



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SAN ANDRÉS TUXTLA.**



**TITULACIÓN INTEGRAL.
TESIS PROFESIONAL.**

**REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA
"GRABADO EN CRISTALERÍA Y CERÁMICA".**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL.**

**PRESENTAN
TIFFANY ALONDRA RAVELL DELGADO.
ROSA AURORA CORTES VELASCO.**

**ASESOR
M.I.I. MARÍA DE LA CRUZ PORRAS ARIAS**

SAN ANDRÉS TUXTLA, MARZO 2021

Formato de liberación de proyecto.



FORMATO DE LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Lugar: San Andrés Tuxtla, Veracruz Fecha: 08/03/2021

Asunto: Liberación de proyecto para la Titulación integral.

LIC. GERMÁN VENTURA TENORIO
Jefe del Departamento de Estudios
Profesionales del ITSSAT

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre del estudiante y/o egresado:	CORTES VELASCO ROSA AURORA RAVELL DELGADO TIFFANY ALONDRA
Carrera:	INGENIERÍA INDUSTRIAL
No. de Control:	141U0028 141U0077
Nombre del Proyecto:	REDISTRIBUCION DE PLANTA EN LA EMPRESA GRABADO EN CRISTALERIA Y CERAMICA
Producto:	1.-TESIS PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

M.I.I. ELVIRA GÓMEZ BARRIENTOS
JEFE DE DIVISIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

M.I.I. MARIA DE LA CRUZ FERRAS ARIAS	I.I.P. MARTA GABRIELA LIMON OROZCO	M.I.I. ARMANDO ALVARADO ALVARADO
Nombre y firma del asesor	Nombre y firma del revisor*	Nombre y firma del revisor*

* Solo aplica para el caso de tesis o tesina.

Carr. Costera del Golfo S/N, KM 140+100
Loc. Matacapán, Mpio. San Andrés Tuxtla, Ver.
C.P. 95804 A.P. 110
Tel: 01(294)9479100 ext. 131
9479107

Autorización de impresión.

	INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS PROFESIONALES		
Autorización de Impresión para Titulación Integral			
San Andrés Tuxtla, Ver. 08 de marzo del 2021			
OPCION: 1.-TESIS PROFESIONAL			
INTEGRANTES			
Nombre del Estudiante	No. de Control	Carrera	Plan de Estudios
CORTES VELASCO ROSA AURORA	141U0028	INGENIERÍA INDUSTRIAL	IIND-2010-227
RAVELL DELGADO TIFFANY ALONDRA	141U0077	INGENIERÍA INDUSTRIAL	IIND-2010-227

De acuerdo con el Reglamento de Titulación Vigente y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo a su trabajo profesional para la obtención del título a nivel licenciatura, comunico a Usted que este departamento concede la autorización para que proceda a la impresión del proyecto denominado:

**"REDISTRIBUCION DE PLANTA EN LA EMPRESA
GRABADO EN CRISTALERIA Y CERAMICA"**

Atentamente



LIC. GERMAN VENTURA TENORIO
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS PROFESIONALES



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
SAN ANDRÉS TUXTLA

**ESTUDIOS
PROFESIONALES**

*Carr. Costera del Golfo S/N, KM 140+100
Loc. Matapan, Mpio, San Andrés Tuxtla, Ver.
C.P. 95804 A.P. 110
Tel: 01(294) 94 79100 ext. 222
9479107*

Agradecimientos.

Tiffany Alondra Ravell Delgado;

Quiero agradecer a mi hija Giselle Alondra, por ser mi mayor motivación para salir adelante.

A mi familia y en especial a mi abuela por brindarme tanto apoyo durante estos años de preparación.

A Rosita y aquellos compañeros que me apoyaron durante este proceso.

Al Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, mis maestros y mi asesora la M.I.I María De La Cruz Porras Arias por haberme formado académicamente y por la paciencia y ayuda que he recibido de su parte para llegar hasta donde estoy ahora.

Rosa Aurora Cortes Velasco;

A dios por darme vida a mí y a todas las personas que me apoyaron, por darme fuerzas y voluntad para culminar una meta más de mi vida.

A mis padres Hortensia Velasco y Serafín Cortes, que me dieron un techo, carácter, apoyo económico y un sinfín de cosas más que me ayudaron en el camino de la vida.

A todos mis hermanos que con palabras de aliento me motivaron a continuar.

A mi compañera de tesis Tiffany Ravell y asesora de tesis M.I.I. María de la Cruz Porras Arias, quienes fueron parte fundamental para la elaboración de este proyecto.

Y también a una persona en especial Anahí González, por la gran motivación y palabras de aliento para nunca dejar de lado mi objetivo.

Índice.

Formato de liberación de proyecto.....	1
Autorización de impresión.....	2
Agradecimientos.....	3
Índice.....	4
Lista de figuras.....	8
Lista de tablas.....	9
Resumen.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	3
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Hipótesis.....	5
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Justificación.....	6
1.6 Datos de la empresa.....	6
1.6.1 Producción actual.....	7
1.6.2 Variedad en producción.....	7
1.6.3 Productos.....	7
1.6.4 Modelos.....	8
1.6.5 Departamentos.....	9
1.6.5.1 Distribución actual (Lay –out).....	10
1.6.6 Clientes.....	11
1.6.7 Misión.....	11
1.6.8 Visión.....	11
1.6.9 Políticas laborales.....	11
1.6.10 Sanciones.....	11
1.6.11 Ubicación geográfica.....	12

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	13
2.1 Antecedentes de la investigación.....	14
2.1.1 Antecedentes teóricos.....	14
2.2 Bases teóricas.....	16
2.2.1 Marco teórico del Rediseño de instalaciones.....	16
2.2.2 Definición de distribución de planta.....	16
2.2.3 Objetivos.....	17
2.2.4 Principios básicos.....	17
2.2.5 Factores que influyen en la distribución.....	18
2.2.6 Tipos de distribución.....	19
2.2.6.1 Distribución de posición fija.....	20
2.2.6.2 Distribución orientada al proceso.....	21
2.2.6.3 Distribución de célula de trabajo.....	22
2.2.6.4 Distribución orientada al producto.....	23
2.3 Tipos de métodos.....	24
2.4 Método SLP.....	26
2.4.1 Fases del método SLP.....	27
2.4.2 Metodología para elaborar un SLP.....	27
2.4.3 Determinación de materiales y proceso de elaboración (Análisis productocantidad).....	28
2.4.4 Análisis del flujo de materiales.....	29
2.4.4.1 Diagrama de flujo.....	29
2.4.4.2 Diagrama de ensamble.....	30
.....	30
2.4.4.3 Diagrama de precedencia.....	30
2.4.4.4 Matriz origen-destino.....	31
2.4.5 Análisis de relaciones entre actividades.....	32
2.4.6 Determinación de los requerimientos de espacio (Método Guerchet).....	32
2.4.6.1 Superficie estática.....	32
2.4.6.2 Superficie gravitacional.....	32
2.4.6.3 Superficie de evolución.....	33
Consideraciones en el cálculo de superficies.....	34
2.5 Alternativas.....	34

2.6 Evaluaciones.....	34
2.6.1 Evaluación por Adyacencia de Departamentos.	34
2.6.2 Evaluación de la Forma de los Departamentos.	35
2.6.3 Evaluación por Costo de Manejo de Materiales.....	35
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	37
3.1 Proceso de trabajo de sandblasteado.	38
3.2 Lista de materiales para el sandblasteado.	40
3.2.1 Diagrama de lista de materiales del proceso de sandblasteado.	40
3.3 Diagrama de ensamble de sandblasteado del producto.	42
3.4 Diagrama de flujo del proceso de sandblasteado.....	43
3.5 Diagrama de precedencia de proceso de sandblasteado.....	44
3.6 Diagrama Desde-hasta del material a sandblastear.....	45
3.7 Diagrama de relación de actividades entre los departamentos.	46
.....	46
3.8 Diagrama de relaciones de los departamentos.	47
3.9 Determinar requerimientos de espacio.....	48
3.9.1 Cálculo de espacios físicos.....	48
3.9.2 Áreas requeridas por cada departamento.	49
3.10 Diagrama de relación de espacios de los departamentos.	50
3.11 Desarrollo de alternativas.....	51
3.12 Cálculos para determinar la eficiencia de las alternativas.	55
3.12.1 Evaluación por adyacencia.	55
3.12.2 Evaluación por forma de los departamentos.	56
3.12.3 Evaluación por costo de manejo de materiales.....	61
CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	65
4. Descripción de los resultados del trabajo.	66
4.1 Resultados de las evaluaciones.	66
4.1.1 Eficiencia por adyacencia.	66
4.1.2 Eficiencia de la forma de los departamentos.....	66
4.1.3 Eficiencia por costo.	67
4.2 Resultados.	68
4.2.1 Interpretación de resultados.....	68

4.2.2 Diseño de la distribución escogida.....	69
4.3 Conclusiones.....	70
Recomendaciones.....	71
Glosario.....	72
Referencias bibliográficas.	73

Lista de figuras.

Figura 1.6.4 Modelos base de productos	8
Figura 1.6.5.1 Distribución actual Elaboración propia	10
Figura 1.6.11 Ubicación De "Grabado En Cristalería Y Cerámica"	12
Figura 2.2.6.2 Distribución orientada al proceso.	21
Figura 2.2.6.3 Distribución de célula de trabajo.	22
Figura 2.2.6.4 Distribución orientada al producto.	23
Figura 2.4 Esquema general del método S.L.P.....	26
Figura 2.4.4.2 Ejemplo de diagrama de ensamble.	30
Figura 2.4.4.4 Diagrama desde-hasta.	31
Figura 2.4.4.1 Símbolos utilizados en el diagrama de flujo.	32
Figura 2.6.3. Ejemplo de contorno lateral.....	36
Figura 3.2.1 Diagrama de lista de materiales Elaboración propia.	41
Figura 3.3 Diagrama de ensamble Elaboración propia.	42
Figura 3.4 Diagrama de flujo Elaboración propia.	43
Figura 3.5 Diagrama de precedencia Elaboración propia.	44
Figura 3.6 Matriz origen-destino Elaboración propia.	45
Figura 3.7 Diagrama de relación de actividades Elaboración propia.....	46
Figura 3.8 Diagrama de relaciones Elaboración propia.....	47
Figura 3.9.1 Cálculo de espacios físicos. Elaboración propia.	48
Figura 3.9.2 Total de áreas requeridas. Elaboración propia.....	49
Figura 3.10 Diagrama de relación de espacios Elaboración propia	50
Figura 3.11.1 Alternativa 1 Elaboración propia.....	51
Figura 3.11.2 Alternativa 2 Elaboración propia.....	52
Figura 3.11.3 Alternativa 3 Elaboración propia.....	53
Figura 3.11.4 Alternativa 4 Elaboración propia.....	54
Figura 4.2.2 Plano 2D de la distribución escogida Elaboración propia.....	69

Lista de tablas.

Tabla 1. Lista de materiales Elaboración propia.....	40
Tabla 2. Evaluación por adyacencia.....	55
Tabla 3. Evaluación por forma de la distribución. actual.	56
Tabla 4. Evaluación por forma de la alternativa 1.	57
Tabla 5. Evaluación por forma de la alternativa 2.	58
Tabla 6. Evaluación por forma de la alternativa 3.	59
Tabla 7. Evaluación por forma de la alternativa 4.	60
Tabla 8. Evaluación por costo de distribución actual.....	61
Tabla 9. Evaluación por costo de la alternativa 1.	61
Tabla 10. Evaluación por costo de la alternativa 2.	62
Tabla 11. Evaluación por costo de la alternativa 3.	62
Tabla 12. Evaluación por costo de la alternativa 4.	63
Tabla 13. Resultados de la eficiencia por adyacencia.....	66
Tabla 14. Resultados de la eficiencia por forma.....	66
Tabla 15. Resultados de la eficiencia por costo.	67
Tabla 16. Comparación de resultados totales.	68

Resumen.

“Redistribución de planta en la empresa "Grabado en cristalería y cerámica””

Realizado por: Rosa Aurora Cortes Velasco y Tiffany Alondra Ravell Delgado

A través de la empresa "Grabado en cristalería y cerámica", y en colaboración con la academia de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, se ha desarrollado un proyecto que permita determinar una distribución óptima de los departamentos dentro de esta empresa, la cual, como su nombre lo indica, ofrece servicios de producción y venta de artículos de cerámica sandblasteados.

La empresa presentaba la necesidad de optimizar los tiempos de producción y agilizar el flujo de materiales que se ocupan para la elaboración de sus productos.

Por este motivo se ha elaborado una propuesta de una reestructuración de la distribución de los departamentos que componen a la empresa, la cual les permita resolver sus problemas iniciales y aquellos que se encuentren ocultos permitiendo una mejor eficiencia de los recursos en el proceso.

ABSTRACT.

“Redistribution of plant in the Company "Grabado en cristalería y cerámica””

Made by: Rosa Aurora Cortes Velasco y Tiffany Alondra Ravell Delgado.

Through the company “Grabado en cristalería y cerámica” & in collaboration with the academy of Industrial Engineering of the Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, has been developed a Project that allows to determine an optimal distribution of the departments inside this company, which, as its name indicates, offers services of production and sale of articles of ceramic sandblasting.

The company presented the need of optimize production times and speed up the flow of materials used to manufacture their products.

For this reason a proposal has been prepared for a restructuration of the redistribution of the departments to make up the Company, which allows them to solve their initial problems and those that are hidden, allowing a better efficiency of the resources in the process.

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad las empresas se preocupan por ser cada vez más reconocidas entre los clientes, ofertando un producto de calidad y al mejor precio.

Es por esto que en todas las empresas debe surgir la necesidad de tener en cuenta una mejora que les permita obtener la mayor eficiencia en el proceso de elaboración y tener una reducción en sus costos de producción. Una buena solución a este problema se puede ejecutar desde el momento en que se elige la distribución de los departamentos que conforman el proceso de elaboración.

La distribución en planta es una problemática que siempre está presente en todas las empresas y es de vital importancia saber si se tiene una buena distribución, ya que es la base de supervivencia de una empresa dentro del mundo industrial. Se podría tener la mejor maquinaria y los mejores trabajadores, pero si no se tiene una buena distribución, no vale mucho. Disminuyendo la eficiencia y aumentando los costos.

Para dar inicio a una eficiente distribución de planta se deben conocer los aspectos primordiales de la empresa como son: el proceso de elaboración, la maquinaria, los trabajadores, los materiales y el flujo de materiales. Con ayuda de esa información y una correcta técnica se puede determinar con mayor seguridad la distribución de cada departamento. Mediante el desarrollo de metodología de SLP se elaboran alternativas de diferentes distribuciones, realizando evaluaciones de cada una y eligiendo la mejor en conjunto con los dueños de la empresa.

El presente proyecto se divide en 4 capítulos, los cuales abordan información sobre la empresa, los fundamentos teóricos, metodología y los resultados que se obtuvieron.

En el Capítulo I se describen las generalidades del proyecto, en donde se especifica cuál es el problema y la posible solución que podría tener, así como los objetivos que se deben cumplir. Posterior a esto se detalla información acerca de la empresa en donde se lleva a cabo el trabajo, como la producción actual y el tipo de mercancía

que manejan, además de una descripción del Lay-out actual y sus departamentos. De igual manera, se indican algunos de los lugares donde ofertan sus productos, así como la misión, visión, las políticas y sanciones de la empresa en caso de alguna irregularidad.

En el Capítulo II, se dan a conocer algunos trabajos que hacen referencia al diseño de instalaciones, así como los antecedentes históricos del rediseño de instalaciones, los objetivos que persigue, los principios a los que se encuentra sujeto, los factores que se deben tener en cuenta y cuáles son los tipos de distribución y métodos que existen. De manera más precisa se especifica información acerca del Método SLP, tal como las fases en que se divide y una descripción detallada de la metodología que se utiliza para la elaboración de dicho método.

Durante el Capítulo III, se puede encontrar información acerca del procedimiento y las actividades que se realizaron durante el desarrollo del proyecto. Se describe el proceso que se lleva a cabo para la elaboración de los productos, así como una serie de diagramas, tablas y cálculos que se realizaron para poder diseñar las propuestas de las alternativas y hacer un Lay-out de cada una para así poder elaborar los cálculos correspondientes y establecer la eficiencia de cada alternativa en cuanto a costo, forma y cercanía de los departamentos.

En el Capítulo IV se expone de manera resumida, los resultados que se obtuvieron de cada evaluación para realizar una comparación entre todos y determinar cuáles son las alternativas con la que se obtienen mejores beneficios y escoger alguna en base a los criterios de la persona responsable de las instalaciones.

CAPÍTULO I.
GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Descripción del problema.

El diseño de una planta siempre es una buena opción dentro de las empresas para una buena optimización de los recursos utilizados en el proceso de producción, generando ahorros, así como mayores ganancias.

En pequeñas o medianas empresas la falta de talento en diseño industrial ocasiona retrasos por cuellos de botella y falta de continuidad en los procesos y departamentos adyacentes dando como resultado costos ocultos, de acuerdo al ingeniero Arturo Martínez Carbajal un buen lay-out puede ahorrar entre 10% y 30 % de estos costos y es aquí donde radica la importancia de una buena distribución de planta. [1]

Dentro de la empresa “Grabado en cristalería y cerámica” se carece de una buena distribución de las áreas de trabajo y es aquí donde reside el problema, debido a que las áreas se encuentran dispersas por lo cual el flujo de materiales se ve afectado, así como la capacidad de producción. Esta problemática da lugar a desarrollar un plan que permita relacionar de forma sistemática y continua todos los departamentos para mejorar el proceso actual, optimizar los recursos para aumentar las unidades diarias que se producen y de esta forma reducir mermas, además de optimizar el área total del taller donde se elabora el producto.

1.2 Planteamiento del problema.

La empresa “Grabado en cristalería y cerámica” está compuesta por 11 departamentos, en los que existe una inadecuada continuidad en los procesos y su consecuencia es que la producción no sea fluida y sistemática, e incluso que existan interrupciones en el flujo, por lo que se ha determinado que la distribución actual no va acorde a las necesidades y requerimientos de cada departamento.

Debido a la separación de estos departamentos se generan mudas que afectan a la producción de la empresa.

En ingeniería industrial existen 7 desperdicios que se pueden tener dentro de la producción los cuales son: sobreproducción, tiempo, transporte, movimientos innecesarios, defectos, inventarios y desperdicios de operación.

Por ello se quiere dar fin a estos problemas, en base a el método SLP, con el objetivo de obtener una mejor distribución de los departamentos y otorgando la distribución más eficiente que proveerá mejores resultados en la productividad.

1.3 Hipótesis.

Si mediante una nueva redistribución se podrá disminuir los tiempos muertos del proceso de sanblasteado para aumentar la productividad.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

Desarrollar una óptima distribución de planta para la empresa "Grabado en cristalería y cerámica" mediante el uso de herramientas propias de la ingeniería industrial.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Identificar la manera en que se lleva a cabo el proceso de producción.
- Medición y recolección de datos productivos de la empresa.
- Elaboración de las alternativas para la redistribución de los departamentos de la empresa.
- Diseño 2 D de la distribución optima.

