

REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

Automatización del proceso de impresión en tampografía a partir de un equipo de operación manual

Autor: Alberto Daniel Meza Olivos

Tesina presentada para obtener el título de:
Ing. Industrial en Procesos y Servicios

Nombre del asesor:
Fernando Alcázar Ceja

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar, organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación "Dr. Silvio Zavala" que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo "Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada", se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





UVAQ

M.R.

UNIVERSIDAD VASCO DE QUIROGA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN
PROCESOS Y SERVICIOS

**“Automatización del proceso de impresión en tampografía
a partir de un equipo de operación manual”**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL EN PROCESOS Y
SERVICIOS

PRESENTA:

C. ALBERTO DANIEL MEZA OLIVOS

ASESOR:

M.C. FERNANDO ALCÁZAR CEJA

CLAVE: 16PSU0049F (Ing)

ACUERDO: LIC000808 (ing)

MORELIA, MICHOACÁN

JULIO-2010

Dedicatoria.

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi familia

Que con su presencia en todo momento me permitieron sentir el apoyo y por el entusiasmo que me contagian en la vida.

Gracias a mi Madre por su apoyo incondicional que nunca he dejado de sentir a cada paso que doy en mi vida.

Gracias a mi Padre por sus consejos y su ejemplo de vida.

Gracias a mis hermanos y hermana por su apoyo y su amistad incondicional.

A mi asesor

Por su gran apoyo y atención para la realización de esta tesina.

Al director de la carrera por su entusiasmo y compartir sus conocimientos conmigo.

Contenido:

RESUMEN	V
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	VI
ANTECEDENTES	VII
OBJETIVOS	VIII
ALCANCE DEL PROYECTO	IX
JUSTIFICACIÓN	X
1.0 INTRODUCCIÓN	1
2.0 MARCO TEÓRICO	3
2.1. <i>NEUMÁTICA INDUSTRIAL</i>	3
2.1.1. <i>Ventajas y desventajas del aire comprimido en la industria</i>	4
2.1.2. <i>Propiedades del aire comprimido</i>	4
2.1.3 <i>limitantes del aire comprimido</i>	5
2.2 <i>PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA NEUMÁTICA</i>	6
2.2.1 <i>Conceptos físicos fundamentales</i>	6
2.2.2 <i>Presión</i>	7
2.2.3 <i>Caudal</i>	7
2.2.4 <i>Leyes fundamentales de los gases perfectos.</i>	8
2.2.5 <i>Ley de Boyle-Marriotte</i>	8
2.2.5 <i>ley de Charles –Gay Lussac</i>	8
2.2.6 <i>Ley de los gases ideales</i>	9
2.3 <i>AUTOMATIZACIÓN.</i>	9
2.3.1 <i>Objetivos de la automatización</i>	10
2.3.2 <i>Tipos de automatización</i>	10
2.3.3 <i>No automatización o trabajo manual</i>	11
2.3.4 <i>Automatización media o sistemas semi-automáticos</i>	11
2.3.5 <i>Automatización total</i>	11
2.3.6 <i>Automatización neumática</i>	12
2.4 <i>ELECTRO NEUMÁTICA</i>	12
2.5.1 <i>Compresores</i>	13
2.5.2 <i>Compresores de émbolo</i>	14
2.5.3 <i>Compresores rotativos</i>	15
2.5.4 <i>Compresor centrífugo</i>	16
2.5.5 <i>Acondicionamiento de aire comprimido</i>	17
2.5.6 <i>Eliminación de la suciedad y el agua</i>	17
2.5.7 <i>Secado por absorción</i>	18
2.5.8 <i>Secado por adsorción</i>	19

2.6 TAMPOGRAFÍA.....	20
2.6.1 Proceso de tampografía.....	21
2.6.2 Características de las tintas para tampografía.....	22
2.6.3 Tipos de tintas para tampografía.....	23
2.7 PRODUCTIVIDAD.....	25
2.7.1 Productividad en el trabajo.....	26
2.8 ROI.....	27
3.0 REVISIÓN TÉCNICA.....	28
3.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL EQUIPO A UTILIZAR.....	28
3.2 ACTUADORES NEUMÁTICOS.....	28
3.3 VÁLVULAS 5/2 VÍAS.....	29
3.4 VÁLVULAS DE REGULACIÓN DE CAUDAL.....	30
3.5 ELEMENTOS ELECTRONEUMÁTICOS.....	31
3.6 ELEMENTOS DE RETENCIÓN.....	32
3.7 INTERRUPTORES MECÁNICOS DE FINAL DE CARRERA.....	32
3.8 RELEVADORES.....	33
3.9 ELECTROVÁLVULA.....	34
3.10 SENSOR MAGNÉTICO DE PROXIMIDAD.....	35
3.11 PLC.....	35
4.0 METODOLOGÍA.....	37
4.1 EQUIPO MANUAL.....	37
4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS QUE SERÁN AUTOMATIZADOS EN LA MÁQUINA MANUAL.....	39
4.3 EQUIPO REQUERIDO PARA LA AUTOMATIZACIÓN.....	43
4.4 PROGRAMACIÓN DE LA SECUENCIA.....	44
4.5 DESCRIPCIÓN DE LOS PASOS PROGRAMADOS.....	45
4.6 ADAPTACIONES QUE SE REALIZARÁN EN EL EQUIPO PARA MONTAR LAS PIEZAS QUE CONFORMARÁN EL EQUIPO NEUMÁTICO.....	49
4.7 SIMULACIÓN DEL SISTEMA.....	56
5.0 RESULTADOS.....	60
5.1 EQUIPO AUTOMATIZADO EN FUNCIONAMIENTO.....	60
5.2 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO.....	64
5.3 PRODUCTIVIDAD.....	66
5.4 CAPACIDAD DEL EQUIPO EN UNA JORNADA DE TRABAJO DE 8 HORAS.....	69
5.5 ESTUDIO DE COSTOS.....	70
5.5.1 Comparativo de características del equipo automatizado con otros equipos actualmente disponibles en el mercado.....	73
5.5.2 Comparativo de costos totales de los equipos.....	75
5.6 ANALISIS PRODUCTIVO.....	77
5.6.1 Análisis equipo manual.....	77
5.6.2 Equipo automático.....	79
5.6.3 Interpretación de los resultados.....	81
6.0 CONCLUSIONES.....	82
7.0 BIBLIOGRAFÍA.....	83
ÍNDICE DE FIGURAS.....	84
ÍNDICE DE TABLAS.....	86
ÍNDICE DE FORMULAS.....	87

RESUMEN

La tampografía es un sistema de impresión basado en la transferencia de tinta desde una superficie plana, el cliché, a otra superficie que puede ser plana, cóncava, convexa o la combinación de todas ellas gracias a un tampo, fabricado con un elastómero sintético, que se adapta perfectamente a formas irregulares,

La importancia de la automatización en los procesos de producción resulta vital para las empresas, ya que las industrias manufactureras centran su éxito en la productividad que les brinda su proceso automatizado, esto se ve reflejado en estudios estadísticos que demuestran que el PIB aportado por las empresas automatizadas es de 58% y el aportado por las empresas que manejan procesos manuales y/o artesanales aportan el 42% siendo que estas últimas constituyen el 90% del total de las empresas.

En este se automatizó con elementos electro neumático una máquina de tampografía de operación manual, que realiza los movimientos secuenciales que realizaría un operario, esta secuencia fue programada mediante un control lógico programable PLC.

Adicionalmente en este estudio se creó un sistema de posicionamiento de la pieza a imprimir y colocación de la siguiente, que fue acoplado a la máquina y estará sincronizado con el proceso de impresión, buscando así hacer aun más productivo el sistema.

Adicionalmente se realizó un estudio económico donde se observó la factibilidad de esta investigación y su comparación con sistemas comerciales en cuanto a costo, productividad y flexibilidad.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La tampografía es un proceso de impresión repetitivo que posee características que lo hacen único, como la posibilidad de poder imprimir sobre casi cualquier superficie sin importar su textura, a pesar de ser un proceso eficiente comparado con otros sistemas de impresión manuales, al ser repetitivo es considerado como artesanal y por lo tanto susceptible de ser automatizado.

En este proceso solo consta de 6 movimientos, que invariablemente el operador realiza para llevar a cabo un ciclo de impresión, todos los movimientos diferentes a estos 6 son parte del proceso *set-up* o de preparación de la máquina, que no son susceptibles de ser automatizados, ya que son movimientos específicos de la forma, color, tamaño, ajuste, etc., de la pieza a imprimir y sobre todo que se realizan una sola vez durante un proceso de n cantidad ciclos de impresión.

La impresión por este medio es considerada como de calidad, solo que se observó que esta calidad depende de la experiencia con la que cuente el operador ya que como se podrá observar en capítulos siguientes la fuerza aplicada por el operador al imprimir representa una variable no deseada, que es: a mayor presión aplicada en la impresión, mayor es la intensidad del color impreso. Esta variación y esta destreza del operador constituye un problema reflejado en la calidad del producto terminado, ya que las características deseables del producto serán estandarizadas y por lo tanto sin estas variaciones que da un proceso que podría denominarse como artesanal, la automatización de este proceso tendrá resultados completamente repetibles lo que los convierte en estandarizados.

ANTECEDENTES

Los antecedentes en cuanto a la tampografía automatizada son pocos y documentados en algún trabajo son prácticamente nulos, por lo cual los antecedentes de este trabajo estarán solo relacionados con la automatización de otros sistemas de impresión como la imprenta que al igual que la tampografía se automatiza en el pasado con los mismos objetivos, que son hacer más eficiente, y rápida la producción y sin la necesidad de depender por completo de la habilidad del operador para obtener una calidad deseada.

Actualmente en el mercado existen equipos de tampografía automatizados la mayoría de fabricación asiática y otros de fabricación norteamericana.

La tampografía automática en México es poco conocida y por ende poco utilizada, existen empresas dedicadas al ramo de la publicidad que cuentan con licencias de marcas para imprimir sus productos promocionales tales como coca-cola, mattel etc., que por la importancia de estas empresas el volumen de trabajo que manejan son altos y por eso optan en invertir en este tipo de equipos.

OBJETIVOS

Objetivo general.

Automatizar el proceso de impresión tampográfica a partir de un equipo de operación manual.

Objetivos específicos:

En este trabajo cuyo objetivo es automatizar este equipo se tienen algunos objetivos específicos que darán sentido a la realización del objetivo general y son los siguientes:

- 1) Desarrollar un equipo automatizado flexible capaz ser más productivo que en su operación manual usando electro neumática
- 2) Desarrollar un mecanismo automático capaz de poner, posicionar y retirar el objeto a imprimir.
- 3) Realizar un análisis del costo de la automatización y una proyección del periodo de recuperación sobre la inversión.

ALCANCE DEL PROYECTO

Alcances

El alcance del proyecto es la automatización de un equipo de tampografía utilizando neumática, producida a un menor costo, mayor calidad en el producto terminado debido a la estandarización que un equipo automático brinda y una mayor flexibilidad de operación que las marcas comerciales de fabricación china.

Alcances del proyecto:

- Automatización electro neumática de los movimientos realizados manualmente
- Programación de la secuencia de los movimientos mediante un PLC (control lógico programable)
- Diseño de un sistema electro neumático que permita poner y sostener la pieza para su impresión y retirarla después de haberse realizado el proceso

JUSTIFICACIÓN

El automatizar un equipo de tampografía de operación manual , contribuirá a el mejoramiento de la calidad, y sobre todo un aumento en la productividad que se tiene con un equipo manual , una vez automatizado el equipo impactará de forma inmediata ya que el aparato realizará exactamente los mismos movimientos que realiza un operador, solo que de forma automática , obteniendo resultados estandarizados , estos resultados estandarizados son sinónimo de repetibles y este concepto forma parte importante de la calidad en procesos repetitivos en masa.

La importancia de este trabajo radica en que conociendo las estadísticas que demuestran como las empresas que automatizan sus procesos son incomparablemente más productivas que las que no lo hacen, también se ofrece una opción relativamente más económica de obtener una máquina de tampografía automática, ofreciéndola como opción a las empresas del segmento MIPYME (micro, pequeñas y medianas empresas.)

1.0 INTRODUCCIÓN

La participación de la micro, pequeña y mediana empresa (MIPYME) en el desarrollo de la economía de México es fundamental, según cifras del INEGI, éstas constituyen más del 90% de las empresas establecidas a nivel nacional, generando el 42% del producto interno bruto y el 64% del empleo total en el país . El PIB aportado por la MIPYME es bajo en comparación con el aportado por las grandes empresas, constituyendo estas el 10% restante. ^[4]

Según con un estudio realizado por el INEGI en 2005 se llegó a conclusión de que el 80% de éstas MIPYME cuentan con un equipo de producción de baja tecnología, artesanal y/o es obsoleto.

Las empresas del sector industrial centran su éxito directamente en la producción, por lo que el equipo utilizado en la producción juega un papel importante, el hecho de no contar con el equipo adecuado afectará negativamente en la productividad de la empresa y hasta en la calidad del producto. ^[4]

Un proyecto de automatización se inicia cuando en una empresa o en algún proceso se identifica una oportunidad de mejora dentro de los procesos productivos susceptibles de ser automatizados. Esta oportunidad puede ser un incremento la producción, el perfeccionamiento de alguna línea de productos para enfrentar la competencia de otros proveedores o lo más común, mantener la fabricación y calidad dentro de los parámetros actuales pero disminuyendo los costos totales asociados a la producción

La automatización de los procesos en la industria se establece como una herramienta fundamental de la ingeniería industrial que permite a las empresas obtener ventajas competitivas con las mejoras ya mencionadas.

Específicamente en el proceso de la tampografía en México, como casi todos los procesos de las artes gráficas son realizados mediante métodos rudimentarios y/o artesanales, como todo proceso de producción en masa, la tampografía es un proceso repetitivo que es susceptible de ser automatizado y lograr así las ventajas competitivas que la automatización brinda, un ejemplo claro dentro de este sector es la automatización de la imprenta, un proceso antiguo y rudimentario que actualmente se ha automatizado, logrando así grandes volúmenes de producción, una excelente calidad y una rentabilidad inmejorable para las empresas que introdujeron tecnología en este proceso.

El presente trabajo consiste en la simulación de la automatización de una máquina para el proceso de tampografía con el fin de hacer una comparación entre el proceso realizado de manera manual y de forma automatizada, utilizando diferentes estudios para obtener una razón costo – beneficio de la automatización de este proceso y estará estructurado de la siguiente forma:

- Análisis de los movimientos realizados manualmente
- Creación de un programa secuencial de los movimientos
- Simulación electro neumática del proyecto
- Diseño de los acoplamientos del sistema electro neumático para ser montados en la máquina
- Medición de la productividad del equipo automatizado
- Comparación de productividad en ambos sistemas
- Estudio económico

Estas son las actividades planeadas que nos llevarán a lograr cumplir con el objetivo general y sus objetivos específicos.

2.0 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se mencionan el conjunto de leyes y teorías requeridas para la formulación y sustento del proyecto en las diferentes áreas y estará estructurado con el siguiente contenido:

- a) Leyes y principios físicos fundamentales
- b) Neumática y electro neumática
- c) Automatización
- d) Información técnica propia del proceso de la tampografía
- e) Productividad

2.1. Neumática industrial

El concepto moderno de neumática trata los fenómenos y aplicaciones de la sobrepresión o depresión (vacío) del aire. La mayoría de las aplicaciones neumáticas se basan en el aprovechamiento de la sobre presión.

Según su actual definición, la neumática es una técnica moderna, pero según su concepción original es una de las formas más antiguas de energía entre las conocidas por el hombre. Existen manuscritos del siglo I de nuestra era donde se describen mecanismos accionados por aire caliente.

La neumática moderna, con sus grandes posibilidades, se inicia en Europa a partir de la mitad del siglo XX debido a la acuciante necesidad de una automatización en el trabajo desde entonces la neumática ha ido evolucionando y lo seguirá haciendo según las necesidades de la industria.

2.1.1. Ventajas y desventajas del aire comprimido en la industria

Ventajas de la Neumática

- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra.
- El aire no posee propiedades explosivas, por lo que no existen riesgos de chispas.
- Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas y fácilmente regulables.
- El trabajo con aire no daña los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete.
- Las sobrecargas no constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos en forma permanente.
- Los cambios de temperatura no afectan en forma significativa.
- Es una forma de energía limpia.
- Cambios instantáneos de sentido para modificar las líneas de trabajo.

Desventajas de la neumática

- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables.
- Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado.
- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas
- Altos niveles de ruidos generados por la descarga del aire hacia la atmósfera

2.1.2. Propiedades del aire comprimido

En las últimas décadas el uso de sistemas automatizados ha sido un factor de gran importancia en el desarrollo de gran cantidad de empresas manufactureras, la neumática se ha podido expandir en tan corto tiempo y con tanta rapidez. Esto se

debe, entre otras cosas, a que en la solución de algunos problemas de automatización no puede disponerse de otro medio que sea más simple y más económico.

Las propiedades del aire comprimido son las siguientes:

- a) Transportable. Debido a su compresibilidad se puede almacenar y transportar en recipientes o a través de tuberías.
- b) Limpio. No produce residuos contaminantes lo que permite utilizarlo en muchas industrias como laboratorios de alimentos, textiles entre otros.
- c) Rápido. Permite elevadas velocidades de trabajo que pueden ser fácilmente regulables.
- d) Antideflagrante. No produce riesgo de explosión ni incendio.
- e) Abundante. Existe en grandes cantidades en cualquier parte del mundo.
- f) Temperatura. El aire comprimido no pierde eficiencia aún a temperaturas elevadas.
- g) Sobrecargable. No hay riesgo de averiar elementos neumáticos de trabajo, puesto que estos paran en caso de sobrecarga de los sistemas.

