

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO
CEUTEC**

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO BASADO EN PLC PARA
MÁQUINA PERFORADORA DE LÁMINA.**

SUSTENTADO POR

ANDRÉS DAVID ZAMORA TRUNDLE, 61651221

PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE INGENIERA EN ELECTRÓNICA

SAN PEDRO SULA

HONDURAS, C.A.

JULIO 2021

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO
CEUTEC**

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON ANTONIO BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA CEUTEC

DINA ELIZABETH VENTURA DÍAZ

DIRECTORA ACADÉMICA CEUTEC

IRIS GABRIELA GONZALES ORTEGA

SAN PEDRO SULA

HONDURAS, C.A.

JULIO 2021

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO BASADO EN
PLC PARA MAQUINA PERFORADORA DE LAMINA**

**TRABAJO PRESENTADO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS
EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

INGENIERA EN ELECTRÓNICA

ASESOR:

RAMÓN DAGOBERTO BAIDE PEREZ

TERNA EXAMINADORA:

Ing. Alan Ulises Recinos Mancias

Ing Eliseo Benjamín Vásquez Castillo

Ing. Ricardo Adonis Caraccioli Abrego

SAN PEDRO SULA

HONDURAS, C.A.

JULIO 2021

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo se lo dedico a mi padre Jorge Alberto Zamora quien a lo largo de esta carrera me apoyo incondicionalmente y creyó en mi desde el primer día, demostrándome la importancia de perseverar y alcanzar las metas sin darme por vencido.

Andrés David Zamora Trundle

AGRADECIMIENTO

A mis abuelos y tíos, quienes siempre creyeron que lo lograría, por su apoyo y preocupación, por estar pendientes en todo momento y salvarme de apuros.

A Ceutec, al brindarme la oportunidad de poder formar parte de su familia, a todos los docentes que compartieron sus conocimientos académicos y consejos.

A mis hermanos que estuvieron conmigo desde el primer día hasta el final, por darme el empujón que necesitaba para no abandonar este sueño y la ayuda en todo momento.

Andrés David Zamora Trundle

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO BASADO EN PLC PARA MAQUINA PERFORADORA DE LAMINA

AUTOR:

ANDRES DAVID ZAMORA TRUNDLE

RESUMEN.

El siguiente proyecto está basado en el estudio del proceso de diseño necesario para dar fin a diferentes problemas que se presentan en el proceso de la fabricación de lámina para paños. En la actualidad, Mecanizaciones Motagua tiene el objetivo de producir mayor número de unidades del producto en menos tiempo y con bajo costo procurando el cuidado de la salud tanto física como mental de quienes lo fabrica.

La automatización es la herramienta necesaria para llevar a cabo dicho objetivo, que permite relevar la acción del operario en el proceso de fabricación de la lámina, los movimientos repetitivos que requiere el proceso podrían causarle lesiones al operario, el nuevo diseño le permitirá desempeñarse en un ambiente tranquilo ya que solo hará falta poner o no en marcha la máquina y supervisar el funcionamiento.

Durante el proyecto se realizó el diseño de una maquina automatizada capaz de realizar la perforación de la lámina con poca intervención humana, valiéndose de herramientas computacionales. Además, es de un bajo costo de fabricación y de posible elaboración en el país.

Palabras clave: automatización, incrementar, lesiones, control y producción.

**DESIGN OF A PLC-BASED AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR SHEET
PUNCHING MACHINE**

AUTOR:

ANDRES DAVID ZAMORA TRUNDLE

ABSTRACT.

The following project is based on the study of the design process necessary to put an end to different problems that arise in the process of manufacturing cloth sheet. At present, Mechanizations Motagua has the objective of producing a greater number of units of the product in less time at low cost, ensuring the physical and mental health care of those who manufacture it.

Automation is the necessary tool to carry out this objective, which allows to relieve the action of the operator in the process of manufacturing the sheet, the repetitive movements that the process requires could cause injuries to the operator, the new design will allow them to perform in a calm environment since it will only be necessary to start or not the machine and supervise the operation.

During the project, the design of an automated machine capable of perforating the sheet with little human intervention was carried out, using computer tools. In addition, it is of a low manufacturing cost and possible elaboration in the country.

Keywords: automation, increase, injuries, control, and production.

Índice

Capítulo I: Introducción	1
Capitulo II: Planteamiento del Problema.....	2
2.1 Antecedentes	2
2.2 Definición del problema	3
2.2.1 Enunciado del problema	3
2.2.2 Formulación del problema.....	4
2.3 Preguntas de investigación.....	4
2.3.1 Pregunta principal.....	4
2.3.2 Preguntas específicas	4
2.4 Hipótesis y variable de la investigación.....	4
2.4.1 Las variables	5
2.5 Justificación	5
Capitulo III. Objetivos del Proyecto	7
3.1 Objetivo General.....	7
3.2 Objetivos Específicos.....	7
Capitulo IV: Marco Teórico	8
4.1 Análisis de la situación actual.....	8
4.1.1 Análisis del macro entorno	9
4.1.2 Análisis del Micro entorno	10
4.1.3 Marco Legal.....	11

4.1.4 Análisis Interno.....	12
4.2 Teorías.....	12
4.2.1 Teoría de la Automatización.....	13
4.2.2 Sistemas de Control.....	13
4.2.3 Descripción de la Máquina Perforadora de Lamina.....	14
4.2.4 Descripción del Proceso.....	15
4.2.5 Descripción General del Nuevo Sistema de Control.....	16
4.3 Conceptualizaciones.....	17
4.3.1 Automatización Industrial.....	17
4.3.1 Modelo estructural de un sistema automatizado.....	18
4.3.1.1 Parte Operativa.....	19
4.3.1.2 Parte de Control.....	20
4.3.2 Clasificación tecnológica.....	21
4.3.2.1 Lógica cableada.....	22
4.3.2.2 Lógica Programada.....	23
4.3.3 Instrumentos de Accionamiento y Control.....	23
4.3.3.1 Actuadores.....	23
4.3.3.2 El controlador lógico programable (PLC).....	24
4.3.3.5 Sensores.....	28
Capítulo V: Metodología.....	30

5.1 Congruencia Metodológica.....	30
5.1.2 Operacionalización de las variables	32
5.1.3 Hipótesis	34
5.2 Enfoque y Métodos	34
5.3 Alcance y Diseño de la Investigación.....	34
5.3.1 Alcance	34
5.3.2 Diseño de la investigación.....	34
5.3.3 Población	35
5.3.4 Muestra	35
5.4 Técnicas e Instrumentos Aplicados	35
5.4.1 Instrumentos	36
5.4.1.1 Entrevista.	36
5.4.1.2 Observación.	36
5.4.2 Unidad de Análisis.....	36
5.4.3 Unidad de Respuesta	37
5.2 Fuentes de Información.....	37
5.5.1 Fuentes de Información Primarias.....	37
5.5.2 Fuentes de Información Secundarias	37
5.6 Limitantes del Proyecto	37
5.7 Limitantes de la Investigación	38

5.7.1 Falta de estudios previos en el área de investigación	38
5.8 Cronología de Trabajo	39
Capítulo VI: Resultados y Análisis.....	42
6.1 Análisis de preguntas de investigación	42
6.1.1 Pregunta principal.....	42
6.1.2 Preguntas específicas	42
6.2 Elementos del Diseño	45
6.2.1 Dispositivo de Control Lógico Programable	45
6.2.2 Sensores	47
6.2.2.1 Sensor Fotoeléctrico.....	47
6.2.2.2 Sensor Inductivo	48
6.2.3 Electroválvula.....	48
6.2.4 Cilindros Neumáticos	49
6.2.5 Pulsadores.....	50
6.2.6 El contactor.....	51
6.2.7 El Relé	52
6.3 Resultados del Proceso Automatizado.....	53
6.3.1 Automatización de arranque y puesta en operación de la máquina.....	53
6.3.2 Automatización del Embrague Mecánico.....	55
6.2.2.1 Control y Accionamiento del embrague mecánico.....	56