1.5 Justificación.

La ubicación actual de los departamentos que constituyen a la empresa no resulta eficiente para el nivel de producción con el que actualmente cuenta, teniendo como resultado gastos y movimientos innecesarios.

Con relación a esto, se ha identificado la necesidad de elaborar un plan que permita optimizar los procesos para reducir el tiempo de trabajo y aumentar la producción.

1.6 Datos de la empresa.

La empresa "Grabado en cristalería y cerámica", se encuentra ubicada en Santa María Huatulco, en el estado de Oaxaca, es una Pyme relativamente nueva, ya que cuenta con 5 años ofreciendo sus servicios dentro y fuera de la región y durante este lapso ha tenido un buen crecimiento en cuanto a ventas gracias a sus estrategias y a la calidad que otorgan sus productos.

Esta empresa se encuentra a nombre de la C. Martha Patricia Vargas Femat y actualmente cuenta con 5 empleados de planta aproximadamente y de vez en cuando contratan más personal, dependiendo de la temporada en la que se encuentren.

Cuenta con un horario laboral de lunes a viernes de 8:00 a 16:00 horas, y fines de semana como días de descanso, de igual manera cuenta con una línea telefónica para atención al cliente la cual es 958 101 61 10.

Las instalaciones del taller se utilizan principalmente para la producción y venta de los distintos productos que ofrecen.

El proceso de grabado se realiza mediante una técnica llamada Sandblasting o también conocida como "chorro de arena" ya que la palabra "sandblast" tiene sus orígenes en el idioma inglés donde "sand" significa arena y blast "presión".

1.6.1 Producción actual.

La producción de este taller se mide a través de la cantidad de productos elaborados mensualmente.

1.6.2 Variedad en producción.

La empresa se encarga de realizar el grabado de los productos, sin embargo, hay distintos diseños y diferentes productos, por lo que se tiene cierta variedad en ellos.

Se trabaja sobre productos base como tazas, vasos, tarros, tequileros, aunque en ocasiones elaboran pedidos especiales de acuerdo a los requerimientos del cliente, ya sea platos, ceniceros, etc.

1.6.3 Productos.

El gerente de la empresa establece 10 modelos bases de productos con los que trabajan, aunque en ciertas ocasiones se procesan pedidos especiales que mayormente realizan los restauranteros de la zona o personas de otros lados como pueden ser ceniceros, platos o incluso vasos, tazas o tequileros, distintos a los que se manejan como producto base. Una de las ventajas es que la máquina sandblasteadora que tienen sirve para distintos tipos de productos, pero por cuestiones de venta solo manejan 10 modelos bases para su exhibición y venta, pero con una gran variedad de diseños. Dichas presentaciones difieren en la medida y el modelo del producto, así como el diseño que se desea realizar

1.6.4 Modelos

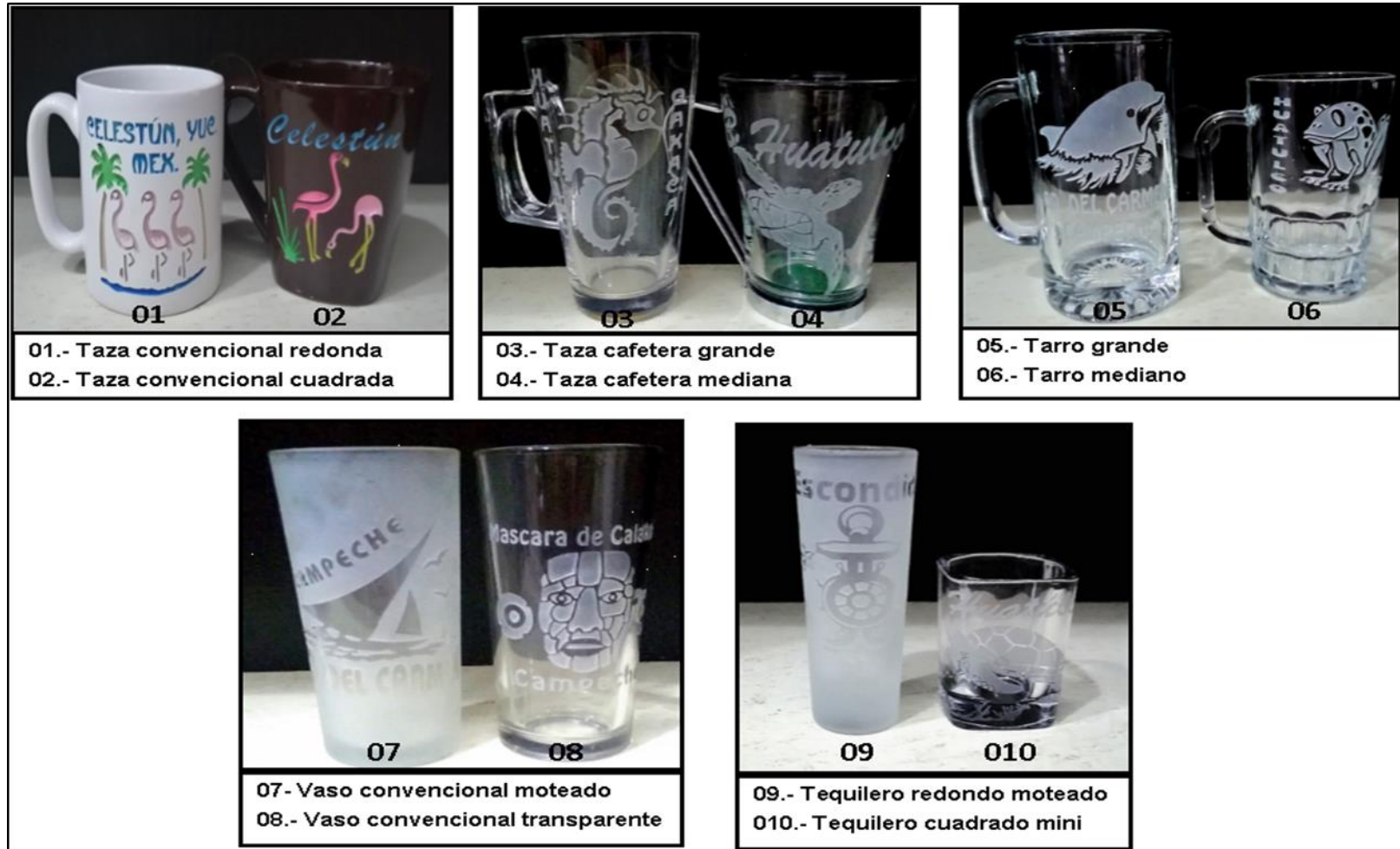


Figura 1.6.4 Modelos base de productos

1.6.5 Departamentos.

El taller se estructura mediante 11 departamentos interrelacionados entre sí para el correcto funcionamiento del proceso, estas áreas de trabajo se dividen en:

1. **Almacén de materia prima;** este departamento cumple con la función de resguardar los insumos necesarios para el proceso de trabajo.
2. **Diseño;** dentro de este departamento se realiza la primera operación que da inicio al proceso productivo, creando mediante un software el diseño que tendrá el producto y posteriormente imprimiendo y realizando el corte mediante el uso de un plotter que se encuentra dentro de la misma área.
3. **Depilado;** cuando las laminillas están listas pasan a este departamento para que los operadores retiren el vinilo de acuerdo a la imagen que se diseñó.
4. **Preparación;** aquí se adhiere el vinil al producto y se recubre con varias capas de cinta adhesiva.
5. **Producción;** en esta área se encuentra la maquinaria principal que es la sandblasteadora con sus respectivos elementos y el compresor de aire que apoya la máquina.
6. **Humedecimiento;** posteriormente el producto que ya este grabado se traslada dentro de este departamento para iniciar el proceso de humedecimiento.
7. **Secado;** una vez transcurrido el tiempo de espera se procede a retirar las capas de adhesivo que se adhirieron y a secar cada producto.
8. **Decorado;** cuando el producto se encuentra completamente seco pasa a esta área para que tenga un mejor acabado al teñirlo.
9. **Almacén de producto terminado;** una vez terminado el producto se traslada dentro de este departamento donde estará resguardo por unas horas hasta su venta.
10. **Estacionamiento;** esta área es utilizada para resguardar los vehículos de forma segura.
11. **Sanitarios;** espacio personal que no afecta en el proceso de producción

1.6.5.1 Distribución actual (Lay -out).

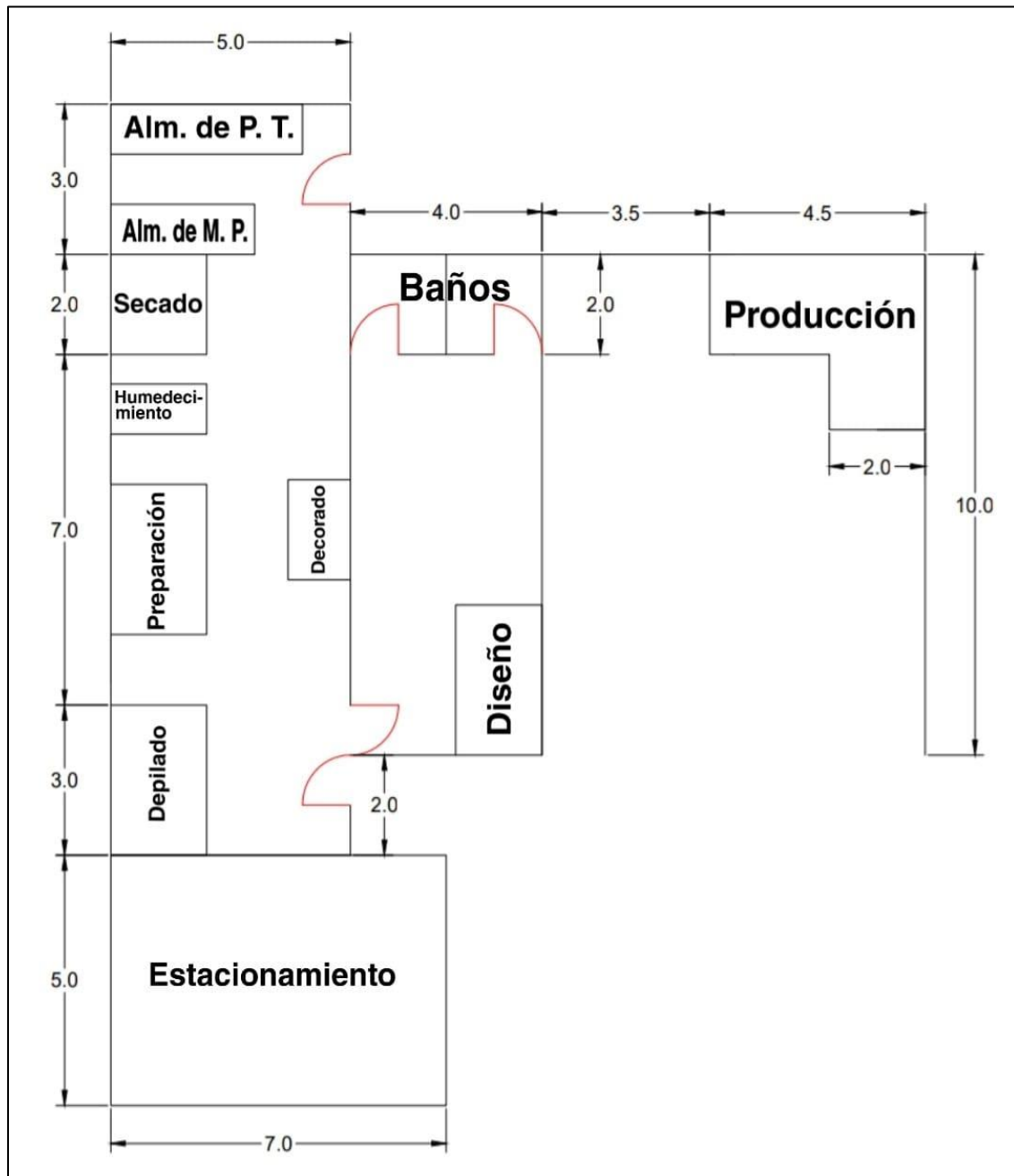


Figura 1.6.5.1 Distribución actual Elaboración propia

1.6.6 Clientes.

A pesar de ser una pequeña empresa que inició hace 5 años ha sabido darse a conocer entre los comerciantes aumentando de esta manera su cartera de clientes.

Inicio sus comercializaciones en el Mercado de artesanías de la ciudad de Huatulco, y fue expandiéndose a otros puntos de ventas grandes tales como los mercados turísticos de La crucecita, Santa cruz, y El tianguis, entre otros, cubriendo así centros de trabajo constantes en los que ahora vende sus productos base.

Entre sus clientes ocasionales se encuentran comerciantes de otros estados, como Campeche, Celestún, Cd. De México, además de restauranteros de la zona de Huatulco- Puerto Escondido, que en ocasiones presentan pedidos con modelos o diseños especiales.

1.6.7 Misión.

Proveer a nuestros clientes con productos que cumplan con los estándares de calidad y demostrar el compromiso que tenemos con ellos para ser de las mejores opciones en el mercado.

1.6.8 Visión.

Lograr el reconocimiento y lealtad que nos permitan seguir creciendo como empresa e impulsar el crecimiento de nuestros empleados.

1.6.9 Políticas laborales.

1. El horario laboral es de 8:00 am a 16:00 horas de Lunes a Viernes.
2. No se permite ningún tipo de discriminación dentro del establecimiento.
3. Mantener ordenada el área de trabajo
4. Lapso tolerable de 4 horas máximo en caso de acudir a alguna instancia de salud.

1.6.10 Sanciones.

1. Faltar injustificadamente durante 3 días en un mes de trabajo. (D)
2. Actos inmorales en el establecimiento. (D)
3. Dañar cualquier equipo de trabajo, maquina, materiales o a la misma instalación. (S)
4. Llegar después del horario establecido. (S)

5. Procrastinar en horario laboral. (S)

D= Despido inmediato.

S= Sanción (quedará a criterio del superior inmediato y en caso de tener más de 3 sanciones en un mes se podrá prescindir de sus servicios).

1.6.11 Ubicación geográfica.

La empresa se encuentra ubicada en una localidad llamada Piedra de moros, Huatulco, con código postal 70987, ubicada en el estado de Oaxaca, a unos kilómetros del Aeropuerto Internacional Bahías de Huatulco.

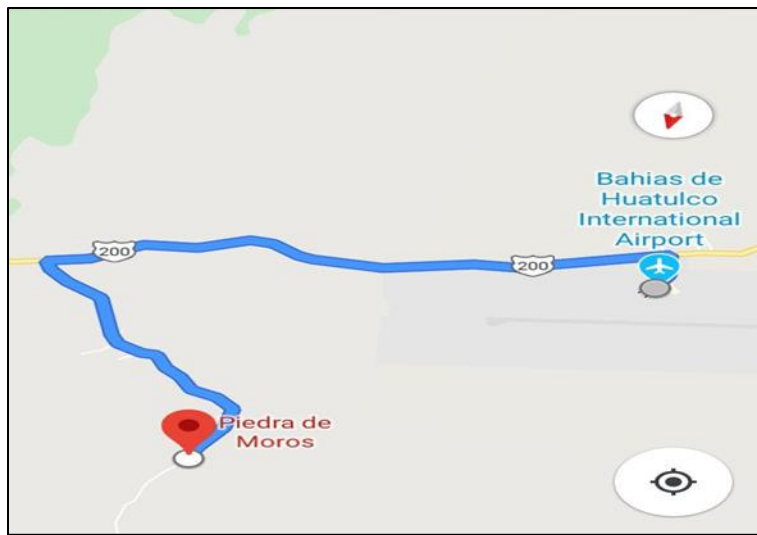


Figura 1.6.11 Ubicación De "Grabado En Cristalería Y Cerámica"

CAPÍTULO II.
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Antecedentes teóricos.

Para el desarrollo de este proyecto se tomó como referencia algunos trabajos y libros anteriores a este, los cuales exponen temas coincidentes con el diseño de instalaciones.

[2] La tesis profesional “PLANEACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE UNA FÁBRICA DE EMPAQUES PLEGADIZOS IMPRESOS” presentada por Armando Cuevas Ramírez en el año 2004, con el objetivo principal, y con el método SLP, de diseñar una nueva distribución de planta para la empresa GLEP S.A. de C.V. de manera que esta sea posible con respecto a los recursos de la empresa, que cumpla completamente con las exigencias, y sirva para la optimización de los recursos utilizados en los procesos que realiza la fábrica. Se desarrollan tres alternativas con las cuales se realizan tres evaluaciones distintas y conforme a los requerimientos de la empresa se hace la elección de la mejor, concluyendo con mejoras en eficiencia de adyacencia, en la forma de departamentos y disminución de costos.

[3] En el artículo con título “IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO S.L.P. EN UNA EMPRESA DE LA REGIÓN BAJÍO EN MÉXICO” en el año 2009, se muestra un problema de distribución en una empresa de la región bajío en México, resolviéndolo mediante el método SLP. Este problema se derivó en consecuencia de una ampliación en la demanda del producto muy acelerado, dando pie a generar nuevas líneas manufactureras. Realizando el desarrollo del método se hace una disminución del 28.73% de espacio utilizado, así como también se tienen beneficios en la reducción de costos, de tiempos de producción y de flujo de materiales.

[4] En la tesis doctoral “OPTIMIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE INSTALACIONES INDUSTRIALES MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS: APORTACIÓN AL CONTROL DE LA GEOMETRÍA DE LAS ACTIVIDADES”, se plantea el objetivo de realizar un nuevo método con menores restricciones a las que se presentan en los métodos existentes. En ella se realiza un exhaustivo análisis de los métodos de distribución en planta, para poder crear un nuevo método que

considere múltiples criterios en la evaluación de la calidad de las soluciones, obteniendo así como resultado de la tesis un método eficiente que permite obtener distribuciones en plantas de actividades industriales de elevada calidad bajo múltiples criterios, estableciendo que el área asignada las diferentes actividades cumplen estrictamente las restricciones geométricas impuestas.

[5] La tesis “LOCALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES INDUSTRIALES EN INDUSTRIAS AJM LTDA”, tiene como objetivo principal realizar el diseño de distribución de planta en industrias AJM Ltda., en la ciudad de Bogotá, donde se llevó a cabo el estudio y los análisis de distribución en planta proyectando la caracterización administrativa y operativa teniendo en cuenta que los factores determinantes encontrados fueron el personal, maquinaria, productos y procesos. Mediante el uso de la metodología SLP y a partir de dichos factores se realizó el diseño de localización y distribución de planta.

[6] La tesis nombrada "REDISEÑO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA REDUCIR EL COSTO DE MOVIMIENTO DE MATERIALES EN LA EMPRESA DE CALZADO PAOLA DELLA FLORES" tiene como objetivo principal el rediseño del ordenamiento físico de las instalaciones con el fin de disminuir los costos del flujo del material dentro de la planta. El proyecto se basa en la metodología de SLP donde inician con un análisis del proceso y del producto realizando una recolección de datos mediante el uso de algunas herramientas como la matriz desde-hasta, el diagrama de flujo, el diagrama de operaciones, el diagrama de relaciones y los formatos de diagramas de recorrido y distancias. A partir de ello, y con ayuda del método de Guerchet, se realiza una alternativa de distribución eficiente obteniendo una disminución del 59% del costo generado por el movimiento de materiales.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Marco teórico del Rediseño de instalaciones.