2.1.3 limitantes del aire comprimido

- a) Fuerza. Presenta limitación por carga, máximo 2 toneladas.
- b) Preparación. Requiere procesos y elementos costosos para eliminar la humedad que contiene, ya que puede causar daños a elementos de trabajo e inclusive al mismo proceso en que se encuentre implicado.
- c) Ruido. Su empleo presenta elevados niveles de ruido en los desfuegos.
- d) Compresibilidad. Debido a esta no se pueden obtener movimientos uniformes ni precisos.

2.2 Principios físicos de la neumática

El aire.

El aire es una mezcla de gases cuya composición volumétrica es aproximadamente la siguiente:

- 78% Nitrógeno
- 20% Oxígeno
- 1% Hidrógeno
- 1% Una mezcla de Dióxido de carbono (CO₂), gases nobles (Helio, Neón, Argón), polvo atmosférico y vapor de agua.

2.2.1 Conceptos físicos fundamentales

Para estudio de los elementos neumáticos, es necesario conocer los conceptos básicos de la mecánica de fluidos que son fundamentales para el estudio de la neumática.

Las magnitudes que más frecuentemente se utilizan son presión y caudal, aunque también es necesario hacer referencia a los conceptos fundamentales de los gases perfectos, por ser el aire un fluido que puede ser considerado como tal.

2.2.2 Presión

La presión ejercida por un fluido sobre una superficie y viceversa es el cociente entre la fuerza y la superficie que recibe su acción.

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

Donde:

P= presión

F=fuerza

A= área

La unidad de presión en el sistema internacional es el N/ m² que recibe el nombre de Pascal, pero en el uso de la neumática la magnitud más común es el bar

$$1\text{bar} = 10^5\text{N/m}^2$$

2.2.3 Caudal

Se define el caudal como la cantidad de flujo que atraviesa una sección dada por una unidad de tiempo, esta cantidad de fluido se puede expresar de dos formas, como masa o en volumen.

Evidentemente, el caudal volumétrico y el caudal másico están relacionados a través de la densidad del fluido, que en el caso de los gases es variable con la presión y la temperatura.

$$Q=V(S) \quad (2.2)$$

Donde:

V= velocidad

S= sección de tubería

2.2.4 Leyes fundamentales de los gases perfectos.

Las características esenciales del estado gaseoso son:

- a) La presión de un gas en equilibrio es la misma en todos los puntos de la masa
- b) La densidad de un gas depende de su presión y su temperatura
- c) La masa de un gas presenta una resistencia prácticamente nula a los esfuerzos de corte

2.2.5 Ley de Boyle-Marriotte

A una temperatura constante, el producto de la presión a que está sometido un gas por el volumen que ocupa se mantiene constante, o lo que es igual la presión y el volumen son inversamente proporcionales.

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = \text{CTE} \quad (2.3)$$

2.2.5 ley de Charles –Gay Lussac

La relación entre el volumen de un gas y su temperatura, al pasar de un estado a otro a presión constante, fue hallada en 1787 por GAY LUSSAC y esta ley se expresa de la siguiente forma:

A presión constante, la razón entre el volumen y la temperatura absoluta de un gas se mantiene constante, o lo que es lo mismo, el volumen es directamente proporcional a la temperatura absoluta.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \text{CTE} \quad (2.4)$$

2.2.6 Ley de los gases ideales

De la ley de los gases ideales podemos deducir que si el volumen del gas se mantiene invariable, la presión es directamente proporcional a la temperatura absoluta, o lo que es igual, que la relación presión/ temperatura es constante. ^[1]

$$PV = nRT \quad (2.5)$$

2.3 Automatización.

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- a) Parte operativa
- b) Parte comando

La parte operativa

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, los captadores como fotodiodos, y sensores finales de carrera.

La parte de mando

Suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable esta en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

2.3.1 Objetivos de la automatización

- a) Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- b) Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos peligrosos e incrementando la seguridad.
- c) Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- d) Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- e) Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.

2.3.2 Tipos de automatización

En la manufactura moderna se puede dividir la automatización en tres grandes grupos de acuerdo a diferentes factores, como nivel de automatización requerido, volumen de producción requerida, tipo de producto etc.

Los tipos de automatización son:

- a) No automatización o trabajo manual.
- b) Automatización media o sistemas semiautomáticos.
- c) Automatización total.

2.3.3 No automatización o trabajo manual

Se caracteriza por la realización del trabajo directamente con la fuerza del hombre, solo con la ayuda de alguna herramientas, las cuales ayudan al desempeño del trabajo, un ejemplo de esto puede ser una banda transportadora donde se están moviendo manzanas para su selección y el trabajo manual lo realizan las personas que eligen de esa banda las manzanas por ciertas características.

2.3.4 Automatización media o sistemas semi-automáticos

En la automatización media o sistemas semiautomáticos se necesitan mayores elementos, que solo herramientas manuales, ya que un operario ayuda a una máquina a realizar un trabajo, para esto es necesario tener una persona que conozca el proceso el cual va a realizar, por ejemplo, en una industria procesadora de plástico, en el cual el operario tiene que saber sobre la temperatura, presión o tipo de plástico con el que está trabajando.

2.3.5 Automatización total

El último grado de automatización es la automatización total, en la cual no existe una persona y la máquina toma decisiones por si misma ya que las máquinas han alcanzado un grado de inteligencia artificial, y no necesita del hombre para realizar un trabajo previamente programado.

2.3.6 Automatización neumática

La automatización neumática pura como tal, hoy en día es ampliamente utilizada en cierto tipo de industrias, que por sus características no podrían existir otro tipo de accionamiento por existir un gran peligro de incendio o explosión como:

Ambientes mojados, altas temperaturas, radiaciones, campos magnéticos, etc. En todos estos casos se prefiere el uso de la neumática pura.

La energía neumática, que emplea aire comprimido como fuente de potencia tiene cualidades excelentes como las que se han mencionado (el aire es abundante y barato, se transforma y almacena fácilmente, es limpio, no contamina, exento de problemas de combustión etc.), los elemento neumáticos pueden alcanzar velocidades de trabajo elevadas pero, dada la compresibilidad del aire su regulación no es constante. ^[2]

2.4 Electro neumática

En todo proceso de automatización electro neumático se distinguen tres partes fundamentales:

- a) Elementos periféricos de entrada a través de los cuales llega al sistema la información
- b) Unidad central de tratamiento de la información
- c) Elementos periféricos de salida , que de acuerdo con las ordenes elaboradas por la unidad central , gobiernan los elementos de potencia

Las combinaciones de electricidad y neumática se usan frecuentemente en máquinas e instalaciones. La principal aplicación de los sistemas electro neumático se encuentra en aquellos casos en que el aire comprimido se usa con fuente de energía con ayuda de los actuadores, mientras que los mandos son accionados eléctricamente.

Con la combinación de estas dos energías podemos obtener grandes ventajas como:

- a) Gran velocidad de transmisión de las señales. En una línea eléctrica, la distancia no tiene consecuencia en el tiempo de respuesta, en una línea neumática si la tiene.
- b) Aumento en las posibilidades de control debido al constante incremento de elementos de control disponibles en las técnicas eléctrica y electrónica
- c) Los elementos eléctrico y electrónicos son más baratos que los neumáticos a causa de su producción masiva
- d) Estos elementos eléctricos son a menudo muy pequeños, ocupan poco espacio y son fáciles de montar.

2.5 Producción del aire comprimido

El suministro de aire comprimido tanto para las instalaciones neumáticas y electro neumáticas comprende dos factores de gran importancia.

- a) Producción de aire comprimido mediante compresores.
- b) Acondicionamiento del aire comprimido para estas instalaciones.
- c) Conducción del aire comprimido hasta los puntos de utilización

2.5.1 Compresores

El elemento central de una instalación productora de aire comprimido es el compresor.

La función del compresor neumático es aspirar el aire a presión atmosférica y comprimirlo a una presión más elevada.

Las características técnicas a valorar en los compresores son: el caudal suministrado en Nm^3/min y por la relación de compresión, siendo esta última la presión alcanzada en $\text{kp}/\text{cm}^2 = 1 \text{ bar}$

Los compresores se dividen según su tipo de ejecución:

- a) Compresores de émbolo
- b) Compresores rotativos
- c) Compresores centrífugos

2.5.2 Compresores de émbolo

Es uno de los compresores más frecuentemente utilizados ya que brindan la posibilidad de emplearse como una unidad fija o móvil.

En los compresores de émbolos, la compresión es obtenida de uno o más cilindros, en los cuales los émbolos comprimen el aire y se divide en:

- a) Compresores de una etapa (pueden alcanzar a producir presiones hasta 10 bar)
- b) Compresores de dos etapas (pueden alcanzar a producir presiones hasta 50 bar)
- c) Compresores de varias etapas (pueden alcanzar a producir presiones hasta 250 bar)

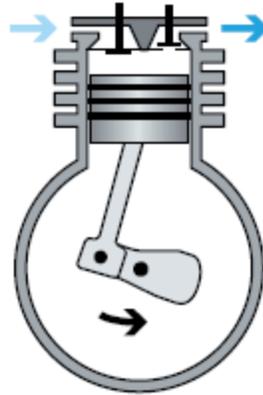


Figura 2.1. Compresor de émbolo de una sola etapa

2.5.3 Compresores rotativos

Los compresores rotativos pueden ser de paletas o por tornillo, el compresor de aire de tornillo rotativo se ha convertido en la fuente más popular de aire comprimido para aplicaciones industriales. Una de las razones principales es su simple concepto de compresión.

El aire entra en una cámara sellada donde es atrapado entre dos rotores contrarrotativos, cuando los rotores se engranan, reducen el volumen de aire atrapado y lo suministran comprimido al nivel de presión correcto. Este simple concepto de compresión, con enfriamiento de contacto continuo, permite que el compresor de aire de tornillo rotativo funcione a temperaturas de aproximadamente la mitad de la generada por un compresor de pistones. Esta baja temperatura permite que el compresor de aire de tornillo rotativo funcione en un ciclo de servicio continuo a toda su potencia a 24 horas al día, 365 días al año, si es necesario.

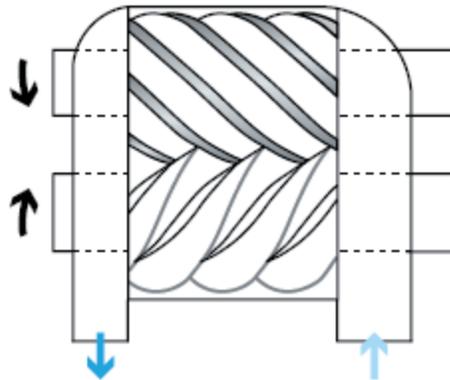


Figura 2.2 Compresor rotativo de tornillo

2.5.4 Compresor centrífugo

En los compresores centrífugos, la compresión del aire se produce utilizando un rápido rodete giratorio, la presión ejercida al forzar las partículas de aire existentes en el rodete al alejarse del centro como resultado de la acción centrífuga.

La presión generada por estos compresores no es muy alta, son necesarios varios rodetes para alcanzar una presión de 6 bar, en contraste con esta limitación los compresores centrífugos pueden suministrar grandes volúmenes de aire.

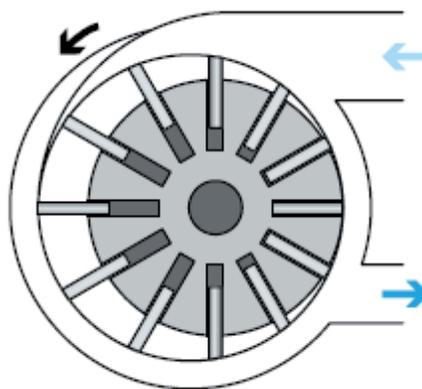


Figura 2.3 Compresor centrífugo

2.5.5 Acondicionamiento de aire comprimido

La simple compresión del aire en el compresor y la conducción neumática no son suficientes, ya que el aire contiene bastantes impurezas que puede causar daños en los equipos empleados. Los principales enemigos en una instalación neumática son: agua, aceite, polvo y suciedad.

El aire húmedo puede originar:

- a) Oxidación, causando averías en los elementos de la instalación
- b) Excesivo desgaste del equipo neumático ya que el agua lava y arrastra el aceite lubricante

Las partículas solidas en forma de polvo y suciedad son los mayores enemigos de una instalación neumática, la penetración de polvo y suciedad daña fácilmente los materiales usados en las juntas e imposibilita que realicen correctamente su función

2.5.6 Eliminación de la suciedad y el agua

El acondicionamiento del aire comprimido empieza des antes desde su compresión. el compresor aspira el aire de la atmosfera a través de un filtro que detiene cualquier partícula grande de polvo presente en el aire, una buena ubicación del compresor puede disminuir la cantidad de humedad.

El aire producido por el compresor tiene una temperatura elevada, puede estar todavía cargado de impurezas y en particular de vapores de agua y aceite.

A continuación del compresor se instala un enfriador que disminuirá la temperatura del aire a un valor muy inferior al de su punto de rocío lo que provoca la condensación de los vapores de agua y aceite y logrando así su separación

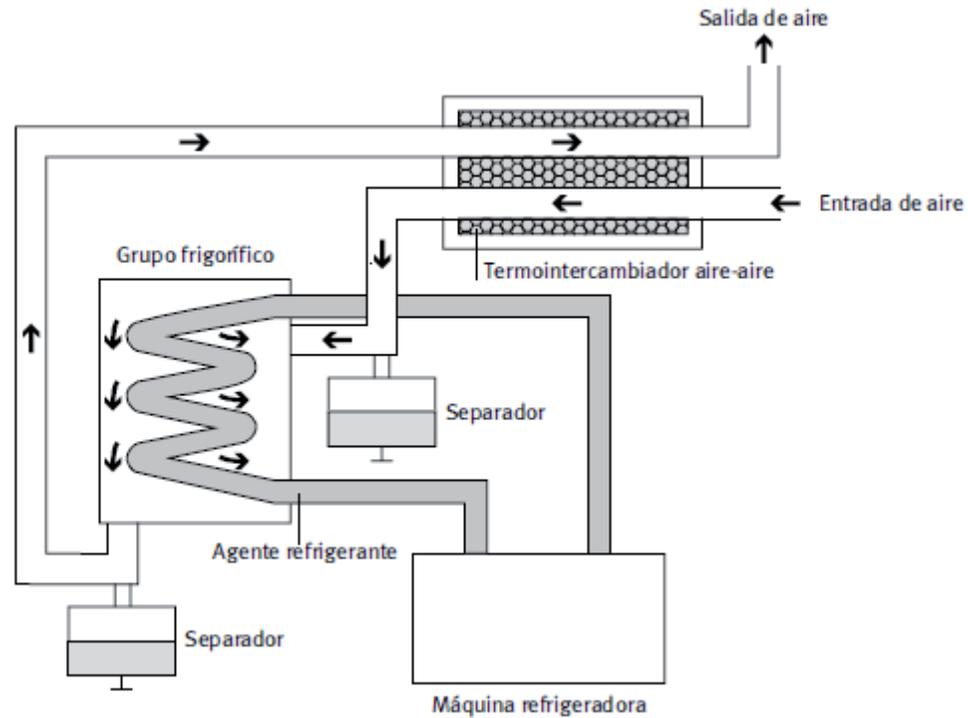


Figura 2.4 Secado por refrigeración

2.5.7 Secado por absorción.

El secado por absorción es un procedimiento puramente químico. El aire comprimido pasa a través de un lecho de sustancias secantes, en cuanto el agua o el aceite entran en contacto con dicha sustancia, se combinan químicamente con esta y queda atrapada el agua en esta sustancia secante

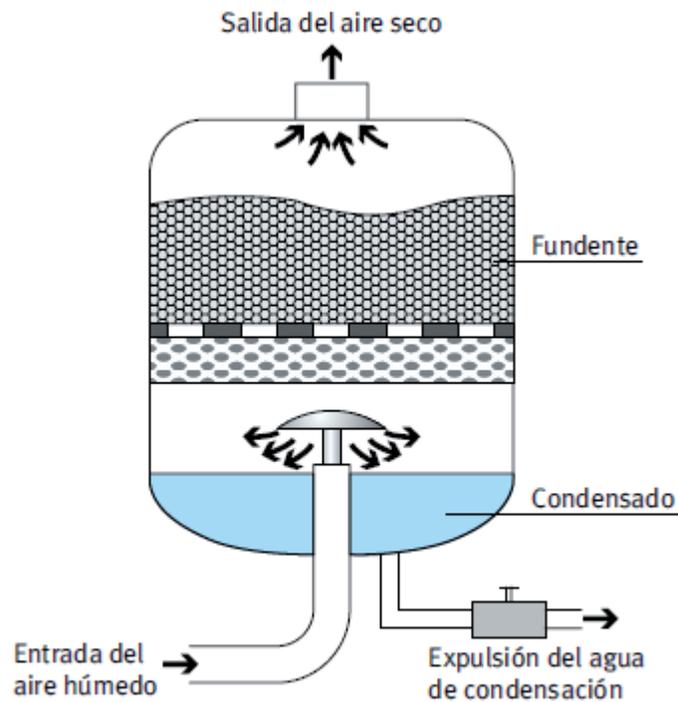


Figura 2.5 Secado por absorción

2.5.8 Secado por adsorción

Este principio se basa en un proceso físico (depositar sustancias sobre la superficie de cuerpos sólidos.)