6.2.3 Automatización de Rodamiento	58
6.2.3.1 Control y Accionamiento de Rodamiento.....	58
6.2.4 Automatización del Desplazamiento Horizontal	60
6.2.4 Control y Accionamiento del Desplazamiento Horizontal.	61
6.4 Pruebas	63
6.4.1 Tiempo de Entrega de Pedido.....	63
6.4.2 Consumo de energía	63
Capítulo VII: Viabilidad	65
7.1 Viabilidad Operacional	65
7.1.1 Progreso en la calidad de trabajo	65
7.1.2 Mejora en las condiciones de trabajo del personal	66
7.1.3 Mantenimiento y Solucion de Problemas	66
7.1.3 Tiempo Empleado en el Proceso	66
7.2 Viabilidad Económica.....	67
7.3 Viabilidad de Mercado.....	70
Capítulo VIII: Aplicabilidad.....	71
8.1 Análisis de Mercado	71
8.1.1 Análisis de la Demanda	71
8.1.2 Análisis de la Oferta	72
8.1.3 Análisis de Precios.....	72

8.1.4 Análisis de la Comercialización	73
8.2 Estudio Técnico	73
8.2.1 Análisis y determinación de la localización óptima del proyecto.	73
8.2.1.1 Macro localización.....	74
8.2.1.2 Micro localización.	74
8.2.2 Análisis y determinación del tamaño óptimo del proyecto.	74
8.2.3 Análisis de la disponibilidad y el costo de suministros e insumos.....	75
8.2.4 Identificación y descripción del proceso.	75
8.2.4.1 Definir la información clave y actividades.	75
8.2.4.2 Diseño de la estrategia de automatización.	76
8.2.4.3 Implementación.....	76
8.2.4.3 Revisión del proceso ya automatizado.....	76
8.2.5 Determinación de la organización humana y jurídica que se requiere para la correcta operación del proyecto.....	76
8.2.5.1 Registro mercantil de la empresa.	76
8.2.5.2 Registro tributario nacional (RTN).....	76
8.2.5.3 Solicitud del permiso de operación.....	77
8.3 Estudio Económico	77
8.3.1 Costos de Producción y Operación.....	77
8.3.1.1 Materia Prima.....	77

8.3.1.2 Costos de insumos.....	77
8.3.1.3 Mano de obra indirecta.	77
8.3.2 Inversión total inicial	78
8.3.3 Punto de Equilibrio.....	78
8.3.4 TIR (Tasa Interna de Retorno).....	79
8.4 Creación de Prototipo	80
8.4.1 Diseño del programa.....	80
8.4.2 Instalación de accionadores y pre accionadores.	80
8.4.3 Instalación de los elementos de control	82
8.4.4 Instalación Eléctrica	83
Capitulo IX: Conclusiones	84
Capitulo IX: Recomendaciones	86
Capitulo X: Bibliografía	87

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Diagrama de control utilizando PLC</i>	16
Figura 2 <i>Modelo estructural de un sistema automatizado</i>	19
Figura 3 <i>Mapa conceptual según la clasificación tecnológica</i>	21
Figura 4 <i>Dispositivo lógico programable de Siemens S7-300</i>	26
Figura 5 <i>Diferentes tipos de sensores industriales</i>	28
Figura 6 <i>Diagrama de Gantt</i>	41
Figura 7 <i>Dispositivo lógico programable LOGO de Siemens</i>	46
Figura 8 <i>Sensor fotoeléctrico con emisor y receptor</i>	47
Figura 9 <i>Sensor inductivo para cilindro neumático</i>	48
Figura 10 <i>Electroválvula de 5 vías y 2 posiciones</i>	49
Figura 11 <i>Cilindro neumático de doble efecto</i>	50
Figura 12 <i>Pulsador NC y pulsador tipo hongo NC</i>	51
Figura 13 <i>Contactador AC de tipo magnético</i>	52
Figura 14 <i>Relé de tipo electromagnético de 8 pines</i>	53
Figura 15 <i>Simulación para arranque de motor monofásico por pulsador</i>	54
Figura 16 <i>Programación del PLC para encendido y apagado del motor</i>	55
Figura 18 <i>Simulación del embrague mecánico</i>	57
Figura 19 <i>Simulación para controlar rodamientos</i>	59
Figura 20 <i>Diagrama neumático con electroválvulas 5/2</i>	61
Figura 21 <i>Simulación para controlar desplazamiento horizontal</i>	62
Figura 22 <i>Pistón de doble efecto para desplazamiento horizontal</i>	81
Figura 23 <i>Electroválvulas 5/2 instaladas en la maquina</i>	82

Figura 24 *Tablero de control de máquina perforadora*..... 83

Índice de Tablas

Tabla 5.1 <i>Matriz metodológica del proyecto</i>	31
Tabla 5.2 <i>Descripción de las variables a operar</i>	33
Tabla 5.3 <i>Cronograma de la investigación</i>	40
Tabla 7.1 <i>Costos de equipos de proceso</i>	67
Tabla 7.2 <i>Resultados de las pruebas</i>	68
Tabla 8.1 <i>Presupuesto de inversión</i>	78
Tabla 8.2 <i>Costos para calcular el punto de equilibrio</i>	79

Glosario

Sistema: Conjunto ordenado de normas y procedimientos que regulan el funcionamiento de un grupo o colectividad.

Operario: Persona que tiene un oficio de tipo manual o que requiere esfuerzo físico, en especial si maneja una máquina en una fábrica o taller.

Controlador: circuito eléctrico u otro componente electrónico utilizado para controlar un sistema u otro circuito.

Accionadores: es el elemento final de control que actúa sobre la variable o elemento final del proceso en respuesta a la señal de mando que recibe.

Componentes: es aquello que forma parte de la composición de un todo. Se trata de elementos que, a través de algún tipo de asociación o contigüidad, dan lugar a un conjunto uniforme.

Automatizar: Convertir los movimientos corporales o los actos voluntarios en automáticos o indeliberados o aplicar procedimientos automáticos a un proceso, a un mecanismo o a un dispositivo

Rentabilidad: capacidad de producir beneficios, cualidad de rentable.

Productividad: aumento o disminución de los rendimientos físicos o financieros, originado en la variación de cualquier de los factores que intervienen en la producción.

Decadencia: proceso de debilitación o pérdida de plenitud.

Perforadora: Se denomina perforadora o *hoyadora* a la máquina utilizada para hincar el suelo y abrir hoyos de diámetro y profundidad variable.

Magnitudes: aspecto de una cosa que puede expresarse de forma cuantitativa, tamaño o grandeza.

Capítulo I: Introducción

El presente informe está elaborado en un estudio basado en el funcionamiento de la máquina perforadora de lámina, utilizada para fabricar los paños que utilizan las despulpadoras de café, debido a su diseño original se vio la necesidad de utilizar nuevas tecnologías para un mejor desempeño.

Los procesos industriales de hoy requieren confiabilidad y eficiencia del sistema y un debido control en la fabricación del producto, lo que en particular conduce a la mejora de la producción y la calidad; son algunos de los objetivos que se pueden alcanzar con el control automático del proceso.

Un sistema de control automático permite programar el proceso que lleva a cabo dicha maquina; diferenciar las distintas actividades que lo hacen posible; identificar las fallas como también resolverlas de forma óptima. Esto permite eliminar los errores propios del operario logrando considerablemente un ahorro de tiempo y materia prima.

El Controlador Lógico Programable trabaja basándose en la información recibida en sus terminales de entrada, la cual es proporcionada por elementos como sensores, pulsadores, interruptores, etc. Esta información es utilizada por el programa lógico interno que se encuentra en el PLC, el cual evalúa esta información y envía los resultados a las terminales de salida que actúan sobre motores, accionadores, o lámparas indicadoras, etc.

Capítulo II: Planteamiento del Problema

La Empresa Mecanizaciones Motagua requiere para sus actividades industriales procesos rigurosos y de larga duración; es el caso de la máquina perforadora de lámina, que demanda un sistema automatizado para el proceso que efectúa, debido a que el diseño original es incapaz de brindar el máximo desempeño. Se opta por un sistema totalmente nuevo que conlleve a utilizar un número reducido de componentes, que permita solucionar los problemas de una manera más fácil, un diseño automatizado que realice el proceso de una manera más precisa.

