



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MECANISMO AUTOMATIZADO
DE SERIGRAFÍA PARA LA EMPRESA SERIGRAFÍA DINÁMICA**

Gerardo José González Ortiz

Asesorado por el Ing. Julio César Campos Paiz

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MECANISMO AUTOMATIZADO
DE SERIGRAFÍA PARA LA EMPRESA SERIGRAFÍA DINÁMICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GERARDO JOSÉ GONZÁLEZ ORTÍZ

ASESORADO POR EL ING JULIO CÉSAR CAMPOS PAIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón
EXAMINADOR	Ing. Víctor Eduardo Izquierdo Palacios
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MECANISMO AUTOMATIZADO DE SERIGRAFÍA PARA LA EMPRESA SERIGRAFÍA DINÁMICA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 23 de enero de 2014.



Gerardo José González Ortiz



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.El.Mecánica 168.2014
Guatemala 16 de octubre de 2014

**Ingeniero
Alvaro Avila
Coordinador del Área de Diseño
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería**

Ingeniero Avila:

Es un gusto saludarlo y al mismo tiempo informarle que ha finalizado la etapa de asesoría del trabajo de graduación titulado PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MECANISMO AUTOMATIZADO DE SERIGRAFÍA PARA LA EMPRESA SERIGRAFÍA DINÁMICA, realizado por el estudiante **Gerardo José González Ortiz**, considerando que cumple con el contenido y objetivos propuestos en el protocolo aprobado por la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Atentamente,

Id y Enseñad a Todos

**MA. Ing. Julio César Campos Paiz
Asesor de Trabajo de Graduación**

**MA Ing. Julio César Campos Paiz
Ingeniero Mecánico
Colegiado No. 2701**

c.c Archivo
JC/mjm



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.271.2014

El Coordinador del Área de Diseño, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MECANISMO AUTOMATIZADO DE SERIGRAFÍA PARA LA EMPRESA SERIGRAFÍA DINÁMICA**. Del estudiante **Gerardo José González Ortiz**, recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Alvaro Avila Pinzón
Coordinador del Área de Diseño
Escuela de Ingeniería Mecánica

Alvaro Antonio Avila Pinzón
INGENIERO MECANICO
COLEGIADO No. 2262

Guatemala, Octubre de 2014.



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.319.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Complementaria del trabajo de **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MECANISMO AUTOMATIZADO DE SERIGRAFÍA PARA LA EMPRESA SERIGRAFÍA DINÁMICA**, del estudiante **Gerardo José González Ortiz**, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

MA Ing. Julio Cesar Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, Noviembre de 2014.



DTG. 698.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MECANISMO AUTOMATIZADO DE SERIGRAFÍA PARA LA EMPRESA SERIGRAFÍA DINÁMICA**, presentado por el estudiante universitario **Gerardo José González Ortiz**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 25 de noviembre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por las bendiciones que ha derramado
sobre mi persona.

Mis padres

Por el amor y apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. SERIGRAFÍA DINÁMICA	1
1.1. Antecedentes de la empresa	1
1.2. Estructura organizacional	2
1.3. Procesos de producción	3
1.3.1. Diseño	4
1.3.2. Selección de materia	4
1.3.3. Quemado y preparación de pintura	4
1.3.4. Impresión	5
1.3.5. Secado	5
1.3.6. Empaquetado	6
1.4. Taller de serigrafía.....	6
1.4.1. Oficina Gerencial	6
1.4.2. Recepción.....	7
1.4.3. Área de Diseño	7
1.4.4. Área de Impresión	7
1.4.5. Área de Impresión Digital	7
1.4.6. Área de Impresión de Prendas	8
1.4.7. Área de Maquilado de Prendas	8

1.4.8.	Área de Quemados	8
2.	¿QUÉ ES LA SERIGRAFÍA?	11
2.1.	Historia de la serigrafía	11
2.2.	Descripción de los equipos utilizados en un taller de serigrafía	12
2.2.1.	Marcos.....	12
2.2.2.	Sedas	13
2.2.2.1.	Sedas de nailon.....	15
2.2.2.2.	Sedas de poliéster.....	15
2.2.2.3.	Poliéster metalizado	15
2.2.2.4.	Sedas antiestáticas	15
2.2.2.5.	Sedas calandradas.....	16
2.2.2.6.	Poliéster de alta tensión	16
2.2.2.7.	Numeración de las sedas.....	16
2.2.2.8.	El depósito de tinta.....	18
2.2.2.9.	Imagen a reproducir	18
2.2.3.	Rasquetas	19
2.2.4.	Tintas.....	20
2.2.4.1.	Tipos de tintas	21
2.2.4.1.1.	Papel.....	22
2.2.4.1.2.	Vinílicos.....	22
2.2.4.1.3.	Plásticos.....	22
2.2.4.1.4.	Textiles.....	22
2.2.5.	Adhesivos.....	23
2.2.6.	Emulsión.....	23
2.2.7.	Impresoras	24
2.2.7.1.	Plotters	24
2.2.7.2.	Impresoras láser.....	25

2.2.8.	Programas de computadoras.....	26
2.2.9.	Material de impresión	26
2.2.10.	Máquinas de coser	26
2.3.	Mecanismo convencional de serigrafía.....	27
2.3.1.	Características principales.....	27
2.3.2.	Funcionamiento	28
2.4.	Avances en la industria de la serigrafía	29
3.	IMPORTANCIA DE LA AUTOMATIZACIÓN	31
3.1.	Objetivos de la automatización.....	31
3.2.	Tecnología en la automatización	32
3.3.	Costos de automatización	33
3.3.1.	Ahorros que produce la automatización	34
3.3.2.	Egresos que produce la automatización.....	35
3.4.	Capacitación ante la automatización	35
3.5.	Ventajas y desventajas de la automatización	36
4.	DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN	39
4.1.	Criterio de diseño	39
4.2.	Diseño de las partes móviles del mecanismo automatizado de serigrafía.....	40
4.3.	Cálculo de la fuerza de la máquina	48
4.3.1.	Cálculo del peso del cabezal de impresión.....	49
4.3.2.	Calculo del peso del riel de desplazamiento del cabezal	50
4.3.3.	Cálculo de la presión del cilindro neumático.....	50
4.3.4.	Cálculo de la potencia del motor eléctrico de corriente directa.....	51
4.3.5.	Cálculo para la tornillería	52

4.4.	Pasos para automatizar	53
4.5.	Diseño del sistema de control	58
4.5.1.	Sistema electrónico	58
4.5.1.1.	Bloque de sensores.....	58
4.5.1.2.	Bloque de control	60
4.5.1.3.	Bloque de actuadores	62
4.5.1.4.	Bloque de interface	63
4.6.	Selección de equipo.....	63
5.	COSTOS DE FABRICACIÓN	67
5.1.	Materiales necesarios	67
5.1.1.	Fibra de vidrio.....	67
5.1.2.	Aluminio.....	67
5.1.3.	Tornillos.....	68
5.1.4.	Hierro.....	68
5.1.5.	Resortes	68
5.1.6.	Sistema automatizado.....	68
5.2.	Mantenimiento necesario	69
5.2.1.	Sistema de aire comprimido	69
5.2.2.	Compresor de aire.....	70
5.2.3.	Mandos neumáticos	71
5.2.4.	Sistema automatizado.....	71
5.3.	Tiempo de fabricación	71
5.4.	Análisis costo-beneficio.....	72
5.4.1.	Datos importantes tomados en el proceso de impresión de prendas en Serigrafía Dinámica.....	72
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES	77

BIBLIOGRAFÍA..... 79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama	3
2.	Marco para impresión.....	13
3.	Seda tensada	14
4.	Rasqueta con goma	20
5.	Plotter con cabezal de corte	25
6.	Plotter con cabezal de impresión	25
7.	Mecanismo convencional de impresión.....	27
8.	Mecanismos de rotación	28
9.	Dispositivos de sujeción del mecanismo	29
10.	Modelo del prototipo.....	40
11.	Plano base rígida	41
12.	Base porta marcos	42
13.	Base porta marcos vista de perfil	42
14.	Base porta marcos vista de planta	43
15.	Cabezal de impresión.....	44
16.	Cabezal de impresión vista de perfil.....	44
17.	Riel de desplazamiento del cabezal.....	45
18.	Riel de desplazamiento del cabezal vista de perfil.....	46
19.	Placa delantera de control.....	47
20.	Placa delantera de control con mecanismo.....	47
21.	Placa trasera con mecanismos para movimiento	48
22.	Diagrama de flujo para programación de PLC	57

TABLAS

- I. Recomendaciones y usos de sedas según el número de hilos 17

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$A_{\text{efec,cil.}}$	Área efectiva del cilindro
A_v	Área resistente del vástago del tornillo
H_p	Caballos de fuerza
Cm^3	Centímetros cúbicos
Y_{m2}	Coefficiente parcial de seguridad
g	Constante gravitacional
d	Densidad
F_{ub}	Fuerza a tracción del tornillo
$F_{v, Rd}$	Fuerza cortante
$F_{op.}$	Fuerza del operador
F_{total}	Fuerza total
Kg	Kilogramo
PSI	Libras por pulgada cuadrada
m	Masa
Mpa	Mega pascales
m^3	Metros cúbicos
mm	Milímetro
N	Newton
w_c	Peso del cabezal
w_r	Peso del riel
$P_{cil.}$	Presión del cilindro
P_{motor}	Presión del motor eléctrico
V_{ope}	Velocidad de operación

v_c

Volumen del cabezal

v_r

Volumen del riel

GLOSARIO

Actuadores	Dispositivo que transforma la energía que activa un proceso al ejecutar una orden dada por el autómata.
Autómata programable PLC	Equipo electrónico utilizado para la automatización de procesos electromecánicos, programable en lenguaje no informático (por sus siglas en inglés, Programable Logic Controller).
Bloque de control	Sistema que agrupa la información, para controlar y coordinar un proceso
Colgar	Proceso en la serigrafía de colocar materiales recién impresos en un lugar donde se pueda secar sin sufrir algún daño
Guía Pantone	Sistema creado por Pantone Matching System, para identificar y comparar colores en las artes gráficas

Emulsión	Compuesto químico fotosensible con dicromato de sodio, se aplica a sedas y tiene la capacidad de copiar una imagen contenida en un positivo o negativo cuando se expone a la luz.
Electroválvula	Válvula electromecánica controlada por una bobina selenoidal, que regula el flujo de un fluido a través de un conducto.
Lenguaje de programación	Utilizado para expresar instrucciones que pueden ser ejecutadas por computadoras o máquinas.
Microprocesador	Circuito integrado más complejo de un sistema informático, encargado de ejecutar instrucciones programadas
Plotter	Impresoras asistidas por computadora para realizar dibujos lineales en formatos grandes.
Programa informático	Conjunto de instrucciones para ser ejecutadas por una computadora para realizar un proceso.

Pulpo de serigrafía	Mecanismo utilizado en talleres de serigrafía para facilitar la impresión de prendas, cuenta con dos carruseles puestos uno encima de otro con dispositivos de sujeción y de impresión.
Quemado	Revelado de una imagen en una seda de serigrafía, utilizando emulsión para realizar impresiones sobre diferentes tipos de material.
Rasqueta	Conocido también como <i>squeege</i> , es una espátula que consta en su mayoría de un mango de madera y una tira de goma, utilizada para cubrir con pintura los marcos con seda al realizar una impresión.
Registro de impresión	Utilizado al momento de imprimir un material para que los colores de la impresión coincidan según el diseño dentro del área del material.
Seda de serigrafía	Seda homogénea permeable con propiedades mecánicas al ser tensada y resistente ante la presencia de solventes, permite el paso de tinta para la impresión por serigrafía.

Sensores

Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas que luego transforma en señales eléctricas.

Serigrafía

Se basa en transferir un diseño a tinta sobre cualquier tipo de material, con ayuda de una seda tensada sobre un marco de madera

Software

Sistema no tangible de una computadora encargado de gobernar un sistema lógico y hace funcionar los sistemas tangibles de un sistema, también conocido como programa de computadora.

Tiraje

En la serigrafía se conoce como las veces que se imprime una misma imagen a una cantidad específica de material.

RESUMEN

La serigrafía es una técnica antigua de impresión que se basa en hacer pasar tinta con una espátula a través de una seda. Las impresiones se pueden hacer en varios tipos de material, desde vinílicos hasta diferentes tipos de tela.

La mayoría de talleres de serigrafía cuentan con un mecanismo de impresión de prendas conocido comúnmente como pulpo, este dispositivo facilita a los operadores al momento de imprimir prendas, gracias a sus mecanismos giratorios.

La automatización de las máquinas, actualmente es muy común, debido a que las empresas buscan mejorar sus utilidades y afianzarse en el mercado global, la automatización requiere de una inversión inicial que, por lo general, las empresas logran recuperar con las mejoras hechas en sus procedimientos y maquinaria, justificando la inversión hecha en equipo automatizado.