El material de secado es granuloso en forma de perlas, se compone casi 100% de dióxido de silicio, en general se le da el nombre de gel, la misión de este gel consiste en adsorber el agua o el vapor de agua, el aire comprimido húmedo se hace pasar a través del lecho de gel que retiene la humedad, para retirar la humedad basta con aplicar calor a este lecho mediante resistencias eléctricas. ^[1]

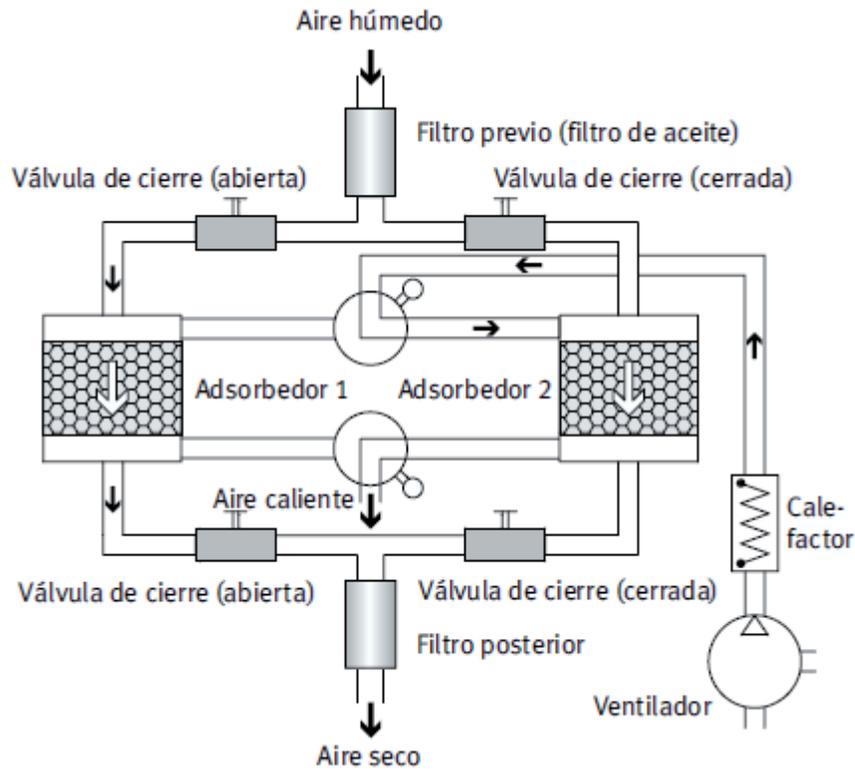


Figura 2.6 Secado por adsorción

2.6 Tampografía

La tampografía es un sistema de impresión basado en la transferencia de tinta desde una superficie plana, el cliché, a otra superficie que puede ser plana, cóncava, convexa o la combinación de todas ellas gracias a un tampo, fabricado con un elastómero sintético, que se adapta perfectamente a formas irregulares. La tampografía, que puede utilizarse sobre cualquier superficie, destaca por la definición de los detalles tipográficos y suele aplicarse a sectores como la electrónica, la telefonía móvil, la automoción, la impresión de material deportivo, envases, etc.

La historia de la tampografía, se remonta aproximadamente al siglo XIX, cuando las vajillas de la corte inglesa eran decoradas con un primitivo sistema de impresión; los

sellos de goma y la impresión por fotograbado, es de donde nace la tampografía de nuestros días.

Se trata de un proceso poco conocido, un sistema de impresión repetitivo, por medio de impacto suave, utilizando como medio de impresión uno o más tampos, siendo este, el encargado de transferir la imagen del cliché al artículo a imprimir. El tampo está compuesto por una mezcla técnica de varios elementos como siliconas y aceites siliconados, de diferentes durezas y colores.

La tampografía también se utilizó en Suiza, para decorar los tableros de los relojes y para hacer estampaciones en forma automática y repetitiva.

Una de las grandes ventajas de la tampografía es, que permite una gran definición y la rapidez del secado de las tintas, por lo que se puede imprimir consecutivamente uno o varios colores prácticamente al mismo tiempo.

2.6.1 Proceso de tampografía

Paso 1: La imagen se graba en una placa de impresión llamada cliché. Montado en la máquina, el cliché, se inunda con tinta la superficie del cliché, limpiando después con el barredor o entintador, para dejar tinta solamente en el área de la imagen.

Mientras los solventes se evaporan del área fuera de la imagen, la tinta que está dentro de la imagen se prepara para pegarse al cojín de silicón llamado tampo.

Paso 2: El cojín de silicón se coloca directamente sobre el cliché en el área de la imagen, se presiona para tomar la tinta, y después se levanta. Los cambios que ocurren en la tinta durante el barrido o limpiado, explican la importancia de la calidad de la tinta en el uso de esta tecnología.

Paso 3: La imagen de tinta que el cojín se ha levantado del cliché a una altura vertical completa, tiene un tiempo mínimo de secado antes que se deposite en la pieza. Durante esta etapa, la tinta tiene apenas adherencia al cojín (puede ser limpiada fácilmente) La tinta en la superficie del cojín experimenta nuevos cambios físicos. Los solventes se evaporan de la capa externa de la tinta, al exponerse a la atmósfera, haciéndose pegajosa y más viscosa

Paso 4: El cojín deposita con una presión controlada, la imagen de tinta sobre él la pieza, en la localización deseada. Aunque el cojín, se comprime considerablemente durante este paso, por su diseño contorneado, se permite rodar en la superficie de la pieza. Un cojín correctamente diseñado, nunca formará un ángulo contrario a la pieza a imprimir; tal situación atraparía aire entre el cojín y el sustrato, dando por resultado una transferencia incompleta.

Paso 5: El cojín de silicón asume su posición original, dejando toda la tinta en el sustrato. Durante este paso la tinta experimenta cambios físicos nuevamente y pierde su afinidad con el cojín. Aunque el cojín se presione sobre el sustrato, la adherencia de la tinta y la pieza será mayor que la adherencia de la tinta con el cojín, dando por resultado un depósito virtualmente completo de tinta. El cojín queda limpio y listo para el ciclo siguiente de impresión. ^[5]

2.6.2 Características de las tintas para tampografía

Las tintas diseñadas específicamente para usarse en la tampografía son diferentes de las tintas convencionales de base solvente, de las de base de agua, y las de curado UV para serigrafía. Aunque las tintas de tampografía y serigrafía tienen algunas características similares, tienen también diferencias importantes.

A diferencia de las tintas de serigrafía, las de tampografía están diseñadas para evaporarse rápidamente (4 segundos aproximadamente), lo que constituye una parte crucial de su proceso ya que no es necesario el uso de un rack de secado. También se aplican en capas delgadas, lo que ocasiona que sean fácilmente afectadas por variables como la temperatura, la humedad y la estática.

Todas las tintas para tampografía constan de resinas, pigmentos, una base y, algunas veces, de aditivos especiales. La resina (o aglutinante) es la porción que forma la capa de tinta. Los sistemas de resina típicos incluyen, resina epóxidica, esmalte, vinilo y poliuretano. Los pigmentos son colorantes en forma de polvos o tintes que están dispersos en el sistema de la resina, dándole a la tinta su color y opacidad. La base es el solvente (o diluyente) usado para ajustar la viscosidad de la mezcla de resina/pigmento y para dar a la tinta sus características de impresión.

Para que el proceso de tampografía funcione exitosamente, la tinta tiene que tener la capacidad para cambiar rápidamente de viscosa a pegajosa. Los componentes mencionados anteriormente trabajan todos en conjunto para producir esa calidad pegajosa. [6]

2.6.3 Tipos de tintas para tampografía

Varios tipos diferentes de tinta son especialmente formulados para la tampografía, incluyendo las tintas de un componente o de "solvente evaporante", de dos componentes o "químicamente reactivas", de secado, oxidantes y de sublimación.

Las tintas de un componente, o de "solvente evaporante" se curan mediante la evaporación de solventes. No siempre requieren de la adición de un catalizador. (Algunas tintas pueden ser usadas con o sin catalizador). Están disponibles en acabados mate y brillante, y funcionan bien en muchos tipos de plástico.

Las tintas de dos componentes, también conocidas como "químicamente reactivas", requieren la adición de un catalizador antes de la impresión. Los catalizadores reaccionan químicamente con la resina de la tinta, para hacer el curado por polimerización. Esta reacción química se lleva a cabo independientemente de la evaporación del solvente en un período de tiempo conocido como el "*pot life*" (tiempo de curado) de la tinta.

Cuando se trabaja con tintas de dos componentes, es necesario agregar el catalizador en un porcentaje específico, generalmente el porcentaje del peso. El agregar demasiado catalizador puede reducir significativamente el tiempo de curado, y agregar muy poco catalizador, puede ocasionar que la tinta no alcance su máximo rendimiento una vez haya sido curada. Básicamente, si la tinta de base y el catalizador no son pesados cuando se están mezclando, resultarán adhesiones inconsistentes y la durabilidad de la imagen se verá afectada.

Una vez que el tiempo de curado haya expirado, la tinta debe ser reemplazada, aunque exista la intención de agregar solventes para alcanzar una impresión visualmente aceptable en vez de cambiar la tinta, esto no es recomendable porque seguramente la tinta vieja no va a alcanzar su nivel óptimo de rendimiento.

Las tintas de secado vienen en dos formas: Una estándar, de dos componentes con un catalizador diferente, o una especialmente formulada para usar en vidrio, cerámica y en algunos metales. Como su nombre lo implica, las tintas de secado deben ser curadas a temperaturas elevadas. Para determinar el tiempo de curado, recuerde que entre más alta sea la temperatura, más corto será el tiempo de secado.

Sin embargo, las temperaturas altas pueden causar fragilidad, por lo tanto, utilice una temperatura baja para aquellas tintas que necesiten mantener su flexibilidad.

Las tintas oxidantes absorben oxígeno del medio que las rodea para polimerizarse sin que haya que adicionarles un catalizador. Estas tintas se usan típicamente en

piezas sintéticas flexibles, tales como, llantas. Debido a que el período de secado y de oxidación de estas tintas es lento, su uso es limitado.

Las tintas de sublimación involucran un proceso especial por medio del cual se calienta el sustrato para volverlo poroso directamente después de la impresión. Los colorantes de la tinta se convierten en gas cuando están en contacto con la pieza caliente, luego pasan a la superficie de éste cambiándole en realidad su color. Una vez que el sustrato se enfría, la tinta se sella permanentemente en la superficie.

El uso de tinta de sublimación es común en la impresión de los teclados de computadores y en otras aplicaciones en donde las tintas estándar de dos componentes puedan carecer de la adecuada resistencia a los aceites, la transpiración y la abrasión. Es importante notar que como estas tintas cambian realmente el color de la pieza, concordar el color es difícil, y la pieza tiene que ser más clara que el color del acabado deseado porque los cambios de color a piezas más oscuras pueden ser menos evidentes. ^[6]

2.7 Productividad

La productividad puede definirse de la manera siguiente:

La productividad es genéricamente entendida como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla.

La producción es la relación entre producción e insumo:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{PRODUCCIÓN}}{\text{INSUMOS}} \quad (2.6)$$

Esta definición se aplica a una empresa, un sector de actividad económica o a toda la economía. El término productividad puede utilizarse para valorar o medir el grado en que se extrae cierto producto de un insumo dado.

2.7.1 Productividad en el trabajo

La productividad en el trabajo es el rendimiento, eficiencia de la actividad productiva de los hombres expresada por la correlación entre el gasto de trabajo y la cantidad de bienes producidos en una unidad de tiempo. ^[4]

$$\text{PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO} = \frac{\text{CANTIDAD FISICA DEL PRODUCTO}}{\text{HORAS HOMBRE TRABAJADAS}} \quad (2.7)$$

2.8 ROI

ROI son las siglas en inglés de *Return On Investment* y es un porcentaje que se calcula en función de la inversión y los beneficios obtenidos.

El ROI es un valor que mide el rendimiento de una inversión, para evaluar qué tan eficiente es el gasto que estamos haciendo o que planeamos realizar. Existe una fórmula que nos da este valor calculado en función de la inversión realizada y el beneficio obtenido, o que pensamos obtener.

$$\text{ROI} = (\text{beneficio obtenido} - \text{inversión}) / \text{inversión} \quad (2.8)$$

Es decir, al beneficio que hemos obtenido de una inversión (o que planeamos obtener) le restamos el costo de inversión realizada. Luego eso lo dividimos entre el costo de la inversión y el resultado es el ROI.

Para saber el porcentaje de beneficios de nuestra inversión podemos multiplicar el ROI por 100. Es decir, con un ROI del 2% en realidad estamos ganando un 200% del dinero invertido, El ROI es un parámetro muy simple de calcular para saber lo positiva que sea una inversión. Los valores de ROI cuanto más altos mejor. Si tenemos un ROI negativo es que estamos perdiendo dinero y si tenemos un ROI muy cercano a cero, también podemos pensar que la inversión no es muy atractiva.

3.0 REVISIÓN TÉCNICA

3.1 Descripción técnica del equipo a utilizar

A continuación en la revisión técnica se describe el funcionamiento de las piezas que serán utilizadas durante el trabajo para la automatización del equipo.

3.2 Actuadores neumáticos.

Los cilindros neumáticos son por regla general, los elementos que realizan el trabajo.

Su función es transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y retroceso.

Generalmente el cilindro neumático está construido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos etapas entre las cuales se desliza un émbolo que separa las dos cámaras. Al émbolo va unido a un vástago que, saliendo de una o ambas etapas permite utilizar la fuerza desarrollada por el cilindro en virtud de la presión del fluido al actuar sobre las superficies del émbolo.



Figura 3.1 Cilindro neumático doble efecto

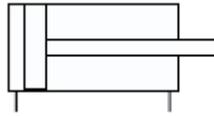


Figura 3.2 símbolo de un cilindro neumático de doble efecto

3.3 Válvulas 5/2 vías

Para este proceso en específico es necesario la utilización de válvulas 5/2 vías ya que se requieren como sistema de mando para los actuadores para la carrera de avance y también la de retroceso. Las válvulas 5/2 vías tienen 5 conexiones y dos posiciones, estas válvulas son utilizadas principalmente como elementos de mando para el accionamiento de los cilindros. En su calidad de elementos de mando estas válvulas tienen internamente un émbolo de mando que se encarga de unir o separar los conductos correspondientes efectuando movimientos longitudinales.

Para la automatización del proceso de tampografía en estas válvulas son indispensables para controlar el movimiento de los cilindros ya que este proceso requiere de coordinación de movimiento entre los cilindros correspondientes y sus válvulas.



Figura 3.3 Válvula 5/2 vías con pilotaje eléctrico

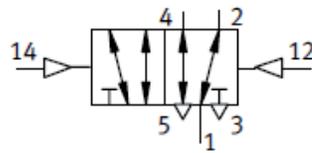


Figura 3.4 Símbolo de válvula 5/2 vías con pilotaje eléctrico

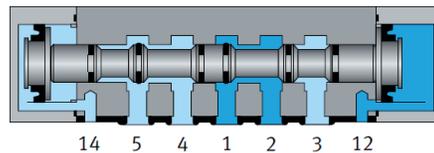


Figura 3.5 Embolo para la conmutación interna de la válvula

3.4 Válvulas de regulación de caudal

En el proceso estudiado este tipo de válvulas son utilizadas para regular la velocidad con la que el pistón realiza su carrera de avance ya que para este tipo de proceso la velocidad de salida es necesario controlarla de esto depende la calidad de la impresión, si el vástago de pistón sale muy rápidamente el choque con la pieza a imprimir puede sufrir una distorsión la imagen.

Las válvulas de regulación de caudal restringen el paso del aire a presión en ambas direcciones, las válvulas de estrangulación suelen ser regulables. El ajuste correspondiente puede ser fijado. Las válvulas de estrangulación son utilizadas para controlar la velocidad de los cilindros, deberá ponerse atención que este tipo de válvulas nunca esté cerrada del todo.



Figura 3.6 Válvula reguladora de caudal.

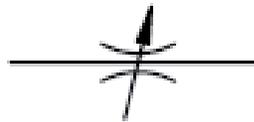


Figura 3.7 Símbolo de una válvula reguladora de caudal.

3.5 Elementos electroneumáticos.

En elctroneumatica la energía eléctrica sustituye a la energia neumática como el elemento natural para la generación y transmición de las señales de control que se ubican en el sistema de mando.

Los elementos electroneumáticos están constituidos basicamente para la manipulación y acondicionamiento de las señales de voltage y corriente que deberán ser transmitidas a dispositivos de conversión de energía eléctrica a energía neumática para lograr la activación de los actuadores neumáticos.

Dispositivos electroneumáticos utilizados en este trabajo:

Son el conjunto de elementos que se introdujeron para lograr el accionamiento de los actuadores son los siguientes:

- a) Elementos de retención
- b) Interruptores mecánicos de final de carrera
- c) Relevadores
- d) Válvulas electroneumáticas

3.6 Elementos de retención.

Son empleados generalmente , para generar la señal de inicio del sistema o en se defecto , para realizar paros, ya sea de emergencia o solo momentaneos. El dispositivo mas común es el botón pulsador



Figura 3.8 Botón pulsador.



Figura 3.9 Símbolos de botones pulsadores de *push* y con enclavamiento

3.7 Interruptores mecánicos de final de carrera.

Estos interruptores son empleados, generalmente como sensores para detectar presencia o ausencia de algún elemento por medio del contacto mecánico entre el interruptor y el elemento detectado.



Figura 3.10 Interruptor mecánico de rodillo usado como sensor final de carrera.

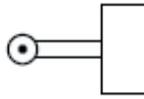


Figura 3.11 Símbolo de interruptor mecánico de rodillo usado como sensor final de carrera.

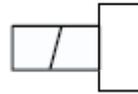
3.8 Relevadores.

Son dispositivos eléctricos que ofrecen la posibilidad de manejar señales de control del tipo *ON – OFF* constan de una bobina y de una serie de contactos que se encuentran normalmente abiertos o cerrados. El principio del funcionamiento es el de hacer pasar la corriente por una bobina generando un campo magnético que atrae a un inducido y este a su vez hace la conmutación de los contactos de salida.

Son ampliamente utilizados para regular secuencias y su mayor utilización radica como elemento de accionamiento de todas las electroválvulas pilotadas mediante pulsos eléctricos.



Figura 3.12 Relevador para electroválvula



3.13 Símbolo de relevador para electroválvula

3.9 Electroválvula.

Son el dispositivo medular de un circuito electro neumático, estas válvulas realizan la conversión de energía eléctrica proveniente de los relevadores a energía neumática, transmitida a los actuadores o alguna otra válvula.