2.1 Antecedentes

La máquina perforadora de lámina originalmente fue acondicionada partiendo del diseño original de una prensa industrial excéntrica. Debido a que la productividad de la empresa se encontraba en decadencia, en busca de nuevas áreas productivas para elevar la rentabilidad de la empresa y tomando en cuenta la necesidad que existía en la zona por parte del sector cafetalero, una empresa capaz de fabricar las camisas de cobre utilizadas en las despulpadoras de café para la producción de este.

Los altos costos que existen en la industria para obtener una maquinaria especializada para desarrollar un proceso específico, surgió la idea de acondicionar una que fuera capaz de realizar el trabajo. Esto se logró durante varios años, hasta que debido a muchos factores el funcionamiento de esta ya no era rentable para la empresa.

La máquina perforadora de lámina había funcionado en la empresa, pero luego paso mucho tiempo fuera de funcionamientos debido a la falta de mano de obra para realizar el proceso además de ser antigua, se vio la necesidad de buscar nuevas opciones que resultaran un aumento en la rentabilidad de la empresa.

Al finalizar este proyecto traerá indiscutiblemente varios beneficios para la empresa, como: fabricar el producto en el momento preciso, mejorar las condiciones de trabajo para el operario y mejorar la productividad.

2.2 Definición del problema

La necesidad de poner en funcionamiento nuevamente una máquina que interfiere considerablemente en la rentabilidad de la empresa y la demanda de camisas de cobre que se presenta en la temporada alta para la producción de café.

2.2.1 Enunciado del problema

El diseño de un sistema de control automático basado en PLC para la máquina perforadora de lámina consiste en utilizar un dispositivo de control lógico programable que permitirá transferir las tareas de producción, realizadas por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, con el fin de reducir costos, aumentar la producción, mejorar las condiciones de trabajo del personal. El sistema automatizado tiene la capacidad de programar el proceso que se lleva a cabo mediante una interfaz para brindar información en tiempo real al operario, haciendo más sencilla la detección de fallas o errores durante el proceso. Al optar por un sistema de este tipo se puede eliminar errores propios del ser humano, como también mejorar la seguridad y el desempeño de la máquina.

2.2.2 Formulación del problema

El proyecto busca encontrar una solución ante las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son los factores que inciden en el funcionamiento de la maquina?
- ¿De qué manera la automatización se relaciona con la optimización de procesos?
- ¿Cuál es el diseño más viable para alcanzar lo deseado?
- ¿Qué beneficios obtendremos una vez terminado el proyecto?

2.3 Preguntas de investigación

La pregunta principal y específicas de este proyecto se detallan a continuación.

2.3.1 Pregunta principal

- ¿Cuáles son los elementos necesarios para la creación e implementación de un sistema de control automático basado en PLC para la máquina perforadora de lámina?

2.3.2 Preguntas específicas

1. ¿Porque el diseño original de la maquina necesita ser reemplazado?
2. ¿De qué manera se puede reducir los altos costos de mantenimiento de la maquina?
3. ¿Mejorara la productividad de la maquina implementando el sistema automatizado?
4. ¿Qué factores debe tener en cuenta para la automatización de una máquina perforadora de lamia?

2.4 Hipótesis y variable de la investigación

Con la culminación del proyecto, el desempeño de la maquina mejorara considerablemente tomando cuenta todos los nuevos elementos que formaran parte de esta, desde los dispositivos de entrada utilizados para monitorear el proceso hasta los elementos de salida encargados de que el proceso se lleve a cabo. Garantizando la seguridad del operario de tal forma que no estaría involucrado directamente con el proceso y asegurando una mejora en la

producción reduciendo o eliminando los errores de tipo humano. Desarrollar un sistema de este tipo, utilizando nuevas tecnologías para reemplazar elementos antiguos resultaría en la reducción de los tiempos de producción, gracias a que estos elementos cuentan con mejores tiempos de reacción cuando se trata de enviar un tipo de señal o realizar una acción como es el caso de los actuadores. Esto traerá ganancias significativas a la empresa, gracias a la rapidez y calidad del proceso para entregar el producto en óptimas condiciones elevando los estándares de calidad y en el tiempo requerido.

2.4.1 Las variables

Las variables de la investigación del proyecto son:

- Tiempo de producción por unidad
- Número de unidades producidas por hora
- Costo de mantenimiento.

2.5 Justificación

La Empresa Mecanizaciones Pinto actualmente cuenta con distintas maquinas cuyo diseño original está trayendo problema. Estos, ocasionan inconvenientes a la hora de presentarse fallas debido a su antigüedad y al tipo de proceso que se realiza termina en un paro parcial o total de la producción.

Debido a esta razón la Empresa a lo largo de los años ha venido mejorando los procesos de mecanización para las distintas maquinas que se utilizan, con el fin de simplificar el trabajo de estas mismas, optando por implementar procesos que mejoren la producción, para que en un futuro resulten vitales para la protección del equipo y el funcionamiento de este.

La empresa cuenta con maquinaria que realiza distintos procesos, es el caso de la máquina perforadora de lámina la cual complementa los procesos siendo la encargada de fabricar

el producto final. Diseñar un sistema de control automático optimizará el cumplimiento de los plazos de entrega, ya que podrá controlar distintas tareas y magnitudes de forma simultánea. Es bastante probable la posibilidad de que el operario que la maneja cuente con tiempo para trabajar con otras máquinas liberándolo de supervisar o realizar tareas repetitivas por medio de secuencias programadas.

El dispositivo a ser indispensable dentro de la automatización es el PLC, un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para monitorear en tiempo real procesos secuenciales. Debido a esto, este dispositivo fue el elegido para ser el pilar del proyecto. Para una empresa industrial como es Mecanizaciones Pinto la inversión tecnológica es de gran ayuda para aumentar la competitividad, puesto que la automatización de procesos viene de la mano con mejorar la calidad de los productos.

Un sistema de control automático permite programar el proceso que lleva a cabo una determinada máquina; diferenciar las distintas tareas que hacen posible el proceso; identificar las fallas y encontrar soluciones óptimas para estas fallas. Una de las ventajas que posee el PLC es el mínimo espacio de trabajo y costo de instalación. Los cambios que se realizan en su mayoría se dan dentro del PLC por lo que reduce la cantidad de materiales empleados en la instalación y brindando una mejor economía en el mantenimiento de este.

Capítulo III. Objetivos del Proyecto

3.1 Objetivo General

- Diseño e implementación de un sistema de control automático basado en PLC para la máquina perforadora de lámina.

3.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar el programa para el sistema de control automático basado en PLC para la máquina perforadora de lámina.
2. Reducir los costos de mantenimiento que requiere actualmente la máquina perforadora de lámina.
3. Verificar que la productividad mejoro con el sistema automatizado.
4. Definir los factores que se deben de tener en cuenta para la automatización de la máquina perforadora de lámina.

Capítulo IV: Marco Teórico

4.1 Análisis de la situación actual

En Honduras se encuentran algunas empresas destinadas a la automatización de procesos, estas se encargan de la venta y distribución de los productos, capacitaciones, asesoría técnica hasta la realización de proyectos. Debido a que ofrecen todas las opciones mencionadas anteriormente, muchas veces los costos se elevan dejando sin oportunidad a pequeñas empresas en busca de un proyecto para mejorar. Provocando que las empresas al no poder abarcar los altos presupuestos presentados por dichas empresas continúen con los procesos de forma manual o artesanal.

La empresa Mecanizaciones Motagua al contar con un proceso automatizado para la fabricación de camisas de cobre utilizadas por las despulpadoras de café representa una gran innovación para la empresa y la zona ya que, Café de Honduras (2019), afirma que: “el café en honduras se produce en 15 de los 18 departamentos del país y 210 de los 298 municipios del país. En total, más de 300.000 hectáreas de café cultivado se puede dividir en tres categorías, con obvias referencias en productividad y rentabilidad agrícola: regiones desarrolladas (Copan, Montecillos); zonas de desarrollo intermedio (Opalaca, Comayagua); áreas desarrolladas (Argalta, El Paraíso).”

