo (T) relaciona los elementos descritos y permite determinar cuánto se demorarán los procesos.

Este modelo utiliza convenciones que no son más que gráficos y símbolos que permiten representar las actividades en los procedimientos realizados en cada etapa del SLP (Platas & Cervantes, 2014).

Las fases del modelo SLP son localización, distribución general de conjunto, plan de distribución detallada e instalación (Muther, 1970).

- **Fase 1: Localización:** En caso de ser una empresa nueva permite identificar el lugar en donde se va a instalar y si cumple con el espacio necesario para los procesos que realizan. Si es la implantación de una redistribución decidirá si se queda en el lugar donde está o no, si es solo una parte se deberá seleccionar el área específica.
- **Fase 2: Distribución general de conjunto:** En esta fase se identifica el problema a resolver en la distribución, recoge la información para determinar las actividades, revisa la situación actual y replantea el problema de ser necesario. Luego procede a analizar y determinar el flujo de los procesos que intervienen para presentar una propuesta de solución.
- **Fase 3: Plan de distribución detallada:** Es donde se elabora el diseño con una descripción más detallada de las áreas a intervenir, de ser necesario recaba información adicional que permita conocer tiempos, volumen, equipos y costos. Se realizan los planos, debe solicitar la aprobación del diseño a los directivos para ser ejecutado.
- **Fase 4: Instalación:** Procede a la implantación del diseño seleccionado en la fase anterior, dispone los recursos humanos y materiales para su ejecución. Realiza la evaluación y monitoreo para verificar que se cumple con lo planificado.

En la figura No. 6 se indican los pasos para desarrollar la metodología SLP, propuestos por (Casals & Forcada, 2008), entre los cuales están: análisis P-Q, flujo de materiales, relación entre actividades, diagrama relacional de actividades, necesidades de espacios, espacios disponibles, factores influyentes y limitaciones prácticas.

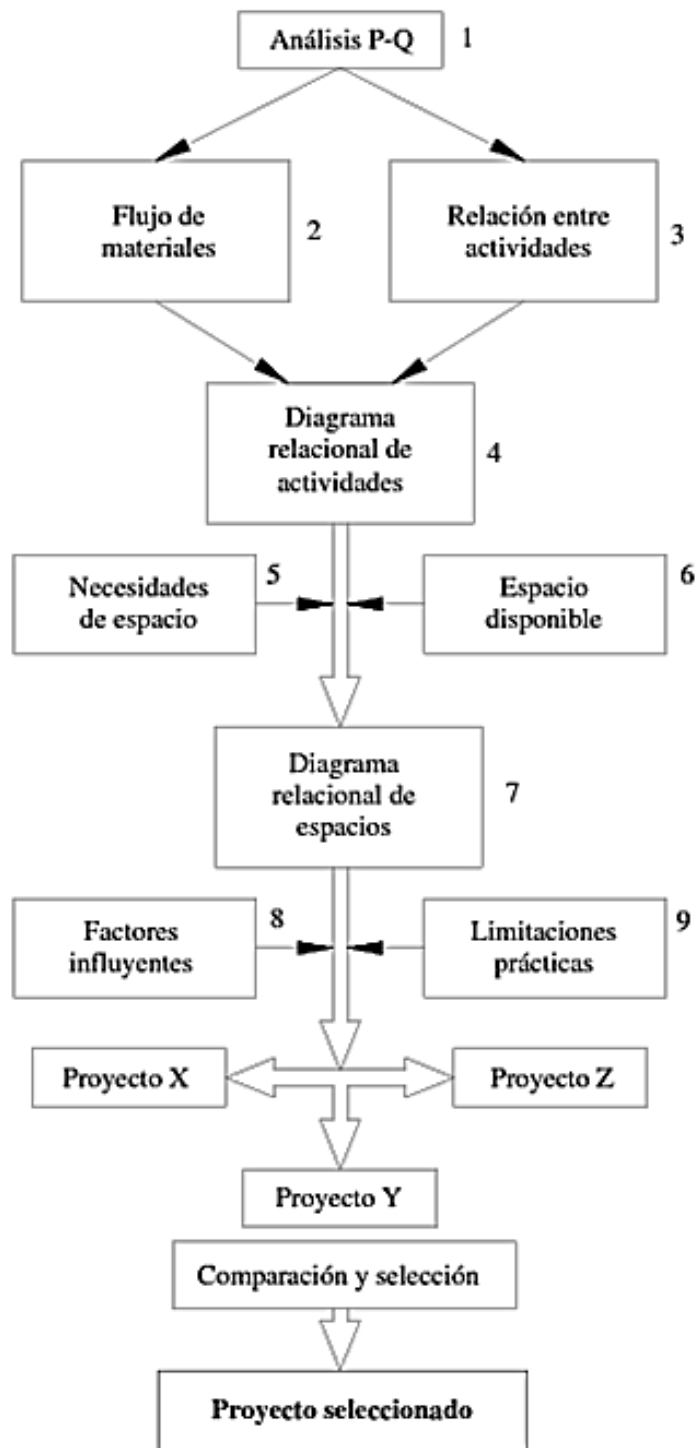


Figura 6: Pasos para desarrollar la metodología SLP

Fuente: (Casals & Forcada, 2008)

- **Análisis del producto – cantidad:** Es necesario conocer el tipo de productos que se elaborarán, la cantidad, los recursos, materiales, máquinas y equipos a utilizar, así como el espacio que se dispone, esto permitirá decidir el tipo de distribución a aplicar. La

información recabada debe plasmarse en un gráfico en donde se represente los productos y la cantidad. En la figura No. 7 se indica un análisis de producto y cantidad, en el cual se observa que el producto A se genera en mayores cantidades en comparación con el producto B, por lo que la distribución en planta se deberá plantear en función del flujo productivo del producto A.

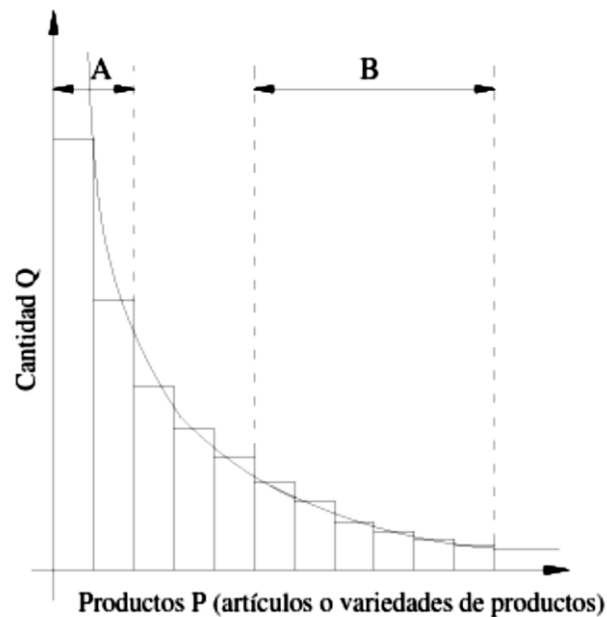


Figura 7: Análisis de producto y cantidad

Fuente: (Casals & Forcada, 2008)

- **Flujo de materiales:** Llamado también recorrido, son representaciones gráficas de los movimientos de los materiales por las distintas máquinas hasta obtener el producto, también se necesita el flujo de procesos realizados detallando las actividades y los recursos utilizados.
- **Relación entre actividades:** En este punto se procede a identificar y a enlistar todas las actividades a realizar dentro de la planta, el siguiente paso es identificar las relaciones de cercanía entre las actividades, los procesos de producción y las áreas que intervienen.

En la tabla No. 1 se indican las relaciones de cercanía, donde se da un código alfabético o letra y el detalle de su significado.

Tabla No. 1: Relaciones de cercanía

Letra	Detalle
A	Absolutamente importante
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Importancia ordinaria
U	No importante
X	Indeseable

Fuente: (Casals & Forcada, 2008)

- Diagrama relacional de actividades:** Se toma como base la información recogida en el paso anterior y se procede a llenar la matriz de relaciones de actividades, En la figura No. 8 se muestra un diagrama relacional de actividades, en donde cada casilla se divide horizontalmente en dos partes, la parte superior indica el valor de relación y la parte inferior indica los motivos.

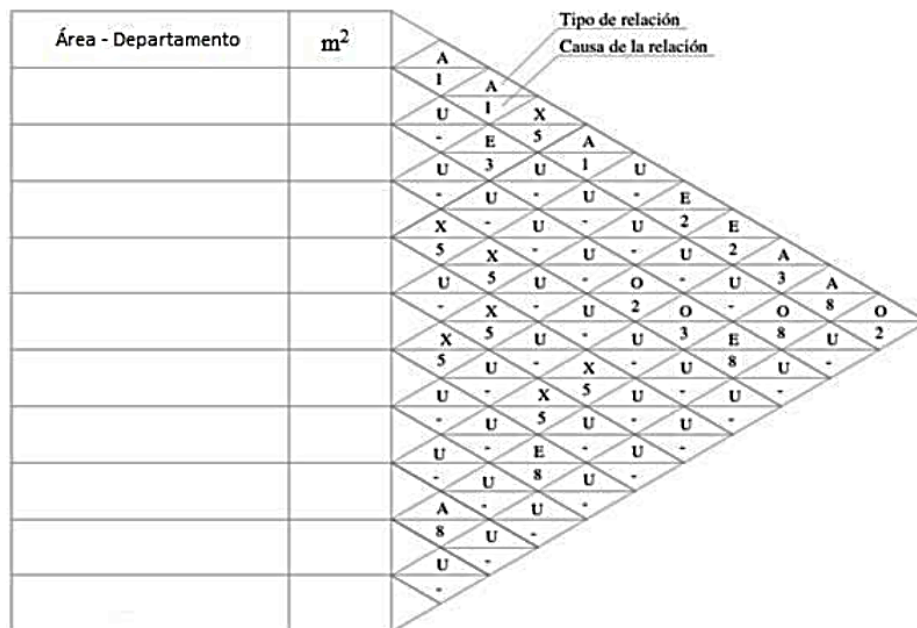


Figura 8: Diagrama relacional de actividades

Fuente: (Casals & Forcada, 2008)

En la tabla No. 2 se indican los motivos de las relaciones entre actividades, donde existen ocho motivos cada uno codificado por un número del 1 al 8, estas causas o motivos varían de acuerdo al área objeto de estudio.

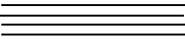
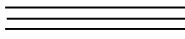
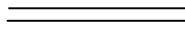
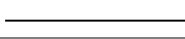

Tabla No. 2: *Motivos de las relaciones entre actividades*

Código	Motivo
1	Recorrido del material
2	Recorrido del personal
3	Inspección y control
4	Aporte de energía
5	Razones estéticas, ruidos, higiene y otras molestias
6	Reparación de averías
7	Uso compartido de equipos
8	Comodidad

Fuente: (Casals & Forcada, 2008)

El diagrama relacional de actividades y su información se refleja en forma de grafo, donde las actividades son representadas por nodos unidos por líneas, en la tabla No. 3 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 al código utilizado en el diagrama relacional de actividades.

Tabla No. 3: *Representación de proximidad entre departamentos*

Código	Línea de trazado
A	
E	
I	
O	
U	
X	

Fuente: (Casals & Forcada, 2008)

- **Necesidades de espacio y disponibilidad:** Se toma en cuenta el área total de la planta número de oficinas, almacén, máquinas, operarios, volumen de producción, pasillos, esto nos permitirá determinar cómo se debe hacer la distribución. Para el cálculo de las necesidades de espacios de cada departamento, se emplea la siguiente ecuación:

$$CS_i = \sum_{i=1}^n d_i + \sum_{i=1}^n e_s + pp_i \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

CS_i : Cálculo de superficie del departamento i

d_i : Dimensiones de un lado de las máquinas del departamento i

e_s : Dimensiones de seguridad para operar máquinas del departamento i

pp_i : Dimensiones para la estancia de productos en proceso del departamento i.

- **Diagrama de relaciones espaciales:** Para realizar este diagrama se toma el flujo de procesos y los requerimientos del ítem anterior, se procede a graficar y determinar la superficie cuadrada que se necesita para la planta.
- **Factores influyentes y limitaciones prácticas:** Una vez obtenido el diagrama espacial se procede a verificar que la distribución realizada es posible de implementar y si cumple con la reglamentación para preservar la seguridad y salud de los trabajadores, de ser necesario hay que realizar modificaciones acordes a las limitaciones que la ley establece.
- **Alternativas diferentes de distribución, comparación y selección:** En la distribución de una planta los ingenieros y diseñadores presentarán varias alternativas, los directivos evaluarán cada una de ellas y seleccionarán la mejor con la finalidad de implantar la que

más convenga a la empresa analizando las ventajas y desventajas de cada propuesta, los costos, revisión de los factores que llevaron a la decisión de mejorar la distribución.

- **Evaluación, monitoreo y seguimiento:** La evaluación de la distribución implementada permitirá medir el funcionamiento de la planta, el seguimiento y monitoreo debe realizarse de forma periódica con la finalidad detectar inconveniente y realizar las mejoras a tiempo.

2.5.2 Planificación de Diseño de Relaciones Computarizadas (CORELAP)

En inglés Computerized Relationship Layout Planning fue creado por Lee y Moore en 1967, utiliza modelos matemáticos de construcción, que permite realizar distribuciones tomando en cuenta las relaciones de cercanía de las áreas para que estén contiguas. Se les asigna un TCR o índice total de cercanía, los valores más altos serán seleccionados y ubicados juntos (Leiva, Mauricio, & Salas, 2013).

En la tabla No. 4 se indica la clasificación para las relaciones de cercanía, en base a (Simbaña & Jiménez, 2012), donde se detallan el tipo de relación de cercanía entre departamentos y el peso específico de cada relación que se emplea para el cálculo del TCR.

Tabla No. 4: *Clasificación para las relaciones de cercanía*

Código	Detalle	Peso de relaciones
A	Absolutamente importante	6
E	Especialmente importante	5
I	Importante	4
O	Importancia ordinaria	3
U	No importante	2
X	Indeseable	1

Fuente: (Simbaña & Jiménez, 2012)

El programa inicia su trabajo con el diagrama de relación de actividades elaborado en SLP, se procede a organizarlas y a asignarles los valores, el que tenga el TCR más alto será ubicado en el centro de la distribución, el resto se reparte alrededor.

2.5.3 Asignación Relativa Computarizada de Instalaciones (CRAFT)

Es un método heurístico para la distribución de plantas desarrollo por Armour, Buffa y Vollman en 1963, CRAFT por su traducción al inglés Computerized Relative Allocation of Facilities Technique. Este modelo se centra en minimizar el gasto de recursos económicos por movilización entre áreas; del personal, materiales, equipos, maquinarias y cualquier recurso que se necesite (Mejía, Wilches, Galofre, & Montenegro, 2011).

De acuerdo (Simbaña & Jiménez, 2012) el costo del transporte “es el resultado de la suma de todos los elementos de una matriz de flujos de movimientos, multiplicado por la distancia y por el costo por unidad de distancia recorrida de un departamento a otro” (p. 55). La función objetivo del modelo matemático que emplea el método es descrita a continuación:

$$CT_{TOT} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n y_{ij} u_{ij} d_{ij} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

n : Cantidad de departamentos

y_{ij} : Cantidad unitaria de cargas que se mueven del departamento i al j

u_{ij} : Costo de mover una carga unitaria del departamento i al j

d_{ij} : Distancia que separan los departamentos i y j , están dadas por la métrica rectilínea

Para la ejecución del modelo matemático se necesita tener una distribución inicial y su costo, se forman parejas con las áreas o departamentos para calcular el costo de movilización, se identifica y selecciona la pareja cuyo costo sea menor y se lo ubica en el centro como

principal, de ser necesario se forman nuevas parejas y el proceso se repite hasta que se prueben todas las combinaciones y forme la estructura (Cano, 2013). En la Figura No. 9 se muestran las iteraciones del método CRAFT, en las cuales se desplazan los departamentos en el espacio disponible con el objetivo de minimizar el costo total de transporte.

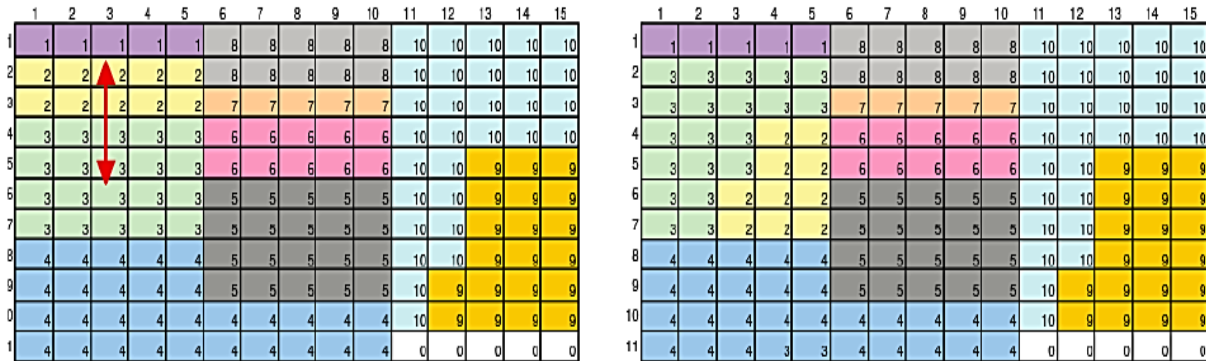


Figura 9: Iteraciones del Método CRAFT

Fuente: (Casals & Forcada, 2008)

2.5.4 Programa Automatizado para Diseño de Distribución Física (ALDEP)

ALDEP por sus siglas en inglés Automated Layout Design Program, desarrollado por Seehof y Evans en 1967 cuando trabajaban para IBM, considera el cuadro de relaciones para realizar las distribuciones de las áreas que estén próximas para lo cual las selecciona y las ubica. Se debe tomar en cuenta el área total, número de departamentos y características estructurales de los edificios (De la Fuente & Fernández, 2005).

Por su parte (Segura, 2010) indica que el proceso para distribuir una planta bajo el método ALDEP comienza por escoger una área del cuadro de relaciones que será considerada como principal, para ubicar la siguiente debe tener un alto grado de cercanía con la anterior que se mide a través del modelo matemático que genera la computadora y que da como resultado valores que sirve para la distribución y así sucesivamente hasta completar el proceso, de no existir un relación de cercanía el programa toma nuevamente otra al azar, en la figura No. 10

se muestra una distribución en planta por el método ALDEP, donde se ubican las actividades en secuencia en función del alto grado de cercanía entre departamentos.

