



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Proyecto de Investigación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniero Industrial.

**Título del Proyecto de Investigación:**

**“PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y MEJORAMIENTO DE LA  
PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA INDUHORST CÍA LTDA DEL CANTÓN  
QUEVEDO”**

**Autor:**

**Ángel Andrés Bone García**

**Director de Proyecto de Investigación:**

**Ing. Miguel Santiago Socasi Gualotuña, Msc.**

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador**

**2020**





## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Ángel Andrés Bone García**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; 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.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Ángel Andrés Bone García**

**C.C. # 1205295015**



## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, **Ing. Miguel Santiago Socasi Gualotuña, Msc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Ángel Andrés Bone García**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA INDURHORST CIA. LTDA. DEL CANTÓN QUEVEDO**, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....

**Ing. Miguel Santiago Socasi Gualotuña, Msc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



## CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Ing. Miguel Santiago Socasi Gualotuña, Msc. en calidad de Director de Proyecto de Investigación titulado **PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA INDUHORST CIA. LTDA. DEL CANTÓN QUEVEDO**, me permito manifestar a usted y por intermedio al Consejo Académico de la Facultad lo siguiente:

Que, el estudiante egresado de la Carrera de Ingeniería Industrial, ha cumplido con las correcciones, e ingresado su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, tengo a bien de certificar la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de **8%**.

URKUND	
Documento	<a href="#">Proyecto de investigación Angel Andres Bone.pdf</a> (D86171794)
Presentado	2020-11-21 14:24 (-05:00)
Presentado por	angel.bone2013@uteq.edu.ec
Recibido	msocasi.uteq@analysis.arkund.com
Mensaje	Proyecto de Investigación Andrés Bone <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>
	<b>8%</b> de estas 35 páginas, se componen de texto presente en 17 fuentes.

---

**Ing. Miguel Santiago Socasi Gualotuña, Msc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACION**

**Título**

“Propuesta de distribución de planta y mejoramiento de la producción en la empresa  
Induhorst Cia. Ltda. Del cantón Quevedo”

Presentado a la comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de  
Ingeniero Industrial.

Aprobado por:

---

Ing. Leonardo Arturo Baque Mite  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

Ing. Manuel Ubaldo León Ganchozo  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

Ing. Rogelio Manuel Navarrete Gomes  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2020

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este día, por haberme guiado a lo largo de mi vida y ser mi luz en los momentos de debilidad.*

*A mí prometida Fernanda Rubio, por el apoyo, paciencia y amor incondicional. Gracias por mantenerme de pie en todo momento, y siempre haber creído en mí.*

*Gracias a mi familia, a mi madre Ana García por el apoyo en todo el proceso de estudios, a mi padre Ángel Bone por sus consejos, en general por darme la oportunidad de estudiar esta carrera y por haber creído en mí.*

*A mis docentes, quienes con nobleza y entusiasmo compartieron sus conocimientos, su amistad y su tiempo quienes a pesar de todo han sabido tenerme paciencia y perseverancia al momento de crecer profesionalmente.*

*A mis amigos, quienes nunca negaron brindarme su mano, por la confianza que en mí depositaron. Gracias por todos los momentos compartidos y por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidare.*

*A todos quienes han sido de fuente primordial para la realización del mismo. Pero principalmente a mi director de tesis Ing. Miguel Santiago Socasi Gualotuña, por su orientación, atención a mis consultas, por el material facilitado y las sugerencias recibidas en la realización del proyecto de investigación.*

*BONE GARCÍA ÁNGEL ANDRÉS*

## **DEDICATORIA**

*Dedico la presente tesis a mí prometida Fernanda Rubio por el apoyo y amor incondicional, a mis padres Ana García y Ángel Bone por ser los pilares fundamentales de mi vida. Gracias por las oraciones, consejos y palabras de aliento que hicieron de mí una mejor persona.*

*BONE GARCÍA ÁNGEL ANDRÉS*



## RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

La investigación sobre la propuesta de distribución en planta y mejoramiento de la producción se efectuó en la empresa INDUHORST, la redistribución en planta se realizó con la finalidad de mejorar los procesos productivos a su vez reduciendo tiempos de producción. En la realización de la investigación se planteó objetivos con la finalidad de redistribuir las áreas acorde a la línea de producción de la empresa, se elaboró la distribución actual de las máquinas, equipos, operarios y demás materiales que intervienen en el proceso de fabricación de la envejecedora de arroz, para dicho objetivo se efectuó diagramas de flujo, diagrama de recorrido. La distribución actual de la empresa muestra el estado de las maquinarias que intervienen en la fabricación de la envejecedora de arroz. Por consiguiente se estableció el cuello de botella que genera tiempos muertos en el proceso de fabricación, para establecer el cuello de botella se utilizó el diagrama de Pert, calculando la ruta crítica la cual define el área de mayor tiempo en la fabricación de la envejecedora de arroz. En la redistribución entre áreas se empleó la metodología Systematic Layout Planning (SLP) la cual presenta un modelo sistemático que se va cumpliendo paso a paso, dando como resultado final una redistribución que busca reordenar espacios necesarios para el movimiento del material, equipos y de más materiales que se requieren en la fabricación de la envejecedora de arroz.

**Palabras claves:** Tiempo de fabricación, distribución en planta, optimización del proceso, distribución por posición fija, corelap, Systematic Layout Planning.

## ABSTRACT AND KEYWORDS

Research on the proposal for plant distribution and production improvement was carried out at INDUHORST, plant redistribution was carried out in order to improve production processes while reducing production times. In carrying out the research, objectives were raised in order to redistribute the areas according to the production line of the company, the current analysis of the machines, equipment, operators and other materials involved in the manufacturing process of the rice ageing was made, for this purpose flow diagrams, route diagrams and the current distribution of the company was made which shows the status of the machinery involved in the manufacture of the rice ageing machine. Therefore, the bottleneck that generates downtime in the manufacturing process was established, to establish the bottleneck the pert diagram was used by calculating the critical route which defines the area of greatest time in the manufacture of the rice ageing machine. In the redistribution between areas, the Systematic Layout Planning (SLP) methodology was used, which presents a systematic model that is being fulfilled step by step resulting in a redistribution that seeks to reorder spaces necessary for the movement of material, equipment and more materials that are required in the manufacture of the rice ageing machine.

**Keywords:** Manufacturing time, plant distribution, process optimization, fixed position distribution, Corelap, Systematic Layout Planning.

## TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN Y PALABRAS CLAVES .....	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS .....	ix
TABLA DE CONTENIDO.....	x
CODIGO DUBLIN.....	xx
INTRODUCCIÓN .....	21
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>23</b>
<b>CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>23</b>
1.1. Problema de investigación. ....	24
1.1.1. Planteamiento de la problemática.....	24
1.1.1.1 Pronóstico.....	24
1.1.1.2. Diagnóstico. ....	26
1.1.2. Formulación del problema. ....	26
1.1.3. Sistematización del problema. ....	26
1.2. Objetivos.....	27
1.2.1. Objetivo General. ....	27
1.2.2. Objetivos Específicos. ....	27
1.3. Justificación. ....	28
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>29</b>
<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>29</b>
2.1. Marco conceptual. ....	30
2.1.1. Antecedentes de la distribución en planta. ....	30

2.1.2.	Layout y distribución en planta.....	31
2.1.3.	Orden de la distribución en planta.....	32
2.1.3.1.	Objetivos principales en la distribución en planta.....	32
2.1.3.2.	Optimizar el aprovechamiento de la mano de obra de los equipos. ....	33
2.1.4.	Modelos de distribución en planta.....	33
2.1.4.1.	Causas concretas de una nueva distribución. ....	33
2.1.4.2.	Distribución en planta por procesos o máquina. ....	34
2.1.4.2.1.	Ventajas de la distribución en planta por procesos o máquina. ....	35
2.1.4.3.	Distribución de planta por productos.....	36
2.1.4.3.1.	Ventajas de la distribución por producto. ....	37
2.1.4.3.2.	Condiciones de aplicación en la distribución por producto. ....	37
2.1.4.4.	Distribución de planta por puesto fijo. ....	38
2.1.4.4.1.	Ventajas de la distribución de planta por posición fija.....	38
2.1.4.4.2.	Condiciones de aplicación de la distribución en planta por puesta fijo.....	39
2.1.5.	Análisis de la distribución en planta.....	40
2.1.5.3.	Diagramas de flujo de recorridos. ....	41
2.1.5.4.	Diagrama de relación de espacios. ....	42
2.1.6.	Diagrama de Ishikawa o diagrama de causa efecto.....	43
2.1.6.1.	Para qué se utiliza el diagrama de Ishikawa. ....	44
2.1.6.2.	Cómo hacer un diagrama de Ishikawa.....	45
2.2.	Marco referencial. ....	46
2.2.1.	Metodología Systematic Layout Planning (SLP).....	46
2.2.2.	Fases de Desarrollo del modelo SLP.....	46
2.2.3.	Descripción general del procedimiento. ....	48
2.2.3.1.	Análisis producto-cantidad. ....	48
2.2.3.2.	Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción).....	49
2.2.3.3.	Análisis de las relaciones entre actividades. ....	50
2.2.3.4.	Desarrollo del Diagrama de Relaciones de las Actividades.....	52
2.2.3.5.	Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios. ....	53
2.2.3.6.	Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios. ....	54
2.2.3.7.	Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución. ....	56
2.2.4.	Lucidchart.....	58
2.2.5.	Corelap.....	60

2.2.5.1.	Objetivos.....	60
2.2.5.2.	Ventajas.....	61
2.2.5.3.	Pantalla de presentación gráfica.....	63
2.3.6.	Cálculo de áreas por el método Guerchet.....	64
2.3.6.1.	Requerimiento y disponibilidad de espacios.....	64
2.3.6.2.	Cálculo de requerimiento de maquinaria.....	64
2.3.6.3.	Cálculo de requerimiento de empleados.....	65
2.3.6.4.	Métodos para la determinación de espacios por cálculo.....	66
2.3.6.4.1.	Métodos para la determinación de espacios método de conversión.....	66
2.3.7.	Método Guerchet.....	67
2.3.7.1.	Método Guerchet superficie estática (Ss).....	67
2.3.7.2.	Método Guerchet superficie de gravitación (Sg).....	68
2.3.7.3.	Superficie de evolución (se).....	69
2.3.7.4.	Superficie total (st).....	70
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>71</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>		<b>71</b>
3.1.	Localización.....	72
3.2.	Tipo de investigación.....	72
3.2.1.	Investigación descriptiva.....	72
3.2.2.	Investigación bibliográfica.....	73
3.2.3.	Investigación de campo.....	73
3.3.	Métodos de investigación.....	73
3.3.1.	Método analítico.....	73
3.3.2.	Método de observación.....	73
3.4.	Fuentes de recopilación de información.....	74
3.4.1.	Fuentes Primarias.....	74
3.4.2.	Fuentes Secundarias.....	74
3.5.	Diseño de la investigación.....	74
3.6.	Instrumentos de investigación.....	74
3.6.1.	Consultas bibliográficas.....	74
3.6.2.	Técnica de la entrevista.....	75

3.7.	Tratamiento de los datos.....	75
3.8.	Recursos humanos y materiales. ....	75
3.8.1.	Recursos humanos.....	75
3.8.2.	Recursos materiales.....	76
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>77</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>77</b>
4.1.	Resultados.....	78
4.1.1.	Análisis de la distribución actual de máquinas, herramientas y equipos en la fabricación de la envejecedora de arroz.....	78
4.1.1.1.	Descripción general del proceso de fabricación de la máquina envejecedora de arroz.....	78
4.1.1.2.	Orden de producción.....	79
4.1.1.3.	Recepción de materia prima.....	79
4.1.1.4.	Corte de plasma.....	79
4.1.1.5.	Corte de sierra.....	80
4.1.1.6.	Doblado.....	80
4.1.1.7.	Taladrado.....	81
4.1.1.8.	Torneado.....	81
4.1.1.9.	Ensamblaje.....	82
4.1.1.10.	Pintura.....	82
4.1.1.11.	Exhibición y venta.....	83
4.1.1.12.	Especificaciones técnicas de la envejecedora de arroz.....	83
4.1.1.13.	Diagrama de flujo del proceso para la fabricación de la envejecedora de arroz.....	84
4.1.1.14.	Layout actual y recorrido de materiales para la fabricación de máquinas envejecedora de arroz.....	85
4.1.2.	Identificación del cuello de botella que está generando tiempos muertos en el proceso de fabricación de máquinas envejecedora de arroz.....	87
4.1.2.1.	Aplicación del diagrama Pert en el proceso de fabricación de la máquina envejecedora de arroz.....	87
4.1.3.	Redistribución en planta con la aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) para mejorar los procesos de producción.....	91
4.1.3.1.	Localización.....	91

4.1.3.2.	Análisis producto cantidad.....	92
4.1.3.3.	Análisis de recorrido de los productos o flujo de materiales. ....	93
4.1.3.3.1.	Descripción de las actividades que intervienen en el flujo de materiales .....	94
4.1.3.4.	Plan de distribución general. ....	96
4.1.3.4.1.	Diagrama de relación de actividades. ....	96
4.1.3.5.	Determinación de los requerimientos de espacios.....	98
4.1.3.5.1.	Estado de las máquinas que intervienen en los procesos de producción. ....	98
4.1.3.5.2.	Aplicación del método Guerchet para el cálculo de superficie de las máquinas. .....	99
4.1.3.5.3.	Cálculo de superficie de máquinas y equipos que intervienen en el proceso de producción. ....	100
4.1.3.6.	Plan de distribución detallada.....	102
4.1.3.7.	Instalación. ....	106
4.1.3.8.	Distribución por posición fija para la fabricación de la máquina envejecedora de arroz.....	107
4.2.	Discusión.....	109
4.2.1.	Discusión sobre el análisis de distribución actual de máquinas, herramientas y equipos en la fabricación de la envejecedora de arroz. ....	109
4.2.2.	Discusión respecto al cuello de botella que genera tiempos muertos en el proceso de fabricación de máquina envejecedora de arroz. ....	110
4.2.3.	Discusión respecto a la redistribución en planta con la aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP).....	110
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>111</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>111</b>
5.1.	Conclusiones. ....	112
5.2.	Recomendaciones. ....	113
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>114</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>114</b>
<b>CAPÍTULO VII .....</b>		<b>118</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>118</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Constante coeficiente K.....	70
<b>Tabla 2:</b> Recursos materiales.....	76
<b>Tabla 3:</b> Características de la envejecedora de arroz.....	78
<b>Tabla 4:</b> Especificaciones técnicas .....	83
<b>Tabla 5:</b> Descripción de las áreas de distribución actual .....	86
<b>Tabla 6:</b> Descripción del diagrama Pert.....	87
<b>Tabla 7:</b> Materiales para la fabricación de la envejecedora de arroz.....	94
<b>Tabla 8:</b> Nomenclatura del diagrama relación de actividades.....	96
<b>Tabla 9:</b> Estado de máquinas que intervienen en los procesos de producción.....	98
<b>Tabla 10:</b> Constante coeficiente Guerchet (K) .....	99
<b>Tabla 11:</b> Medidas de las máquinas y equipos que intervienen en el proceso de producción. .....	100
<b>Tabla 12:</b> Cálculo de superficie que utilizada cada máquina que interviene en el proceso de producción .....	101
<b>Tabla 13:</b> código de relación entre actividades .....	102
<b>Tabla 14:</b> Análisis costo de mano de obra .....	108



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Diagrama Ishikawa (causa y efecto).....	25
<b>Figura 2:</b> Distribución de planta por procesos .....	34
<b>Figura 3:</b> Distribución de planta por producto .....	36
<b>Figura 4:</b> Distribución de planta por posición fija.....	38
<b>Figura 5:</b> Diagrama relación de actividades.....	41
<b>Figura 6:</b> Diagrama de relación de actividades .....	42
<b>Figura 7:</b> Diagrama de relación de espacios .....	43
<b>Figura 8:</b> Diagrama de Ishikawa (causa efecto).....	44
<b>Figura 9:</b> Esquema del Systematic Layout Planning .....	48
<b>Figura 10:</b> Tabla de relación de actividades.....	51
<b>Figura 11:</b> Diagrama de relación de actividades .....	52
<b>Figura 12:</b> Diagrama relacional de espacios con indicación del área requerida por cada actividad .....	54
<b>Figura 13:</b> Diagramación de Lucidchart .....	59
<b>Figura 14:</b> Diagrama de distribución lucidchart.....	59
<b>Figura 15:</b> Pantalla de inicio corelap .....	60
<b>Figura 16:</b> Pantalla de introducción datos del problema.....	62
<b>Figura 17:</b> Relación entre departamentos .....	62
<b>Figura 18:</b> Representación grafica.....	63
<b>Figura 19:</b> Superficie estática (Ss).....	68
<b>Figura 20:</b> Superficie de Gravitación.....	68
<b>Figura 21:</b> Superficie evolución .....	69
<b>Figura 22:</b> Localización .....	72
<b>Figura 23:</b> Corte por plasma de planchas de acero.....	79
<b>Figura 24:</b> Corte de sierra de planchas, tubos y perfiles .....	80
<b>Figura 25:</b> Doblado de láminas de acero inoxidable .....	80
<b>Figura 26:</b> Taladrado de las láminas de tol .....	81
<b>Figura 27:</b> Torneado .....	81
<b>Figura 28:</b> Ensamblaje de la máquina.....	82
<b>Figura 30:</b> Envejecedora de arroz pintada .....	82
<b>Figura 29:</b> Envejecedora de arroz pintada .....	82

<b>Figura 31:</b> Exhibición y venta .....	83
<b>Figura 32:</b> Diagrama de flujo actual de fabricación de la envejecedora de arroz .....	84
<b>Figura 33:</b> Recorrido de materiales para la fabricación de la envejecedora de arroz .....	85
<b>Figura 34:</b> Diagrama de Pert de la fabricación de la máquina envejecedora de Arroz .....	89
<b>Figura 35:</b> Localización .....	91
<b>Figura 36:</b> Análisis Producto cantidad (P-Q) .....	92
<b>Figura 37:</b> Flujo de material en el área de producción .....	93
<b>Figura 38:</b> Diagrama de relación de actividades .....	96
<b>Figura 39:</b> Diagrama de relación de actividades de la fabricación de la envejecedora de arroz .....	97
<b>Figura 40:</b> Diagrama de relación de actividades en la fabricación de la envejecedora de arroz según Software corelap .....	103
<b>Figura 41:</b> Reordenar los departamentos que integran la producción .....	104
<b>Figura 42:</b> Layout adecuado de la fabricación de la envejecedora de arroz según el Software corelap. ....	105
<b>Figura 43:</b> Propuesta de redistribución de las áreas de la empresa .....	106
<b>Figura 44:</b> Distribución por posición fija para la fabricación de la máquina envejecedora de arroz.....	107

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Calculo de requerimiento de material .....	64
<b>Ecuación 2:</b> Requerimiento de empleados .....	65
<b>Ecuación 3:</b> Superficie total .....	67
<b>Ecuación 4:</b> Calculo de superficie estática (Ss).....	67
<b>Ecuación 5:</b> Superficie de gravitación .....	68
<b>Ecuación 6:</b> Superficie de evolución .....	69
<b>Ecuación 7:</b> Calculo de superficie de evolución (Se) .....	69
<b>Ecuación 8:</b> Superficie de evolución .....	69
<b>Ecuación 9:</b> Calculo de la superficie total.....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Área de producción .....	119
<b>Anexo 2:</b> Compresor de aire área de acabados y pintura.....	119
<b>Anexo 3:</b> Prensa hidráulica (área de ensamblaje) .....	119
<b>Anexo 4:</b> Dobladora de láminas (área de doblado) .....	119
<b>Anexo 5:</b> Tecele para transporte de producto terminado (área de ensamblaje).....	119
<b>Anexo 6:</b> Máquina Plasma (área de corte).....	119

## CODIGO DUBLIN

Título	“Propuesta de distribución de planta y mejoramiento de la producción en la empresa INDUHORST Cía. Ltda. del cantón Quevedo”			
Autor	Bone García Ángel Andrés			
Palabras clave	Tiempo de fabricación	Distribución en planta	Optimización del proceso	Systematic Layout Planning
Fecha de publicación				
Editorial	Quevedo: UTEQ, 2020.			
Resumen	<p><b>Resumen.</b> – La investigación sobre la propuesta de distribución en planta y mejoramiento de la producción se efectuó en la empresa INDUHORST, la redistribución en planta se realizó con la finalidad de mejorar los procesos productivos a su vez reduciendo tiempos de producción. En la realización de la investigación se planteó objetivos con la finalidad de redistribuir las áreas acordes a la línea de producción de la empresa, se hizo el análisis actual de las máquinas, equipos, operarios y demás materiales que intervienen en el proceso de fabricación de la envejecedora de arroz, para dicho objetivo se efectuó diagramas de flujo, diagrama de recorrido y la distribución actual de la empresa el cual muestra el estado de las maquinarias que intervienen en la fabricación de la envejecedora de arroz. Por consiguiente se estableció el cuello de botella que genera tiempos muertos en el proceso de fabricación, para establecer el cuello de botella se utilizó el diagrama de Pert calculando la ruta crítica la cual define el área de mayor tiempo en la fabricación de la envejecedora de arroz. En la redistribución entre áreas se empleó la metodología Systematic Layout Planning (SLP) la cual presenta un modelo sistemático que se va cumpliendo paso a paso dando como resultado final una redistribución que busca reordenar espacios necesarios para el movimiento del material, equipos y de más materiales que se requieren en la fabricación de la envejecedora de arroz.</p> <p><b>Abstract.</b> Research on the proposal for plant distribution and production improvement was carried out at INDUHORST, plant redistribution was carried out in order to improve production processes while reducing production times. In carrying out the research, objectives were raised in order to redistribute the areas according to the production line of the company, the current analysis of the machines, equipment, operators and other materials involved in the manufacturing process of the rice ageing was made, for this purpose flow diagrams, route diagrams and the current distribution of the company was made which shows the status of the machinery involved in the manufacture of the rice ageing machine. Therefore, the bottleneck that generates downtime in the manufacturing process was established, to establish the bottleneck the pert diagram was used by calculating the critical route which defines the area of greatest time in the manufacture of the rice ageing machine. In the redistribution between areas, the Systematic Layout Planning (SLP) methodology was used, which presents a systematic model that is being fulfilled step by step resulting in a redistribution that seeks to reorder spaces necessary for the movement of material, equipment and more materials that are required in the manufacture of the rice ageing machine.</p>			
Descripción	122 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URI				

# INTRODUCCIÓN

La presente investigación se efectuó en la empresa INDUHORST Cía. Ltda. ubicada en el Km 4 1/2 Vía a Valencia Cantón Quevedo Provincia de Los Ríos, dicha investigación trata sobre la propuesta de distribución en planta y mejoramiento de la producción, la misma que tiene como objetivo redistribuir las áreas que intervienen en la fabricación de la envejecedora de arroz, con la finalidad de reducir tiempos y mejorar la producción.

El crecimiento productivo que la empresa ha experimentado en los últimos años, ha generado un cambio en cuanto a su espacio físico, máquinas, personal, equipos etc. Sin embargo, en el área de producción específicamente la fabricación de la máquina envejecedora de arroz, existen espacios reducidos en la realización de los procesos de producción, por motivo de las dimensiones de la máquina misma.

El objetivo de desarrollar una propuesta de redistribución en planta y mejoramiento de la producción en la empresa INDUHORST es la optimización de los procesos productivos, disminuyendo recorridos innecesarios entre áreas, se realizó una propuesta en el proceso de fabricación de la máquina envejecedora de arroz, analizando el proceso actual y comparándolo con la nueva redistribución, mediante la aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) se estudia las aproximaciones metodológicas precedentes e incorporar del flujo de materiales en el estudio de la distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que permitieron identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación con la finalidad de determinar la eficacia de la nueva redistribución.

La empresa actualmente aplica la distribución por proceso la cual no es favorable para la fabricación de envejecedora de arroz, los materiales deben recorrer todas las áreas por lo cual se propone cambiar la distribución por una nueva (distribución de planta por posición fija), debido a las grandes dimensiones y al exagerado peso de la misma, siendo la distribución adecuada en este tipo de proceso, la distribución por posición fija es cuando la máquina se mantiene situada en un solo lugar y los operarios, máquinas, equipos y demás accesorios se acercan al lugar de dicha máquina.

Para abordar la temática del trabajo de investigación se estructuran siete capítulos los mismos que se detallan a continuación:

Capítulo I. Hace referencia a la problemática detectada, sus dimensiones, los objetivos planteados y la justificación del problema a estudiar.

Capítulo II. Se expone la fundamentación teórica, recopilando toda la información necesaria para la formación del marco teórico y referencial, utilizado para realizar la redistribución en planta aplicando la metodología Systematic Layout Planning.

Capítulo III. Se describe las diversas metodologías, técnicas de investigación, materiales y equipos utilizados para la realización del proyecto de investigación.

Capítulo IV. Donde se lleva a cabo los resultados y discusión obtenidos acorde a los objetivos planteados, donde consta el análisis de la distribución de máquinas y equipos, el cuello de botellas del área de producción y además la nueva redistribución.

Capítulo V. En este capítulo se detallan las conclusiones y recomendaciones realizadas en base a los objetivos planteados, donde se exponen las deducciones obtenidas a lo largo de la investigación.