Programable Logic Controller (PLC) es un dispositivo electrónico con el cual se puede controlar un proceso secuencial, al recibir información a través de sensores, la información es procesada por el programa interno del autómeta, activando accionadores dentro del sistema.

La automatización depende de la complejidad del sistema, ya que puede ir de la más compleja, la cual puede usar un sistema SCADA o sencilla con uso de relevadores. Esto provoca un proceso más controlado en el cual los costos se reducen y aumentan la eficiencia del proceso. El operador ya no sufre de molestias de estar de pie todo el día y evita lesiones en las articulaciones por movimientos repetitivos.

Conociendo las necesidades que debe de cubrir un mecanismo de impresión por serigrafía y la importancia que conlleva automatizar una máquina haciendo uso de la tecnología de PLC, se propone un diseño para un mecanismo automatizado de serigrafía, en el cual, también se analiza el costo-beneficio del proyecto.

OBJETIVOS

General

Proponer el diseño de un mecanismo automatizado de serigrafía que se adecúe a las necesidades de la empresa Serigrafía Dinámica.

Específicos

1. Evaluar el proceso actual de la empresa Serigrafía Dinámica en la elaboración de prendas impresas.
2. Crear un diseño eficiente de acuerdo a las necesidades de la empresa de un mecanismo automatizado de serigrafía.
3. Ocasionar para la empresa una disminución en costos de producción y tiempo de entrega, a raíz de la propuesta de diseño de esta maquinaria.
4. Integrar en la empresa una mejora continua en el proceso de impresión de prendas.
5. Crear una ventaja competitiva para la empresa dentro del mercado que se encuentra. /qué tipo de ventaja)

INTRODUCCIÓN

La serigrafía, una técnica de impresión que nace por la necesidad del hombre por dejar huella de sus actividades y, también como una forma para expresar su arte. Desde sus orígenes se ha buscado varias maneras de perfeccionar la técnica de impresión para obtener imágenes complejas, utilizando una gama de colores bastante amplia.

En Guatemala existe una gran cantidad de talleres de serigrafía, debido a que esta técnica es muy utilizada para publicidad y otras utilidades, las serigrafía ofrece una oportunidad de ingresos para muchas personas que buscan emprender un negocio, debido a que es una industria que no requiere una gran inversión inicial para tener un taller básico de serigrafía.

La globalización y la fuerte competencia entre las muchas empresas que se dedican a la serigrafía, obligan a una búsqueda constante de mejora continua para proveer a sus clientes de productos elaborados de buena calidad. Debido a eso la industria serigráfica recurre a la tecnología, haciendo uso de impresoras de alta calidad, tintas y materiales durables.

Con el paso del tiempo, la tecnología ha cambiado muchos ámbitos de la industria y la serigrafía no ha sido la excepción

La automatización es un sistema guiado por elementos tecnológicos, que facilitan y controlan procesos para hacerlos más eficientes, lo cual facilita el trabajo de los operadores de máquinas y de los altos mandos al tener un mejor control del personal.

En el presente trabajo de graduación se propone el diseño de un mecanismo automatizado de serigrafía. Para ello es necesario conocer las necesidades que debe cubrir una máquina de este tipo, que realice impresiones de buena calidad.

1. SERIGRAFÍA DINÁMICA

1.1. Antecedentes de la empresa

La empresa Serigrafía Dinámica fue fundada en 1985, en la ciudad de Guatemala, al observar el mercado casi virgen de la industria de la serigrafía en esta gran ciudad, su fundador el Sr. Alvino Leonel González, con el objetivo principal de satisfacer las necesidades de la mercadotecnia moderna a través de la industria de la serigrafía en el país, proveyendo al mercado de productos novedosos y modernos, como: la impresión de playeras, *sticker*, rótulos de carretera y otros servicios más.

Con el pasar de los años, la empresa fue posicionándose como una de las más importantes dentro de las empresas nacionales, teniendo la oportunidad de realizar trabajos de gran importancia a varias instituciones gubernamentales, partidos políticos, instituciones religiosas y otros clientes que han recurrido a los servicios de esta, gracias a la calidad de sus productos.

Actualmente, la empresa Serigrafía Dinámica ha diversificado sus procesos, gracias al ingenio de su gerente y sus colaboradores, tratando de mantener la buena calidad en sus productos, al valerse de la ayuda de otras industrias como: los textiles, talleres de bordados, productos de materiales especiales, pinturas, entre otros.

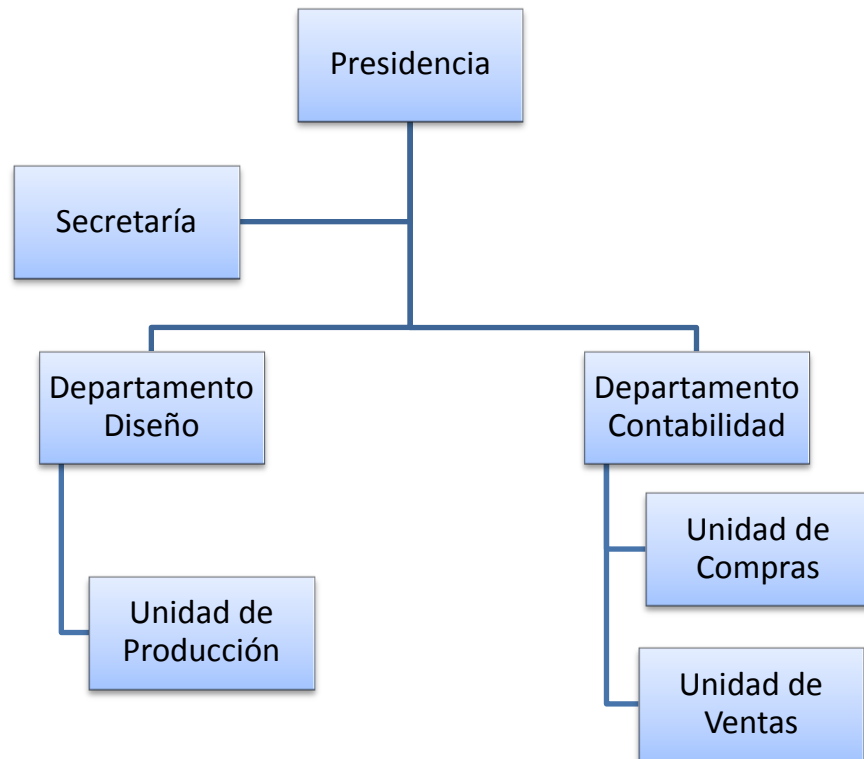
Se ha modernizado gracias al avance tecnológico de ciertos procesos, al ayudarse del uso de componentes electrónicos y programas de computadoras para crear diseños de alta precisión y complejos.

1.2. Estructura organizacional

La estructura organizacional de la empresa Serigrafía Dinámica consta de:

- **Presidencia:** es el puesto con mayor autoridad en la empresa y es el encargado de velar que todos los elementos de la entidad estén en orden.
- **Secretaría:** es la responsable de brindar apoyo al presidente en varias tareas y de mantener control de logística de las actividades y los productos de la empresa.
- **Departamento de Diseño:** formado por diseñadores gráficos encargados de elaborar los diseños que serán impresos para los clientes.
- **Unidad de Producción:** se encarga de la impresión y realizar los trabajos en el tiempo estipulado.
- **Departamento de Contabilidad:** es el encargado de llevar la cuenta de los activos y pasivos de la empresa.
- **Unidad de Compras:** se encarga de realizar adquisiciones en cantidad y calidad necesarias en el momento que es requerido para realizar los pedidos de clientes.
- **Unidad de Ventas:** se encarga de coordinar las ventas con los clientes y la logística de entrega de los productos finales.

Figura 1. **Organigrama**



Fuente: elaboración propia.

1.3. **Procesos de producción**

Este proceso, dentro de una serigrafía es complejo, debido a que dentro de los talleres se efectúan varios productos, pero la mayoría comparten ciertos pasos para lograr el producto final con la calidad adecuada.

En el proceso de producción de serigrafía el objetivo a alcanzar de un producto, es la impresión de buena calidad, sin importar el diseño, cantidad y el número de colores.

1.3.1. Diseño

En este procedimiento se realizan varios diseños con programas de computadora, el cliente provee de información a los diseñadores para realizar los diseños con las especificaciones deseadas, se toma en cuenta el tipo de impresión que se desea, material sobre el cual va a ser impreso y la cantidad de colores que se van a imprimir.

1.3.2. Selección de materia

En esta etapa se busca preparar o fabricar el material que debe ser impreso, se selecciona la pintura, la cual será estampada en el material, cuando la impresión va colocada en playeras, la empresa fabrica según la tela que el cliente ha escogido para el pedido. También se seleccionan las herramientas necesarias para el proceso de impresión.

1.3.3. Quemado y preparación de pintura

Es el proceso de colocar emulsión (mezcla fotosensible) al marco con la seda tensada, que luego se le aplica luz y posteriormente revelar el diseño a imprimir con agua a presión, cuando este lleva varios colores se realiza la misma cantidad de quemados con respecto al número de colores del diseño.

Cuando se ha seleccionado el tipo de pintura a utilizar, esta, se prepara con solvente (solvente adecuado a la pintura seleccionada), el cual le dará la viscosidad necesaria para que pueda fluir a través de la seda de serigrafía. Cuando la pintura es de un tono especial, difícil de encontrar en tiendas de pinturas, se procede a mezclar colores hasta alcanzar el deseado, para este proceso se hace uso de la guía de colores llamada pantone.

1.3.4. Impresión

Este proceso puede ser largo, ya que depende directamente de la cantidad de colores y de las piezas que van a ser impresas. Ya preparado los marcos con el respectivo quemado, estos se encintan para que la pintura no fluya por los lugares no deseados, para este proceso se necesitan un mínimo de tres personas, de las cuales, una coloca el material sobre una mesa donde se ha hecho un registro para que la impresión sea precisa, la segunda persona es la que con un movimiento de vaivén sobre el marco es la que realiza la impresión, la tercera persona se encarga de colocar el material con la impresión fresca en un lugar seco para que se seque.

Cuando la impresión es sobre prendas, se utiliza el mecanismo de impresión de serigrafía, conocido como pulpo, este permite, de forma sistematizada realizar la impresión de varios colores en un material, con la ventaja de que para esto solo se necesita de un operador. Para este tipo de impresión se coloca un horno de resistencias eléctrica, para que el material impreso seque más rápido.

1.3.5. Secado

En este proceso, el material impreso se coloca sobre planchas de metal, las cuales cuando están llenas se llevan a lugares secos para su secado, ha este proceso se le conoce en el ámbito serigráfico como colgar, cuando la impresión es sobre prendas el proceso de secado se lleva a cabo al colocar la prenda debajo de un horno de resistencia eléctrica por un lapso de tiempo corto.

1.3.6. Empaquetado

Esta es la parte del proceso final en la cual el material ya impreso es colocado dentro de cajas para su posterior entrega al cliente, cuando son prendas de vestir se planchan y se colocan en orden según talla dentro de bolsas de plástico.

1.4. Taller de serigrafía

Como toda empresa que se dedica a elaborar diversos productos, Serigrafía Dinámica cuenta con un taller, el cual es el centro de operaciones donde se realizan varios procesos, este se encuentra dividido por áreas según el proceso que se realice, para llevar un orden dentro de las instalaciones y para que la elaboración de un proceso no sea interrumpida por otro.

Sin importar las características del inmueble donde se encuentre el taller de serigrafía, la empresa ha considerado que la división de áreas es esencial y las divide de la siguiente manera:

1.4.1. Oficina Gerencial

Este espacio dedicado al gerente general y es el lugar donde se toman las decisiones importantes de la empresa; tiene la característica de tener vista al taller de impresión para controlar los procedimientos que se realizan.

1.4.2. Recepción

Es el área en el cual, la secretaria es encargada de recibir a los clientes que visitan la empresa, este lugar debe de estar en orden, limpio y presentable. En este espacio, Serigrafía Dinámica tiene pequeñas muestras de su trabajo en exhibición.

1.4.3. Área de Diseño

Espacio dedicado a la elaboración de diseños con las especificaciones que los clientes necesitan, también es el lugar donde se asesoran a los clientes dándoles ideas y consejos para sus productos, este lugar alberga el equipo de cómputo, herramientas de diseño, materiales especiales y muestrarios, utilizados para realizar estos procedimientos.

1.4.4. Área de Impresión

Es donde se realizan las impresiones de los materiales, las principales características que debe de poseer esta área es que debe tener bastante espacio para colocar los materiales con impresión fresca, poseer mesas de trabajo y muebles para guardar materiales y herramientas para la impresión. Además, buena ventilación, debido a que los operarios trabajan con pinturas y solventes de olores fuertes.

1.4.5. Área de Impresión Digital

En esta zona del taller se localiza la máquina de impresión digital, la cual imprime en manta vinílica y otros materiales en formato de fotografía, tiene que estar con buena ventilación, debido a que este tipo de maquinaria trabaja con

tintas de olores fuertes, aparte que se necesita el flujo de aire para la refrigeración de la máquina.