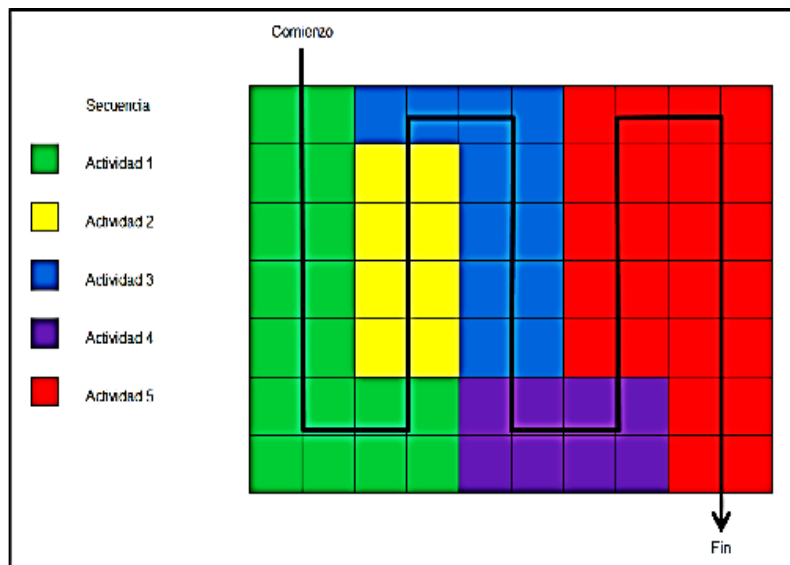


Figura 10: Distribución en planta por el método ALDEP

Fuente: (Segura, 2010)

2.5.5 Diseño de Instalaciones Computarizadas (COFAD)

Computerized Facilities Design es un programa de simulación para la distribución en planta fue creado por Tompkins y Reed en 1976, desarrollado en base al CRAFT utiliza el layout y costo de materiales. Es considerado un modelo matemático de mejoras basado en una propuesta principal (Collazos, 2013).

El objetivo del COFAD es calcular el costo mínimo para manejar los materiales que se van a utilizar, los resultados son óptimos cuando se hacen varias corridas simulando diversas distribuciones iniciales (López, 1996).

2.6 SEGURIDAD ESTRUCTURAL

El reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, en el capítulo II menciona las normas que se debe considerar en cuanto a la infraestructura de los edificios y locales (Ministerio-Trabajo, 2012).

- La construcción de los edificios se realizará con materiales sólidos y de buena calidad para que no se desplomen o se cuarteen.
- Los cimientos y pisos deben ser resistentes a los diferentes pesos que carguen, se deberá ubicar la señalética necesaria para informar a los usuarios.
- Los locales de trabajo tendrán una altura máxima de tres metros, por cada trabajador se considerará una superficie de tres metros cuadrados de superficie y seis metros cúbicos de volumen. Para las oficinas la altura deberá ser de 2,30 metros.
- El suelo debe ser de material consistente, no deslizante, liso y fácil de limpiar.
- Los techos y tumbados deberán reunir las condiciones suficientes para resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo.
- Las paredes serán lisas, enlucidas, pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y desinfectadas.
- Los corredores, galerías y pasillos deberán tener un ancho adecuado a su utilización y estar libres de obstáculos que impidan su libre tránsito.
- La separación entre máquinas y equipos, será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor cómodamente y sin riesgo. Los pasillos no deben ser menor a 800 milímetros, contándose esta distancia a partir del punto más saliente del recorrido de las partes móviles de cada máquina.
- Cuando existan aparatos con partes móviles, vehículos, carretillas mecánicas que invadan en su desplazamiento una zona de espacio libre, la circulación del personal

quedará limitada preferentemente por protecciones y en su defecto, señalizada con franjas pintadas en el suelo, que delimiten el lugar por donde debe transitarse.

- Alrededor de máquinas que generen calor los hornos, se dejará un espacio libre de 1.50 metros o más de ser necesario.
- Todos los espacios de trabajo se deben mantener limpios y con ventilación adecuada.
- Para las salidas y puertas exteriores se considerará 1.20 metros cuando el número de trabajadores que las utilicen no exceda de 200, si pasa de esta cantidad se aumentará el número de aquellas o su ancho de acuerdo con la siguiente fórmula:

Ancho en metros = $0,006 \times$ número de trabajadores usuarios.

- En los accesos a las puertas, no se permitirán obstáculos que interfieran la salida normal de los trabajadores.
- Las puertas deben abrirse hacia afuera, las que tengan acceso a las gradas no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de longitud igual o superior al ancho de aquéllos.
- Los aparatos, máquinas, instalaciones, herramientas e instrumentos, deberán mantenerse siempre en buen estado de limpieza.

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Este capítulo abarca, la descripción de la empresa, misión, visión, estructura organizativa, análisis FODA, el flujo de procesos de las líneas de producción de Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor, la distribución actual de la empresa y del taller de máquinas y herramientas, lugar donde se desarrolló el proyecto; además se describe la maquinaria, mano de obra y materia prima empleada en la producción de ambos productos. La información descrita ayudó a establecer la situación actual del taller de máquinas y herramientas de la empresa SYMPE S.A.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

SYMEP S.A. es una empresa ecuatoriana, ubicada en la ciudad de Esmeraldas vía a refinería kilómetro 7 y 1/2, dedicada a las actividades de suministro y mantenimiento de equipos industriales, entre las actividades que realiza se encuentran: instalación y reparación de equipos industriales, limpieza industrial de equipos rotativos, estáticos, líneas de procesos y tanques de almacenamiento.

La empresa cuenta con experiencia en la industria petrolera, termoeléctrica y naviera sus clientes principales son: Petroecuador, Corporación Nacional de Electricidad y la Corporación Eléctrica del Ecuador.

La organización opera bajo la certificación de la norma ISO 9001:2015, lo que garantiza el compromiso con sus clientes y partes interesadas para satisfacer sus necesidades y requerimientos, cumpliendo con las expectativas del servicio brindado, como parte de su política de mejora continua, implementó el sistema de gestión ASME, certificando a la empresa en la fabricación de recipientes de presión e intercambiadores de calor.

3.2. MISIÓN

Ofrecer servicios de calidad en las áreas petrolera, generación eléctrica y la industria en general a través de un excelente servicio para satisfacer las necesidades de nuestros clientes nacionales, cumpliendo con la reglamentación legal aplicable.

3.3. VISIÓN

Ser una empresa líder y en continuo crecimiento con presencia a nivel nacional reconocida por la excelencia en la calidad de servicios, que ofrecemos a nuestros clientes fomentando el desarrollo profesional y personal de sus empleados.

3.4. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

El organigrama organizativo, indicado en la figura No. 11, representa el diagrama jerárquico de los puestos de trabajo que componen a la empresa, entre los altos cargos de la empresa se encuentran el gerente general, gerente administrativo financiero y el gerente de ingeniería y construcciones, quien fue la persona encargada de dar su criterio como especialista para la realización del proyecto.

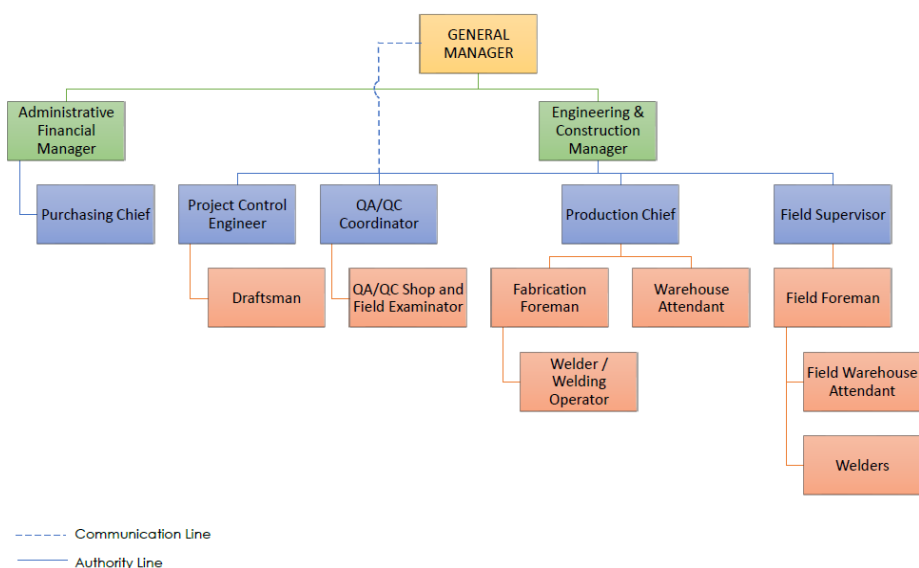


Figura 11: Organigrama organizativo

Fuente: (SYMEP, 2019)

A continuación se describe brevemente las funciones que desempeña cada uno de los miembros del organigrama organizativo:

- *General Manager* / Gerente general; planifica, coordina y controla las operaciones generales de la empresa.
- *Administrative Financial Manager* / Gerente Administrativo Financiero; administra los recursos económicos para cada uno de los proyectos operativos, además de actuar como coordinador del talento humano.
- *Engineering and Contruction Manager* / Gerente de Ingeniería y Construcción; realiza la proforma del proyecto de servicio y producto, requerido por los clientes establecidos y potenciales.
- *Purchasing Chief* / Jefe de Compras; gestiona las órdenes de compra de materia prima requeridos en los procesos productivos y de servicios.
- *Project Control Engineer* / Ingeniero de Control de Proyectos; dirige e inspecciona el avance de los proyectos.
- *QA/QC Coordinator* / Coordinador de Calidad; controla e inspecciona la calidad de los servicios y productos mediante pruebas no destructivas.
- *Production Chief* / Jefe de Producción; controla el proceso productivo y supervisa a los obreros que intervienen.
- *Field Supervisor* / Supervisor de Campo; dirige, coordina y evalúa el estado de los procesos productivos y de servicios.
- *Draftsman* / Diseñador; elabora el diseño y el plano de los productos requeridos por los clientes.
- *QA/QC Shop and Field Examiner* / Examinador de Campo de Calidad; controla e inspecciona la calidad de la materia prima y del producto en proceso.

- *Fabrication Foreman* / Encargado de Fabricación; gestiona y administra los recursos materiales para la fabricación de los productos.
- *Warehouse Attendant* / Asistente de Almacén; organiza y administra las materias primas y herramientas necesarias en los proyectos.
- *Field Foreman* / Encargado de campo; controla e inspecciona el estado de las maquinarias que intervienen en el proceso productivo.
- *Welder/Welding Operator* / Operador de Soldadura; coordina e inspecciona el trabajo de los soldadores que intervienen en el proceso productivo.
- *Field Warehouse Attendant* / Asistente de Almacén de Campo; gestiona los recursos materiales necesarios para los proyectos.
- *Welders* / Soldadores; son los encargados de soldar los materiales de acuerdo a lo establecido en los planos de construcción.

3.5. ANÁLISIS FODA

Con el fin de evaluar la situación actual de la empresa se realizó el análisis FODA, tomando en cuenta tanto los aspectos externos compuesto por las oportunidades y amenazas, y los aspectos internos compuesto por las fortalezas y debilidades de la empresa.

En la tabla No. 5 se indica el análisis FODA, en el cual, dentro de los aspectos internos de la organización se encuentran 7 fortalezas y debilidades; y dentro de los aspectos externos se encuentran 5 oportunidades y amenazas. Una de las principales fortalezas de la empresa es estar certificados por la norma ISO 9001:2015 y por el sistema de gestión ASME, lo que le permite a la organización la producción de los productos Recipientes de Presión e Intercambiadores cumpliendo estándares internacionales; se debe de controlar y mejorar en la debilidad de logística interna ineficiente, debido a que esto causa demoras en los procesos de

mantenimientos de equipos industriales; entre las oportunidades que la empresa debe aprovechar están, crecimiento en la industria por tener certificaciones internacionales y crear convenios con empresas del sector privado nacional; entre las amenazas con que la empresa debe adaptarse están, competidores con tecnología avanzada, y baja inversión del gobierno en empresas del sector público como refinerías.

Tabla No. 5: Análisis FODA

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
ASPECTOS INTERNOS	Calidad de servicios y productos	Falta de reconocimiento de la empresa en el mercado
	Certificación de la norma ISO 9001:2015	Recursos financieros limitados
	Certificación del sistema de gestión ASME	Salarios inadecuados
	Licencia Ambiental	Logística interna ineficiente
	Personal con formación	Condiciones de trabajo inadecuada
	Experiencia en la industria petrolera, termoeléctrica y naviera	Alta subcontratación de procesos
	Capacidad de adaptarse a los requerimientos del cliente	Falta de maquinaria y herramientas
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
ASPECTOS EXTERNOS	Crecimiento en la industria por tener certificaciones	Competidores con tecnología avanzada
	Nuevos mercados por los nuevos productos	Baja inversión del gobierno en empresas del sector público
	Convenios con empresas del sector privado nacional	Bajo precio en los productos de los competidores
	Convenios con empresas internacionales	Aumento en el precio de los procesos subcontratados
	Acceso a maquinaria y herramientas de alta tecnología	Aumento del precio de la materia prima

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el análisis situacional de los factores internos, se utilizó la matriz de evaluación de factores internos, en la cual se asigna a cada factor un peso de acuerdo a su importancia, luego se le asigna una calificación de 1 a 4 a cada factor, tomando en cuenta que

uno es la menor calificación posible y cuatro la mayor, esta calificación representa cuan efectivas son las estrategias actuales de la empresa ante cada factor.

En la tabla No. 6 se indica la matriz de evaluación de factores internos, el peso y la calificación de las 7 fortalezas y debilidades de la empresa se determinó en un trabajo conjunto con el gerente de ingeniería y construcciones, quien actuó con su criterio de experticia en el tema; la capacidad de adaptarse a los requerimientos de los clientes es la fortaleza con mayor peso específico debido a que la empresa tiene la capacidad de realizar los productos y servicios de mantenimiento con las especificaciones que los clientes solicitan ; la debilidad con mayor peso específico es la falta de reconocimiento de la empresa en el mercado, esto se debe a que la empresa entró en el mercado hace 12 años y no ha realizado un trabajo de marketing.

Tabla No. 6: *Matriz de Evaluación de Factores Internos*

Matriz de Evaluación de Factores Internos	Peso	Calificación	Calificación Ponderada
FORTALEZAS			
Calidad de servicios y productos	0,10	3	0,3
Certificación de la norma ISO 9001:2015	0,07	4	0,28
Certificación del sistema de gestión ASME	0,07	4	0,28
Licencia Ambiental	0,05	4	0,2
Personal con formación	0,06	3	0,18
Experiencia en la industria petrolera, termoeléctrica y naviera	0,06	3	0,18
Capacidad de adaptarse a los requerimientos del cliente	0,15	3	0,45
DEBILIDADES			
Falta de reconocimiento de la empresa en el mercado	0,03	3	0,09
Recursos financieros limitados	0,10	3	0,3
Salarios inadecuados	0,05	3	0,15
Logística ineficiente	0,07	4	0,28
Inadecuada distribución en planta	0,03	4	0,12
Alta subcontratación de procesos	0,10	3	0,3
Falta de maquinaria y herramientas	0,06	4	0,24
TOTAL	1,00		3,35

Fuente: Elaboración propia

La calificación total ponderada de 3,35 se obtuvo al sumar la calificación ponderada de cada una de las fortalezas y debilidades identificadas en la empresa, al ser la calificación total ponderada superior a la media indica que la empresa está establecida, reforzando sus fortalezas y reduciendo paulatinamente sus debilidades.

Para realizar el análisis situacional de los factores externos se utilizó la matriz de evaluación de factores externos, en la cual se asigna a cada factor un peso de acuerdo a su importancia, luego se le asigna una calificación de uno a cuatro a cada factor tomando en cuenta que uno es la menor calificación posible y cuatro la mayor, la calificación representa cuan efectivas son las estrategias actuales de la empresa ante cada factor externo.

En la tabla No. 7 se indica la matriz de evaluación de factores externos, el peso y la calificación de las 5 fortalezas y debilidades de la empresa, se determinó en un trabajo conjunto con el gerente de ingeniería y construcciones, quien actuó con su criterio de experticia en el tema; la oportunidad con mayor peso específico que se debe aprovechar, es la inserción de la empresa en nuevos mercados, debido a la producción de los nuevos productos recipientes de presión e intercambiadores de calor; la baja inversión del gobierno en empresas del sector público, como refinerías y centrales eléctricas es la amenaza con mayor peso específico, debido a que la empresa aún no cuenta con convenios de trabajo con empresas del sector privado.

Tabla No. 7: *Matriz de Evaluación de Factores Externos*

Matriz de Evaluación de Factores Externos	Peso	Calificación	Calificación Ponderada
OPORTUNIDADES			
Crecimiento en la industria por tener certificaciones	0,12	4	0,48
Nuevos mercados por los nuevos productos	0,15	3	0,45
Convenios con empresas del sector privado nacional	0,10	3	0,3
Convenios con empresas internacionales	0,10	2	0,2

Acceso a maquinaria y herramientas de alta tecnología	0,08	3	0,24
AMENAZAS			
Competidores con tecnología avanzada	0,10	2	0,2
Baja inversión del gobierno en empresas del sector público	0,15	2	0,3
Bajo precio en los productos de los competidores	0,05	3	0,15
Aumento en el precio de los procesos subcontratados	0,10	3	0,3
Aumento del precio de la materia prima	0,05	4	0,2
TOTAL	1,00		2,82

Fuente: Elaboración propia

La calificación total ponderada de 2,82 se obtuvo al sumar, la calificación ponderada de cada una de las oportunidades y amenazas identificadas, al ser la calificación total ponderada superior a la media, indica que la empresa está aprovechando las oportunidades y reduciendo las amenazas, teniendo que mejorar de forma considerable el segundo apartado.

En la figura No. 12 se indica la posición estratégica de SYMEP S.A., primero se identifican los cuatro cuadrantes posibles en los que se puede ubicar la organización, luego de realizar el análisis FODA y evaluar las matrices se determinó, que la posición estratégica de la empresa se encuentra en el cuarto cuadrante, donde la empresa es competitiva en el mercado, dado que la posición de los factores internos es más fuerte que la posición de los factores externos.



Figura 12: Posición Estratégica de SYMEP S.A.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla No. 8 se indica la matriz de estrategias, donde se relacionan tanto factores internos como externos para el diseño de nuevas estrategias empresariales, la matriz está compuesta por seis estrategias, que ayudarán a la empresa a fortalecer la posición de los factores externos compuesto por oportunidades y amenazas, entre las principales estrategias están, acceder a créditos bancarios para la adquisición de nuevos equipos de alta tecnología, para las nuevas líneas de producción y así poder competir en el mercado; desarrollar una cooperación bilateral entre empresas, permitiendo el desarrollo de ambas organizaciones.

Tabla No. 8: Matriz de Estrategias

ASPECTOS INTERNOS	
Estrategias	
ASPECTOS EXTERNOS	Acceder a créditos bancarios para la adquisición de nuevos equipos
	Incentivar la inversión de las empresas públicas y privadas a través de precios razonables
	Visita a clientes potenciales para promocionar los equipos industriales
	Promover la experiencia y certificaciones de la empresa y la calidad los productos y servicios
	Desarrollar una cooperación bilateral entre empresas que permita el desarrollo de ambas
	Búsqueda de nuevos proveedores

Fuente: Elaboración propia

La estrategia de incentivar la inversión de las empresas públicas y privadas, a través de precios razonables, se debe a que los bajos precios se obtendrán al implementar la propuesta de distribución en planta, de las líneas de producción de Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor, y se obtendrá un mínimo costo total de transporte del objeto de trabajo entre departamentos productivos.