Esencialmente constan de una válvula neumática a la cual se le adhiere una bobina sobre la cual se hace pasar una corriente para generar un campo magnético que , finalmente generará la conmutación en la corredera interna de la válvula , generando así el cambio de estado de trabajo de la misma, modificando las líneas de servicio.^[7]



Figura 3.14 Electroválvula

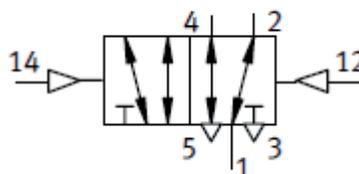


Figura 3.15 Símbolo de electroválvula

3.10 Sensor magnético de proximidad

Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la conmutación, disponible de los sensores con dimensiones pequeñas. Detectan los objetos magnéticos (imanes generalmente permanentes) que se utilizan para accionar el proceso de la conmutación.

Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto.



Figura 3.16 Sensor magnético

3.11 PLC

Un PLC (control lógico programable) utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas por el usuario, para la

realización de funciones específicas tales como enlaces lógicos, secuenciación, temporización, recuento y cálculo, para controlar, a través de entradas y salidas digitales o analógicas, diversos tipos de máquinas o procesos. Tanto el PLC como sus periféricos asociados están diseñados de la forma que puedan integrarse fácilmente en un sistema de control industrial y ser fácilmente utilizados en todas las aplicaciones para lo que fueron programados.

En el caso específico de la automatización del proceso de la tampografía el PLC juega un papel indispensable ya que sin este no se podría hablar de una automatización y control total del proceso, mediante el uso del PLC en este proceso es posible programar el número de ciclos que se requieren realizar en función de número de piezas deseadas así como la velocidad de trabajo que se requiere en la máquina entre muchas otras actividades que pueden ser programadas buscando así la estandarización del proceso.^[8]



Figura 3.17 PLC

4.0 METODOLOGÍA

Como se ha planteado anteriormente el objetivo de este trabajo es automatizar un equipo de impresión en tampografía, el equipo será automatizado en los movimientos que realiza un operador para llevar a cabo una impresión, la parte del *set up* será la misma acostumbrada, a continuación se enlistará la metodología a seguir para cumplir con el objetivo:

- a) Descripción de las partes del equipo manual a automatizar
- b) Descripción de los movimientos del equipo a ser automatizados
- c) Descripción técnica de los elementos e instrumentos necesarios para realizar la automatización
- d) Programación de la secuencia.
- e) Descripción por pasos de la secuencia programada
- f) adaptaciones que se realizarán en el equipo para montar las piezas que conformarán el equipo neumático
- g) Simulación del sistema

4.1 Equipo manual

A continuación se describe brevemente todos los elementos que constituyen a este equipo de tampografía manual, con el objetivo de conocer su función e identificar los movimientos susceptibles de ser automatizados (figura 4.1):

- 1) Perilla de la banca de ajuste cuya función es subir y bajar la base de impresión para ajustar la presión con la cual el tampo imprime la pieza
- 2) Tornillo Allen para sostener el ajuste hecho en la pieza nº 1
- 3) Perilla de la banca de ajuste con movimiento hacia adelante y hacia atrás y se utiliza como otro movimiento de la base de impresión
- 4) Tornillo Allen fija el ajuste hecho en la pieza 3

- 5) Sujetadores para una base de impresión auxiliar, se usa cuando se requiere colocar una base diferente sobre la base.
- 6) Barra sujetadora del cliché sobre el plato
- 7) Plato, es una barra de metal sobre la cual es sujetado el cliché
- 8) Tornillo regulador del desplazamiento de tampo se utiliza cuando se quiere modificar la distancia de la carrera cuando el tampo se encuentra en posición imprimir
- 9) Tornillo regulador del desplazamiento de tampo se utiliza cuando se quiere modificar la distancia de la carrera cuando el tampo se encuentra en posición de tomar la tinta
- 10) Perilla de sujeción de del tintero que será arrastrado sobre el cliché en el plato metálico
- 11) Perno de ajuste para la carrera de la palanca , regula la velocidad con que se desplazará la palanca (en el modelo estudiado esta pieza no aplica)
- 12) Palanca para deslizar sobre la guía el sistema de impresión (tampo y tintero)
- 13)14) 15) tornillos Allen para sujetar ajustes hechos sobre la base del tampo en los planos x , y, z
- 16) Tampo, su función es fundamental dentro del proceso pues es la que se encarga de tomar la imagen que queda entintada sobre el cliché y la traslada por medio de la guía deslizada por la palanca y pone al tampo en posición para imprimir
- 17) Tintero, es la pieza en la cual se coloca la tinta, internamente está constituido por imanes con el objetivo de que pueda quedar pegado al cliché y al deslizarlo traslade la tinta y entintar la imagen grabada sobre el cliché
- 18) Base de cliché, base metálica donde se sujeta el cliché
- 19) Tornillo Allen sujetador de la base del cliché
- 20) Sujetador frontal del cliché
- 21) Perilla de la base de impresión con movimiento circular para ajuste de la base de impresión
- 22) Tornillo de ajuste para el movimiento de la pieza nº 21

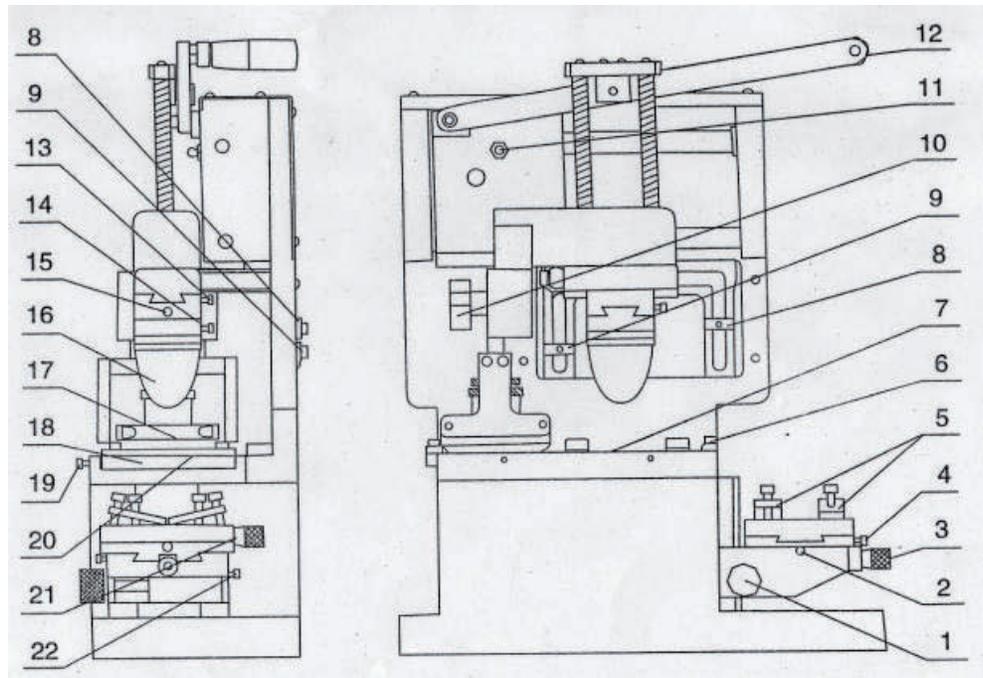


Figura 4.1 Equipo de tampografía manual

4.2 Descripción de los movimientos que serán automatizados en la máquina manual.

A continuación se describirán los movimientos que serán automatizados en el equipo, mediante posiciones en las que se encuentra.

Movimiento de A-B

En la posición A el equipo se encuentra en inicio, podemos observar que la guía se encuentra en el principio de carrera, en la posición B el tampo se encuentra sobre él la base tomando la imagen a imprimir, este movimiento se lleva a cabo mediante la palanca en el movimiento que denominaremos de A-B (figura 4.2)



Figura 4.2 Equipo en posición A

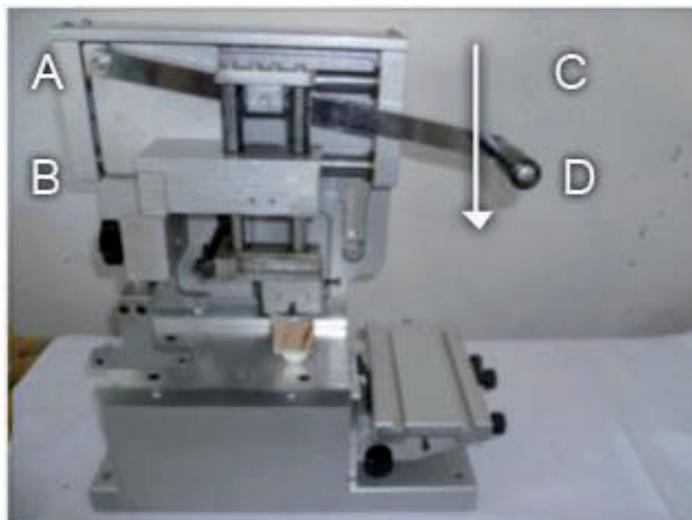


Figura 4.3 Equipo en posición B

Movimiento de B-A

El movimiento de B-A es inverso a A-B en este movimiento el tampo ya tomó la tinta con la imagen del cliché y vuelve a posición A (figura 4.1)



Figura 4.4 Equipo en posición A regresando de posición B

Movimiento de A-C

Cuando la máquina se encuentra en posición A después de haber pasado por B, el tampo ya se encuentra listo para la impresión, ahora es necesario llevarlo a la base de impresión, deslizándolo sobre la guía con la palanca en un movimiento A-C

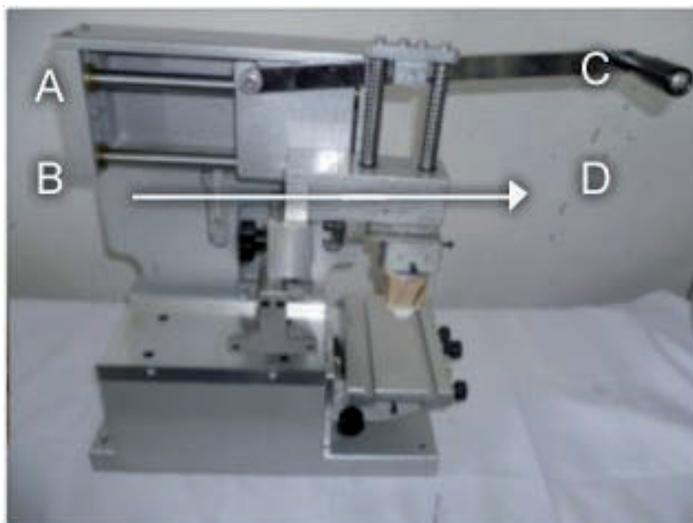


Figura 4.5 Equipo en posición C

Movimiento de C-D

El movimiento de C-D se da cuando el tampo ya se encuentra cargado de tinta y en la posición adecuada para imprimir (sobre la pieza) solo se requiere bajar la palanca de nuevo para depositar la tinta sobre el artículo a imprimir a este movimiento se le denominará de C-D y se ilustran en la figura 4.5 y 4.6



Figura 4.6 Equipo en posición D

En este punto el ciclo de impresión está concluido, solo que la máquina requiere ser retornada a su posición inicial para volver a comenzar el ciclo y esto se consigue con los movimientos de D-C y posteriormente de C-A y el equipo estará en posición inicial listo para comenzar otro ciclo.

4.3 Equipo requerido para la automatización:

CILINDRO NEUMATICO		A
MARCA	FESTO	
MODELO	DSNU-20-125-PPV-A	
CARRERA	125mm	
DIAMETRO DEL EMBOLO	20mm	
FUNCIÓN	cilindro neumático de doble efecto	
AMORTIGUACION	PPV: Amortiguación neumática regulable a ambos lados	
CONEXIÓN		1/8
CILINDRO NEUMATICO		B
MARCA	SMC	
MODELO	C85F20-40-Y02	
CARRERA	40mm	
DIAMETRO DEL EMBOLO	16mm	
FUNCIÓN	cilindro neumático de doble efecto	
AMORTIGUACION	PPV: Amortiguación neumática regulable a ambos lados	
CONEXIÓN		1/8
CILINDRO NEUMATICO		C
MARCA	FESTO	
MODELO	DSNU-16-80-PPV-A	
CARRERA	80mm	
DIAMETRO DEL EMBOLO	16mm	
FUNCIÓN	cilindro neumático de doble efecto	
AMORTIGUACION	PPV: Amortiguación neumática regulable a ambos lados	
CONEXIÓN	M5	
SENSORES DE POSICION MECANICO		
MODELO		
FUNCIÓN	AU-106	
MARCA	swich de push NO o NC	
	STEREN	
SENSOR DE POCION MAGNETICO		
MARCA	FESTO	
MODELO	SME-8-K-LED-24	
FUNCIÓN	detector magnético de posición para cilindro neumático	
FIJACION	SMBK-8	
ELECTOVALVULA		
MARCA	FESTO	
MODELO	VSVA-B52-D1-1R5L	
CONEXIÓN		1/8
FUNCIÓN	válvula 5/2 vías biestable	

PLC	
MARCA	FESTO
MODELO	FC34
REGULADOR DE CAUDAL	
MARCA	FESTO
MODELO	VFOV-LE-G18-Q6
FUNCIÓN	válvula reguladora de caudal antirretorno del escape

4.4 Programación de la secuencia

A continuación se muestra la programación de la secuencia del equipo, la programación esta realizada en software desarrollado por FESTO PNEUMATICS FST en su versión 4.10 , en este mismo software se realiza la comunicación PC- PLC para poder cargar en este ultimo el programa en su memoria interna.

```

STEP 1
IF      boton          'BOTON
  AND   SIA            'SENSOR INICIO DE A
  AND   SIB            'SENSOR INICIO DE B
  AND   SIC            'SENSOR INICIO DE C
THEN SET BAB          'BOBINA AVANCE DE B
  SET   INDUCT        'INDICADOR DE ACTIVIDAD

STEP 2
IF      SIA            'SENSOR INICIO DE A
  AND   SFB            'SENSOR FINAL DE B
  AND   SIC            'SENSOR INICIO DE C
THEN RESET BAB        'BOBINA AVANCE DE B
  SET   BRB            'BOBINA RETROCESO DE B

STEP 3
IF      SIA            'SENSOR INICIO DE A
  AND   SIB            'SENSOR INICIO DE B
  AND   SIC            'SENSOR INICIO DE C
THEN
  SET   BAC            'BOBINA AVANCE DE C
  RESET BRB            'BOBINA RETROCESO DE B

STEP 4
IF      SIA            'SENSOR INICIO DE A
  AND   SIB            'SENSOR INICIO DE B
  AND   SFC            'SENSOR FINAL DE C
THEN SET BAA          'BOBINA AVANCE DE A
  RESET BAC            'BOBINA AVANCE DE C

STEP 5
IF      SFA            'SENSOR FINAL DE A

```

```

        AND          SIB          'SENSOR INICIO DE B
        AND          SFC          'SENSOR FINAL DE C
    THEN SET        BAB          'BOBINA AVANCE DE B
        RESET       BAA          'BOBINA AVANCE DE A
STEP 6
    IF
        AND          SFB          'SENSOR FINAL DE B
        AND          SFA          'SENSOR FINAL DE A
        AND          SFC          'SENSOR FINAL DE C
    THEN SET        BRB          'BOBINA RETROCESO DE B
        RESET       BAB          'BOBINA AVANCE DE B
STEP 7
    IF
        AND          SFA          'SENSOR FINAL DE A
        AND          SIB          'SENSOR INICIO DE B
        AND          SFC          'SENSOR FINAL DE C
    THEN SET        BRC          'BIBINA RETROCESO DE C
        RESET       BRB          'BOBINA RETROCESO DE B
STEP 8
    IF
        AND          SFA          'SENSOR FINAL DE A
        AND          SIB          'SENSOR INICIO DE B
        AND          SIC          'SENSOR INICIO DE C
    THEN SET        BRA          'BOBINA RETROCESO DE A
        RESET       BRC          'BIBINA RETROCESO DE C
        RESET       INDACT       'INDICADOR DE ACTIVIDAD
STEP 9
    IF
        AND          SIA          'SENSOR INICIO DE A
        AND          SIB          'SENSOR INICIO DE B
        AND          SIC          'SENSOR INICIO DE C
    THEN RESET     BRA          'BOBINA RETROCESO DE A

```

4.5 Descripción de los pasos programados.

Paso 1

El primer paso está relacionado con la puesta en marcha del sistema y esto se da con la conmutación del botón de inicio y que se cumplan las siguientes condiciones que son necesarias para garantizar que el equipo se encuentra en posición inicial y así evitar posibles accidentes, la posición inicial del equipo estará garantizada si se dan las siguientes condiciones:

- a) Que el pistón A esté conmutando el sensor inicio de A
- b) Que el pistón B esté conmutando el sensor inicio de b
- c) Que el pistón C esté conmutando el sensor inicio de C

Dadas estas condiciones el primer paso es el avance del pistón B, en la máquina esto será que el tampo baja a tomar la tinta depositada en cliché

Paso 2

El paso 2 se da cuando el pistón B está en su final de carrera y el objetivo de este paso es regresarlo a su inicio para lo cual se deben cumplir las siguientes condiciones:

- a) Que el pistón A esté en su inicio de carrera conmutando sensor inicio de A
- b) Que el pistón B esté en el final de carrera (paso anterior) conmutando sensor final de B
- c) Que el pistón C esté en su inicio de carrera conmutando sensor inicio de C

Es importante señalar que en todos los pasos es necesario dar *reset* a la bobina que se utilizó para avanzar el pistón anterior en este paso es necesario dar *reset* a la bobina que avanzó el pistón B, esto con el fin de evitar interferencias de señal y que la válvula quede conmutada en su inicio y su retroceso a la vez.