Uno de los objetivos de un Ingeniero Industrial es realizar el diseño de una instalación en la que se aproveche al máximo el espacio disponible y de esta forma se logre realizar una reducción de costos del proceso de trabajo, teniendo otras ventajas como, aumentar la seguridad de las instalaciones y potenciar la producción de su centro de trabajo teniendo como resultado una significativa mejora en el servicio que ofrece al cliente.

La principal consecuencia de una mala distribución se encuentra en los costos ocultos, los cuales no son fáciles de detectar.

Durante el año de 1961 se desarrolló la metodología Systematic Layout Planning (Planeación Sistemática del Diseño) gracias a Richard Muther.

Aunque no es la única metodología que existe es una de las que se recomienda ampliamente gracias a los resultados obtenidos al final del proyecto.

El principal objetivo es que todos los factores que están a disponibilidad se ordenen de la mejor forma posible para que el sistema productivo pueda alcanzar los objetivos establecidos anteriormente.

2.2.2 Definición de distribución de planta.

[7] Richard Muther define a la distribución de planta de la siguiente forma:

"La distribución de planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y personal de taller. "

Por consiguiente, la distribución de planta se conforma mediante una serie de pasos que den lugar a una correcta organización del espacio por establecer y que optimicen de la manera más adecuada el proceso productivo tomando en cuenta el

flujo de materiales existente, así como el espacio de almacenamiento requerido, la maquinaria utilizada, la mano de obra que se emplea, entre otros.

2.2.3 Objetivos.

Algunos de los objetivos que persigue el rediseño de instalaciones son:

1. Optimización de los espacios ocupados.
2. Aumentar la producción.
3. Disminuir la distancia y tiempo para el manejo de materiales.
4. Mejorar y facilitar la supervisión.
5. Reducir costos.
6. Mejorar el servicio.

2.2.4 Principios básicos.

[7] En el libro Distribución en planta, se definen 6 principios básicos con los que se pueden tener una correcta distribución.

Estos principios son:

1. Principio de la integración de conjunto:

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

Una correcta distribución integra todos los factores que influyen en el desarrollo del producto de manera que tengan una relación armónica entre ellos.

2. Principio de la mínima distancia recorrida:

"A igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por material entre operaciones sea la más corta."

La distribución más factible es aquella que más reduzca la distancia que debe recorrer el material.

3. Principio de la circulación:

"En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso estén en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales."

El área de trabajo se debe ordenar de tal manera en que el material pueda fluir de manera progresiva sin retrasos provocados por interrupciones.

4. Principio del espacio cúbico:

"La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal."

Se debe utilizar todo el espacio disponible que exista.

5. Principio de la satisfacción y de la seguridad:

"A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores."

Las condiciones deben ser adecuadas para que los trabajadores se sientan satisfechos y seguros del entorno.

6. Principio de la flexibilidad:

"A igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada, con menos costo o inconvenientes."

La distribución debe permitir que, si llegasen a existir cambios en ésta, se logren realizar con el menor costo posible y sin tanto problema.

2.2.5 Factores que influyen en la distribución.

Existen ocho factores que influyen al momento de realizar una distribución de planta, estos ayudan a cumplir los principios básicos que se mencionaron anteriormente y así lograr que los elementos contribuyan entre ellos para aumentar la productividad y la satisfacción de los empleados.

[7] Citando a R. Muther esos factores son los siguientes:

1. **Factor material;** éstos abarcan el diseño, la variedad, cantidad, operaciones necesarias y su secuencia.
2. **Factor maquinaria;** incluye el equipo de producción y herramientas, así como su uso.
3. **Factor hombre;** desde la supervisión y los servicios auxiliares, así como la mano de obra directa.
4. **Factor movimiento;** se refiere a todo aquel tipo de movimiento, ya sea de personas o materiales.
5. **Factor espera;** abarca los almacenamientos ya sea temporales o permanentes, así como salas de espera y retrasos.
6. **Factor servicio;** engloba a todo lo que mejore la producción, como los servicios que se ofrecen, como, por ejemplo, las máquinas necesitan de mantenimiento o también existen los servicios que ofrece el personal como la inspección, entre otros.
7. **Factor edificio;** son todos los elementos interiores y exteriores del mismo.
8. **Factor cambio;** éste se refiere a la versatilidad flexibilidad y expansión que puedan llegar a suceder.

2.2.6 Tipos de distribución.

No existe un solo tipo de distribución que sea aplicable para todas las empresas, el tipo de distribución que se debe considerar depende de la actividad que se realice en las instalaciones y el flujo de esta misma.

[8] De acuerdo a Heizer, existen 7 tipos de distribución de planta de los cuales 3 se utilizan para aquellas empresas que ofrecen algún tipo de servicio al cliente y los 4 restantes se enfocan en las empresas que producen un bien tangible, es decir las de manufactura

De servicios:

1. **Distribución de oficina;** posiciona a los trabajadores, su equipo, sus espacios y oficinas para proporcionar movimiento de información

2. **Distribución de tienda;** asigna espacio de anaquel y responde al comportamiento del cliente
3. **Distribución de almacén;** aborda los intercambios que se dan entre espacio y manejo de materiales

De producción:

4. **Distribución de posición fija;** estudia los requerimientos de distribución de proyectos grandes y voluminosos como barcos y edificios.
5. **Distribución orientada al proceso;** trata la producción de bajo volumen y alta variedad, también llamada taller de trabajo o producción intermitente.
6. **Distribución de célula de trabajo;** acomoda maquinaria y equipo para enfocarse en la producción de un solo producto o de un grupo de productos relacionados.
7. **Distribución orientada al producto;** busca la mejor utilización del personal y maquinaria en la producción repetitiva y continua.

La empresa sobre la cual se está trabajando el presente proyecto se encuentra ubicada en la clasificación de producción por lo tanto se definirán estas 4 opciones de forma más detallada.

2.2.6.1 Distribución de posición fija.

La característica principal de este tipo de distribución es que el producto que se va a realizar no se puede mover así que el personal que labore, el equipo o maquinaria que se utilice debe dirigirse al lugar sobre el cual trabajarán.

Una de sus principales desventajas es que la distribución es muy limitada.

[8] En el libro Principios de administración de operaciones se explica que las técnicas para afrontar los problemas de distribución se complican por tres factores:

1. Existe un espacio limitado en casi todos los sitios.
2. En las diferentes etapas de un proyecto se necesitan distintos materiales por lo tanto artículos distintos se vuelven críticos a medida que el proyecto avanza.

3. El volumen de los materiales necesarios es dinámico.

2.2.6.2 Distribución orientada al proceso.

Se hace referencia a este tipo de distribución cuándo la producción es de un volumen bajo, pero tiene una gran variedad y el personal las máquinas o equipos de trabajo que tienen el mismo proceso se agrupan entre ellos.

[8] De acuerdo al autor esta distribución se define como: *"La principal ventaja de este tipo de distribución es la flexibilidad para la asignación de equipo y mano de obra, es decir que la descompostura de alguna máquina no detiene necesariamente el proceso ya que puede transferirse a otra máquina. Sin embargo, con el uso del propósito general del equipo los pedidos toman más tiempo para moverse a través del sistema. De forma que, cuando se diseña la distribución de un proceso la táctica más común es arreglar los departamentos o centros de trabajo de tal forma que se minimice el costo por manejo de materiales".*

En resumen, aquellos departamentos que tengan una mayor interacción entre ellos deben colocarse de manera cercana.

Actualmente existen algunos programas de cómputo que son utilizados para este tipo de distribución y que de igual forma pueden ocuparse para las demás, tales como: CRAF, ALDEP, CORELAP y FACTORY FLOW.

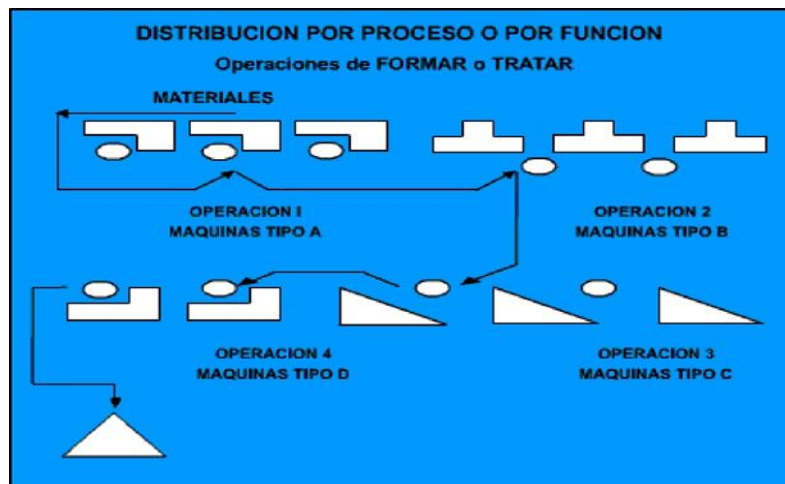


Figura 2.2.6.2 Distribución orientada al proceso.

2.2.6.3 Distribución de célula de trabajo.

Este método básicamente reorganiza personas y máquinas para que se enfoquen en la fabricación de un solo producto o una familia de productos relacionados.

[8] Heizer estableció que las ventajas de esta distribución de la siguiente forma:

1. Reducción del inventario de trabajo en proceso.
2. Menos espacio de piso en planta.
3. Reducción de inventarios de materia prima y productos terminados.
4. Reducción del costo de mano de obra directa.
5. Aumento del sentido de participación del empleado.
6. Mayor utilización del equipo y maquinaria.
7. Reducción de la inversión en maquinaria y equipo.

Este mismo autor agrega que los requerimientos de la producción celular incluyen:

1. Identificación de familias de productos con frecuencia mediante el uso de códigos de tecnología de grupos o equivalentes.
2. Alto nivel de capacitación flexibilidad y delegación de autoridad de los empleados.
3. Personal comprometido con su propio equipo y sus productos.
4. Pruebas (poka yoke) en cada estación de la célula.

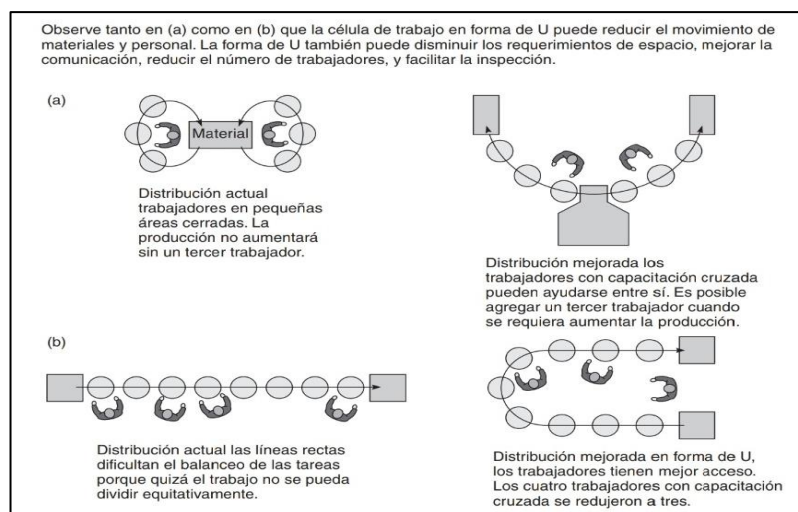


Figura 2.2.6.3 Distribución de célula de trabajo.

2.2.6.4 Distribución orientada al producto.

[9] Daniel I. Cárdenas señala que esta distribución se adopta cuando la producción es continua o de forma repetitiva. La característica de este tipo de distribución es que el proceso de a trabajo va de acuerdo a la fabricación del producto el cual debe tener un volumen constante y un flujo continuo. Las líneas de fabricación y las de ensamble son ejemplos para este tipo de distribución. Para ambos casos se debe de tener un adecuado balance para eliminar tiempos de ocio en las estaciones de trabajo.

[8] Heizer establece ciertas ventajas y desventajas sobre esta distribución las cuales son:

Ventajas:

1. Bajo costo variable por unidad.
2. Bajo costo por manejo de materiales.
3. Reducción de inventarios de trabajo en proceso.
4. Facilidad de capacitación y supervisión.
5. Volumen de rapidez a través de las instalaciones.

Desventajas:

1. Se requiere un alto volumen debido a la gran inversión necesaria para establecer el proceso.

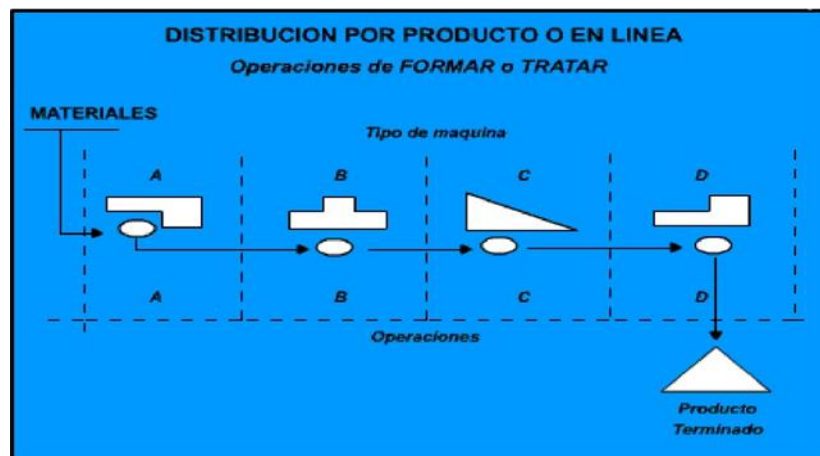


Figura 2.2.6.4 Distribución orientada al producto.

2.3 Tipos de métodos.

Desde el comienzo de la historia, los hombres han buscado la manera de organizar las áreas de trabajo con el fin de obtener los mejores resultados, todo muy empíricamente. Pero de acuerdo a diversos autores a partir de la década de los 50, se iniciaron los intentos por establecer una metodología que permitiera afrontar el problema de la distribución en planta de manera ordenada con pasos determinados por Immer. Sin embargo, Richard Muther estableció una metodología que se aplica a la resolución del problema de la distribución independientemente de su naturaleza, siendo un procedimiento verdaderamente sistemático llamado Systematic Layout Planning (SLP).

Los métodos anteriores al SLP son simples e incompletos y no contemplaban el problema de distribución en planta como algo muy importante para el enriquecimiento de la empresa, solo se tomaba como un problema mínimo, esto debido a que se desarrollaron al final de la segunda Guerra Mundial donde el crecimiento económico apenas empezaba a manifestarse. Por otra parte, los métodos inmediatamente posteriores al SLP son en muchos casos variantes de este más o menos ampliadas, siendo el método de Muther el más difundido y aceptado.

A continuación, se describirán las metodologías de una manera breve:

El método de los pasos o etapas básicas de Immer.

Los autores que mencionan a Immer, están de acuerdo en que fue el primero en crear una metodología simple para problemas de distribución que se basa en tres etapas; Plantear correctamente el problema a resolver, detallar las líneas de flujo y convertir las líneas de flujo en líneas de materiales.

Método de análisis de secuencia (sequence analysis) de Buff

Es una metodología que se considera antecesora de SLP, porque presenta muchas similitudes con ella. El autor Diego Mas describe su opinión basada en la tesis de Santamarina. Ahí especifica 6 etapas que van desde el estudio del proceso, el desarrollo las relaciones entre departamentos, el establecimiento de las áreas que ocuparía cada departamento y finalmente el desarrollo de lay-out.

Metodología de Reed

Ruddel Reed Jr. crea la propuesta de 10 pasos para realizar el diseño de las instalaciones, iniciando por el estudio del producto y el proceso, el lay-out especificando información general del proceso. Posteriormente determinar las áreas de trabajo, los requerimientos de almacén, de pasillos, oficinas y espacios personales. Y siempre considerando futuras expansiones.

El “ideal systems approach” de Nadler.

Este método fue realizado para el diseño de sistemas de trabajo, aunque también es aplicable para el diseño de distribución de planta. Se parte de un sistema ideal teórico que da solución al problema sin riesgos, con calidad absoluta. Posteriormente se realizan cuatro sistemas más; el sistema ideal último, sistema ideal tecnológicamente viable, sistema recomendado y sistema real. El método de Nadler parte de una solución ideal no factible, para aproximarse hacia la zona de factibilidad del espacio de soluciones del problema.

La propuesta de Apple.

Al igual que en la metodología de Reed en esta propuesta se establece una serie de pasos para la realización del diseño de lay-out de una planta industrial, siendo más específica y concreta. Iniciando con la obtención de datos para analizarlos y continuar los demás pasos, para finalizar en la construcción de una distribución de planta que se evaluará y realizará un seguimiento.

2.4 Método SLP.

[7] En el libro de Muther se define como lo siguiente:

“Es una metodología común para el diseño de cualquier tipo de distribución en planta sin importar cuál sea la naturaleza de ésta ya que permite diseñar una instalación de manera congruente”

Este método consiste en una serie de pasos que orientan a una eficiente distribución en las instalaciones, y que está determinada bajo 4 fases.

Esta técnica es aplicable a cualquier tipo de industria, ya sean de servicios como centros comerciales, oficinas, hospitales, o bien para industrias manufactureras.