3.6. FLUJO DE PROCESO DEL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS

Dentro del taller de máquinas y herramientas se fabricarán dos productos: Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor, por lo cual, únicamente se describirán estos dos procesos

productivos, a través de la elaboración de diagramas de procesos OTIDA (Operación, Transporte, Inspección, Demora y Almacenamiento).

En la figura No. 13 se indica el diagrama OTIDA de Recipientes de Presión, en el cual se detalla; dos almacenamientos uno de materia prima y otro de producto terminado, estas bodegas se encuentran ubicadas en la parte frontal de la empresa, fuera del taller de máquinas y herramientas; tres operaciones, las cuales son corte, rolado y armado; cuatro transportes, entre bodega de materia prima a corte, de corte a rolado, de rolado a armado y de armado a la bodega de producto terminado; y una inspección de producto terminado que se realiza en el departamento de armado.

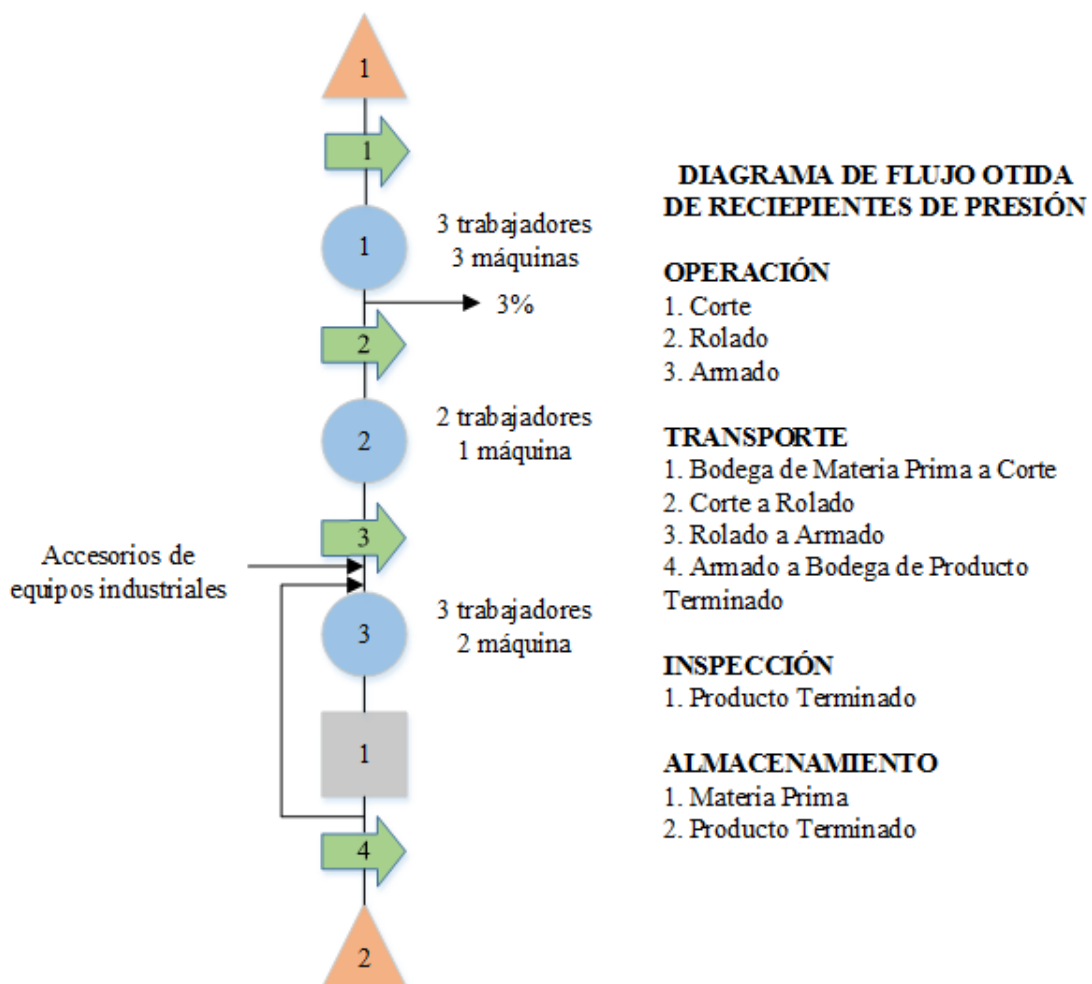


Figura 13: Diagrama OTIDA de Recipientes de Presión

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de corte se emplea tres trabajadores y tres máquinas, y se genera un desperdicio de materia prima de un 3%, en el proceso de rolado se emplean dos trabajadores y una máquina, y en el proceso de armado se emplean tres trabajadores y dos máquinas.

En la figura No. 14 se muestra el diagrama OTIDA de Intercambiadores de Calor, donde se detalla; dos almacenamientos uno de materia prima y otro de producto terminado, estas bodegas se encuentran ubicadas en la parte frontal de la empresa, fuera del taller de máquinas y herramientas; tres operaciones, las cuales son corte, perforación y rectificación, y armado; cuatro transportes, entre bodega de materia prima a corte, de corte a perforación y rectificación, de perforación y rectificación a armado y de armado a la bodega de producto terminado; y concluye con la inspección de producto terminado que se realiza en el departamento de armado.

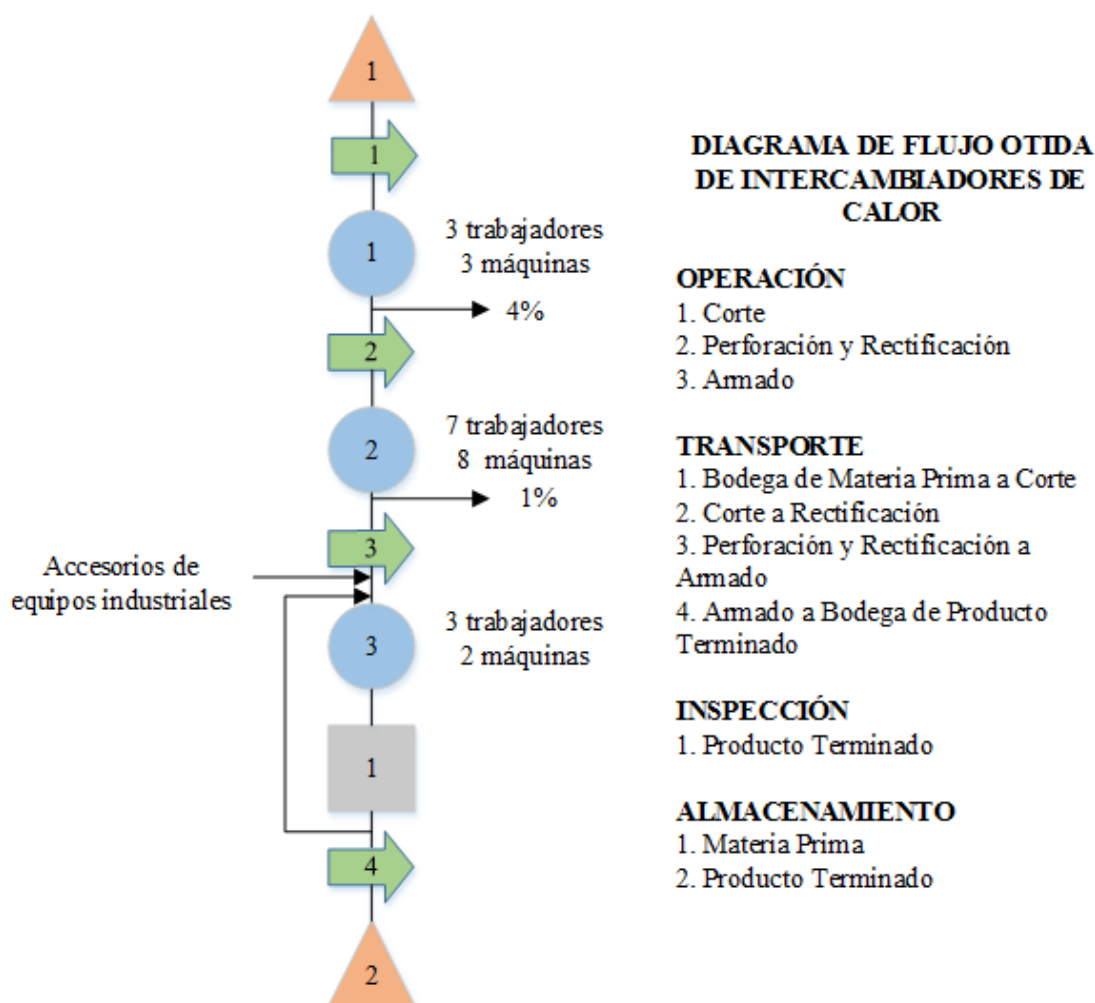


Figura 14: Diagrama OTIDA de Intercambiadores de Calor

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de corte se utiliza tres trabajadores y tres máquinas generándose un desperdicio de materiales de un 4%, en el proceso de perforación y rectificación se requiere siete trabajadores y ocho máquinas y se genera un desperdicio de materiales de 1%, y en el proceso de armado se emplean tres trabajadores y dos máquinas.

3.7. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA ACTUAL

Las instalaciones de la empresa SYMEP S.A. se encuentran distribuidas de la siguiente manera. En la figura No. 15, se muestra el layout de la parte frontal de la empresa, en la cual se ubica la entrada y salida a la empresa, la bodega de materia prima y producto terminado de los productos recipientes de presión e intercambiadores de calor, la bodega de maquinaria y maquinaria auxiliar, empleada en el servicio de mantenimiento industrial que la empresa oferta, la bodega de gas industrial, el área de prefabricación de estructuras y el área de inspección y pruebas hidrostáticas. En el anexo No. 1 se desarrolló el plano de la parte frontal de la empresa.

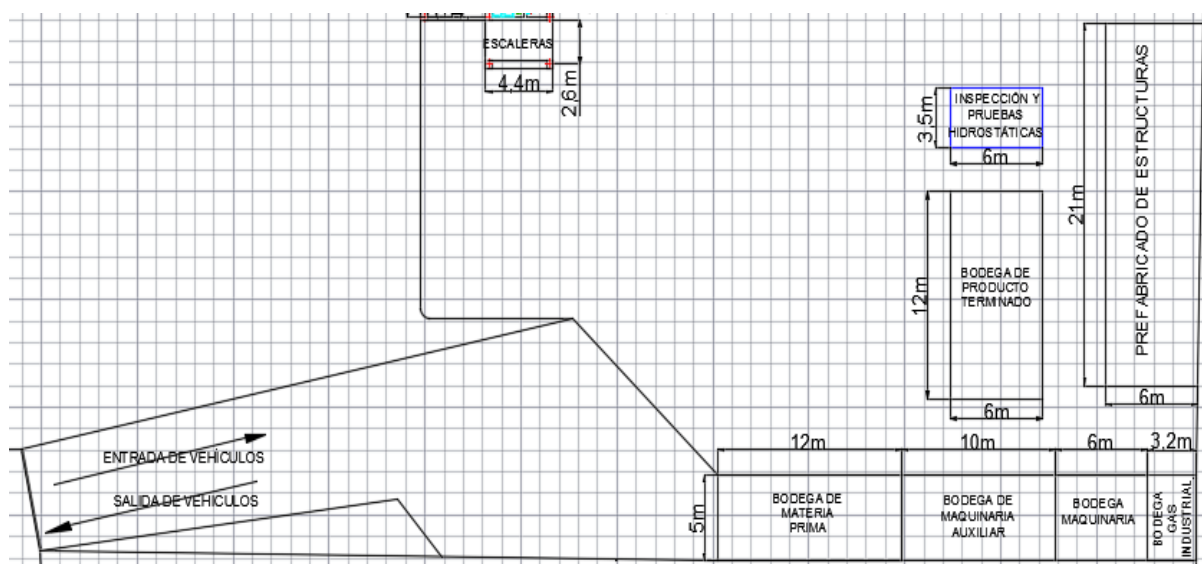


Figura 15: Layout de la parte frontal de la empresa

Fuente: Elaboración propia

Escala 1:1500

La figura No. 16 indica el layout del área central de la empresa, en la cual están ubicados dos edificios administrativos. En la planta baja del edificio 1 las instalaciones se distribuyen de la siguiente manera, sala de espera, sistemas, despensa, sala de reuniones, gerencia técnica y gerencia general. En la planta baja del edificio 2 se ubica contabilidad, administración, cocina, bodega de limpieza y oficina 1 y 2 para el personal, entre los dos edificios administrativos se encuentra la entrada y salida al Taller de Máquinas y herramientas. En el anexo No. 2 se elaboró el plano del área central de la empresa.

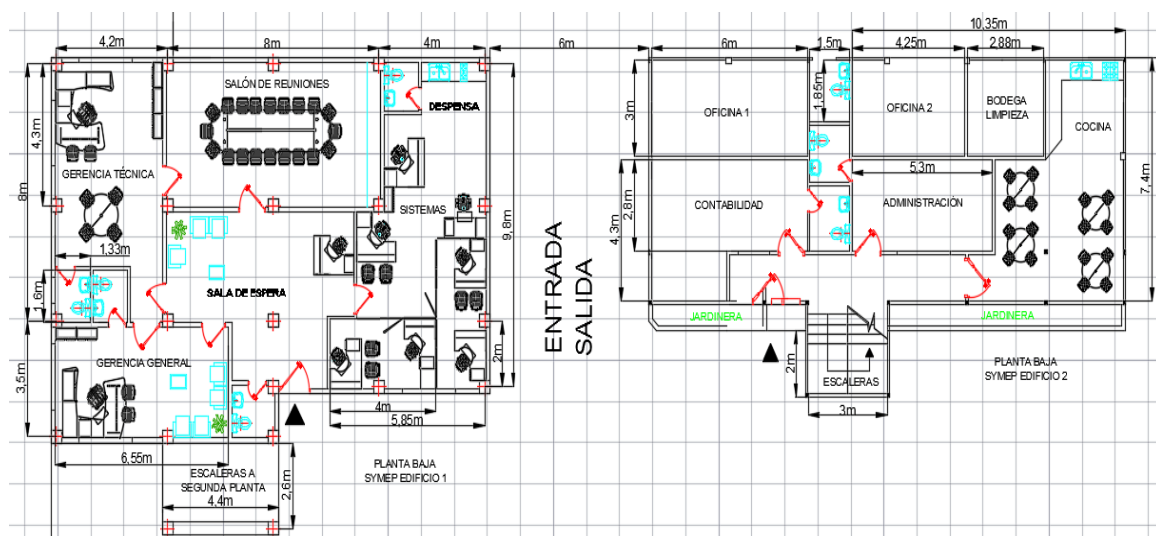


Figura 16: Layout del área central de la empresa

Fuente: Elaboración propia

Escala 1:700

En la figura No. 17 se muestra el layout del taller de máquinas y herramientas, actualmente el área del taller está siendo subutilizado, debido a que no se está ocupando el espacio disponible, tiene dimensiones de 42m de largo, y 15m de ancho, con una entrada de 6m de extensión, en este lugar se desarrolló la propuesta de distribución en planta de dos nuevas líneas de producción, para los productos denominados Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor, al ser dos líneas de producción completamente independientes la una de la otra, ya que no realizan los mismos procesos y no emplean máquinas iguales para la producción, el taller se dividirá en dos partes para cada flujo de producción. El anexo No. 3 muestra el plano del taller.



Figura 17: Layout del taller de máquinas y herramientas

Fuente: Elaboración propia

Escala 1:500

3.8. MAQUINARIA, MANO DE OBRA Y MATERIA PRIMA

3.8.1. Maquinaria y Mano de Obra

La maquinaria se clasificó por áreas de trabajo, donde se especificó el nombre de la máquina, sus dimensiones y la cantidad, además se detalló la cantidad de trabajadores por áreas de trabajo. Las fichas técnicas de la maquinaria se muestran en el Anexo No. 4.

En la tabla No. 9 se indican los recursos para la producción de Recipientes de Presión, para esta línea de producción se requieren ocho trabajadores y seis máquinas, divididos en tres departamentos productivos, en el departamento de corte se utilizan tres trabajadores y tres máquinas, donde el CNC de corte es la máquina de mayor dimensión; el departamento de rolado requiere dos trabajadores y una máquina denominada roladora, la cual es la más grande de toda la línea productiva; y en el departamento de armado se requieren tres trabajadores y dos máquinas de soldar.

Tabla No. 9: Recursos para la producción de Recipientes de Presión

Recursos para la Producción de Recipientes de Presión				
Maquinaria				Número de Trabajadores
Área	Máquina	Dimensiones (l x a x h)	Cantidad	
Corte	CNC de Corte	7,5 x 3,5 x 1,9 m	1	3
	Cortadora de Plasma	1 x 0,8 x 1,09 m	1	
	Oxicorte	0,6 x 0,3 x 1,4 m	1	
Rolado	Roladora	5 x 2 x 2,3 m	1	2
Armado	Soldadura	0,81 x 0,56 x 1,08 m	2	3
Total			6	8

Fuente: Elaboración propia

La tabla No. 10 muestra los recursos para la producción de Intercambiadores de Calor, para esta línea de producción se requieren trece trabajadores y trece máquinas, divididos en tres departamentos productivos, en el departamento de corte se emplean tres trabajadores y tres máquinas, donde el torno es la máquina que ocupa mayor área; el departamento de perforación y rectificación requiere siete trabajadores y ocho máquinas, donde la fresadora es la máquina más grande del departamento y de toda la línea productiva; y en el departamento de armado se requieren tres trabajadores y dos máquinas denominadas, rapid hawk y bomba hidráulica.

Tabla No. 10: Recursos para la Producción de Intercambiadores de Calor

Recursos para la Producción de Intercambiadores de Calor				
Maquinaria				Número de Trabajadores
Área	Máquina	Dimensiones (l x an x al)	Cantidad	
Corte	Horno de Electrodo	0,9 x 9,75 x 0,8 m	1	3
	Sierra de Cinta	3 x 1,5 x 1,9 m	1	
	Torno	1,93 x 0,8 x 1,6 m	1	
Perforación y Rectificación	Fresadora	3,66 x 1,83 x 2,16 m	1	7
	Torno Vertical	8,4 x 5,5 x 3,6 m	1	
	Taladro Pedestal	0,85 x 0,6 x 1,73 m	1	
	Esmeril	0,4 x 0,4 x 1,15 m	1	
	Taladro Radial	1,5 x 1,45 x 2,2 m	1	
	Prensa	2,5 x 1,5 x 2,15 m	1	
	Dobladora de Tubos	1,15 x 0,9 x 1,16 m	1	
	Roscadora	1 x 0,65 x 1,4 m	1	

Armado	Rapid Hawk	1,7 x 0,9 x 2,4 m	1	3
	Bomba Hidráulica	0,75 x 0,65 x 1,2 m	1	
Total			13	13

Fuente: Elaboración propia

3.8.2. Materia Prima

Los materiales empleados para la producción de los Recipientes de Presión e Intercambiadores de calor, son de características similares, estos materiales pueden variar de acuerdo a los requerimientos de los clientes para cada producto y a las especificaciones del lugar donde van a ser utilizados. A continuación se detallan los principales materiales empleados para la producción de ambos productos:

- Planchas o láminas de acero
- Planchas o láminas de carbono
- Tuberías
- Accesorios de equipos industriales:
 - ✓ Bridas
 - ✓ Soportes
 - ✓ Ángulos
 - ✓ Bigas en H
 - ✓ Bigas en I

CAPÍTULO IV

4. OPTIMIZACIÓN DEL FLUJO DE PRODUCCIÓN DEL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA EMPRESA SYMEP S.A.

Este capítulo abarca, el desarrollo de la propuesta de distribución en planta, para las líneas de producción de Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor, dentro del taller de máquinas y herramientas de la empresa SYMEP S.A., aplicando los métodos Planificación Sistemática de Distribución en Planta (SLP), Planificación de Diseño de Relaciones Computarizadas (CORELAP) y Asignación Relativa Computarizada de Instalaciones (CRAFT), con el objetivo de optimizar el flujo de producción de ambas líneas, disminuyendo el costo total de transporte del objeto de trabajo.