El departamento de Copan siendo uno de las regiones desarrolladas en el rubro del café cuenta con una demanda considerable por parte de los agricultores de la zona y alrededores de productos y repuestos para llevar a cabo sus actividades diarias en la producción de café, lo que le permite a Mecanizaciones Motagua posicionarse como los distribuidores de la zona al ser capaces de suplir la demanda que se presenta gracias a la reducción de los tiempos de producción en el proceso y el ahorro considerable en la materia prima una vez automatizado.

4.1.1 Análisis del macro entorno

La importancia e influencia de la tecnología en una empresa está directamente relacionada con sus características, por lo tanto, sea una pyme o una gran empresa, la tecnología será diferente. Por lo general, en las empresas, no se piensa realmente si la ampliación es beneficiosa, sino que se busca crecer tanto como sea posible.

La automatización se refiere al proceso de racionalización, optimización y automatización de los procesos clave que impulsan una empresa con el objetivo principal de reducir los costos mediante la integración de aplicaciones, reduciendo la mano de obra, acelerando el tiempo de ejecución de las actividades y sustituyendo los procesos manuales con aplicaciones de software. Por lo que automatizar un proceso en específico está directamente relacionado con el ambiente económico de una empresa, ya que la finalidad de optar por estas innovaciones en el proceso es aumentar considerablemente las ganancias de la empresa gracias a distintas mejoras que se presentan.

Este proceso automatizado busca reducir los tiempos de producción relevando al operador de todas las actividades en las que era necesario cuando el proceso era manual y con la ayuda de herramientas tecnológicas llevar a cabo el proceso de una manera más rápida y precisa, dando como resultado un aumento para las ganancias de la empresa, también acortando las horas de trabajo necesarias para que la maquina efectúe el proceso, ahorro en la materia prima ya que los desperdicios ocasionados por error humano quedarían descartados.

En los países desarrollados, la automatización de la agricultura permitió incorporar la población rural a la industria y los servicios, y al propio tiempo aumentar la producción agrícola. Mientras que, en países subdesarrollados, la producción agrícola dirigida al sostenimiento de la

población, lejos de aumentar ha disminuido y el grueso de la emigración rural se convierte en la mayoría de la población marginal de las grandes ciudades.

En términos generales, el porcentaje promedio del nivel de automatización adoptado por las empresas industriales a nivel nacional es del 62%. Con base en la información de investigaciones previas, se pueden extraer las siguientes conclusiones, estas razones implican la mejora del nivel de automatización del país.

Causas que proporcionan el desinterés o poca industria:

- Falta de iniciativa
- Déficit económico
- Incertidumbre legal
- Mala política gubernamental
- Posición económica personal
- Nivel educativo deficiente
- Poca ayuda a los pequeños productores
- Poca inversión extranjera

4.1.2 Análisis del Micro entorno

En Honduras, la digitalización del sistema manufacturero solo se aplica en un 30 por ciento en las empresas. La automatización del sistema de producción es una característica propia de la Cuarta Revolución Industrial o la también llamada Industria 4.0. (Aguilar, 2018) “Las organizaciones mercantiles que hacen uso de mecanismos de digitalización, además de lograr un aumento en la producción tienen reducción en sus costos de fabricación”. Existen variadas tecnologías que las empresas deben adoptar, pero depende de cada sector, de cada industria, empresa o Pyme.

En el país existen empresas destinadas a la distribución de la mejor gama de equipo agrícola y capaces de brindar soluciones tecnológicas, con representaciones a nivel nacional. Las grandes empresas están ubicadas en las ciudades más importantes del país y se encuentran en constante desarrollo para atender las necesidades del sector cafetalero. Debido a que su ubicación se encuentra alejada de las zonas rurales resulta difícil para la mayoría del sector agrícola ubicado en estas zonas avocarse a estas empresas con frecuencia.

Para Mecanizaciones Motagua es una gran oportunidad aprovechar la ubicación de la empresa ya que se encuentra en una zona donde está directamente relacionada con el sector cafetalero, esto representa una excelente demanda de productos para las temporadas altas, por lo que es necesario contar con los procesos óptimos para la producción de este.

Debido a los largos años que lleva la empresa trabajando y ofreciendo soluciones para un sector determinado brindando productos de alta calidad y confiabilidad, es común que la mayoría de los productores de café se avoquen a la empresa cuando requieren reemplazar estos productos. Cabe mencionar el hecho de que en la actualidad no existe competidores en la zona para la fabricación de paños, lo que juega un papel importante para el cliente a la hora de comprar un producto que es fabricado en la misma localidad, siendo capaces de ofrecerle un producto garantizado.

4.1.3 Marco Legal

En Honduras no hay una norma, ley o reglamento de los lineamientos que se debe tener para la elaboración, desarrollo y aplicación de un sistema automatizado para la fabricación de un proceso.

Pero según la norma IEC 61508 define un sistema integrado de seguridad (SIS) como un sistema completo compuesto por sensores, controladores y dispositivos de campo en caso de detectar condiciones anormales de operación, lleva a la planta o instalación a un estado seguro.

4.1.4 Análisis Interno

La idea de automatizar el proceso que lleva a cabo la perforación de lámina, utilizada en las despulpadoras de café, se presenta después de evaluar los altos costos de adquisición de una maquina troqueladora de camisas de cobre. Para Mecanizaciones Motagua resulta un gran ahorro la automatización del proceso en comparación a la compra de una de estas en el mercado.

Esto se debe a que la máquina perforadora de lámina una vez automatizada será capaz de reducir significativamente los costos de mantenimiento, ya que gran parte de los elementos del diseño original serán reemplazados por tecnologías más avanzadas, los nuevos componentes influirán positivamente en la productividad mejorando los tiempos de producción, esto determina un ahorro de energía para la empresa.

Estos beneficios y el hecho de que los operadores que antes eran necesarios para llevar a cabo todo el proceso de forma artesanal serán reducidos a solo un operario, encargado de poner en marcha el proceso y supervisar su funcionamiento.

4.2 Teorías

Teoría de la automatización es la que analiza los procesos por los cuales se reemplaza los esfuerzos físicos y mentales desarrollados por el hombre. Muchas empresas han optado por realizar inversiones tecnológicas para aumentar la competitividad, para esto deben formar parte de las empresas que han cambiado sus conceptos, automatizando procesos y obteniendo beneficios a corto y largo plazo.

4.2.1 Teoría de la Automatización

La teoría de la automatización es la realización de una serie de tecnologías automáticas para reemplazar o sustituir la carga de trabajo humana, las rutinas y las respectivas decisiones por una serie de implementaciones tecnológicas automáticas cuales cumplirán un modelo de instrucciones y secuencias. La función específica de la teoría de la automatización es el estudio y el análisis de los diferentes procesos realizados por las implementaciones tecnológicas en busca de reemplazar el esfuerzo del hombre. (Von Bertalanffy, 1999)

Para que el sistema aplique esta teoría dentro de su estructura, deben existir elementos de control y monitoreo de estas herramientas técnicas de esta forma el sistema evita perder la transmisión y recolección de datos que permiten la regulación funcional del sistema.

4.2.2 Sistemas de Control

Un sistema de control es aquel en el que las variables de salida se comportan u operan en función de las variables de entrada

Según (Mendiburu, 2003) nos menciona que, en base a su principio de funcionamiento los sistemas de control pueden emplear o no, información acerca de la planta, a fin de elaborar o no, estrategias de supervisión y control, se cuenta con dos tipos de sistemas de control:

- Sistemas de control de lazo abierto (Open Loop): Un sistema de control de lazo abierto es aquel que no brinda información al controlador, acerca del valor que tiene la variable del producto o proceso que quiere controlar. Un ejemplo sería una lavadora “automática” común, ya que realiza los ciclos de lavado en función del tiempo establecido, sin tomar en cuenta el grado de limpieza de la ropa.
- Sistemas de control de lazo cerrado (Retroalimentación): Un sistema de control de lazo cerrado se caracteriza por recibir información en sus entradas sobre el valor de la variable

que controlan, también conocidos como sistemas retroalimentados. Un ejemplo de un sistema de control de lazo cerrado es el control del nivel de un depósito. La entrada de agua al depósito depende del nivel de agua en cada momento.