Capítulo VI. Se muestran las herramientas bibliográficas utilizadas las cuales fortalecen la investigación.

Capítulo VII. Corresponde a los anexos los cuales constan con anotaciones, fotografías e ilustraciones que complementan el área de observación para la realización del proyecto.

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**



## **1.1. Problema de investigación.**

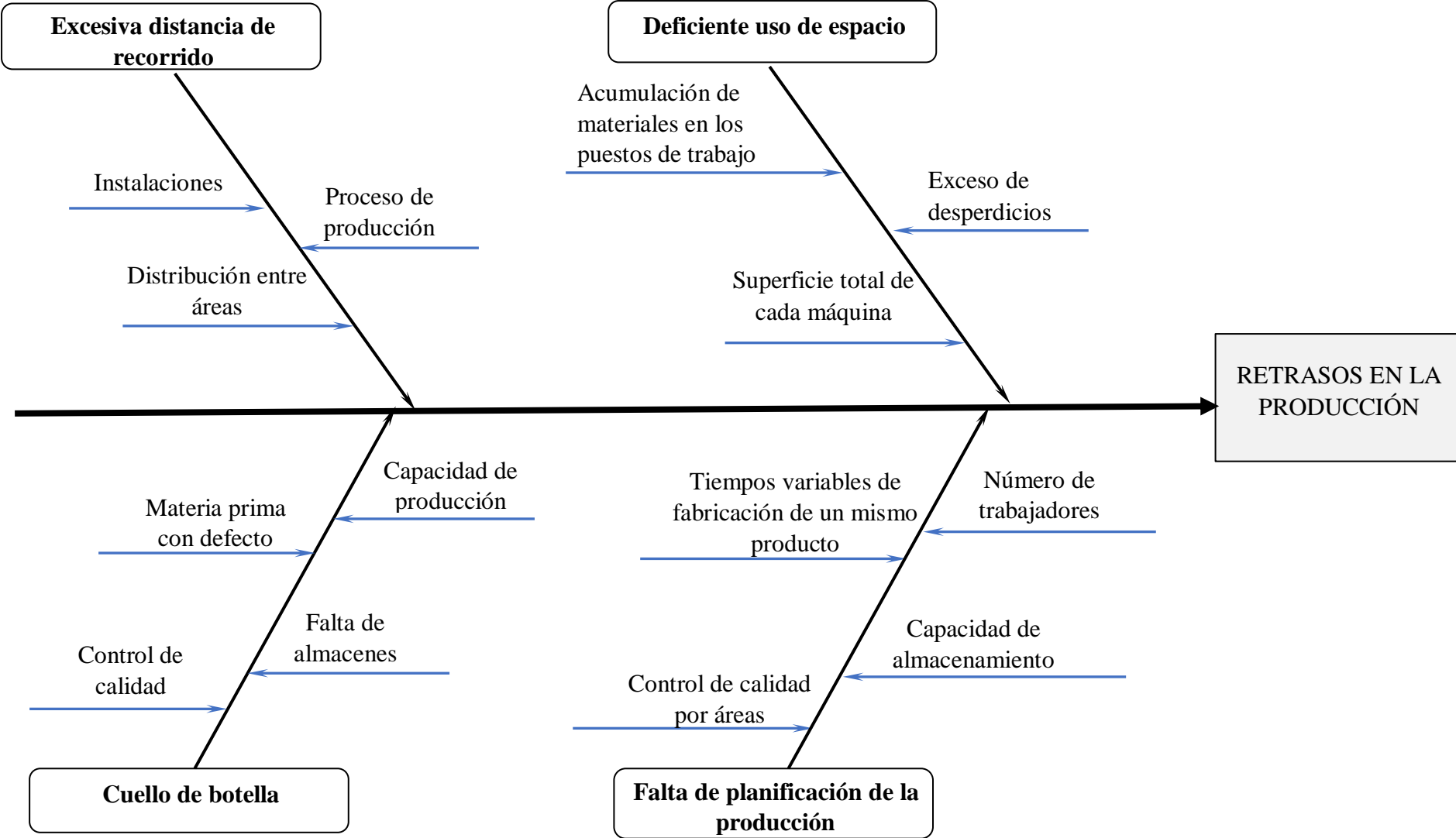
### **1.1.1. Planteamiento de la problemática.**

INDUHORST CIA. LTDA. Es una empresa que se dedica a la fabricación de equipos y plantas para la agroindustria e industria alimenticia, dicha empresa presenta numerosa competencia debido a las exigencias del mercado agrícola, por ende, el personal de producción trabaja por etapas hasta la terminación de un proceso, lo cual reduce tiempo y espacio aumentando los tiempos de producción.

#### **1.1.1.1. Pronóstico.**

Mediante el diagrama de Ishikawa se detalla las causas y efecto que produce la inadecuada distribución en planta, dicho diagrama refleja el problema del proceso de producción en la empresa INDUHORST. Se identifican las causas principales y las sub causas que ocasionan el retrasos en la producción, las cuales al no ser corregidos a tiempo pueden ocasionar pérdidas significativas a la empresa en el futuro debido a la competencia del mercado, los principales inconvenientes suscitados por la deficiente distribución en planta son los siguientes: Deficiente utilización de espacio, falta de planificación de la producción, excesiva distancia de recorrido y el cuello que se presenta en el área de producción, para contrarrestar la demanda se debería redistribuir las áreas con la finalidad de disminuir el tiempo de entrega del producto final.

**Figura 1:** Diagrama Ishikawa (causa y efecto)



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO  
ELABORADO: BONE, A (2020)

### **1.1.1.2. Diagnóstico.**

Actualmente la empresa INDUHORST presenta una distribución por procesos para la fabricación de todas las máquinas, para ello se modificará la distribución enfocándose en la máquina de mayores ingresos y de mayor tamaño, con la finalidad de proponer una nueva distribución que mejorará la producción, disminuyendo los tiempos de fabricación y obteniendo mayor beneficio frente a la competencia del medio.

### **1.1.2. Formulación del problema.**

¿Cómo podrá la redistribución en planta mejorar la producción en la empresa Induhorst Cia Ltda.?

### **1.1.3. Sistematización del problema.**

¿Cómo analizar la distribución actual de máquinas, herramientas y equipos en el área de producción?

¿Cómo identificar el cuello de botella en la fabricación de la envejecedora de arroz?

¿De qué manera la metodología Systematic Layout Planning (SLP) mejorara los procesos de producción?

## **1.2. Objetivos.**

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

Elaborar una redistribución en planta para el mejoramiento de la producción en la empresa INDUHORST CIA. LTDA.

### **1.2.2. Objetivos Específicos.**

- Analizar la distribución actual de máquinas, herramientas y equipos en el área de producción.
- Identificar el cuello de botella que está generando tiempos muertos en el proceso de producción.
- Realizar la redistribución en planta con la aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) para mejorar los procesos de producción.

### **1.3. Justificación.**

La empresa INDUHORST Cía., Ltda., se dedica a la de fabricación de máquinas tanto para el sector agrícola y la industria alimenticia, la misma debe estar en las posibilidades de responder a la demanda, sin descuidar factores que interfieren al momento de fabricación, los cuales serían: Distancia de recorrido de los materiales entre procesos, distribución actual de la empresa, espacios físicos que no permiten el recorrido de los materiales en el área de producción, los mismos son factores que interfieren al momento de hacer frente a la expansión del mercado (consumidor final).

La expansión del mercado y el aumento de producción del sector agrícola y alimenticio, ha llevado a la creación e implementación de nuevas empresas que prestan servicios similares que INDUHORST, dicho lo anterior los trabajadores que conforman la empresa deben estar en constante capacitación, con la finalidad de conocer los procesos que se llevan a cabo en cada una de las áreas, dichos factores interfieren en el desarrollo óptimo de la producción de la empresa INDUHORST CIA. LTDA.

Se desarrolló una propuesta de redistribución en planta y mejoramiento de la producción, a su vez aplicando la metodología Systematic Layout Planning (SLP) que permitió redistribuir las áreas de producción que intervienen en el proceso de fabricación de la envejecedora de arroz, mediante la identificación de la situación actual entorno a la distribución la cual permite identificar el cuello de botella, finalmente redistribuir las área que interfieren en la fabricación de la envejecedora de arroz.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco conceptual.**

### **2.1.1. Antecedentes de la distribución en planta.**

La revolución industrial que tuvo lugar en reino unido entre 1760 y 1860, la segunda revolución industrial empieza en 1860, la cual produce algunos cambios dentro de los cuales se encuentran los cambios dados en los procesos de producción. El traslado de los materiales, productos y equipos tanto primarios como secundarios a los bienes manufacturados. El número de productos manufacturados creció de forma espectacular gracias al aumento de la eficacia técnica. El crecimiento de la productividad se produjo por la aplicación sistemática de nuevos conocimientos tecnológicos y gracias a una mayor experiencia productiva [1].

Se puede afirmar que los cambios importantes afectan a la organización del proceso productivo. Las fábricas aumentaron en tamaño y modificaron su estructura organizativa. En general, la producción empezó a realizarse en grandes empresas o fábricas en vez de pequeños talleres domésticos y artesanales aumento la especialización laboral. Su desarrollo dependía de la utilización intensiva del capital, fábricas y maquinarias destinadas a aumentar la eficiencia productiva. La aparición de nuevas máquinas y herramientas de trabajo especializadas permitió a los trabajadores producir más bienes utilizando una máquina o un proceso acumulativo [1].

A partir de la revolución industrial se puede afirmar que las primeras distribuciones de planta fueron producto del hombre que llevaba a cabo el trabajo, o del arquitecto que proyectaba el edificio, se mostraba un área de trabajo para una misión o servicio específico, pero no reflejaba la aparición de ningún principio. Las primitivas distribuciones eran principalmente la creación de un hombre en su industria particular; había pocos objetivos específicos o procedimiento reconocidos de distribución de planta. Pero con el tiempo la distribución de planta se transformó en objetivo económico, para los propietarios y por ello empezaron a estudiar la ordenación de sus fábricas [1].

Además la especialización del trabajo empezó a ser tan grande que el manejo de los materiales empezó también a recibir una mayor atención en lo que se refiere a su movimiento entre dos operaciones [1].

Se reconoce la necesidad e importancia de cambiar la forma de resolver el inconveniente de distribución en planta, con técnicas y métodos que permitan el análisis de opciones para encontrar la mejor solución. Con el avance de las computadoras fue posible desarrollar programas informáticos como ARMOUR BUFFA en 1963 basado en algoritmos que busca mejorar una solución inicial con el objetivo de minimizar el costo de manejo de materiales. La simulación fue el auge de la tecnología actual, involucra el modelado de un proceso o sistema donde el modelo produce la respuesta del sistema en un periodo de tiempo determinado (Mejía Cruz, J., 2018). Con todo esto se ha llegado a los principios y las técnicas que la industria tiene hoy en día [1].

### **2.1.2. Layout y distribución en planta.**

Una distribución en planta consiste en distribuir de manera óptima todos los departamentos que intervengan el proceso productivo, en búsqueda de la economía de los recursos disponibles tales como: Espacio y tiempo. Un departamento en el contexto de distribución en planta es una entidad física que facilita el desarrollo de algún trabajo [2].

Una buena distribución integra a los factores que influyen dentro de la actividad de la planta: Factor humano, los materiales, la maquinaria y el flujo de material, de manera que se relacionen estos factores entre sí, teniendo en cuenta las condiciones de seguridad y operativas de la empresa, para así obtener buenos resultados de productividad y competitividad [2].

Dado que todo proceso industrial implica movimiento de material, y por más que se intente disminuirlo no es posible suprimirlo del todo, es mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta. Dado que dichos traslados no añaden ningún valor al producto, se busca el ahorro de los mismos reduciendo las distancias que el material deba recorrer, de manera que se busca la forma de colocar las operaciones sucesivas inmediatamente cercanas unas a otras [2].

La distribución en planta es ampliamente reconocida por tener un gran impacto en los costos globales, la eficiencia y el funcionamiento de una instalación. Se dice que el 50% de los gastos totales de funcionamiento puede reducirse si se ha diseñado el Layout de la instalación



adecuadamente (E. E. Orozco, J. E. Cervera, 2013). En los Estados Unidos las instalaciones de fabricación se están esforzando por mejorar su distribución de la planta, lo que contribuye a por lo menos una reducción del 30% en costos netamente operacionales [1].

### **2.1.3. Orden de la distribución en planta.**

La distribución en planta es la ordenación de los equipos industriales y de espacios necesarios para que un sistema productivo alcance sus objetivos con la eficiencia adecuada. Los equipos industriales es cualquier elemento que necesite un espacio que intervenga en un proceso productivo los cuales son: Máquinas, equipos móviles y fijos, elementos de tratamiento, instalaciones auxiliares, etc. [3].

Los espacios necesarios están compuestos [3]:

- Almacenes.
- Pasillo.
- Oficinas.
- Áreas de acceso.
- Zonas de trabajo.
- Áreas de descanso.

#### **2.1.3.1. Objetivos principales en la distribución en planta.**

Los objetivos de la distribución en planta es reordenar las áreas de trabajo Integrando los elementos productivos proporcionando el espacio suficiente y la conexión de las distintas fases de producción [3].

**Circulación mínima.** – Es el recorrido de los materiales y personas entre fases y entre secciones. También interfiere la economía de movimientos la cual influye en la necesidad de equipos de transporte, la eficiencia de los equipos productivos, el espacio, los tiempos de producción, los costos, etc. [3].

### **2.1.3.2. Optimizar el aprovechamiento de la mano de obra de los equipos.**

**Seguridad.** – Garantizar la seguridad, comodidad y satisfacción del personal. – Reduce el índice de accidentes y crea un ambiente de trabajo positivo [3].

**Flexibilidad.** - Introducir dificultades o restricciones en los cambios de producción por cambio de producto o de demanda [3].

### **2.1.4. Modelos de distribución en planta.**

En la distribución en planta se manejan tres formas básicas de distribución: las orientadas al producto y asociadas a configuraciones continuas o repetitivas, las orientadas al proceso y asociadas a configuraciones por lotes, y las distribuciones por posición fija, correspondientes a las configuraciones por proyecto [4].

Una nueva distribución en planta se realiza en el diseño de un nuevo sistema productivo (total o parcialmente), en la reordenación de la distribución de un sistema ya existente [3].

Los motivos que conducen a una redistribución en planta son [3]:

- Cambios en el volumen de la producción [3].
- Cambios en la tecnología de los procesos [3].
- Cambio en los procesos [3].
- Cambios en el producto [3].

#### **2.1.4.1. Causas concretas de una nueva distribución.**

La frecuencia de la redistribución dependerá de las exigencias del propio proceso los síntomas que ponen de manifiesto la necesidad de recurrir a una redistribución de una planta productiva son [3]:

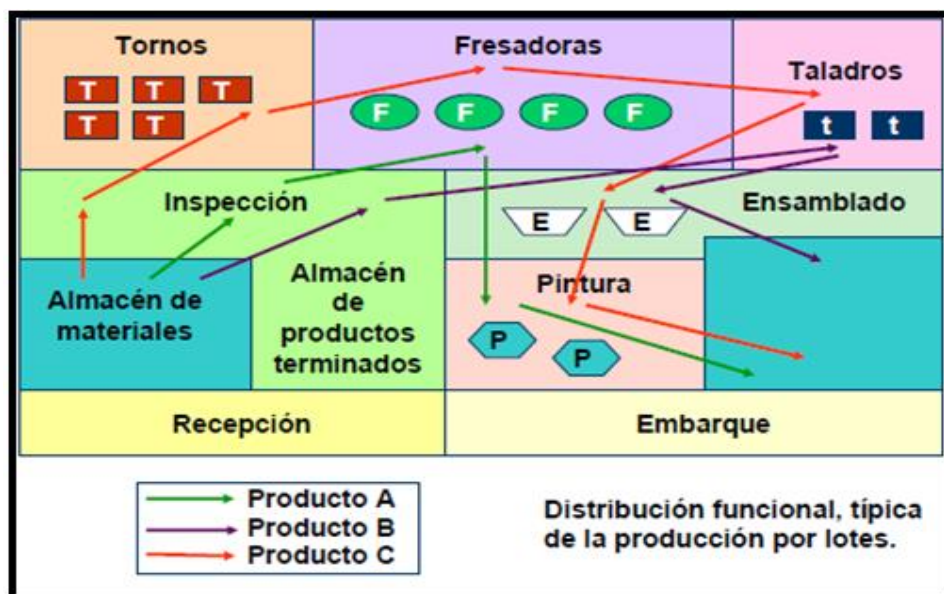
- Congestión y deficiente utilización del espacio [3].
- Acumulación excesiva de materiales en proceso [3].
- Excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo [3].
- Simultaneidad de cuellos de botella y ociosidad en centros de trabajo [3].
- Trabajadores cualificados realizando demasiadas operaciones poco complejas [3].
- Ansiedad y malestar de la mano de obra [3].
- Accidentes laborales [3].
- Dificultad de control de las operaciones y del personal [3].

Sin embargo, las características del proceso hacen conveniente la utilización de distribuciones combinadas, llamadas distribuciones híbridas, siendo la más común aquella que mezcla las características de las distribuciones por producto y por proceso, llamada distribución en planta por célula de fabricación o tecnología de grupos (GT) [3].

#### 2.1.4.2. Distribución en planta por procesos o máquina.

La distribución por proceso es la adoptada cuando los procesos, estaciones de trabajo o departamentos están ordenados de acuerdo con su función o el tipo de fabricación que realizan, se obtiene un ordenamiento lógico-secuencial de operaciones, normalmente se organizan secciones con tipos de máquinas o equipos homogéneos o personal en una actividad [3].

**Figura 2:** Distribución de planta por procesos



FUENTE: [3]

### **2.1.4.2.1. Ventajas de la distribución en planta por procesos o máquina.**

Las ventajas de la distribución por procesos o máquinas son las siguientes:

- Los equipos suelen ser de propósito general y, por lo tanto, exigen menos inversión [3].
- Mayor flexibilidad, mayor adaptabilidad a cambios en los productos y en la secuencia de operaciones [3].
- Se adapta fácilmente a demandas intermitentes [3].
- Una disfuncionalidad o avería de una máquina no provoca paradas en otra máquina [3].
- La ausencia de personal puede suplirse con una reasignación o cambio de máquina [3].
- La escasez de material no afecta a los procesos anteriores o posteriores o a la producción de otros productos [3].
- La utilización de las máquinas es intensiva debido a la gran variedad de productos que se fabrican simultáneamente [3].
- Los trabajadores están más motivados [3].
- Tienen mayor protagonismo en el producto a realizar [3].
- El personal de supervisión debe estar más capacitado [3].
- Mayor manipulación y transporte de materiales y de sus costes asociados [3].
- La velocidad de producción es más baja [3].
- Planificación de la producción es más difícil [3].
- Tiempos de producción perdidos en preparación y cambios de producto [3].
- Los tiempos de ciclo total son más largos y variables [3].
- El inventario en curso es mayor [3].
- Mayor cualificación del personal [3].
- Se requiera mayor espacio [3].
- Dificultad del control visual [3].

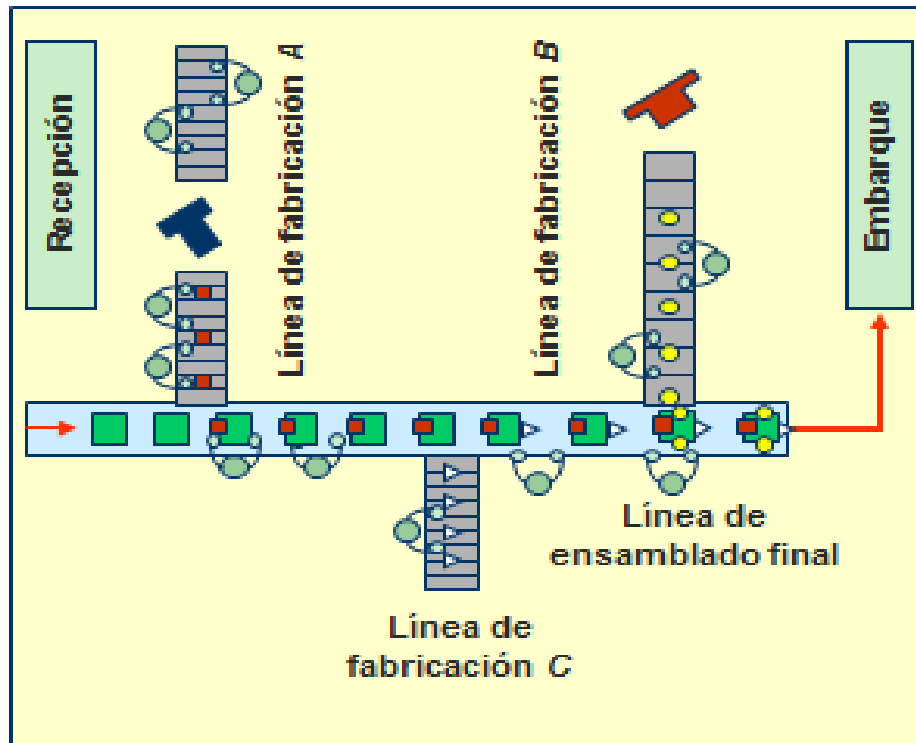
### 2.1.4.3. Distribución de planta por productos.

La distribución por producto se aplica cuando la producción está organizada según una o pocas rutas de transformación preestablecidas y estables en el tiempo. El producto se mueve de una manera fluida con un mínimo tiempo de traslado de un puesto a otro del proceso productivo.

Los sistemas típicos serían:

- Líneas de producción (manuales, automáticas, etc).
- Secciones alineadas manuales.
- Las formas de las líneas pueden ser muy variadas: en U, L, O, S.
- Equilibrado de la línea
- Todos los productos siguen el mismo flujo
- Se fabrica en serie o lotes muy altos

**Figura 3:** Distribución de planta por producto



FUENTE: [3]

#### **2.1.4.3.1. Ventajas de la distribución por producto.**

Las ventajas de la distribución por productos son las siguientes:

- Manejo de materiales reducido [3].
- Proceso productivo muy estudiado [3].
- Tiempos de ciclo totales bajos [3].
- Escaso inmovilizado en curso [3].
- Simplificación de la planificación de procesos y del control [3].
- Uso más efectivo de la mano de obra [3].
- Mayor especialización del trabajo [3].
- Menor cualificación general [3].
- Oferta más amplia de la mano de obra [3].
- Ahorro del espacio [3].
- Baja flexibilidad en el proceso [3].
- Máquinas específicas [3].
- Inversión muy elevada en máquinas y equipos [3].
- Paradas en una estación de trabajo repercuten en la línea de producción [3].
- Trabajos monótonos [3].
- Problemas de salud laboral [3].

#### **2.1.4.3.2. Condiciones de aplicación en la distribución por producto.**

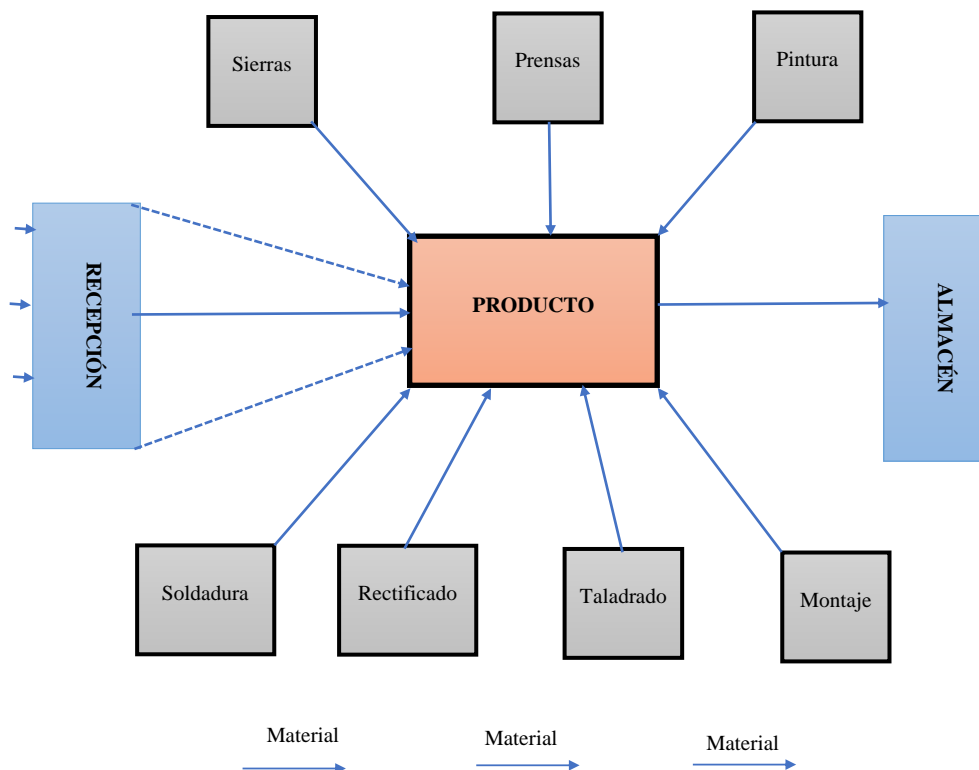
Las estaciones de trabajo deben tener la carga bien ajustada o equilibrada. La asignación de trabajo a las distintas estaciones se realiza de modo que se consiga la producción deseada con el menor número de estaciones, las condiciones requeridas son las siguientes [3]:

- Producción elevada [3].
- Demanda bastante estable [3].
- La reducción del tiempo de producción debe compensar el incremento del coste de la línea [3].
- Cada operación individual debe tener continuidad de funcionamiento [3].
- Si el movimiento de material se detiene en una estación de trabajo determinada la producción a partir de ésta será nula [3].