1.4.6. Área de Impresión de Prendas

A diferencia del área de impresión normal, esta área puede ser pequeña, ya que las prendas son secadas durante el proceso de impresión, pero es importante que esté siempre limpia, libre de polvo y sin humedad. Es en este lugar donde el operario maneja el mecanismo de impresión por serigrafía llamado pulpo, y debido a que pasa de pie la mayor parte del tiempo que dura la impresión, tiene que ser un espacio cómodo y bien ventilado para que el proceso no sea tedioso para la persona que se encuentra en este lugar del taller trabajando.

1.4.7. Área de Maquilado de Prendas

Aquí se encuentra la maquinaria necesaria para realizar la fabricación de diferentes tipos de prendas, es un espacio grande para almacenar grandes rollos de tela, debido a eso, el lugar debe de estar libre de humedad y fuera del alcance de material inflamable, es donde se elaboran playeras, banderas, mantas y otros artículos que la empresa comercializa

1.4.8. Área de Quemados

Área para realizar los quemados en las sedas, que es el proceso de transferir una imagen en negativo o positivo a una seda tensada en un marco para realizar las impresiones. Es una habitación pequeña y oscura, dentro de la cual se encuentra una mesa de luz, (mesa de vidrio), con una lámpara al

fondo. También se encuentran las herramientas necesarias para poder realizar este proceso.

2. ¿QUÉ ES LA SERIGRAFÍA?

Del latín *sericum* (seda) y del griego *graphe* (escribir), la serigrafía es una técnica de impresión, que se basa en transferir un diseño a tinta sobre cualquier tipo de material, con ayuda de una seda tensada sobre un marco de madera.

Para llevar a cabo la impresión, se hace pasar tinta a través de una seda, cubierta con material fotosensible y tensado en un marco, al aplicar presión con una espátula o rasqueta. La tinta fluye a través de la seda que se encuentra libre de emulsión, colocando así el diseño deseado sobre el producto final.

2.1. Historia de la serigrafía

La impresión por serigrafía es una técnica milenaria utilizada por antiguas culturas como los egipcios, romanos, chinos, griegos, que han dejado restos arqueológicos que prueban el uso de plantillas para decorar paredes, cerámicas y tejidos. Estas plantillas podían ser hojas de plantas, papeles, incluso utilizando las manos.

Durante la evolución del hombre y su arte, los diseños que se deseaban estampar eran cada vez más complejos, haciendo que las plantillas tuvieran inconvenientes al tratar de imprimir áreas aisladas dentro del diseño que se deseaba marcar, pero fue la cultura oriental a quien se le atribuye la solución para estos problemas.

A finales del siglo XIX nace en Europa un gran interés por la cultura japonesa, debido a esto empiezan a aparecer equipos especiales para la

serigrafía, es alrededor de 1916, cuando empiezan a aparecer las primeras patentes para esta clase de equipos. Durante la Primera Guerra Mundial se utilizó la serigrafía para pintar estandartes y banderas. En Estados Unidos de Norte América, las personas inmigrantes encontraron la oportunidad de comercializar de manera artesanal con la serigrafía, ya que era una manera de ganarse la vida sin necesidad invertir mucho dinero.

Durante la década de 1920 y 1930, la industria textil y la moda colaboraron en gran medida a la evolución de la serigrafía, en esta época se crean tejidos de alta calidad para cubrir la necesidad de artista y diseñadores de crear prendas con fines comerciales, también los fabricantes de tintas desarrollaron nuevos productos, debido al surgimiento de nuevos materiales como el nylon y poliéster en la década de 1950.

La gran adaptabilidad de la serigrafía permitió que tuviera alcance tanto artesanal como industrial, el desarrollo de la publicidad la convirtió en un sistema indispensable, para la impresión de objetos inadaptables debido a su forma, tamaño o características especiales, que hacían imposible el uso de máquinas de impresión de tipografía .

2.2. Descripción de los equipos utilizados en un taller de serigrafía

A continuación se realiza una descripción de los equipos utilizados en un taller de serigrafía.

2.2.1. Marcos

Los que se utilizan en la serigrafía pueden ser de cualquier material, tamaño y forma, el objetivo principal es mantener tensa en todas las direcciones

y en todo momento la seda que se encuentra colocada en él, el peso del marco que se utiliza en el proceso de impresión debe de tener el peso adecuado para el operador. En la figura 2 se muestra un marco para impresión con seda amarilla tensada.

Figura 2. **Marco para impresión**



Fuente: taller de Serigrafía Dinámica.

Los marcos más utilizados son los de madera debido a que son baratos, fáciles de construir y modificar, pero se pueden fabricar de diversos materiales, por ejemplo, de perfiles de acero y aluminio, teniendo el debido cuidado que el material del marco no le agregue demasiado peso. También existen marcos autotensables que facilitan la corrección de registros y permite tensar la seda durante el proceso de impresión, el mecanismo que se utiliza para tensar la seda son cilindros colocados a los bordes del marco y que se ajustan haciendo girar tuercas.

2.2.2. Sedas

Es importante en la impresión por serigrafía, está formada por tejidos especiales que le permiten ser tensada para el correcto registro de imágenes,

es homogénea y permeable para permitir el paso de tinta de un lado a otro. El material más utilizado para la fabricación de esta, es el poliéster. En la figura 3 se muestra una seda tensada de poliéster amarilla.

Figura 3. **Seda tensada**



Fuente: taller de Serigrafía Dinámica.

La seda reúne características importantes que hacen que su uso sea indispensable y de suma importancia para la serigrafía como:

- La seda recupera su forma original cuando se modifica para su uso, se puede decir que, posee estabilidad mecánica.
- Tiene resistencia a la abrasión, ya que se utilizan químicos para limpiarlas de las tintas que se usan en la impresión.
- Posee alta elasticidad.
- Es estable ante la luz.
- Permite el paso adecuado de tinta.

2.2.2.1. Sedas de nailon

Posee la característica de tener bastante resistencia a la abrasión, ya que permite el uso de químicos para la limpieza y el uso de tintas.

2.2.2.2. Sedas de poliéster

Ofrece muy buena estabilidad al momento de ser tensada, es de fácil limpieza y su estructura es lisa, es la más utilizada en los talleres de serigrafía artesanales y talleres pequeños. Las sedas de nylon y de poliéster se pueden teñir para reducir la dispersión de la luz debido a la exposición de los rayos ultravioleta, absorbiendo la radiación.

2.2.2.3. Poliéster metalizado

Estas sedas son tejidas de poliéster bañadas en níquel, dan gran precisión y estabilidad para imprimir circuitos, debido a que repelen la electricidad estática que se produce al frotar la rasqueta o espátula contra la seda, son de gran utilidad cuando se requiere imprimir con tintas termoplásticas.

2.2.2.4. Sedas antiestáticas

Son sedas que se tejen combinando poliéster y nailon con carbono, esto hace que la electricidad estática se descargue en la pantalla evitando así, que las partículas de polvo no se adhieran a las tintas cuando se imprime material plástico.

2.2.2.5. Sedas calandradas

También denominadas satinadas, se fabrican aplicando presión a una de las caras de la seda con un rodillo y vapor, estas reducen los depósitos de tinta hasta en un 50 por ciento.

2.2.2.6. Poliéster de alta tensión

Tienen la cualidad de soportar tensiones más altas en comparación con las otras sedas, sin pérdida significativa de tensión, además, el espacio que existe entre la seda y el material a imprimir es reducida, lo que conlleva a una mejora en la calidad en el registro y la impresión.

2.2.2.7. Numeración de las sedas

Es una de las características más importante del tejido al momento de escoger el tipo de seda a utilizar, se refiere a la cantidad de hilos que hay en un centímetro lineal de seda, la numeración para uso serigráfico comprende de 10 hilos/cm hasta 200 hilos/cm. La tabla I muestra los diferentes tipos de sedas y sus usos más comunes según el número de hilos.

Tabla I. **Recomendaciones y usos de sedas según el número de hilos**

Hilos /cm	Recomendaciones y usos
15-32	Textil de alta absorción como: toallas, blancos textiles para tapar fondos y tintas de alta viscosidad
33-61	Impresión textil tradicional, con nivel de definición media. Barnices solventados, impresión gráfica para definición baja.
62-77	Textil detalles finos. Impresión gráfica para definición media, cartón, madera y papel.
80-100	Impresión gráfica en general con énfasis en: plásticos, papeles y maderas de baja absorción.
12-140	Impresión gráfica de alta definición con énfasis en: plásticos, tintas a base de solventes, cerámicas, vidrios, metales y circuitos impresos.

Fuente: Ainos Ltda. Insumos gráficos para serigrafía.

Las sedas de numeración baja dejan pasar tinta gruesa y espesa, pero dan menor definición, al contrario de las sedas finas de numeración alta que dejan pasar tintas delgadas dando definición a la impresión, pero son menos resistentes.

Otra característica importante en las sedas es el grado de la densidad de los hilos, se pueden identificar con las letras:

- HD fibra espesa y fuerte
- T fibra normal
- M fibra mediana

- S fibra ligera de diámetro pequeño

Dos consideraciones que se toman en cuenta al momento de seleccionar la pintura en una impresión son: el depósito de tinta y la imagen a reproducir.

2.2.2.8. El depósito de tinta

Se refiere a la cantidad de tinta que dejará la impresión sobre el material, y este tiene una relación directa con la densidad de la seda. Cuando se desea un depósito de tinta se selecciona una seda de fibra fuerte y espesa con número de hilos 100 o inferior.

Cuando se necesita imprimir textiles con tinta con partículas de pigmentos gruesos se selecciona una malla de fibra normal con numeración de 44 a 77. Si la impresión es fina y se necesita una buena definición de la impresión se utilizan sedas ligeras y con número de hilos de 120 o superior.

2.2.2.9. Imagen a reproducir

Cuando mayor sea la definición que se necesita en la impresión se selecciona una malla de densidad normal con número altos de hilos de 100hilos/cm o superiores.

2.2.3. Rasquetas

También conocidas como espátulas o *squeege* su función es cubrir con tinta el marco con seda, al realizar un movimiento de vaivén y aplicar presión, esto provoca que la pintura atraviese la seda y reproduzca la impresión en el material. Debe de ser cómoda y liviana, con buen agarre, ya que es esta la que realizará todas las repeticiones de impresión que se requieran.

Como se muestra en la figura 4, la rasqueta se compone de dos partes: el mango y la tira de goma; los hay de diferentes tamaños y durezas dependiendo del tipo de impresión, diseño de la impresión y la tinta con la que se está trabajando. Generalmente, el mango es de madera debido a que se puede fabricar sin mayores complicaciones, pero también, los hay de diferentes materiales como plástico y aluminios.

Las tiras de goma son resistentes a los solventes y tintas con las que trabajan durante el proceso de impresión, los materiales de las gomas son sintéticos, dependiendo de su resistencia, las de uso más común son: neopreno, caucho y poliuretano. La tira de goma debe quedar bien ajustada y de una altura con respecto al mango de al menos 15 centímetros, para cuidar que los dedos del operador no toquen la tinta.

Figura 4. Rasqueta con goma



Fuente: taller de Serigrafía Dinámica.

2.2.4. Tintas

Son colorantes con compuestos químicos, que permiten realizar impresiones en todo tipo de material.

Las tintas constituyen un elemento importante en la impresión por serigrafía, es la que proporcionará el producto final que el cliente desea y su durabilidad depende del cuidado que se tenga al momento de ser estampada sobre el material. Para aplicar la tinta en el material debe tener varias consideraciones tales como: el material que se va a imprimir y el efecto que se desea dar a la impresión.

La tinta utilizada en la serigrafía necesita preparación previa antes y después de su uso como:

- Mezcla: las tintas se mezclan para crear colores específicos, se utilizan dos pinturas, una base que proporciona el color necesario para la impresión y una pintura solvente que sirve para darle tonalidad al color aclarando u oscureciendo a la pintura base. La mezcla se realiza de forma cuidadosa hasta que el color sea uniforme, para hacer este proceso de forma adecuada, los operarios deben de tener en cuenta que las tintas estén bien conservadas, sin formación de películas en la superficie.
- Dilución: consiste en mezclar las tintas con solventes, este tiene dos funciones principales: facilitar la combinación de dos colores para crear uno solo, y el otro, cambiar la viscosidad de la pintura según el equipo y la comodidad del operador.
- Filtración: se hace con un filtro especial de pintura o colocando varias capas de gasa, se realiza para eliminar grumos gruesos de pintura y la mayor cantidad de burbujas en la tinta.
- Almacenaje: se realiza al finalizar el uso de la tinta, para su debido cuidado se debe cerrar de manera hermética, para que no se evaporen los disolventes que se encuentran contenidos en la composición de la tinta, si las tintas tienen más de un año de almacenadas y muestran señales de contaminación deben de ser sustituidas.