En el caso para la perforación de lámina, el sistema de control será de lazo cerrado, ya que, como se mencionó anteriormente las señales de mando dependen de la posición de los órganos móviles y en este caso, se brindará información al controlador por medio de captadores acerca del estado de cada una de las etapas para determinar si el proceso debe continuar a la siguiente etapa.

4.2.3 Descripción de la Máquina Perforadora de Lámina

La máquina perforadora de lámina, en su diseño original funcionaba como una prensa mecánica, basándose en su elemento principal la corredora, se añadió un bloque de dientes con las dimensiones adecuadas para que realice la perforación con la abertura correcta. Debido a que el diseño original se acondicionó para desarrollar el trabajo de perforación a la lámina de cobre, estamos hablando de una máquina artesanal. Esta máquina ha venido operando en la empresa durante varios años, pero con varios inconvenientes producidos por el diseño anterior que posee.

La forma de llevar a cabo la fabricación del producto que se ha venido utilizando durante años por la empresa, estaba resultando en poca rentabilidad y un riesgo para la mano de obra mayormente por el cansancio que presentaban los operarios al ejecutar las distintas actividades que conlleva el proceso de forma repetida y por larga duración.

Debido a las ventajas que ofrecen las nuevas tecnologías en la industria, se decide diseñar un sistema nuevo para utilizar un número reducido de componentes y que permita solucionar los inconvenientes de forma práctica; un sistema de control automático que efectúe el proceso de manera precisa.

4.2.4 Descripción del Proceso

El proceso para la fabricación de paños inicia con la materia prima que es la lámina, las camisas para maquinas despulpadoras de café se encuentran fabricadas en cobre. Esta es colocada sobre una plancha de rodos, con el fin de que la lámina se desplace de una mejor forma al ser arrastrada por los rodillos, a lo largo de la mesa.

La lamina de cobre se coloca en los rodillos de la máquina perforadora el cual se encarga de transportar la lámina hacia adelante para ser perforada con cierta separación entre líneas. Todo el proceso se lleva a cabo de forma manual por el operario con la ayuda de palancas para los distintos accionamientos que el proceso requiere.

Una vez realizada la perforación el operador se encargan de desplazar la lámina en forma horizontal antes de la siguiente perforación; una plancha móvil en el que se encuentran instalados los rodillos permite el movimiento de izquierda a derecha para que las líneas de perforaciones se realicen de forma intercalada en sentido diagonal a la anterior para cumplir con los estándares de calidad.

La corredera es el elemento encargado de realizar la perforación, una vez realizada la primera línea de perforaciones los rodillos transportadores operados por el usuario colocan la lámina en la siguiente posición para que el operario manualmente desplace la lámina hacia la derecha; utilizando la plancha móvil con el fin de que la siguiente línea no esté simétricamente alineada a la anterior, para después de la segunda perforación regresar a la posición original.

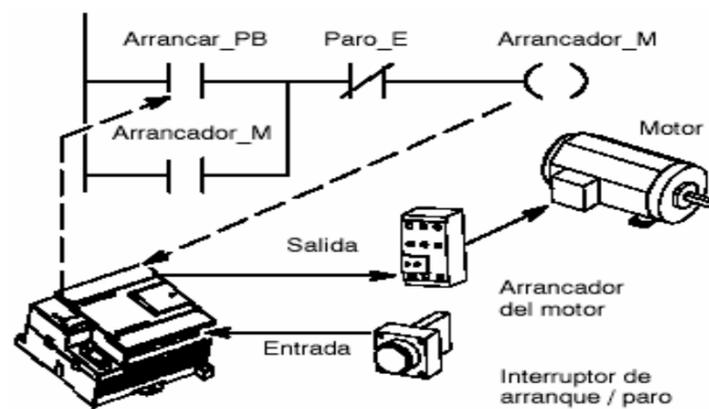
Al finalizar esta secuencia de operaciones el proceso vuelve a iniciar, algo que brinda la posibilidad de contar con un sistema automático capaz de repetir la secuencia en numerosas ocasiones sin presentar inconvenientes.

4.2.5 Descripción General del Nuevo Sistema de Control

El nuevo sistema de control contempla la incorporación de un controlador lógico programable (PLC), el que actuara como dispositivo central de control, siendo un sistema centralizado, más fiable, en menos espacio físico y con menor consumo de energía.

Figura 1

Diagrama de control utilizando PLC



Fuente: (Gutierrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017)

El PLC se encargará de controlar de forma automática: los rodamientos de la zona de transporte y el desplazamiento horizontal de la lámina, mediante los accionadores neumáticos, la captación de materia prima en la zona de rodos y la etapa de desplazamiento, mediante sensores.

El PLC también se encargará de encender y apagar el motor de la máquina, mediante el uso de contactores. También se incluirá la opción de realizar el proceso de forma manual mediante pulsadores, para brindar al operario la opción de supervisar el proceso en forma más detallada cuando se requiera.

4.3 Conceptualizaciones

Se entiende por conceptualización, el hecho de representar una idea abstracta en un concepto, a continuación, se muestran algunos términos involucrados con la automatización de procesos.

4.3.1 *Automatización Industrial*

(Mendiburu, 2003) destaca que: “La automatización industrial consta de un sistema de control automático, el cual, el sistema verifica su propio funcionamiento, efectuando mediciones y correcciones sin la interferencia del ser humano. Una vez mencionado esto, podemos decir que un sistema de control automático permite programar el proceso que lleva a cabo una determinada maquina; diferenciar el conjunto de tareas que hacen posible cumplir con ese proceso; identificar las fallas y encontrar soluciones óptimas para estas fallas.”

Los procesos industriales de la actualidad exigen confiabilidad y eficiencia en sus sistemas y un debido control para la fabricación de los productos, por este motivo surge la necesidad de mejorar tanto la producción como la calidad de los productos. La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos en la industria.

Cuando hablamos de automatizar nos referimos a la transferencia de las tareas de producción que son realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, esto con el fin de reducir costos, aumentar la producción y sobre todo brindar a los operarios un ambiente laboral seguro, suprimiendo los trabajos difíciles.

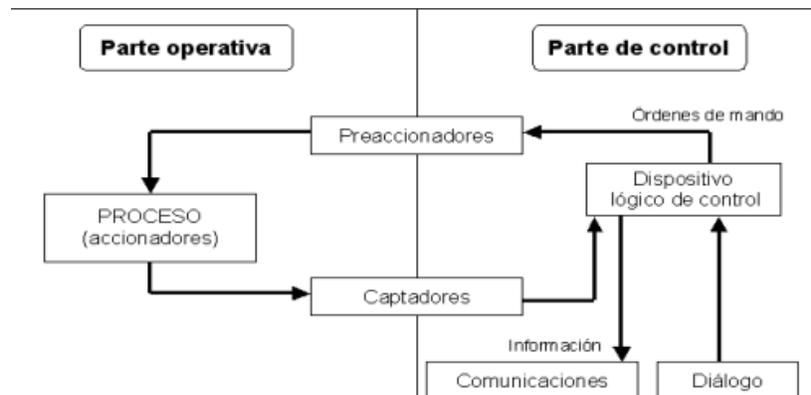
Los sistemas automatizados son un conjunto de equipos, sistemas de información y procedimientos que permiten un desempeño independiente del proceso, a través de operaciones de control y supervisión. Al permitir un desempeño independiente del proceso se puede también eliminar los errores propios del ser humano logrando también un considerable ahorro de tiempo y materia prima. (Mendiburu, 2003)

4.3.1 Modelo estructural de un sistema automatizado

La estructura de un sistema automatizado puede clasificarse en dos partes muy diferente una de la otra: por un lado, lo que llamaremos Parte Operativa, formada por distintos dispositivos, maquinas o subprocesos, diseñados para llevar a cabo determinadas tareas para la fabricación; de forma específica pueden tratarse de máquinas herramienta para la realización de operaciones de mecanizado más o menos sofisticadas o bien de subprocesos destinados tales como destilación, fundición etc. Por otro lado, contamos con la parte de Control o Mando, que, independientemente de su implementación tecnológica electrónica, neumática, hidráulica, etc., es el dispositivo que lleva a cabo la coordinación de las distintas operaciones encaminadas a mantener a la Parte Operativa bajo control. (Garcia Moreno, 1999)

Figura 2

Modelo estructural de un sistema automatizado



Fuente: (Garcia Moreno, 1999)

La sumisión de la parte operativa se logra mediante el mantenimiento continuo de un intercambio de información entre esta y la parte de control o mando. El intercambio de información se establece a través de distintos elementos como transductores analógicos y digitales, captadores y los dispositivos de pre accionamiento. Utilizando los transductores y captadores se recoge información de los elementos a controlar, así como los cambios de estado, enviando la información a la parte de control para que esta sea analizada. Tras analizar la información recibida se envían acciones de mando por medio del pre accionador.