#### 2.1.4.4. Distribución de planta por puesto fijo.

Esta es una distribución en planta donde el material o componente principal permanece inmóvil en una posición determinada, de forma que los elementos que sufren los desplazamientos son el personal, la maquinaria, las herramientas y los diversos materiales [3].

**Figura 4:** Distribución de planta por posición fija



FUENTE: [3]

##### 2.1.4.4.1. Ventajas de la distribución de planta por posición fija

Entre las principales ventajas al aplicar distribución en planta por posición fija son:

**Menores costos por manejo de material.** - Reduce el manejo de la unidad ensamblada más importante, a pesar que aumente la cantidad de piezas a trasladar al punto de montaje [3].

**Permite el trabajo simultáneo.** - Permite que trabajadores altamente cualificados completen su trabajo en un punto y la responsabilidad de la calidad recae en una persona o equipo de montaje [3].

**Alta flexibilidad de operaciones.** - Permite cambios frecuentes en el producto o productos diseñados y en la secuencia de operaciones. No requiere de una distribución muy organizada ni costosa, ni precauciones contra las interrupciones en la continuidad del trabajo [3].

**Diversificación de productos.** - Se adapta a gran variedad de productos y a los cambios intermitentes en su demanda [3].

**Altos costos de inventario.** - Los costos de inventario de productos en proceso son altos debido al alto costo del producto terminado [3].

**Altos costos de inversión.** - Requieren el uso de máquinas de propósito especial, con grandes tiempos de parada [3].

**Baja utilización de las máquinas.** - Debido al bajo volumen de producción altamente especializada en las actividades desarrolladas [3].

**Muy sensible a los cambios.** - Debido a la naturaleza mismas de los productos, bajo volumen de producción y altos costos de los recursos de producción [3].

#### **2.1.4.4.2. Condiciones de aplicación de la distribución en planta por puesta fijo.**

Las condiciones que tiene la distribución en planta por posición fija es que los operarios, máquinas, equipos y demás instrumentos se acerquen al ensamblaje de la máquina designada existen otras condiciones las cuales son:

- Cuando se va a fabricar una sola unidad o muy pocas [3].
- El coste de mover la pieza o unidad montada principal es muy elevado [3].
- Es necesario hacer recaer la responsabilidad de la calidad en una sola persona [3].
- Para operaciones de deformación o tratamientos diversos es necesario el uso de herramientas manuales o máquinas sencillas [3].



### **2.1.5. Análisis de la distribución en planta.**

El análisis de la distribución en planta ya sea nueva o una existente se basa en tres fases las cuales son:

- Análisis de relación de actividades [3].
- Análisis del flujo de materiales [3].
- Análisis relacional de los espacios [3].

#### **2.1.5.1. Análisis relacional de las actividades.**

El análisis relacional de actividades trata de establecer las relaciones y la intensidad de esta relación entre las actividades que se desarrollan en un sistema de producción, las relaciones incluyen los procesos, las actividades auxiliares, los servicios de mantenimiento, etc. [3].

La intensidad de la relación se basa en:

- Flujo de materiales [3].
- Utilización del mismo equipo [3].
- Contacto personal [3].
- Usar información común [3].
- Frecuencia de la relación [3].
- Urgencia de la intervención [3].

#### **2.1.5.2. Diagrama de relación de actividades.**

Para el análisis en planta se emplea el diagrama de relación de actividades el cual es un cuadro en diagonal que indica las necesidades de relación.

Conocido el recorrido de los productos, el proyectista debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existenciales entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares, los sistemas de mantenimiento y los diferentes servicios de la planta [5]

**Figura 5:** Diagrama relación de actividades

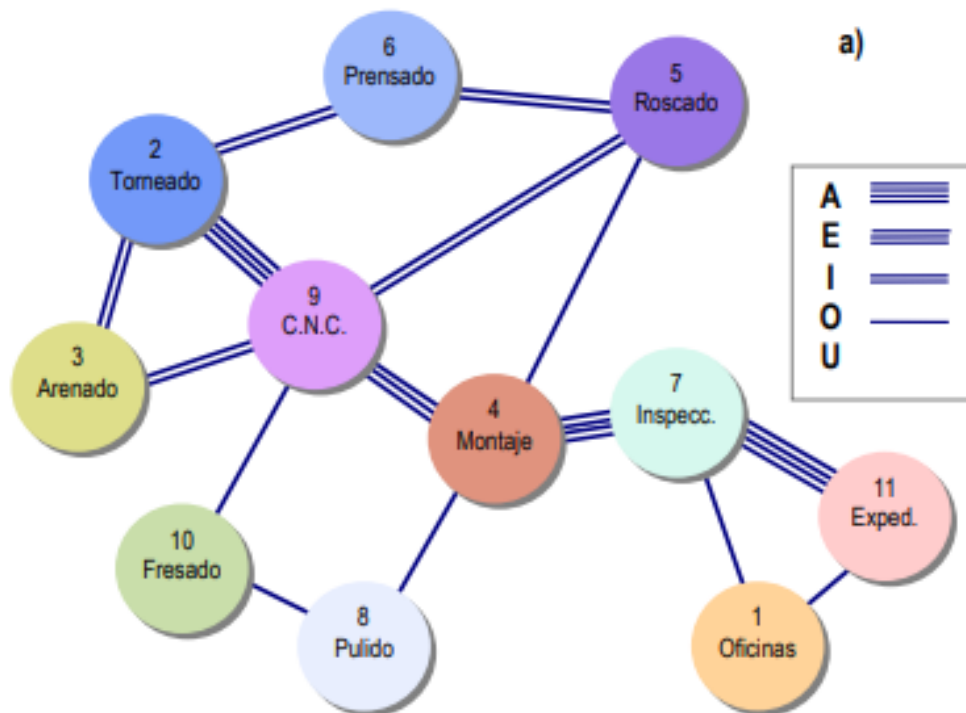


FUENTE: [5]

### 2.1.5.3. Diagramas de flujo de recorridos.

El objetivo es establecer las relaciones entre actividad y la frecuencia de estas relaciones en modo de flujo de materiales principalmente, las líneas indican la existencia de algún tipo de relación entre actividades, la intensidad de la relación se representa por un número asociado a las líneas o mediante un código, se organiza de forma que exista el mínimo de cruces de líneas, las actividades con mayor número de flujo deberían quedar lo más próximas posible, los departamentos que acogen las actividades no tienen dimensiones [3].

**Figura 6:** Diagrama de relación de actividades

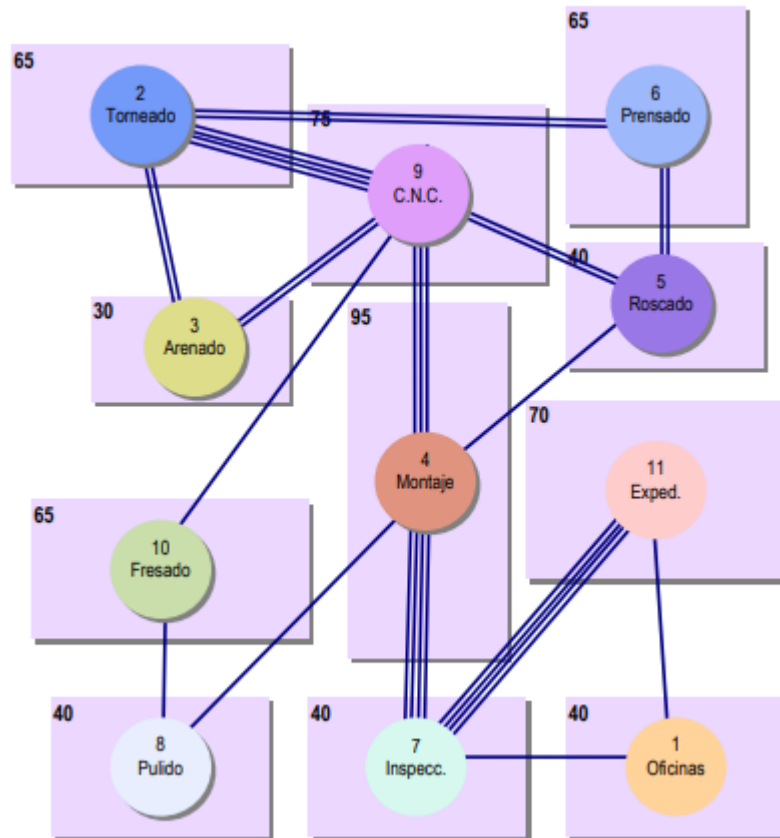


FUENTE: [5]

#### 2.1.5.4. Diagrama de relación de espacios.

El paso hacia la obtención de alternativas factibles de distribución es la en el proceso de diseño, de información referida al área requerida por cada actividad para su normal desempeño. El planificador debe hacer una previsión, tanto de la cantidad de superficie, como de la forma del área destinada a cada actividad [5].

**Figura 7:** Diagrama de relación de espacios



FUENTE: [5]

### 2.1.6. Diagrama de Ishikawa o diagrama de causa efecto.

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como Diagrama de Espina de Pescado o Diagrama de Causa y Efecto, es una herramienta de la calidad que ayuda a levantar las causas-raíces de un problema, analizando todos los factores que involucran la ejecución del proceso [6].

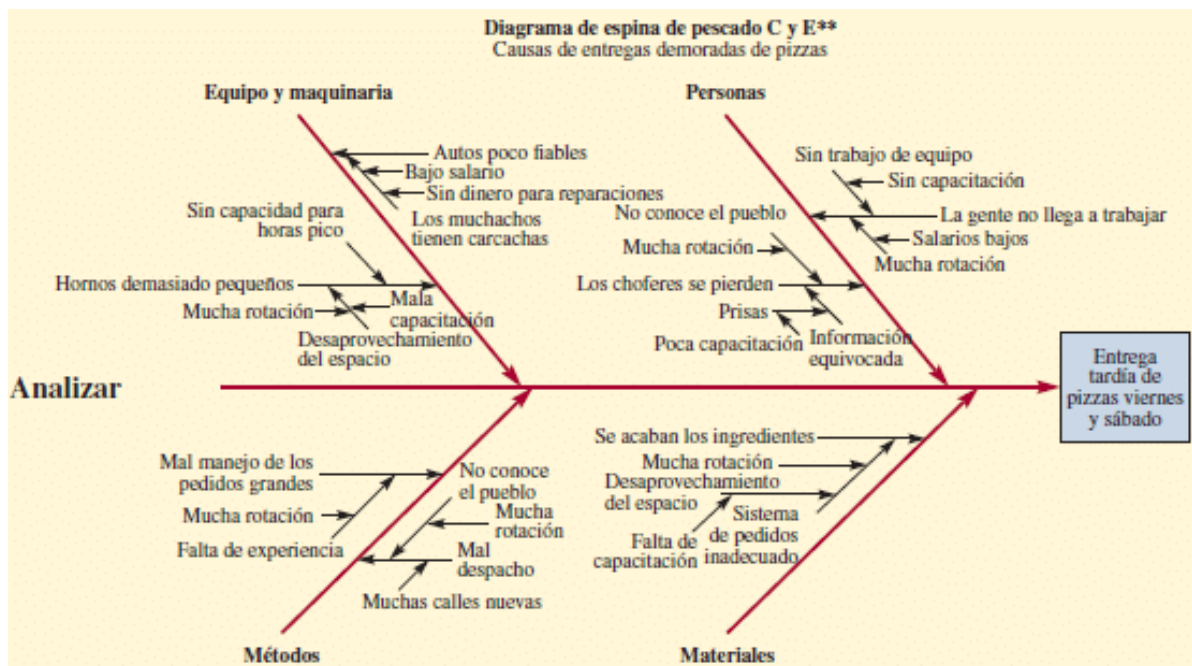
Creado en la década de 60, por Kaoru Ishikawa, el diagrama tiene en cuenta todos los aspectos que pueden haber llevado a la ocurrencia del problema, de esa forma, al utilizarlo, las posibilidades que algún detalle sea olvidado disminuyen considerablemente [6].

En la metodología, todo problema tiene causas específicas, y esas causas deben ser analizadas y probadas, una a una, a fin de comprobar cuál de ellas está realmente causando

el efecto (problema) que se quiere eliminar. Eliminado las causas, se elimina el problema [6].

El Diagrama de Ishikawa es una herramienta práctica, muy utilizada para realizar el análisis de las causas-raíces en evaluaciones de no conformidades, como se muestra en el ejemplo siguiente [6].

**Figura 8:** Diagrama de Ishikawa (causa efecto)



FUENTE: [6]

El Diagrama de Ishikawa presenta la relación existente entre el resultado no deseado o no conforme de un proceso (efecto) y los diversos factores (causas) que pueden contribuir a que ese resultado haya ocurrido. Su relación con la imagen de una espina de pescado se da debido al hecho de considerar sus espinas las causas de los problemas planteados, que contribuirán al descubrimiento de su efecto, además del formato gráfico que se asemeja al diseño de un esqueleto de pescado [6].

### 2.1.6.1. Para qué se utiliza el diagrama de Ishikawa.

Es posible aplicar el diagrama de Ishikawa a diversos contextos y de diferentes maneras, entre ellas, se destaca la utilización [6]:

- Para ver las causas principales y secundarias de un problema (efecto) [6].
- Para ampliar la visión de las posibles causas de un problema, viéndolo de manera más sistémica y completa [6].
- Para identificar soluciones, levantando los recursos disponibles por la empresa [6].
- Para generar mejoras en los procesos [6].

### **2.1.6.2. Cómo hacer un diagrama de Ishikawa.**

Para realizar el análisis de causas utilizando el diagrama de Ishikawa, basta con seguir algunos pasos [6]:

- Define el problema (efecto) que se va a analizar [6].
- dibuje una flecha horizontal apuntando hacia la derecha y escriba el problema dentro de un rectángulo ubicado en la punta de la flecha [6].
- Realice una brainstorming (tormenta de ideas) para levantar las posibles causas que puedan estar generando el problema. Para ello, procure responder a la siguiente pregunta: “¿Por qué esto está sucediendo?” [6].
- Se dividen las causas identificadas en categorías, por ejemplo: máquina, mano de obra, método y materiales o de la forma que sea más coherente con el problema analizado y el contexto de su empresa [6].
- Luego de definir las sub-causas, es decir, los factores que llevaron aquella causa a suceder [6].

Es importante resaltar que, originalmente, se proponen 6 categorías por el método, que son: Máquina, Materiales, Mano de obra, Medio ambiente, Método y Medidas (los 6Ms). Sin embargo, no todos los procesos o problemas se utilizan de todos estos factores, así que es necesario evaluar cuáles de ellos están presentes o son importantes para la ejecución.

Es posible que sólo evalúe 4 de ellos, como en el ejemplo utilizado anteriormente en el artículo. No hay ningún problema con esto, siempre y cuando el análisis se haga sobre la base de hechos y datos y no se quite ningún aspecto importante [6].

## **2.2. Marco referencial.**

### **2.2.1. Metodología Systematic Layout Planning (SLP).**

#### **Metodología**

Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza [7].

Fue desarrollada por Richard Muther en los años 60 como un procedimiento sistemático multicriterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas de otros autores en estas temáticas e incorpora el flujo de los materiales en el estudio de la distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos [7].

Como puede apreciarse en la figura 2, el diagrama brinda una visión general del SLP, aunque no refleja una característica importante del método. Su carácter jerárquico lo que indica es que este debe aplicarse en fases jerarquizadas en cada una de las cuales el nivel de detalle es mayor que en la anterior [7].

#### **2.2.2. Fases de Desarrollo del modelo SLP**

Las cuatro fases o niveles de la distribución en planta, que además pueden superponerse uno con el otro, son [7]:

**Fase I:** Localización. Aquí debe decidirse la ubicación de la planta a distribuir. Al tratarse de una planta completamente nueva se buscará una posición geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores relevantes para la misma. En caso de una redistribución el objetivo será determinar si la planta se mantendrá en el emplazamiento actual o si se

trasladará hacia un edificio nuevo o bien hacia un área de similares características y potencialmente disponible [7].

**Fase II:** Plan de Distribución General. Aquí se establece el patrón de flujo para el total de áreas que deben ser atendidas en la actividad a desarrollar, indicando también (y para cada una de ellas) la superficie requerida, la relación entre las diferentes áreas y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, sin atender aún las cuestiones referentes a la distribución en detalle. El resultado de esta fase nos llevará a obtener un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta [7].

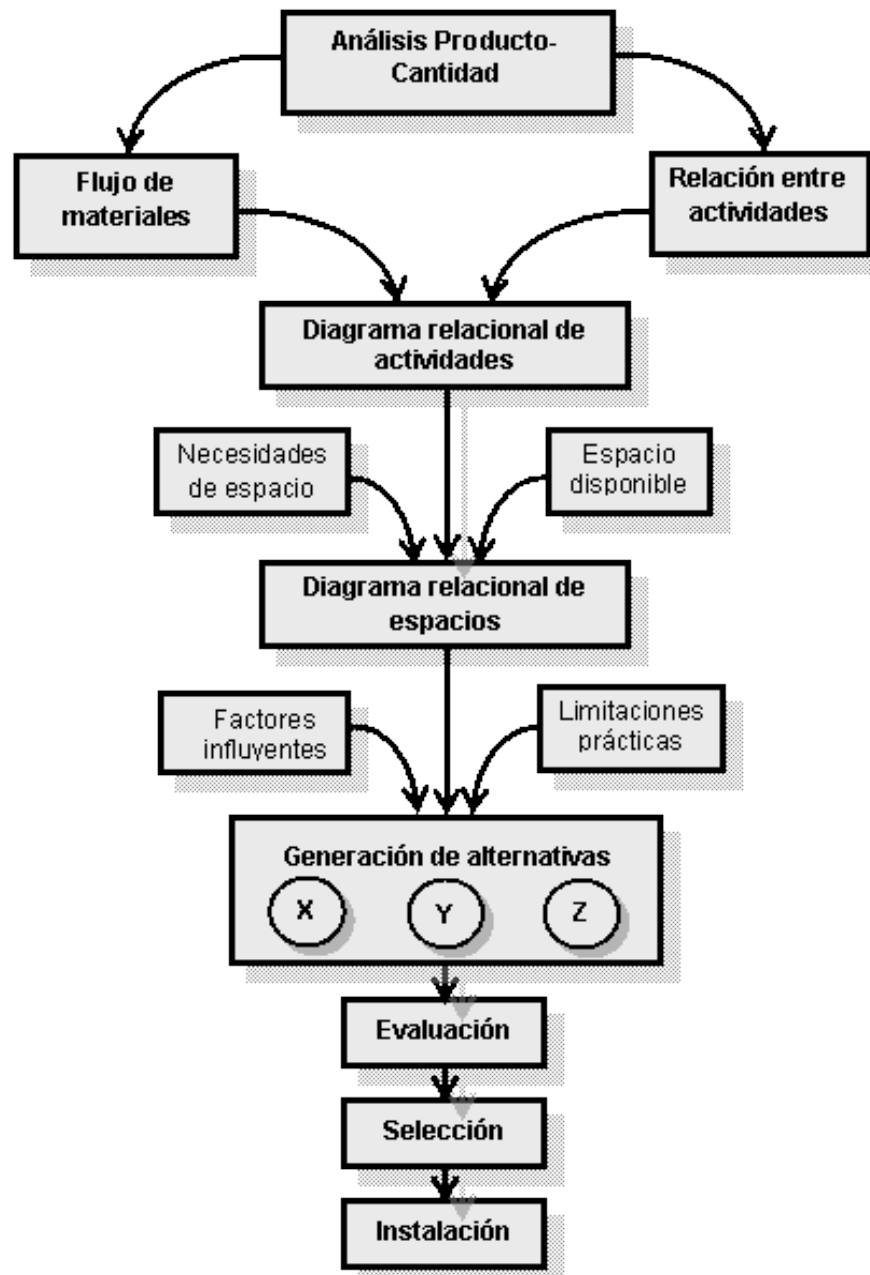
**Fase III:** Plan de Distribución Detallada. Aquí se debe estudiar y preparar en detalle el plan de distribución alcanzado en el punto anterior e incluye el análisis, definición y planificación de los lugares donde van a ser instalados/colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos e instalaciones de la actividad [7].

**Fase IV:** Instalación. Aquí, última fase, se deberán realizar los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van instalando los equipos, máquinas e instalaciones, para lograr la materialización de la distribución en detalle que fue planeada [7].

Estas cuatro fases se producen en secuencia, y según el autor del método para obtener los mejores resultados debe solaparse unas con otras [7].



**Figura 9:** Esquema del Systematic Layout Planning



FUENTE: [7]

### 2.2.3. Descripción general del procedimiento.

#### 2.2.3.1. Análisis producto-cantidad.

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

temporal. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio [7].

En cuanto al volumen de información debemos prever que pueden presentarse situaciones variadas, en el número de productos que puede variar de uno a varios cientos o millares [7].

Si la gama de productos fuera muy amplia convendrá formar grupos de productos similares con el fin de facilitar el tratamiento de la información. La formulación de previsiones (FP) para estos casos debe compensar lo que la referida FP daría para un solo producto lo cual puede llegar a ser de poca significancia [7].

Posteriormente, se organizarán los grupos según su importancia, de acuerdo con las previsiones efectuadas [7].

R. Muther recomienda la elaboración de un gráfico en el que se representen en abscisas los diferentes productos a elaborar y en ordenadas las cantidades de cada uno. Los productos deben ser representados en la gráfica en orden decreciente de cantidad producida. En función de la gráfica resultante es recomendable la implantación de uno u otro tipo de distribución [7].

#### **2.2.3.2. Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción).**

Se trata en este paso de determinar la secuencia y la cantidad de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su procesado. A partir de la información del proceso productivo y de los volúmenes de producción, se elaboran gráficas y diagramas descriptivos del flujo de los materiales [7].

Tales instrumentos no son exclusivos de los estudios de distribución en planta; son o pueden ser los mismos empleados en los estudios de métodos y tiempos, como puede ser [7]:

- Diagrama OTIDA [7].
- Diagrama de acoplamiento [7].
- Cursogramas analíticos [7].
- Diagrama multiproducto [7].

- Matrices origen- destino (desde/hacia) [7].
- Diagramas de hilos [7].
- Diagramas de recorrido [7].

De estos diagramas no se desprende una distribución en planta, pero sin dudas proporcionan un punto de partida relevante para su planteamiento. No resulta difícil a partir de ellos establecer puestos de trabajo, líneas de montaje principales y secundarias, áreas de almacenamiento, etc [7].

### **2.2.3.3. Análisis de las relaciones entre actividades.**

Conocido el recorrido de los productos, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares, los sistemas de manipulación y los diferentes servicios de la planta [7].

Estas relaciones no se limitan a la circulación de materiales, pudiendo ser ésta irrelevante o incluso inexistente entre determinadas actividades. La no existencia de flujo de materiales entre dos actividades no implica que no puedan existir otro tipo de relaciones que determinen, por ejemplo, la necesidad de proximidad entre ellas; o que las características de determinado proceso requieran una determinada posición en relación a determinado servicio auxiliar. El flujo de materiales es solamente una de las razones para la proximidad de ciertas operaciones unas con otras [7].

Entre otros aspectos, el proyectista debe considerar en esta etapa las exigencias constructivas, ambientales, de Higiene y Seguridad en el Trabajo, los sistemas de manipulación necesarios, el abastecimiento de energía y el almacenaje transitorio y externalización de residuos y desperdicios, la organización de la mano de obra, los sistemas de control de los procesos, los sistemas de información, etc [7].

Esta información resulta de vital importancia para poder integrar los medios auxiliares de producción en la distribución de una manera racional [7].