2.2.4.1. Tipos de tintas

Las tintas de serigrafía se pueden clasificar según el material que se vaya a imprimir por ejemplo los siguientes:

2.2.4.1.1. Papel

Las tintas utilizadas en la impresión de papel son principalmente dos, la tinta kartel que es ideal para la impresión de papel, cartón y madera tiene la ventaja de tener secado rápido; y la tinta serilustre que posee la característica de tener bastante flexibilidad y alto brillo, utilizada para la impresión de papel fino, plástico laminado y metales recubiertos.

2.2.4.1.2. Vinílicos

En la impresión en material vinil, también dos son las tintas más utilizadas. La primera: vinil mate utilizada, principalmente en la impresión de material pvc y acrílicos, es opaca dando un acabado mate a la impresión. La tinta uniplast utilizada en los mismos materiales que la pintura vinílica con la excepción de que, esta da un acabado brillante, flexible y transparente.

2.2.4.1.3. Plásticos

La tinta policat es la más utilizada en la impresión de envases de manera continua y tiene la característica de dar un acabado brillante a la impresión, esta es una tinta epóxica de dos componentes.

2.2.4.1.4. Textiles

En la impresión de textiles la tinta plastisol es la más usada y la que mayor ventajas proporciona, tanto en el proceso de impresión, como en la impresión final, está compuesta por partículas de pvc dispersas en un plastificante líquido, que al aplicarle calor, las partículas de pvc absorben el plastificante adhiriéndose firmemente a las telas. Una característica importante es que esta

tinta no tiene buena adherencia en superficies lisas, debido a eso es una tinta meramente utilizada en textiles.

2.2.5. Adhesivos

Tienen la función de fijar el material a imprimir en una base inmóvil, este adhesivo está constituido, principalmente de polímeros derivados del petróleo, para su uso este compuesto debe de estar seco y colocado en toda el área que ocupe la impresión, asimismo, debe de ser sustituido cada cierta cantidad de tiempo.

2.2.6. Emulsión

Es un compuesto químico que contiene dicromato de sodio, que es la sustancia que la hace fotosensible, es resistente a ciertos tipos de solventes y a pinturas, se aplica a las sedas y tiene la capacidad de copiar una imagen contenida en un positivo o negativo cuando se expone a la luz.

La emulsión tiene como objetivo permitir o detener el paso de la tinta según el diseño que se haya grabado en la seda. Anteriormente, el material que se utilizaba para grabar los diseños en las sedas era la película serigráfica, pero esta tenía el inconveniente de que su utilización dependía el material que se imprimía.

2.2.7. Impresoras

Gracias al avance tecnológico, los talleres modernos de serigrafía cuentan actualmente con impresoras especiales para diferentes tipos de materiales, debido a la necesidad de crear imágenes a *full* color y alta definición.

Las impresoras más utilizadas en la actualidad son:

2.2.7.1. Plotters

Son impresoras asistidas por computadoras que realizan dibujos lineales sobre material de dibujo en una superficie plana, estos están constituidos, principalmente, por un carril donde se encuentra colocado un cabezal que se mueve de forma horizontal sobre el carril, al realizar este movimiento va trazando el diseño sobre el material que se encuentra colocado en un barril que lo mueve de forma vertical.

Existen dos tipos de plotter utilizados en los talleres de serigrafía, uno con cabezal de corte como el de la figura 5, utilizado para realizar cortes específicos en material vinílico, y otro con cabezal de impresión como el de la figura 6, el cual se utiliza, principalmente para la impresión de mantas vinílicas.

Figura 5. **Plotter con cabezal de corte**



Fuente: taller de Serigrafía Dinámica.

Figura 6. **Plotter con cabezal de impresión**



Fuente: taller de Serigrafía Dinámica.

2.2.7.2. Impresoras láser

Este tipo de impresoras son de alta demanda en toda industria donde se trabaje con diseños y gráficos, ya que permite una alta definición en sus impresiones, debido a que las realiza de forma fotosensible, gracias a un tambor fotoconductor y el tóner, que es una tinta en polvo. En la serigrafía se

utiliza junto con material transferible conocido como transfer, este material es impreso y se transfiere a otro material cualquier diseño al aplicarle calor.

2.2.8. Programas de computadoras

Son especialmente para diseño gráfico, tienen una gran variedad de herramientas para modelar, modificar y crear diseños complejos, para el uso de estos tipos de programas se necesitan computadores con alta potencia de gráficos para poder manipular imágenes en alta definición. Los programas que más prefieren los diseñadores a la hora de crear sus diseños son: *adobe freehand*, *adobe illustrator*, *adobe photoshop*, entre otros.

2.2.9. Material de impresión

Los más utilizados en una serigrafía son los vinílicos, pero también gracias al uso de diferentes técnicas y tintas se puede imprimir en casi cualquier material desde: telas, vidrios, plásticos, hasta materiales metálicos que están expuestos a las condiciones ambientales.

2.2.10. Máquinas de coser

En los talleres de serigrafía se utilizan las máquinas de coser, que son una herramienta indispensables, para la elaboración de playeras, banderas y otros, consiste en un mecanismo de arrastre de tela y mecanismos en un brazo con aguja y poleas que regulan la tensión del hilo. La incorporación de elementos electrónicos y computadoras ha permitido que las máquinas de coser efectúen procesos más elaborados como lo son los bordados.

2.3. Mecanismo convencional de serigrafía

Conocido comúnmente en el ámbito serigráfico como pulpo o carrusel de serigrafía, es la matriz en un taller que realiza impresión en prendas, la mayoría de talleres artesanales, como empresas medianas de serigrafía cuentan con este mecanismo para facilitar el trabajo de impresión, desde su invención no ha cambiado casi en nada su estructura. En la figura 7 se muestra el mecanismo convencional de impresión utilizado en el taller de Serigrafía Dinámica.

Figura 7. Mecanismo convencional de impresión



Fuente: taller de Serigrafía Dinámica.

2.3.1. Características principales

En esencia es un mecanismo con estructura sólida, en su mayoría de metal, en el cual se encuentran montados dos mecanismos de rotación, como se muestra en la figura 8, uno de sus mecanismos de rotación cuenta con brazos en el cual se encuentran paletas para colocar las prendas que van a ser impresas, estas paletas pueden ser móviles o fijas, el segundo mecanismo gira

sobre el primero y cuenta con varios dispositivos que sirven para sujetar los marcos que se utiliza en la impresión de prendas.

Figura 8. **Mecanismos de rotación**



Fuente: taller de Serigrafía Dinámica.

2.3.2. Funcionamiento

El mecanismo de impresión pulpo es una máquina con mecanismos simples, ergonómica, que es accionado por un operario, quien, realiza el proceso de impresión de pie, con la ayuda de sus brazos.

El mecanismo de impresión consta de dos carruseles, que el operario puede hacer girar según le convenga, el primer mecanismo de carrusel, contiene brazos con planchas de madera en las cuales se coloca una goma adhesiva para mantener las prendas pegadas a la paleta.

El segundo mecanismo que se encuentra montado sobre el primero gira de igual manera a conveniencia del operario, este además, cumple el objetivo

de contener dispositivos de sujeción, como los de la figura 9, para los marcos con seda, cada dispositivo de sujeción dispone de un mecanismo simple con resortes que permiten subir y bajar cada marco para que el operario haga la impresión de varios colores sobre una misma prenda, con tan solo girar el segundo carrusel.

Figura 9. **Dispositivos de sujeción del mecanismo**



Fuente: taller de Serigrafía Dinámica.

2.4. Avances en la industria de la serigrafía

La industria serigráfica ha ido de la mano con la tecnología desde sus inicios, debido a eso la industria ha tenido grandes avances en materiales y máquinas computarizadas, siempre buscando una mejor calidad de impresión en distintos materiales.

Actualmente, la serigrafía se apoya de varias herramientas modernas, una de ellas son los programas de computadoras, estos permiten realizar textos con diseños exclusivos y manipular textos con precisión, también permiten

manipular fotografías con la opción de retocar y editar fotos para cualquier uso. Estos programas, a su vez necesitan tarjetas de gráficos poderosas que permite manipular de forma fácil y fluida la gran cantidad de datos que los gráficos contienen. Esto ha provocado que en la actualidad existan máquinas impresoras con componentes electrónicos que permiten la impresión de gráficos de alta definición en toda clase de tamaños.

Otra rama de la cual la serigrafía ha sacado provecho es de la ingeniería mecánica, debido a que actualmente existen máquinas que permiten realizar procesos tediosos de una forma más cómoda y simple ayudándose, de mecanismos sencillos y sistemas de aire comprimido, los cuales accionan componentes neumáticos de alta velocidad. Actualmente existen máquinas novedosas que realizan procesos únicos como el estampado, los bordados, impresión, corte de material y otros, procesos que en la actualidad resaltan un producto final de otros y que dan una cierta ventaja a las empresas que poseen estas herramientas de las que no.

Toda esta tecnología requiere un costo de inversión, el cual puede hacer que cualquier empresa que se dedique a la serigrafía se encuentre en capacidad de poder competir con las altas industrias de impresiones y gráficos.

3. IMPORTANCIA DE LA AUTOMATIZACIÓN

3.1. Objetivos de la automatización

Uno de los objetivos principales de las empresas al automatizar es estar al día con la tecnología y así poder competir en el mercado. Actualmente, la globalización hace que las empresas estén en constante competencia, dándole ventaja a las que se mantienen actualizadas mejorando sus procesos para satisfacer a sus clientes.

Los empresarios en la actualidad buscan automatizar sus procesos para mejorar la calidad de sus productos, reducir costos, reducir la mano de obra, disminuir el material echado a perder, llevar un control de calidad más estricto y aumentar la rentabilidad y competitividad de las empresas.

Automatizar es usar un sistema para controlar máquinas o procesos, con la ayuda de varios elementos. La intervención humana depende del nivel de automatización, la cual puede ser: manual, maquinado, automatización parcial y la automatización total.

Dentro de una serigrafía, la automatización agiliza los procesos y convierte a los talleres medianos en grandes competidores en la industria, al incursionar en campos en los que sus iguales no se atreven a explorar. La instalación de un sistema automatizado dentro de los talleres serigráficos se adapta a las necesidades que la empresa requiera e ir creciendo conforme la empresa lo haga.

3.2. Tecnología en la automatización

Los tipos de tecnología que se emplean para la automatización se dividen, principalmente en dos: las cableadas y programables.

Las cableadas son las que se realizan de manera física y tienen la característica de que sus circuitos están representados en esquemas que muestra de manera gráfica el funcionamiento del sistema.

Entre las tecnologías cableadas se encuentran:

- Mecánica
- Eléctrica y electrónica
- Hidráulica
- Neumática

Estos tipos de tecnologías tienen la ventaja de ser económicas en montaje y mantenimiento, también, el personal poco calificado puede entender de manera fácil su funcionamiento, estas tecnologías están compuestas por mecanismos simples los cuales controlan y convierten los movimientos. Otra de las ventajas que poseen este tipo de instalaciones es que pueden ser fácilmente modificadas si el sistema así lo requiere. Uno de los inconvenientes de las tecnologías cableadas es el espacio ocupado por la longitud del sistema y que no son aptos para sistemas de control complejos.

La tecnología programable se basa en un conjunto de elementos que forman un equipo electrónico programable que permite el control de un sistema, como lo hacen las computadoras, por lo que cuentas con sistemas operativos de fácil uso para los usuarios.

El Programmable Logic Controller (PLC) es muy utilizado en la automatización actual, ya que controla la información y distribuye señales a los actuadores para ejecutar una orden. Los PLC están constituidos en su estructura por la alimentación eléctrica, unidad central CPU e interfaz de entrada y salida. Donde se componen de sensores y actuadores respectivamente.

Uno de los sistemas más completos para la automatización industrial es el sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition, por sus siglas en inglés), que es un software diseñado para supervisar procesos industriales a distancia mediante computadoras, permitiendo la retroalimentación mediante sensores y actuadores.

3.3. Costos de automatización

En la actualidad, automatizar un proceso es tomado como una inversión debido a que las ventajas justifican los gastos que hacen que las empresas sean competitivas. El principal motivo para realizar un proyecto de automatización es el de incrementar la productividad.

Un proyecto, como el de automatizar un mecanismo de impresión de serigrafía, ayuda a los talleres medianos de serigrafía, debido a que la mayoría de empresas que se dedican a la impresión por este medio son de recursos limitados. La automatización de los mecanismos debe de llenar las especificaciones de las empresas teniendo en cuenta que la automatización debe de ir acorde a sus recursos económicos.

El costo dependen del nivel de automatización del proceso, debido a que entre más complejo sea el sistema automatizado se necesita de tecnología avanzada para poder llevar un control total y eficiente del sistema.

Serigrafía Dinámica imprime cantidades grandes de prendas, por lo cual la empresa ha pensado en invertir en el desarrollo de un mecanismo semiautomatizado, de fácil uso y mantenimiento.