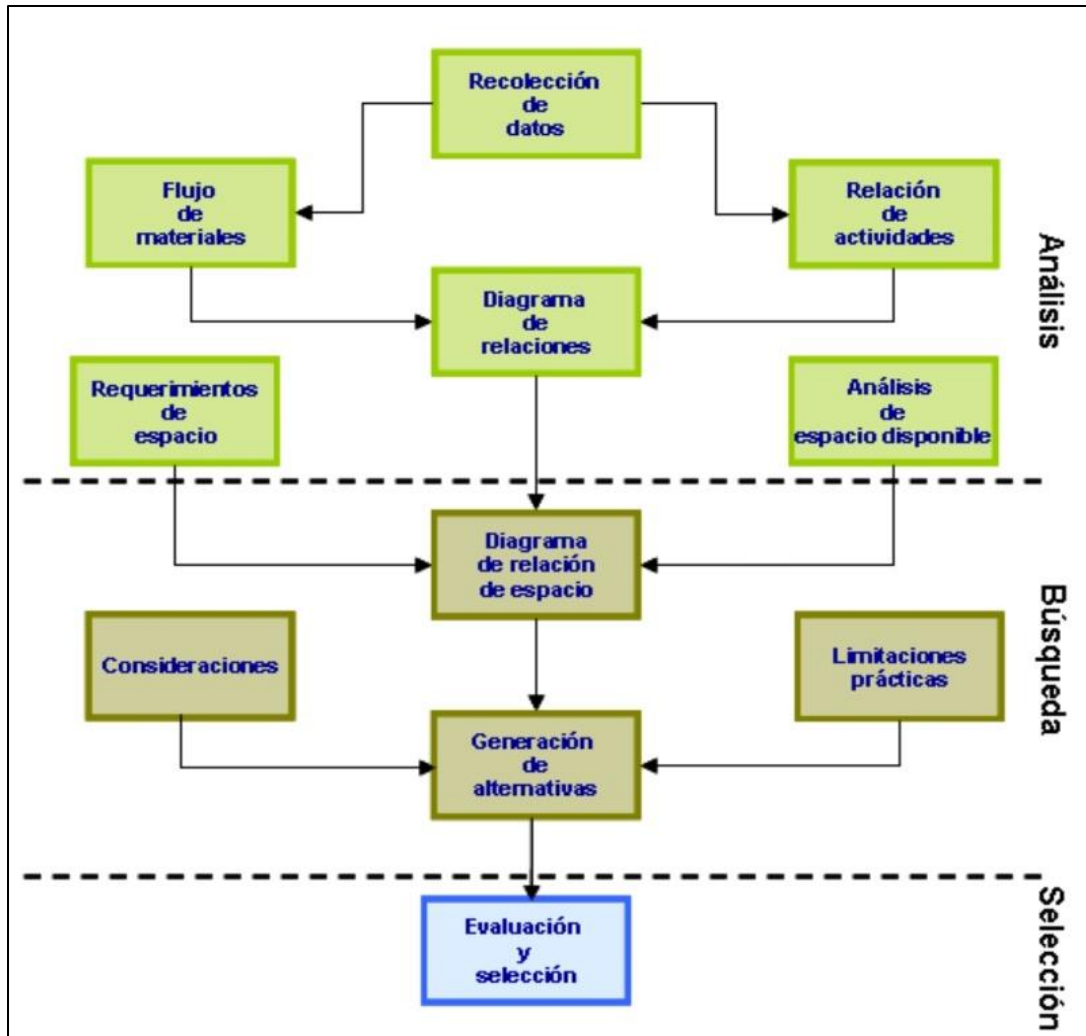


Figura 2.4 Esquema general del método S.L.P.

2.4.1 Fases del método SLP.

[6] Como todo proyecto este también debe llevar una secuencia ordenada de fases que ayudarán y facilitarán el cumplimiento del objetivo general. Para el presente proyecto, existe una clasificación de 4 tipos de fases que se deben llevar de manera ordenada para conducir al objetivo propuesto. Las fases son las siguientes:

- **Fase I, Localización de la instalación;** durante esta fase se debe de determinar si la nueva distribución se mantendrá en la misma instalación o si se desplazará hacia una nueva área.
- **Fase II, planificación del planteamiento general;** en esta fase se hará un análisis de la información para conocer los patrones de flujo básico del área, así como el tamaño las relaciones y cada actividad de los departamentos existentes.
- **Fase III, preparación del plan detallado de las instalaciones;** la preparación del plan de forma detallada en donde se incluya la planificación de los lugares donde cada máquina, equipo o puesto de trabajo serán colocados.
- **Fase IV, instalación;** se ejecutan los movimientos físicos necesarios para la nueva redistribución de acuerdo a la planeación realizada.

2.4.2 Metodología para elaborar un SLP.

[6] La metodología SLP consiste en una serie de pasos sistemáticos que buscan optimizar los procesos y reducir las demoras mediante la redistribución de los departamentos que contengan las instalaciones en donde se presentará el proyecto. De acuerdo a Niebel los pasos son los siguientes:

1. **Diagrama de relaciones;** se analizan y establecen las relaciones que existen entre los departamentos y se grafican en un diagrama de relaciones. La relación se establece de acuerdo a un grado de contigüidad requerida entre los departamentos y las actividades que se relacionan entre ellos de acuerdo con el flujo de información.
2. **Requerimientos de espacio;** se realizan las mediciones y los cálculos necesarios para determinar el espacio que se necesita por cada área y

verificar la disponibilidad del espacio total. Las medidas se deben dar en metros cuadrados o en pies y se sugiere que la forma de los departamentos sea un rectángulo o bien un cuadrado perfecto.

3. **Relaciones de espacio para la distribución;** se elaboran las representaciones de espacio de las áreas y se plasman en un plano al encontrar la ideal. Durante este proceso es importante tener en cuenta la maquinaria y los pasillos que intervienen en el departamento para incluir también las medidas que abarcan. De igual forma se deben incluir las medidas de espacio personal, tales como baños, regaderas, etc. y las de otras áreas que se encuentren dentro de la instalación.
4. **Evaluación de distribución alterna;** se deben evaluar distintas opciones de redistribución para verificar cuál es la que mejor se adapta a los objetivos.
5. **Selección e instalación;** una vez tomada la decisión se procede a la implementación de la mejor opción.

2.4.3 Determinación de materiales y proceso de elaboración (Análisis producto-cantidad)

Este primer paso es fundamental para el desarrollo del proyecto, ya que gracias a esto es posible elegir el tipo de distribución que se adecue a las necesidades. Se debe de conocer que es lo que se va a producir y en qué cantidades, para esto se pueden utilizar algunas herramientas como una lista de materiales, o en dado caso un histograma.

- **Lista de materiales;** es una técnica de planificación que se utiliza para tener una descripción detallada de todos los materiales que interactúan en la elaboración de un producto.
- **Histograma;** es un gráfico en forma de barras, donde se muestra la frecuencia de los resultados obtenidos mediante determinados intervalos.

2.4.4 Análisis del flujo de materiales.

Para este apartado se pretende conocer con detalle todo acerca del proceso al cual se somete el producto, desde el inicio de las operaciones hasta el final, así como los tiempos, distancias y cantidades que se necesitan.

2.4.4.1 Diagrama de flujo

Es una tabla donde se representan los datos del proceso de producción, abarca operaciones, inspecciones, transporte, almacenamiento y demoras y es de gran utilidad al momento de determinar costos ocultos.

Además de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo del proceso también muestra todos los retrasos en el movimiento y el almacenamiento que experimentan los materiales a medida que pasan por la planta. Por lo que cuenta con varios símbolos para la representación de las diferentes actividades.


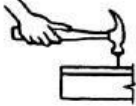


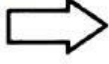
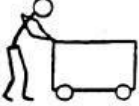














Operación  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
Transporte  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
Almacenamiento  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
Retrasos  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
Inspección  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Figura 2.4.4.1 Símbolos utilizados en el diagrama de flujo.

2.4.4.2 Diagrama de ensamble

Es un gráfico en donde se representa la secuencia de actividades dentro de un proceso identificándolos mediante determinados símbolos. En él se incluye información sobre el montaje de productos a partir de sus componentes.

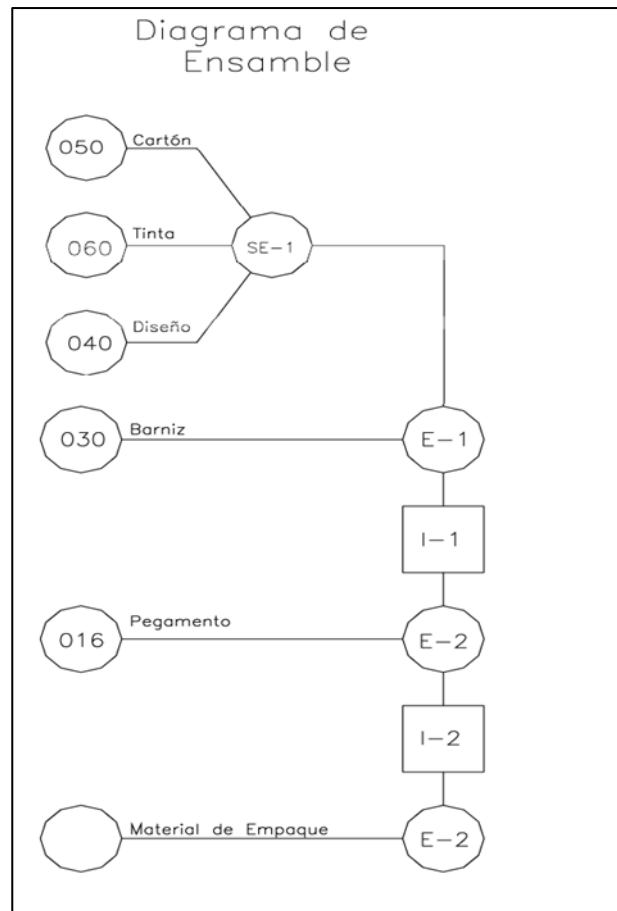


Figura 2.4.4.2 Ejemplo de diagrama de ensamble.

2.4.4.3 Diagrama de precedencia

Este diagrama se utiliza para vincular la secuencia de actividades que se realizan en el proceso y determinar el adecuado orden de estas. Las actividades están representadas por nodos y vinculadas gráficamente a través de una o más relaciones lógicas para indicar el orden en el que deben realizarse las actividades.

Hay formas para indicar la relación entre un par de actividades:

- La actividad B (sucesora) puede comenzar cuando A (predecesora) termina.
- La actividad B no puede comenzar hasta que A haya comenzado.
- La actividad B no puede finalizar hasta que A finalice.

Si existe una relación entre varias actividades, la actividad sucesora puede empezar hasta el término de la última de las predecesoras.

2.4.4.4 Matriz origen-destino

Este diagrama sirve para analizar el movimiento de la materia prima principal entre los distintos departamentos y observar cual es la relación entre ellos o si es inexistente. Se especifica la cantidad de material que se mueve entre los departamentos de manera matricial. Existen departamentos por los cuales no hay un movimiento del material, pero eso no representa que no existe una relación entre ellas, solo que no es muy significativa.

Origen \ Destino	Acab.	Alm. Car.	Alm. Pel.	Alm. Tint.	A. Carg.	Bañ. Obr.	Bod. Vir.	Com. Cal.	Dep. Bas.	Desb.	Des. de MP	Emb. PT	Fota.	Inpr.	Ofic. Adm.	Of. Emb.	Ofic. Sup.	Peg.	Peg. Man.	Tall. Mec.	Vest.
Acabados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Almacén Cartón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5	0	0	0	0	0	0	0
Almacén de Película	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Almacén de Tintas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Área de Carga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bañes Obreros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bodega Viruta	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Control Calidad	0	0	0	0	3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depósito Basura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Descarte	0	0	0	0	0	0	0.2	3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.65	1.65	0	0
Desembalaje de MP	0	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Embarque de PT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fotofin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inyección	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ofic. A. adm. is.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oficina Embarques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oficina Supervisión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pegado	0	0	0	0	0	0	0	1.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pegado Manual	0	0	0	0	0	0	0	1.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taller Mecánico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vestidores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 2.4.4.4 Diagrama desde-hasta.

2.4.5 Análisis de relaciones entre actividades.

Diagrama de relación de actividades; es un análisis que tiene como objetivo establecer las relaciones existentes entre cada departamento, otorgándole un valor que relacione la distancia y la importancia de las acciones que realizan.

2.4.6 Determinación de los requerimientos de espacio (Método Guerchet).

Para realizar el cálculo de los espacios físicos que se requieren la planta para la producción se necesitan identificar la cantidad de máquinas, tanto móviles como fijas, y para cada una de ellas calcular la superficie estática, gravitacional y de evolución. Mediante la fórmula que arroja el método de Guerchet.

$$St = N(Ss + Sg + Se)$$

- ST = Superficie total.
- Ss = Superficie estática.
- Sg = Superficie de gravitación
- Se = Superficie de evolución.

2.4.6.1 Superficie estática.

Se refiere al área que ocupan los elementos, máquinas o equipo instalados dentro del terreno. Para obtener el largo y ancho de la máquina se consideran todos los elementos que tenga como si como bandejas, palancas, pedales, entre otros.

$$St = N(Ss + Sg + Se)$$

2.4.6.2 Superficie gravitacional.

Esta superficie se obtiene para cada elemento, multiplicando la superficie estática (Ss) por el número de lados a partir de los cuales las máquinas deben ser utilizados por el operario o por el material que se requiere para el proceso.

$$Sg = Ss \times n$$

- **n:** número de lados

2.4.6.3 Superficie de evolución.

Es la superficie requerida para el movimiento alrededor de la máquina ya sea por el operario, los materiales o medios de transporte. 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.

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

Cálculo de K:

$$k = \frac{h_1}{2h_2}$$

$$h_1 = \frac{\sum_{i=1}^r Ss_i N h}{\sum_{i=1}^r Ss_i N h}$$

- **h_1** : altura promedio ponderada de los elementos móviles.
- **r**: variedad de elementos móviles.
- **Ss**: superficie estática de cada elemento.
- **h**: altura del elemento móvil.
- **N**: número de elementos móviles de cada tipo.

$$h_2 = \frac{\sum_{i=1}^r Ss_i N h}{\sum_{i=1}^r Ss_i N h}$$

- **h_2** : altura promedio ponderada de los elementos móviles.
- **r**: variedad de elementos móviles.
- **Ss**: superficie estática de cada elemento.
- **h**: altura del elemento móvil.
- **N**: número de elementos móviles de cada tipo.

Consideraciones en el cálculo de superficies

- Para los operarios se considera una superficie estática de $0,5 \text{ m}^2$ y una altura promedio de $1,65 \text{ m}$.
- Los almacenes debidamente separados de las áreas de proceso, mediante paredes, mallas, entre otros, no forman parte del análisis Guerchet.
- Para el cálculo de la superficie que hay que asignar a los puntos de espera del material ubicados en las áreas de proceso, solo se considera la superficie estática y de evolución.

2.5 Alternativas.

Las alternativas se desarrollan a partir de la obtención del área específica de los distintos departamentos.

2.6 Evaluaciones.

Antes de realizar la selección de una alternativa es necesario elaborar una serie de evaluaciones, con las cuales se confirmará cual es la opción con mayor eficiencia.

2.6.1 Evaluación por Adyacencia de Departamentos.

Para la elaboración de esta evaluación se debe tomar como base el diagrama de relaciones anteriormente echo, con el cual se le asignan valores a cada departamento que se encuentre adyacente a otro. Estos valores se definen como:

$$\mathbf{A= 20}$$

$$\mathbf{E= 15}$$

$$\mathbf{I= 10}$$

$$\mathbf{O= 5}$$

$$\mathbf{U= 0}$$

El número de relaciones cumplidas se multiplica por la calificación que se le otorga al tipo de relación y se suma el total de cada una de estas operaciones para compararse con el 100% de eficiencia del diagrama de relaciones obteniendo la eficiencia de la alternativa mediante el uso de una regla de 3.

2.6.2 Evaluación de la Forma de los Departamentos.

Uno de los requerimientos de esta evaluación es que la forma de los departamentos sea lo más rectangular posible sin que este muy angosta. La forma es muy importante ya que gracias a esta la distribución y el flujo de materiales se dará de manera más armoniosa.

Primeramente, se debe determinar el área total del departamento, luego el perímetro de este para poder resolver la fórmula para la evaluación de los departamentos, la cual es:

$$F = \frac{P}{4\sqrt{A}}$$

2.6.3 Evaluación por Costo de Manejo de Materiales

[2] En este tipo de evaluación se obtendrá la eficiencia de la distribución de planta con respecto a los costos totales, realizando la sumatoria del producto de tres factores:

- Costo de manejo de materiales entre los departamentos
- Cantidad de material que se transporta
- Distancia recorrida de un departamento a otro

En el caso de la empresa “Grabado en cristalería y cerámica” no se tienen costos por manejo de materiales. Debido a que los materiales, al ser pequeños y ligeros, los trasladan los empleados sin necesidad de algún transporte extra como montacargas, bandas, diablitos, entre otros. La cantidad del material que se transporta se toma del diagrama origen-destino, donde nos proporciona cuanto material se transporta de un departamento a otro.

La distancia recorrida se calcula en base a los departamentos que se relacionan en el diagrama origen-destino, y la fórmula de distancia entre dos puntos, llamada Euclídea, dicha fórmula para dos dimensiones se representa como:

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Esta fórmula se utiliza solo para los departamentos que no cuentan con obstrucciones entre sí, como lo es alguna pared, pero en el caso del espacio físico que se cuenta para la empresa, hay paredes que separen a los departamentos. Se necesita utilizar otro tipo de métrica para el cálculo de la distancia, la cual lleva el nombre de contorno lateral. Dicha métrica se calcula como la suma del recorrido que debe realizar el material entre dos actividades a lo largo de los pasillos que rodean las actividades existentes (figura 2.6.3).

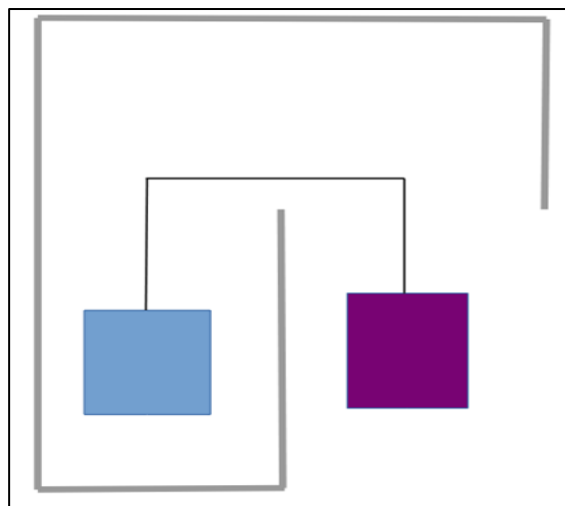


Figura 2.6.3. Ejemplo de contorno lateral.

El costo total se obtiene de la siguiente formula:

$$C = \sum C_{ij} F_{ij} D_{ij}$$

C_{ij} = Costo de manejo de materiales entre los departamentos desde i hasta j .

F_{ij} = Cantidad de material que se transporta desde i hasta j .

D_{ij} = Distancia recorrida de un departamento a otro desde i hasta j .

CAPÍTULO III.
METODOLOGÍA

3.1 Proceso de trabajo de sandblasteado.

Descripción general de las actividades.

1. Llegada de materia prima.

Se realiza el arribo de las cajas de tazas y se trasladan al almacén de materia prima.

1. Diseño de impresión.

Mediante el programa Corel Draw se realiza el diseño que tendrá el producto y la imagen resultante se procesa con un plotter en el vinilo de corte.

2. Depilado.

Con un punzor se realiza el proceso de depilado retirando las partes del vinilo que le darán el diseño establecido al producto durante el proceso de sandblasteado.

3. Verificación del producto.

Se realiza una observación del producto que arribó para detectar anomalías o producto fallido.

4. Preparación.

El vinil se adhiere a el producto mediante el uso de una lamilla llamada trasportador y se le agrega una protección de cinta canela a todo el producto para que la arena no marque lo que no está dentro del área designada.

5. Producción.

Una vez preparado el producto se traslada a la sandblasteadora para iniciar el proceso de grabado.

6. Retiro de adhesivo.

Cuando finaliza el proceso de sandblasting se traslada el producto a una tinaja de agua y después de 24 horas en humedecimiento se procede a realizar el retiro del adhesivo y el vinilo con la ayuda de un cutter.

7. Proceso de deshumedecimiento.

Posteriormente el producto es secado por completo con ayuda de una franela.