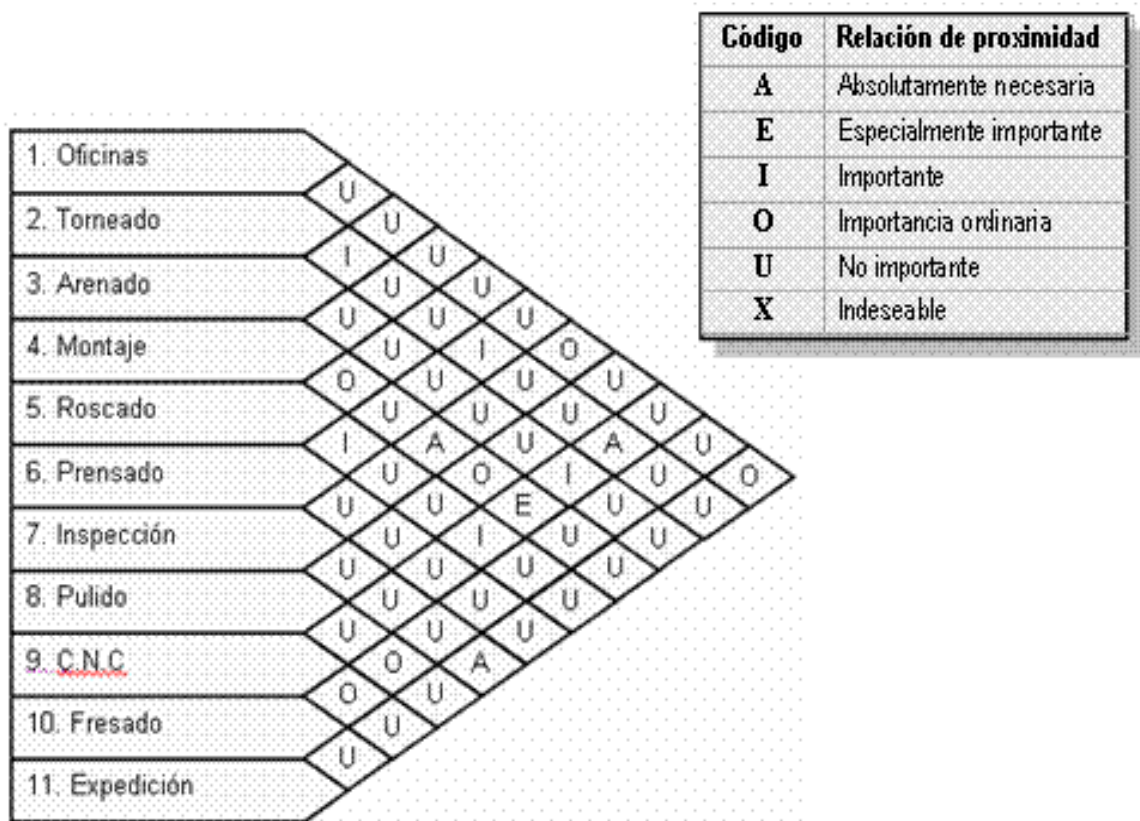
Para poder representar las relaciones encontradas/definidas/existentes de una manera lógica y que permita clasificar la intensidad de dichas relaciones, se emplea la tabla relacional de

actividades, consistente en un diagrama de doble entrada, en el que quedan plasmadas las necesidades de proximidad entre cada actividad y las restantes según los factores de proximidad definidos a tal efecto [7].

Es habitual expresar estas necesidades mediante un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa generalmente por la letra X [7].

En la práctica, el análisis de recorridos indicados en el punto anterior se emplea para relacionar las actividades directamente implicadas en el sistema productivo, mientras que la tabla relacional permite integrar los medios auxiliares de producción [7].

**Figura 10:** Tabla de relación de actividades



FUENTE: [7]

#### 2.2.3.4. Desarrollo del Diagrama de Relaciones de las Actividades

La información recogida hasta el momento, referente tanto a las relaciones entre las actividades como a la importancia relativa de la proximidad entre ellas, es recogida y volcada en el Diagrama Relacional de Actividades [7].

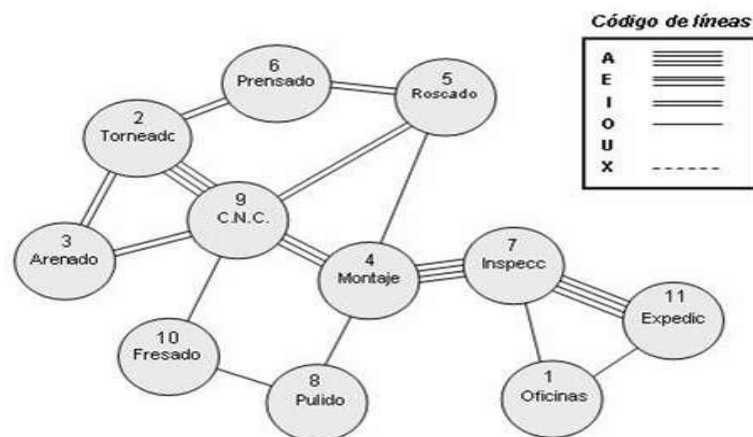
Este pretende recoger la ordenación topológica de las actividades en base a la información de la que se dispone. De tal forma, en dicho grafo los departamentos que deben acoger las actividades son adimensionales y no poseen una forma definida [7].

El diagrama es un gráfico simple en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas. Estas últimas representan la intensidad de la relación (A, E, I, O, U y X) entre las actividades unidas a partir del código de líneas que se detalla en la [7].

A continuación, este diagrama se va ajustando a prueba y error, lo cual debe realizarse de manera tal que se minimice el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades, o por lo menos entre aquellas que representen una mayor intensidad relacional [7].

De esta forma, se trata de conseguir distribuciones en las que las actividades con mayor flujo de materiales estén lo más próximas posible, cumpliendo el principio de la mínima distancia recorrida, y en las que la secuencia de las actividades sea similar a aquella con la que se tratan, elaboran o montan los materiales (principio de la circulación o flujo de materiales) [7].

**Figura 11:** Diagrama de relación de actividades



**FUENTE:** [7]

### **2.2.3.5. Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios.**

El siguiente paso hacia la obtención de alternativas factibles de distribución es la introducción en el proceso de diseño, de información referida al área requerida por cada actividad para su normal desempeño. El planificador debe hacer una previsión, tanto de la cantidad de superficie, como de la forma del área destinada a cada actividad [7].

La experiencia revela que no existe un procedimiento general “ideal” para el cálculo de las necesidades de espacio. El proyectista debe emplear el método más adecuado al nivel de detalle con el que se está trabajando, a la cantidad y exactitud de la información que se posee y a su propia experiencia previa [7].

El espacio requerido por una actividad no depende únicamente de factores inherentes a sí misma, si no que puede verse condicionado por las características del proceso productivo global, de la gestión de dicho proceso o del mercado mismo [7].

Por ejemplo, el volumen de producción estimado, la variabilidad de la demanda o el tipo de gestión de almacenes previsto pueden afectar al área necesaria para el desarrollo de una actividad. En cualquier caso, hay que considerar que los resultados obtenidos son siempre previsiones, con base más o menos sólida, pero en general con cierto margen de incertezas [7].

El planificador puede hacer uso de los diversos procedimientos de cálculo de espacios existentes para lograr una estimación del área requerida por cada actividad. Los datos así obtenidos deben confrontarse con la disponibilidad real de espacio [7].

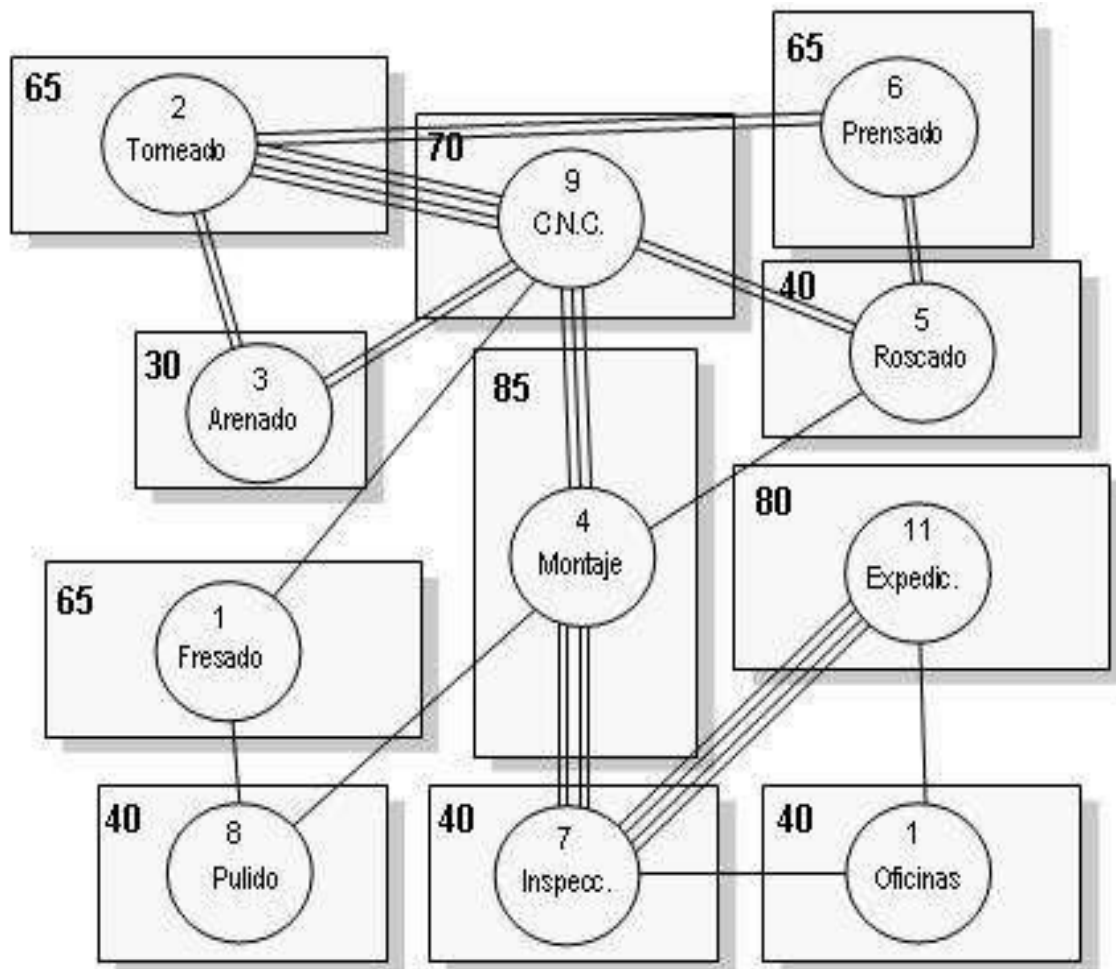
Si la necesidad de espacio fuera mayor que la disponibilidad, deben realizarse los reajustes necesarios, disminuyendo la previsión de requerimientos de superficie de las actividades, o bien, aumentar la superficie total disponible modificando el proyecto de edificación (o el propio edificio si éste ya existiera) [7].

El ajuste de las necesidades y disponibilidades de espacio suele ser un proceso iterativo de continuos acuerdos, correcciones y reajustes, que desemboca finalmente en una solución que se representa en el llamado Diagrama Relacional de Espacios [7].

### 2.2.3.6. Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios.

El Diagrama Relacional de Espacios es similar al Diagrama Relacional de Actividades presentado previamente, con la particularidad que en este caso los símbolos distintivos de cada actividad son representados a escala, de forma que el tamaño que ocupa cada uno sea proporcional al área necesaria para el desarrollo de la actividad [7].

**Figura 12:** Diagrama relacional de espacios con indicación del área requerida por cada actividad



FUENTE: [7]

En estos símbolos es frecuente añadir, además, otro tipo de información referente a la actividad como, por ejemplo, el número de equipos o la planta en la que debe situarse. Con la información incluida en este diagrama se está en disposición de construir un conjunto de distribuciones alternativas que den solución al problema. Se trata de transformar el diagrama

ideal en una serie de distribuciones reales, considerando todos los factores condicionantes y limitaciones prácticas que afectan al problema [7].

Entre estos elementos se pueden citar características constructivas de los edificios, orientación de los mismos, usos del suelo en las áreas colindantes a la que es objeto de estudio, equipos de manipulación de materiales, disponibilidad insuficiente de recursos financieros, vigilancia, seguridad del personal y los equipos, turnos de trabajo con una distribución que necesite instalaciones extras para su implantación [7].

A pesar de la aplicación de las más novedosas técnicas de distribución, la solución final requiere normalmente de ajustes imprescindibles basados en el sentido común y en el juicio del distribuidor, de acuerdo a las características específicas del proceso productivo o de servicios que tendrá lugar en la planta que se proyecta [7].

No es extraño que, a pesar del apoyo y simpleza encontrada con el uso de diferente software disponible en la actualidad, se sigan utilizando las técnicas tradicionales y propias de la distribución SLP en la mayoría de las ocasiones [7].

De tal forma, sigue siendo un procedimiento ampliamente utilizado la realización de maquetas de la planta y los equipos en forma plana y tridimensionales, de forma que estos puedan ir colocándose de distintas formas en aquella hasta obtener una distribución aceptable. La obtención de soluciones es un proceso que exige creatividad y que debe desembocar en un cierto número de propuestas (Muther, aconseja de dos a cinco) elaboradas de forma suficientemente precisa, que resultarán de haber estudiado y filtrado un número mayor de alternativas desarrolladas solo esquemáticamente [7].



### **2.2.3.7. Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución.**

Una vez desarrolladas las soluciones, hay que proceder a seleccionar una de ellas, para lo que es necesario realizar una evaluación de las propuestas, lo que nos pone en presencia de un problema de decisión multicriterio. La evaluación de los planes alternativos determinará que propuestas ofrecen la mejor distribución en planta [7].

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

- Comparación de ventajas y desventajas [7].
- Análisis de factores ponderados [7].
- Comparación de costos [7].
- Otros [7].

Probablemente el método más simple de evaluación de los mencionados anteriormente es el de listar las ventajas y desventajas que presenten las alternativas de distribución, o sea un sistema de "pros" y "contras". Sin embargo, este método es el menos exacto, por lo que es aplicado en las evaluaciones preliminares o en las fases (I y II) donde los datos no son tan específicos [7].

Por su parte, el segundo método consiste en la evaluación de las alternativas de distribución con respecto a cierto número de factores previamente definidos y ponderados según la importancia relativa de cada uno sobre el resto, siguiendo para ello una escala que puede variar entre 1-10 o 1- 100 puntos. De tal forma se seleccionará la alternativa que tenga la mayor puntuación total [7].

Esto aumenta la objetividad de lo que pudiera ser un proceso muy subjetivo de toma de decisión. Además, ofrece una manera excelente de implicar a la dirección en la selección y ponderación de los factores, y a los supervisores de producción y servicios en la clasificación de las alternativas de cada factor [7].

El método más sustancial para evaluar las Distribuciones de Planta es el de comparar costos. En la mayoría de los casos, si el análisis de costos no es la base principal para tomar una

decisión, se usa para complementar otros métodos de evaluación. Las dos razones principales para efectuar un análisis de costos son: justificar un proyecto en particular y comparar las alternativas propuestas [7].

El preparar un análisis de costos implica considerar los costos totales involucrados o solo aquellos costos que se afectarán por el proyecto [7].

### **Conclusiones**

- Los intentos por establecer una metodología que permitiera afrontar el problema de la distribución en planta de manera ordenada comienzan en la década de los 50 del siglo pasado. Sin embargo, es R. Muther en 1961, el primero en desarrollar un procedimiento verdaderamente sistemático, el Systematic Layout Planning (SLP) [7].
- El SLP ha sido la metodología más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza [7].
- Las propuestas metodológicas precedentes al SLP son simples e incompletas y las desarrolladas con posterioridad son en muchos casos variantes más o menos detalladas de dicho método y no han logrado el grado de aceptación de la de R. Muther [7].
- El SLP reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos [7].
- La amplia aceptación del SLP, y la extensión que los tres modelos de distribuciones básicas han tenido, ha sido la causa que no haya habido posteriores investigaciones de relieve en este contexto. Los estudios posteriores, se han centrado en los dos pasos fundamentales del procedimiento: la generación de alternativas de distribución y la evaluación y selección de las mismas [7].

## 2.2.4. Lucidchart

Lucidchart es una herramienta de diagramación basada en la web, que permite a los usuarios colaborar y trabajar juntos en tiempo real, creando diagramas de flujo, organigramas, esquemas de sitios web, diseños UML, mapas mentales, distribución de áreas, prototipos de software y muchos otros tipos de diagrama. Construida con estándares web, como HTML5 y JavaScript, Lucidchart funciona en todos los navegadores web modernos, como Google Chrome, Firefox, Safari e Internet Explorer [8].

Lucidchart es una herramienta de colaboración visual que hace que dibujar diagramas sea fácil y rápido. Después de instalar, puedes fácilmente crear y editar diagramas, ¡en línea Y fuera de línea! Cuando estés en línea, comparte tus diagramas fácilmente con otros para experimentar la colaboración en directo con los cambios integrados y sincronizados instantáneamente [8].

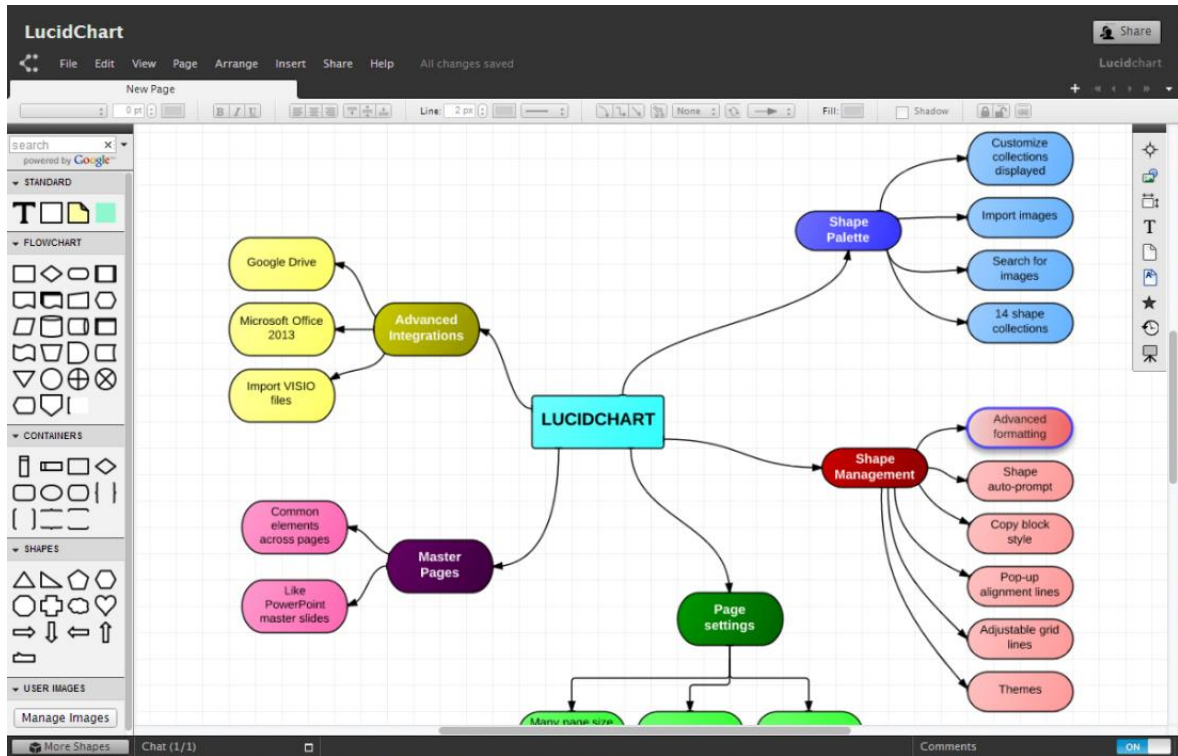
### **Características:**

Lucidchart utiliza una interfaz de arrastrar-y-soltar y capacidades de colaboración en tiempo real. Sumado a su capacidad de funcionar en los principales sistemas operativos, como Microsoft Windows, Lucidchart también es funcional en iPad, a través de una aplicación especialmente optimizada para esta plataforma [8].

### **VENTAJAS:**

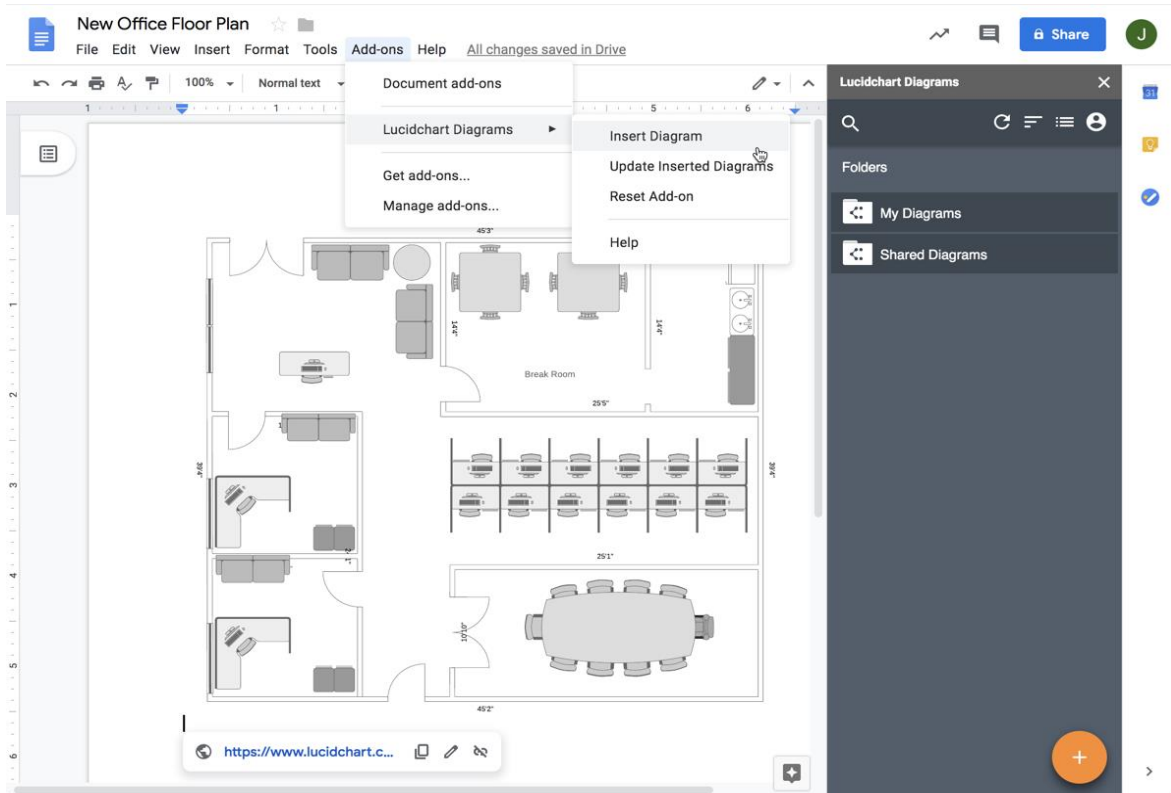
- Permite exportar en varios formatos: PDF, png y jpg [8].
- Cuenta libre para educación: Lucidchart para educadores [8].
- Se puede trabajar colaborativamente en tiempo real [8].
- Se integra con Google Drive, Google Chrome y Google app [8].
- Como trabaja con HTML5, se puede utilizar con el iPad y puedes dibujar a mano alzada [8].

Figura 13: Diagramación de Lucidchart



FUENTE: [7]

Figura 14: Diagrama de distribución lucidchart



FUENTE: [7]

### 2.2.5. Corelap.

Corelap es un algoritmo que genera distribuciones desde los datos de partida. Estos datos de partida son de origen cualitativo. El algoritmo Corelap forma parte de los métodos clásicos de distribución en planta que se basan en la implementación de una matriz que conecta las diferentes secciones de la planta estableciendo entre cada par de secciones una determinada relación de importancia que refleja la necesidad de cercanía entre dichas secciones. La importancia asignada puede depender de varios factores simultáneamente, como el flujo de materiales, el flujo de personal, la facilidad de supervisión, etc. y la calificación de esa importancia puede ser desde “absolutamente necesaria” hasta “indeseable” [9].

**Figura 15:** Pantalla de inicio corelap



FUENTE: [9]

#### 2.2.5.1. Objetivos.

Las decisiones sobre distribución implican la determinación de la localización de los departamentos, de los grupos de trabajo, etc. en general, los componentes de la decisión sobre distribución son los siguientes [9]:

- La especificación y criterios correspondientes que se deben utilizar para evaluar el diseño. La cantidad de espacio requerida y la distancia que debe ser recorrida entre los elementos de la distribución, son criterios básicos comunes [9].

- La demanda estimada del producto o de servicio sobre el sistema [9].
- Los requisitos de procesado en términos del número de operaciones y de la cantidad de flujo entre los elementos de la distribución [9].
- Los requisitos de espacio para los elementos de la distribución [9].
- La disponibilidad de espacio dentro de las instalaciones o, si éstas son nuevas, las posibles configuraciones del edificio [9].

#### **2.2.5.2. Ventajas.**

El software corelap presenta algunas ventajas las cuales son las siguientes:

- El flujo de información, para medir la comunicación interdepartamental [9].
- El flujo de personal que podría medirse como el número de empleados de uno o ambos departamentos que desarrollan su actividad en ambas secciones [9].
- Condiciones ambientales [9].
- Facilidad de supervisión [9].