Paso 3

En el paso 3 el pistón C correspondiente al sistema de posicionamiento de los encendedores avance colocando el encendedor en posición adecuada y deben cumplirse las siguientes condiciones

- a) Que el pistón A se encuentre en su inicio de carrera conmutando el sensor inicio de A
- b) Que el pistón B se encuentre en su inicio de carrera conmutando el sensor inicio de B
- c) Que el pistón C se encuentre en su inicio de carrera conmutando el sensor inicio de C

Dadas estas condiciones el pistón C avanza colocando el encendedor

Paso 4

En este paso al pistón que se mueva sobre la corredera de la máquina A y que transporta al tampo hacia la base de impresión avanza llevando al tampo ya entintado justo sobre la pieza a imprimir.

Cabe recordar que en cada paso es necesario dar *reset* a la bobina que se energizó en el paso anterior en este caso daremos reset a la bobina avance de C que avanzó en el paso anterior

Y tendrán que considerarse las siguientes condiciones para que se dé el avance de A

- a) Que esté conmutado el sensor de inicio de A
- b) Que esté conmutado el sensor de inicio de B
- c) Que esté conmutado el sensor final de C que se encuentra posicionando el encendedor para imprimir

Nota: para que esté conmutado un sensor es necesario que el pistón se encuentre en su principio o final de carrera según sea el caso, por esta razón omitiré que los pistones deben de estar en su inicio o su final.

Paso 5

El paso 5 es el final de la secuencia para que se lleve a cabo la impresión pues el momento cuando el pistón B avanza y el tampo deposita la tinta sobre la pieza a imprimir, a partir de aquí los siguientes pasos serán a la inversa de los descritos ya que tienen el objeto de regresar el equipo a la posición de inicio y se pueda comenzar un nuevo ciclo, para que el pistón B avance y deposite la tinta será necesario que se den las siguientes condiciones

- a) Que esté conmutado el sensor final de A
- b) Que esté conmutado el sensor de inicio de B
- c) Que esté conmutado el sensor final de C

Paso 6

Es necesario hacer retroceder el pistón B ya que hasta el paso anterior se encuentra imprimiendo sobre la pieza el paso 6 retrocede el pistón B bajo las siguientes condiciones:

- a) Que se encuentre conmutado el sensor final de A
- b) Que esté conmutado el sensor final de C
- c) Que esté conmutado el sensor final de B

Paso 7

Una vez impresa la pieza es necesario poner otra, para esto se hace retroceder el pistón C para que por gravedad caiga el siguiente encendedor en el depósito en espera de que sea desplazado y a su vez quite el que fue impreso formando así el ciclo de poner y quitar el encendedor, para que el pistón C retroceda y caiga el siguiente encendedor será necesario:

- a) Que esté conmutado el sensor final de A
- b) Que esté conmutado el sensor de inicio de B
- c) Que esté conmutado el sensor final de C

Paso 8

Este es el último paso de los movimientos realizados por la máquina solo resta regresar el pistón A a su inicio y se tendrán los pistones en la posición del paso 1 y se requieren las siguientes condiciones:

- a) Que esté conmutado el sensor final de A
- b) Que esté conmutado el sensor de inicio de B
- c) Que esté conmutado el sensor de inicio de C

Una vez cumplidas las condiciones retrocederá el pistón A quedando en posición inicial de la siguiente forma:

- Pistón A en su inicio de carrera
- Pistón B en su inicio de carrera
- Pistón C en su inicio de carrera

Paso 9

El paso 9 constituye el último paso del programa, en este paso ya no se dan movimientos su función solo es dar *reset* a la bobina de retroceso de A, como ya se había mencionado es necesario hacer esta operación en cada una de las bobinas después de haber realizado su función.

4.6 Adaptaciones que se realizarán en el equipo para montar las piezas que conformarán el equipo neumático.

Para automatizar el equipo fue necesario hacer un estudio de los movimientos que realiza, después se deben diseñar acoplamientos que servirán para realizar el montaje del equipo neumático sobre la máquina.

Acoplamiento pistón A

En las siguientes imágenes se podrá observar los acoplamientos diseñados para el pistón A necesarios para poder ser montados en la máquina

En la imagen 4.7 se observará las piezas aun sin montar, se trata de dos escuadras fabricadas en solera angular de 3/16, esto con el objetivo de evitar cualquier deformación durante los movimientos.



Figura 4.7 Acoplamiento pistón A

En la imagen 4.8 se observarán los elementos ya mencionados solo que ya montados sobre el pistón y la forma como la aleta lateral funciona para conmutar los sensores de inicio y final de carrera



Figura 4.8 Acoplamiento montados sobre el cilindro

En la figura 4.8 Cabe destacar la importancia de que las piezas que conforman los acoplamientos sean concéntricas ya que cualquier desalineación por mínima que sea impide que el pistón avance de manera adecuada.

En la imagen 4.9 Se observa el pistón con sus acoplamientos ya montados sobre la máquina con sus sensores de inicio y final de carrera

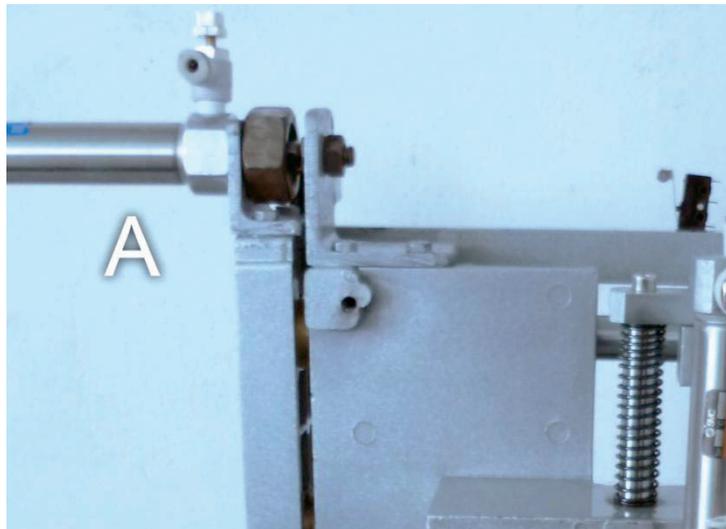


Figura 4.9 Pistón A instalado sobre la máquina

Acoplamientos del pistón B

En las siguientes imágenes se describe el acoplamiento diseñado para el pistón B requerido para su ensamble en el equipo

En la imagen 4.10 se trata del acoplamiento fabricado con solera plana y angular, de la misma manera que en el acoplamiento del pistón A las piezas angulares tienen un calibre de 3/6 y en este caso la solera plana tiene un calibre de 1/8 ya que solo tienen la función de sostener el sensor de final de carrera y conmutar el inicio.

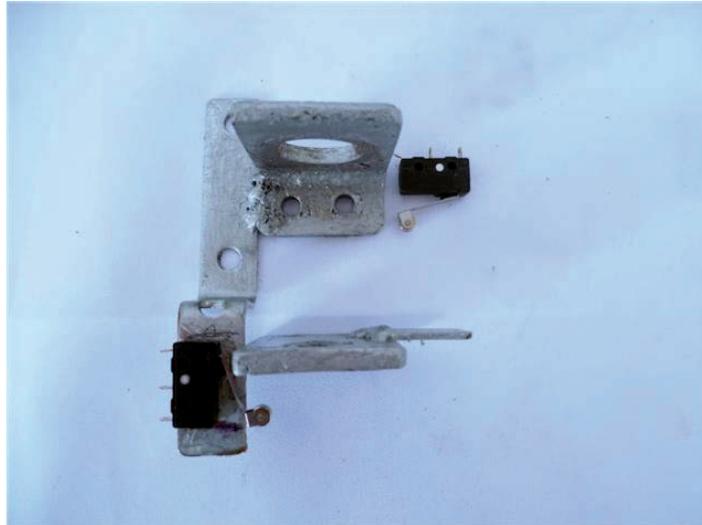


Figura 4.10 Acoplamiento del pistón B sin montar

En la figura 4.11 se observa el acoplamiento con el pistón B instalado, sujetado al igual que todos los pistones con tuercas en el cuerpo de pistón y en el embolo en la parte final



Figura 4.11 Acoplamiento del pistón B, con el pistón montado

En la imagen 4.12 se observa el pistón B con su acoplamiento ya instalado sobre la máquina con el objetivo de realizar el movimiento que se realizaría manualmente.

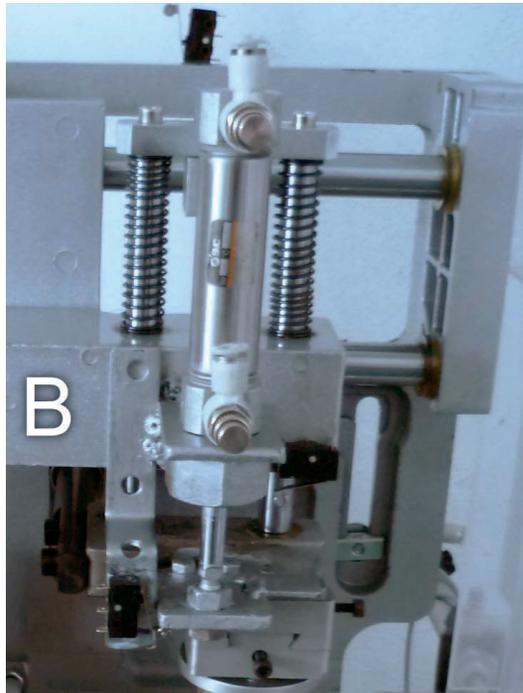


Figura 4.12 Pistón B instalado en la máquina

Acoplamiento pistón C

El pistón C y su acoplamiento no forman parte del sistema original del equipo, fueron creados con el objetivo de adherir al equipo un sistema de posicionamiento de la piezas a imprimir en este caso son encendedores y que será montado en la máquina con el fin de que este sistema en pocas palabras ponga y quite el encendedor una vez que se halla llevado a cabo el ciclo de impresión.

Las piezas que conforman a este sistema son:

- a) Deposito de acrílico transparente ,que servirá como almacén de los encendedores que serán impresos y que por gravedad irán bajando uno a uno cuando el primero de la parte inferior sea retirado por el pistón C

- b) Placa de aluminio de $\frac{1}{4}$ donde serán instaladas todas la piezas
- c) Barras sujetadoras de los encendedores en posición, una vez que el encendedor es deslizado del depósito este corre sobre unas barras de aluminio que le impedirán que durante este movimiento tengan algún desplazamiento lateral quedando fuera del área de impresión
- d) Acoplamiento del pistón C, este pistón realiza el movimiento del encendedor y es necesario fijarlo a la base , para esto se diseñó una base angular que permite sujetarlo a la base en la posición adecuada y que al avanzar deslice el encendedor que está en el deposito

En la figura 4.13 se ilustra el sistema de posicionamiento donde se pueden observar las piezas previamente descritas de este sistema

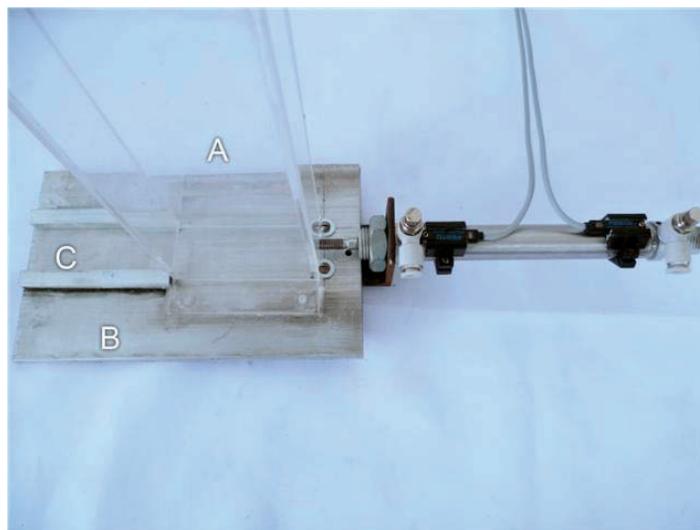


Figura 4.13 Sistema de posicionamiento

En la imagen 4.14 se muestran todos los acoplamientos instalados en la máquina que fueron previamente descritos.

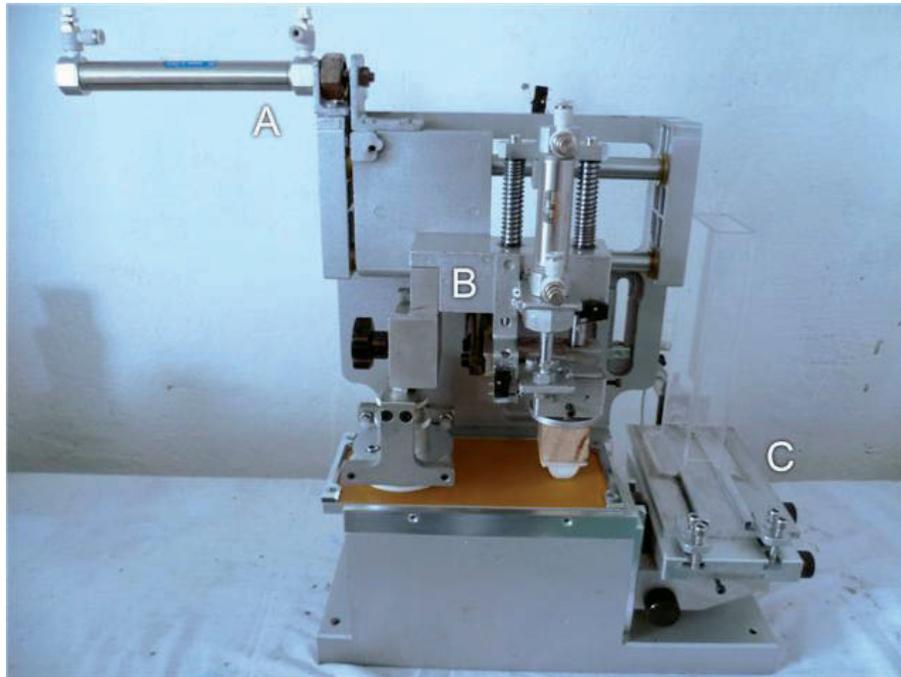


Figura 4.14 Equipo con los elementos de automatización instalad

4.7 Simulación del sistema

El objetivo de esta simulación fue hacer una representación preliminar de los movimientos que habrá de realizar la máquina una vez automatizada, en esta simulación se comprobó el adecuado funcionamiento del programa creado en FST 4.10, y se refiere a un funcionamiento adecuado a observar que la secuencia programada coincida con la requerida, además de poder observar posibles problemas que se pudieran presentar antes de que todos los elementos sean montado en la máquina.

Los elementos utilizados en esta simulación en el tablero de FESTO DIDACTICS fueron los siguientes:

- a) 3 cilindros neumáticos de doble efecto
- b) 3 electroválvulas 5/2 vías con pilotaje eléctrico
- c) PLC
- d) Caja botonera
- e) Cables banana-banana
- f) Caja de conexiones con luces indicadoras y sonoras
- g) Multimetro
- h) Fuente regulable
- i) PC
- j) Sensores mecánicos de inicio y final de carrera
- k) Mangueras