4.1. PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (SLP)

4.1.1. Flujo de materiales

Los diagramas de procesos desarrollados en el programa Bizagi Modeler, muestran las actividades y decisiones que se toman en la fabricación de los productos, Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor respectivamente, así como el recorrido de la materia prima hasta su transformación en producto terminado.

En la figuras No. 18 se indica el diagrama de procesos de Recipientes de Presión, el proceso productivo comienza en el proceso de corte, lugar donde se marcan las medidas requeridas en las láminas de acero y luego se proceden a cortar; después se traslada al proceso de rolado, donde se enrollan las láminas; luego se trasladan al proceso de armado, donde se sueldan las láminas enrolladas y los accesorios industriales; al finalizar se realiza un inspección de calidad del recipiente de presión y se decide si es necesario un reproceso del producto, o si el producto cumple con los requerimientos de calidad y del cliente.

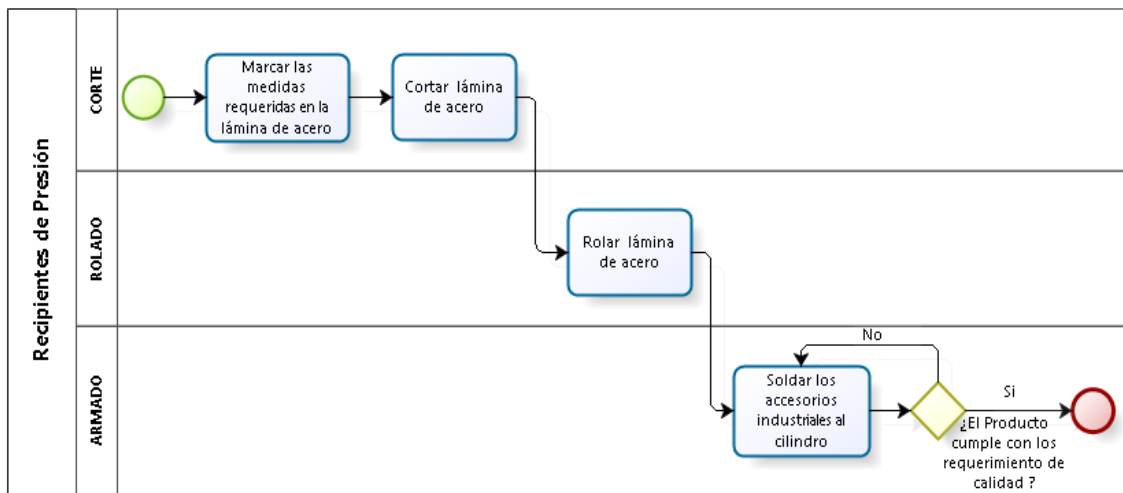


Figura 18: Diagrama de procesos de Recipiente de Presión

Fuente: Elaboración propia

En la figuras No. 19 se muestra el diagrama de procesos de Intercambiadores de Calor, el proceso productivo comienza en el proceso de corte, lugar donde se marcan las medidas requeridas en los materiales y luego se proceden a cortar; se trasladan al proceso de perforación y rectificación, donde se realizan los agujeros en los espejos del producto y se doblan o cortan los tubos según la especificación del producto; luego se trasladan al proceso de armado, donde se unen sólidamente los tubos y espejos con los accesorios industriales; al finalizar se realiza una inspección de calidad del intercambiador de calor y se decide si el producto cumple con los requerimientos de calidad y del cliente o si es necesario un reproceso del producto.

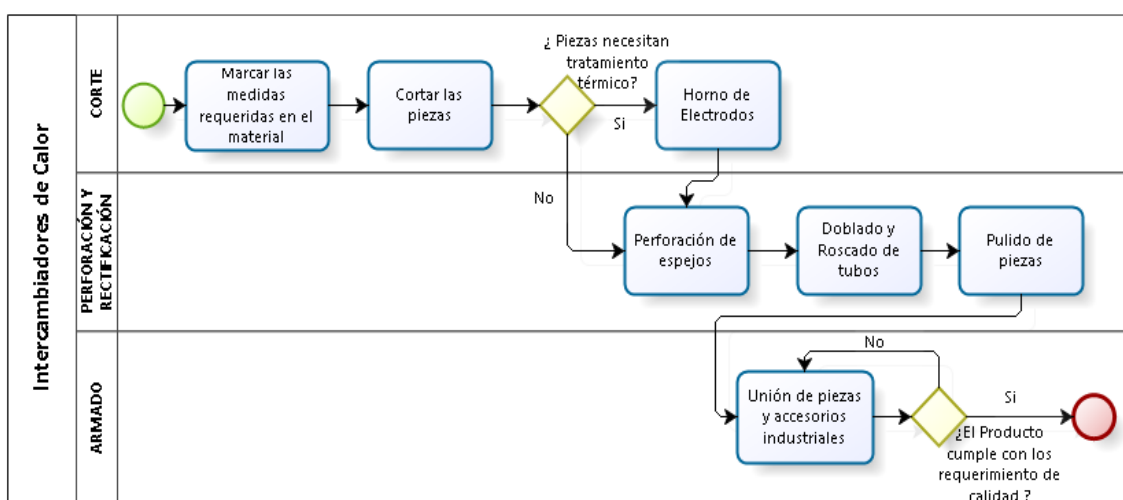


Figura 19: Diagrama de procesos de Intercambiadores de Calor

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Cálculo de superficies

La superficie necesaria para el óptimo funcionamiento de cada área de trabajo, dentro del taller de máquinas y herramientas se calculó con la ecuación 1, descrita en el capítulo II, con base a las fichas técnicas de la maquinaria y requerimientos de cada puesto de trabajo, tomando en cuenta la normativa legal vigente, respecto a la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores.

En la tabla No. 11 se muestra, el cálculo de la superficie de la línea de producción de Recipientes de Presión, el departamento de corte se subdividió en dos, con el fin de agrupar maquinaria y utilizar el espacio del taller eficientemente; se obtuvo un área por cada uno de los tres departamentos, dando como resultado que el departamento de corte, con un área total de 68,5 m² es el que más área requiere del espacio disponible, para la línea de producción de los Recipientes de Presión.

Tabla No. 11: *Cálculo de Superficies de la línea de producción de Recipientes de Presión*

Cálculo de Superficies Recipientes de Presión					
Departamento de Trabajo	Requerimientos de Espacio	Cantidad	Dimensiones (m)	Dimensiones Totales (m)	Área (m²)
Corte 1	Mesa de Trabajo	2	3,2 x 2,0	11,5 x 5,1	58,9
	CNC de Corte	1	8,3 x 4,3		
Corte 2	Cortadora de Plasma	1	1,8 x 1,6	4,0 x 2,4	9,6
	Oxicorte	1	1,4 x 1,1		
Rolado	Roladora	1	5,8 x 2,8	5,8 x 3,6	20,9
Armado	Soldadura	2	1,6 x 1,4	6,0 x 3,5	21,0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla No. 12 se indica, el cálculo de la superficie de la línea de producción de Intercambiadores de Calor, el departamento de perforación y rectificación se subdividió en tres, con el objetivo de agrupar maquinaria y utilizar el espacio del taller eficientemente; se obtuvo un área por cada uno de los tres departamentos, dando como resultado que el departamento de

perforación y rectificación, con un área total de 122,6 m² es el que más área requiere del espacio disponible, para la línea de producción de los Intercambiadores de Calor.

Tabla No. 12: *Cálculo de Superficies de la línea de producción de Intercambiadores de Calor*

Cálculo de Superficies Intercambiadores de Calor					
Departamento de Trabajo	Requerimientos de Espacio	Cantidad	Dimensiones (m)	Dimensiones Totales (m)	Área (m²)
Corte	Horno de Electrodo	1	2,4 x 2,3	8,9 x 3,1	27,7
	Sierra de Cinta	1	3,8 x 2,3		
	Torno	1	2,7 x 1,6		
Perforación y Rectificación 1	Fresadora	1	4,5 x 2,6	14,5 x 6,3	91,1
	Torno Vertical	1	9,2 x 6,3		
Perforación y Rectificación 2	Taladro Pedestal	1	1,7 x 1,4	6,0 x 2,3	13,4
	Esmeril	1	1,2 x 1,2		
	Taladro Radial	1	2,3 x 2,3		
Perforación y Rectificación 3	Prensa	1	3,3 x 2,3	7,9 x 2,3	18,1
	Dobladora de Tubos	1	2,0 x 1,7		
	Roscadora	1	1,8 x 1,5		
Armado	Rapid Hawk	1	2,5 x 1,7	6,0 x 3,5	21,0
	Bomba Hidráulica	1	1,6 x 1,5		

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Relación entre actividades

Al analizar el diagrama de procesos, se identificaron cada una de las actividades a realizarse dentro del taller de máquinas y herramientas, con el listado de actividades se elaboró la matriz relacional de actividades, para el proceso productivo de los Recipientes de Presión y los Intercambiadores de Calor respectivamente. En las matrices se indica el área requerida para cada departamento, las relaciones de cercanía entre actividades y el motivo o causa del tipo de relación escogida.

En la tabla No. 13 se muestra los tipos y motivos de relaciones y líneas de trazado, donde el tipo de relación absolutamente importante, está estrictamente relacionado con el flujo productivo de cada línea de producción, para graficar esta relación se utilizan cuatro líneas de

trazado; el tipo de relación especialmente importante está relacionado, con la utilización de la fuerza de trabajo entre departamentos de producción de cada línea, para graficar esta relación se emplean tres líneas de trazado.

Tabla No. 13: *Tipos y motivos de relaciones y líneas de trazado*

Código	Tipo de Relación	Código	Motivo o Causa	Línea de Trazado
A	Absolutamente importante	1	Flujo productivo	=====
E	Especialmente importante	2	Utilización de la Fuerza de Trabajo	=====

Fuente: Elaboración propia

En la figuras No. 20 se indica la matriz de relación entre actividades, de Recipientes de Presión, donde los tres departamentos productivos son relacionados entre sí, dando como resultado, que la ubicación contigua del área de corte con el área de rolado, y del área de rolado con el área de armado, es absolutamente importante debido al flujo productivo; y la ubicación cercana del área de corte con el área de armado, es especialmente importante debido a la utilización de la fuerza de trabajo entre departamentos.

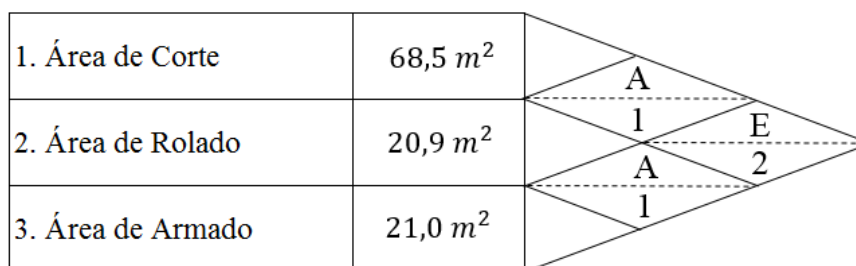


Figura 20: Matriz de relación entre actividades de Recipientes de Presión

Fuente: Elaboración propia

La figuras No. 21 muestra la matriz de relación entre actividades de Intercambiadores de Calor, donde los tres departamentos de la línea de producción son relacionados entre sí, dando como resultado, que la ubicación contigua del área de corte con el área de perforación y rectificación, y del área de perforación y rectificación con el área de armado es absolutamente

importante debido al flujo productivo; y la ubicación cercana del área de corte con el área de armado es especialmente importante debido a la utilización de la fuerza de trabajo entre departamentos.

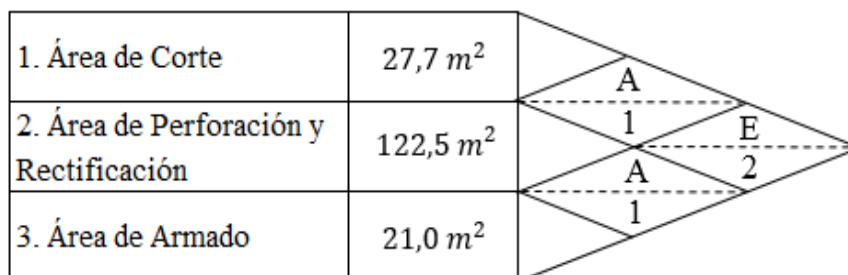


Figura 21: Matriz de relación entre actividades de Intercambiadores de Calor

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Diagrama relacional entre actividades

Con el objetivo de representar en forma de grafos o diagramas, la información contenida en las matrices relacionales de actividades, se elaboró los diagramas relacionales de actividades de los departamentos que, intervienen en la producción de los productos Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor respectivamente.

En la figuras No. 22 se muestra, el diagrama relacional entre actividades de Recipientes de Presión, donde se ubican cada uno de los tres departamentos, conectados por la línea de trazado que corresponde según el tipo de relación; obteniendo como resultado que la ubicación contigua, del departamento 1 o corte con el departamento 2 o rolado, y del departamento 2 o rolado con el departamento 3 o armado se gráfica con cuatro líneas de trazado; y la ubicación cercana del departamento 1 o corte con el departamento 3 o armado, se grafica con tres líneas de trazado.

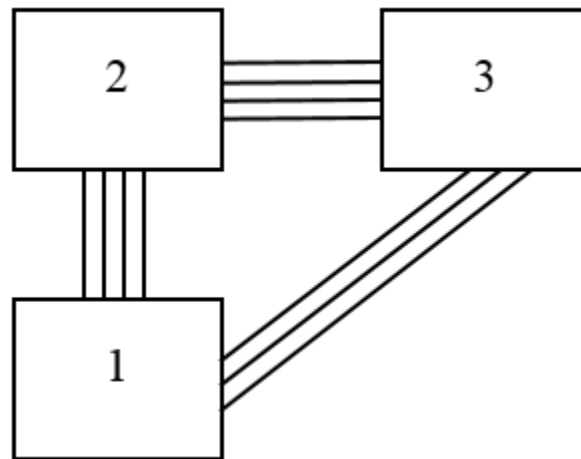


Figura 22: Diagrama relacional entre actividades de Recipientes de Presión

Fuente: Elaboración propia

La figuras No. 23 indica, el diagrama relacional entre actividades de Intercambiadores de calor, donde se ubican cada uno de los tres departamentos, conectados por la línea de trazado que corresponde según, el tipo de relación determinado en la matriz relacional; dando como resultado que la ubicación contigua, del departamento 1 o corte con el departamento 2 o perforación y rectificación, y del departamento 2 o perforación y rectificación con el departamento 3 o armado, se gráfica con cuatro líneas de trazado; y la ubicación cercana del departamento 1 o corte con el departamento 3 o armado, se grafica con tres líneas de trazado.

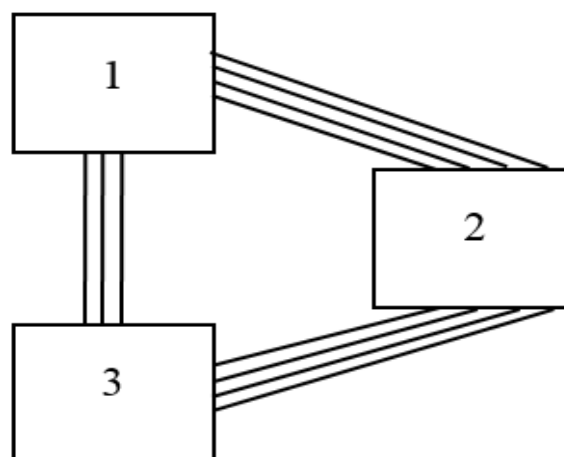


Figura 23: Diagrama relacional entre actividades de Intercambiadores de Calor

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Diagrama relacional de espacios

En base a las dimensiones y áreas obtenidas en el cálculo de superficies, para cada departamento de trabajo y a los diagramas relacionales de actividades, se elaboró los diagramas relacionales de espacios para la línea de producción, de los productos Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor respectivamente.

En la figuras No. 24 se indica el diagrama relacional de espacios de Recipientes de Presión, en el cual, se le asigna a cada departamento el área calculada anteriormente y se mantienen las líneas de trazado, asignadas en el diagrama relacional entre actividades, dando como resultado que el departamento 1 o corte es el que mayor área requiere del espacio disponible, para la línea de producción, seguido del departamento 3 o armado, y por último el departamento que menor área requiere es el 2 o rolado.

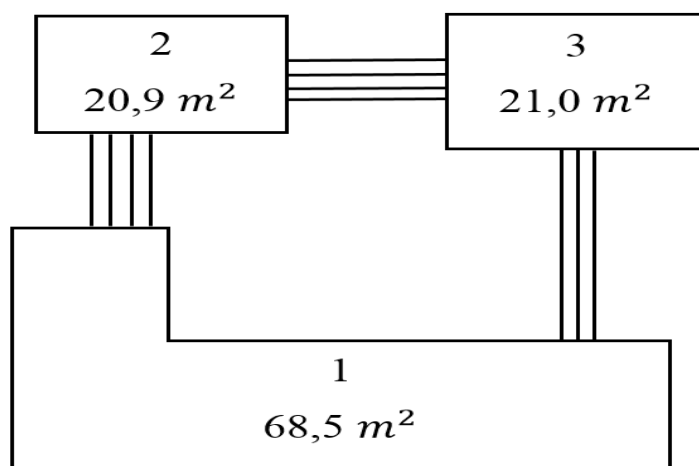


Figura 24: Diagrama relacional de espacios de Recipientes de Presión

Fuente: Elaboración propia

La figuras No. 25 muestra, el diagrama relacional de espacios de Intercambiadores de Calor, en el cual, se le asigna a cada departamento el área calculada anteriormente y se mantienen las líneas de trazado, asignadas en el diagrama relacional entre actividades, dando como resultado que el departamento 2 o perforación y rectificación, es el que mayor área

requiere del espacio disponible para la línea de producción, seguido del departamento 1 o corte, y por último el departamento que menor área requiere es el 3 o armado.