Para la utilización de la aplicación se recomiendan unos requisitos mínimos de software y hardware [9]:

Sistema operativo \_\_\_\_\_ Windows 95  
 Procesador \_\_\_\_\_ 300 MHz  
 Memoria RAM \_\_\_\_\_ 32 Mbyte  
 Resolución mínima \_\_\_\_\_ 800x600

**Figura 16:** Pantalla de introducción datos del problema

CORELAP 01\_Plantamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

---

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2
1	Brochado	3
2	Uillaje	20
3	Torneado	7
4	Fresado	3
5	Tallado	7
6	Afeitado	5
7	Soldadura	11
8	Rectificado	6
9	Taladrado	4
10	Granallado	15

Superficie Disponible :

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

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

FUENTE: [9]

**Figura 17:** Relación entre departamentos

CORELAP 01\_Plantamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

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

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Brochado	3	■	O	O	I	O	O	I	A	A	A
2	Uillaje	20		■	A	I	I	E	E	X	X	O
3	Torneado	7			■	O	I	A	A	I	O	O
4	Fresado	3				■	A	X	X	E	E	O
5	Tallado	7					■	A	A	X	O	I
6	Afeitado	5						■	A	O	O	I
7	Soldadura	11							■	A	X	O
8	Rectificado	6								■	I	E
9	Taladrado	4									■	A
10	Granallado	15										■

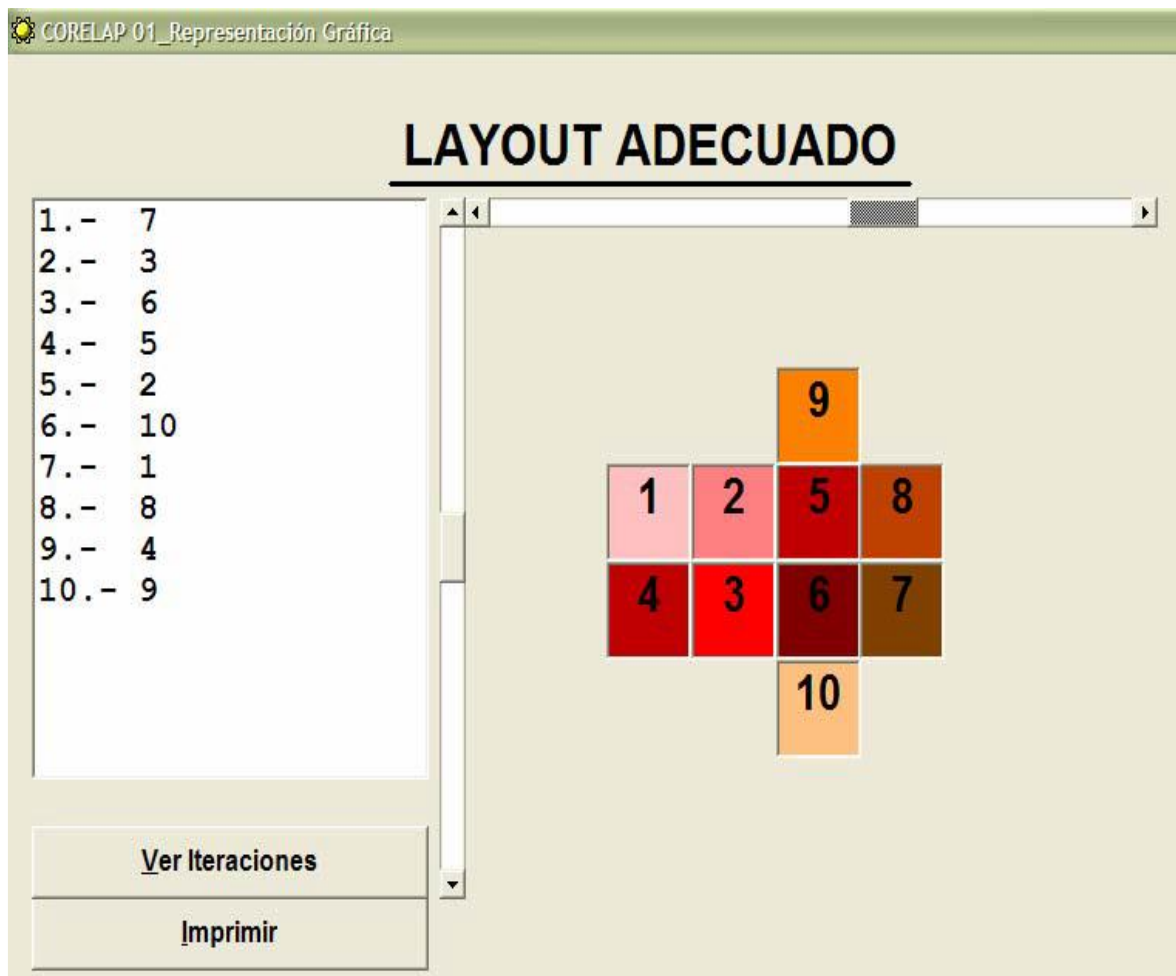
FUENTE: [9]

El algoritmo evalúa la relación entre los departamentos de una matriz simétrica, por lo que sólo es necesario introducir las constantes (A, E, I, O, U, X) en la mitad de la matriz. Se puede visualizar el valor que se ha asignado a cada constante [9].

### 2.2.5.3. Pantalla de presentación gráfica.

En la pantalla de Presentación de Resultados se visualiza todos los pasos dados por el algoritmo computacional para llegar a la distribución en planta obtenida [9].

**Figura 18:** Representación grafica



FUENTE: [9]



### 2.3.6. Cálculo de áreas por el método Guerchet.

El método Guerchet se utiliza para calcular los espacios físicos que se requieren en la planta, es necesario identificar el número total de maquinarias, equipos, elementos estáticos y también el número total de operarios y elementos móviles.

#### 2.3.6.1. Requerimiento y disponibilidad de espacios.

El requerimiento y disponibilidad de espacios es saber cuál es el espacio disponible que tiene cada máquina para dicho requerimiento es necesario tener en cuenta varios factores los cuales son:

- Construcción del diagrama de flujo del material, la tabla de relación de actividades y el diagrama de relación de actividades, se evalúa el espacio requerido para la distribución de planta [10].
- La solución ideal que estará restringida por la cantidad y forma del área y capital disponible [10].
- Determinar el espacio requerido es necesario conocer el volumen y estándar (para las operaciones asociadas) de los productos a elaborar [10].
- El volumen-variedad de producción es un elemento de decisión para determinar si la distribución es por producto o por proceso [10].

#### 2.3.6.2. Cálculo de requerimiento de maquinaria.

Dado los volúmenes de producción, las operaciones asociadas al producto, el estándar y eficiencia de cada operación y el tipo de distribución, se define como [10]:

**Ecuación 1:** Calculo de requerimiento de material

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} \times T_{ij}}{H_{ij}} \quad (1)$$

**Donde:**

- $M_j$ : Número de máquinas requeridas de tipo “j” [10].
- $P_{ij}$ : Volumen de producción del producto “i” en la máquina “j” en un periodo [10].
- $T_{ij}$ : Estándar de producción del producto “i” en la máquina “j” [10].
- $H_{ij}$ : Horas disponibles, por periodo, del producto “i” en la máquina “j” [10].
- $n$ : Número de productos [10].

**2.3.6.3. Cálculo de requerimiento de empleados.**

Los volúmenes de producción, las operaciones (de ensamble) asociadas al producto, el estándar y eficiencia de cada operación [10].

**Ecuación 2:** Requerimiento de empleados

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} \times T_{ij}}{H_{ij}} \quad (2)$$

**FUENTE:** [10]

**Donde:**

- $A_j$ : Número de empleados requeridos para la operación de tipo “j” [10].
- $P_{ij}$ : Volumen de producción del producto “i” en la máquina “j” en un periodo [10].
- $T_{ij}$ : Estándar de producción del producto “i” en la máquina “j” [10].
- $H_{ij}$ : Horas disponibles, por periodo, del producto “i” en la máquina “j” [10].
- $n$ : Número de productos [10].

#### **2.3.6.4. Métodos para la determinación de espacios por cálculo.**

Para la determinación de espacios es necesario conocer varios factores y datos como son:

- Las dimensiones de la maquinaria o puesto de trabajo (para ensambles) [10].
- Medición directa (usada especialmente para puestos de trabajo en ensamble) [10].
- Espacio requerido es el producto del número de máquinas (y/o puestos de trabajo) por el espacio requerido [10].
- Espacio necesario para el operario, espera de producto, pasillos y otros necesarios [10].
- Este método es recomendable para la “distribución general de conjunto” y “distribución detallada”, sobre todo para las áreas de manufactura [10].

##### **2.3.6.4.1. Métodos para la determinación de espacios método de conversión.**

- Se halla el espacio actual requerido, se realiza el ajuste para hacerla más eficiente; luego es usado como base (factor) para hallar el espacio requerido para la distribución propuesta [10].
- Se debe tener mucho cuidado de lo asumido en la determinación del factor [10].
- Se debe recordar que el espacio requerido no es función lineal de la cantidad a producir [10].
- Este método es recomendable para áreas de servicio y almacenes [10].

### 2.3.7. Método Guerchet.

El método Guerchet se utiliza en empresas de almacenamiento, servicio e industrias donde se requiera saber cuál es la superficie necesaria que debe tener una máquina para ser operada por los trabajadores, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Se calcularán los espacios físicos que se requerirán para establecer la planta [10].
- Identificar el número total de maquinaria y equipo llamados elementos estáticos o fijos (EF) y también el número de operarios y el equipo móviles (EM) [10].
- Para cada elemento a distribuir, la superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales [10]:

**Ecuación 3:** Superficie total

$$\mathbf{S_T = S_s + S_g + S_e} \quad (3)$$

FUENTE: [10]

ST = Superficie total

Ss = Superficie estática

Sg = Superficie de gravitación

Se = Superficie de evolución.

#### 2.3.7.1. Método Guerchet superficie estática (Ss).

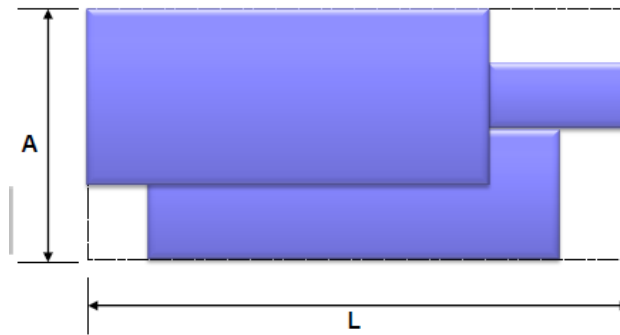
Cálculo de la superficie estática corresponde al área del terreno que ocupan los muebles, máquinas y equipos. Esta área debe ser evaluada en la posición de uso de la máquina o equipo, esto quiere decir que debe incluir las bandejas de depósito, palancas, tableros, pedales, etc., necesarios para su funcionamiento [10].

**Ecuación 4:** Calculo de superficie estática (Ss)

$$\mathbf{S_s = Largo \times Ancho = L \times A} \quad (4)$$

FUENTE: [10]

**Figura 19:** Superficie estática ( $S_s$ )



FUENTE: [10]

### 2.3.7.2. Método Guerchet superficie de gravitación ( $S_g$ ).

La superficie de gravitación es la utilizada por el obrero y por el material acoplado para las operaciones en curso alrededor de los puestos de trabajo. Esta superficie se obtiene para cada elemento, multiplicando la superficie estática ( $S_s$ ) por el número de lados a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizados [10].

**Ecuación 5:** Superficie de gravitación

$$S_g = S_s \times N \quad (5)$$

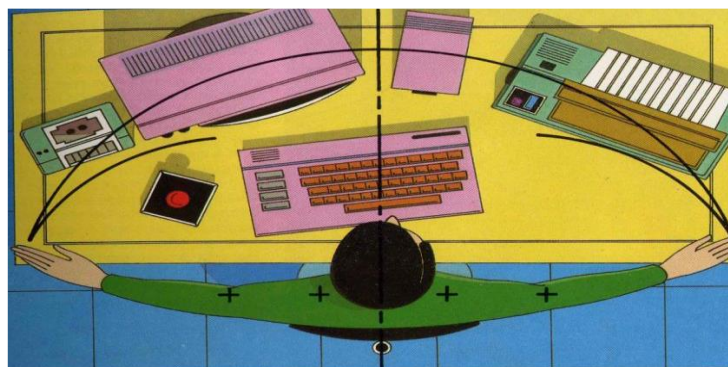
FUENTE: [10]

**Siendo:**

$S_s$  = Superficie estática

$N$  = número de lados

**Figura 20:** Superficie de Gravitación



FUENTE: [10]

### 2.3.7.3. Superficie de evolución (se).

La superficie de evolución es la que se reserva entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal, del equipo, de los medios de transporte y para la salida del producto terminado. Para su cálculo se utiliza un factor “K” denominado coeficiente de evolución, que representa una medida ponderada de la relación entre las alturas de los elementos móviles y los elementos estáticos [10].

**Ecuación 7:** Calculo de superficie de evolución (Se)

$$S_E = (S_s + S_g)K \quad (7)$$

FUENTE: [10]

**Ecuación 6:** Superficie de evolución

$$K = \frac{h_{EM}}{2 \times h_{EF}} = 0.5 \times \frac{h_{EM}}{h_{EF}} \quad (6)$$

FUENTE: [10]

**Ecuación 8:** Superficie de evolución

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n \times h}{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n} \quad (8)$$

FUENTE: [10]

hEM: Altura promedio ponderada de los elementos móviles

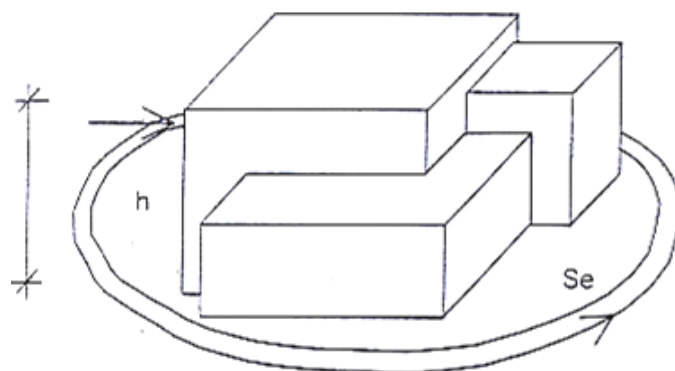
r: variedad de elementos móviles

Ai: superficie estática de cada elemento

h: altura del elemento móvil

n: número de elementos móviles de cada tipo

**Figura 21:** Superficie evolución



FUENTE: [10]

- Normalmente, la superficie ocupada por las piezas o materiales acoplados junto a un puesto de trabajo para la operación en curso, no da lugar a una asignación complementaria, la misma está comprendida entre las superficies de gravitación y de evolución [10].
- Sin embargo, si ocupara una superficie mayor que la del área gravitacional, se debe calcular como en el caso anterior [10].
- Para el caso del cálculo de K, se puede utilizar como área ocupada por el trabajador 0.5 m<sup>2</sup> y una altura promedio de 1.65 m [10].

#### 2.3.7.4. Superficie total (st).

La superficie total se calcula sumando todas las superficies para ello han estimado algunos valores de K para diferentes tipos de industria, los cuales se citan a continuación [10]:

**Tabla 1:** Constante coeficiente K

Razón de la empresa	Coefficiente K
Gran industria, alimentación	0.05 - 0.15
Trabajo en cadena con transportador mecánico	0.10 - 0.25
Textil-hilado	0.05 - 0.25
Textil-tejido	0.50 - 1.00
Relojería, joyería	0.75 - 1.00
Pequeña mecánica	1.50 - 2.00
Industria mecánica	2.00 - 3.00

FUENTE: [10]

**Ecuación 9:** Calculo de la superficie total

$$S_T = S_S + S_g + S_e \quad (9)$$

FUENTE: [10]

El resultado se muestra en m<sup>2</sup>

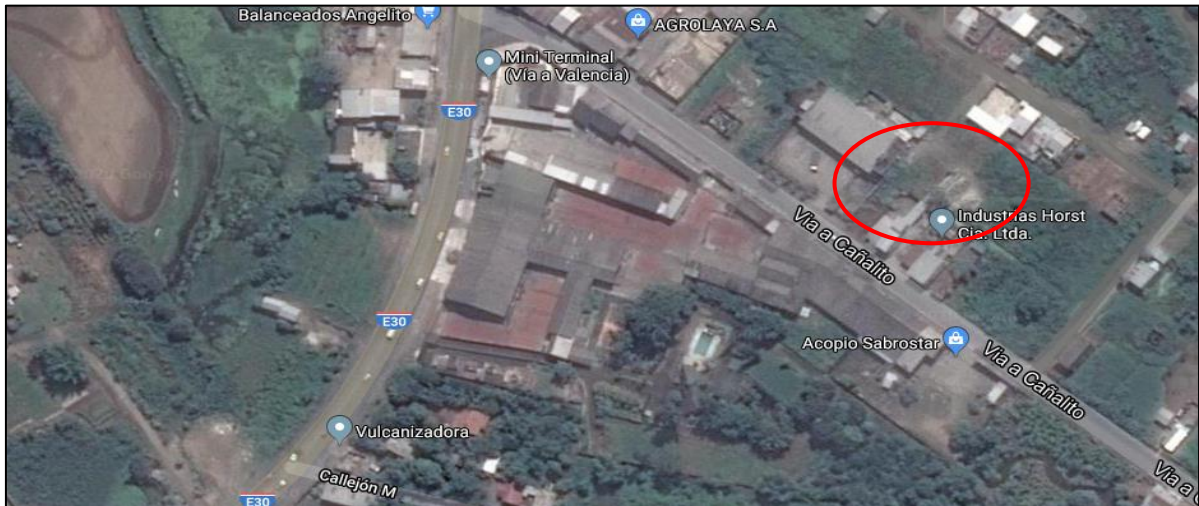
**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**



### 3.1. Localización.

El presente proyecto de investigación se realizó en la empresa Induhorst Cia. Ltda., ubicada en el km 4 ½ vía a Valencia, del Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, Ecuador.

**Figura 22:** Localización



FUENTE: GOOGLE MAPS

#### Ubicación geográfica:

Región: Costa

Latitud: -1.0043

Longitud: -79.4441

### 3.2. Tipo de investigación.

El presente trabajo de investigación reúne las condiciones metodológicas para aplicar los conocimientos de las Ciencias de la Ingeniería Industrial en la búsqueda de una solución para el mejoramiento de la fabricación de máquinas envejecedora de arroz en la empresa Induhorst Cia. Ltda. Ocasionados por una deficiente distribución en planta. A continuación, se detalla el tipo de investigación.

#### 3.2.1. Investigación descriptiva.

Mediante este tipo de investigación se recopiló la información más relevante sobre las principales actividades de los procesos de producción de la envejecedora de arroz la

investigación se realiza en la empresa Induhorst Cia. Ltda. Con la finalidad de identificar los problemas y cuellos de botella que disminuyen la productividad y por ende proponer una nueva distribución en planta.

### **3.2.2. Investigación bibliográfica.**

Se utiliza información comprendida en libros y otros tipos de documentos basados en el tema del diseño y distribución, dichos datos serán fundamentales para la obtención de los resultados y a su vez realizar la propuesta de un nuevo Layout, mediante la aplicación de metodologías como Systematic Layout Planning (SLP).

### **3.2.3. Investigación de campo.**

La presente investigación permite la percepción directa con cada uno de las áreas que intervienen durante el proceso de producción las cuales causan retrasos en la producción de la empresa INDUHORST. Y de esta manera contrarrestar los mismos.

## **3.3. Métodos de investigación.**

En el presente proyecto de investigación se empleó los métodos a continuación detallados:

### **3.3.1. Método analítico.**

Este método analítico permite estudiar y descomponer el problema en cada una de sus partes, con la finalidad de estudiar en forma directa cuales son las causas fundamentales que afectan la distribución en la producción de INDUHORST.

### **3.3.2. Método de observación.**

El método de la observación se aplicó para determinar los problemas que intervienen en la distribución en planta, mediante la observación directa permitió conocer el estado actual de cada uno de los procesos productivos.

### **3.4. Fuentes de recopilación de información.**

La presente investigación obtiene información de fuentes primarias y secundarias, la cual sirven en el análisis de la situación actual de cada una de las áreas de la empresa INDUHORST a si mismo ayudando en la realización de los objetivos.

#### **3.4.1. Fuentes Primarias.**

A través de entrevistas al encargado de la producción, sondeos y observación directa, se recaba información, que permite dar solución a los problemas planteados en la investigación.

#### **3.4.2. Fuentes Secundarias.**

Con la ayuda de textos, revistas, documentos, sitios web y libros se desglosa términos, conceptos, procedimientos y metodologías de referencia para el análisis de los problemas en la distribución en planta, a su vez la búsqueda de una solución óptima.

### **3.5. Diseño de la investigación.**

Mediante la observación se identificó los problemas existentes, los cuales están enfocados a los cuellos de botella en la fabricación de la envejecedora de arroz, por lo que se propone una nueva distribución en planta, la investigación se denomina **NO EXPERIMENTAL**.

### **3.6. Instrumentos de investigación.**

#### **3.6.1. Consultas bibliográficas.**

Se utilizó para establecer el contenido del marco conceptual, marco referencial con la finalidad de obtener las bases teóricas para el planteamiento de la nueva distribución en planta.

### **3.6.2. Técnica de la entrevista.**

La entrevista permite la obtención de los datos más relevantes con la guía del encargado de la producción de la empresa, que ayudará para a enfocar el problema principal que afecta la distribución en planta, a su vez afectando procesos productivos.

### **3.7. Tratamiento de los datos.**

Para la recopilación e interpretación de datos se utilizaron documentos creados con Microsoft Word, Microsoft Excel, para registrar la información y el análisis de datos, para realizar la distribución en planta se utiliza el software Lucidchart, en el análisis y detección del cuello de botella se utiliza diagrama de Pert, el software corelap para proximidad de áreas.

### **3.8. Recursos humanos y materiales.**

Para la siguiente investigación se utilizaron los siguientes recursos.

#### **3.8.1. Recursos humanos.**

Para esta investigación los recursos humanos son de vital importancia para la recopilación de información:

El Gerente y el encargado de la producción proporcionaron información importante que sirvió para la realización de la nueva distribución en planta.

### 3.8.2. Recursos materiales.

**Tabla 2:** Recursos materiales

Cantidad	Descripción	Características	Observaciones
1	Impresora	Epson L220	
1	Computadora	Windows 10	
2	Pendrive	8GB	
1	Cronometro	Elemental	
1	Cinta métrica	20 metros	
1	Tablero para escribir	amaño A4	
1	Cámara fotográfica	Alta resolución	

**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **4.1. Resultados.**

### **4.1.1. Análisis de la distribución actual de máquinas, herramientas y equipos en la fabricación de la envejecedora de arroz.**

Mediante la investigación de campo y el método de la observación se constató el modelo real en que se encuentra distribuido las máquinas, herramientas y equipos, del cual se obtuvieron datos para la elaboración de diagramas y gráficos que permiten facilitar la descripción e interpretación de la información.

#### **4.1.1.1. Descripción general del proceso de fabricación de la máquina envejecedora de arroz.**

La fabricación de una envejecedora de arroz tiene un promedio de fabricación de 20 días dependiendo la disponibilidad de materiales, la envejecedora de arroz tiene las siguientes características:

**Tabla 3:** Características de la envejecedora de arroz

<b>Longitud:</b>	4.2 m
<b>Altura:</b>	4.1 m
<b>Ancho:</b>	2.1 m
<b>Peso:</b>	7 toneladas

**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

La fabricación de dicha máquina se realiza bajo pedido y previa aportación del 60% del costo total. Siendo el producto que tiene mejores ganancias en la empresa INDUHORST en la cual está enfocada la investigación a continuación, se detalla el proceso:

#### **4.1.1.2. Orden de producción.**

En la etapa de la orden de producción se procede principalmente a registrar órdenes de trabajo a las cuales se les registran todos los ingresos, costos de materiales, mano de obra y demás factores que incurra en su ejecución.

#### **4.1.1.3. Recepción de materia prima**

En la recepción del material tiene dos objetivos, contabilizar el material a recibir, revisar las especificaciones técnicas tales como espesores de las planchas de tol que oscilan entre los 1,6 mm y 2 mm, también se verifica las planchas de acero inoxidable la cuales tienen las siguientes características INOX304 1220\*240\*2, siendo la primera etapa en la elaboración de las máquinas.

#### **4.1.1.4. Corte de plasma.**

El objetivo de esta etapa es utilizar una máquina llamada plasma que utiliza un chorro de alta velocidad de gas ionizado, dicha máquina se la utiliza para obtener cortes rectos de las planchas de tol de 3 metros de largo para convertirlas en plantillas previamente establecidas, también se la utiliza para el corte de tuberías de acero INOX304 2mm\*50,8mm y un espesor de 2mm, dichas tuberías se las corta a dimensiones establecidas.

**Figura 23:** Corte por plasma de planchas de acero



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO: BONE, A (2020)



#### 4.1.1.5. Corte de sierra.

El objetivo del corte de sierra es seccionar el eje de acero de transmisión AISI 1018, de 6 metros de largo, el diámetro varía entre 3/8 hasta 3”, El operador de la sierra verifica el diámetro y longitud del material a cortar para ello se usa un calibrador luego se procede a cortar el metal.

**Figura 24:** Corte de sierra de planchas, tubos y perfiles



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO: BONE, A (2020)

#### 4.1.1.6. Doblado.

En esta etapa del proceso se refiere a pasar la plancha de tol de 1,6mm o 2mm para que adquiera una forma determinada, El operador de la máquina de doblado carga el material a la dobladora con la plancha adecuada para luego hacer el modelo requerido para la elaboración de la envejecedora de arroz.

**Figura 25:** Doblado de láminas de acero inoxidable



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO: BONE, A (2020)

#### 4.1.1.7. Taladrado.

En el taladrado tiene por finalidad hacer agujeros cilíndricos en las planchas de tol previamente cortadas, dichos agujeros tienen un diámetro de 1”3/4, el operador carga el taladro con las planchas de tol, una vez que pasaron por el corte y ciertas planchas por el doblado, el taladrado es una operación que dependen directamente de otra área.