8. Control de calidad.

En esta etapa se verifica que el producto no presente defectos por el proceso de Sanblasteadado

9. Decorado.

Después del proceso anterior, se realiza el decorado del producto utilizando tinta para vitral.

10. Empaquetado.

Una vez que el producto haya finalizado su proceso se dispone a realizar el empaquetado resguardándolos individualmente dentro de su caja y entregarlos al cliente.

3.2 Lista de materiales para el sandblasteado.

En la siguiente lista se realiza una descripción de todos los materiales que son necesarios para el proceso de elaboración del producto (tabla 3.2).

LISTA DE MATERIALES

Compañía: Grabado en cristalería y cerámica	Elaborado por:	Tiffany Alondra Ravell Delgado Rosa Aurora Cortes Velasco
Producto: Cristalería.	Fecha: 16-03-2020	

Nivel	No. Parte	Nombre de parte	Cant. /Unidad	Hacer/comprar
0	17	Caja del producto	1	Hacer
1	16	Caja	1	Comprar
1	15	Producto final	1	Hacer
2	14	Pintura vitral	1	Comprar
2	13	Producto monocromático	1	Hacer
3	12	Cutter	1	Comprar
3	11	Agua	1	Comprar
3	10	Producto sanblasteado	1	Hacer
4	9	Arena sílica	1	Comprar
4	8	Producto preparado	1	Hacer
5	7	Cinta	1	Comprar
5	6	Producto diseñado	1	Hacer
6	5	Transportador	1	Comprar
6	4	Punzor	1	Comprar
6	3	Vinilo procesado	1	Hacer
7	2	Diseño de impresión	1	Hacer
7	1	Vinilo de corte	1	Comprar

Tabla 3.2 Lista de materiales Elaboración propia.

3.2.1 Diagrama de lista de materiales del proceso de sandblasteado.

A partir de la lista de materiales se puede elaborar un diagrama que permite comprender, de manera simple, en cuantos niveles se encuentra dividido el proceso y que actividades comprende cada uno de ellos (figura 3.2.1).

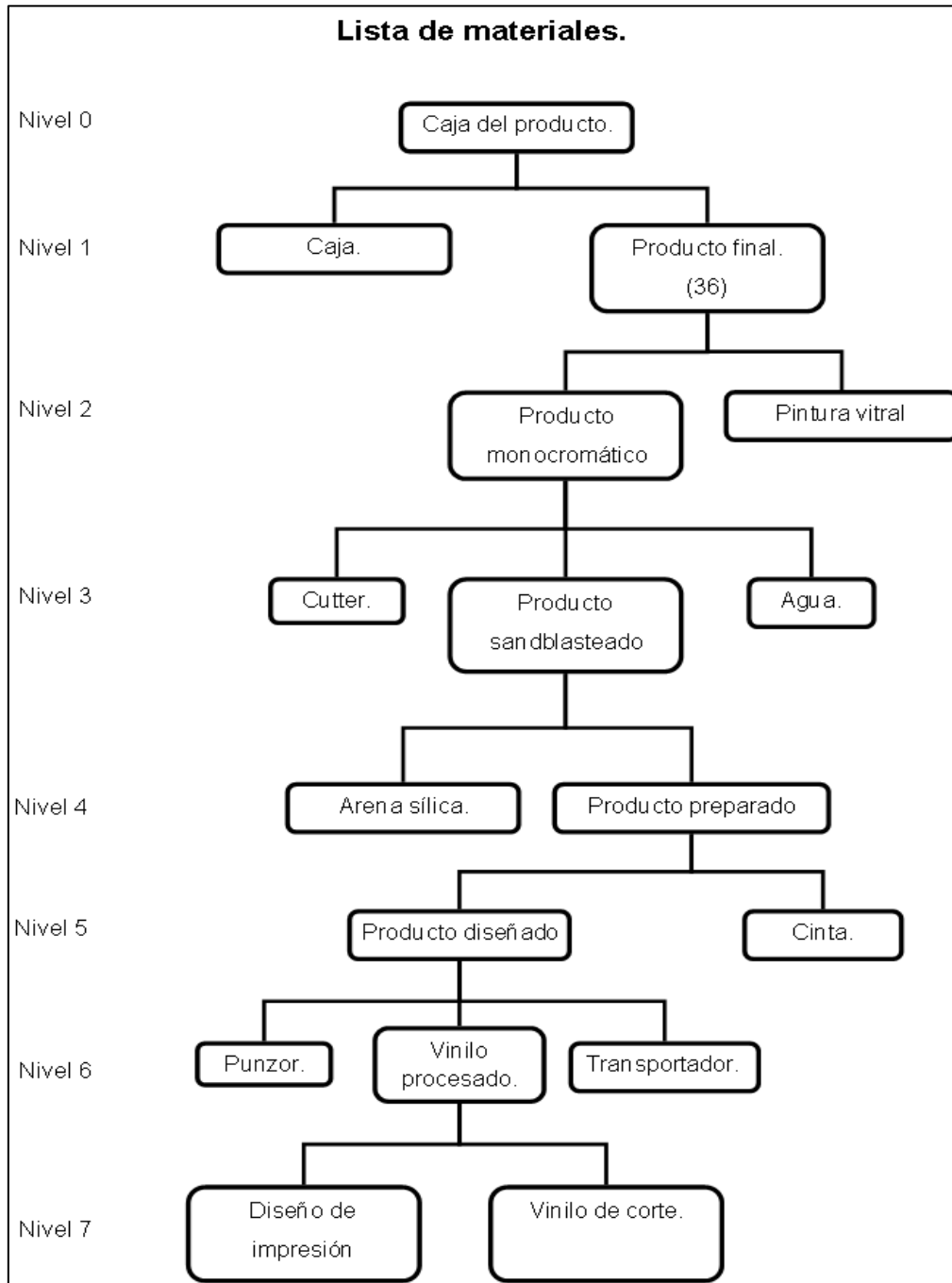


Figura 3.2.1 Diagrama de lista de materiales Elaboración propia.

3.3 Diagrama de ensamble de sandblastado del producto.

Mediante este diagrama se establece la secuencia de actividades que permiten el montaje a partir de los componentes principales (figura 3.3).

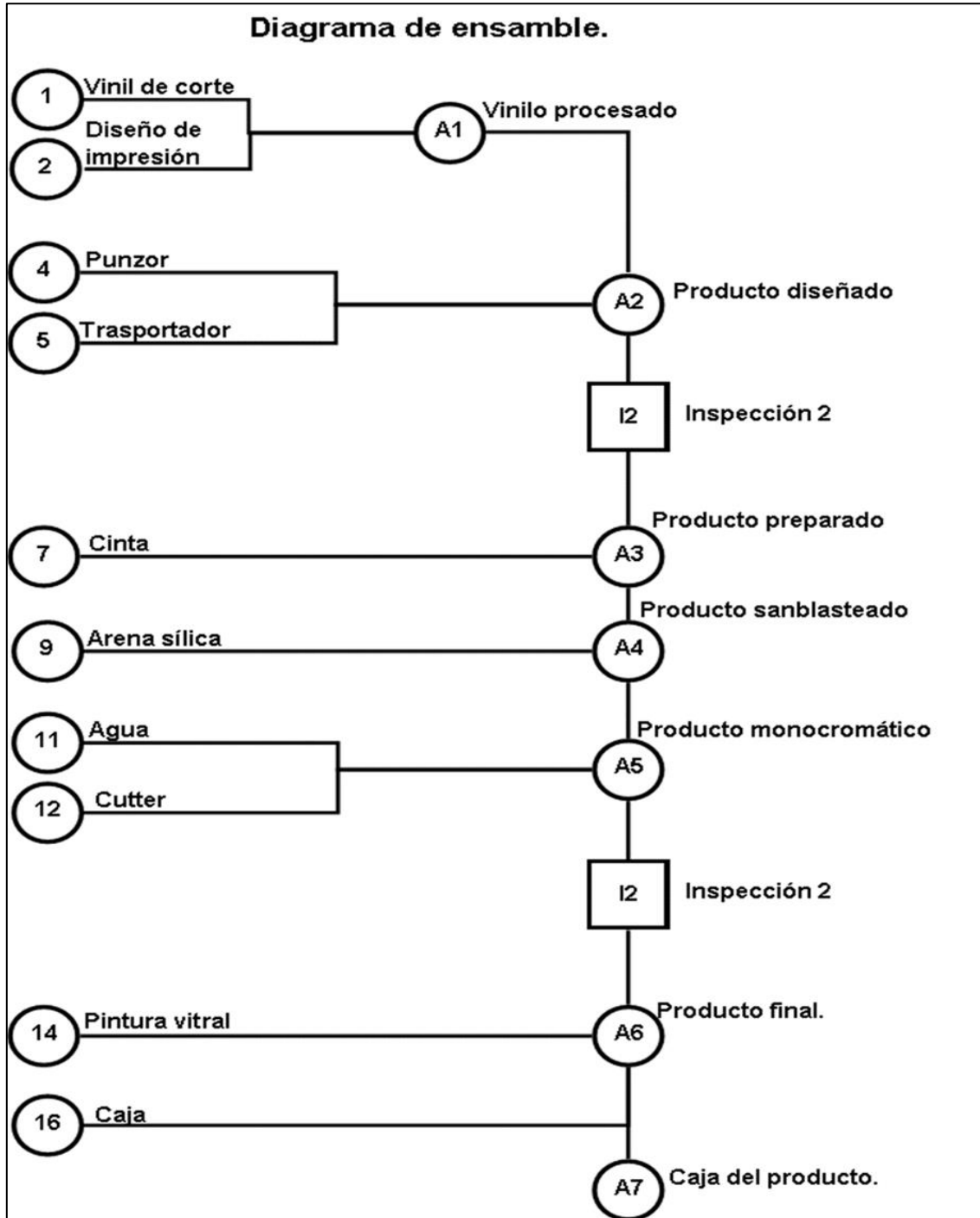


Figura 3.3 Diagrama de ensamble Elaboración propia.

3.4 Diagrama de flujo del proceso de sandblasteado.

Con el objetivo de representar los datos del proceso de manera específica y determinar si existen operaciones que afecten el tiempo o los costos dentro del mismo, se obtuvo un diagrama de proceso que permite identificar si existe alguna de estas situaciones (figura 3.4).

Ubicación: Grabado en cristalería y cerámica S.A.				Resumen		
Actividad: Grabado en cristalería y cerámica				Evento	Presente	
Fecha: 01-06-2020				Operación	9	
Operador: CJTS		Analista: TARD		Transporte	7	
Encierre en un círculo el método y tipo apropiado				Retrasos	1	
Método:	Presente	Propuesto		Inspección	2	
Tipo:	Trabajador	Material	Máquina	Almacenamiento	1	
Comentarios:				Tiempo (min)	1549.06	
				Distancia (mts)	79.7	
				Costo		
Descripción de los eventos	Símbolo			Tiempo (en minutos)	Distancia (en metros)	
Hacia almacén de materia prima	●	→	■	▼	0.46	17
Verificación del producto	●	→	■	▼	16	
Diseño de impresión	●	→	■	▼	20	
Corte de vinilo	●	→	■	▼	5	
Hacia el área de depilado	●	→	■	▼	0.20	8
Depilado de vinilo	●	→	■	▼	30	
Hacia el área de preparación	●	→	■	▼	0.12	4.5
Preparación del producto	●	→	■	▼	180	
Hacia la sandblasteadora	●	→	■	▼	11.75	29.5
Grabado en arena	●	→	■	▼	180	
Traslado a humedecimiento	●	→	■	▼	0.95	
Humedecer por 12 horas	●	→	■	▼	720	
Retiro de cinta y vinilo	●	→	■	▼	108	
Hacia secado	●	→	■	▼	0.06	2.1
Proceso de deshumedecimiento	●	→	■	▼	72	
Hacia decorado	●	→	■	▼	0.24	8.6
Control de calidad	●	→	■	▼	18	
Decorado	●	→	■	▼	180	
Empaquetado	●	→	■	▼	6	
Hacia almacén de PT	●	→	■	▼	0.28	10
Almacenamiento de PT	●	→	■	▼		

Figura 3.4 Diagrama de flujo Elaboración propia.

3.5 Diagrama de precedencia de proceso de sandblasteado.

En el siguiente diagrama (figura 3.5), se describe de manera gráfica la secuencia en la que se encuentran ligadas las actividades permitiendo así conocer que actividades tienen una dependencia directa con alguna otra y cuáles son sus precedentes y antecedentes respectivamente.

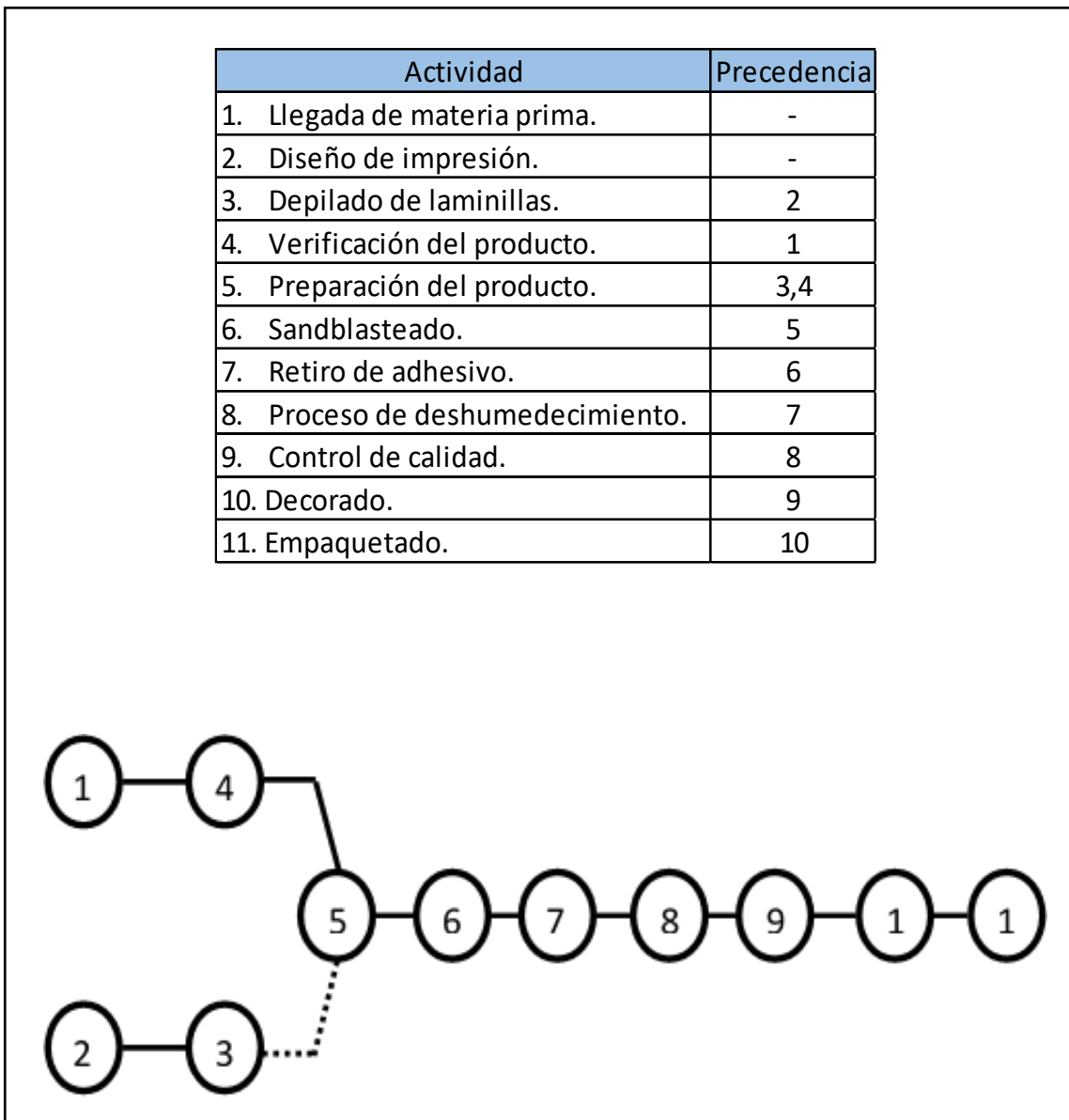


Figura 3.5 Diagrama de precedencia Elaboración propia.

3.6 Diagrama Desde-hasta del material a sandblastear.

Para poder realizar un análisis entre el movimiento de la materia prima y los departamentos que tienen una mayor interacción entre ellos se ejecuta un diagrama matriz (figura 3.6), que permite conocer la importancia entre cada departamento y sus relaciones.

		Departamentos										
		Almacén de materia prima	Diseño	Depilado	Preparación	Producción	Humedecimiento	Secado	Decorado	Almacén de producto terminado	Estacionamiento	Baños

Matriz Origen-Destino.

ORIGEN. DESTINO.	Almacén de materia prima	Diseño	Depilado	Preparación	Producción	Humedecimiento	Secado	Decorado	Almacén de producto terminado	Estacionamiento	Baños
	Almacén de materia prima				108						
Diseño											
Depilado											
Preparación		1			107						
Producción						107					
Humedecimiento							107				
Secado		1						106			
Decorado									106		
Almacén de producto terminado										106	
Estacionamiento	108										
Baños											

Figura 3.6 Matriz origen-destino Elaboración propia.

3.7 Diagrama de relación de actividades entre los departamentos.

En el siguiente diagrama (figura 3.7) se analiza la relación que existe entre cada departamento y se establece cuál es el grado de importancia al que corresponde dicha relación.