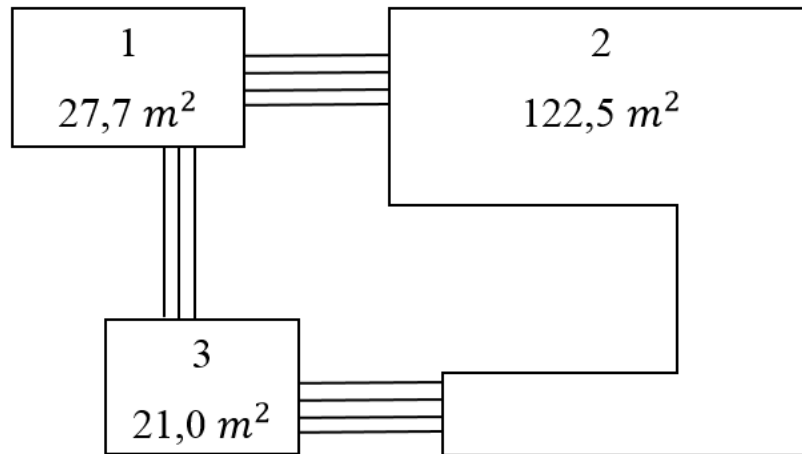


Figura 25: Diagrama relacional de espacios de Intercambiadores de Calor

Fuente: Elaboración propia

Al elaborar los diagramas relacionales de espacios de ambas líneas de producción, se constató que el taller de máquinas y herramientas, cuenta con las dimensiones y el espacio suficiente para la implementación de estas dos nuevas líneas.

4.1.6. Propuesta de distribución en planta del taller de máquinas y herramientas

En la figura No. 26 se indica, la propuesta de distribución en planta del taller de máquinas y herramientas, lugar donde se propone implementar dos líneas de producción, para la fabricación de los productos Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor, cada línea de producción dispone de un área delimitada.

Al calcular los espacios necesarios, para cada departamento de trabajo con la ecuación 1, se trabajó con las dimensiones de las máquinas; dimensiones para el almacenamiento de productos en proceso y dimensiones para los requerimientos de cada puesto de trabajo, tomando en cuenta la normativa legal vigente, respecto a la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores.

Las áreas que intervienen para la fabricación de cada producto, fueron relacionados entre sí, teniendo como motivo principal de la relación entre actividades, el flujo productivo de cada línea. La ubicación de las máquinas de ambas líneas de producción es en forma de U, debido a las restricciones de espacios del taller y así utilizar de manera óptima el área agilizando el flujo de los materiales. En el anexo No. 5 se muestra el plano de la propuesta de distribución en planta del taller.

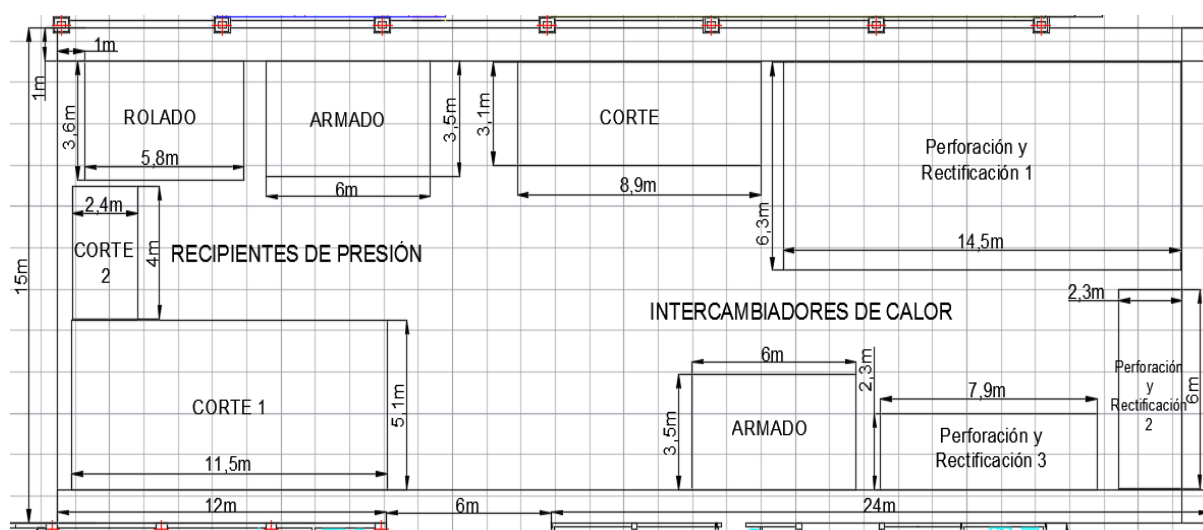


Figura 26: Propuesta de distribución en planta del taller de máquinas y herramientas

Fuente: Elaboración propia

Escala 1:500

4.1.7. Diagrama de Recorrido

Con base en la propuesta de distribución en planta del taller y de los diagramas de procesos OTIDA, de ambas líneas de producción se desarrolló el diagrama de recorrido. La figura No. 27 muestra, el diagrama de recorrido de ambas líneas de producción, este diagrama indica el camino que se deberá seguir, para la producción de los productos Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor, al desarrollar el diagrama se comprobó la organización de las departamentos de producción, según el flujo productivo, lo que permite la disminución del costo total de transporte del objeto de trabajo.

La bodega de materia prima y bodega de producto terminado, no son mostradas en el diagrama de recorrido debido a que se encuentran fuera del taller, ubicándose en la parte frontal de la empresa.

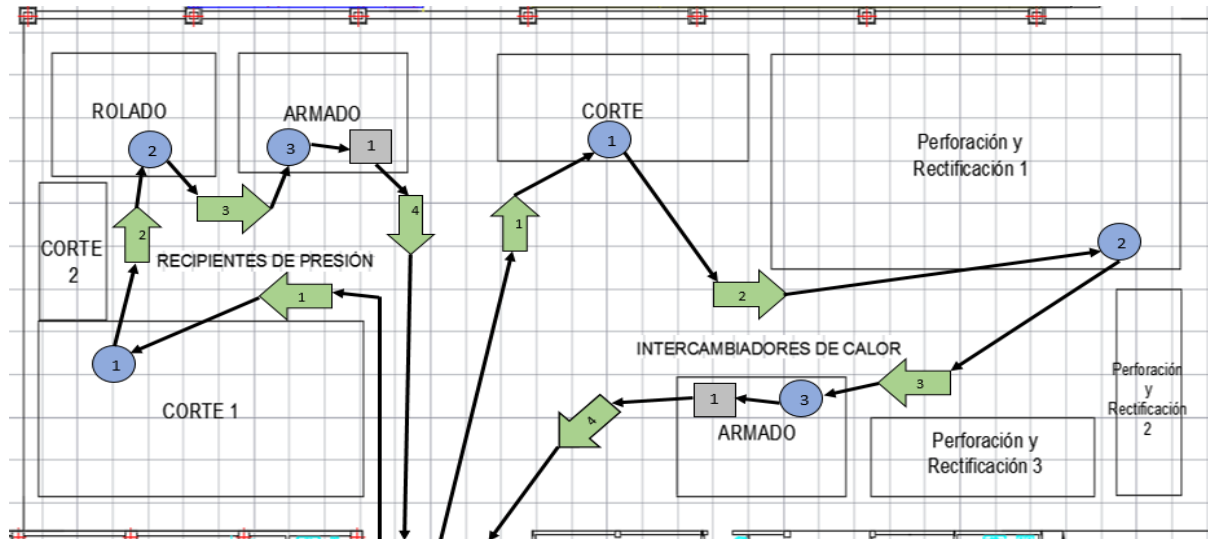


Figura 27: Diagrama de recorrido de las líneas de producción

Fuente: Elaboración propia

Escala 1:500

4.2. PLANIFICACIÓN DE DISEÑO DE RELACIONES COMPUTARIZADAS (CORELAP)

Para validar la propuesta de distribución en planta, elaborada por el método SLP, se desarrolló el método cuantitativo CORELAP, para las líneas de producción de los productos Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor, que permitió realizar la distribución en planta, tomando en cuenta las relaciones de cercanía de las áreas, para que estén contiguas.

En el programa se ingresaron datos de los problemas de distribución en planta, tales como: números, nombres y áreas de los departamentos que intervienen en la producción de los productos, además de la superficie disponible en el taller para cada línea de producción, esta información se muestra en el Anexo No. 6.

Para Calcular el índice total de cercanía de cada departamento, se ingresaron los datos de las matrices de relaciones entre actividades, elaboradas en el método SLP.

El orden de importancia de cada departamento, que interviene en la producción de los productos Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor, se genera en función del TCR calculado por el programa, según los datos de las matrices.

En la figura No. 28 se indica, el orden de importancia de los departamentos de Recipientes de Presión, en el cual, el departamento de rolado es ubicado en primera posición con un TCR de 12; en segunda posición se ubicó al departamento de corte con un TCR de 11; y en tercera posición en orden de importancia se ubicó al departamento de armado con un TCR de 11; además se visualiza que el área requerida para los tres departamentos, de la línea de producción de 1104 m² es menor al área disponible, de 1703 m² dispuesta en el taller para dicha línea.

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m ²
1.-	Rolado	12	20.9
2.-	Corte	11	68.5
3.-	Armado	11	21.0

Solución Gráfica

Calcular Iteraciones

Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida:
1104

Superficie Disponible:
1703

Figura 28: Orden de importancia de los departamentos Recipientes de Presión

Fuente: Software CORELAP 1.0

La figura No. 29 muestra, el orden de importancia de los departamentos de Intercambiadores de Calor, donde, se visualiza que el área requerida para los tres departamentos, de la línea de producción de 1712 m² es menor al área disponible, de 3146 m² dispuesta en el taller para dicha línea; además se obtuvo que el departamento de perforación y rectificación es ubicado en primera posición con un TCR de 12; en segunda posición se ubicó

al departamento de corte con un TCR de 11; y en tercera posición en orden de importancia se ubicó al departamento de armado con un TCR de 11.

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Perforación y Rec	12	122.5
2.-	Corte	11	27.7
3.-	Armado	11	21.0

Solución Gráfica

Calcular Iteraciones

Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida:
1712

Superficie Disponible:
3146

Figura 29: Orden de importancia de los departamentos de Intercambiadores de Calor

Fuente: Software CORELAP 1.0

En las figura No. 30 se muestra, el layout adecuado de la línea de producción de Recipientes de Presión, en donde se ubican gráficamente a los departamentos, según el orden de importancia calculado y con la superficie asignada a cada uno, obteniendo como resultado que el departamento de rolado, se ubicó en el centro de la distribución en planta debido a que tiene el mayor TCR, luego se ubicaron los departamentos de corte y armado alrededor del departamento ya ubicado.

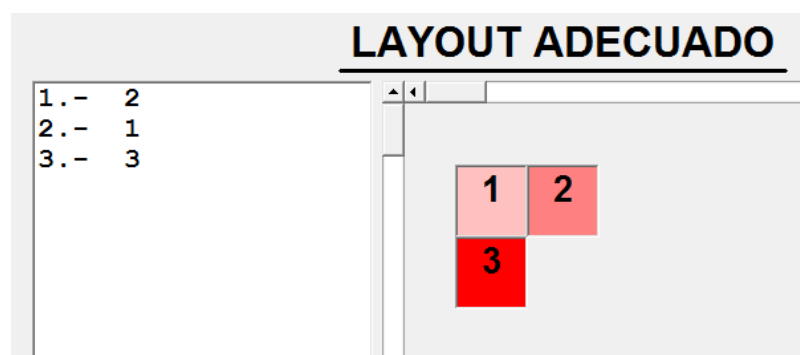


Figura 30: Layout adecuado de la línea de producción de Recipientes de Presión

Fuente: Software CORELAP 1.0

La figura No. 31 indica, el layout adecuado de la línea de producción de Intercambiadores de Calor, en el cual se ubican gráficamente a los departamentos, según el orden de importancia calculado y con la superficie asignada a cada uno de ellos, dando como resultado que el departamento de perforación y rectificación, se ubicó en el centro de la distribución en planta debido a que tiene el mayor TCR, luego se ubicaron los departamentos de corte y armado alrededor del departamento ya ubicado.

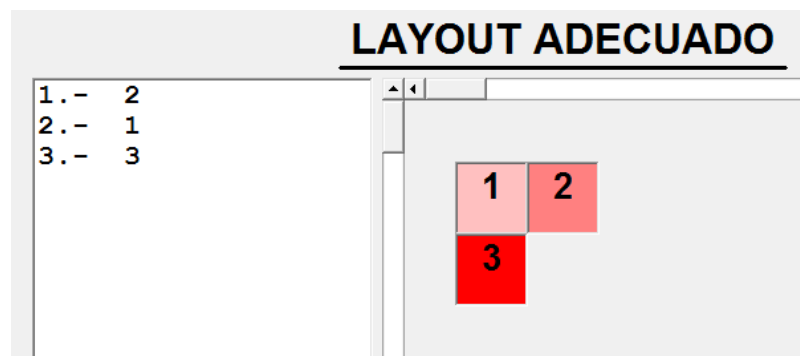


Figura 31: Layout adecuado Intercambiadores de Calor

Fuente: Software CORELAP 1.0

Las iteraciones realizadas por el programa CORELAP 1.0, para definir el layout adecuado para las líneas de producción, de los productos Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor respectivamente, realiza dos procesos iterativos, el primero calcula el orden en que se debe colocar cada departamento en el layout, el segundo ubica a los departamentos en la posición más adecuada.

El proceso del modelo matemático de búsqueda del departamento, más afín a los ya colocados se realizó de la siguiente manera, el departamento con el mayor TCR fue el primero en ser colocado en la distribución en planta, luego el modelo matemático, ordenó a los demás departamentos en función a su afinidad, o relación con el departamento ya ubicado y el próximo departamento en ser colocado fue el que tiene mayor peso relacional, el proceso se repitió hasta que todos los departamentos fueron ubicados.

La matriz de iteraciones para la obtención de la distribución en planta representa la superficie disponible para cada línea de producción dividida en el tamaño especificado para cada uno de los departamentos, el departamento con mayor TCR fue el primero en ser colocado ubicándose en el centro de la distribución en planta, los demás departamentos se fueron ubicando en el orden calculado por el modelo matemático de búsqueda del departamento más afín a los ya colocados.

En la figura No. 32 se indica, las iteraciones del layout adecuado de Recipientes de Presión, en donde, en primera instancia se ubicó en el centro de la distribución en planta al departamento de rolado, al ser el proceso que tiene mayor índice total de cercanía, luego se ubicaron a los departamentos de corte y armado, a los lados del departamento de rolado debido a la relación entre departamentos, por el flujo productivo de la línea de producción.

Busqueda del departamento más afín a los ya colocados								Departs. Colocados
Corte	685	11	0	6	5	1	3	2
Armado	210	11	5	6	0	3	2	1
	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	1
Armado	210	11	-1E+41	11	0	3	2	2
	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-2E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41
	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-2E+41	-1E+41	-1E+41	1
< >								
Iteraciones para la obtención de la distribución en planta								Coordenadas Departs. Colocados
-1E+42	-1E+42	0						1 1
6	3	0						2 1
0	0	0						
-1E+42	-1E+42	5						1 1
-1E+42	6	2,5						2 1
0	0	0						1 2
< >								
Valor de la relación de afinidad para colocación								6 8,5

Figura 32: Iteraciones del layout adecuado de Recipientes de Presión

Fuente: Software CORELAP 1.0

La figura No. 33 muestra, las iteraciones del layout adecuado de Intercambiadores de Calor, en el cual, en primera instancia se ubicó en el centro de la distribución en planta al departamento de perforación y rectificación, al ser el proceso que tiene mayor índice total de cercanía, luego

se ubicaron a los departamentos de corte y armado, a los lados del departamento de perforación y rectificación debido a la relación entre departamentos, por el flujo productivo de la línea de producción.

Busqueda del departamento más afín a los ya colocados								Departs. Colocados
Corte	277	11	0	6	5	1	3	2
Armado	210	11	5	6	0	3	2	1
-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	1
Armado	210	11	-1E+41	11	0	3	2	2
-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-2E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	1
-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-2E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	3
-1E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	-2E+41	-1E+41	-1E+41	-1E+41	1
Iteraciones para la obtención de la distribución en planta								Coordenadas Departs. Colocados
-1E+42	-1E+42	0						1 1
6	3	0						2 1
0	0	0						
-1E+42	-1E+42	5						1 1
-1E+42	8	2,5						2 1
0	0	0						1 2
Valor de la relación de afinidad para colocación								
								6 85

Figura 33: Iteraciones del layout adecuado de Intercambiadores de Calor

Fuente: Software CORELAP 1.0

Los layouts generados por el programa para ambas líneas de producción, se realizaron en base al índice total de cercanía calculado y validan la propuesta de distribución en planta, del taller de máquinas y herramientas elaborado por el método SLP.

4.3. ASIGNACIÓN RELATIVA COMPUTARIZADA DE INSTALACIONES (CRAFT).

Para el cálculo del costo total de transporte del objeto de trabajo, de cada una de las líneas de producción que se desarrollaron en el taller de máquinas y herramientas, se aplicó el método CRAFT, por medio de complementos de excel que cumple con la función objetivo, del modelo matemático, expresada en la ecuación 2 que fue descrita en el capítulo II.

En el complemento de excel se ingresaron datos de los problemas de distribución en planta, tales como: nombre del proyecto, número de departamento a implementar y la unidad de medida empleada que es el metro.

Luego de esto se genera una hoja de excel donde, se ingresan datos como: la longitud y ancho disponible para cada línea de producción, nombre y área de cada uno de los departamentos, información sobre el volumen de producción que se transportará entre departamentos mensualmente y el costo de mover una carga unitaria entre departamentos, este costo se calculó a partir del sueldo que perciben los operarios del taller y el tiempo que emplean en transportar dicha carga, esta información se muestra en el Anexo No. 3.

En la tabla No. 14 se muestran, datos de la matriz From-To de Recipientes de Presión, donde se indica que el recorrido del objeto de trabajo entre departamentos es secuenciado, de corte 1 a corte 2, de corte 2 a rolado y de rolado a armado, el flujo de producción para la línea de producción es 23 unidades mensuales entre departamentos y el costo de mover una carga unitaria entre departamentos es \$1,42, el costo unitario se calcula al multiplicar el tiempo de 15 minutos que se emplea para mover una carga, por el sueldo de los dos operarios que realizan el desplazamiento del objeto de trabajo en dicho tiempo.