**Figura 26:** Taladrado de las láminas de tol



**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

#### 4.1.1.8. Torneado.

Es una operación para crear superficies de revolución por arranque de viruta, el operador procede a mecanizar el eje de acero de transmisión AISI 1018 previamente cortado en la etapa anterior, el cual tiene un diámetro de 3” con la finalidad de realizar diversas operaciones entre ellas están. Cilíndricas cónicas, roscadas.

**Figura 27:** Torneado



**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

#### 4.1.1.9. Ensamblaje.

Es la etapa en la cual se unen las partes de la envejecedora de arroz, dicha unión se la realiza mediante soldadura, dependiendo el material a unir, también se realiza el acoplamiento e integración de todas las partes, accesorio y equipos necesarios para el funcionamiento de la envejecedora las cuales incluyen; motor, poleas, tensores, correas, tablero de control, conexiones eléctricas, etc.

**Figura 28:** Ensamblaje de la máquina



**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO  
**ELABORADO:** BONE, A (2020)

#### 4.1.1.10. Pintura.

Al ser una máquina recubierta de acero inoxidable las partes a pintar son pocas, entre las cuales tenemos bases, sujetadores, tirantes, perfiles, ángulos y demás materiales que sean de acero negro, el color que utilice depende de las especificaciones del cliente, también se tiene en cuenta que toda la pintura utilizada es anticorrosiva y resistente al calor denominada Elcon KO 8101.

**Figura 30:** Envejecedora de arroz pintada



**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO  
**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**Figura 29:** Envejecedora de arroz pintada



**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO  
**ELABORADO:** BONE, A (2020)

#### 4.1.1.11. Exhibición y venta

Una vez finalizada todas las etapas se realiza una inspección para corroborar el correcto funcionamiento de la envejecedora de arroz, posteriormente se procede a la entrega de la misma.

**Figura 31:** Exhibición y venta



**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

#### 4.1.1.12. Especificaciones técnicas de la envejecedora de arroz.

La envejecedora de arroz tiene varias especificaciones entre las más notables tenemos:

**Tabla 4:** Especificaciones técnicas

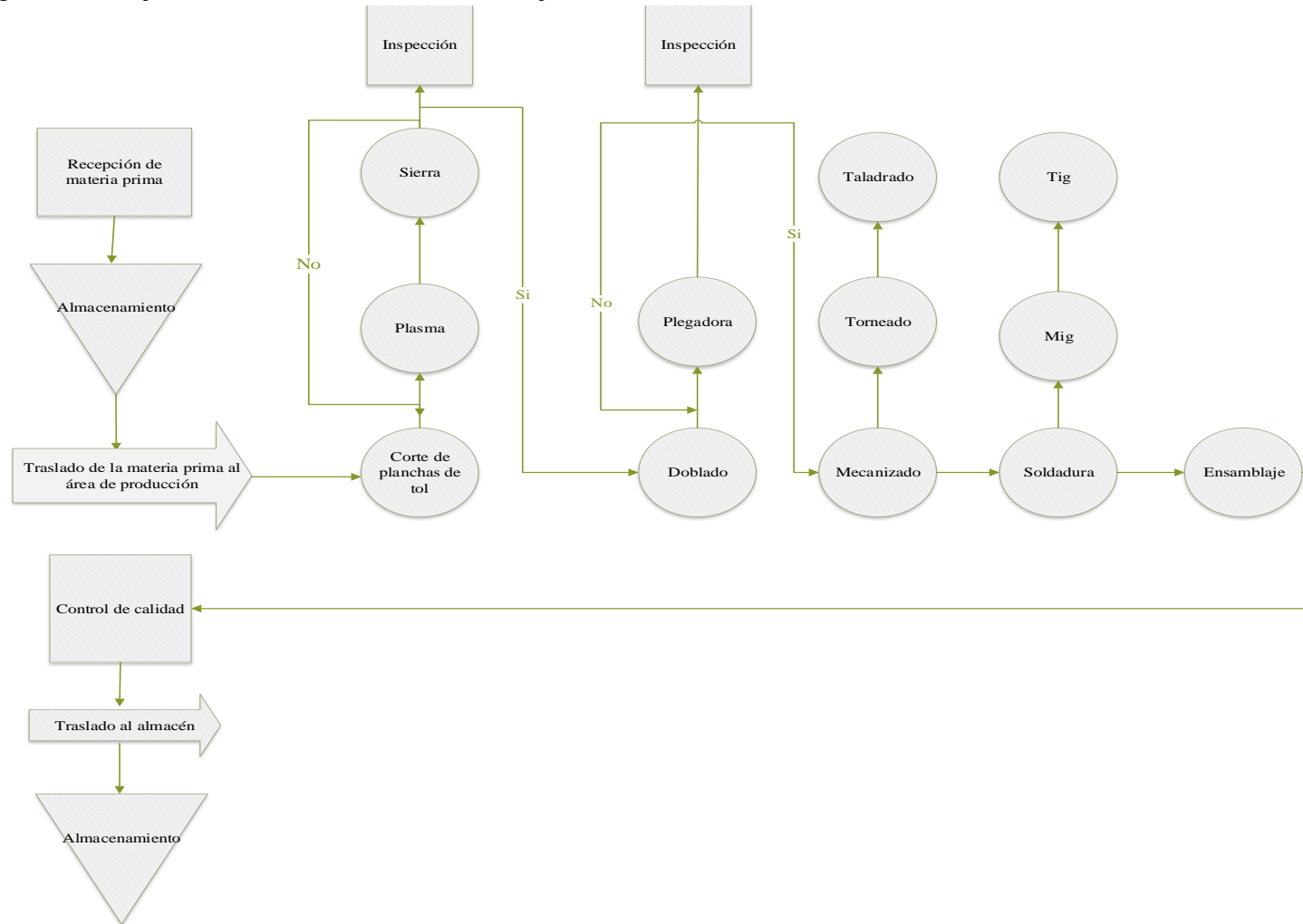
<b>Capacidad:</b>	<b>150... 155 qq</b>
<b>Tiempo del proceso:</b>	12... 18 horas
<b>Instalación eléctrica:</b>	55 kW. (75 HP)
<b>Carga automática:</b>	45 min.
<b>Descarga automática:</b>	45 min.

**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**4.1.1.13. Diagrama de flujo del proceso para la fabricación de la envejecedora de arroz.**

**Figura 32:** Diagrama de flujo actual de fabricación de la envejecedora de arroz

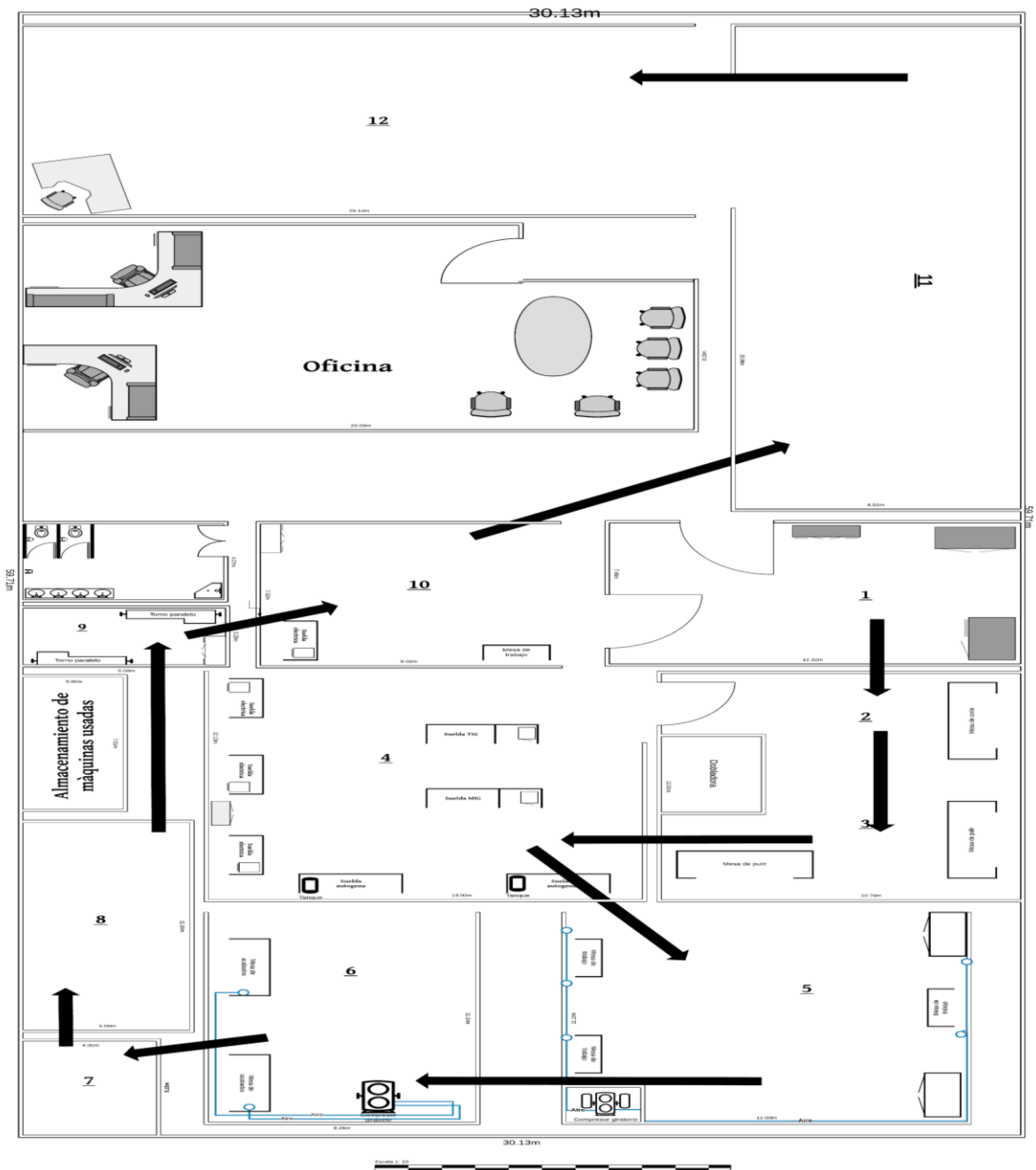


**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO  
**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**Interpretación:** la figura 32 muestra el diagrama de flujo del proceso de fabricación de la máquina envejecedora de arroz, en la actualidad la empresa consta de 7 áreas específicas dedicadas a la producción, en cada área se realizan diversas actividades, por ejemplo; en el área de ensamblaje se realiza operaciones de montaje de equipos, también se realiza uniones de piezas mediante soldadura.

#### 4.1.1.14. Layout actual y recorrido de materiales para la fabricación de máquinas envejecedora de arroz.

**Figura 33:** Recorrido de materiales para la fabricación de la envejecedora de arroz



**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO  
**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**Interpretación:** La figura 33 muestra la distribución actual y el diagrama de recorrido en el cual se puede identificar que la empresa posee una distribución por proceso, debido a que en cada estación de trabajo se realiza una transformación a la materia prima. Visualizando 12 procesos de operación que van desde la recepción de material pasando por todas las etapas, hasta llegar a la exhibición y venta o productos terminados.

También se puede visualizar mediante el diagrama de recorrido que existe recorridos innecesarios en la fabricación de la envejecedora de arroz, como; el proceso que va desde el área de recepción de la materia prima (1) al área de corte (2), en el área de soldadura (4) con el área de ensamblaje (10), por lo cual se sugiere realizar la distribución en planta por posición fija debido al tamaño y peso de la envejecedora de arroz es lo más idóneo lo cual ayudara a la eliminar recorridos, con la finalidad de mejorar la producción con menos tiempo en el proceso y la reducción de distancias entre los procesos.

**Tabla 5:** Descripción de las áreas de distribución actual

ÁREA	DESCRIPCIÓN
1	Almacenamiento de materia prima
2	Corte
3	Área de pulir
4	Soldadura
5	Pintura
6	Acabados
7	Químicos
8	Horno
9	Mecanizado
10	Ensamblaje de máquinas
11	Almacenamiento de Máquinas terminadas
12	Exhibición de máquinas

**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

#### **4.1.2. Identificación del cuello de botella que está generando tiempos muertos en el proceso de fabricación de máquinas envejecedora de arroz.**

Identificar el cuello de botella en la fabricación de una máquina o producto es de vital importancia. El proceso productivo como lo es la fabricación de la máquina envejecedora de arroz, se refiere a una actividad o conjunto de actividades que limita la capacidad de producción y en consecuencia el tiempo de ciclo del proceso. Se tiene en cuenta que no siempre la actividad que requiere de mayor tiempo para ser ejecutada en un proceso será el cuello de botella, por lo dicho anteriormente se realiza la aplicación del diagrama de Pert, con la finalidad de encontrar las holguras del proceso las cuales permitirán conocer la ruta crítica del mismo, determinando el cuello de botella.

##### **4.1.2.1. Aplicación del diagrama Pert en el proceso de fabricación de la máquina envejecedora de arroz.**

El diagrama de Pert se aplicó en el proceso de fabricación de la envejecedora de arroz, dicha máquina es la de mayores ganancias para la empresa, así mismo es la que necesita más días para su elaboración.

**Tabla 6:** Descripción del diagrama Pert

<b>Diagrama Pert en la fabricación de la envejecedora de arroz</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Predecesor</b>	<b>Duración (días)</b>
<b>A</b>	Almacenamiento	–	–
<b>B</b>	Área de corte	<b>A</b>	2
<b>C</b>	Área de pulir	<b>A-B</b>	2
<b>D</b>	Área de soldadura	<b>B-C</b>	7
<b>E</b>	Mecanizado	<b>D</b>	2
<b>F</b>	Acabados	<b>D-E</b>	2
<b>G</b>	Pintura	<b>F</b>	2
<b>H</b>	Ensamblaje de máquinas	<b>D-G</b>	3
<b>I</b>	Exhibición y venta	<b>H</b>	–

**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

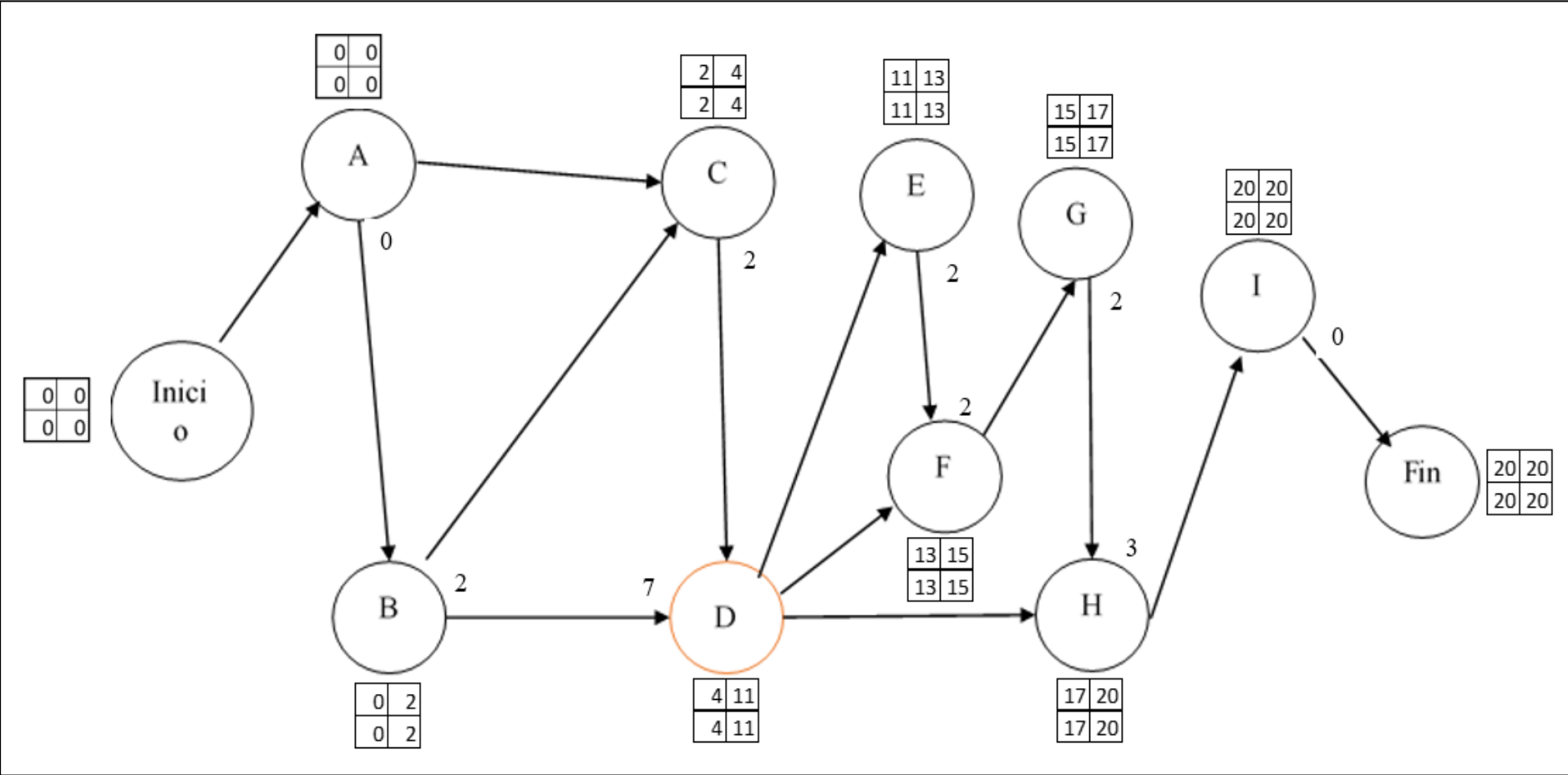
**ELABORADO:** BONE, A (2020)



**Interpretación:** La tabla 6 muestra la descripción del diagrama de Pert en el proceso de fabricación de la envejecedora de arroz, la cual consta de 9 actividades, las cuales 7 son netamente productivas, se enlistan de manera alfabética, también se describe cada una de las áreas de producción con el tiempo en días que se demora cada proceso, teniendo como datos que el proceso de soldadura (D), tiene un tiempo de producción de 7 días, así mismo se muestra los predecesores que se denomina la vinculación entre áreas.

Nota: si el predecesor anterior no termina su proceso no se puede seguir con el siguiente.

**Figura 34:** Diagrama de Pert de la fabricación de la máquina envejecedora de Arroz



**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO  
**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**Interpretación:** La figura 34 muestra el diagrama de Pert. Las áreas de producción están designadas con letras, ver tabla (6).

Se establece el recorrido que hace los materiales hasta el ensamblaje de máquinas (H) y posterior venta (I), se puede observar que la empresa actualmente maneja una distribución por procesos, mediante el análisis del diagrama Pert se obtiene que la ruta crítica y el mayor tiempo del proceso se encuentra en el área de soldadura (D), el diagrama de Pert también muestra que el cuello de botella se sitúa en el área de soldadura porque las siguientes etapas del proceso dependen de dicha área, no obstante la fabricación de la envejecedora de arroz debería realizarse en una distribución por posición fija debido a las dimensiones de la máquina, de esta manera se disminuiría el tiempo de fabricación actual de 20 días.

### 4.1.3. Redistribución en planta con la aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) para mejorar los procesos de producción.

La metodología (SLP) es la más utilizada en la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribución independientemente de su naturaleza. Dicha metodología consta de 4 fases o niveles de distribución:

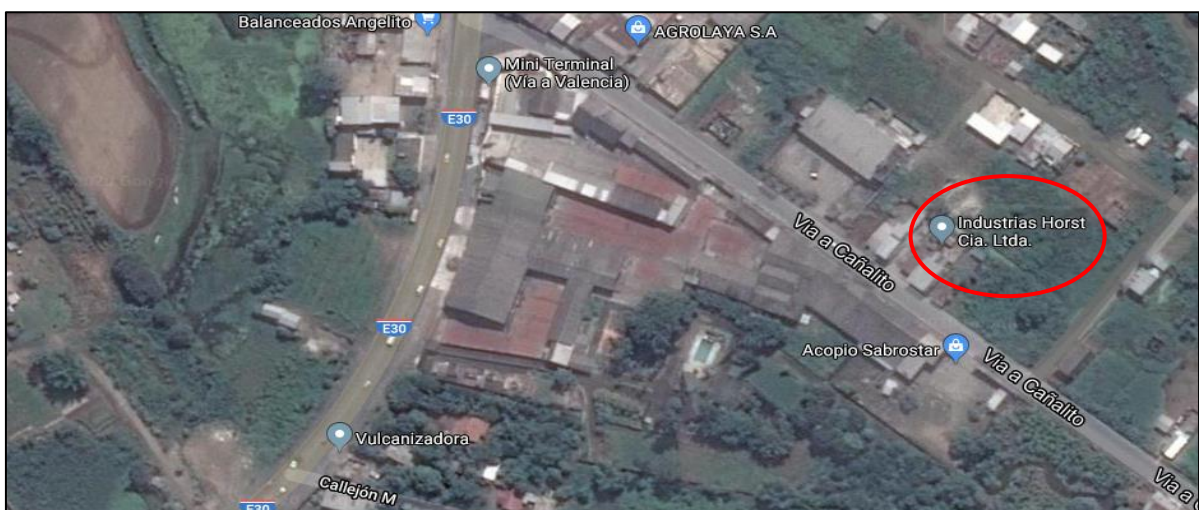
- Fase 1: Localización.
- Fase 2: Plan de distribución general.
- Fase 3: Plan de distribución detallada.
- Fase 4: Instalación.

#### 4.1.3.1. Localización.

La fase 1 se enfoca en la localización de la empresa como se realiza una redistribución se analiza la infraestructura actual.

La empresa Induhorst Cia. Ltda. Se encuentra ubicada en el km 4 ½ vía a Valencia - Cantón Quevedo - Provincia de Los Ríos - Ecuador.

**Figura 35:** Localización



FUENTE: GOOGLE MAPS

**Interpretación:** la figura 35 muestra la ubicación donde se llevará a cabo la redistribución de los procesos de fabricación de la envejecedora de arroz, dicha empresa consta de una superficie de  $60 \times 30 \text{ m}^2$ , actualmente el recorrido que se debe realizar entre un área y otra es considerable por lo que se recomienda redistribuir las áreas la cual sea acorde a la fabricación de la envejecedora de arroz la redistribución se llevara en marco a la misma superficie actual.

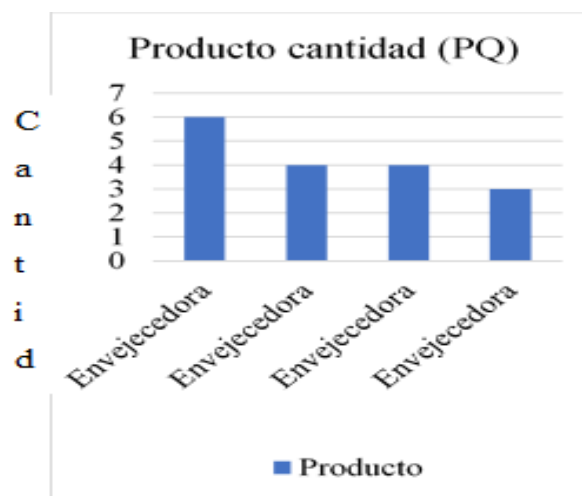
#### 4.1.3.2. Análisis producto cantidad.

El análisis de la información referente a los productos y cantidades a producir es el punto de partida del método. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio [7].

(Muther, 1970), recomienda la elaboración de una gráfica en forma de histograma de frecuencias, en la que se representan en abscisas los diferentes productos a elaborar y en ordenadas las cantidades de cada uno. En función del tipo de histograma resultante es recomendable la implantación de algún tipo de distribución.

Lo primero que se debe conocer para realizar una distribución en planta es qué se va a producir y en qué cantidades, el producto que se va a realizar con la nueva redistribución en planta es la máquina envejecedora de arroz.

**Figura 36:** Análisis Producto cantidad (P-Q)



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

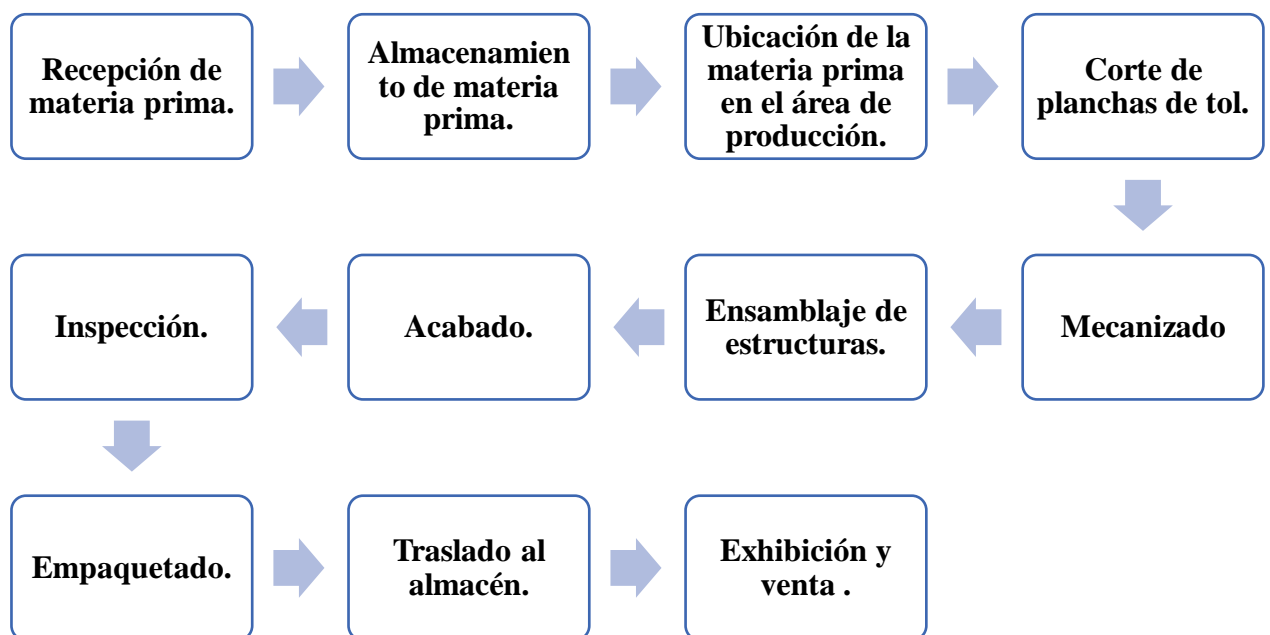
ELABORADO: BONE, A (2020)

**Interpretación:** Para la nueva redistribución en planta se realizará una distribución por posición fija de acuerdo con [7]. Realizando la gráfica de P-Q se obtiene que la distribución por posición fija es la adecuada para la fabricación de este tipo de máquina la cual es la envejecedora de arroz, influyen varios factores uno de los principales es a las dimensiones de la máquina que está entre los 4.2 metros de longitud, 4.1 de altura, 2.1 metros de ancho y 7 toneladas de peso.