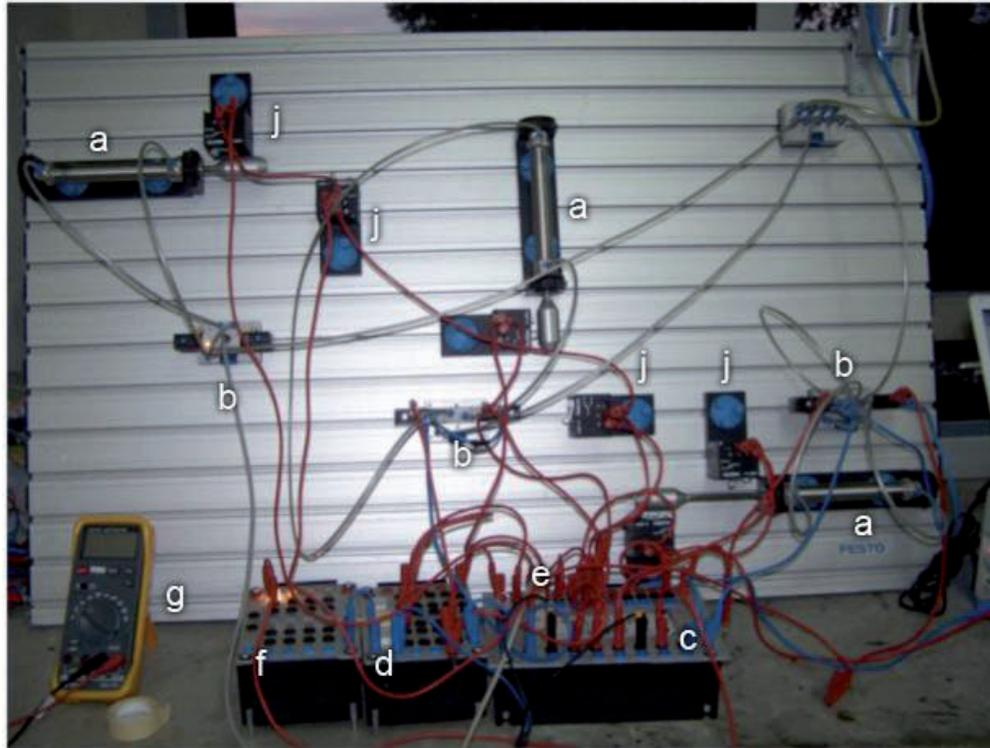


Figura 4.15 Elementos de la primera simulación

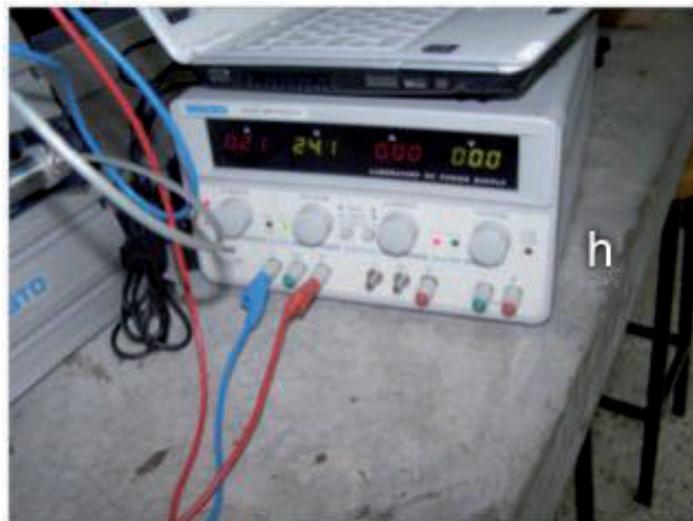


Figura 4.16 Fuente regulable



Figura 4.17 PC con el programa compilado

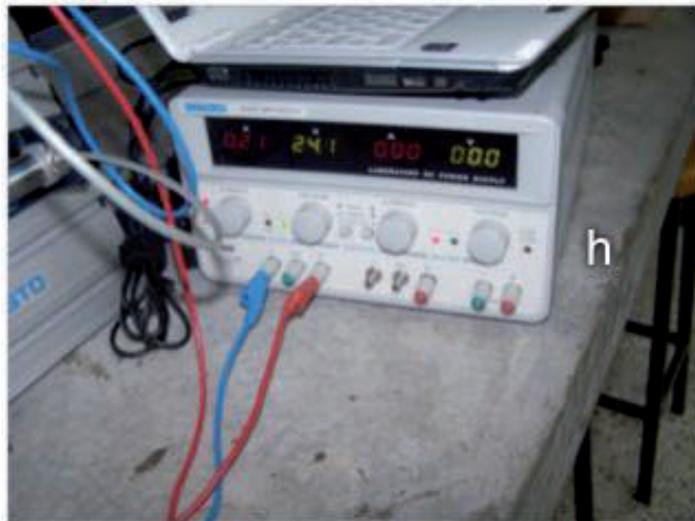


Figura 4.18 Fuente regulable

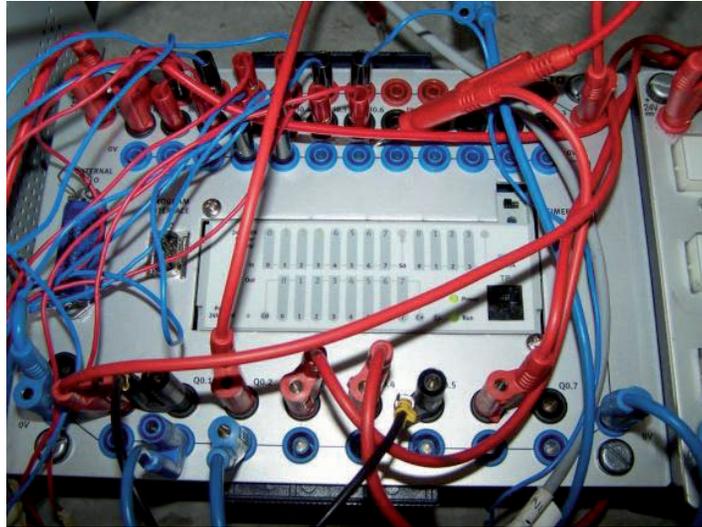


Figura 4.19 PLC modelo FC34 versión didáctica

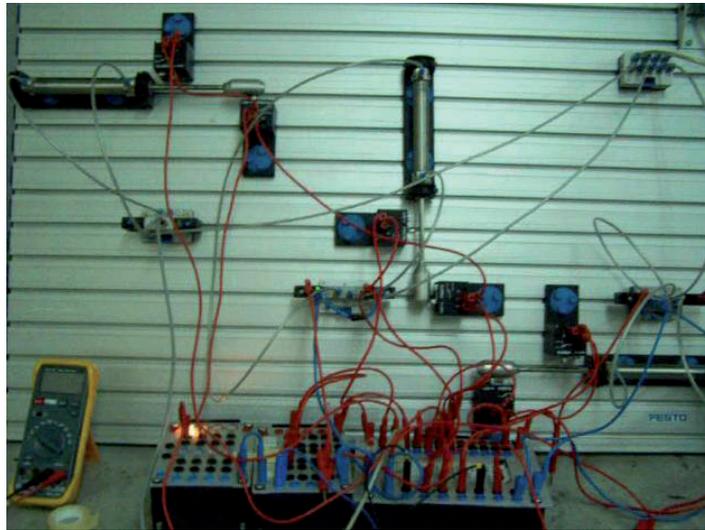


Figura 4.20 Secuencia en operación

5.0 RESULTADOS

5.1 Equipo automatizado en funcionamiento

En este capítulo se muestran los resultados de este trabajo donde se puede observar el equipo manual con los elementos para su automatización instalados dando como resultado un equipo automático cumpliendo así con los objetivos planteados.

Las imágenes muestran el equipo automatizado en funcionamiento además se observa el funcionamiento del sistema de posicionamiento de los encendedores que consta de un depósito de acrílico, el pistón que hemos llamado C que se encarga de la colocación del encendedor en las barras que lo sujetan y que lo ponen en la posición indicada para ser impreso, este sistema fue adherido a los movimientos principales que realiza el equipo, buscando incrementar la eficiencia al reducir tiempos de colocación y costos por cuestión de operación del equipo.

En la figura 5.1 se puede observar el equipo automatizado con todos los elementos conectados que serán enumerados a continuación para su localización en las imágenes y así poder seguir la secuencia previamente descrita.

- 1) Pistón A
- 2) Pistón B
- 3) Pistón C
- 4) Sensor inicio de A
- 5) Sensor final de A
- 6) Sensor inicio de B
- 7) Sensor final de B
- 8) Sensor inicial de C
- 9) Sensor final de C

- 10) Bobina avance de A
- 11) Bobina avance de B
- 12) Bobina avance de C
- 13) Bobina retroceso de A
- 14) Bobina retroceso de B
- 15) Bobina retroceso de C
- 16) Botón de inicio
- 17) Fuente
- 18) Reguladores de caudal de A
- 19) Reguladores de caudal de B
- 20) Reguladores de caudal de C
- 21) PLC

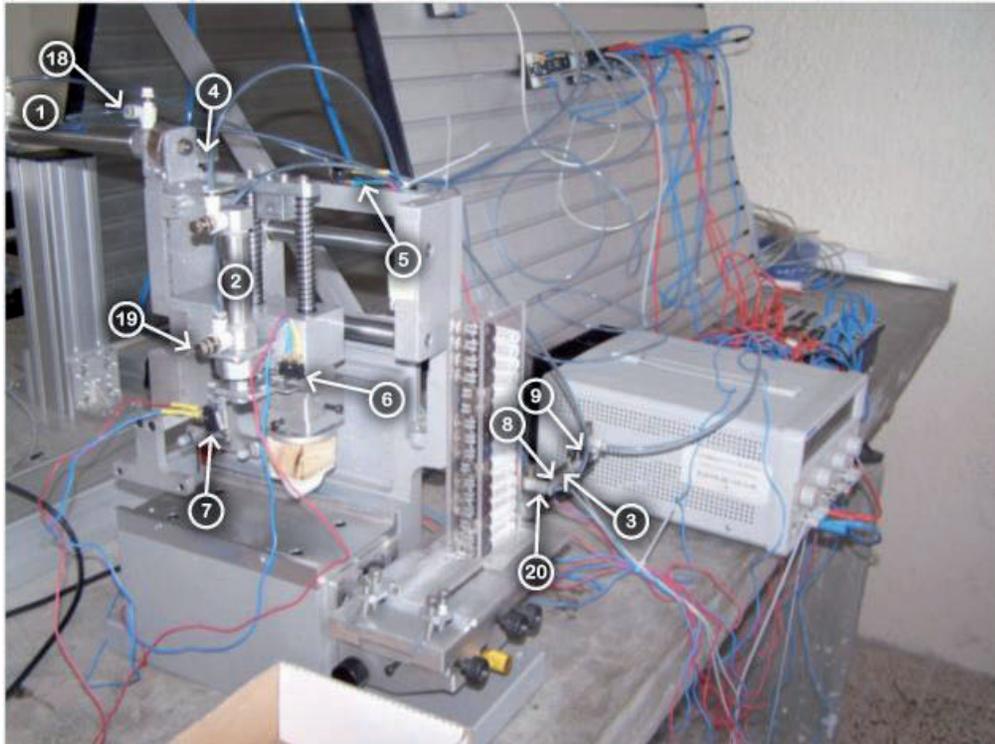


Figura 5.1 Equipo automatizado en funcionamiento

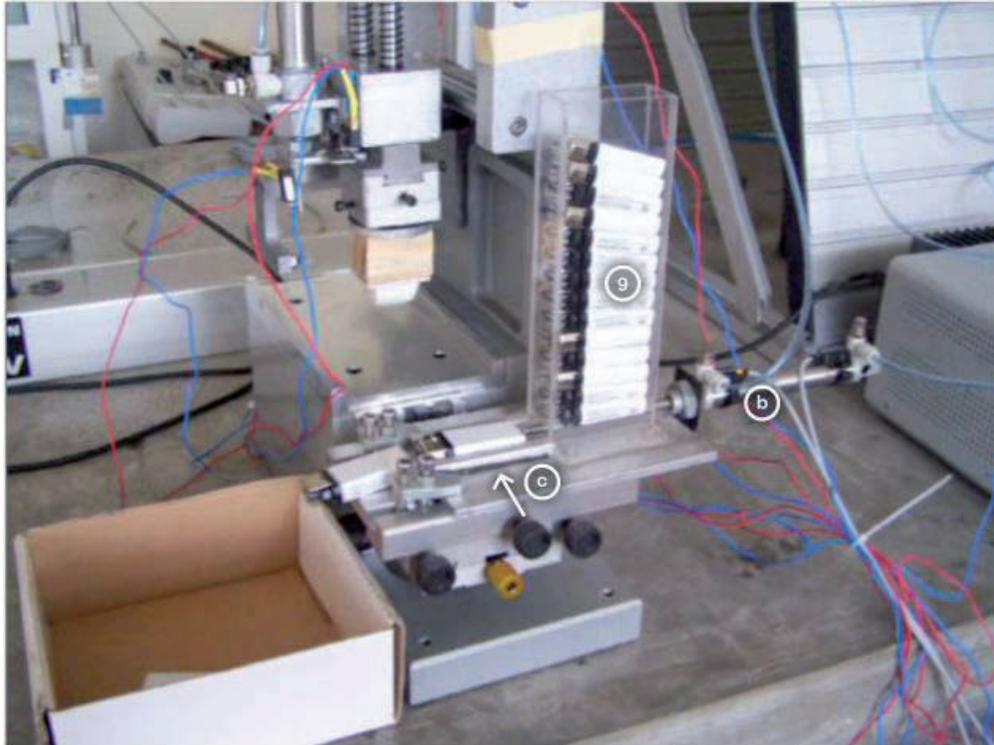


Figura 5.2 Sistema de posicionamiento

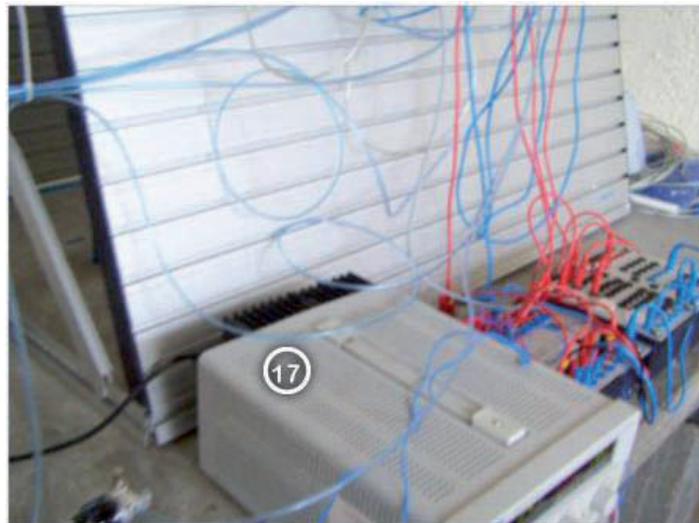


Figura 5.3 Fuente, botonera y PLC

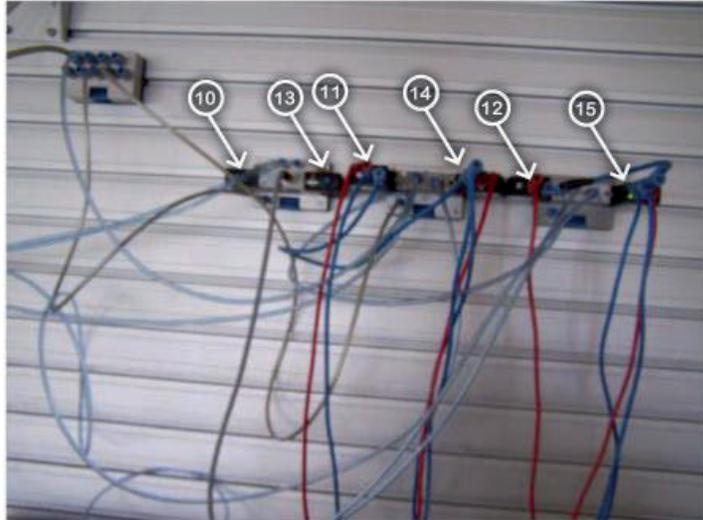


Figura 5.4 Electroválvulas

En la siguiente imagen podemos observar la puesta en marcha del equipo presionando el botón de inicio y los leds de entradas del PLC censando las condiciones de inicio.

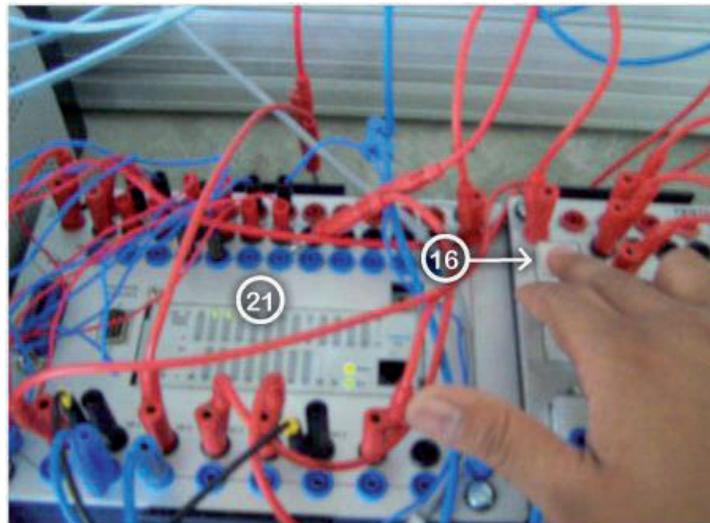


Figura 5.5 Puesta en marcha del equipo mediante el botón de inicio

5.2 Sistema de posicionamiento

El sistema de posicionamiento de las piezas a imprimir está compuesto de los siguientes elementos, los encendedores son colocados en el depósito (a) fabricado de acrílico con una capacidad de 17 encendedores, un pistón neumático de doble efecto (b) con sus accesorios que son los reguladores de flujo de avance y retroceso y sus respectivos sensores magnéticos de posición , por ultimo 2 barras de aluminio para sujetarlos (c) y funciona de la siguiente manera: cuando los encendedores son colocados en el depósito el pistón se encuentra retraído , en el momento que la secuencia marcada por el PLC indica que es momento de posicionar un encendedor, el pistón avanza deslizando el encendedor que se encuentra sobre la base es decir el primero de abajo hacia arriba y lo desliza sobre las barras de aluminio que están sujetadas a la base exactamente a la misma medida del ancho del encendedor con el objeto de sostenerlo y evitar que pudiera tomar otra dirección durante el proceso de deslizamiento. Después según la secuencia del PLC, este encendedor será impreso y será necesario colocar otro para esto es necesario que el pistón vuelva a su posición de inicio dejando caer por gravedad al siguiente encendedor en el depósito y volverá a comenzar el ciclo.

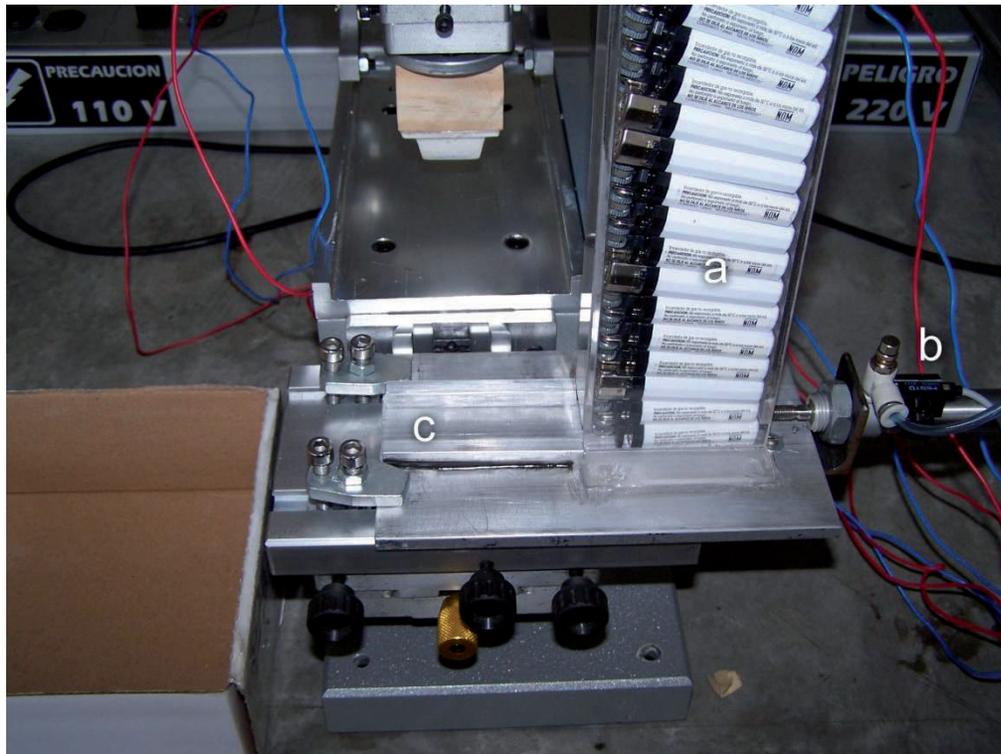


Figura 5.6 Sistema de posicionamiento

En la figura 5.7 se observa el momento en que se lleva a cabo el movimiento de impresión que realiza el pistón B con el tambo sobre el encendedor.