Tabla No. 14: *Datos de matriz From –To Recipientes de Presión*

Departamento i (From)	Departamento j (To)	Flujo de Producción	Costo de mover carga unitaria
D1 - Corte 1	D2 - Corte 2	23	\$ 1,42
D2 - Corte 2	D3 - Rolado	23	\$ 1,42
D3 - Rolado	D4 - Armado	23	\$ 1,42
D4 - Armado			

Fuente: Elaboración propia

La tabla No. 15 muestra, datos de la matriz From-To de Intercambiadores de Calor, donde se indica que el recorrido del objeto de trabajo es secuenciado entre departamentos, de corte a perforación y rectificación 1, de perforación y rectificación 1 a perforación y rectificación 2, de

perforación y rectificación 2 a perforación y rectificación 3, y de perforación y rectificación 3 a armado; el flujo de producción para la línea de producción es 17 unidades mensuales entre departamentos y el costo de mover una carga unitaria entre departamentos es \$2,13, el costo unitario se calcula al, multiplicar el tiempo de 15 minutos que se emplea para mover una carga, por el sueldo de los tres operarios que realizan el desplazamiento del objeto de trabajo en dicho lapso de tiempo.

Tabla No. 15: *Datos de matriz From –To Intercambiadores de Calor*

Departamento i (From)	Departamento j (To)	Flujo de Producción	Costo de mover carga unitaria
D1 - Corte 1	D2 - Perforación y Rectificación 1	17	\$ 2,13
D2 - Perforación y Rectificación 1	D3 - Perforación y Rectificación 2	17	\$ 2,13
D3 - Perforación y Rectificación 2	D4 - Perforación y Rectificación 3	17	\$ 2,13
D4 - Perforación y Rectificación 3	D5 - Armado	17	\$ 2,13
D5 - Armado			

Fuente: Elaboración propia

Para completar la información necesaria para el cálculo del costo, se introduce en la matriz del complemento de excel la distribución en planta elaborada según el método SLP y validado por el método CORELAP.

Al generarse la solución se calculó el costo total de transporte del objeto de trabajo mensual para cada una de líneas de producción, como se indica en el Anexo No. 4.

En la tabla No. 16 se muestra el costo total del transporte del objeto de trabajo, calculado para ambas líneas de producción; para la línea de producción de Recipientes de Presión se obtuvo un costo mensual de \$768, y para la línea de producción de intercambiadores de calor dio como resultado un costo mensual de \$1394.

Tabla No. 16: *Costo Total de Transporte del Objeto de Trabajo*

Línea de Producción	Costo Total del Transporte del Objeto de Trabajo Mensual
Recipientes de Presión	\$ 768
Intercambiadores de Calor	\$ 1394

Fuente: Elaboración propia

A continuación se valida el costo obtenido por los complementos de excel con el cálculo individual del costo total de transporte del objeto de trabajo para cada una de las línea de producción cumpliendo con la función objetivo del modelo matemático del método, expresada en la ecuación 2 que fue descrita en el capítulo II.

Cálculo del costo total de transporte del objeto de trabajo para la línea de producción del producto recipientes de presión.

$$CT_{TOT} = (23 \times 1,42 \times 9,6) + (23 \times 1,42 \times 6,9) + (23 \times 1,42 \times 7,0)$$

$$CT_{TOT} = \$ 768 \text{ mensuales}$$

Cálculo del costo total de transporte del objeto de trabajo para la línea de producción del producto Intercambiadores de Calor.

$$CT_{TOT} = (17 \times 2,13 \times 12,5) + (17 \times 2,13 \times 14,0) + (17 \times 2,13 \times 5,5) + (17 \times 2,13 \times 6,5)$$

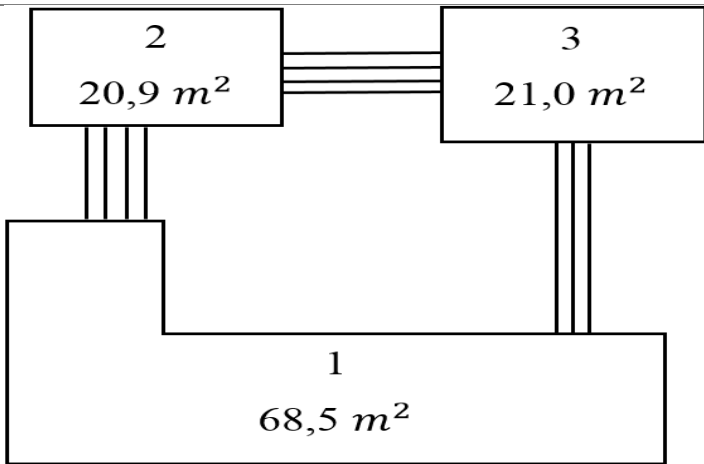
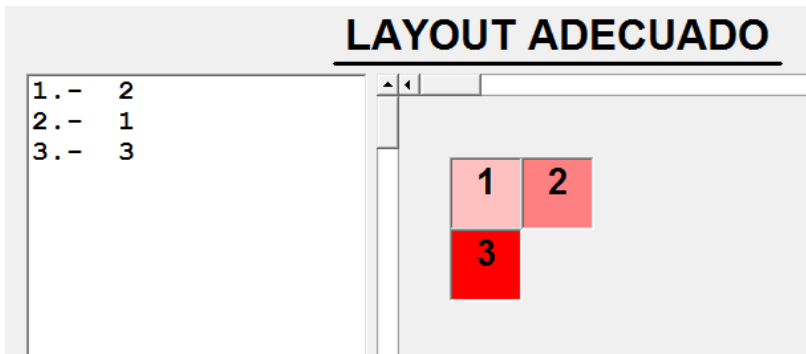
$$CT_{TOT} = \$ 1394 \text{ mensuales}$$

4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la tabla No. 17 se muestra la validación de la propuesta de distribución en planta de la línea de producción Recipientes de Presión, dando como resultado la validación de la propuesta de distribución en planta por los tres métodos. Aplicando el método SLP se distribuyen los departamentos, de corte, el cual ocupa la mayor área del espacio disponible; el departamento de rolado y el departamento de armado; en secuencia debido al flujo productivo de la línea de producción. El método CORELAP calculó el TCR de los tres departamentos productivos y

ubicó al departamento de rolado en el centro de la distribución en planta debido a que tiene el mayor TCR, luego ubicó a los departamentos de corte y armado en función del índice total de cercanía, con respecto al departamento de rolado. Al aplicar el método CRAFT por medio de los complementos de excel se subdividió al departamento de corte en 2, para obtener una mayor precisión en el cálculo del costo total mínimo de transporte del objeto de trabajo de la línea de producción y se ubicó a los departamentos de rolado y armado en base al flujo productivo de la línea.

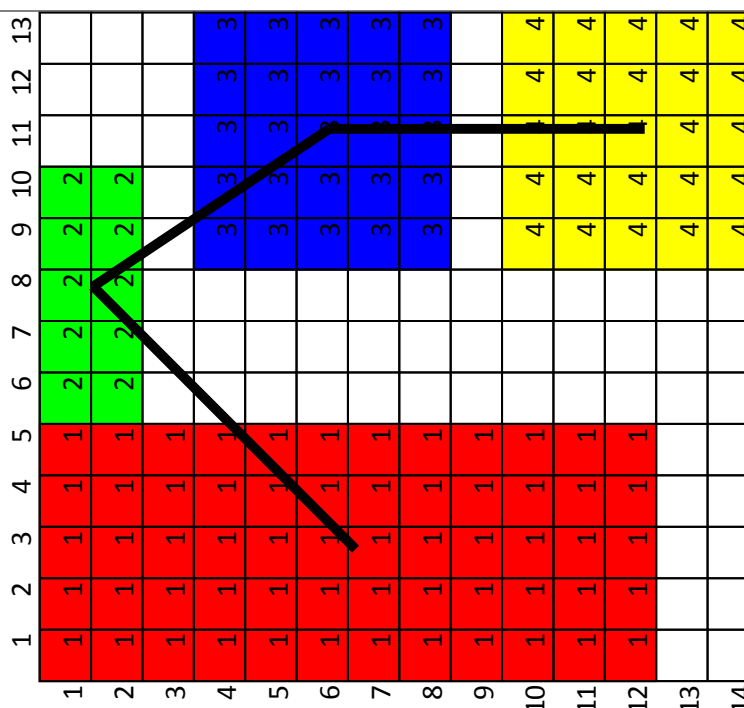
Tabla No. 17: Validación de la propuesta de distribución en planta de la línea de producción Recipientes de Presión

Método	Resultados de la distribución en planta
<p>Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (SLP).</p> <p>Donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Corte 2. Rolado 3. Armado 	
<p>Planificación de Diseño de Relaciones Computarizadas (CORELAP).</p> <p>Donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rolado 2. Corte 3. Armado 	<p>LAYOUT ADECUADO</p> 

Asignación Relativa Computarizada de Instalaciones (CRAFT).

Donde:

1. Corte 1
2. Corte 2
3. Rolado
4. Armado



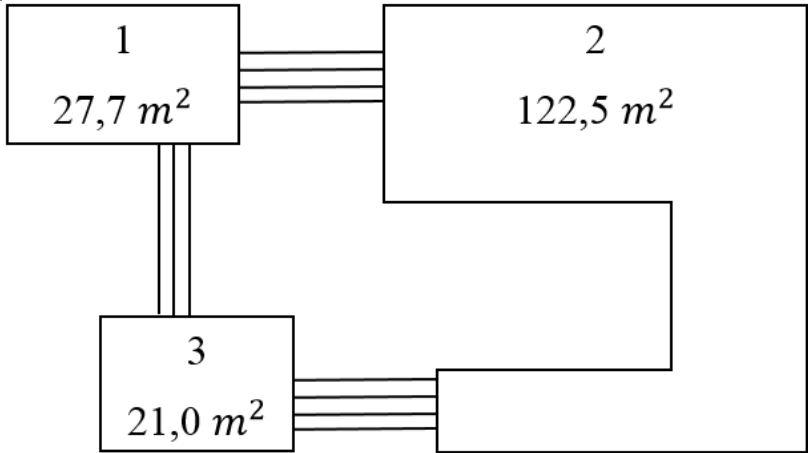
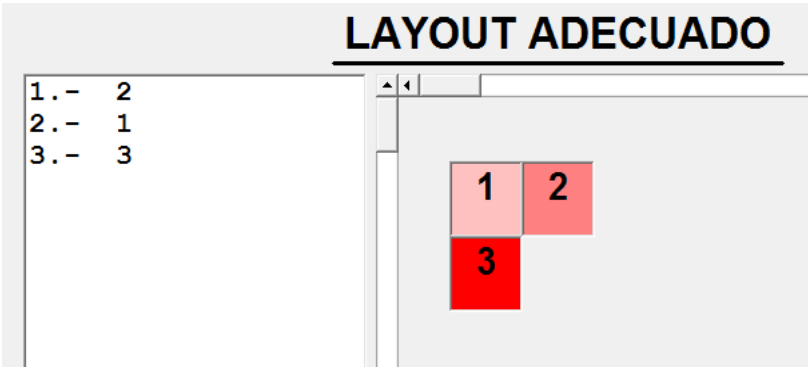
Fuente: Elaboración propia

Al emplearse los tres métodos antes mencionados para la elaboración de la propuesta, la distribución en planta que se propone da como resultado que la ubicación, de los departamentos de producción se ubican en base al flujo productivo de la línea, logrando la óptima circulación y flujo de materiales, ya que se realiza de manera secuenciada provocando que la distancia a recorrer entre departamentos, para la producción del producto Recipientes de Presión sea la mínima de 23,50 m y el costo total mínimo de transporte del objeto de trabajo para la línea de producción es de \$768 mensuales.

En la tabla No. 18 se muestra la validación de la propuesta de distribución en planta de la línea de producción Intercambiadores de Calor, dando como resultado la validación de la propuesta de distribución en planta al desarrollar los tres métodos. Aplicando el método SLP se distribuyen los departamentos, de corte; el departamento de rolado, el cual ocupa la mayor área del espacio disponible y el departamento de armado; en secuencia debido al flujo productivo de la línea de producción. El método CORELAP calculó el TCR de los tres

departamentos productivos y ubicó al departamento de perforación y rectificación en el centro de la distribución en planta debido a que tiene el mayor TCR, luego ubicó a los departamentos de corte y armado en función del índice total de cercanía con respecto al departamento de perforación y rectificación. Al aplicar el método CRAFT por medio de los complementos de excel se subdividió al departamento de corte en 3, para obtener una mayor precisión en el cálculo del costo total mínimo de transporte del objeto de trabajo de la línea de producción y se ubicó a los departamentos de corte, perforación y rectificación y armado en base al flujo productivo de la línea.

Tabla No. 18: Validación de la propuesta de distribución en planta de la línea de producción Intercambiadores de Calor

Método	Resultados de la distribución en planta
<p>Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (SLP).</p> <p>Donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Corte 2. Perforación y Rectificación 3. Armado 	
<p>Planificación de Diseño de Relaciones Computarizadas (CORELAP).</p> <p>Donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perforación y Rectificación 2. Corte 3. Armado 	<p>LAYOUT ADECUADO</p> 

Asignación Relativa de Instalaciones (CRAFT).	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1. Corte	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2. Perforación y Rectificación 1																									
3. Perforación y Rectificación 2												5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3
4. Perforación y Rectificación 3												5	5	5	5	5		4	4	4	4	3	3	3	3
5. Armado												5	5	5	5	5		4	4	4	4	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia

Al emplearse los métodos SLP, CORELAP Y CRAFT para la elaboración de la propuesta, la distribución en planta que se propone da como resultado que la ubicación de los departamentos de producción, se ubican en base al flujo productivo de la línea logrando la óptima circulación y flujo de materiales, ya que se realiza de manera secuenciada provocando que la distancia a recorrer entre departamentos, para la producción del producto Intercambiadores de Calor sea la mínima de 38,50 m y el costo total mínimo de transporte del objeto de trabajo para la línea de producción es de \$1394 mensuales.

CONCLUSIONES

- Se realizó el estudio del arte referente a metodologías existentes para la solución del problema de distribución en planta del taller de máquinas y herramientas, que permitan optimizar el espacio disponible logrando la integración de conjunto de la mano de obra, medio de trabajo y objeto de trabajo.
- El análisis de la situación actual del taller demuestra datos relevantes, tales como: el flujo de procesos de las líneas de producción de los productos Recipientes de Presión e Intercambiadores de Calor; la infraestructura del taller de máquinas y herramientas, lugar donde se desarrolló la propuesta de distribución en planta y los requerimientos de espacio de la maquinaria necesaria para la producción de cada producto.
- Para la propuesta de distribución en planta de ambas líneas de producción se utilizó un flujo de materiales en forma de U debido a las restricciones físicas del espacio disponible en el taller de máquinas y herramientas, además que permite optimizar la utilización del espacio disponible en el taller de máquinas y herramientas.
- La propuesta de distribución en planta elaborada por la aplicación del método SLP y validada por el método CORELAP, cumple con los principios de distribución en planta, permitiendo la optimización del flujo de producción, ya que la premisa de ambos métodos es realizar una distribución en planta tomando en cuenta las relaciones de cercanías entre departamentos donde el flujo de producción es el principal motivo o causa de relación.
- Al aplicar el método CRAFT se contrastan los dos métodos aplicados anteriormente y además se calcula el costo total de transporte del recorrido del objeto de trabajo a través de las líneas de producción, obteniendo que para la línea de producción de Recipientes de Presión se tiene un costo de \$ 768 mensuales y para la línea de producción de Intercambiadores de Calor presenta un costo de \$ 1394 mensuales.

RECOMENDACIONES

- Implementar en el taller de máquinas y herramientas la propuesta de distribución en planta de ambas líneas de producción.
- Realizar el diseño de las instalaciones eléctricas del taller tomando en cuenta los requerimientos eléctricos de las máquinas de cada área dispuesta en la distribución en planta realizada.
- Identificar los riesgos asociados a cada puesto de trabajo para la ubicación de la señalética de seguridad y salud ocupacional necesaria.
- Implementar extractores de gases y humos en el área de armado de la línea de producción de Recipientes de Presión debido a la utilización de máquinas de soldar, para la prevención de enfermedades laborales.

FUTUROS TRABAJOS

Se recomienda que en el taller de máquinas y herramientas de la empresa SYMEP S.A. se desarrolle los siguientes proyectos:

- Planeamiento de la producción de las líneas productivas de recipientes de presión e intercambiadores de calor.
- Modelo de gestión de inventarios de la materia prima y producto terminado de ambas líneas de producción.
- Plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria empleada en la producción de los recipientes de presión e intercambiadores de calor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASME. (11 de Febrero de 2019). *THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS*. Obtenido de THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS: <https://www.asme.org/>
- Ávila, Á. (2001). *Montaje y Mantenimiento de Equipo*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Baca, G., Cruz, M. C., Gutiérrez, J., Pacheco, A., Rivera, Á., Rivera, Í., & María, O. (2014). *Introducción a la ingeniería industrial*. México: Patria.
- Barclay, L. (23 de Marzo de 2015). *Classification of facility layout problems computer science essay*. . Obtenido de Obtenido de UKESSAYS: goo.gl/ejqkgl
- Bravo, D., & Sánchez, C. (2011). *Distribución en planta. Introducción al diseño de plantas industriales, conceptos y métodos cuantitativos para la toma de decisiones*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Bravo, J. (2011). *Gestión de Procesos*. Santiago de Chile: Evolución .
- Cabrera, R. (2014). *Manual de lean manufacturing*. México.
- Campaña, P. (20 de 01 de 2013). *Diagrama de proceso*. Recuperado el 04 de 11 de 2018, de patty1991.blogspot.com/2013/01/diagrama-de-procesos.html
- Cano, E. (2013). *Distribución de planta y manejo de materiales*. Obtenido de https://www.academia.edu/36298460/DISTRIBUCION_DE_PLANTA_Y_MANEJO_DE_MATERIALES_INSTRUCTOR_EDEN_CANO_RODRIGUEZ_5TO_CUATRI_MESTRE_DOMINGOS
- Casals, M., & Forcada, X. (2008). *Diseño de complejos industriales. Fundamentos*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Castán, J., Giménez, C., & Guitart, L. (2003). *Metodología 6. Dirección de la Producción: Ejercicios* . Barcelona : Universidad de Barcelona.