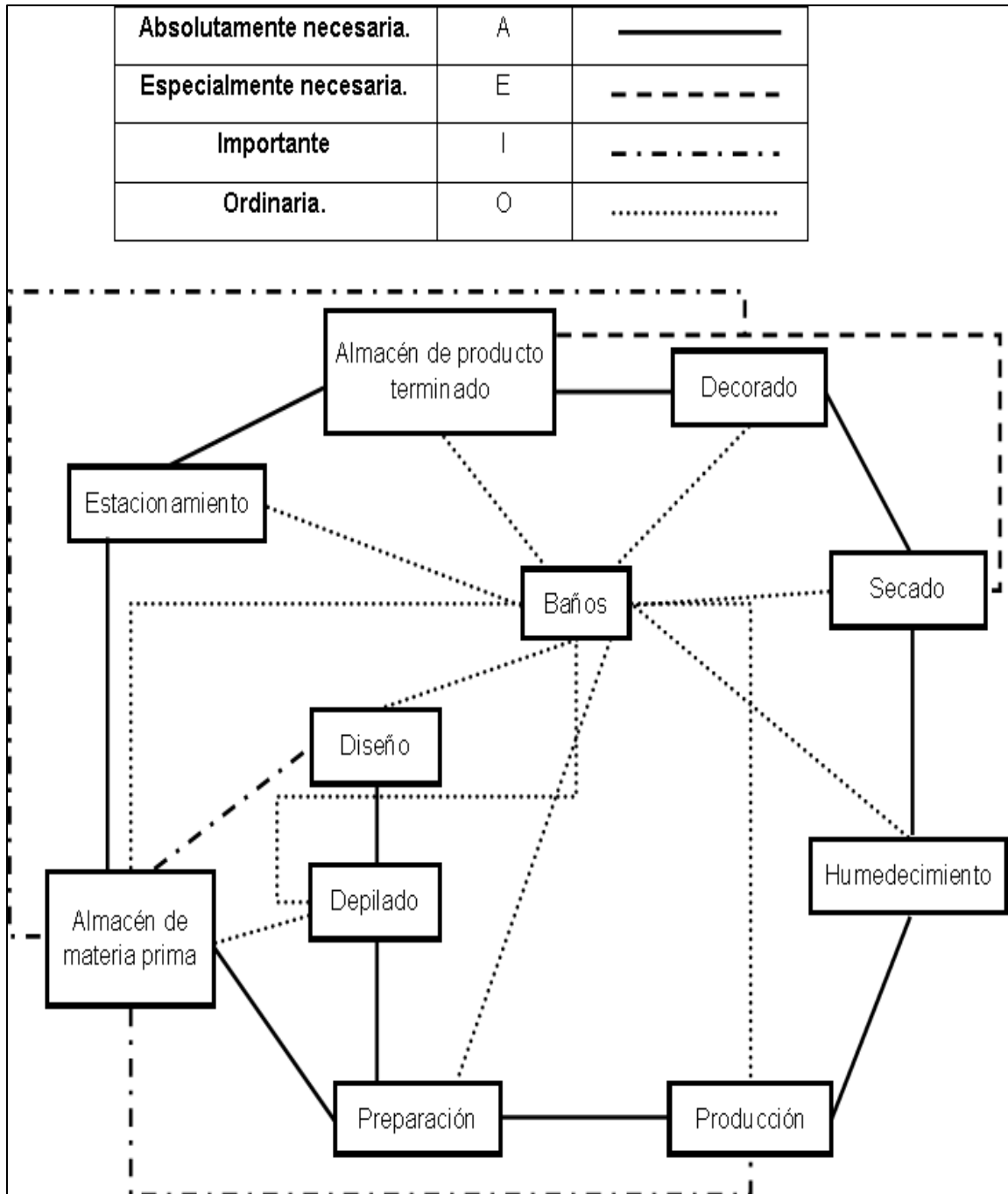


Figura 3.7 Diagrama de relación de actividades Elaboración propia.

3.8 Diagrama de relaciones de los departamentos.

El diagrama de relación de la figura 3.8, permite determinar qué es lo que tienen en común ciertos departamentos y cuál es la importancia que tiene cada uno de acuerdo a determinados criterios establecidos.

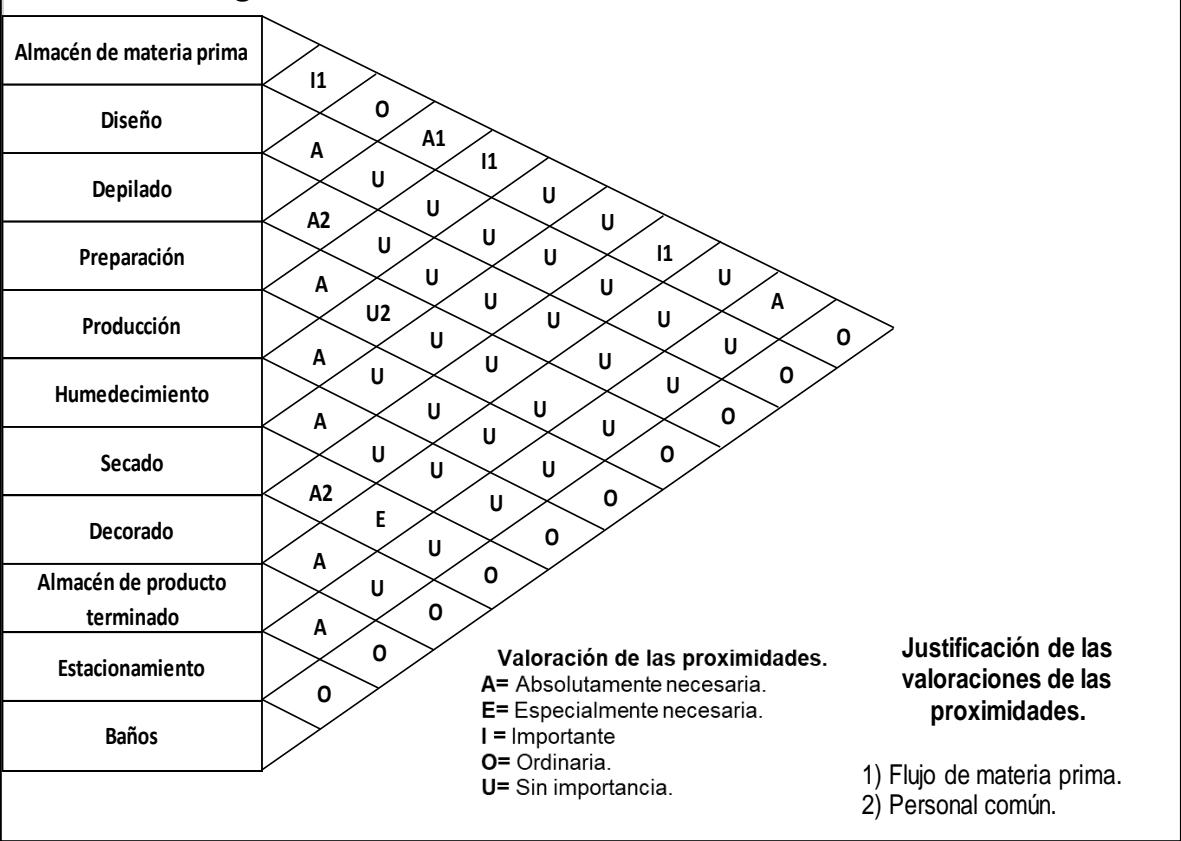


Figura 3.8 Diagrama de relaciones Elaboración propia.

3.9 Determinar requerimientos de espacio.

3.9.1 Cálculo de espacios físicos.

Utilizando el método de Guerchet se realiza el cálculo de cada uno de los elementos dentro del espacio físico en la empresa, que hay tanto estáticos como móviles. Obteniendo la superficie total que necesita cada uno y también la superficie que debe tener la empresa para que cada elemento encaje adecuadamente (figura 3.9.1).

	Maquinas	N	n	Largo	Ancho	Altura	Ss	Sg	(Ss)(h)(N)	(SS)(N)	Se	k	St	(St)(n)
Elementos estaticos	Compresor	1	1	1.867	1.35	0.95	2.52	2.52	2.39	2.52	4.55	0.90	9.59	9.59
	Sanbladsteador	1	2	0.75	0.65	1.4	0.49	0.98	0.68	0.49	1.32	0.90	2.78	2.78
	Cilindro de arena	1	1	0.98	0.86	1.62	0.84	0.84	1.37	0.84	1.52	0.90	3.21	3.21
	Plotter	1	1	1.26	0.715	0.9	0.90	0.90	0.81	0.90	1.63	0.90	3.43	3.43
	Baños	2	1	0.72	0.45	0.85	0.32	0.32	0.55	0.65	0.59	0.90	1.23	2.47
	Silla	6	1	0.55	0.4	0.85	0.22	0.22	1.12	1.32	0.40	0.90	0.84	5.02
	Mesa	2	2	0.8	0.8	0.72	0.64	1.28	0.92	1.28	1.73	0.90	3.65	7.31
	Mesa	3	1	0.8	0.8	0.72	0.64	0.64	1.38	1.92	1.16	0.90	2.44	7.31
	Lavabo	2	1	0.45	0.55	0.8	0.25	0.25	0.40	0.50	0.45	0.90	0.94	1.88
	Escritorio	1	1	1.21	0.48	1.44	0.58	0.58	0.84	0.58	1.05	0.90	2.21	2.21
	Tinaja	1	1	0.9	0.9	0.4	0.81	0.81	0.32	0.81	1.46	0.90	3.08	3.08
Elementos moviles	Operario	5				1.65	0.50	0.00	4.13	2.50		0.90		0.00
													Total=	48.29

$$hem = \frac{4.13}{2.5} = 1.65$$

$$hee = \frac{10.79}{11.81} = .91$$

$$k = \frac{1.65}{2(.91)} = 0.9029$$

Figura 3.9.1 Cálculo de espacios físicos. Elaboración propia.

3.9.2 Áreas requeridas por cada departamento.

Con ayuda de los cálculos anteriores se efectúa la suma de las áreas de cada elemento que hay en cada departamento, obteniendo el área requerida por departamento (figura 3.9.2).

DEPARTAMENTO	MÁQUINAS	ÁREA	TOTAL DE ÁREA
DISEÑO	Silla	0.84	8.92
	Mesa	2.44	
	Escritorio	2.21	
	Plotter	3.43	
DEPILADO	Mesa	3.65	5.33
	Sillas	1.68	
PREPARACIÓN	Mesa	3.65	5.33
	Sillas	1.68	
PRODUCCIÓN	Compresor	9.59	15.58
	San blasteadora	2.78	
	Cilindro de arena	3.21	
HUMEDECIMIENTO	Tinaja	3.08	3.08
SECADO	Mesa	2.44	2.44
DECORADO	Silla	0.84	3.28
	Mesa	2.44	
REQUERIMIENTOS DE ESPACIO PERSONAL .			
DEPARTAMENTO.	ÁREA.	TOTAL.	
ESTACIONAMIENTO	35	43	
BAÑOS	8		
OTRAS ÁREAS.			
DEPARTAMENTO.	ÁREA.	TOTAL.	
Almacén de MP	4	8	
Almacén de PT	4		

Figura 3.9.2 Total de áreas requeridas. Elaboración propia.

Las medidas establecidas en las tablas están dadas en m², por lo tanto, el espacio necesario para la planta es de 95 m², y el área total de la instalación es de 340 metros (20x17), por lo cual se establece que el espacio disponible es adecuado para realizar una redistribución de manera libre.

3.10 Diagrama de relación de espacios de los departamentos.

En el siguiente diagrama (figura 3.10), se exponen las relaciones que hay entre los departamentos, pero ya con las medidas a escala de cada uno las cuales se determinaron anteriormente con el método de Guerchet. Se puede observar de una manera adecuada la forma que podría tener cada departamento dentro de la empresa.

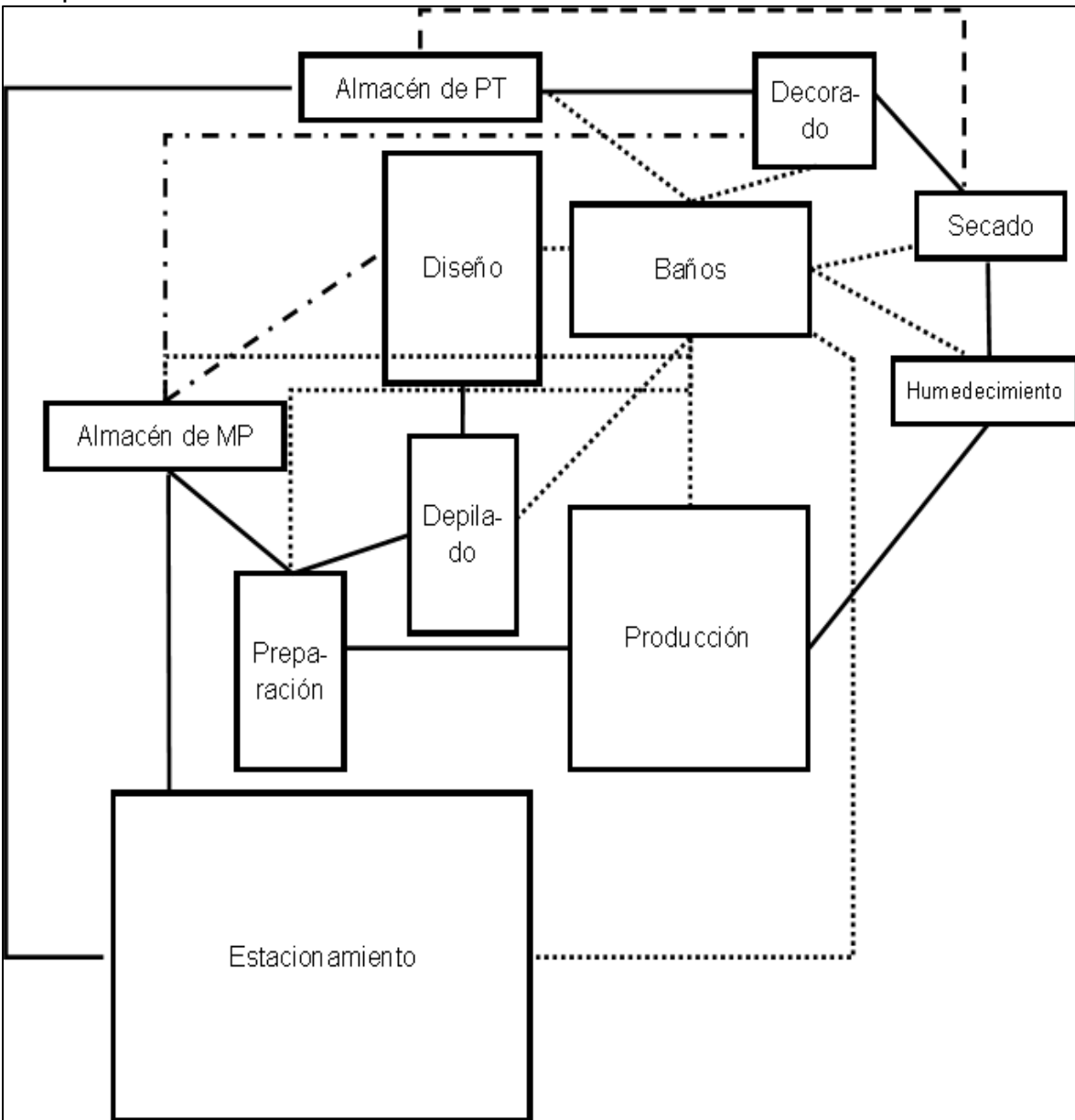


Figura 3.10 Diagrama de relación de espacios Elaboración propia

3.11 Desarrollo de alternativas.

Un total de cuatro alternativas fueron desarrolladas y en ellas se observa cómo estarían distribuidos los departamentos, recordando que algunos elementos no pueden moverse y que hay infraestructura que puede obstruir el rápido desplazamiento entre departamentos. En la Figura 3.11.1 se puede observar la distribución de la primera alternativa propuesta.

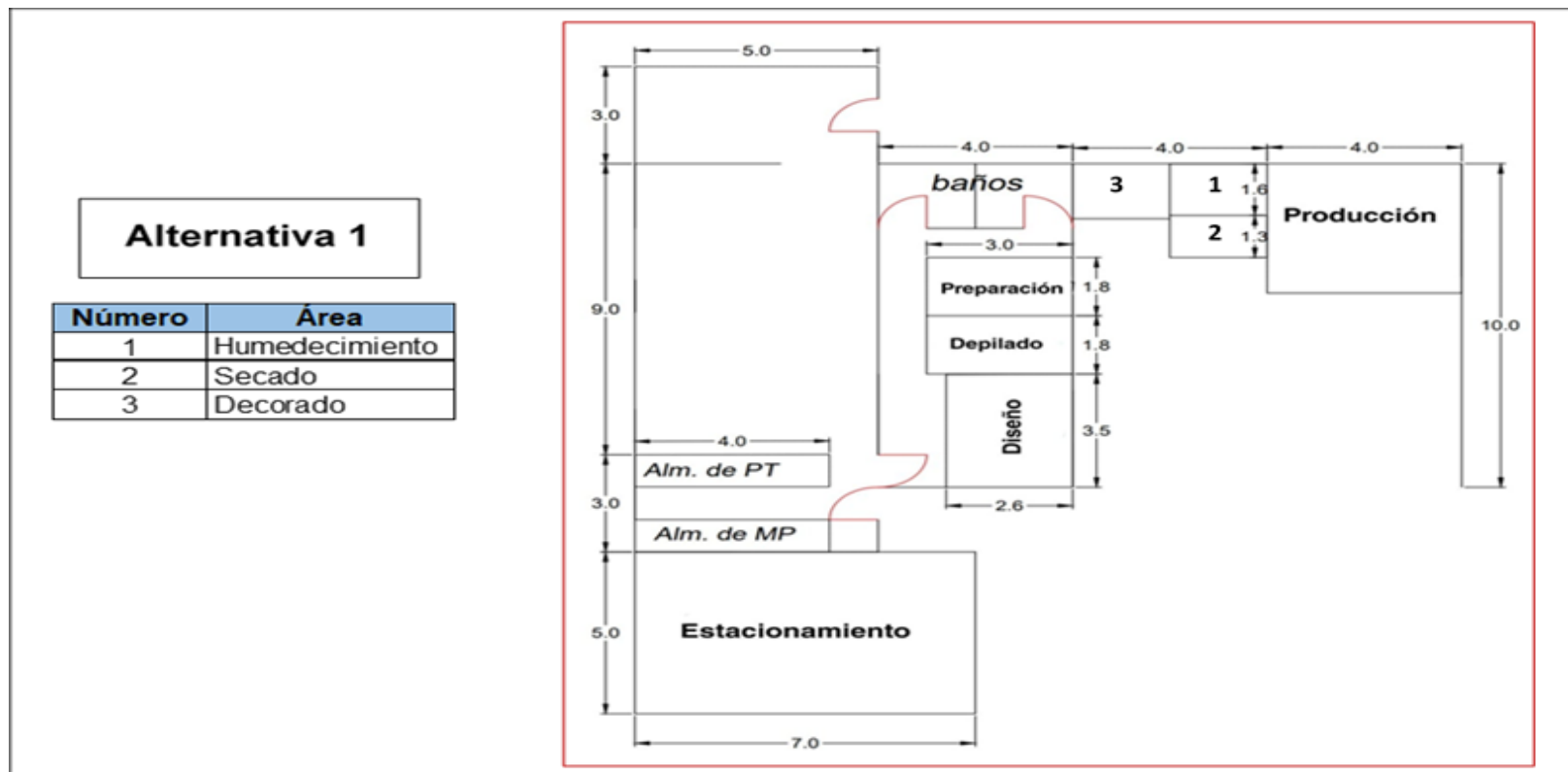


Figura 3.11.1 Alternativa 1 Elaboración propia.

En la Figura 3.11.2 se puede observar que algunos departamentos como el de materia prima o el de decorado cambiaron de ubicación respecto a la primera alternativa para que las distancias entre ambos sean mas cortas.