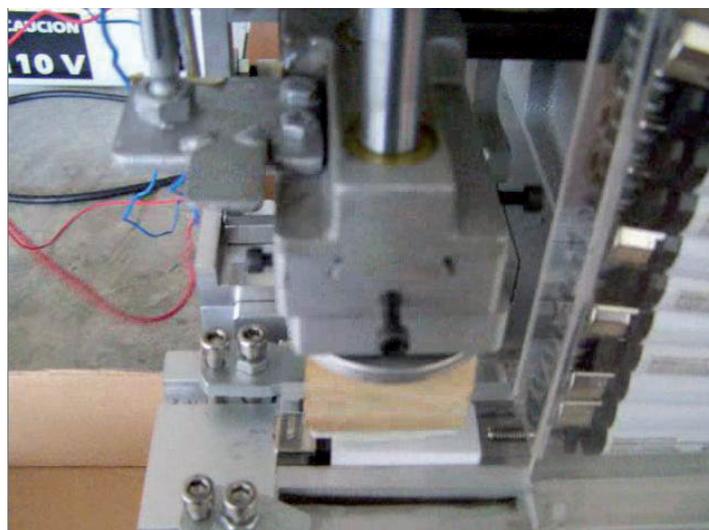


Figura 5.7 Tambo imprimiendo sobre el encendedor colocado por el pistón C

5.3 Productividad

En este capítulo se presentará un análisis de productividad comparando ambos sistemas en periodos de 5 minutos hasta llegar a 100 minutos donde podremos observar que existe una fluctuación en las piezas impresas en la máquina manual donde se puede observar un decremento en la productividad en función del tiempo, con esto se puede inferir que está relacionado con la fatiga que sufre el operador al realizar el trabajo durante un periodo de tiempo, y también se puede observar la productividad de la máquina que se mantiene constante durante la línea de tiempo.

Equipo manual

Tiempo promedio en segundos para imprimir una pieza= 10.82 segundos

Equipo automático

Tiempo promedio en segundos para imprimir una pieza= 4.5294 segundos

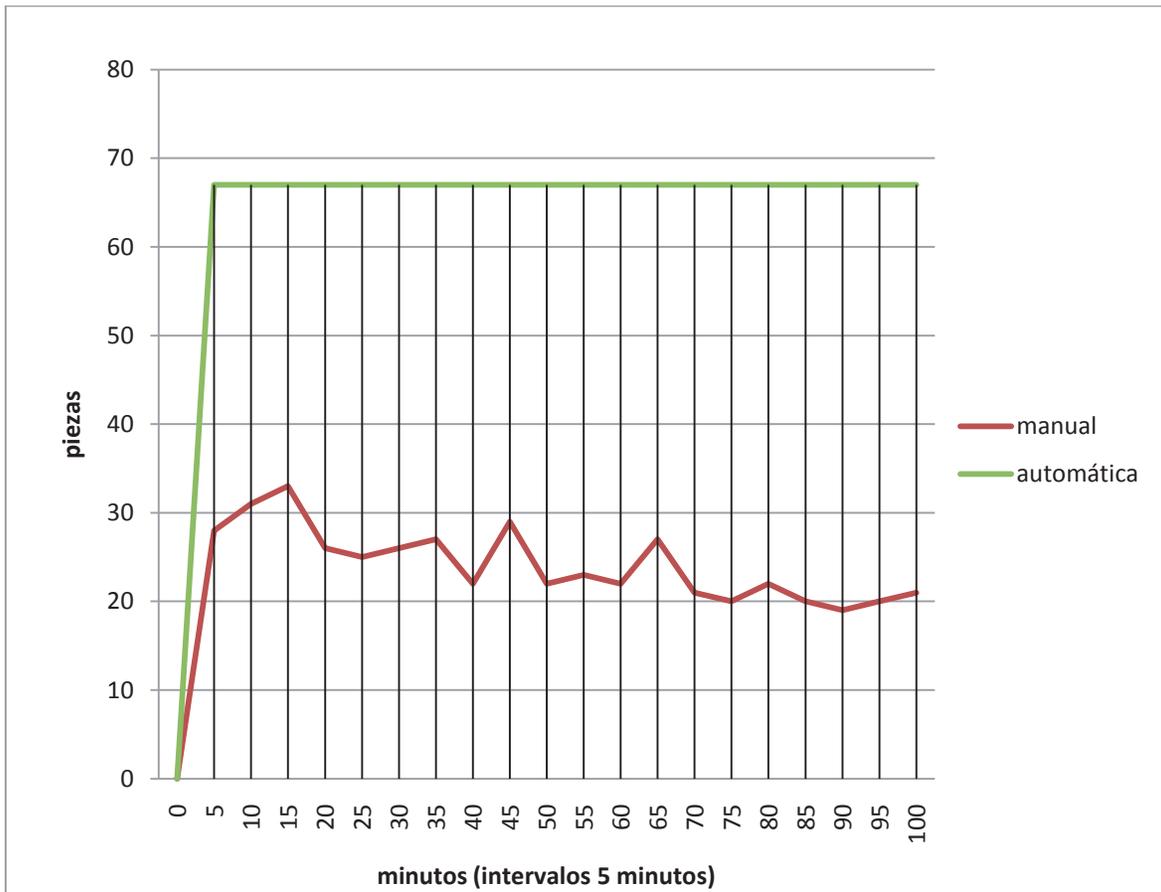


Figura 5.8 Gráfica comparativa de productividad proceso actual v.s proceso automático en intervalos de 5 minutos

En la gráfica de la figura 5.9 se ilustra la productividad observada en una jornada de cuatro horas donde se puede observar la disminución de la productividad en función del tiempo debido a la fatiga del operador donde va de 334 piezas por hora a 197 y la automática se mantiene constante

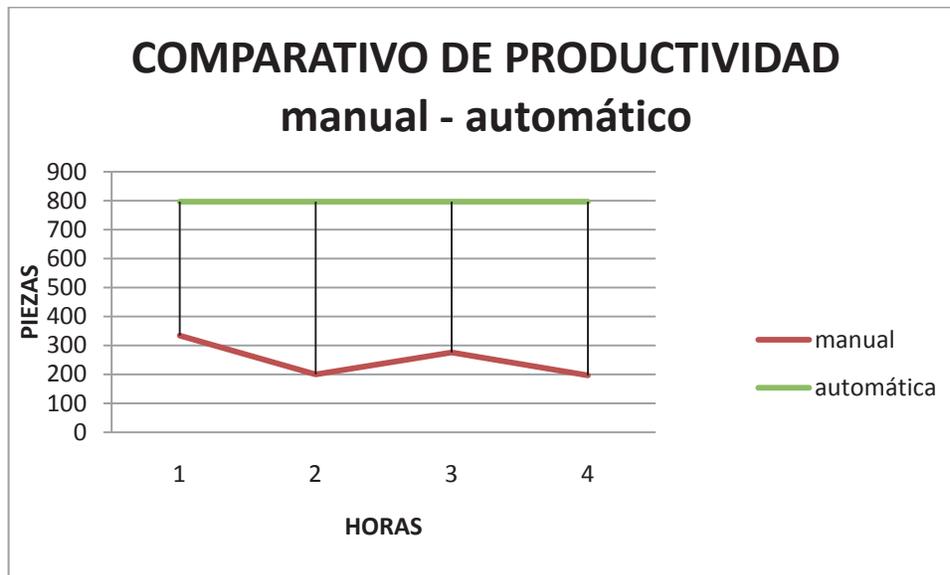


Figura 5.9 Gráfica comparativa de productividad proceso actual v.s proceso automático en intervalos de 1 hora.

5.4 Capacidad del equipo en una jornada de trabajo de 8 horas

Tabla 5.1 Capacidades de los equipos en una jornada de 8 horas.

MANUAL	
tiempo es segundos x ciclo	10.8
ciclos en una hora	334
ciclos en la jornada	2667

AUTOMÁTICO	
tiempo es segundos x ciclo	4.5294
ciclos en una hora	795
ciclos en la jornada	6358

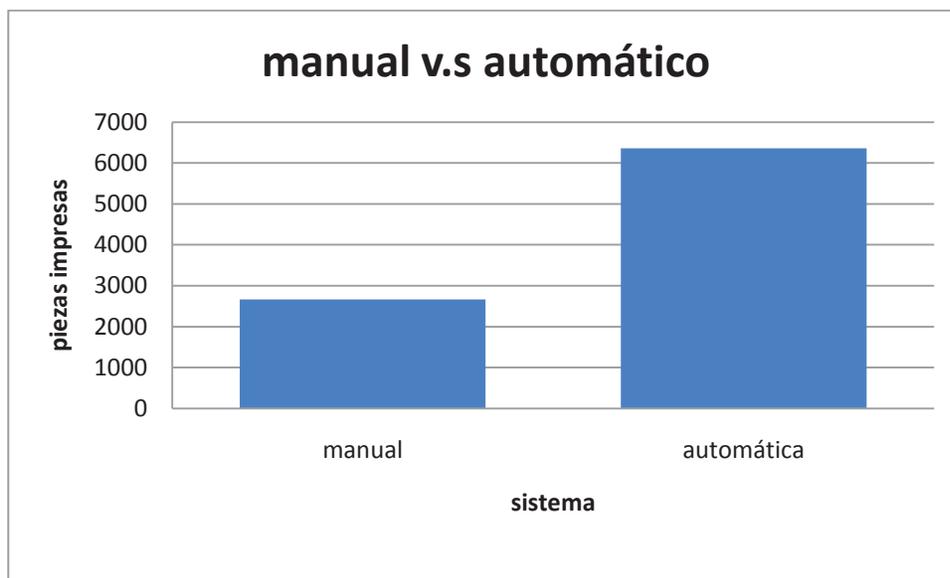


Figura 5.10 Gráfica de la capacidad de ambos sistemas en una jornada de 8 horas.

En la figura 5.10 se muestra la comparación entre la productividad de los sistemas manual y automático en una jornada de 8 horas, cabe destacar que el equipo automático excede esta capacidad ya que puede ser operado las 24 horas del día teniendo la capacidad de realizar 19076 ciclos en las 24 horas del día.

5.5 Estudio de costos

En esta sección se presentan un análisis de costos para la fabricación de un equipo de tampografía automatizado, se presentarán diferentes opciones, así como diferentes marcas del equipo neumático.

En la tabla 5.2 se muestra el total del costo del equipo incluyendo la máquina manual de la cual se partirá para realizar la automatización, esto cotizado con el equipo neumático de la marca SMC y la parte eléctrica de la marca STEREN y SIEMENS

Tabla 5.2 Costos del equipo usando instrumentos SMC, SIEMENS Y STEREN

MARCA	PRODUCTO	PRECIO IVA INC.	UNIT. CANTIDAD	TOTAL
SMC	pistón A	1647	1	1647
SMC	pistón B	1339	1	1339
SMC	pistón C	1387	1	1387
SMC	Electroválvula	750	3	2250
SMC	Regulador	134	6	804
SIEMENS	PLC siemens logo	3339	1	3339
SIEMENS	modulo de expansión PLC	1047	1	1047
SMC	sensores magnéticos con fijación	379	2	758
STEREN	sensores mecánicos	30.5	4	122
N/D	equipo de tampografía manual	19500	1	19500
SMC	manguera /metro	22.3	13	289.9
N/D	depósito de acrílico	180	1	180
STEREN	cable calibre .20 /metro	2.5	20	50
STEREN	fuelle regulable	1700	1	1700
N/D	accesorios no considerados	1000	1	1000
SUMA TOTAL				\$35412.9

En la tabla 5.3 se muestran los resultados del estudio de costos utilizando es equipo FESTO en la parte neumática y ESTEREN en la parte eléctrica.

Tabla 5.3 Costo del equipo usando instrumentos FESTO y STEREN

MARCA	PRODUCTO	PRECIO UNIT. IVA INC.	CANTIDAD	TOTAL
FESTO	pistón A	1451.39	1	1351.30
FESTO	pistón B	1291	1	1202.26
FESTO	pistón C	1403.37	1	1306.58
FESTO	Electroválvula	621	3	1322.50
FESTO	Regulador	143.52	6	861.12
FESTO	PLC FESTO	8002.71	1	8002.71
N/D	modulo de expansión PLC (NO REQUIERE)	0	0	0
FESTO	sensores magnéticos con fijación	574.95	2	1149.9
STEREN	sensores mecánicos	30.5	4	122
N/D	equipo de tampografía manual	19500	1	19500
FESTO	manguera /metro	40	13	520
N/D	depósito de acrílico	180	1	180
STEREN	cable calibre .20 /metro	2.5	20	50
STEREN	fuelle regulable	1700	1	1700
N/D	accesorios no considerados	1000	1	1000
			SUMA TOTAL	\$38238.37

En las tablas 5.4 y 5.5 se muestra el costo de solo la automatización del equipo en dado caso de se quisiera brindar el servicio de automatización del proceso a talleres que ya cuente con el equipo manual

Tabla 5.4 Costo del equipo solo automatización SMC/SIEMENS

MARCA	PRODUCTO	PRECIO UNIT. IVA INC.	CANTIDAD	TOTAL
SMC	pistón A	1647	1	1647
SMC	pistón B	1339	1	1339
SMC	pistón C	1387	1	1387
SMC	Electroválvula	750	3	2250
SMC	Regulador	134	6	804
SIEMENS	PLC siemens logo	3339	1	3339
SIEMENS	modulo de expansión PLC	1047	1	1047
SMC	sensores magnéticos con fijación	379	2	758
STEREN	sensores mecánicos	30.5	4	122
SMC	manguera /metro	22.3	13	289.9
N/D	depósito de acrílico	180	1	180
STEREN	cable calibre .20 /metro	2.5	20	50
STEREN	fuelle regulable	1700	1	1700
N/D	accesorios no considerados	1000	1	1000
SUMA TOTAL				\$15912.9

Tabla 5.5 Costo del equipo solo automatización FESTO

MARCA	PRODUCTO	PRECIO UNIT. IVA INC.	CANTIDAD	TOTAL
FESTO	pistón A	1451.39	1	1351.30
FESTO	pistón B	1291	1	1202.26
FESTO	pistón C	1403.37	1	1306.58
FESTO	Electroválvula	621	3	1322.50
FESTO	Regulador	282.62	6	861.12
FESTO	PLC FESTO	3147	1	8002.71
N/D	modulo de expansión PLC (NO REQUIERE)	0	1	0
FESTO	sensores magnéticos con fijación	567	2	1149.9
STEREN	sensores mecánicos	30.5	4	122
FESTO	manguera /metro	40	13	520
N/D	depósito de acrílico	180	1	180
STEREN	cable calibre .20 /metro	2.5	20	50
STEREN	fuelle regulable	1700	1	1700
N/D	accesorios no considerados	1000	1	1000
SUMA TOTAL				\$18768.37

5.5.1 Comparativo de características del equipo automatizado con otros equipos actualmente disponibles en el mercado.

En las siguientes tablas comparativas se muestran los sistemas automatizados a partir de un equipo manual y los sistemas que actualmente se encuentran en el mercado, cabe señalar que solo será una comparación en cuanto costos ya que aunque los dos sistemas brindan el objetivo final que es una impresión automática existen grandes diferencias entre ambos que se muestran a continuación:

Tabla 5.6 Características del equipo automatizado utilizando instrumentos FESTO en su automatización

	EQUIPO USANDO MATERIAL FESTO EN SU AUTOMATIZACIÓN
PROCEDENCIA DEL EQUIPO NEUMÁTICO	Alemania
POSIBILIDAD DE CONEXIÓN CON LA PC	SI
PROGRAMACIÓN DE CONTADOR DE PIEZAS	SI
PROGRAMACIÓN DE TEMPORIZADOR	SI
PROGRAMACIÓN DE LA SECUENCIA	SI
GARANTÍA	3 AÑOS

Tabla 5.7 Características del equipo automatizado utilizando instrumentos SMC en su automatización

	EQUIPO USANDO MATERIAL SMC EN SU AUTOMATIZACIÓN
PROCEDENCIA DEL EQUIPO NEUMÁTICO	USA
POSIBILIDAD DE CONEXIÓN CON LA PC	SI
PROGRAMACIÓN DE CONTADOR DE PIEZAS	SI
PROGRAMACIÓN DE TEMPORIZADOR	SI
PROGRAMACIÓN DE LA SECUENCIA	SI
GARANTÍA	2 AÑOS

Tabla 5.8 Características del equipo de fabricación asiática disponible en el mercado

	EQUIPO USANDO MATERIAL SMC EN SU AUTOMATIZACIÓN
PROCEDENCIA DEL EQUIPO NEUMÁTICO	CHINA
POSIBILIDAD DE CONEXIÓN CON LA PC	NO
PROGRAMACIÓN DE CONTADOR DE PIEZAS	NO
PROGRAMACIÓN DE TEMPORIZADOR	NO
PROGRAMACIÓN DE LA SECUENCIA	NO
GARANTÍA	6 MESES

Tabla 5.9 Características del equipo de fabricación americana KEMP

	EQUIPO USANDO MATERIAL SMC EN SU AUTOMATIZACIÓN
PROCEDENCIA DEL EQUIPO NEUMÁTICO	USA
POSIBILIDAD DE CONEXIÓN CON LA PC	SI
PROGRAMACIÓN DE CONTADOR DE PIEZAS	SI
PROGRAMACIÓN DE TEMPORIZADOR	SI
PROGRAMACIÓN DE LA SECUENCIA	SI
GARANTÍA	2 AÑOS

Es necesario aclarar que la programación realizada no ampara las funciones de temporizador y contador, y mediante un pequeño cambio en la programación se podrá incluir estas funciones, no están incluidos ya que el estudio se realiza con la máquina funcionando en forma automática solo es necesario que el operador presione el botón para comenzar su funcionamiento, sin necesidad de realizar ninguna programación y por lo tanto no requiere de capacitación para su operación, eliminando así la curva de aprendizaje.