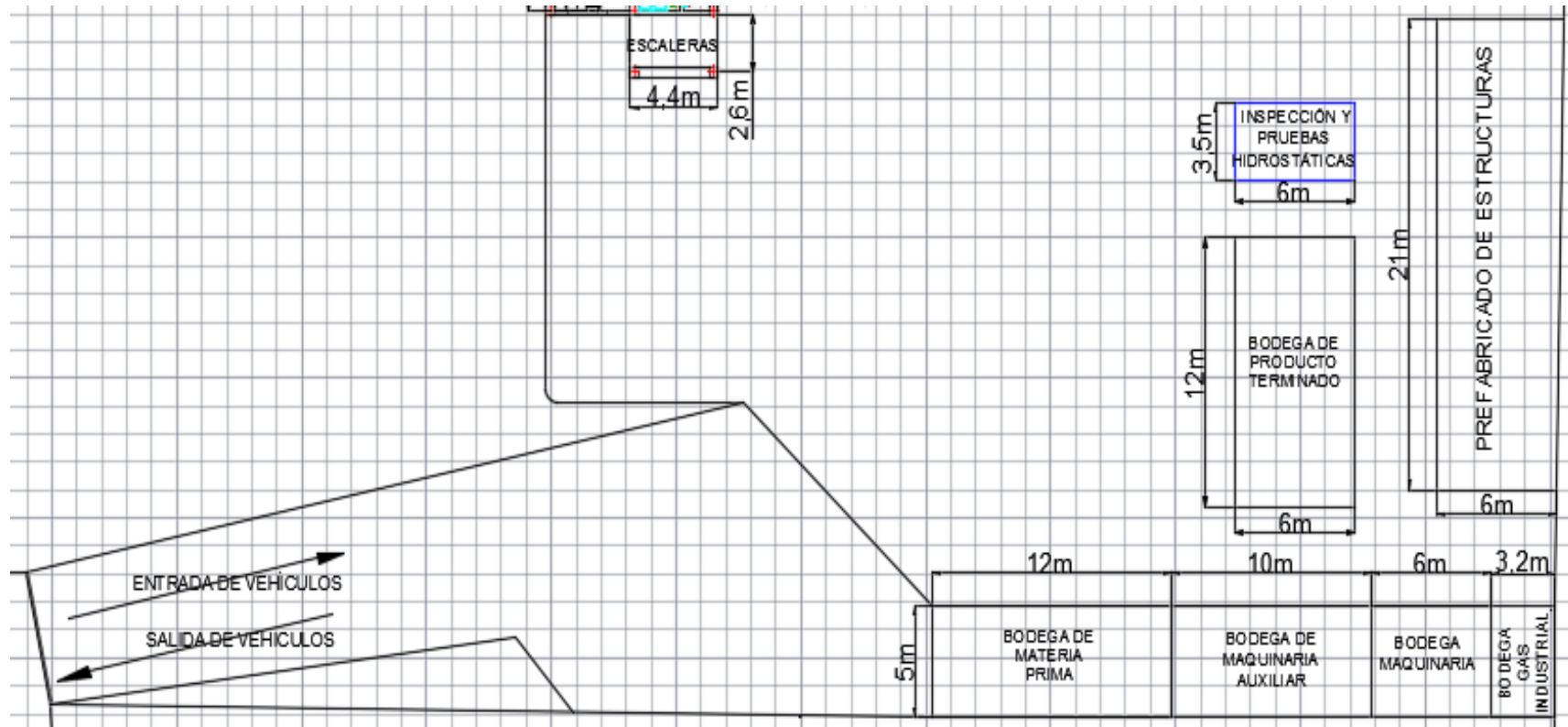
- CNP. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo. Toda una Vida*. Quito : CNP.
- Collazos, C. (2013). *Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta*. Madrid: Mc Graw-Hill.
- Cordón, J., López, J., & Vaquero, J. (2001). *Manual de investigación bibliográfica y documental*. Pirámide.
- Cuatrecasas, L. (2012). *Diseño integral de plantas productivas* . Madrid : Díaz de Santos .
- Cuzal, R. (2010). *Rediseño de la distribución de maquinaria, equipo y mantenimiento en el taller de mecánica industrial, INTECAP Quetzaltenango*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- De la Fuente, D., & Fernández, I. (2005). *Distribución en planta*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Deshpande, V., Patil, N., Baviskar, V., & Jaivesh, G. (2016). *Deshpande, V., Patil, N., BaviskaPlant layout optimization using CRAFT and ALDEP methodology*. Focus, 32-42.
- Díaz, V. (2006). *Metodología de la investigación científica y bioestadística* . Chile: Ril.
- Estrada, M. (2005). *Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para vehículos y maquinaria pesada para la empresa SEMAVESA*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Fernández, J. (2008). *Distribución física de las instalaciones*.
- García, Á. (1998). *Conceptos de organización industrial*. Barcelona: Boixareux.
- Hodson, W. (1996). *Manual del ingeniero industrial II*. México: McGraw Hill.
- Konz, S. (1991). *Diseño de instalaciones industriales*. México: Limusa.
- Konz, S. (1992). *Manual de distribución en plantas industriales*. México: LIMUSA.
- Lara, E. (1999). *Taller de Redacción del Trabajo Científico*. Ibarra: Editorial Universitaria-CUDIC.

- Leiva, M., Mauricio, D., & Salas, J. (2013). Una taxonomía del problema de distribución de planta por procesos y sus métodos de solución. *Revista de la facultad de ingeniería industrial Volumen 16*, 138-139.
- López, J. (1996). *Notas de distribución en planta*. México: Azcapotzalco.
- Mejía, H., Wilches, M., Galofre, M., & Montenegro, J. (2011). Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución. *Scientia et Technica*, 64-65.
- Ministerio-Trabajo. (2012). *Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo*. Quito: Ministerio de trabajo.
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta*. Barcelona: McGraw Hill.
- Namakforoosh, M. (2005). *Metodología de la investigación*. México: Limusa.
- Naresh, M. (2004). *Investigación de mercados, un enfoque aplicado*. México: Pearson.
- Obregón, M. (2016). *Fundamentos de ergonomía*. Mexico: Patria.
- Ospina, J. (2016). *Propuesta de distribución de planta para aumentar la productividad en una empresa metalmeccánica en Ante Lima, Perú*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Párreño, J., Fernández, I., Pino, R. G., Puente, J., & De la Fuente, D. (2008). *Ingeniería de la organización en la empresa: Dirección de operaciones*. Oviedo (Asturias): Ediuono.
- Platas, J., & Cervantes, M. (2014). *Planeación, Diseño y Layout de instalaciones. Un enfoque por competencias*. México: Patria.
- Puma, G. (2011). *Propuesta de redistribución de planta y mejoramiento de la producción para la empresas de "Prefabricados del Austro"*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca.
- Rojas, C., & Raúl, A. (2001). *Redistribución de planta en el proceso de pintado de envase plástico-plano y cilíndrico*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rosales, R. (1998). *Manua de Ingeniero de planta*. México: McGraw Hill.

- Salazar, B. (sf de sf de 2016). *Diseño y distribución en planta*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/>
- Schroeder, R. G. (2011). *Administración de Operaciones conceptos y casos contemporáneos*. México, D. F.: McGraw Hill.
- Segura, A. (2010). *Layout aplicación a un despacho de administración de fincas*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Simbaña, E., & Jiménez, A. (2012). *Redistribución de las máquinas herramientas e instalaciones del taller de mecánica rotativa de la Refinería de Esmeraldas*. Quito: Universidad Politécnica Nacional .
- SYMEP, S. (14 de Mayo de 2019). *SYMEP S.A.* Obtenido de SYMEP S.A.: <https://www.symep.com.ec/>
- Tamayo, M. (2004). *Investigación científica*. México: Limusa.
- Torres, J., & Arias, A. (2015). *Reorganización del taller de mecánica de patio y repotenciación del elevador eléctrico 1749 de la escuela de ingeniería automotriz*. Riobamba: ESPOCH.
- Vallhonrat, J., & Corominas, A. (2010). *Localización, Distribución en planta y mantenimiento Segunda Edición*. Barcelona: Marcombo.
- Vaughn, R. (2003). *Introducción a la ingeniería industrial Tercera edición*. Barcelona: Reverté.

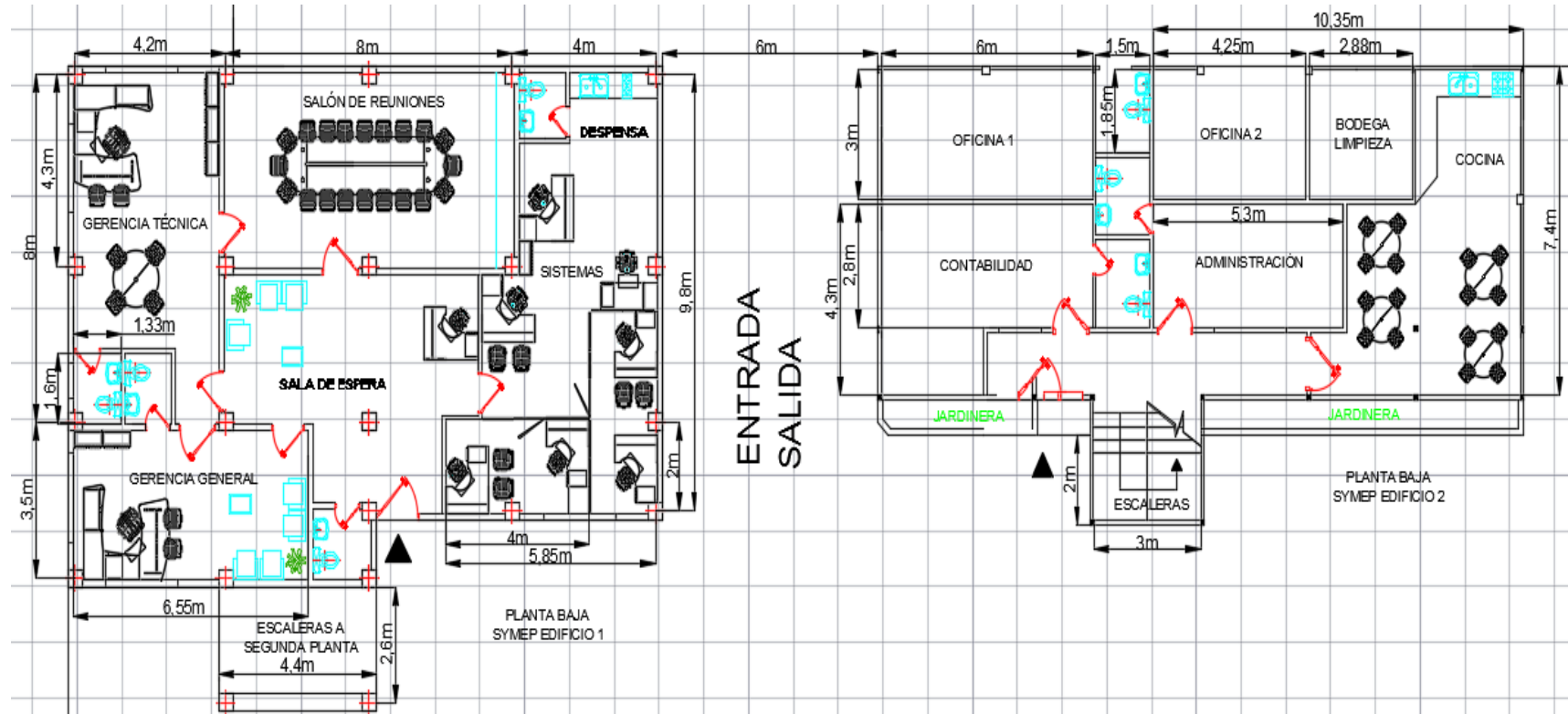
ANEXOS

Anexo No. 1: Plano de la parte frontal de la empresa



Escala 1:1500

Anexo No. 2: Plano del área central de la empresa



Escala 1:700

Anexo No. 3: Plano del taller de máquinas y herramientas





Escala 1:500

Anexo No. 4: Fichas Técnicas de Maquinaria

➤ Maquinaria de línea de producción Recipientes de Presión

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	CNC de Corte			Cantidad	1
Marca	Lincoln Electric	Modelo	Torchmate X HD		
Ubicación	Área de Corte				
Características Generales					
Largo	7,5 m	Ancho	3,5 m	Altura	1,9 m
Características Técnicas					
Voltage: 240 V Amperaje: 140 amps Temperatura máxima de trabajo: 40°C					
Función			Foto de la máquina		
Corte por medio del plasma las láminas de acero con alta precisión y exactitud.					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Cortador de Plasma			Cantidad	1
Marca	Lincoln Electric	Modelo	Kaliburn Spirit II 275		
Ubicación	Área de Corte				
Características Generales					
Largo	1 m	Ancho	0,8 m	Altura	1,09 m
Características Técnicas					
Voltage: 240 V Amperaje: 275 amps Frecuencia: 60 Hz					
Función			Foto de la máquina		
Corte por Plasma sin escoria para acero dulce, latón, acero inoxidable, cobre y aluminio.					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Oxicorte		Cantidad	1	
Marca	Century	Modelo	HCW-23P		
Ubicación	Área de Corte				
Características Generales					
Largo	0,6 m	Ancho	0,3 m	Altura	1,40 m
Características Técnicas					
Capacidad de corte: 0,15 m Capacidad de soldadura: 9 mm					
Función					
Corte de piezas de metal a través de la erosión térmica, en el que el objeto de metal, después de ser calentado, se somete a un chorro de oxígeno, provocando la oxidación.					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Roladora		Cantidad	1	
Marca	DAVI	Modelo	MCB F-30		
Ubicación	Área de Rolado				
Características Generales					
Largo	5 m	Ancho	2 m	Altura	2,3 m
Características Técnicas					
Cuatro rodillos Largo de los rodillos: 3 m Diámetro de los rodillos: 0,33 m Potencia Eléctrica: 30 HP					
Función					
Da forma curva o tubular a láminas de acero, por medio de un proceso en el cual la lámina es deformada entre los rodillos.					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Soldadura		Cantidad	2	
Marca	Lincoln Electric	Modelo	IDEALARC CV400-1		
Ubicación	Área de Armado				
Características Generales					
Largo	0,81 m	Ancho	0,56 m	Altura	1,08 m
Características Técnicas					
Voltaje: 230 V Amperaje: 77/39 amps Frecuencia: 60 Hz					
Función					
Sueda las piezas, por medio del calentamiento del metal lo que provoca la union entre partes.					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

➤ Maquinaria de línea de producción Intercambiadores de Calor

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Horno Estacionario de Electrodo		Cantidad	1	
Marca	DryRod	Modelo	1001474		
Ubicación	Área de Corte				
Características Generales					
Largo	0,9 m	Ancho	0,75 m	Altura	0,80 m
Características Técnicas					
Voltaje: 220 V Potencia: 1 HP Frecuencia: 50 Hz Temperatura: 38 - 288 °C					
Función					
Tratamiento térmico de materiales para alterar y mejorar sus propiedades físicas.					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Sierra de Cinta		Cantidad	1	
Marca	DURMA	Modelo	DCB - A 460		
Ubicación	Área de Corte				
Características Generales					
Largo	3 m	Ancho	1,5 m	Altura	1,9 m
Características Técnicas					
Motor principal: 3 Kw Motor Bomba: 1,1 Kw Motor de accionamiento: 0,75 Kw Velocidad de corte: 20-90 m/min					
Función					
Corte de piezas en forma exacta en ángulos rectos y en ángulos irregulares o curvos.					
Foto de la máquina					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Torno		Cantidad	1	
Marca	Optimum	Modelo	TX 5216		
Ubicación	Área de Corte				
Características Generales					
Largo	1,93 m	Ancho	0,8 m	Altura	1,6 m
Características Técnicas					
Potencia: 5,5 Kw Voltaje: 400 V Distancia máx. entre puntos: 1,2 m N° de velocidades: 12					
Función					
Da la forma y dimensiones necesarias a las piezas metálicas. Funciona mediante un sistema que sujeta la pieza mientras se le da la forma requerida.					
Foto de la máquina					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Fresadora		Cantidad	1	
Marca	HAAS	Modelo	GR - 712		
Ubicación	Área de Perforación y Rectificación				
Características Generales					
Largo	3,66 m	Ancho	1,83 m	Altura	2,16 m
Características Técnicas					
Potencia: 15 HP Velocidad máxima: 8100 rpm Voltaje: 220 V Amperaje: 40 amps					
Función					
Modela piezas requeridas de determinadas formas para los intercambiadores de calor, a través de un proceso de mecanizado.					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Torno Vertical		Cantidad	1	
Marca	HONOR SEIKI	Modelo	VL - 200CM		
Ubicación	Área de Perforación y Rectificación				
Características Generales					
Largo	8,4 m	Ancho	5,5 m	Altura	3,6 m
Características Técnicas					
Diámetro del plato: 2 m Potencia: 60-80 Kw Velocidad máxima: 20 rpm Caja de cambios: 2 gamas					
Función					
Variedad de torno diseñado para mecanizar piezas de gran tamaño. Realizará las perforaciones de los espejos de los intercambiadores de calor y mecanizará partes con alta precisión.					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Taladro de Pedestal			Cantidad	1
Marca	Enco	Modelo	Z5050		
Ubicación	Área de Perforación y Rectificación				
Características Generales					
Largo	0,85 m	Ancho	0,6 m	Altura	1,73 m
Características Técnicas					
Voltaje: 220 V Potencia: 1,5 HP Velocidad máxima: 2020 rpm					
Función					
Realiza perforaciones en los espejos de los intercambiadores de calor con alta precisión y exactitud.					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		



FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Esmeril			Cantidad	1
Marca	Rand	Modelo	8011		
Ubicación	Área de Perforación y Rectificación				
Características Generales					
Largo	0,4 m	Ancho	0,4 m	Altura	1,15 m
Características Técnicas					
Velocidad: 3600 rpm Potencia: 3/4 HP Amperaje: 2,4/4,8 amps					
Función					
<ul style="list-style-type: none"> ● Limpieza de piezas pequeñas ● Eliminar rebabas de piezas ● Pulir piezas ● Afillar herramientas ● Eliminar limallas de piezas 					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Taladro Radial		Cantidad	1	
Marca	Cezko	Modelo	Z3050		
Ubicación	Área de Perforación y Rectificación				
Características Generales					
Largo	1,5 m	Ancho	1,45 m	Altura	2,2 m
Características Técnicas					
Potencia del motor principal: 4 Kw N° de velocidades: 16 Velocidad máxima: 2000 rpm Recorrido transversal del cabezal: 0,9 m					
Función					
Se emplea para realizar perforaciones en piezas con gran exactitud con diferentes ángulos y partes de la pieza esto es lo que lo diferencia del taladro de pedestal.					
					
Foto de la máquina					
Elaborado por	Mauricio Ramírez		Revisado por	Ing. Yackleem Montero	
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña		Fecha	27/05/2019	

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Prensa		Cantidad	1	
Marca	Enerpac	Modelo	IPH200D13-2		
Ubicación	Área de Perforación y Rectificación				
Características Generales					
Largo	2,5 m	Ancho	1,5 m	Altura	2,15 m
Características Técnicas					
Voltaje: 115 V Potencia: 1,5 HP Capacidad: 200 Tn Presión máxima: 10000 PSI					
Función					
Alterar o modificar la forma de piezas metálicas ejerciendo una determinada presión sobre la pieza.					
					