#### 4.1.3.3. Análisis de recorrido de los productos o flujo de materiales.

El análisis de recorrido de los productos implica la determinación de la secuencia de los movimientos de los materiales en el área de producción, a lo largo de las diversas etapas del proceso de fabricación de la envejecedora de arroz, estos desplazamientos deben evitar retornos o contra corriente.

**Figura 37:** Flujo de material en el área de producción



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO  
ELABORADO: BONE, A (2020)

#### 4.1.3.3.1. Descripción de las actividades que intervienen en el flujo de materiales

**Recepción de materia prima:** La fabricación de cualquier máquina de la empresa inicia con la recepción de la materia prima, una vez realizada la orden de producción se procede a la adquisición de los materiales, equipo y demás instrumentos necesarios para la fabricación de la envejecedora de arroz, entre los materiales que utilizan tenemos:

**Tabla 7:** Materiales para la fabricación de la envejecedora de arroz

<b>Materiales</b>
Planchas de acero INOX304 1220*2420*2
Planchas de acero A36, e=1,6 mm
Plancha de acero INOX304 e=8
Perfil en L 6000*50*50 e=2
Tubería INOX304 2m*50,8mm e= 1,5mm
Tubería de acero A36 2m*50,8mm e=2mm
Lana de vidrio

**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**Almacenamiento de materia prima:** En esta área los materiales se almacenan según las medidas, características y especificaciones técnicas de los equipos y tableros electrónicos.

**Traslado de la materia prima al área de producción:** Los materiales requeridos son trasladados por medio de los operarios al área de producción, para empezar con los diferentes procesos.

**Cortes de las planchas de tol:** Para la elaboración de la envejecedora de arroz la plancha de tol que más se usa es de acero inoxidable denominada INOX304 1.22\*2.42\*2, se utiliza en acero inoxidable para garantizar la inocuidad del arroz.

**Mecanizado:** En la etapa de mecanizado interviene varios procesos entre ellos: torneado, taladrado, fresado, con la finalidad de obtener las medidas de los ejes de acero de transmisión apropiados para la elaboración de la máquina.

**Ensamblaje:** En el ensamblaje se realiza la unión de las partes mediante uniones fijas (soldadura) y móviles (pernos, remaches), también se realiza el acoplamiento de los equipos: tablero de control, válvulas e indicadores.

**Acabado:** El área de acabados es donde se revisa imperfecciones que se pudieron presentar durante el proceso de ensamblaje una vez identificados se corrigen. Las principales imperfecciones que presenta son: abolladuras y raspones por el movimiento del personal.

**Inspección:** al ser la última inspección se realizará de manera minuciosa, haciendo pruebas a los equipos de la envejecedora de arroz, la máquina debe estar 100%, debido al trabajo que realizará será de 24 horas.

**Empaquetado:** El empaquetado es envolver la máquina en plástico para evitar que se ralle cuando se transporte a la planta piladora de arroz

**Exhibición y venta:** Es el lugar donde se almacenará la máquina terminada pocas veces se la tiene almacenada más de 2 días, puesto que se fabrica bajo pedido.



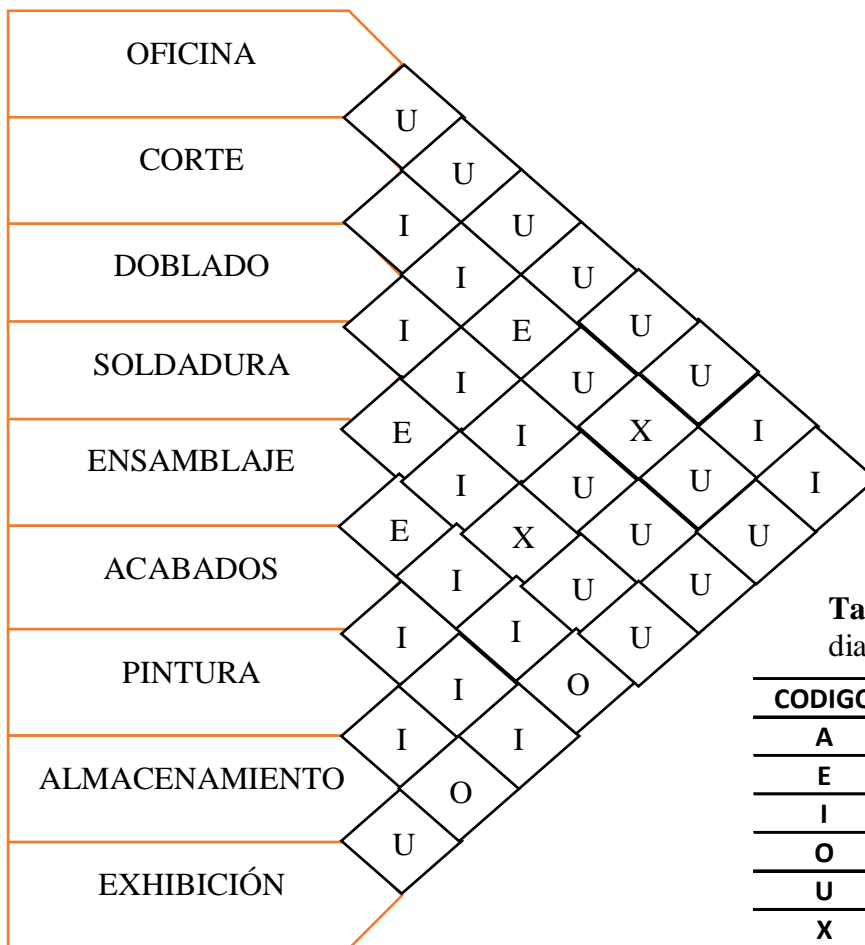
#### 4.1.3.4. Plan de distribución general.

Se establece el patrón de flujo para el total de áreas, se indica para cada una de ellas la superficie requerida, la relación entre las diferentes áreas y la configuración de cada actividad principal, departamento o área.

##### 4.1.3.4.1. Diagrama de relación de actividades.

El diagrama de relaciones permite alcanzar una visión de conjunto sobre cómo las causas están en relación con sus efectos. El objetivo principal del Diagrama de Relaciones es la identificación de las relaciones causales complejas que pueden existir en una situación dada, el método muchas posibles causas y efectos en torno a un determinado problema.

**Figura 38:** Diagrama de relación de actividades



**Tabla 8:** Nomenclatura del diagrama relación de actividades

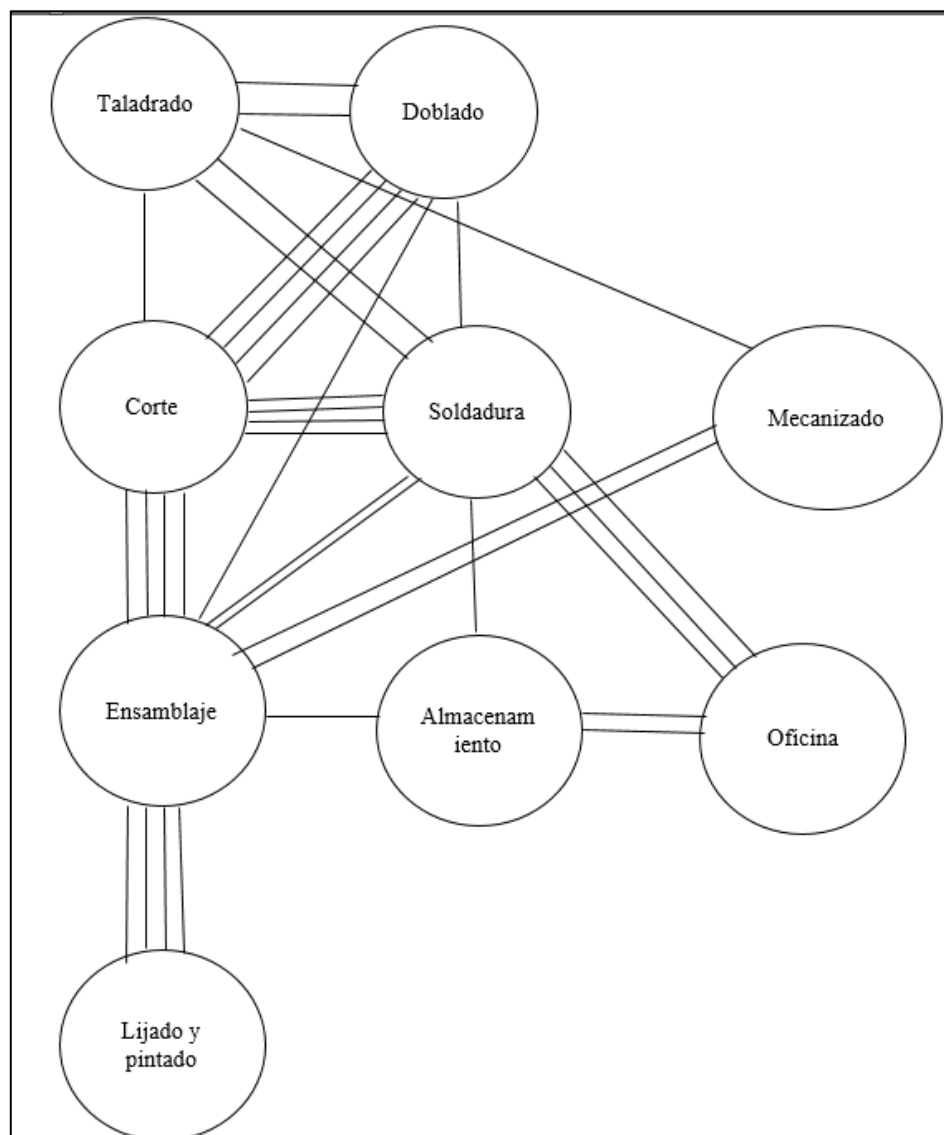
CODIGO	Relación de proximidad
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Importancia ordinaria
U	No importante
X	Indeseable

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO  
ELABORADO: BONE, A (2020)

ELABORADO: BONE, A (2020)

**Interpretación:** La figura 38 muestra la relación existente entre las áreas de fabricación de la envejecedora de arroz, se realiza el diagrama relación de actividades con la finalidad de conocer cuál es la prioridad entre áreas adyacentes, se expresan estas necesidades mediante un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa generalmente por la letra X. El análisis diagrama de relación de actividades se emplea para relacionar las actividades directamente implicadas en el sistema productivo.

**Figura 39:** Diagrama de relación de actividades de la fabricación de la envejecedora de arroz



**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**Interpretación:** la figura 39 muestra el diagrama de relación de actividades es la representación gráfica que existe entre las distintas actividades del proceso que existe de un puesto de trabajo a otro. Su aplicación primordial es seguir el movimiento del material de un área a otra.

#### 4.1.3.5. Determinación de los requerimientos de espacios.

En esta fase se realiza una estimación del área útil o necesaria para la distribución en planta, como los requerimientos de los espacios que necesitarían las máquinas, equipos y demás complementos para la fabricación de la envejecedora de arroz.

##### 4.1.3.5.1. Estado de las máquinas que intervienen en los procesos de producción.

**Tabla 9:** Estado de máquinas que intervienen en los procesos de producción

Máquina	Operación	Cantidad	Estado
Torno	Mecanizado	3	Aceptable
Fresadora	Mecanizado	2	Aceptable
Taladros manuales	Perforaciones	5	Regular
Taladros de banco	Perforaciones	3	Regular
Compresor de aire	Aire comprimido	2	Aceptable
Soldadora	Unión de piezas	8	Aceptable
Cizalla	Corte en frío	2	Regular
Cortadora de plasma	Corte en caliente	3	Aceptable
Dobladora	Doblado	2	Regular

**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**Interpretación:** La tabla 9 presenta el estado de cada una de las máquinas que intervienen en el proceso de fabricación de la envejecedora de arroz, el método de investigación aplicado para el levantamiento de la información fue la observación por lo cual se comprobó que la empresa cuenta actualmente con máquinas en condiciones aceptables las mismas que se utilizaran en la redistribución.

#### 4.1.3.5.2. Aplicación del método Guerchet para el cálculo de superficie de las máquinas.

Se debe tener en cuenta todos los factores a la hora de proponer y plantear una redistribución en planta en la fabricación de la envejecedora de arroz, entre los factores se encuentra el espacio requerido de las máquinas para el cálculo de los espacios se aplica el método Guerchet, con la finalidad de calcular la superficie requerida por cada máquina, que interviene en el proceso.

**Tabla 10:** Constante coeficiente Guerchet (K)

Razón de la empresa	Coficiente K
Gran industria, alimentación	0.05 - 0.15
Trabajo en cadena con transportador mecánico	0.10 - 0.25
Textil-hilado	0.05 - 0.25
Textil-tejido	0.50 - 1.00
Relojería, joyería	0.75 - 1.00
Pequeña mecánica	1.50 - 2.00
Industria mecánica	2.00 - 3.00

FUENTE: [10]

ELABORADO: BONE, A (2020)

**Interpretación:** La tabla 10 del método Guerchet estima valores de K para diferentes tipos de industria, los cuales se utilizan en el cálculo de la superficie total de las máquinas utilizadas en el proceso de producción, se debe tener en cuenta el tipo de empresa para determinar el coeficiente K el cual puede variar entre 0.05 a 3.00 dependerá de la razón de la empresa.

#### 4.1.3.5.3. Cálculo de superficie de máquinas y equipos que intervienen en el proceso de producción.

**Tabla 11:** Medidas de las máquinas y equipos que intervienen en el proceso de producción.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (METROS)		N° DE LADOS ÚTILES
		Largo	Ancho	
<b>Torno paralelo (1)</b>	Torno paralelo 1	2,48	1,15	2
<b>Torno paralelo (2)</b>	Torno paralelo 2	2,48	1,15	2
<b>Torno paralelo (3)</b>	Torno paralelo 3	3,00	1,50	2
<b>Taladro (Ped)</b>	Taladro de pedestal	0,45	0,40	1
<b>Taladro (Ped)</b>	Taladro de pedestal	0,45	0,40	1
<b>Taladro (Ped)</b>	Taladro de pedestal	0,75	0,55	1
<b>Soldadora (1)</b>	Soldadora eléctrica	1,00	0,80	2
<b>Soldadora (2)</b>	Soldadora eléctrica	1,00	0,80	2
<b>Soldadora (3)</b>	Soldadora eléctrica	1,00	0,80	2
<b>Soldadora (4)</b>	Soldadora TIG	1,50	0,90	2
<b>Soldadora (5)</b>	Soldadora TIG	1,50	0,90	2
<b>Soldadora (6)</b>	Soldadora MIG	1,50	0,85	2
<b>Soldadora (7)</b>	Soldadora MIG	1,50	0,85	2
<b>Soldadora (8)</b>	Soldadora MIG	1,50	0,85	2
<b>Plasma</b>	Cortadora plasma (1)	0,80	0,40	2
<b>Plasma</b>	Cortadora plasma (1)	0,80	0,40	2
<b>Cizalla</b>	Cizalla	0,50	0,20	3
<b>Dobladora</b>	Dobladora (1)	1,30	1,30	2
<b>Dobladora</b>	Dobladora (2)	1,30	1,30	2
<b>Mesas de trabajo (1)</b>	Mesa de trabajo soldadura	1,75	1,10	4
<b>Mesas de trabajo (2)</b>	Mesa de trabajo soldadura	1,75	1,10	4
<b>Mesas de trabajo (3)</b>	Mesa de trabajo soldadura	1,75	1,10	4
<b>Mesas de trabajo (4)</b>	Mesa de trabajo soldadura	1,75	1,10	4
<b>Mesas de trabajo (5)</b>	Mesa de trabajo corte	2,10	1,50	4
<b>Mesas de trabajo (6)</b>	Mesa de trabajo corte	2,10	1,50	4
<b>Mesas de trabajo (7)</b>	Mesa de trabajo corte	2,10	1,50	4
<b>Compresor</b>	Compresor	1,50	0,90	3

**Interpretación:** En la tabla 11 se detalla las medidas de todas las máquinas, equipos y mesas de trabajo que intervienen en el proceso de producción a sí mismo el número de lados útiles que intervienen en el proceso de fabricación de la envejecedora de arroz, dichos datos fueron obtenidos mediante la investigación de campo los cuales se aplicaran para el cálculo de las superficies requeridas entre ellas: Superficie estática, superficie de gravitación, superficie de evolución, dicho cálculo se realiza con la finalidad de conocer la superficie requerida por las máquinas, al distribuir las área.

**Tabla 12:** Cálculo de superficie que utilizada cada máquina que interviene en el proceso de producción

<b>Código</b>	<b>Ss</b>	<b>Sg</b>	<b>Se=(Ss+Sg) (K)</b>	<b>St=Ss+Sg+Se</b>
<b>Torno paralelo (1)</b>	2,852	5,704	17,112	25,668
<b>Torno paralelo (2)</b>	2,852	5,704	,112	25,668
<b>Torno paralelo (3)</b>	4,5	9	27	40,5
<b>Taladro (Ped)</b>	0,18	0,18	0,72	1,08
<b>Taladro (Ped)</b>	0,18	0,18	0,72	1,08
<b>Taladro (Ped)</b>	0,4125	0,4125	1,65	2,475
<b>Soldadora (1)</b>	0,8	1,6	4,8	7,2
<b>Soldadora (2)</b>	0,8	1,6	4,8	7,2
<b>Soldadora (3)</b>	0,8	1,6	4,8	7,2
<b>Soldadora (4)</b>	1,35	2,7	8,1	12,15
<b>Soldadora (5)</b>	1,35	2,7	8,1	12,15
<b>Soldadora (6)</b>	1,275	2,55	7,65	11,475
<b>Soldadora (7)</b>	1,275	2,55	7,65	11,475
<b>Soldadora (8)</b>	1,275	2,55	7,65	11,475
<b>Plasma</b>	0,32	0,64	1,92	2,88
<b>Plasma</b>	0,32	0,64	1,92	2,88
<b>Cizalla</b>	0,1	0,3	0,8	1,2
<b>Dobladora</b>	1,69	3,38	10,14	15,21
<b>Dobladora</b>	1,69	3,38	10,14	15,21
<b>Mesas de trabajo (1)</b>	1,925	7,7	19,25	28,875
<b>Mesas de trabajo (2)</b>	1,925	7,7	19,25	28,875
<b>Mesas de trabajo (3)</b>	1,925	7,7	19,25	28,875

<b>Mesas de trabajo (4)</b>	1,925	7,7	19,25	28,875
<b>Mesas de trabajo (5)</b>	3,15	12,6	31,5	47,25
<b>Mesas de trabajo (6)</b>	3,15	12,6	31,5	47,25
<b>Mesas de trabajo (7)</b>	3,15	12,6	31,5	47,25
<b>Compresor</b>	1,35	4,05	10,8	16,2
			<i>m<sup>2</sup></i>	<b>487,63</b>

**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**Interpretación:** La tabla 12 muestra la superficie utilizada por cada máquina, equipo y mesas de trabajo, para dicho cálculo se utiliza la aplicación de fórmulas del método Guerchet con la finalidad de calcular las variables:  $S_s - S_g - S_e$ , las cuales sirven para la obtención de la superficie total de cada máquina, luego se procede a sumar las superficies de todas las máquinas, equipos y mesas de trabajo obteniendo la superficie total que debería tener el área de fabricación de la envejecedora de arroz, la cual se realizara por posición fija dicha área será de 487,63 m<sup>2</sup>.

#### 4.1.3.6. Plan de distribución detallada.

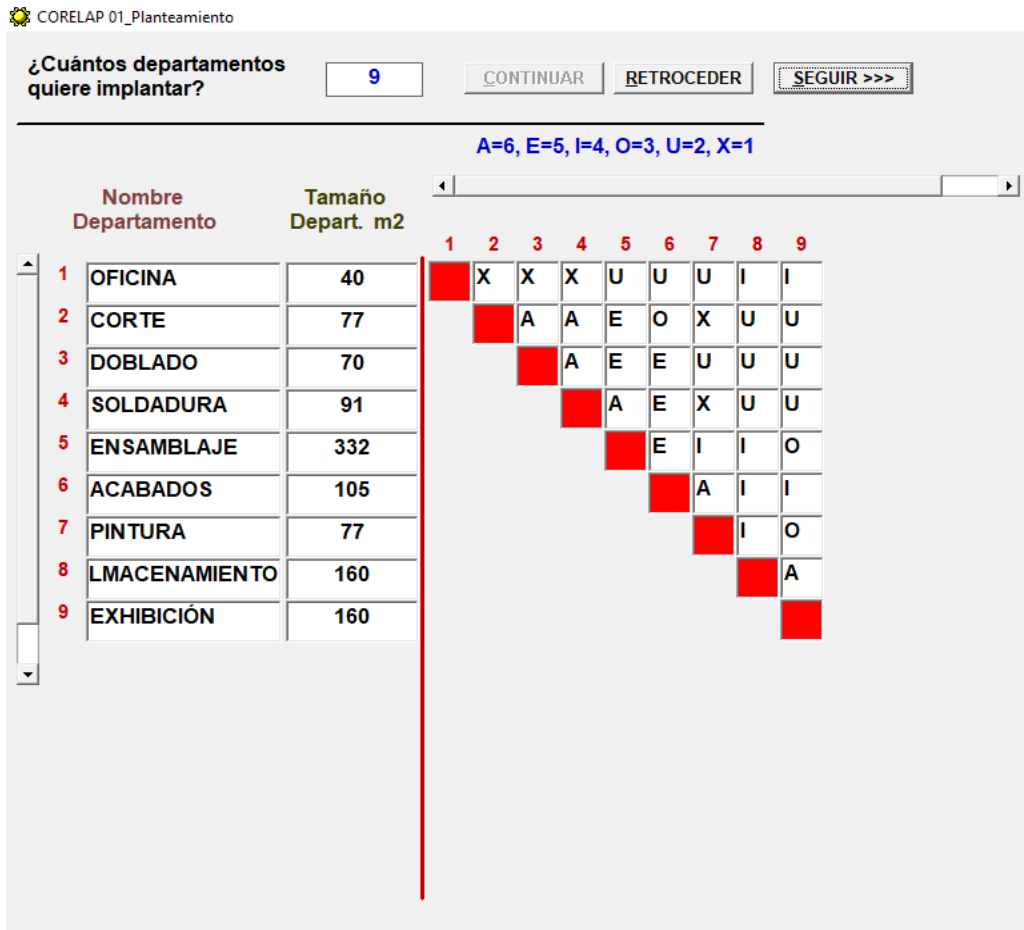
Se estudia en detalle el plan de distribución alcanzado el mismo incluye el análisis, definición y planificación de los lugares donde van a ser colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria y los equipos, que intervienen en la fabricación de la envejecedora de arroz.

**Tabla 13:** código de relación entre actividades

Código	Definición	Líneas de trazado
A	Absolutamente necesario	4 rectas
E	Especialmente importante	3 rectas
I	Importante	2 rectas
O	Ordinariamente importante	1 recta
U	Sin importancia	1 zigzag
X	No deseable	2 zigzag

**Interpretación:** la tabla 13 muestra código de relación entre una y otra actividad teniendo como orden las vocales A (absolutamente necesario) hasta la letra X (indeseable), la interpretación de los códigos se realiza en a las líneas de trazado.

**Figura 40:** Diagrama de relación de actividades en la fabricación de la envejecedora de arroz según Software corelap



**FUENTE:** SOFTWARE CORELAP  
**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**Interpretación:** La figura 40 muestra el software Corelap, en cual relaciona las áreas por algoritmos de proximidad en el análisis de la nueva distribución en planta, se toma en cuenta la relación existente entre un proceso a otro optimizando, con la finalidad de optimizarlo, mediante la redistribución de las áreas tal como se muestra en la figura 42.