Una manera económica y confiable para automatizar un sistema sencillo es utilizar la tecnología de PLC, utilizando sensores y actuadores tanto eléctricos como neumáticos lo cual lo convierte en el sistema que se adapta para el proyecto de la empresa Serigrafía Dinámica. Uno de los enfoques de Este proyecto está en que el mismo personal que opera el mecanismo realice por sí mismo el mantenimiento básico.

3.3.1. Ahorros que produce la automatización

Al llevar a cabo un proyecto de automatización se producen ahorros importantes para las empresas como:

- Seguridad: la empresa ahorra en la compra de productos para la seguridad industrial, seguros de vida, hospitalización, indemnizaciones por accidentes y multas.
- Calidad: al llevar un control más estricto de la calidad de los productos se evita rehacer el trabajo por defectos y se reduce las garantías y reparaciones de productos ya terminados. Al mejorar la calidad del producto la demanda y la cantidad de clientes aumenta.

- Logística: disminución de los costos de almacenamiento e inventarios; los tiempos de entrega mejoran.
- Desechos: la materia prima y la energía se utiliza de forma más eficiente.

3.3.2. Egresos que produce la automatización

En los egresos que produce un proyecto de automatización se encuentran el costo inicial de los equipos, mantenimiento y actualización del sistema, impuestos asociados a la compra, capacitación de personal y transporte del equipo al lugar del montaje.

Dentro de los costos del proyecto se debe tomar en cuenta que se producirán servicios asociados como: luz, iluminación, aire acondicionado y otros.

3.4. Capacitación ante la automatización

Para que un sistema automatizado funcione de manera adecuada debe de estar bajo control de un personal capacitado, que tenga la habilidad de detectar fallas. El personal debe de estar consciente de los beneficios que le traerán la automatización a la empresa y su persona, además de adquirir nuevos conocimientos para poder ponerlos en práctica.

En el caso del operador de un mecanismo de serigrafía automatizado es importante conocer el funcionamiento básico de la máquina, para que pueda darle el mantenimiento adecuado, reparar las futuras fallas que pueda sufrir e incluso para mejorar algún aspecto importante para un futuro mecanismo. La

empresa hace una inversión al capacitar su personal y convierte el sistema en un sistema de mejoramiento continuo.

3.5. Ventajas y desventajas de la automatización

Un proyecto de automatización involucra ventajas y desventajas de las cuales se mencionan algunas a continuación:

- Repetitividad: los procesos se repiten de forma continua de manera idéntica lo que da como resultado un trabajo homogéneo en todos sus productos.
- Calidad: con la repetitividad se logra ajustar el proceso para alcanzar los mejores niveles de calidad.
- Disponibilidad: las máquinas pueden trabajar las veinticuatro horas del día sin descansar. Al ser un sistema semiautomatizado, la disponibilidad depende del operador pero el sistema facilita la tarea y disminuye las horas de trabajo del operador.

También la automatización trae consigo desventajas como las que se muestran a continuación:

- Capacitación: el personal debe de ser calificado para el mantenimiento regular y modificaciones de mejora. Se debe de invertir tiempo y dinero.
- Agentes multidisciplinarios: se necesita personal con conocimientos en mecánica, electricidad y neumática. Para el proyecto de automatización

del mecanismo de serigrafía, también se requiere que se tengan conocimientos acerca de los PLC y su lenguaje de programación.

- Costos de inversión: se necesita de capital para invertir en equipos nuevos.

4. DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN

4.1. Criterio de diseño

Para el diseño del mecanismo automatizado de serigrafía se propone un prototipo con ciertas características que se adecuen a las necesidades del taller de Serigrafía Dinámica, la máquina será utilizada exclusivamente, para impresiones sobre prendas en superficies planas.

El mecanismo debe de ser liviano, para eso se ha pensado en utilizar perfiles de hierro, que lo hace el material apropiado para este proyecto. El hierro es un material con rigidez y resistencia para la máquina, ya que debe de soportar las fuerzas de trabajo y soportar los elementos de la propia máquina. Para evitar la corrosión de las partes de esta, se cubre con pintura anticorrosiva.

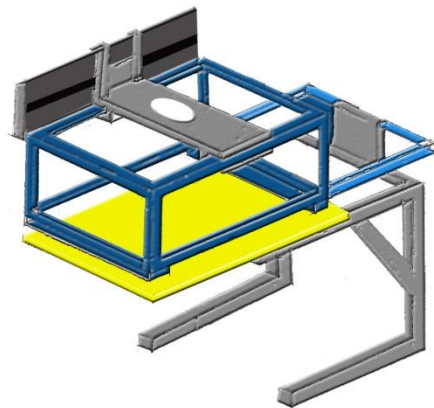
La máquina realiza ciertos movimientos para la impresión de prendas, se toma como ejemplo las impresoras de computadoras caseras, las cuales cuentan con un carro de impresión con su respectivo carril. El mecanismo de impresión cuenta con un carro de impresión maquinado en aluminio el cual viaja por un carril de impresión gracias a mecanismos sencillos.

El diseño se basa en la ergonomía de los operadores con dimensiones adecuadas a los tamaños de las personas, el diseño trata de evitar la fatiga y el cansancio del operador, el cual solo debe de colocar el material a imprimir y vigilar el buen funcionamiento del mecanismo. El mecanismo cuenta con una

base plana rígida para reducir las vibraciones y donde se colocara el material que será impreso.

Otra de las características de la máquina es la facilidad para armar, con la finalidad de que sea transportada de manera fácil dentro de las instalaciones del taller de serigrafía, debido a esta característica se utiliza en su mayoría el mismo tamaño de tornillos para facilitar el ensamblaje y utilizar la menor cantidad de herramientas. Este diseño permite crear un prototipo igual al de la figura 10, que permita a la empresa experimentar con la automatización.

Figura 10. **Modelo del prototipo**



Fuente: elaboración propia, con Photoshop CS5.

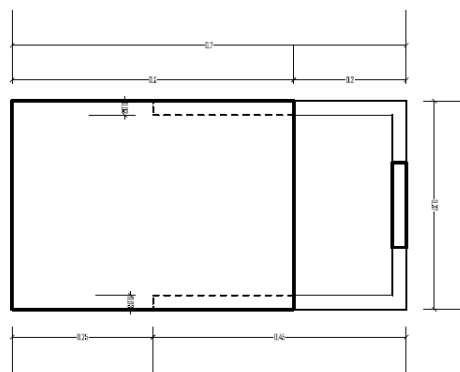
4.2. Diseño de las partes móviles del mecanismo automatizado de serigrafía

El diseño mecánico que se busca es simple, de acuerdo a los criterios de diseño mencionados para facilitar la fabricación del mecanismo y facilitar la

reparación de averías que se puedan presentar en su uso. La máquina está constituida en seis partes principales que se ensamblan entre si, las cuales son:

- Base rígida: donde van montados todos los mecanismos de la máquina y soporta una fuerza de 206 N aproximadamente, que incluye el peso de la base porta marcos, el cabezal de impresión, sensores y actuadores, riel de desplazamiento del cabezal y la mesa portadora de prendas.

Figura 11. **Plano base rígida**



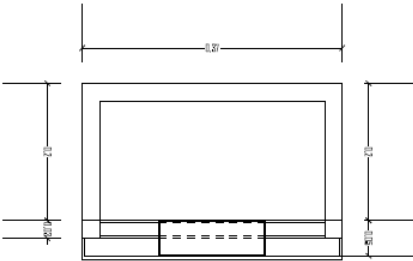
Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Su estructura está pensada para que provea de estabilidad en todo momento a la máquina y evitar daños a las prendas que serán impresas. En la figura 11 se muestra la base rígida de la máquina.

- Base porta marcos: está diseñada para soportar una fuerza de 100 N, que incluye el peso del cabezal de impresión y su riel. Está unida en su parte trasera a la base rígida por un pivote que permite que sea levantada con la ayuda de resortes para colocar la prenda en la mesa

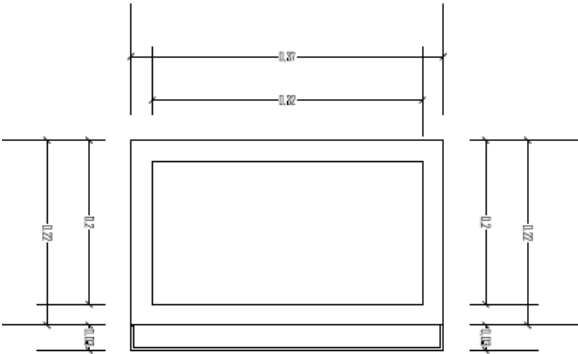
portadora de prendas, también cumple con su función de sostener el marco de impresión.

Figura 12. **Base porta marcos**



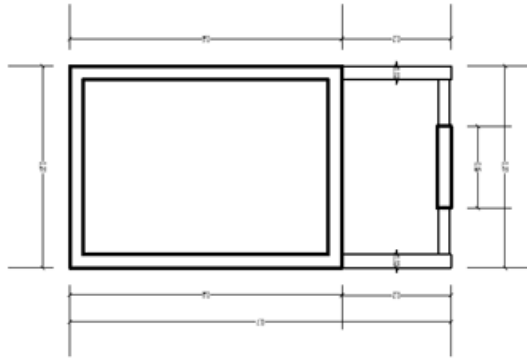
Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Figura 13. **Base porta marcos vista de perfil**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Figura 14. **Base porta marcos vista de planta**

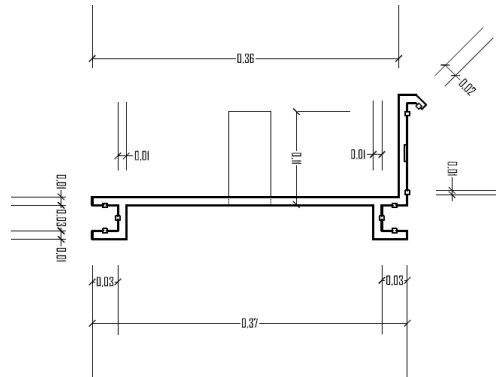


Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

En la parte superior los perfiles son utilizados como rieles en el cual el cabezal de impresión se mueve. En las figuras 12, 13 y 14 se puede ver la estructura y el diseño de la base porta marcos.

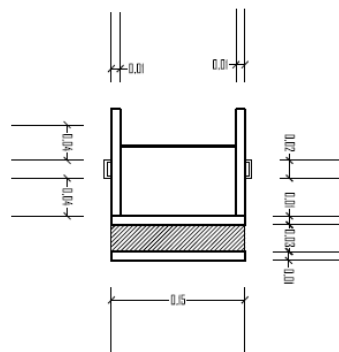
- **Cabezal de impresión:** está diseñado para soportar una fuerza de 37 N en el cual se montan el cilindro neumático con la goma de impresión, maquinado en material de aluminio por su fácil fabricación, cuenta también con dispositivos de desplazamiento y sujeción ya que esta parte del mecanismo se mueve a lo largo del riel de desplazamiento.

Figura 15. **Cabezal de impresión**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Figura 16. **Cabezal de impresión vista de perfil**

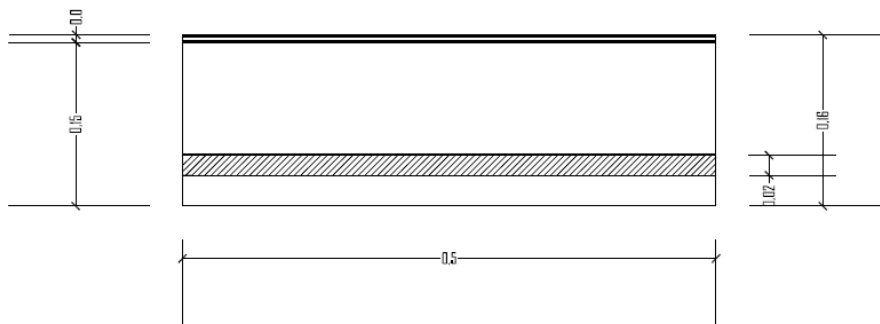


Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Para su fácil movimiento y para reducir la fricción se ha pensado colocar ruedas de aluminio en las partes que tienen contacto con los otros elementos del mecanismo, como lo muestra la figura 15.

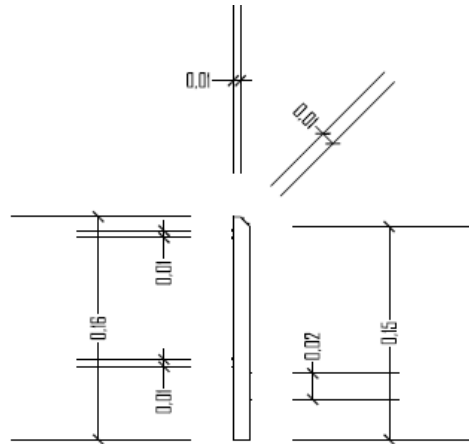
- Riel de desplazamiento del cabezal: las figuras 17 y 18 muestran este riel de impresión, que sirve como guía; también es el encargado de mover el cabezal de impresión mediante un motor eléctrico y mecanismos que con ayuda de fajas hacen mover el cabezal de impresión de derecha a izquierda y viceversa, también cuenta con sensores, todos estos elementos harán que el cilindro neumático deje una impresión sobre las prendas que se desean estampar al aplicarle presión al marco con seda. El riel y todos sus elementos están adjuntos a la base porta marcos.