La conclusión de esta sección sobre las características de los sistemas costeados se puede observar que todos los sistemas cumplen con la función de imprimir automáticamente, solo que una diferencia importante que destaca el equipo automatizado en este trabajo, es el sistema de posicionamiento integrado, ya que poner y quitar una pieza representa en promedio 5 segundos de los 10.82 segundos que dura un ciclo de impresión manual y que actualmente ningún equipo automatizado de venta en el mercado cuenta con este sistema de posicionamiento.

5.5.2 Comparativo de costos totales de los equipos

Tabla 5.10 Comparativa de costos de los diferentes sistemas

EQUIPO AUTOMATIZADO FESTO	\$38,328.37
EQUIPO AUTOMATIZADO SMC/SIEMENS	\$35,412.90
DISPONIBLE EN EL MERCADO (CHINA)	\$101,940.80
EQUIPO KENT (USA)	\$156,200

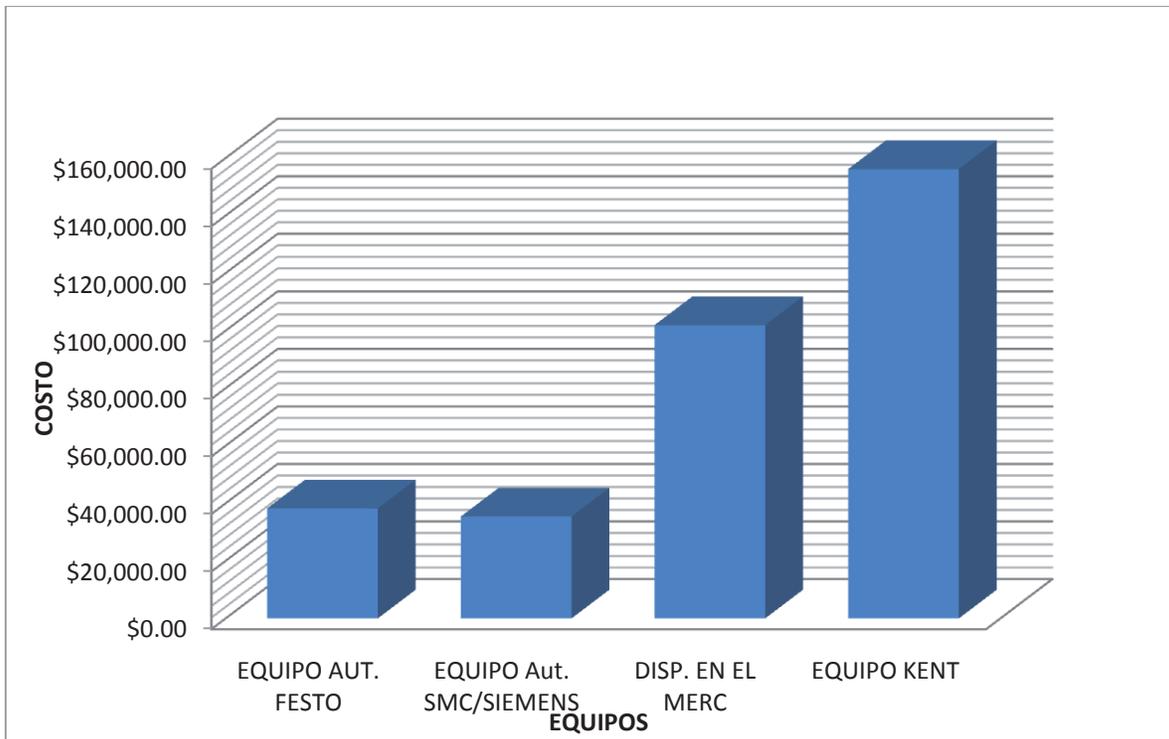


Figura 5.11 Gráfica comparativa de costos de los diferentes sistemas

En la figura 5.20 se observa la tabla donde se comparan los precios de los diferentes sistemas, podemos observar que al automatizar un equipo de tampografías manual con instrumentos FESTO y/o SMC existe una mínima diferencia entre ambos, \$2825.47 siendo SMC el más económico y siendo este 1/5 parte del valor del equipo más costoso (KEMP) y en las figuras 5.16 a 5.19 se muestra que ambas son capaces de realizar las mismas funciones.

5.6 ANALISIS PRODUCTIVO

Para realizar este análisis es necesario darle un precio al equipo automatizado por lo cual se incrementara un 30% sobre el costo de producción, este incremento representa la utilidad que se obtendría al vender este aparato, cabe señalar que este incremento se eligió de manera arbitraria.

- Supongamos que decidimos automatizar con equipo FESTO

Costo de producción = $\$38238.37 \times 1.30 = \49709.88

Precio de venta = $\$49709.88$

A continuación se presenta el estudio de productividad donde se compara el costo total por unidad producida en el sistema manual y el sistema automático y se considerarán los siguientes datos:

5.6.1 Análisis equipo manual:

- Salario mínimo correspondiente al área geográfica "C" correspondiente al estado de Michoacán, según dato obtenido de sitio web sat.gob.mx del 2010 equivalente a \$54.74 pesos diarios.
- Costo del equipo manual \$19500
- Jornada laboral = 8 horas
- Mantenimiento durante la vida útil \$ 3000
- Año de trabajo = 350 días
- Depreciación = 10 años
- Tiempo de ciclo = 10.82 segundos

Cálculos:

Unidades x hora:

$$\frac{3600 \text{ seg.}}{10.82 \text{ seg.}} = 322.71 \text{ unidades/hora}$$

Costo mano de obra x hora:

$$\frac{55 \text{ pesos}}{8 \text{ horas}} = \$6.87 \text{ pesos/hora}$$

Costo de máquina x hora:

$$\text{equipo manual} = \$19500 + \text{mantto.} = \$3000 = \$22500$$

$$\frac{\$22500}{10 \text{ años}} = \$2250 \text{ x año}$$

$$\frac{\$2250}{350 \text{ días}} = \$6.4285 \text{ x día}$$

$$\frac{\$6.4285}{8 \text{ horas}} = .8035 \text{ pesos x hora}$$

Costos totales x hora:

$$\text{mano de obra} = \$6.87 \text{ x hora}$$

$$\text{costo máquina} = .8035 \text{ x hora}$$

$$\text{total} = 7.6735 \text{ x hora}$$

Costo total x pieza:

$$\frac{\$7.6735 \text{ x hora}}{322.71 \text{ piezas}} = \$.02377 \text{ x pieza}$$

5.6.2 Equipo automático.

- Salario mínimo correspondiente al área geográfica “C” correspondiente al estado de Michoacán, según dato obtenido de sitio web sat.gob.mx del 2010 equivalente a \$54.74 pesos diarios
- Costo del equipo automático \$49709.88
- Jornada laboral = 8 horas
- Mantenimiento durante la vida útil \$ 3000
- Año de trabajo = 350 días
- Depreciación = 10 años
- Tiempo de ciclo = 4.5294 segundos

Cálculos:

Unidades x hora:

$$\frac{3600 \text{ seg.}}{4.5294 \text{ seg.}} = 794.80 \text{ unidades/hora}$$

Costo mano de obra x operación: (colocación de los encendedores en el depósito y dar botón de inicio = 4.8 minutos = 8% de 1 hora)

$$\frac{55 \text{ pesos}}{8 \text{ horas}} = \$6.87 \frac{\text{pesos}}{\text{hora}} \times .08 = \$.5496 \text{ x operación}$$

Costo de máquina x hora:

$$\text{equipo automático} = \$49709.88 + \text{mantto.} = \$3000 = \$52709.88$$

$$\frac{\$52709.88}{10 \text{ años}} = \$5270.98 \text{ x año}$$

$$\frac{\$5270.88}{350 \text{ días}} = \$15.0599 \text{ x día}$$

$$\frac{\$15.0599}{8 \text{ horas}} = 1.8824 \text{ pesos x hora}$$

Costos totales x hora:

$$\text{mano de obra} = \$.5496 \text{ x operación}$$

$$\text{costo máquina} = \$1.8824 \text{ pesos x hora}$$

$$\text{total} = \$2.432 \text{ x hora}$$

Costo total x pieza:

$$\frac{\$2.432 \text{ x hora}}{794.80 \text{ piezas}} = \$.003059 \text{ x pieza}$$

5.6.3 Interpretación de los resultados

$$\frac{\text{equipo automático} = \$.003059 \times \text{pieza}}{\text{equipo manual} = \$.02377 \times \text{pieza}} = .1286$$

En la operación anterior representa la fracción del costo que representa el equipo automático contra el total del equipo manual, es decir el costo por pieza impresa en forma automática representa el 12.86% del costo de una impresión manual.

Comparativo de productividad manual v.s automático

$$\frac{\text{equipo manual} = \$.02377 \times \text{pieza}}{\text{equipo automático} = \$.003059 \times \text{pieza}} = 7.7705 - 1 = 6.7705 = 677.05\%$$

En la operación anterior se puede observar la productividad del equipo manual en comparación con el equipo automático, que como podemos observar este equipo es 677.05% más productivo que el de operación manual.

Recuperación de la inversión en número de piezas.

Si se considerara en 70 centavos la utilidad neta obtenida por pieza impresa tendríamos lo siguiente:

$$\frac{\text{inversión} = \$52709.88}{\text{utilidad neta} \times \text{pieza} = \$.70} = 75299.82 \text{ piezas}$$

Esto nos indica el retorno de inversión en función de piezas impresas que son 75299.82 piezas, lo cual representa 98.65 horas de trabajo continuo.

6.0 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de este trabajo correspondientes a la automatización de un equipo de impresión en tampografía de operación manual y la creación de un sistema de posicionamiento capaz de poner, sujetar, y quitar la pieza a imprimir utilizando electro neumática para su automatización y se concluye lo siguiente:

- a) En mediciones realizadas en videos adjuntos a esta tesina se obtuvieron los siguientes tiempo de ciclo para ambos sistemas:
 - Tiempo de ciclo equipo manual = 10.82 segundos
 - Tiempo de ciclo equipo automático = 4.5294
- b) Capacidad del equipo en una jornada de 8 horas:
 - Manual = 2667 ciclos (variables debido a fatiga y habilidad del operador)
 - Automática = 6358 ciclos (constantes)
- c) Costos de fabricación del equipo:
 - Utilizando equipo FESTO = \$38238.37
 - Utilizando equipo SMC/SIEMENS = \$35412.90
- d) Costo de automatización de un equipo manual:
 - Utilizando equipo FESTO = \$18768.37
 - Utilizando equipo SMC/SIEMENS = \$15912.90
- e) Precio de venta del equipo considerando un 30% de utilidad = \$49709.88 + IVA
- f) Cálculo del costo total por pieza sistema manual v.s sistema automático :
 - Manual = \$.02377
 - Automática = \$.003059
- g) Productividad en relación del costo total x pieza sistema manual v.s sistema automático:
 - Se concluyó que el sistema automático es 677.05% más productivo que el manual

Tomando en consideración estos resultados podemos observar la rentabilidad y eficiencia del equipo automatizado.

7.0 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Salvador Guillen A. (2006). Introducción a la neumática (6ª ed.). México:ed. PRODUCTICA
- [2] Millán Tejada S. (1996). Automatización neumática y electro neumática (1ª ed.) México: NORGREN BIBLIOTECA TECNICA
- [3] EUPM material seminario de automatización (2010 enero). Disponible en <http://www-eupm.upc.es/~mmt/assig-5.htm>
- [4] Pérez Ramírez J., González Díaz G., Padilla Ybarra J. (2009) la automatización modular una nueva opción para procesos automatizables. impulso.volumen1.26 pp.
- [5] Proceso de tampografía (2009) Recuperado el 17 de enero del 2010 de: <http://graficosdehoy.com/channel.php3?open=yes&number=4&id=52>
- [6] Inicio , historia y desarrollo de la tampografía.(2009)recuperado el 24 de enero del 2010 de: <http://tampograficas.com/los-inicios-de-la-tampografia/34-historia-y-desarrollo-de-la-tampohgrafia/45-origen-y-desarrollo-de-la-tampografia>
- [7] Waller D., Wermer H. (1997) Neumática nivel básico. FESTO didactic
- [8] Waller D., Wermer H. (1997) Electro neumática nivel básico: editorial Esslingen, 4ª Edición 1995 Alemania.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Compresor de émbolo de una sola etapa	15
Figura 2.2 Compresor rotativo de tornillo	16
Figura 2.3 Compresor centrífugo.....	16
Figura 2.4 Secado por refrigeración	18
Figura 2.5 Secado por absorción	19
Figura 2.6 Secado por adsorción	20
Figura 3.1 Cilindro neumático doble efecto	28
Figura 3.2 Símbolo de un cilindro neumático de doble efecto.....	29
Figura 3.3 Válvula 5/2 vías con pilotaje eléctrico.....	29
Figura 3.4 Símbolo de válvula 5/2 vías con pilotaje eléctrico	30
Figura 3.5 Émbolo para la conmutación interna de la válvula	30
Figura 3.6 Válvula reguladora de caudal.....	31
Figura 3.7 Símbolo de una válvula reguladora de caudal	31
Figura 3.8 Botón pulsador	32
Figura 3.9 Símbolos de botones pulsadores de push y con enclavamiento	32
Figura 3.10 Interruptor mecánico de rodillo usado como sensor final de carrera	32
Figura 3.11 Símbolo de interruptor mecánico de rodillo usado como sensor final de carrera.....	33
Figura 3.12 Relevador para electroválvula.....	33
Figura 3.13 Símbolo de relevador para electroválvula	34
Figura 3.14 Electroválvula.....	34
Figura 3.15 Símbolo de electroválvula	34
Figura 3.16 Sensor magnético	35
Figura 3.17 PLC	36
Figura 4.1 Equipo de tampografía manual	39
Figura 4.2 equipo en posición A.....	40
Figura 4.3 equipo en posición B.....	40
Figura 4.4 Equipo en posición A regresando de posición B.....	41
Figura 4.5 equipo en posición C.....	41

Figura 4.6 equipo en posición D.....	42
Figura 4.7 Acoplamiento pistón A.....	50
Figura 4.8 Acoplamiento montados sobre el cilindro.....	50
Figura 4.9 pistón A instalado sobre la máquina.....	51
Figura 4.10 Acoplamiento del pistón B sin montar.....	52
Figura 4.11 Acoplamiento del pistón B con el pistón montado.....	52
Figura 4.12 Pistón B instalado en la máquina.....	53
Figura 4.13 Sistema de posicionamiento.....	54
Figura 4.14 Equipo con los elementos de automatización instalados.....	55
Figura 4.15 Elementos de la primera simulación.....	57
Figura 4.16 Fuente regulable.....	57
Figura 4.17 PC con el programa compilado.....	58
Figura 4.18 Fuente regulable.....	58
Figura 4.19 PLC modelo FEC34 versión didáctico.....	59
Figura 4.20 Secuencia en operación.....	59
Figura 5.1 Equipo automatizado en funcionamiento.....	61
Figura 5.2 Sistema de posicionamiento.....	62
Figura 5.3 Fuente, botonera y PLC.....	62
Figura 5.4 Electroválvulas.....	63
Figura 5.5 Puesta en marcha del equipo mediante el botón de inicio.....	63
Figura 5.6 Sistema de posicionamiento.....	65
Figura 5.7 Tampo imprimiendo sobre el encendedor colocado por el pistón C...65	
Figura 5.8 Gráfica comparativa de productividad proceso actual v.s automático en intervalos de 5 minutos.....	67
Figura 5.9 Gráfica comparativa de productividad proceso actual v.s automático en intervalos de 1 hora.....	68
Figura 5.10 Gráfica de capacidad ambos sistemas en una jornada de 8 horas....	69
Figura 5.11 Gráfica comparativa de costos de los diferentes sistemas.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1 Capacidades de los equipos en una jornada de 8 horas.....	69
Tabla 5.2 Costos del equipo usando instrumentos SMC, SIEMENS Y STEREN70	
Tabla 5.3 Costo del equipo usando instrumentos FESTO y STEREN	71
Tabla 5.4 Costo del equipo solo automatización SMC/SIEMENS.....	72
Tabla 5.5 Costo del equipo solo automatización FESTO	72
Tabla 5.6 Características del equipo automatizado utilizando instrumentos FESTO en su automatización	73
Tabla 5.7 Características del equipo automatizado utilizando instrumentos SMC en su automatización	74
Tabla 5.8 Características del equipo de fabricación asiática disponible en el mercado	74
Tabla 5.9 Características del equipo de fabricación americana KEMP	74
Tabla 5.10 Comparativa de costos de los diferentes sistemas.....	75

ÍNDICE DE FORMULAS

Formula 2.1 Presión	7
Formula 2.2 Caudal	7
Formula 2.3 Ley de Boyle-Marriotte	8
Formula 2.4 Ley de Charles –Gay Lussac	8
Formula 2.5 Ley de los gases ideales	9
Formula 2.6 Productividad.....	25
Formula 2.7 Productividad en el trabajo	26
Formula 2.8 Calculo del ROI	27