**Figura 41:** Reordenar los departamentos que integran la producción

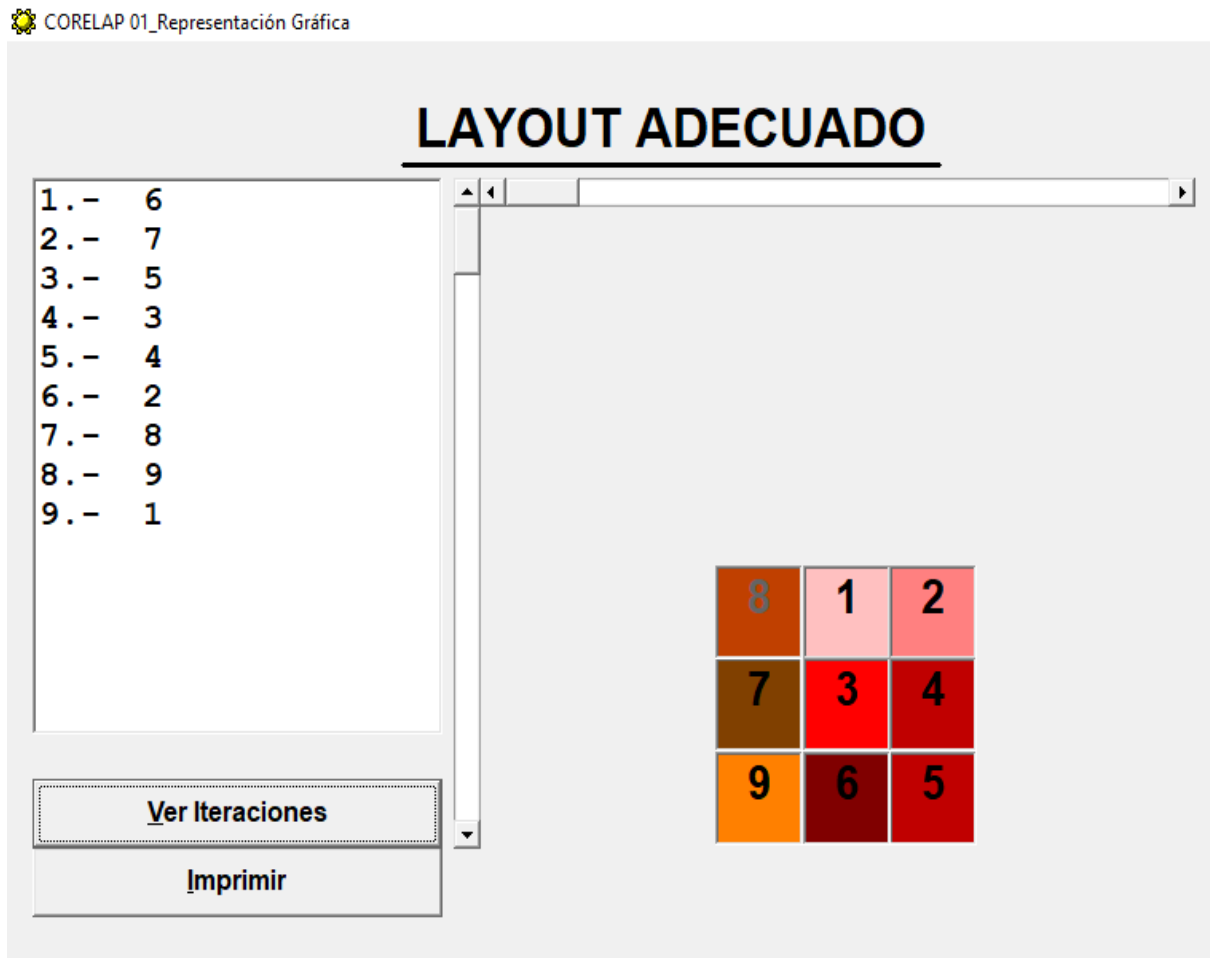
CORELAP 01\_Presentación Resultados



FUENTE: SOFTWARE CORELAP  
 ELABORADO: BONE, A (2020)

**Interpretación:** En la figura 41 muestra la redistribución de las áreas a sí mismo la superficie requerida en la producción, mostrando el resultado en metros cuadrados la superficie del todo el proceso en relación a las máquinas, equipos y demás complementos de vital importancia en la redistribución.

**Figura 42:** Layout adecuado de la fabricación de la envejecedora de arroz según el Software corelap.



FUENTE: SOFTWARE CORELAP

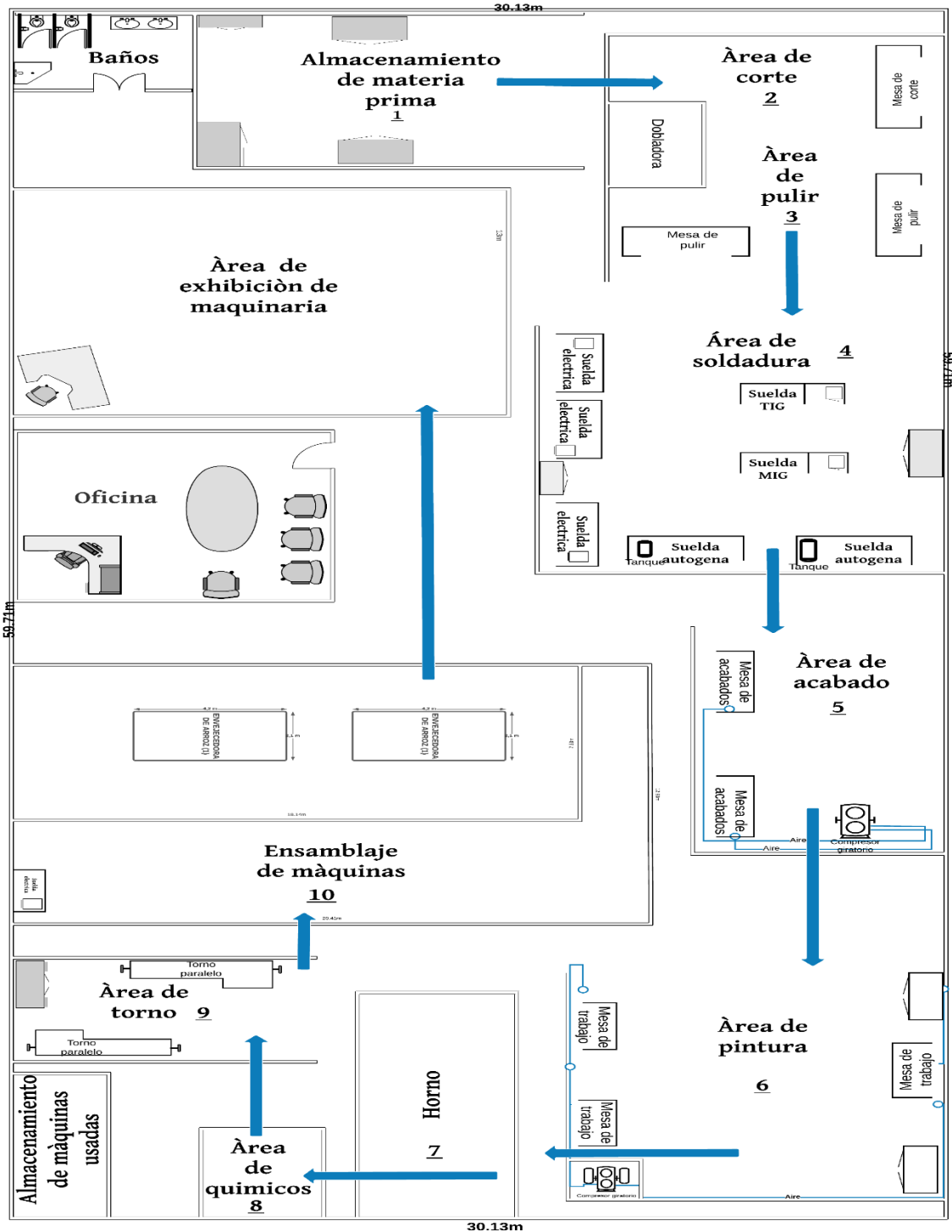
ELABORADO: BONE, A (2020)

**Interpretación:** La figura 42 muestra la representación gráfica de relación entre las áreas de fabricación de la envejecedora de arroz las cuales deben redistribuirse cada una de las áreas de producción optimizando los procesos, según el Software Corelap, se debe situar el área de mayor concurrencia (soldadura), en el centro de la nueva distribución, con la finalidad de reducir tiempos en la producción.

#### 4.1.3.7. Instalación.

Se muestra la alternativa de redistribución de todas las áreas que comprenden los procesos de producción de la empresa INDUHORST.

**Figura 43:** Propuesta de redistribución de las áreas de la empresa



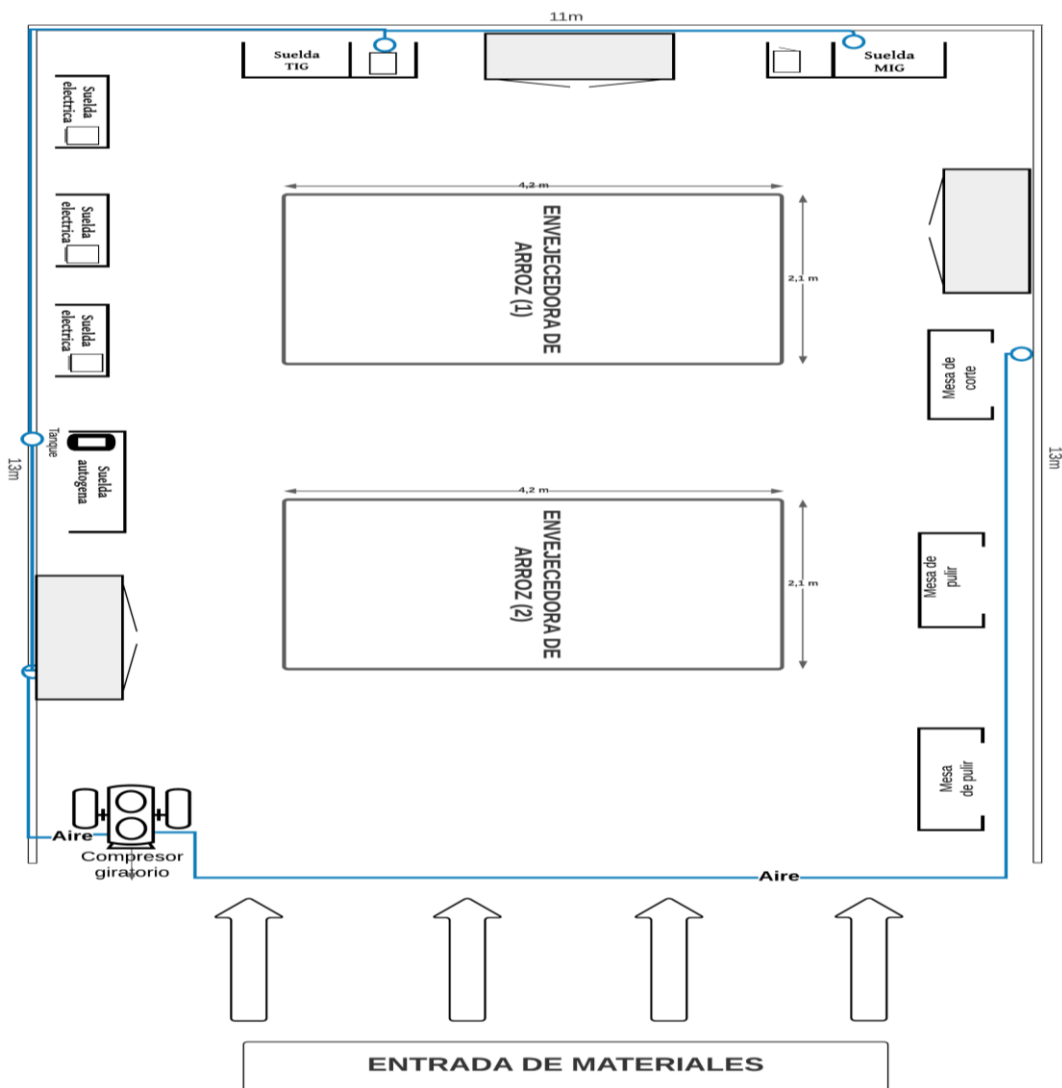
FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO  
 ELABORADO: BONE, A (2020)

**Interpretación:** La figura 43 muestra la propuesta de redistribución en planta, se puede observar que el área que presentaba la ruta crítica (soldadura) se reubico permitiendo de esta manera mejorar el flujo de materiales entre áreas, así mismo las áreas de almacenamiento, corte, pulido se redistribuyeron presentando una propuesta de redistribución más lineal evitando el choque de actividades.

#### 4.1.3.8. Distribución por posición fija para la fabricación de la máquina envejecedora de arroz.

Se realiza la distribución por posición fija solo a esta máquina por el peso y dimensiones de la misma, ver tabla (5) por tal motivo se realizó dicha distribución.

**Figura 44:** Distribución por posición fija para la fabricación de la máquina envejecedora de arroz



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO  
ELABORADO: BONE, A (2020)

**Interpretación:** La figura 44 muestra la distribución por posición fija para la fabricación de la máquina envejecedora de arroz, realizando este tipo de distribución permite un mejor recorrido de materiales, mano de obra y de más implementos que son necesarios para la fabricación de dicha máquina, los procesos de producción esenciales se encuentran situados cerca de la máquina a fabricar de esta manera se reduce tiempos de producción de 20 días a 16, porque cada etapa del proceso reduce recorrido por ende reduce tiempo de producción. Dicha distribución por posición fija se realiza en el área de ensamblaje, para la distribución se requiere un espacio de 143m<sup>2</sup>.

**Tabla 14:** Análisis costo de mano de obra

	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTO</b>
# Días en la fabricación de la envejecedora de arroz	20	16
# De trabajadores	7	7
Costo de mano de obra diario (\$)	(\$ 20)	(\$ 20)
Costo total en mano de obra (\$)	(\$ 2800)	(\$ 2240)
<b>AHORRO (\$)</b>	-----	<b>(\$ 560)</b>

**FUENTE:** INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**ELABORADO:** BONE, A (2020)

**Interpretación:** El análisis de costo de mano de obra, muestra cuantos días de producción conlleva la fabricación de la envejecedora de arroz, teniendo que la nueva propuesta reducirá de 20 días a 16 la reducción del tiempo de fabricación influye en la disminución de la mano de obra con un ahorro de \$560 por máquina, se tiene en cuenta que las ordenes de producción se emiten de 2 máquinas a la vez.

## **4.2. Discusión.**

### **4.2.1. Discusión sobre el análisis de distribución actual de máquinas, herramientas y equipos en la fabricación de la envejecedora de arroz.**

La presente investigación se realiza en el área de producción de la empresa INDUHORST, con la finalidad de mejorar la fabricación de la envejecedora de arroz, a su vez reduciendo tiempo de fabricación de la máquina envejecedora de arroz.

Según los autores **E.E. Orozco, J.E y Cervera, 2013** definen que el análisis de la distribución en planta es ampliamente reconocida por tener un gran impacto en los costos globales de producción, la eficiencia y el funcionamiento de una instalación, se dice que el 50% de los gastos totales de funcionamiento puede reducirse si se analiza el estado actual de la empresa y diseñando un correcto Layout de fabricación, lo que contribuye una reducción alrededor del 30% en costos netamente operacionales [1].

En concordancia con **Orozco**, el análisis de la distribución de máquinas y equipos que interviene en el proceso de fabricación de la envejecedora de arroz se realiza en la empresa INDUHORST, mediante la investigación de campo y el método de la observación se constató el estado actual de la distribución en planta, teniendo como resultado que en la fabricación de dicha máquina intervienen directamente 7 áreas específicas de producción. A su vez permite establecer las pautas para ejecutar la propuesta de redistribución del proceso de producción de la envejecedora de arroz aplicando solución a los diferentes inconvenientes que presenta la empresa: entre ellos el recorrido existente entre el área de recepción de materia prima al área de corte, el área de soldadura con el área de ensamblaje, las cuales presentan recorridos innecesarios.

#### **4.2.2. Discusión respecto al cuello de botella que genera tiempos muertos en el proceso de fabricación de máquina envejecedora de arroz.**

Según el manual de INCE titulado principios fundamentales de PERT indica que una de las maneras de encontrar un cuello de botella es mediante la ruta crítica usando el diagrama de PERT (Critical Path Method o Método del Camino Crítico) [11].

En relación con el manual del INCE [11], Se logra identificar el cuello de botella que genera tiempos improductivos en la fabricación de la envejecedora de arroz, el diagrama de Pert permite calcular las holgura y de esta manera encontrar la ruta crítica teniendo como resultado que el cuello de botella es el proceso de soldadura el cual presenta un tiempo de producción de 7 días, a su vez es un proceso del cual depende las siguientes etapas.

#### **4.2.3. Discusión respecto a la redistribución en planta con la aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP)**

El autor **Richard Muther 1968** manifiesta que el procedimiento sistemático multicriterio, es igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El (SLP) reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas de otros autores en estas temáticas e incorpora el flujo de los materiales en el estudio de la distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos [7].

En concordancia con lo anterior, se elabora la nueva redistribución de las máquinas y equipos que interviene en el proceso de fabricación de la envejecedora de arroz, mediante la aplicación del análisis producto cantidad se determina que la distribución correcta para la fabricación de la envejecedora de arroz es (distribución por posición fija), actualmente la empresa tiene un tiempo promedio de fabricación de 20 días para dicha máquina, con la redistribución por posición fija se busca reducir a 16 días la fabricación.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## 5.1. Conclusiones.

- Mediante el análisis realizado al proceso de fabricación de máquinas envejecedora de arroz se concluye que la empresa tiene una distribución por procesos la cual no es la idónea por el tamaño de la máquina a fabricar L 4.2 m, A 4.1m y un peso de 7 toneladas, para la fabricación de dicha máquina el tiempo es de 20 días en el cual interviene 7 procesos de producción.
  
- Actualmente la empresa tiene un cuello de botella en el área de fabricación de la envejecedora de arroz, con la aplicación del diagrama de Pert, se constató que el cuello de botella se encuentra en el área de soldadura, dicho proceso tiene un tiempo de duración de 7 días además es un proceso predecesor de los siguiente, realizando la redistribución de las áreas se eliminaría el retraso en la producción, con la finalidad de eliminar el cuello de botella, la nueva redistribución para la fabricación de la envejecedora de arroz seria por posición fija.
  
- Mediante la aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) se obtiene una redistribución ordenada, la fabricación de la envejecedora de arroz se realizara mediante la distribución por posición fija, actualmente la empresa tiene distribución por proceso, un tiempo de producción de 20 días con la distribución por posición fija se reducirá a 16 días, con un ahorro de \$560 por máquina fabricada, el material no tiene que recorrer de un área a otra, al contrario los operarios, equipos y herramientas acuden a la ubicación de la máquina, el área que ocupara la distribución por posición fija será de 143m<sup>2</sup>.

## 5.2. Recomendaciones.

- La empresa INDUHORST debería analizar todos los procesos de fabricación con la finalidad de conocer si la distribución por proceso es la distribución adecuada, con la finalidad que conozcan las falencias que existe durante el proceso de producción.
- Se sugiere analizar el área de soldadura de todos los procesos con la finalidad de descartar cuellos de botella en otros procesos de producción, la empresa debe realizar la distribución por posición fija, para eliminar el cuello de botella en la fabricación de la envejecedora de arroz, la cual representa tiempos innecesarios de recorrido entre un área y otra.
- Es necesario que la empresa adopte la metodología Systematic Layout Planning (SLP) el cual es un sistema metodológico, en la fabricación de la envejecedora de arroz, la misma distribución se realizara mediante distribución por posición fija, reduciendo los tiempos de cada etapa la aplicación de la distribución por posición fija reducirá de 20 a 16 días la producción de dicha máquina.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. Montiel, «Historia de La Distribución de Planta | Industrias | Revolución industrial,» SCRIBD, 7 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/424807797/Historia-de-La-Distribucion-de-Planta>. [Último acceso: 20 Noviembre 2020].
- [2] B. R. B y J. A. Q, *IMPLEMENTACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA KADIS EU.*, Bogota: Repositorio Uniersidad Libre , 2013.
- [3] b. R. Benabides Callegas, «Localización y Distribución,» Repositorio UNAD, 15 Marzo 2013. [En línea]. Available: [http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/5/50/9.Distribucion\\_en\\_planta.pdf](http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/5/50/9.Distribucion_en_planta.pdf). [Último acceso: 20 Noviembre 2020].
- [4] S. C. Donaires, L. Q. Suasaca y K. H. Pardo., «Monografias.Com,» Monografias, 20 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos109/distribucion-de-planta/distribucion-de-planta.shtml>. [Último acceso: 20 Noviembre 2020].
- [5] Floracastaneda, «Systematic Layout Planning (SLP) de Muther - DISTRIBUCIÓN EN PLANTA,» INGENIERIA INDUSTRIAL, 30 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://floracastanedaegoavil.wordpress.com/2018/10/30/systematic-layout-planning-slpde-muther/>. [Último acceso: 21 Noviembre 2020].
- [6] J. y. Meire, «Blog de La Calidad,» 12 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>. [Último acceso: 21 Noviembre 2020].
- [7] W. Wiyaratn y A. Watanapa, «METODOLOGÍA DE LA PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING) DE MUTHER,» *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, vol. 4, nº 12, pp. 1382-1400, 2010.
- [8] M. R. ascencios, «LUCIDCHART,» WordPress.com, 16 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://maili447114147.wordpress.com/2018/07/16/the-journey-begins/>. [Último acceso: 13 Noviembre 2020].

- [9] F. M. Benito., «DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA BASADA EN EL ALGORITMO CORELAP PARA LA OPTIMIZACIÓN DE DISTRIBUCIONES EN PLANTA,» *Universidad de Sevilla*, vol. 1, n° 1, pp. 1-94, 2004.
- [10] A. V. NAPÁN, «CÁLCULO DE ÁREAS,» *PUCP*, vol. 10, n° 1, pp. 1-20, 2015.
- [11] M. Rosales, «Antecedentes Históricos del PERT CPM,» *ZONA ECONOMICA* , Mexico, 2015.
- [12] S. Perez Sotero, «PERSO,SL.,» 10 10 2018. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Construccion/FeriaVirtual/Producto-Proyectos-para-la-mejora-de-la-productividad-148105.html>.
- [13] C. P. J. PATRICIO, «“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE INTEGRACIÓN PARA CAPACIDAD TECNOLÓGICA (MICT), PARA,» Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, Quevedo, 2015.
- [14] O. D. J. PABLO, «PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA, PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA EN ATE LIMA, PERU.,» Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, 2016.
- [15] L. MÁXIMO, M. DAVID y S. B. JULIO, «UNA TAXONOMÍA DEL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA POR PROCESOS Y SUS METODOS DE SOLUCION,» *Industrial Data*, pp. 132 - 143, 2013.
- [16] D. d. I. F. Garcia y I. F. Quesada, «Distribucion en Planta,» Universidad de Oviedo , Oviedo, 2005.
- [17] M. Fred E y S. Matthew P, Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales, Mexico: PEARSON, 2006.
- [18] R. Muther, Distribución en planta., Barcelona : McGraw Hillbook Company , 1965.
- [19] B. S. López, «Diagrama de recorrido de circulación,» *INGENIERIA INDUSTRIAL ONLINE*, vol. 5, n° 2, pp. 1-5, 2019.
- [20] L. M. Manene, «LOS DIAGRAMAS DE FLUJO: SU DEFINICIÓN, OBJETIVO, VENTAJAS, ELABORACIÓN, FASES, REGLAS Y EJEMPLOS DE APLICACIÓN.,» *Luis Miguel Manene* , vol. 1, n° 1, pp. 1-16, 2011.
- [21] L. Valenzuela, «Aseguramiento de la calidad,» *Instituto para el Aseguramiento de la Calidad* , vol. 1, n° 1, pp. 1-10, 2014.

- [22] J. A. Diego, *Optimizacion de la distribucion en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos, aportacion a la geometria de actividades.*, Valencia : Universidad Politecnica de Valencia , 2006.
- [23] J. Mula y R. P. y. J. P. García, «Evaluación de Sistemas para la Planificación y Control de la Producción,» *Scielo*, vol. 17, nº 1, pp. 19-34, 2006.
- [24] M. LEYVA, D. MAURICIO y J. SALAS BACALLA, «UNA TAXONOMÍA DEL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA POR PROCESOS,» *Industrial Data*, vol. 16, nº 2, pp. 132-143, 2013.
- [25] J. M. V. B. A. C. Josep M. Vallhonrat, Localización, distribución en planta y manutención, Barcelona: BOIXAREU, 2005.
- [26] J. M. Vallhonrat y A. Corominas, «Localización, distribución en planta y manutención,» BOIXAREU, Barcelona , 2005.

**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

## Anexo 1: Área de producción



FUENTE: INDUHORST

## Anexo 2: Compresor de aire área de acabados y pintura



FUENTE: INDUHORST



**Anexo 3: Prensa hidráulica (área de ensamblaje)**



**FUENTE: INDUHORST**

**Anexo 4: Dobladora de láminas (área de doblado)**



**FUENTE: INDUHORST**

**Anexo 5:** Tecele para transporte de producto terminado (área de ensamblaje)



**FUENTE:** INDUHORST

**Anexo 6:** Máquina Plasma (área de corte)



**FUENTE:** INDUHORST