Uno de los propósitos a alcanzar es que la automatización del proceso sea capaz de tomar decisiones frente a las situaciones previstas de antemano y tenga como objetivo situar al proceso que se lleva a cabo y a los recursos humanos que lo operan en la situación más favorable.

4.3.1.1 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 conforman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos y finales de carrera.

4.3.1.2 Parte de Control. La Parte de Control o mando es el elemento principal del sistema encargado del manejo, corrección de errores y la comunicación para mantener la parte operativa en el funcionamiento preestablecido de antemano en las especificaciones de diseño. El dispositivo tiene la tarea de comunicarse con todos los elementos del sistema automatizado, supervisando y monitoreando la lectura de valores de las diversas variables del proceso con el fin de identificar el estado en el que se viene desarrollando el proceso en tiempo real.

Según (García Moreno, 1999), las funciones más comunes de la parte de control son:

- Gestión de las entradas/salidas
- Tratamiento de ecuaciones lógicas
- Tratamiento de funciones de seguridad
- Funciones de regulación
- Funciones de cálculo para la optimización
- Gestión de herramientas
- Control de calidad
- Gestión de mantenimiento
- Operaciones de supervisión: monitorización y diagnóstico de fallos
- Seguimiento de la producción

Según (Piedrafita Moreno, 2004) los controladores pueden ser de tipo manual, neumático, electrónico; los controladores electrónicos más usados son: computadoras con tarjetas de adquisición de datos, PLC (controladores lógicos programables), microcontroladores (PIC).

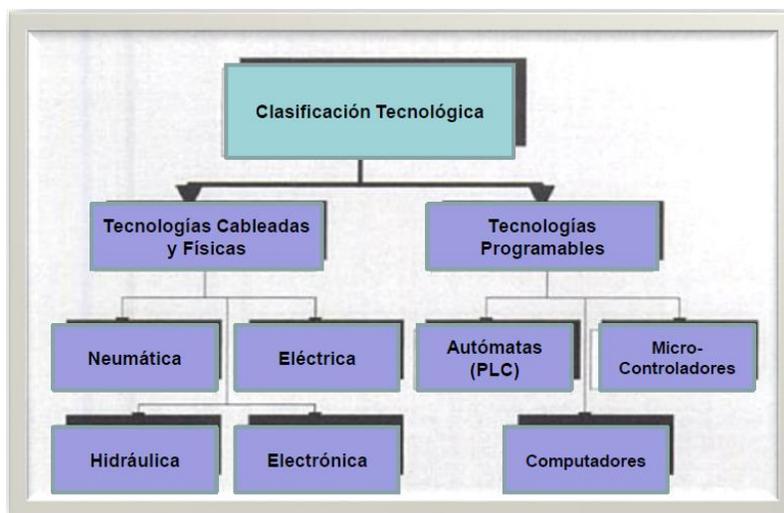
4.3.2 Clasificación tecnológica

Uno de los aspectos claves en la implementación de proyectos de automatización industrial es el uso de diversas tecnologías para llevar a cabo la puesta en operación de procesos operados por sistemas automatizados.

Hoy en día se cuenta con diferentes tecnologías que pueden ser empleadas en la automatización. Los sistemas de control de automatismos han sufrido una evolución que los ha llevado desde las soluciones que utilizaban lógica cableada con un tratamiento paralelo a más modernas vías que aprovechan los nuevos avances en informática. Básicamente se puede establecer la clasificación mostrada en el cuadro siguiente, partiendo de dos conceptos principales: lógica cableada y lógica programada. (Garcia Higuera, 2005)

Figura 3

Mapa conceptual según la clasificación tecnológica



Fuente: (Garcia Moreno, 1999)

4.3.2.1 Lógica cableada. La lógica cableada agrupa aquellos sistemas diseñados a medida que utilizan diferentes componentes conectados entre sí para realizar determinadas operaciones, nombrada de esta forma por el tipo de elementos que intervienen en su implementación. En el caso de la tecnología eléctrica, las conexiones físicas se realizan mediante cables eléctricos, relés electromagnéticos, pulsadores, interruptores etc. Durante muchos años, las funciones de automatización en la industria fueron realizadas casi exclusivamente utilizando interruptores electromagnéticos, como dispositivos de control y maniobra. Actualmente, como resultado de las mejoras permanentes en su construcción y diseño, los automatismos eléctricos siguen siendo utilizados. En el caso de la tecnología electrónica, las puertas lógicas son los elementos principales mediante los cuales se realizan los controladores.

En el caso de la tecnología de fluidos, su implementación viene siendo efectuada por tuberías de acero, cobre, PVC, etc., junto con elementos tales como válvulas, distribuidores, preostatos etc.

La tecnología neumática, que emplea en sus sistemas un elemento muy versátil y, en principio económico, que es el aire. Este elemento tan económico es ideal para la transmisión directa del trabajo, una de sus ventajas a considerar es que el aire está a prueba de explosiones porque no existen los riesgos de chispas en minas, fábricas de explosivos, petroquímica, etc., no precisando las especiales protecciones que exige el empleo de la electricidad. (Millan Teja, 1996)

4.3.2.2 Lógica Programada. Este es un diseño implementado a partir de un chip, y el circuito se puede reconfigurar mediante simples cambios en el software que contiene, a diferencia de la lógica cableada. Se basa en dispositivos lógicos programables con funciones indeterminadas, lo que se diferencia de las puertas lógicas con funciones fijas durante la fabricación.

Se trata de una tecnología desarrollada a partir de la aparición del microprocesador, y de los sistemas programables basados en este, computador, controladores lógicos y autómatas programables. Constantemente, debido a los altos niveles de integración alcanzados en la microelectrónica, el umbral de rentabilidad de esta tecnología decrece y frente a la lógica cableada presenta: gran flexibilidad, implementación de algoritmos complejos de control de procesos, arquitecturas de control distribuido, comunicaciones y gestión. (Garcia Moreno, 1999)

4.3.3 Instrumentos de Accionamiento y Control

La automatización requiere de múltiples instrumentos de medición y control. Estos factores o instrumentos ayudan a asegurar el control de procesos.

4.3.3.1 Actuadores. En el control automático de los procesos industriales el actuador es un dispositivo importante, capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control. (Gutierrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017)

Para decidir qué tipo de actuador se necesita utilizar dependerá la aplicación que se le dará, debemos saber el trabajo que va a realizar y la velocidad que deseamos. Existen tres tipos de sistemas de actuadores:

- **Actuadores Electrónicos:** Los actuadores electrónicos son operados por medio de corrientes eléctricas, normalmente necesitan trasladar mucha fuerza y por tanto algunos utilizan mucho consumo eléctrico. Los drivers son los circuitos que generan la energía necesaria para que un actuador pueda realizar el trabajo de manera correcta durante el periodo de tiempo necesario.
- **Actuadores Hidráulicos:** Estos actuadores trabajan por medio de la presión ejercida por un líquido, generalmente un tipo de aceite. Cualquier tipo de sistema hidráulico se encuentra sellado herméticamente a modo que el líquido en el interior no sea derramado para no correr riesgos.
- **Actuadores Neumáticos:** Estos son los dispositivos encargados de convertir la energía del aire comprimido en trabajo mecánico, aunque parece el mismo tipo de funcionamiento que los hidráulicos, el rango de compresión es mayor, además de existir una diferencia en las aplicaciones que se les da a estos dispositivos y a contar con una estructura diferente, debido a que estos cuentan con poca viscosidad.