Foto de la máquina					
Elaborado por	Mauricio Ramírez		Revisado por	Ing. Yackleem Montero	
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña		Fecha	27/05/2019	

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Dobladora de Tubos		Cantidad	1	
Marca	Durma	Modelo	PBH - 6		
Ubicación	Área de Perforación y Rectificación				
Características Generales					
Largo	1,15 m	Ancho	0,9 m	Altura	1,16 m
Características Técnicas					
Potencia: 2,2 Kw Velocidad de rotación: 5 m/min Diámetro de los ejes: 60 mm					
Función					
Doblar o curvar con el ángulo necesario los tubos Y piezas de los intercambiadores de calor.					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

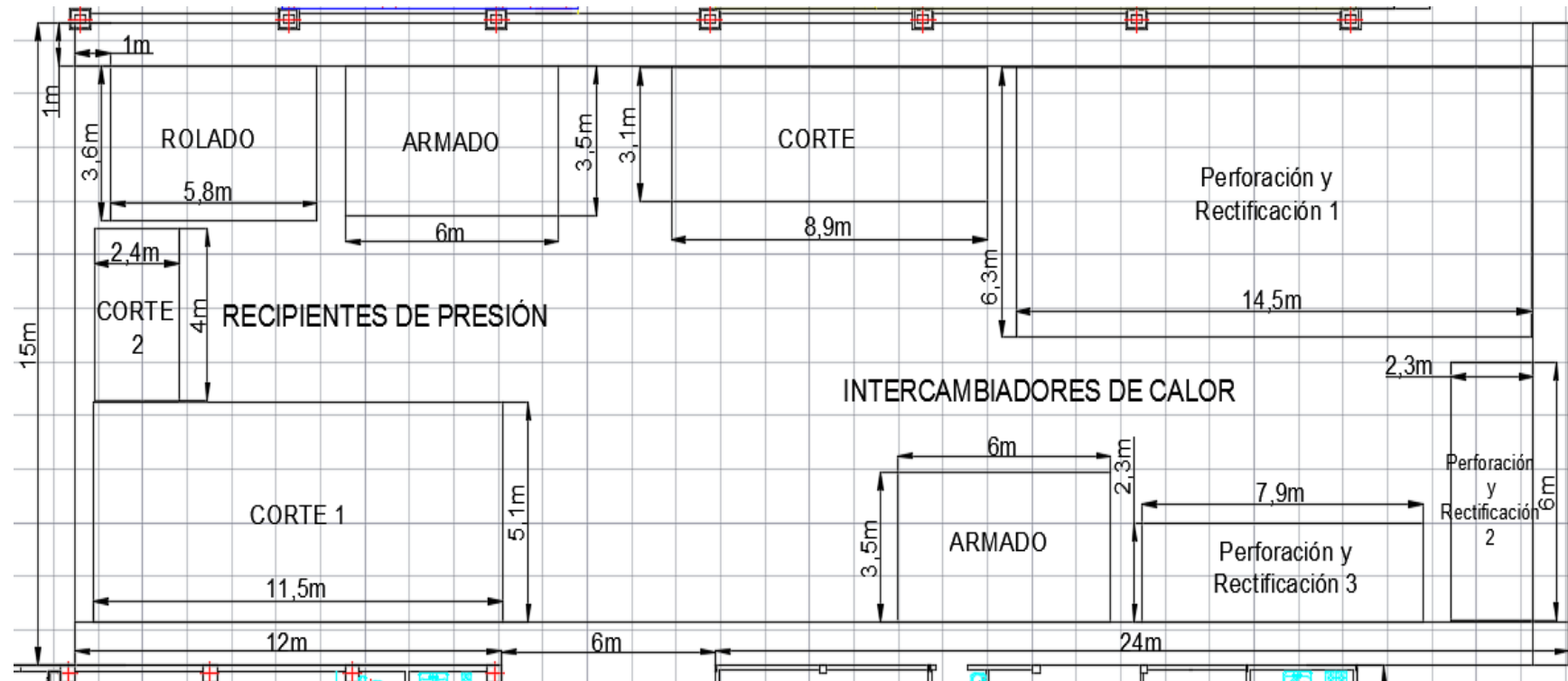
FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Roscadora		Cantidad	1	
Marca	Ridgid	Modelo	1224		
Ubicación	Área de Perforación y Rectificación				
Características Generales					
Largo	1 m	Ancho	0,65 m	Altura	1,4 m
Características Técnicas					
Potencia: 1,5 Hp Voltaje: 120 V Frecuencia: 60 Hz					
Función					
Mecaniza roscas en las superficies de piezas cilíndricas o tubos, otra función que puede cumplir es cortar y escariar los tubos.					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Rapid Hawk			Cantidad	1
Marca	Elliott	Modelo	ETRS 150-220		
Ubicación	Área de Armado				
Características Generales					
Largo	1,7 m	Ancho	0,9 m	Altura	2,4 m
Características Técnicas					
Voltaje: 220 V Velocidad del motor: 760-1250 rpm Frecuencia: 60 Hz Amperaje: 20 amps					
Función					
Expande con consistencia las piezas cilíndricas o tubos en el armado de los intercambiadores de calor, lo que permite la unión solida del equipo.					
Foto de la máquina					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Bomba Hidráulica			Cantidad	1
Marca	Elliott	Modelo	M5776-00		
Ubicación	Área de Armado				
Características Generales					
Largo	0,75 m	Ancho	0,65 m	Altura	1,2 m
Características Técnicas					
Voltaje: 220 V Amperaje: 15 amps Potencia: 1,13 Hp Presión máxima: 10000 PSI					
Función					
Suministra un caudal de fluido a una determinada presión dentro del intercambiador de calor.					
Foto de la máquina					
Elaborado por	Mauricio Ramírez	Revisado por	Ing. Yackleem Montero		
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña	Fecha	27/05/2019		

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
Máquina	Punte Grúa			Cantidad	1
Marca	Ellsen	Modelo	Monorriel Europeo		
Ubicación	Taller de Máquina y Heramientas				
Características Generales					
Largo	30 m	Ancho	15 m	Altura	0,9 m
Características Técnicas					
Voltaje: 380 V Capacidad: 10 Tn Altura de izaje: 10 m Recorrido: 40 m					
Función					
Elevación y transporte de máquinas y elementos de máquinas.					
Foto de la máquina					
Elaborado por	Mauricio Ramírez		Revisado por	Ing. Yackleem Montero	
Aprobado por	Ing. Edison Simbaña		Fecha	27/05/2019	

Anexo No. 5: Plano de la propuesta de distribución en planta del taller.



Escala 1:500

Anexo No. 6: Datos de las líneas de producción y matrices de relaciones CORELAP

➤ Línea de producción Recipientes de Presión

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2
1	Corte	685
2	Rolado	209
3	Armado	210

Superficie Disponible :

Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.

A =	<input type="text" value="6"/>
E =	<input type="text" value="5"/>
I =	<input type="text" value="4"/>
O =	<input type="text" value="3"/>
U =	<input type="text" value="2"/>
X =	<input type="text" value="1"/>

El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

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

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3
1	Corte	685		A	E
2	Rolado	209			A
3	Armado	210			

➤ Línea de producción Intercambiadores de Calor

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2
1	Corte	277
2	Perforación y Rect	1225
3	Armado	210

Superficie Disponible :

Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.

A =	<input type="text" value="6"/>
E =	<input type="text" value="5"/>
I =	<input type="text" value="4"/>
O =	<input type="text" value="3"/>
U =	<input type="text" value="2"/>
X =	<input type="text" value="1"/>

El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

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

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3
1	Corte	277		A	E
2	Perforación y Rect	1225			A
3	Armado	210			

Anexo No. 7: Datos para el cálculo del costo total del transporte del objeto de trabajo CRAFT

➤ Línea de producción Recipientes de Presión

Layout Data

Problem Name:	Recipientes
Number Depts.:	4
Fixed Points:	0
Dimension:	m



Facility Information

Scale-m/unit	1	Cells
Length-m	14	14
Width-m	13	13
Area-sq.m	182	182

Department Information

	Name	F/V	Area	Cells
Dept. 1	D 1	V	58,9	59
Dept. 2	D 2	V	9,6	10
Dept. 3	D 3	V	20,9	21
Dept. 4	D 4	V	21	21

Flow Matrix

	TO			
FROM	D 1	D 2	D 3	D 4
D 1		23		
D 2			23	
D 3				23
D 4				

Cost Matrix

	TO			
FROM	D 1	D 2	D 3	D 4
D 1		1,42		
D 2			1,42	
D 3				1,42
D 4				

➤ Línea de producción Intercambiadores de Calor

Layout Data

Problem Name:	Intercambiadores
Number Depts.:	5
Fixed Points:	0
Dimension:	m



Facility Information

Scale-m/unit	1	Cells
Length-m	25	25
Width-m	13	13
Area-sq.m	325	325

Department Information

	Name	F/V	Area	Cells
Dept. 1	D 1	V	27,7	28
Dept. 2	D 2	V	91,1	92
Dept. 3	D 3	V	13,4	14
Dept. 4	D 4	V	18,1	19
Dept. 5	D 5	V	21	21

Flow Matrix

	TO				
FROM	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5
D 1		17			
D 2			17		
D 3				17	
D 4					17
D 5					

Cost Matrix

	TO				
FROM	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5
D 1		2,13			
D 2			2,13		
D 3				2,13	
D 4					2,13
D 5					

Anexo No. 8: Cálculo del costo total del transporte del objeto de trabajo CRAFT

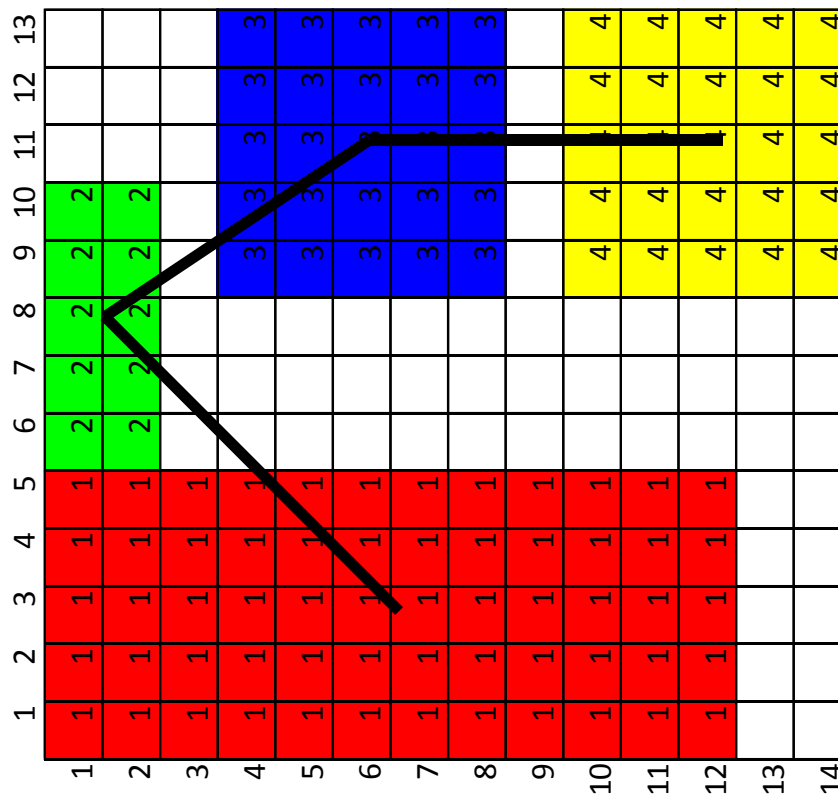
➤ Línea de producción Recipientes de Presión

Facility Layout

Problem Name:	Recipientes
Number Depts.:	4
Length(cells):	14
Width(cells):	13
Area (cells):	182
Cost:	768

Method:	Traditional
Layout:	Blank
Fill Departments:	Yes
Measure:	Rectilinear
Number Aisles:	3
Dept. Width:	5

Department	Color	Area-required	Area-defined	x-centroid	y-centroid	Sequence
D 1	1	59	60	2,5	6	1
D 2	2	10	10	7,5	1	2
D 3	3	21	25	10,5	5,5	3
D 4	4	21	25	10,5	11,5	4



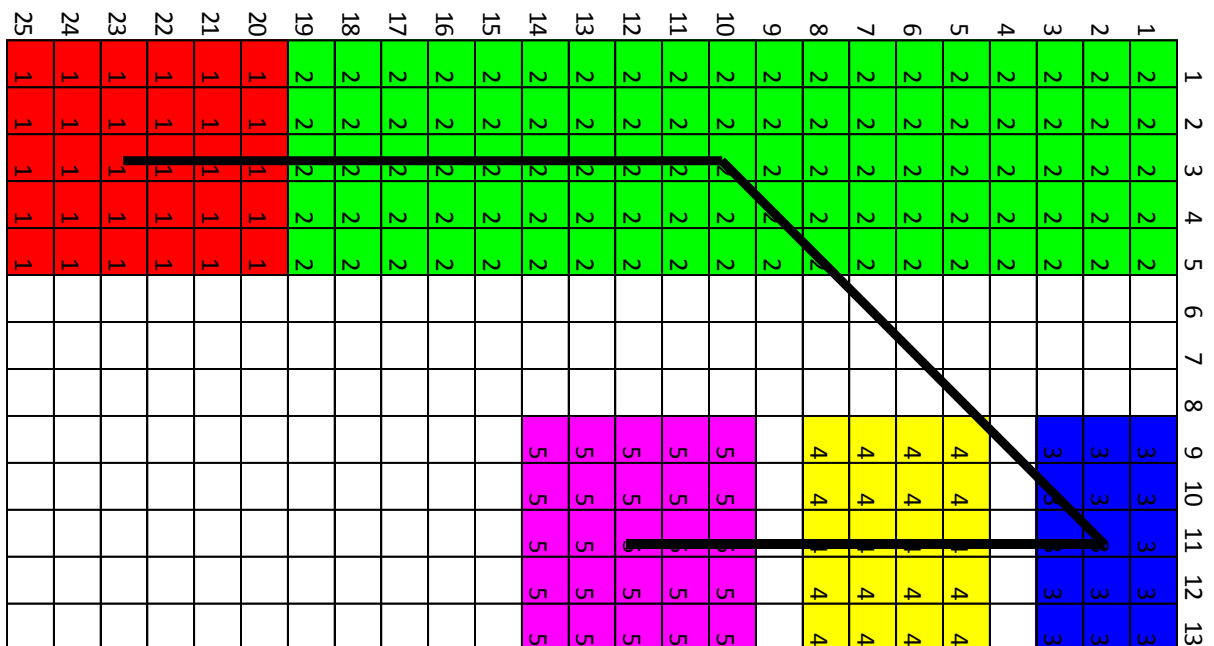
➤ Línea de producción Intercambiadores de Calor

Facility Layout














Problem Name:	Intercambiadores
Number Depts.:	5
Length(cells):	25
Width(cells):	13
Area (cells):	325
Cost:	1394

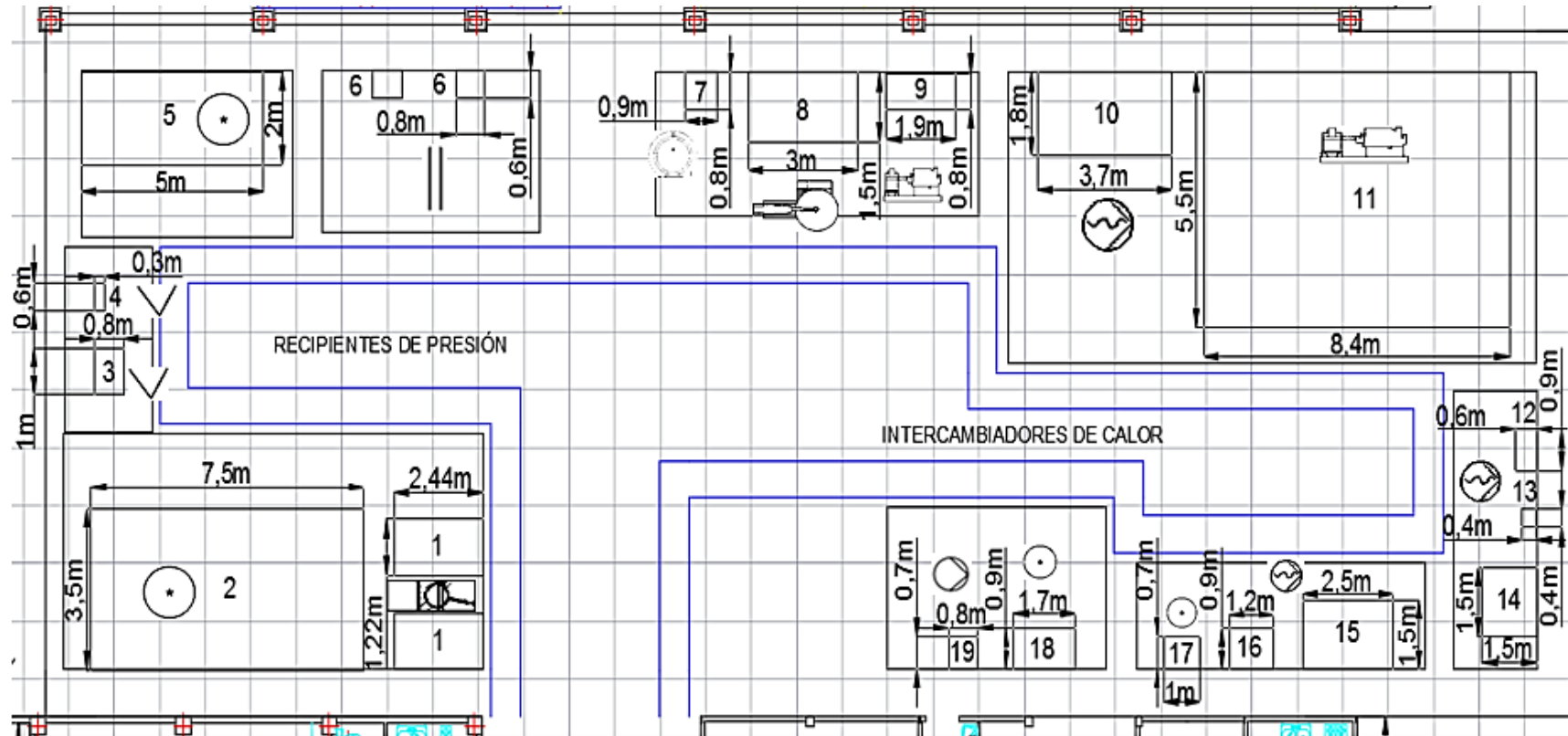
Method:	Traditional
Layout:	Blank
Fill Departments:	Yes
Measure:	Rectilinear
Number Aisles:	3
Dept. Width:	5

Department	Color	Area-required	Area-defined	x-centroid	y-centroid	Sequence
D 1	1	28	30	2,5	22	1
D 2	2	92	95	2,5	9,5	2
D 3	3	14	15	10,5	1,5	3
D 4	4	19	20	10,5	6	4
D 5	5	21	25	10,5	11,5	5



Anexo No. 9: Plano de la propuesta de distribución en planta con máquinas ubicadas y pasillo de recorrido

Maquinaria		
Código	Máquina	Símbolo
1	Mesa de Trabajo	
2	Máquina CNC Torchmate	
3	Máquina Cortadora de Plasma	
4	Equipo de Oxicorte	
5	Roladora DAVI MCB F-30	
6	Equipo de Soldadura	
7	Horno de Electrodo	
8	Sierra de Cinta DCB-A460	
9	Torno CDS	
10	Fresadora Haas GR-712	
11	Torno Vertical	
12	Taladro de Pedestal	
13	Esmeril	
14	Taladro Radial	
15	Prensa	
16	Dobladora de Tubos	
17	Roscadora Ridgid	
18	Rapid Hawk	
19	Bomba Hidráulica	



Escala 1:450