Figura 17. **Riel de desplazamiento del cabezal**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

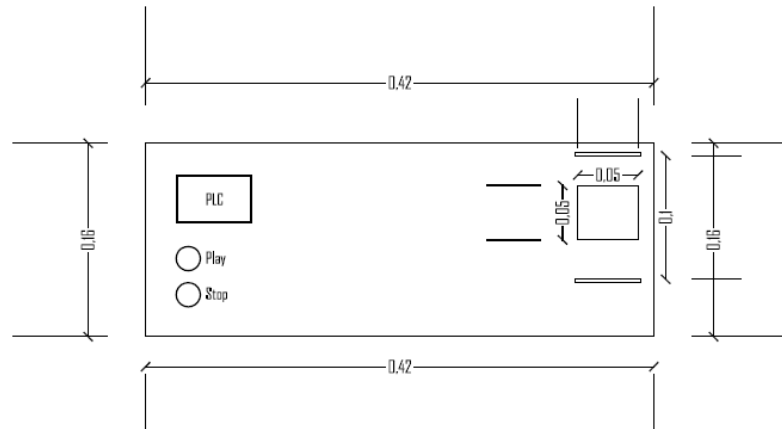
Figura 18. **Riel de desplazamiento del cabezal vista de perfil**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

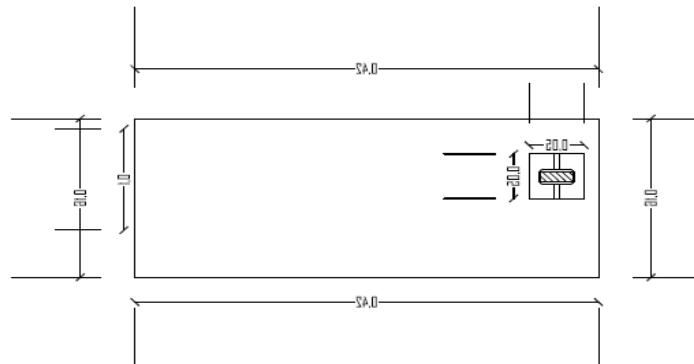
- Placas de control: el mecanismo cuenta con dos placas, una en la parte de adelante y otra trasera, cuentan con el mecanismo para el movimiento del cabezal de impresión y sirve de soporte para los dispositivos que accionan los elementos. La placa delantera (figuras 19 y 20) tiene un orificio por donde pasa una banda que se mueve adjunta a un cilindro dentado con su eje, también sirve de soporte donde van colocado el autómata PLC, el botón de inicio y parada de emergencia del sistema automatizado.

Figura 19. **Placa delantera de control**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

Figura 20. **Placa delantera de control con mecanismo**

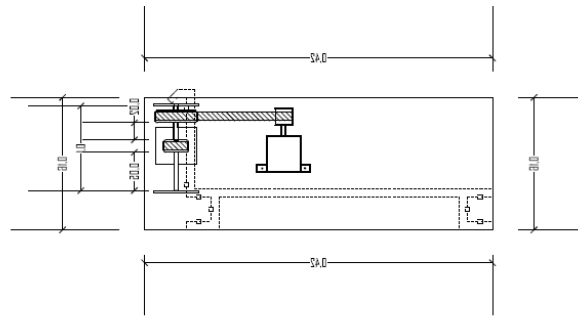


Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

La placa colocada en la parte de atrás (figura 21) del mecanismo cuenta con un orificio por donde pasa la banda que mueve el cabezal de impresión, además cuenta con dos ruedas dentadas unidas al mismo eje, una de ellas es

movida por el motor eléctrico, lo cual provocará al mismo tiempo mover la rueda encargada del movimiento de la banda que va adjunta al cabezal de impresión.

Figura 21. **Placa trasera con mecanismos para movimiento**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD.

- Mesa portadora de prendas: esta parte del mecanismo es simplemente una pieza plana que puede ser de fibra de vidrio o de madera, en ella se colocan las piezas a imprimir en el mecanismo. Se escoge un material resistente que proporcione una superficie plana, además debe tener bordes curvos para evitar cualquier rasgadura al manipular las prendas.

4.3. **Cálculo de la fuerza de la máquina**

Son necesarios para determinar los elementos importantes de la máquina, muchos datos acerca de las fuerzas que actúan para realizar la impresión de prendas son tomados al analizar el proceso.

4.3.1. Cálculo del peso del cabezal de impresión

$v_c =$ volumen del cabezal

$d =$ densidad

$m =$ masa

$w_c =$ peso del cabezal

$$v_c = 756\text{cm}^3 = 756 \times 10^{-6} \text{m}^3$$

Material usado para la fabricación: aluminio

$$d = \frac{m}{v}$$

Densidad del aluminio: 2700 kg/m^3

$$(2700 \text{ kg/m}^3)(756 \times 10^{-6} \text{ m}^3) = 2,04 \text{ kg masa de la pieza}$$

Peso de la masa

$$w_c = mg$$

$$w_c = (2,04 \text{ kg})(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$w_c = 20 \text{ N}$$

4.3.2. Cálculo del peso del riel de desplazamiento del cabezal

$v_r =$ volumen del riel

$d =$ densidad

$m =$ masa

$w_r =$ peso del riel

$$v_r = 1600\text{cm}^3 = 1,6 \times 10^{-3}\text{m}^3$$

Material usado para la fabricación: aluminio

$$d = \frac{m}{v}$$

Densidad del aluminio: 2700 kg/m^3

$$(2700 \text{ kg/m}^3)(1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = 4,32 \text{ kg masa de la pieza}$$

Peso de la masa:

$$w_r = mg$$

$$w_r = (4,32 \text{ kg})(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$w_r = 42,34 \text{ N}$$

4.3.3. Cálculo de la presión del cilindro neumático

$p_{\text{cil.}} =$ presión del cilindro

$A_{\text{efec.cil.}} =$ área efectiva del cilindro

$F_{\text{op.}} =$ fuerza del operador

Para la elección del cilindro neumático se calcula la presión con que trabaja el sistema, para que la pintura atravesase el marco de impresión, el operador debe de imprimir una fuerza de 24,5 N. Debido a que existe variedad de pinturas con diferentes viscosidades se toma un valor de la fuerza de 35,64 N.

$$p_{cil.} = \frac{F_{op.}}{A_{efec,cil.}}$$

$$p_{cil.} = \frac{35,64N}{\pi\left(\frac{0,0118}{2}m\right)^2}$$

$$p_{cil.} = 0,326Mpa = 47,28 psi$$

Esta es la presión que aplicará el cilindro neumático para hacer fluir la pintura a través del marco de impresión, con el dato de la presión se puede escoger un compresor que opere por arriba de la presión de trabajo del cilindro, teniendo en cuenta que el sistema puede crecer al agregarle más dispositivos que hagan uso de aire comprimido.

4.3.4. Cálculo de la potencia del motor eléctrico de corriente directa

$$P_{motor} = \text{potencia del motor eléctrico}$$

$$F_{total} = \text{fuerza total a ser movida}$$

$$V_{ope} = \text{velocidad de operación}$$

En la elección de un motor eléctrico para el mecanismo automatizado de serigrafía se toma en cuenta la potencia mecánica con la que puede operar este dispositivo, debido a que es el encargado de realizar el movimiento hacia adelante y atrás del cabezal de impresión.

Cálculo de la potencia:

$$P_{motor} = \frac{W}{t} = \frac{F * d}{t} = F_{total} * V_{ope}.$$

La fuerza es tomada como el peso del cabezal de impresión y el cilindro neumático activado, tomando en cuenta el coeficiente de fricción cinética del aluminio sobre acero el cual es de μ_s 0,61

$$F_{total} = 33,88N$$

La velocidad de operación adecuada para el funcionamiento del motor es de 0,33 m/s.

$$P_{motor} = 33,88N * 0,33 \text{ m/s}$$
$$P_{motor} = 11,18 \text{ Watt} = 0,015hp$$

Con el dato de la potencia se puede escoger un motor de corriente directa de 1hp lo cual es fácil de conseguir en el mercado de electrónicos o robótica.

4.3.5. Cálculo para la tornillería

$F_{v,Rd}$	=	esfuerzo cortante
f_{ub}	=	resistencia a tracción del tornillo
A_s	=	área resistencia del vastago del tornillo
n	=	número de planos de corte
γ_{M2}	=	coeficiente parcial de seguridad

Los tornillos utilizados soportan el peso del carril de impresión para mantenerlo unido a la base rígida del mecanismo de impresión, los tornillos están sometidos a esfuerzo cortante simple.

$$F_{v,Rd} = 0,5 * f_{ub} * A_s * \frac{n}{\gamma_{M2}}$$

Se escoge un tornillo de acero 4,6 de 10 mm de diámetro que es un tornillo común fácil de conseguir.

$$F_{v,Rd} = 0,5 * 400 \text{ N/mm}^2 * 78,54 \text{ mm}^2 * \frac{1}{1,25}$$

$$F_{v,Rd} = 12566,37 \text{ N}$$

El esfuerzo cortante que puede soportar este tipo de tornillos es de 12566,37 N lo que significa que se puede hacer uso de este tipo de tornillo en el mecanismo de serigrafía, el carril de impresión está unido a la máquina con 8 tornillos distribuidos a lo largo de la pieza.

4.4. Pasos para automatizar

Para automatizar cualquier tipo de máquina se toma en cuenta varios aspectos:

La organización o empresa que solicita la automatización debe de estar bien informada sobre el proyecto de automatización, ya que con la ayuda de esta información la empresa puede tomar decisiones importantes.

La tecnología es muy cambiante, lo que hace difícil escoger la tecnología adecuada para el proyecto.

La automatización requiere cada vez más de personal capacitado y de especialistas debido a que cada tecnología depende de programación y diseño especial para cada equipo.

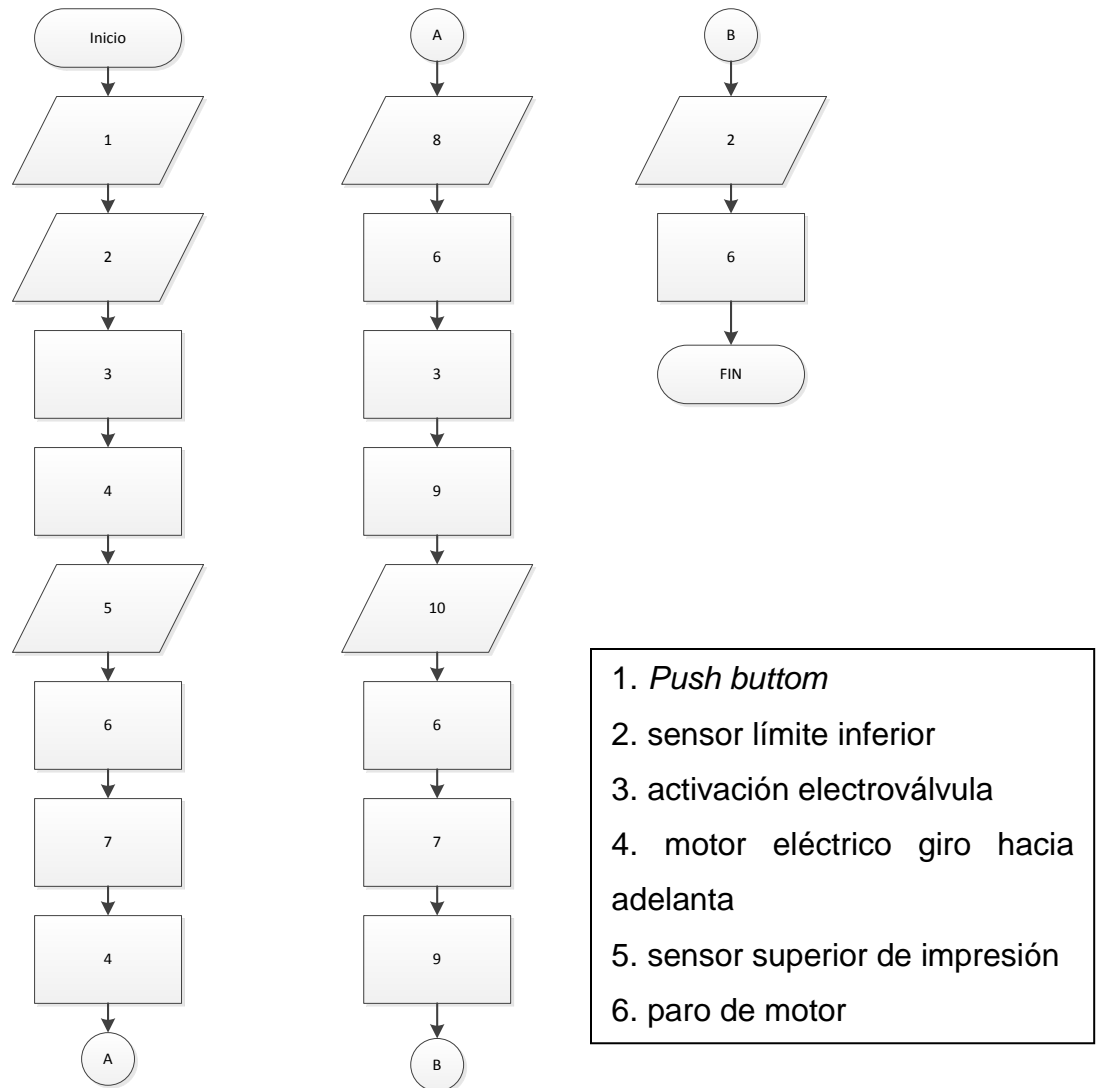
Uno de los pasos importantes para automatizar una máquina es recabar información mediante entrevistas, la máquina de serigrafía reúne características que cumplen con los requerimientos de la empresa las cuales se mencionan a continuación:

- Económica: para cumplir con esta característica se fabrica la base rígida y la base porta marcos en metal y la mesa porta prendas en fibra de vidrio o madera. Los elementos como: sensores, cilindro neumático, motor eléctrico y el PLC, pueden llegar a ser los elementos más costosos debido a que son piezas de tecnología que se fabrican en su mayoría en el extranjero y contienen elementos de computadora, el precio de este elemento varía según la marca utilizada.
- Fácil fabricación: el diseño es de fácil fabricación por utilizar materiales económicos, sencillos de encontrar en el mercado industrial de Guatemala, también, el ensamblaje de las partes de la base porta marcos y la base rígida se realizan con soldaduras de arco eléctrico, que un herrero con experiencia puede fabricar sin ningún problema. Las partes móviles como el cabezal de impresión y el riel de desplazamiento de cabezal se han diseñado para que sea fabricado en aluminio, debido a que este material es fácil de maquinar por un tornero además de ser liviano para moverse con facilidad.

- El uso de un PLC simplifica mucho la conexión entre los elementos, lo que hace que el sistema automatizado sea simple y de fácil programación ya que cuenta con pocas variables de entrada y salida.
- Fácil uso: el diseño fue pensado en que los operarios puedan trabajar cómodos y hacer funcionar todo el mecanismo de la máquina de serigrafía con solo presionar un botón. Al ser una máquina con mecanismos sencillos provoca que el mantenimiento sea sencillo y solamente contar con una persona capacitada para reparar o modificar el PLC, ya que se requiere de conocimientos en lenguaje de programación.
- Con la información recabada el mecanismo automatizado de serigrafía debe de llenar las siguientes características importantes:
- Procedimiento: la máquina de serigrafía debe de cumplir con la función de imprimir prendas, el proceso inicia poniendo una prenda sobre la mesa porta prenda, esto lo hace el operador de la máquina que levanta la parte superior, que es la base porta marcos, seguido, el operador presiona un botón de arranque que acciona a todos los elementos que echan a andar el mecanismo automatizado de serigrafía.
- Dispositivos que intervienen en la máquina: la de serigrafía cuenta con cuatro sensores de posicionamiento, un motor eléctrico que mediante poleas y fajas mueven el cabezal de impresión , botón de arranque y botón para parada de emergencia, un sistema PLC y un cilindro neumático de doble efecto con dispositivo de sujeción de goma para serigrafía.

- Diagrama de flujo: en él se representa de forma gráfica el funcionamiento de la máquina, este diagrama es utilizado para la programación del PLC, mejora continua del proceso, diseño y mantenimiento de las mejoras. Además de dar una descripción detallada del funcionamiento del mecanismo automatizado de serigrafía. La figura 22 muestra un diagrama de flujo útil para programar un autómeta PLC para la máquina.

Figura 22. Diagrama de flujo para programación de PLC



Fuente: elaboración propia.

4.5. Diseño del sistema de control

Para el diseño del sistema automatizado del mecanismo se debe de tener en cuenta que se trabaja con circuitos eléctricos y electrónicos con varios dispositivos útiles para el control y funcionamiento de la máquina, para realizar esto, el diseño se apoya en la tecnología que actualmente hace sencilla cualquier actividad.

4.5.1. Sistema electrónico

Está basado en bloques los cuales son: bloque de sensores, interfaces, bloque de control, bloque de actuadores.

4.5.1.1. Bloque de sensores

Son los encargados de detectar magnitudes físicas, que luego transforman en señales eléctricas llamadas variables.

Actualmente existen gran variedad de sensores dependiendo de la magnitud que se desea medir, se divide en la forma de conexión al sistema, que pueden estar conectados de forma interna o externa, también se clasifican de la forma en que envían la señal capturada, ya que los hay analógicos o digitales.

El sensor más útil y fácil de adquirir para el diseño del mecanismo de serigrafía son los de proximidad, el cual se basa en la detección de objetos próximos, los hay de diferentes tipos según su funcionamiento como: interruptores de de posición, capacitivos, inductivos, ópticos, ultrasónicos, magnéticos.

Los sensores con interruptores de posición son dispositivos que se utilizan para delimitar una carrera de trabajo, pueden ser eléctricos, neumáticos y mecánicos, colocando elementos interruptores en un elemento móvil, internamente están constituidos por dos partes, una base que se encuentra instalada dentro del sistema y una parte móvil que es accionada por los movimientos de las partes del sistema. Son de gran utilidad en máquinas que realicen movimientos de ida y vuelta. Una desventaja de este tipo de sensores es que contienen partes móviles que se desgastan con el uso y requieren ser cambiados cada cierto tiempo.

Los sensores capacitivos son capaces de detectar materiales metálicos y no metálicos, midiendo el cambio de capacitancia que depende de la constante dieléctrica del material, masa, volumen y la distancia hasta la superficie sensible del sensor, la sensibilidad es afectada por las condiciones ambientales.

Los sensores inductivos trabajan generando campos magnéticos y detectan las pérdidas de corriente que ocasiona una señal analógica proporcional a la distancia.

Los sensores ópticos se basan en emitir y recibir un haz de luz infrarroja, son de alta precisión, las señales pueden ser codificadas por el emisor para poder usar varios sensores a la vez, los sensores ópticos pueden ser de barrera de luz, reflexión sobre espejos y reflexión sobre objetos.

Los sensores ultrasónicos emiten impulsos ultrasónicos y al recibir el eco que recibe al chocar con los objetos los convierte en señales eléctricas, estos sensores pueden captar objetos con diferentes formas, superficies y materiales. La desventaja de este tipo de sensores es que se ve afectado por el flujo de aire en el medio de trabajo.

Los sensores magnéticos son utilizados para accionar o conmutar materiales magnéticos debido a que su señal puede viajar a través de materiales no magnéticos.

4.5.1.2. Bloque de control

El bloque de control es el sistema que controla y coordina un proceso o una máquina, el mecanismo de serigrafía utiliza un controlador lógico programable o PLC (programmable logic controller) que es utilizado en la mayoría de proyectos de automatización electromecánicos por ser una unidad muy útil y versátil. Un PLC está provisto en su estructura por un microprocesador, memoria interna y cableado interno.

La programación de un PLC está basado en lenguajes de programación que dependiendo el fabricante pueden variar, este puede ser un conjunto de símbolos, expresiones literales o ambas que deben de ser comprensibles para el PLC. Los lenguajes más comunes utilizados por los fabricantes son: esquema de contactos, lista de instrucciones y de bloque de funciones.

Los esquemas de contactos también conocidos como diagrama escalera es uno de los lenguajes más utilizados por los fabricantes, tienen similitud con diagramas de relé debido a que se ayuda de símbolos de contactos normalmente abiertos, normalmente cerrados, relés, contadores, temporizadores entre otros. En un diagrama escalera las líneas de energía están representados por dos líneas verticales unidas por líneas horizontales utilizadas para el control del circuito, todos los circuitos tienen sus variables de entradas del lado izquierdo y las salidas que son actuadores se colocan del lado derecho.

El lenguaje por lista de instrucciones, utiliza comandos como los utilizados en los lenguajes de programación de computadora enfocados a máquinas, los lenguajes utilizados más comunes son el awl, scl y el neumónico.

El lenguaje por bloque de funciones utiliza diagramas normalizados que describen un proceso, la idea es tomada de los diagramas de flujo. Los lenguajes utilizados para programar autómatas son FUP, FBD y Logigrama.

Los pasos básicos para programar un PLC son:

- Determinar que debe hacer el sistema y en qué orden.
- Determinar las señales de entrada y salida.
- Realizar un modelo donde se señalen funciones y las relaciones que hay y secuencias que debe de seguir el sistema.
- Asignar variables a las señales de entrada y salida.
- Programar el PLC con los modelos anteriores en un lenguaje que el autómata pueda reconocer.
- Transferir el programa a la memoria del PLC.
- Depurar el programa y hacer una copia de seguridad.

4.5.1.3. Bloque de actuadores

Son los encargados de mover una máquina utilizando diferentes tipos de energía como la hidráulica, neumática, eléctrica y térmica.

El diseño para la máquina de serigrafía cuenta con dos tipos de actuadores los cuales son de tipo eléctrico y neumático, esto debido a su fácil adquisición en el mercado y mantenimiento.

- **Actuadores eléctricos**

Son en su mayoría, motores que convierten la energía eléctrica en energía mecánica, estos motores tienen gran utilidad en la ingeniería y sobre todo en el diseño de máquinas debido a que son los encargados de accionar las partes móviles. Los motores eléctricos pueden funcionar con fuentes de corriente directa y corriente alterna.

Los motores de corriente directa son de gran utilidad cuando se requiere controlar el giro y la velocidad de operación. Los motores con imanes permanentes son utilizados en robótica y en la construcción de máquinas herramienta, debido a su alta eficiencia además se caracterizan por su alto torque, simple construcción y mantenimiento.

- **Actuadores neumáticos**

Son utilizados para proveer un movimiento lineal por medio de cilindros de embolo a los cuales se les aplica presión por un lado del cilindro, los hay de simple efectos y cilindros de doble efecto. Los de doble efecto se utilizan más comúnmente, porque pueden realizar una tarea en su movimiento de retorno.

La fuerza de avance y de retroceso para un cilindro es:

$$F=p \text{ (sección del émbolo – sección del vástago)}$$

4.5.1.4. Bloque de interface

Es un enlace que conecta los sensores a la unidad de control y también conecta a la unidad de control con los actuadores, el bloque de interfaces, también sirve como protección a la unidad de control contra descargas eléctricas, están contruidos por fusibles los cuales evitan el paso de cargas demasiado altas.

4.6. Selección de equipo

Para la selección de un PLC adecuado a la máquina de serigrafía, se toma en cuenta un autómata con mayor cantidad de entradas y salidas que el que se requiere para futuras modificaciones. Comúnmente la mayoría de PLC cuenta con 12 entradas y 8 salidas dependiendo la marca a utilizar, las más comunes son, Siemens, Allen Bradley y Texas Instrument. El mecanismo utiliza un PLC de fácil manejo con lenguaje de diagrama escalera o de símbolos que son los más comunes entre los lenguajes de programación de PLC.

Los datos más importantes para poder programar un PLC son identificar las variables de entrada y salida del sistema, el mecanismo automatizado de serigrafía cuenta con las siguientes variables:

Identificación de entradas y salidas del PLC

Entradas:

I0.1 Botón de inicio

I0.2 Botón parada de emergencia

I0.3 Sensor de proximidad 1 colocado en el riel de desplazamiento

I0.4 Sensor de proximidad 2 colocado en el riel de desplazamiento

I0.5 Sensor de proximidad 3 colocado en el riel de desplazamiento

I0.6 Sensor de proximidad 4 colocado en el riel de desplazamiento.

Salidas:

Q0.1 Giro del motor DC hacia adelante

Q0.2 Giro del motor DC hacia atrás

Q0.3 Paro del motor DC.

Q0.3 Salida de cilindro neumático

Q0.4 Retorno del cilindro neumático

Los sensores a utilizar son de posicionamiento óptico debido a que las piezas de las máquinas son de metal y aluminio que pueden causar problemas si se utiliza otro tipo de sensor. Además, los sensores son utilizados para delimitar el movimiento del cabezal por el carril de impresión, lo que permite que el cilindro imprima y también realice los movimientos debidos para recoger pintura de los bordes de la impresión.

El actuador eléctrico más útil para mover el cabezal de impresión es uno de tipo motor eléctrico de corriente directa de 24v al cual se le puede variar la velocidad y dirección de giro.