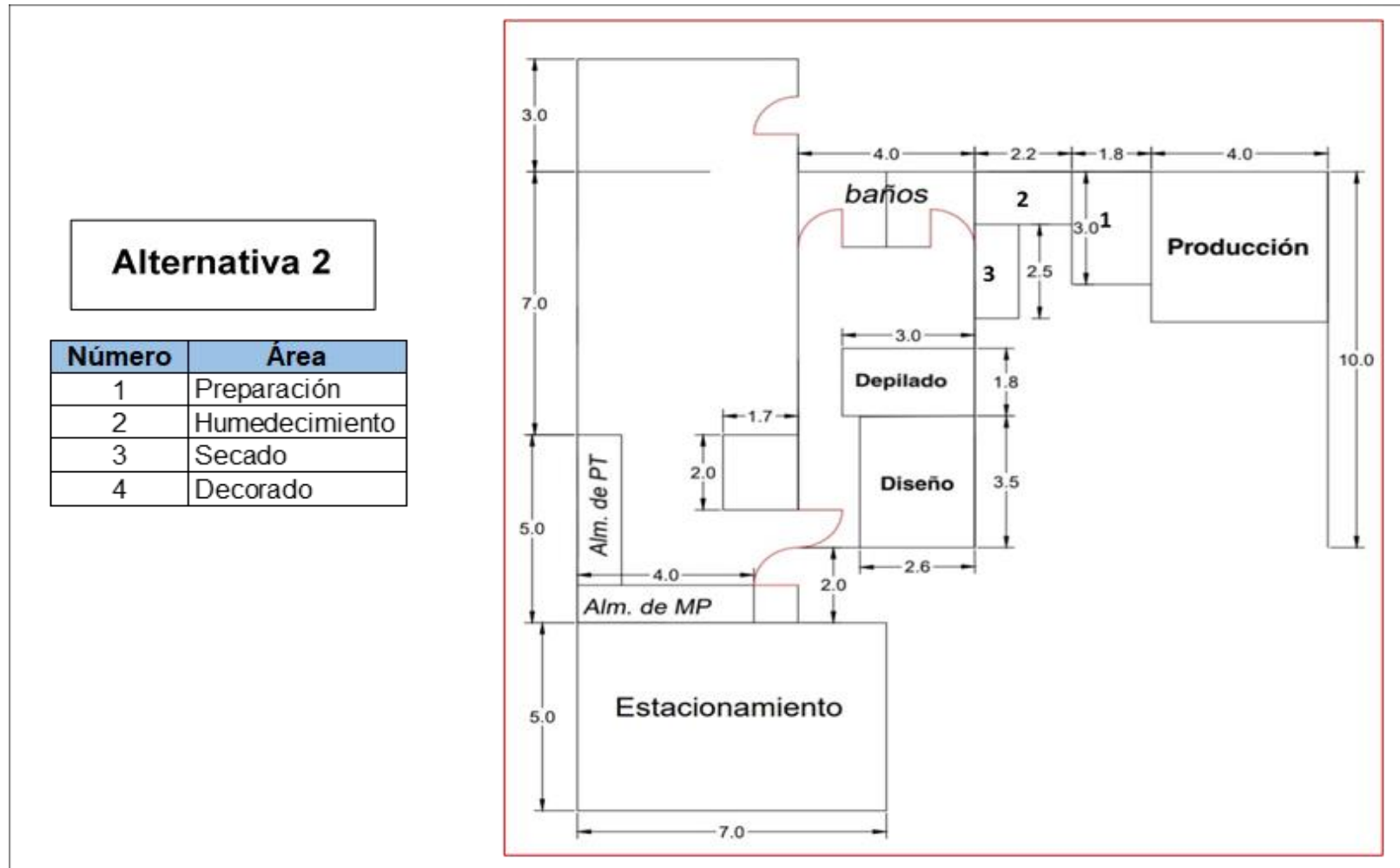


Figura 3.11.2 Alternativa 2 Elaboración propia.

En la Figura 3.11.3 se puede observar que las distancias entre áreas consecutivas se acortaron y se dividieron en secciones de acuerdo a los procesos de cada una.

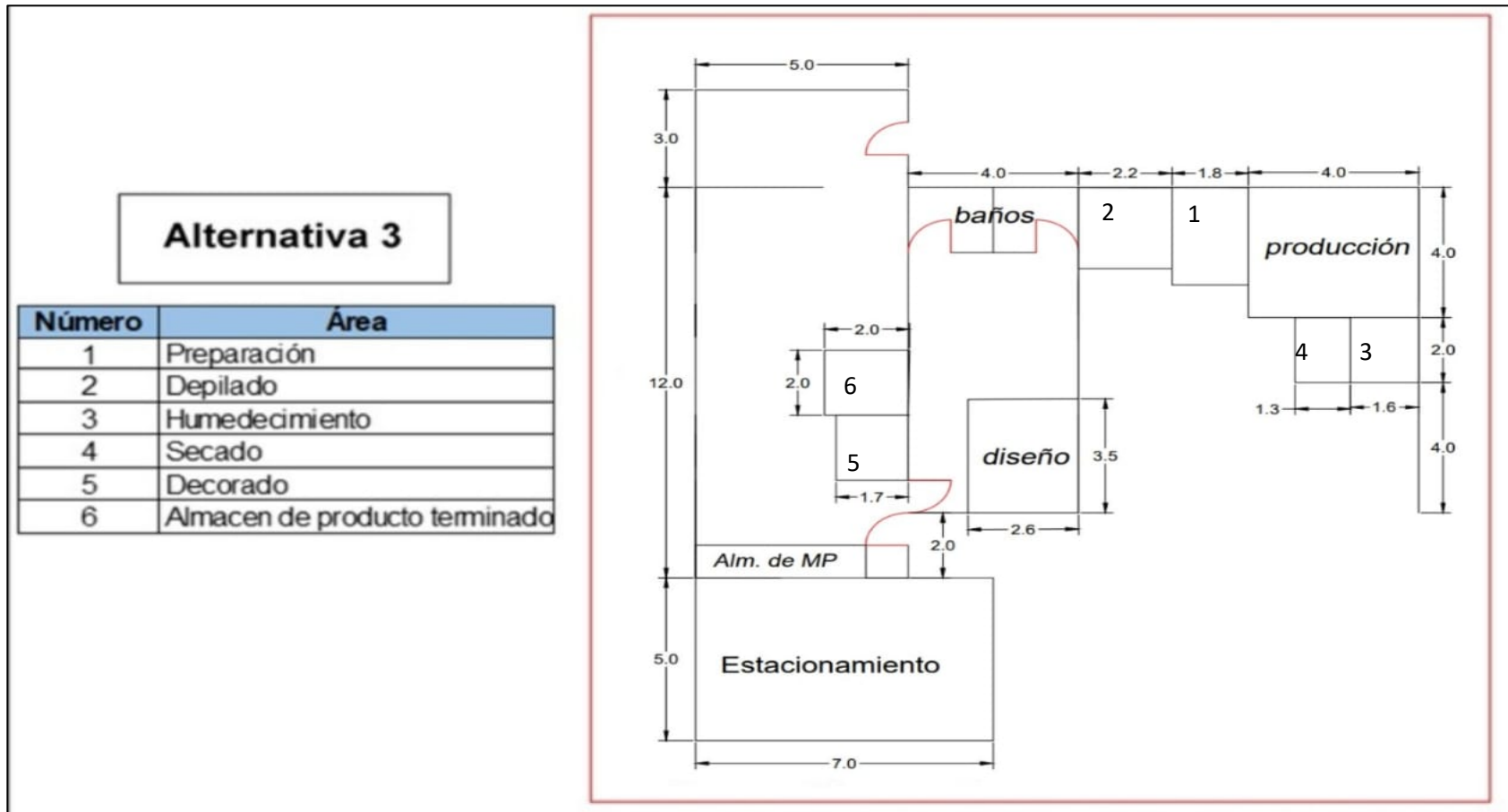


Figura 3.11.3 Alternativa 3 Elaboración propia.

La figura 3.11.4 muestra que los departamentos productivos se centran en una sola área que permite un adecuado flujo de materiales y que mejora las distancias entre todos ellos.

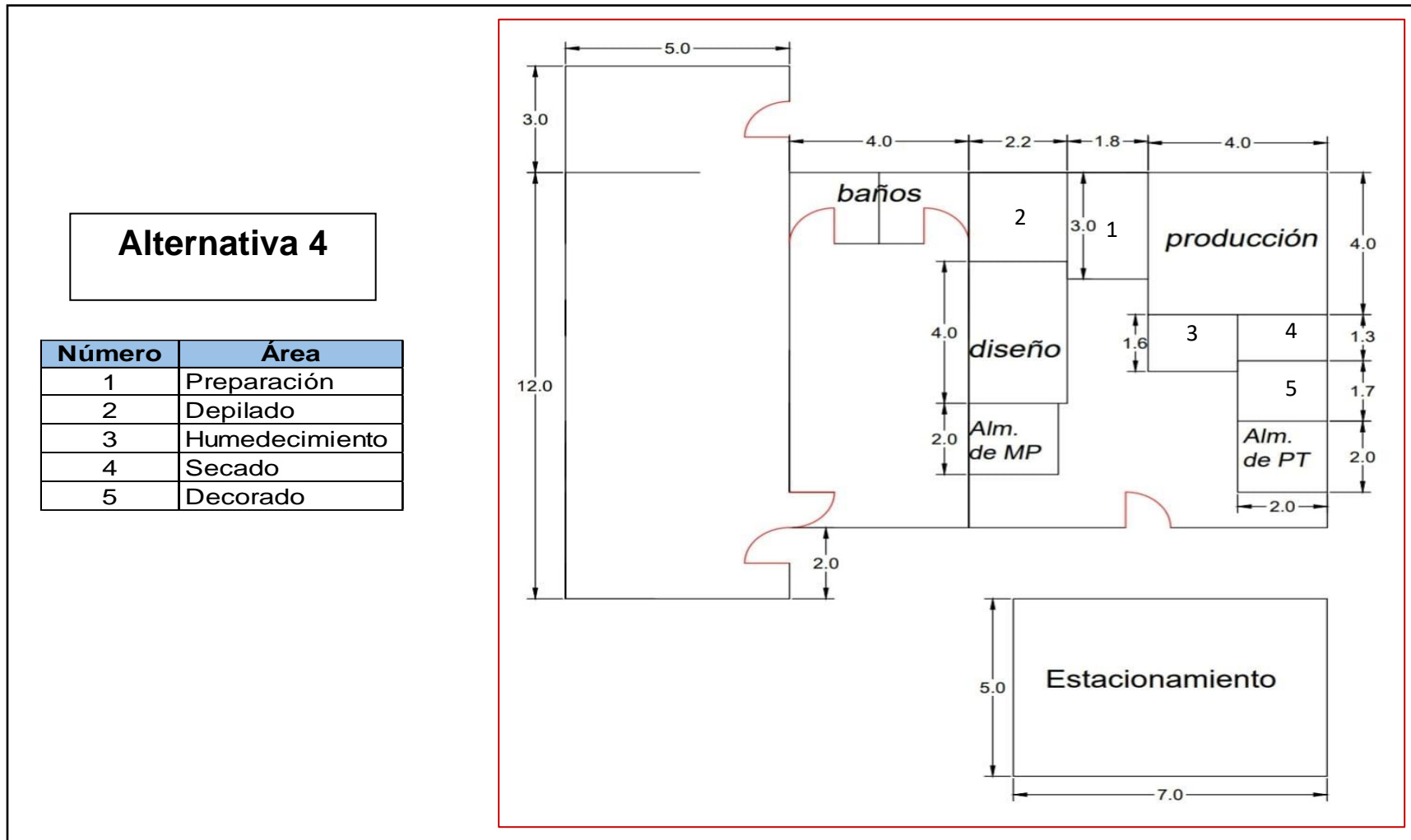


Figura 3.11.4 Alternativa 4 Elaboración propia.

3.12 Cálculos para determinar la eficiencia de las alternativas.

3.12.1 Evaluación por adyacencia.

En esta evaluación se analiza si los departamentos están de manera adyacente, o no. Según del tipo de relación se determina sí se cumplió, y al analizar todas las relaciones, se multiplica el número de relaciones cumplidas por la calificación que tiene cada tipo. Se suma y se obtiene un porcentaje de eficiencia con respecto a todas las relaciones que existen entre los departamentos (tabla 3.12.1).

Distribución	Tipo de relación	Número de relaciones cumplidas	Calificación por relación cumplida	Total	Eficiencia
1	A	5	20	100	33%
	E	0	15	0	
	I	0	10	0	
	O	0	5	0	
	U	0	0	0	
Calificación total				100	
2	A	3	20	60	20%
	E	0	15	0	
	I	0	10	0	
	O	0	5	0	
	U	0	0	0	
Calificación total				60	
3	A	5	20	100	33%
	E	0	15	0	
	I	0	10	0	
	O	0	5	0	
	U	0	0	0	
Calificación total				100	
4	A	7	20	140	46.66%
	E	0	15	0	
	I	0	10	0	
	O	0	5	0	
	U	0	0	0	
Calificación total				40	
Actual	A	2	20	40	13%
	E	0	15	0	
	I	0	10	0	
	O	0	5	0	
	U	0	0	0	
Calificación total				40	

Tabla 3.12.1 Evaluación por adyacencia.

3.12.2 Evaluación por forma de los departamentos.

La evaluación de departamentos se analiza mediante el área y perímetro de cada uno, y con la fórmula (descrita en el tema 2.6.2) para determinar si tiene la forma correcta o no.

En la tabla 3.12.2.1 se encuentran los resultados de la evaluación de cada uno de los departamentos con las formas que tienen en la distribución actual y se observa que todas cumplen con la condición de la forma.

VALOR DE "F" PARA LOS DEPARTAMENTOS DE LA FORMA ACTUAL

DEPARTAMENTO	LARGO	ANCHO	ÁREA	PERÍMETRO	FORMA DPTO.	$1 \leq F \leq 1.4$
ALMACÉN DE MP	4	1	4	10	1.25	SI
DISEÑO	3	1.8	5.4	9.6	1.03279556	SI
DEPILADO	3	2	6	10	1.02062073	SI
PREPARACIÓN	3	2	6	10	1.02062073	SI
PRODUCCIÓN	2	4.5	12	16	1.15470054	SI
	2	1.5				
HUMEDECIMIENTO	2	1	1	6	1.06066017	SI
SECADO	2	2	4	8	1	SI
DECORADO	1.3	2	2.6	6.6	1.02328656	SI
ALMACÉN DE PT	3	1	3	8	1.15470054	SI
ESTACIONAMIENTO	7	5	35	24	1.01418511	SI
BAÑOS	2	2	4	8	1	SI

Tabla 3.12.2.1 Evaluación por forma de la distribución actual.

De acuerdo a los resultados de evaluación de la tabla 3.12.2.2 de la forma de los departamentos, muestra que la alternativa 1 cumple en su totalidad los criterios y condiciones de forma.

VALOR DE "F" PARA LOS DEPARTAMENTOS DE LA ALTERNATIVA 1

DEPARTAMENTO	LARGO	ANCHO	ÁREA	PERÍMETRO	FORMA DPTO.	$1 \leq F \leq 1.4$
ALMACÉN DE MP	4	1	4	10	1.25	SI
DISEÑO	3.5	2.6	9.1	12.2	1.01106515	SI
DEPILADO	1.8	3	5.4	9.6	1.03279556	SI
PREPARACIÓN	1.8	3	5.4	9.6	1.03279556	SI
PRODUCCIÓN	4	4	16	16	1	SI
HUMEDECIMIENTO	2	1.6	3.2	7.2	1.00623059	SI
SECADO	2	1.3	2.6	6.6	1.02328656	SI
DECORADO	2	1.7	3.4	7.4	1.00330337	SI
ALMACÉN DE PT	4	1	4	10	1.25	SI
ESTACIONAMIENTO	7	5	35	24	1.01418511	SI
BAÑOS	2	2	4	8	1	SI

Tabla 3.12.2.2 Evaluación por forma de la alternativa 1.

De acuerdo a los resultados de evaluación de la tabla 3.12.2.3, de la forma de los departamentos, muestra que la alternativa 2 cumple en su totalidad los criterios y condiciones de forma.

VALOR DE "F" PARA LOS DEPARTAMENTOS DE LA ALTERNATIVA 2

DEPARTAMENTO	LARGO	ANCHO	ÁREA	PERÍMETRO	FORMA DPTO.	$1 \leq F \leq 1.4$
ALMACÉN DE MP	4	1	4	10	1.25	SI
DISEÑO	3.5	2.6	9.1	12.2	1.01106515	SI
DEPILADO	1.8	3	5.4	9.6	1.03279556	SI
PREPARACIÓN	1.8	3	5.4	9.6	1.03279556	SI
PRODUCCIÓN	4	4	16	16	1	SI
HUMEDECIMIENTO	2.2	1.4	3.08	7.2	1.02564519	SI
SECADO	1	2.5	2.5	7	1.10679718	SI
DECORADO	2	1.7	3.4	7.4	1.00330337	SI
ALMACÉN DE PT	4	1	4	10	1.25	SI
ESTACIONAMIENTO	7	5	35	24	1.01418511	SI
BAÑOS	2	2	4	8	1	SI

Tabla 3.12.2.3 Evaluación por forma de la alternativa 2.

La tabla 3.12.2.4, muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la forma de los departamentos de acuerdo a la alternativa 3 y se comprueba que todos cumplen con los criterios y condiciones de forma.

VALOR DE "F" PARA LOS DEPARTAMENTOS DE LA ALTERNATIVA 3

DEPARTAMENTO	LARGO	ANCHO	ÁREA	PERÍMETRO	FORMA DPTO.	$1 \leq F \leq 1.4$
ALMACÉN DE MP	4	1	4	10	1.25	SI
DISEÑO	3.5	2.6	9.1	12.2	1.01106515	SI
DEPILADO	2.2	2.5	5.5	9.4	1.00204337	SI
PREPARACIÓN	1.8	3	5.4	9.6	1.03279556	SI
PRODUCCIÓN	4	4	16	16	1	SI
HUMEDECIMIENTO	2	1.6	3.1	8.2	1.16432176	SI
SECADO	2	1.3	2.5	7	1.10679718	SI
DECORADO	2	1.7	3.4	7.4	1.00330337	SI
ALMACÉN DE PT	2	2	4	8	1	SI
ESTACIONAMIENTO	7	5	35	24	1.01418511	SI
BAÑOS	2	2	4	8	1	SI

Tabla 3.12.2.4 Evaluación por forma de la alternativa 3.

La tabla 3.12.2.5, muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la forma de los departamentos de acuerdo a la alternativa 4 y se comprueba que todos cumplen con la condición de la forma.

VALOR DE "F" PARA LOS DEPARTAMENTOS DE LA ALTERNATIVA 4

DEPARTAMENTO	LARGO	ANCHO	ÁREA	PERÍMETRO	FORMA DPTO.	$1 \leq F \leq 1.4$
ALMACÉN DE MP	2	2	4	8	1	SI
DISEÑO	2.2	4	8.8	12.4	1.04500979	SI
DEPILADO	2.2	2.5	5.5	9.4	1.00204337	SI
PREPARACIÓN	1.8	3	5.4	9.6	1.03279556	SI
PRODUCCIÓN	4	4	16	16	1	SI
HUMEDECIMIENTO	2	1.6	3.2	7.2	1.00623059	SI
SECADO	2	1.3	2.6	6.6	1.02328656	SI
DECORADO	2	1.7	3.4	7.4	1.00330337	SI
ALMACÉN DE PT	2	2	4	8	1	SI
ESTACIONAMIENTO	7	5	35	24	1.01418511	SI
BAÑOS	2	2	4	8	1	SI

Tabla 3.12.2.5 Evaluación por forma de la alternativa 4.