4.3.3.2 El controlador lógico programable (PLC). Autómata es una unidad de control compuesta por equipos electrónicos, con cableado interno (hardware) independiente del proceso a controlar, y define la estrategia y trayectoria del proceso de control (software) a través de algoritmos. Estos dispositivos están conectados a equipos de medición (sensores) y equipos encargados de realizar acciones (actuadores). Una vez que el autómata detecta un algoritmo en su memoria, y que además cuenta con las conexiones respectivas hacia los equipos de la planta, se convierte en el cerebro de la fábrica, teniendo a su cargo el desempeño y funcionamiento de toda la línea de producción; los operarios deben supervisar que este se comporte tal como se había planificado y conforme a la lógica ideada por el programador. (Mendiburu, 2003, pág. 35)

Los autómatas se han popularizado en todos los ámbitos de la vida y pueden seguir dominando en el futuro debido a las siguientes ventajas con las que cuentan:

- Son un gasto efectivo para controlar sistemas complejos.
- Son flexibles y pueden ser aplicados para controlar otros sistemas de manera fácil y rápida.
- Velocidad de operación.
- Diseñados para trabajar en condiciones severas como: vibraciones, campos magnéticos, humedad, temperaturas extremas.
- Capacidad de entradas y salidas.
- La ayuda para resolver problemas permite programar fácilmente y reduce el tiempo de inactividad del proceso.
- Sus componentes confiables hacen posible que pueda operar varios años sin fallas.
- Su capacidad computacional permite diseñar controles más complejos.

Otras ventajas que posee este dispositivo son el mínimo espacio de trabajo y costo de instalación. Los cambios que se realizan en su gran mayoría son en la programación del controlador por lo que no existirá mayores modificaciones en el cableado. Los materiales utilizados en la instalación también se reducen trayendo economía en el mantenimiento que realice la empresa.

Figura 4

Dispositivo lógico programable de Siemens S7-300



Fuente: (Siemens, 2015)

Los módulos de entradas y salidas digitales permiten conectar al autómata captadores (sensores) de tipo todo o nada. El cable de señal del captador se conecta a una vía de entrada del módulo. El módulo se encarga de convertir la señal que entra por la vía en una señal que cero o uno en un bit interno de la memoria del módulo. Cada ciclo de autómata, la unidad central lee los bits de los módulos y vuelca su valor en los objetos de lenguaje del autómata conocimos como entradas digitales.

Las entradas digitales también llamadas binarios u “on-off” son las que pueden tomar solo dos estados: encendido o apagado, estado lógico 1 o 0. Son las señales que provienen de un equipo eléctrico o electrónico cuya salida es mediante un contacto “seco”, ya sea por un mecanismo electro-actuado o electrónicamente. Los PLC modernos tienen módulos de entrada que permiten conectar dispositivos con salida PNP o NPN en forma indistinta. La diferencia entre dispositivos con salida PNP o NPN es como la carga (en este caso la carga es la entrada del PLC) está conectada con respecto al neutro o al positivo.

Los módulos de entradas y salidas digitales a 24 VCC son los más comunes. ¿Por qué se utilizan 24 voltios C.C. y no un nivel de tensión más bajo, como podría ser 5 voltios C.C.? en una instalación industrial hay que garantizar que la señal que da el captador, llegue al módulo de entradas, el cable perfectamente puede medir 100 metros, y no existe ninguna garantía de que los 5 voltios lleguen al módulo de entradas. En el cable además pueden inducirse ruidos que den lugar a la aparición de voltajes que el autómata interpretara como que el captador está activo. Es más difícil que esto suceda si se utilizan 24 voltios. (Piedrafita Moreno, 2004)

Según (Piedrafita Moreno, 2004) nos menciona que, los módulos de entradas analógicas permiten que los autómatas programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo analógico. Estos módulos son la interfaz para que el autómata pueda controlar procesos continuos como son temperatura, presión, caudal, etc.

Las entradas analógicas admiten como señal de entrada valores de tensión o corriente intermedios dentro de un rango, que puede ser de 4-20 mA, 0-5 VDC o 0-10 VDC, convirtiéndola en un número. Este número es guardado en una posición de la memoria PLC. Los módulos de entradas analógicas son los encargados de traducir una señal de tensión o corriente proveniente de un sensor de temperatura, velocidad, aceleración, presión, posición, o cualquier otra magnitud física que se quiera medir en un número para que el PLC la pueda interpretar.

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad. Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico, como pueden ser variadores de velocidad, las etapas de tiristores de los hornos, reguladores de temperatura, reguladores de caudal, etc., permitiendo al autómata realizar funciones de regulación y control de procesos continuos. (Piedrafita Moreno, 2004)

4.3.3.5 Sensores. Los sensores son elementos que informan al órgano de mano del estado del sistema o de los eventos que sucedan en él. Los captadores captan las señales necesarias para conocer el estado del proceso y decidir su desarrollo futuro. Detectan posición, presión, temperatura, caudal, velocidad, aceleración. (Piedrafita Moreno, 2004)

Figura 5

Diferentes tipos de sensores industriales



Fuente: (Garcia Moreno, 1999)

En términos simples, mide y convierte una señal física en una señal que puede ser leída por un operador o un instrumento. Así pues, un sensor nos permite monitorear procesos y comprenderlos fácilmente. En los sistemas de automatización industrial, miden variables de procesos como nivel, pH y turbidez. Variables eléctricas como voltaje, corriente y frecuencia; variables mecánicas como rotación, posición, dirección de desplazamiento, proximidad; y variables ambientales como humedad, vibración, velocidad y dirección del viento.

Para Piedrafita Moreno (2004) los captadores tipo “todo o nada” suministra una señal que solamente tiene dos estados, asociados al cierre o apertura de un contacto eléctrico, o bien a

la conducción o corte de un interruptor estático como transistor o tiristor. Son los más utilizados en la automatización de movimientos y adoptan diferentes formas:

- Sensores mecánicos: estos sensores son llamados también como finales de carrera, los cuales son accionados por medio del movimiento mecánico de un objeto. Una aplicación típica es la detección final de recorrido en movimientos lineales.
- Sensores inductivos: este tipo de detectores se utilizan para detectar piezas o elementos metálicos en distancias bastante cortas, su funcionamiento es basado en un imán que activa un campo magnético enviando una señal interpretable para el autómeta.
- Sensores capacitivos de proximidad: basados en la detección de un cambio en la capacidad del sensor provocado por una superficie, próxima a este. Constan de dos elementos principales; un elemento cuya capacidad se altera (que suele ser un condensador formado por electrodos), y el dispositivo que detecta el cambio de capacidad (un circuito electrónico conectado al condensador). (Ogata, 1997)
- Sensores fotoeléctricos: el principio de funcionamiento está basado en la generación de un haz luminoso por parte de la foto emisor, que se proyecta sobre la foto receptor, o bien, sobre el dispositivo reflejante. La interrupción o reflexión del haz, por parte del objeto a detectar, provoca el cambio de estado en la salida de la fotocélula. (Velasquez, 2005)

Capítulo V: Metodología

La metodología de proyectos es la disciplina de conocimiento encargada de elaborar, sistematizar y definir el conjunto de métodos, procedimientos y técnicas que se deben seguir durante el desarrollo del proyecto.

5.1 Congruencia Metodológica

En esta parte de la investigación la información debe tener una relación coherente entre las diferentes etapas del proyecto.