El actuador neumático más adecuado para dejar la impresión en las prendas es uno de tipo cilindro neumático de doble efecto con su respectivo sistema de electroválvula.

5. COSTOS DE FABRICACIÓN

5.1. Materiales necesarios

El mecanismo automatizado de serigrafía necesita elementos básicos para su fabricación, elementos como el PLC, los sensores y actuadores constituyen la parte automatizada del mecanismo, que por contar con sistemas eléctricos y electrónicos se recomienda el uso de equipo de buena calidad.

5.1.1. Fibra de vidrio

Es un material económico y de fácil fabricación, en la ciudad de Guatemala existen talleres artesanales con experiencia en la fabricación de piezas de fibra de vidrio. La pieza porta prendas de la máquina de serigrafía está diseñada para ser fabricada en madera o en fibra de vidrio, ya que para que la impresión sea de buena calidad se necesita colocar las prendas sobre una superficie plana.

5.1.2. Aluminio

La máquina de serigrafía cuenta con dos piezas importantes fabricadas en aluminio, debido a que estas piezas están sometidas a fuerzas en su operación y además necesitan de ser livianas por ser piezas móviles. El costo de fabricación de estas piezas viene dado por el tamaño y forma de las piezas, debido a que estas piezas deben de ser maquinadas por algún tornero.

5.1.3. Tornillos

La tornillería que se utiliza en el diseño de la máquina de serigrafía son de acero 4,6, que es un tipo de acero resistente al corte, que es el tipo de esfuerzo al que están sometidos en el mecanismo de impresión. El precio de la tornillería se basa en el tipo de tornillo, material con que se fabrica y la cantidad que se va a utilizar.

5.1.4. Hierro

En mayor parte de la máquina de serigrafía está hecha en perfiles de hierro, estos son fáciles de conseguir debido a que hay una gran industria que utiliza este material, el costo de las piezas en hierro está dado por la cantidad del material y la mano de obra, debido a que se necesita de un herrero para cortar y soldar los perfiles.

5.1.5. Resortes

Para facilitar el uso del mecanismo de serigrafía se puede hacer uso de resortes para levantar la porta marcos y colocar las prendas sobre la superficie de impresión. El precio de los resortes vienen dados por el tipo de resorte que se va a utilizar los resortes deben de ser de un largo de 0,2 metros con gran elasticidad.

5.1.6. Sistema automatizado

El sistema automatizado de la máquina de serigrafía está compuesto por varias partes que son: un motor eléctrico de 24 v, bandas para mover los

mecanismos del cabezal de impresión, un sistema PLC, dos *push button*, un cilindro neumático de doble efecto y un sistema de aire comprimido.

5.2. Mantenimiento necesario

La importancia en el mantenimiento de una máquina radica en que las empresas buscan cada vez tener mejores beneficios lo que conlleva a que mientras una máquina utilizada en la elaboración de un producto permanezca parada la empresa deja de percibir ganancias, además, un mantenimiento adecuado de los equipos previene fallas y cuida la inversión que hace la empresa.

Para el mecanismo automatizado de serigrafía se requiere de un mantenimiento sencillo en sus partes mecánicas. Para el mantenimiento del sistema automatizado se necesita de chequeos para tener un sistema actualizado y libre de contratiempos.

5.2.1. Sistema de aire comprimido

Un sistema de aire comprimido está expuesto a impurezas del aire ambiente, esto afecta el funcionamiento de los dispositivos que utilizan aire comprimido. El aire sucio y la humedad son factores que causan pérdidas de energía lo que significa pérdida de dinero.

El aire sucio provoca que las partículas contenidas en el aire estropeen los dispositivos, debido a eso es necesario el uso de filtros que eliminan las partículas más grandes contenidas en el aire. La humedad en el aire comprimido hace que el lubricante necesario para la correcta operación del sistema se desprenda de las paredes de los dispositivos.

El mecanismo automatizado de serigrafía cuenta con un sistema de aire comprimido pequeño, el cual está compuesto de: un compresor, un cilindro neumático, una electroválvula, tubería y una unidad de mantenimiento.

Los problemas o averías que puede presentar este tipo de sistema son varios de los cuales los más comunes son: fugas de aire comprimido, alta presión de operación, mal uso del aire comprimido, deterioro de las tuberías por exposición a solventes.

5.2.2. Compresor de aire

Para el mantenimiento adecuado de un compresor de aire se debe de considerar que para todo motor se debe de realizar cambio de aceite y cambio de filtro de aire, para el cambio de aceite se aconseja hacerlo cada 6 meses o según las recomendaciones del fabricante para evitar el desgaste de las partes móviles.

El compresor al tomar aire ambiente, también absorbe la humedad contenido en el aire, para eliminar el líquido que se acumula en el tanque de aire se drena el tanque cierta cantidad de tiempo, el mecanismo automatizado de serigrafía puede trabajar durante mucho tiempo debido a eso se puede drenar el tanque una vez a la semana para evitar la oxidación.

El compresor utiliza un aceite especial para herramientas neumáticas se debe tener en cuenta utilizar el aceite que el fabricante recomienda para el compresor.

También es importante tener acoples para las mangueras en buen estado para evitar cualquier tipo de fuga.

5.2.3. Mandos neumáticos

Para evitar averías en los mandos neumáticos es importante no exponerlos a una presión demasiado alta que podría provocar algún tipo de avería en la parte interna de estos dispositivos, también, la mayoría de mandos neumáticos y válvulas están compuestos por partes metálicas como resortes y exponer estas piezas a temperaturas muy alta podrían estropear su funcionamiento adecuado.

5.2.4. Sistema automatizado

Para la protección del sistema de control es necesario de interfaces de entrada y salida los cuales protegen al sistema de descargas eléctricas, también el mantenimiento adecuado de las conexiones eléctricas entre los dispositivos puede evitar accidentes y estropeos de los equipos. El elemento principal del mecanismo automatizado de serigrafía es el PLC el cual en sus componentes cuenta con un microprocesador y memorias, debido a eso, es necesario realizar un mantenimiento similar al de una computadora, tenerlo libre de polvo y solventes que se puedan encontrar en el área de trabajo, además por encontrarse partes móviles en la máquina es importante cuidarlo de golpes.

5.3. Tiempo de fabricación

El tiempo para la fabricación del mecanismo automatizado de serigrafía depende en su mayoría de la disponibilidad de los elementos que lo conforman, además, varios elementos de la máquina son fabricados por herreros y torneros los cuales deben de preparar el material y soldarlo. Sin ningún imprevisto, la máquina puede ser fabricada en un lapso de 10 días, se debe de considerar un lapso de prueba para calibrar el mecanismo y sus elementos.

5.4. Análisis costo-beneficio

Dentro de toda empresa, la Gerencia busca producir los resultados máximos con los recursos mínimos, lo que significa que cada gasto que se haga debe de justificarse.

Serigrafía Dinámica, como empresa busca incrementar su producción invirtiendo en nuevas técnicas de impresión, por tal motivo se le propone un diseño de un mecanismo automatizado de serigrafía que reemplaza el proceso actual de impresión de prendas. La impresión de prendas es una de las principales fuentes de ingreso de toda serigrafía por eso un mecanismo automatizado reduce el tiempo de impresión lo cual a su vez significa que la producción aumenta.

Para el análisis de los beneficios que produce un mecanismo automatizado de serigrafía se toman datos importantes durante el proceso convencional de impresión de prendas.

5.4.1. Datos importantes tomados en el proceso de impresión de prendas en Serigrafía Dinámica

- Un operario con experiencia logra imprimir 5 prendas en 1 minuto o 300 prendas por hora, cuando imprime un solo color.
- El operario descansa 15 minutos, aproximadamente por cada tres horas de trabajo.
- La mayoría de pedidos de prendas impresas son de 500 a 1 000 impresiones.

- La empresa gana Q.10,00 cuando los pedidos son de 1 000 impresiones a un solo color.

Todos estos datos fueron tomados durante el proceso de impresión de prendas dentro de los talleres de Serigrafía Dinámica.

Mediante el uso de un mecanismo automatizado de serigrafía se busca aumentar las impresiones de 300 impresiones por hora a 650 impresiones por hora, al eliminar los atrasos al momento de maniobrar las herramientas usadas por el operario, además, la velocidad de impresión no varía a lo largo del proceso.

Al aumentar la cantidad de impresiones por hora se hace una comparación entre el modo convencional de impresión y la impresión con el mecanismo automatizado de serigrafía. Al momento de imprimir 1 000 prendas de manera convencional la empresa obtiene una ganancia de Q.10 000,00 en 3 horas, en cambio, al hacer uso del mecanismo automatizado la misma cantidad de prendas se realizan en 1,53 horas.

También existen beneficios intangibles para la persona que realiza las impresiones, ya que se evita el movimiento repetitivo de los brazos evitando futuras lesiones en las articulaciones de sus extremidades superiores y se evita que permanezca de pie largas jornadas de trabajo.

CONCLUSIONES

1. El proceso de elaboración de prendas impresas dentro de la empresa Serigrafía Dinámica es una de sus principales fuente de ingresos, el cual se hace por un operador que pasa horas de trabajo de pie utilizando un mecanismo conocido como pulpo, que no ha cambiado en su diseño a lo largo del tiempo.
2. Para mejorar el proceso de elaboración de prendas impresas se recurre a la tecnología de automatización, la cual agiliza la elaboración de impresiones, creando un mecanismo automatizado de fácil uso y mantenimiento, apoyándose del uso de un PLC con sensores y actuadores.
3. La propuesta de este diseño para un mecanismo automatizado de serigrafía reduce el tiempo de impresión de las prendas, lo que para Serigrafía Dinámica significa un aumento en su producción y reducción en sus tiempos de entrega.
4. Al involucrar la tecnología de la automatización en uno de sus procesos más importantes, la empresa Serigrafía Dinámica busca mejorar la calidad de sus productos e incursionar en la mejora de todos sus procesos con ayuda tecnológica.

5. La automatización de los procesos de una empresa de serigrafía le da ventaja sobre las demás, debido a la mejora de calidad de sus productos, bajos costos y tiempos de entrega rápidos. El diseño sencillo del mecanismo automatizado de serigrafía permite la fabricación del proyecto sin ningún problema, debido a que cuenta con elementos de fácil fabricación y adquisición en el mercado industrial de Guatemala.

RECOMENDACIONES

1. Al llevar a cabo la fabricación del mecanismo automatizado debe hacerse un seguimiento en el funcionamiento de la máquina, con la ayuda del personal que haga uso del mecanismo, utilizando una bitácora donde se detalle el funcionamiento y posibles anomalías respecto a la máquina.
2. Todos los elementos útiles en el funcionamiento de la máquina deben ser de buena calidad y con garantía de parte del fabricante, para cuidar la inversión que se haga en el mecanismo y que la empresa siga confiando en la tecnología para la automatización de sus procesos.
3. Es importante un programa de adiestramiento para las personas que harán uso de la máquina y de mantenimiento, además esto evita accidentes y daños a la máquina.
4. El mecanismo puede ser ampliado para una mayor producción, de eso dependerá el éxito en el funcionamiento del prototipo, el cual también puede ser rediseñado en un futuro según el avance tecnológico.
5. Crear un programa de mantenimiento es importante para todo tipo de máquina, para elaborar uno que se adapte al mecanismo automatizado de serigrafía se debe de tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante de cada elemento de la máquina.

BIBLIOGRAFÍA

1. AINOS LTDA. *Mallas serigráficas insumos para serigrafía*. Chile. 2011. 6 p.
2. CARULLA ADMETLER, Miguel; LLADONOSA GIRÓ, Vincent. *Circuitos básicos de neumática*. México: Alfaomega, 1995. 145 p.
3. CASTRO LUGO, José Guadalupe; PADILLA YBARRA, Juan José; ROMERO A, Eduardo. *Metodología para realizar una automatización utilizando plc*. México: Impulso, revista de electrónica, eléctrica y sistemas computacionales. 2005. 100 p.
4. DE VANDELVIRA, Andrés. *Sistemas automáticos de producción alimentaria*. El salvador: J. Garrigós, 2011. 26 p.
5. GROOVER, Mikell P. *Fundamentos de manufactura moderna*. México: McGraw-Hill Interamericana, 2007. 1062 p.
6. GUARDIOLA VÍLLORA, Arianna. *Diseño y cálculo de uniones con tornillos no pretensados*. España: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia.2013. 12 p.
7. MORALES, Harley William Jerónimo, *Automatización de una inyectora de plástico*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 116 p.

8. NORTON, Robert L. *Diseño de máquinas*. México: Prentice-Hall, 1999. 1048 p.
9. TOTUSAUS GÓMEZ, Carlos. *Introducción a la automatización. Autómatas programables*. Trabajo de graduación de Ing. de máquinas. Universidad de Huelva España, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2009. 31 p.
10. WOLFGANG HAINKE. *Serigrafía: técnica, práctica, historia*. Argentina: La Isla, 1990. 372 p.