3.12.3 Evaluación por costo de manejo de materiales.

La evaluación por manejo de materiales sirve para obtener la distancia que existe entre cada departamento que tiene una relación en el proceso. En este caso las distancias se han determinado de manera euclídea y de contorno lateral, debido a las obstrucciones por la infraestructura.

En la tabla 3.12.3.1 se observan los resultados de la evaluación que se efectuó a la distribución actual.

ACTUAL.	DESDE-HASTA	X1	Y1	X2	Y2	DISTANCIA	CL
	A.M.P- Preparación	2	19	1	10.5	8.56	10.5
	Preparación- Producción	1	11	15.5	16	15.34	26.5
	Preparación- Diseño	1	11	8	8.5	7.43	11
	Producción- Humedecimiento	15.5	16	1	16	14.50	31
	Humedecimiento- Secado	1	16	1	14	2.00	-
	Secado- Diseño	1	14	8	8.5	8.90	16.5
	Secado- Decorado	1	14	4.25	11.5	4.10	-
	Decorado- A.P.T	4.25	11.5	2	18	6.88	10
	A.P.T- Estacionamiento.	2	18	3	2	16.03	22.5
Estacionamiento- A.M.P	3	2	2	19	17.03	21.5	

Tabla 3.12.3.1 Evaluación por costo de distribución actual.

La tabla 3.12.3.2 muestra los resultados de la evaluación de la alternativa 1 los cuales tienen gran contraste con los de la distribución actual.

ALTERNATIVA 1	DESDE-HASTA	X1	Y1	X2	Y2	DISTANCIA	CL
	A.M.P- Preparación	2	6	7	13	8.60	13
	Preparación- Producción	7	13	15	15	8.25	30
	Preparación- Diseño	7	13	7.5	8.5	4.53	9
	Producción- Humedecimiento	15	15	12	16	3.16	-
	Humedecimiento- Secado	12	16	12	14.5	1.50	-
	Secado- Diseño	12	14.5	7.5	8.5	7.50	19.5
	Secado- Decorado	12	14.5	10	16	2.50	-
	Decorado- A.P.T	10	16	2	7.5	11.67	18
	A.P.T- Estacionamiento.	2	7.5	3	2	5.59	7.5
Estacionamiento- A.M.P	3	2	2	6	4.12	7.5	

Tabla 3.12.3.2 Evaluación por costo de la alternativa 1.

En la tabla 3.12.3.3 se analiza que la distancia entre algunos departamentos es menor a comparación de la alternativa 1, pero en otros es mayor.

ALTERNATIVA 2	DESDE-HASTA	X1	Y1	X2	Y2	DISTANCIA	CL
	A.M.P- Preparación	2	6	12	15.5	13.79	19
	Preparación- Producción	12	15.5	15	15.5	3.00	-
	Preparación- Diseño	12	15.5	7.5	9	7.91	20.5
	Producción- Humedecimiento	15	15.5	10	16	5.02	8.5
	Humedecimiento- Secado	10	16	9.5	14	2.06	-
	Secado- Diseño	9.5	14	7.5	9	5.39	5.5
	Secado- Decorado	9.5	14	4	9	7.43	16
	Decorado- A.P.T	4	9	1	6	4.24	-
	A.P.T- Estacionamiento.	1	6	3	2	4.47	9
Estacionamiento- A.M.P	3	2	2	6	4.12	7	

Tabla 3.12.3.3 Evaluación por costo de la alternativa 2.

La tabla 3.12.3.4 expone que la mayoría de los resultados de la tercera alternativa son mayores a comparación de los de la segunda alternativa.

ALTERNATIVA 3	DESDE-HASTA	X1	Y1	X2	Y2	DISTANCIA	CL
	A.M.P- Preparación	2	6	12	15.5	13.79	19
	Preparación- Producción	12	15.5	15	15	3.04	-
	Preparación- Diseño	12	15.5	7.5	8.5	8.32	19.5
	Producción- Humedecimiento	15	15	15	12.5	2.50	-
	Humedecimiento- Secado	15	12.5	15.5	11.5	1.12	-
	Secado- Diseño	15.5	11.5	7.5	8.5	8.54	20.5
	Secado- Decorado	15.5	11.5	4	9	11.77	18.5
	Decorado- A.P.T	4	9	4	11	2.00	-
	A.P.T- Estacionamiento.	4	11	3	2	9.06	12.5
Estacionamiento- A.M.P	3	2	2	6	4.12	6.5	

Tabla 3.12.3.4 Evaluación por costo de la alternativa 3.

Por último, en la cuarta evaluación representada en la tabla 3.12.3.5, se indica que todos los resultados son menores a comparación de las evaluaciones anteriores

ALTERNATIVA 4	DESDE-HASTA	X1	Y1	X2	Y2	DISTANCIA	CL
	A.M.P- Preparación	10	9.5	12	15.5	6.32	7
	Preparación- Producción	12	15.5	15	15.5	3.00	
	Preparación- Diseño	12	15.5	10	13	3.20	
	Producción- Humedecimiento	15	15.5	14	12	3.64	
	Humedecimiento- Secado	14	12	16	12.3	2.02	
	Secado- Diseño	16	12.3	10	13	6.04	
	Secado- Decorado	16	12.3	16	10.8	1.50	
	Decorado- A.P.T	16	10.8	16	9	1.80	
	A.P.T- Estacionamiento.	16	9	13	3	6.71	
Estacionamiento- A.M.P	13	3	10	9.4	7.07		

Tabla 3.12.3.5 Evaluación por costo de la alternativa 4.

Costos totales por cada distribución.

Después de obtener las distancias existentes entre cada departamento, junto con la cantidad de material que se transporta, se realiza la fórmula de costos por cada alternativa. En este caso no se tienen costos por manejo de materiales.

Actual:

$$C_1 = 108 * 10.5 + 1 * 11 + 107 * 26.5 + 107 * 31 + 107 * 2 + 1 * 16.5 + 106 * 4.1 + 106 * 10 + 106 * 22.5 + 108 * 21.5$$

$$C_1 = \$13,729.6$$

Alternativa 1:

$$C_1 = 108 * 13 + 1 * 9 + 107 * 30 + 107 * 3.16 + 107 * 1.50 + 1 * 19.50 + 106 * 2.50 + 106 * 18 + 106 * 7.5 + 108 * 7.5$$

$$C_1 = \$8,919.12$$

Alternativa 2:

$$C_1 = 108 * 19 + 1 * 20.5 + 107 * 3 + 107 * 8.5 + 107 * 2.06 + 1 * 5.5 + 106 * 16 + 106 * 4.24 + 106 * 9 + 108 * 7$$

$$C_1 = \$7,384.368$$

Alternativa 3:

$$C_1 = 108 * 19 + 1 * 19.5 + 107 * 3.04 + 107 * 2.5 + 107 * 1.12 + 1 * 20.5 + 106 * 18.5 + 106 * 2 + 106 * 12.5 + 108 * 6.5$$
$$C_1 = \$7,004.62$$

Alternativa 4:

$$C_1 = 108 * 7 + 1 * 3.2 + 107 * 3 + 107 * 3.64 + 107 * 2.02 + 1 * 6.04 + 106 * 1.5 + 106 * 1.8 + 106 * 6.71 + 108 * 7.07$$
$$C_1 = \$3,516.48$$

CAPÍTULO IV.
PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

4. Descripción de los resultados del trabajo.

4.1 Resultados de las evaluaciones.

4.1.1 Eficiencia por adyacencia.

DISTRIBUCIÓN	EFICIENCIA
Actual	13%
1	33%
2	20%
3	33%
4	46.66%

Tabla 4.1.1 Resultados de la eficiencia por adyacencia.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la distribución actual cuenta con una eficiencia de tan solo el 13%, seguido de la alternativa 2 que tiene un 20%, mientras que la alternativa 1 y 3 cuentan con un 33%, siendo la de mayor valor la alternativa 4 con un 46.66%.

4.1.2 Eficiencia de la forma de los departamentos.

Alternativa	Número de departamentos con forma aceptable	Eficiencia
1	11	100%
2	11	100%
3	11	100%
4	11	100%

Tabla 4.1.2 Resultados de la eficiencia por forma.

La Tabla 4.1.2 revela que todos los departamentos de las cuatro alternativas cumplen con los requerimientos de forma para un correcto funcionamiento de la planta.

4.1.3 Eficiencia por costo.

Distribución	Evaluación por costo de manejo de materiales
Actual	\$13,729.06
Alternativa 1	\$8,919.12
Alternativa 2	\$7,384.36
Alternativa 3	\$7,004.62
Alternativa 4	\$3,516.48

Tabla 4.1.3 Resultados de la eficiencia por costo.

De acuerdo a la Tabla 4.1.3 en la que se resumen los costos por manejo de materiales se puede examinar que el costo total de la distribución actual es de un total de \$13,729.06, mientras que la alternativa 1 presenta un costo de \$8,919.12, el costo de la alternativa 2 es de \$7,384.36, a diferencia de la alternativa 3 que produce un costo de \$7,004.62 y finalmente la alternativa 4 que expone como resultado \$3,516.48 siendo la que presenta el menor costo de todas.

4.2 Resultados.

4.2.1 Interpretación de resultados.

Distribución	Evaluación por adyacencia	Evaluación por forma de los dpto.	Evaluación por costo de manejo de materiales
Actual	13%	100%	\$13,729.06
Alternativa 1	33%	100%	\$8,919.12
Alternativa 2	20%	100%	\$7,384.36
Alternativa 3	33%	100%	\$7,004.62
Alternativa 4	46.66%	100%	\$3,516.48

Tabla 4.2.1 Comparación de resultados totales.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante las evaluaciones la mejor alternativa para implementar es la número 4, debido a que por la cercanía y forma de los departamentos es más eficiente que las demás alternativas, además de que el costo que produce también es mucho menor. Sin embargo, para la implementación de esta alternativa se debe realizar una inversión para cerrar el área donde se encuentra originalmente la maquinaria, además de ser un área sobre la que rentan, por lo que de acuerdo con la dueña por el momento no se cuentan con los recursos suficientes para poder realizarlo. Por lo cual se resuelve que la segunda mejor opción es la alternativa número 3, en la cual el costo de manejo es menor que las demás propuestas y de igual forma presenta una de las mayores eficiencias por adyacencia, exceptuando a la alternativa 4, por lo que se ha decretado que el mejor diseño es la tercera opción.

4.2.2 Diseño de la distribución escogida.

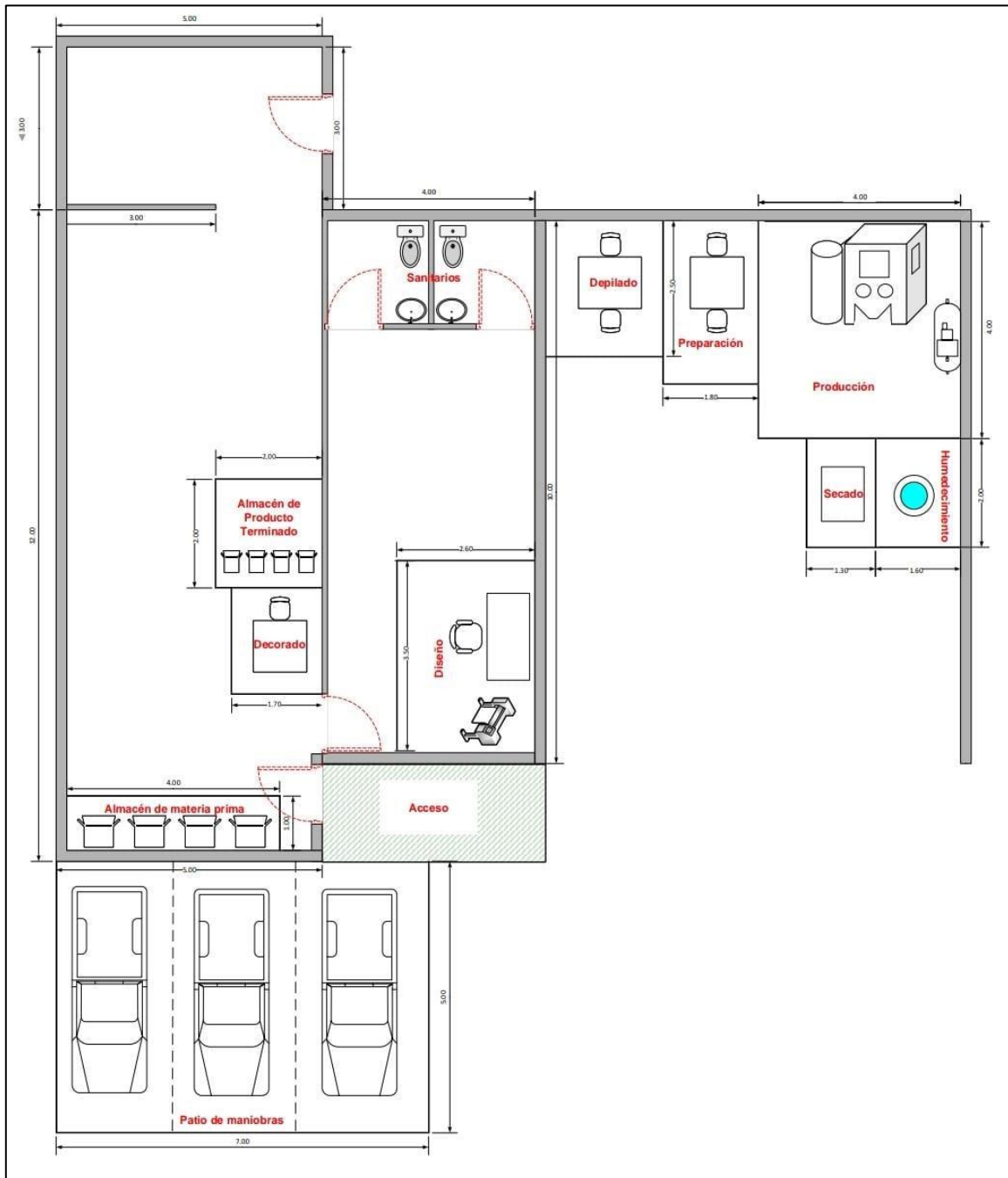


Figura 4.2.2 Plano 2D de la distribución escogida Elaboración propia

4.3 Conclusiones.

En síntesis, tanto la información aportada por Richard Muther acerca de la metodología SLP y demás proyectos anteriores a este, establecen una pauta para obtener el conocimiento acerca de cómo se logra conseguir una eficiencia superior en los recursos que influyen durante el proceso de producción para que con ellos la empresa puede manejar de mejor manera las exigencias del ámbito industrial.

En el proyecto presentado y aplicado a la empresa "Grabado en cristalería y cerámica" se detectaron una serie de deficiencias por la manera en que estaban distribuidos los departamentos, entre los cuales afectaban tiempo de producción, costos ocultos, mal manejo de material, inadecuados niveles de inventario, exceso de espacio ocupado, insatisfacción laboral y deficiencias en el servicio ofrecido al cliente, razones por las que se precisa que una nueva redistribución ayudaría a resolver estas problemáticas y en consecuencia al colocar los departamentos de manera adyacente de acuerdo a lo indicado en el proyecto se lograría una disminución de costos de producción en un 96% con respecto a costos actuales y de igual manera se evitan congestiones durante el proceso eliminando tiempos muertos y reduciendo la insatisfacción entre los empleados.

Todo esto asevera que la utilización de una metodología SLP es de vital importancia a la hora de querer realizar una redistribución o distribución de cualquier empresa.

Recomendaciones.

- Se recomienda que se agreguen nuevos procesos con relación al mismo giro para la utilización del espacio sin ocupar, como puede ser el proceso de sublimación.
- Se recomienda que, si en algún momento se tiene la posibilidad de aplicar la alternativa 4, se realice, ya que genera mayor eficiencia de recursos.

Glosario.

SLP: Sistem Lay-out Planing (Planeación Sistemática del Diseño)

CRAF: Computerized Relative Allocation of Facilities Technique.

ALDEP: Automated Layout Design Program.

CORELAP: Computerized Relationships Layout Planning.

Poka Yoke: Técnica que se utiliza para evitar que los errores humanos en los procesos se materialicen en defectos.

Área: Cantidad de espacio delimitado en una superficie.

Distribución: Proceso necesario para hacer llegar un producto al cliente final.

Maquinaria: Conjunto de máquinas que se utilizan para la producción o alguna función específica.

Materia prima: Materiales que se utilizan para llevar a cabo un proceso de producción.

Producción: Conjunto de actividades que se realizan de manera secuencial para obtener un bien o servicio mediante el uso de recursos o materias primas.

Euclídea: Es una métrica Minkowsky con $p=2$, igual a la longitud de un segmento rectilíneo que une los centroides de las actividades.

Referencias bibliográficas.

- [1] A. Martínez Carbajal, “Planeación estratégica de planta”, Tesis Maestría, Fac. Ing. Mecánica y Electrónica, Ciencias de la Administración en Relaciones Industriales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México, 2004.
- [2] A. Cuevas Ramírez, “Planeación de las instalaciones de una fábrica de empaques plegadizos impresos”, Licenciatura en Ingeniería Industrial, Dpto. de Ingeniería Industrial y Textil, Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México, 2004.
- [3] M. Tapia Esquivias, L. Arroyo Rojas, A. Luna González, S. Goytia Acevedo, J. L. García Alcaraz, “Implementación del método S.L.P. en una empresa de la región bajo en México”, *ResearchGate*, [En línea], disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/267788216>
- [4] J. A. Diego Más, “Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos: aportación al control de la geometría de las actividades”, Tesis Ph.D., Dpto. de Proyectos de Ingeniería, Universidad Politécnica de Valencia, España, 2006.
- [5] J. M. Barragan Díaz y C. A. Cucaita Urbina, “Localización y distribución de instalaciones industriales en industrias AJM Ltda”, Tesis de especialización, Fac. Ingeniería, Universidad Libre de Colombia, Bogotá, Colombia, 2010.
- [6] M. R. Sánchez Abanto y M. F. Soberon Rivera, "Rediseño de distribución en planta para reducir el costo de movimiento de materiales en la empresa de calzado Paola della Flores”, Tesis de especialización, Fac. Ingeniería, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú, 2017.
- [7] R. Muther, “*Distribución en planta*”, Segunda edición, España: Barcelona, Editorial Hispano Europea, 1970.
- [8] J. Heizer B. Render, “*Principios de administración de operaciones*”, Séptima edición, México, Editorial Pearson Educación, 2009.
- [9] D. I. Cárdenas Moraga, “Propuesta de distribución de planta y de ambiente de trabajo para la nueva instalación de la empresa mv construcciones Ltda de la comuna de Llanquihue”, Tesis de especialización, Fac. Ingeniería Industrial Civil, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile, 2017. Página 13.
- [10] R. Moreno, “Ingeniería Industrial y Comercial Curso: Ingeniería de Métodos II”, [Internet]. Disponible en: https://www.academia.edu/36546609/Ingenier%C3%ADa_Industrial_y_Comercial_Curso_Ingenier%C3%ADa_de_M%C3%A9todos_II