Tabla 5. 1*Matriz metodológica del proyecto*

Planteamiento del problema		Hipótesis	Variables	
Pregunta	Objetivo		Independientes	Dependientes
¿Cuáles son los elementos necesarios para la creación e implementación de un sistema de control automático basado en PLC para la máquina perforadora de lámina?	Diseño e implementación de un sistema de control automático basado en PLC para la máquina perforadora de lámina.	Con la culminación del proyecto, el desempeño de la maquina mejorara considerablemente tomando cuenta todos los nuevos elementos que formaran parte de esta, desde los dispositivos de entrada utilizados para monitorear el proceso hasta los elementos de salida encargados de que el proceso se lleve a cabo de forma automática.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de producción por unidad • Número de unidades producidas por hora • Costo de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de operación • Número de unidades producidas por día

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

5.1.2 Operacionalización de las variables

La operacionalización de variables es un proceso metodológico que consiste en descomponer deductivamente las variables que componen el problema de investigación, partiendo desde lo más general a los más específico; es decir que estas variables se dividen en dimensiones, áreas, aspectos, indicadores, índices, subíndices, ítems; mientras que, si son concretas solamente indicadores, índices e ítems. (Carrasco Diaz, 2019)

A continuación, se muestra una tabla con la operacionalización de las variables de la presente investigación.

Tabla 5. 2*Descripción de las variables a operar*

Operación de las variables				
Variable	Definición de la variable	Dimensión de la variable	Indicadores	Técnicas e instrumentos de monitoreo
Tiempo de producción por unidad	Es el tiempo que le toma a todo el proceso, entregar el producto terminado.	-Ubicar la materia prima -Perforación -Arrastre de la lamina -Posicionamiento Horizontal	Tiempo de ciclo de producción	Observación y cronometrado
Número de unidades producidas por hora.	Es la cantidad de producto terminado que la maquina puede brindar en el transcurso de una hora.	El tamaño de la lámina es de 24x100 pulgadas con un espesor de 0.07mm	Tiempo de producción por unidad	Observación y cronometrado
Costo de mantenimiento.	Es el precio pagado por las tareas realizadas para conservar o restaurar un bien a un estado específico.	-Lubricación de la maquina -Reemplazo de componentes -Calibración de la maquina	Valor monetario de mantenimiento	Entrevista

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

5.1.3 Hipótesis

Con la culminación del proyecto, el desempeño de la maquina mejorara considerablemente tomando cuenta todos los nuevos elementos que formaran parte de esta, desde los dispositivos de entrada utilizados para monitorear el proceso hasta los elementos de salida encargados de que el proceso se lleve a cabo de forma automática.

5.2 Enfoque y Métodos

Esta investigación cuenta con un enfoque de tipo mixto, donde se hace un análisis cualitativo como cuantitativo ya que es un proceso que mide, recopila datos y los analiza para generar hipótesis estudiando las posibilidades que existen para la investigación.

5.3 Alcance y Diseño de la Investigación

El alcance de un proyecto debe determinar de forma clara, sencilla y concreta los objetivos que se busca alcanzar a lo largo del proyecto, alcanzando la culminación exitosa del proyecto mediante el cumplimiento de los objetivos. Cuando hablamos del diseño de la investigación sirve de guía para el investigador, según el tipo de metodología que decida implementar.

5.3.1 Alcance

El alcance de la investigación es del tipo descriptivo ya que se pretende describir el proceso de automatización de la máquina perforadora de láminas de cobre y demostrar el impacto en la rentabilidad del proceso productivo.

5.3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es del tipo no experimental ya que existe un proceso establecido para la automatización de un proceso, recopilando información del comportamiento

de las variables en la actualidad, determinando su relación dentro del proceso de manufacturación y evaluando sus comportamientos a través del tiempo.

5.3.3 Población

Una población es el total de elementos o sujetos que comparten características comunes, es decir, una población es la totalidad de los miembros de la unidad de análisis. El investigador es el encargado de definir claramente la población según los criterios que considere pertinentes.

En este caso, para el desarrollo del proyecto no se necesitó una población para generalizar los resultados de este, ya que, los objetivos del proyecto estaban definidos desde el principio.

5.3.4 Muestra

La muestra debe estar relacionada con la población debido a que los sujetos de estudio deben pertenecer a la población. El estudio de la muestra se realiza empleando técnicas de muestreo. Un sector de la población es considerado como muestra cuando los elementos de la muestra pertenecen a la población, por eso una muestra debe representar la población de estudio.

5.4 Técnicas e Instrumentos Aplicados

En opinión de Rodríguez Peñuelas (2010) nos menciona que es importante recordar el valor que tienen las técnicas y los instrumentos utilizados en una investigación. Cuando un trabajo se inicia sin identificar el tipo de información que se necesita o las fuentes que podrían proporcionar esa información, ocasiona pérdidas de tiempo y dudas al inicio de una investigación. Debido a esto, lo principal es definir las técnicas que se van a utilizar para la recolección de datos.

5.4.1 Instrumentos

Esta sección determinara los instrumentos utilizados en el desarrollo de esta investigación:

5.4.1.1 Entrevista. Es una técnica que le permite obtener respuestas verbales sobre el problema a investigar, de esta forma, la comunicación es directa entre el investigador y el sujeto de la investigación. (Bernal, 2006)

Para el desarrollo de este proyecto se llevó a cabo una entrevista no estructurada a la gerencia y área operativa de la empresa permitiendo mayor libertad y flexibilidad para el desarrollo de esta, ya que, las preguntas no están planeadas.

5.4.1.2 Observación. Es una técnica, en la cual el principal elemento es el registro visual de lo que ocurre en una situación, puede ser utilizada en cualquier tipo de investigación. Esto permite obtener información directa del objeto de estudio ya que no depende de terceros o registros. (Bernal, 2006)

Este proyecto necesito de la observación de tipo participante para la recopilación de datos, ya que, el investigador se involucró con el objeto de estudio (la máquina perforadora) para monitorear el proceso de forma detallada y recopilar los datos necesarios para lograr los objetivos planteados.

5.4.2 Unidad de Análisis

La unidad de análisis es la parte del documento en la que se determina la entidad principal a ser estudiada para recopilar la información necesaria.

En este proyecto, la entidad principal seria la máquina perforadora de lámina, debido al proceso que lleva a cabo para la fabricación de camisas de cobre, tomando en cuenta que, la

finalidad de la investigación es realizar el mismo proceso con lo mínimo de intervención humana.

5.4.3 Unidad de Respuesta

La unidad de respuesta para esta investigación está determinada por la interfaz de simulación, la cual brindara información detallada para cumplir con los objetivos de esta.

5.2 Fuentes de Información

En una investigación nos referimos por fuentes de información para referirnos al origen de una información determinada, es decir, el soporte que nos proporcionó la información y está dividida en dos segmentos. (Rodriguez Peñuelas, 2010)

5.5.1 Fuentes de Información Primarias

Las fuentes primarias son aquellas que están relacionadas directamente al evento que se investiga, es decir, fuentes de información más cercanas al objeto de estudio con la menor cantidad de intermediaciones.

La fuente de información primaria para este proyecto sería el proceso que lleva a cabo la máquina perforadora para la fabricación de camisas de cobre.

5.5.2 Fuentes de Información Secundarias

Las fuentes secundarias es aquella información que fue obtenida por medio de documentos: estadísticas, datos, censo, etc. El objetivo del proyecto es llevar a cabo un proceso de forma automática por los que las fuentes secundarias seria la literatura destinada a la automatización de procesos.

5.6 Limitantes del Proyecto

Las limitaciones son cualquier factor que restringe o bloquea la ejecución del proyecto.

- Limitaciones de Tiempo.

- Limitaciones de Recursos.
- Limitaciones Económicas.

5.7 Limitantes de la Investigación

Esta sección se refiere a los problemas con los que se va a encontrar el investigador durante el desarrollo de la investigación, una limitación consiste en dejar de estudiar un aspecto del problema por alguna razón.

5.7.1 Falta de estudios previos en el área de investigación

Para el desarrollo de la investigación se presentó la limitante de información, el objeto de estudio es una maquina convencional de construcción casera con el objetivo de realizar múltiples tareas, pero sin registro previo de planos de construcción y operación de esta misma limitando la investigación con información operativa de la máquina. Al tratarse de un proceso industrial, los fabricantes en la industria no brindan ningún tipo de información sobre los procesos de fabricación por la competencia que existe

5.8 Cronología de Trabajo

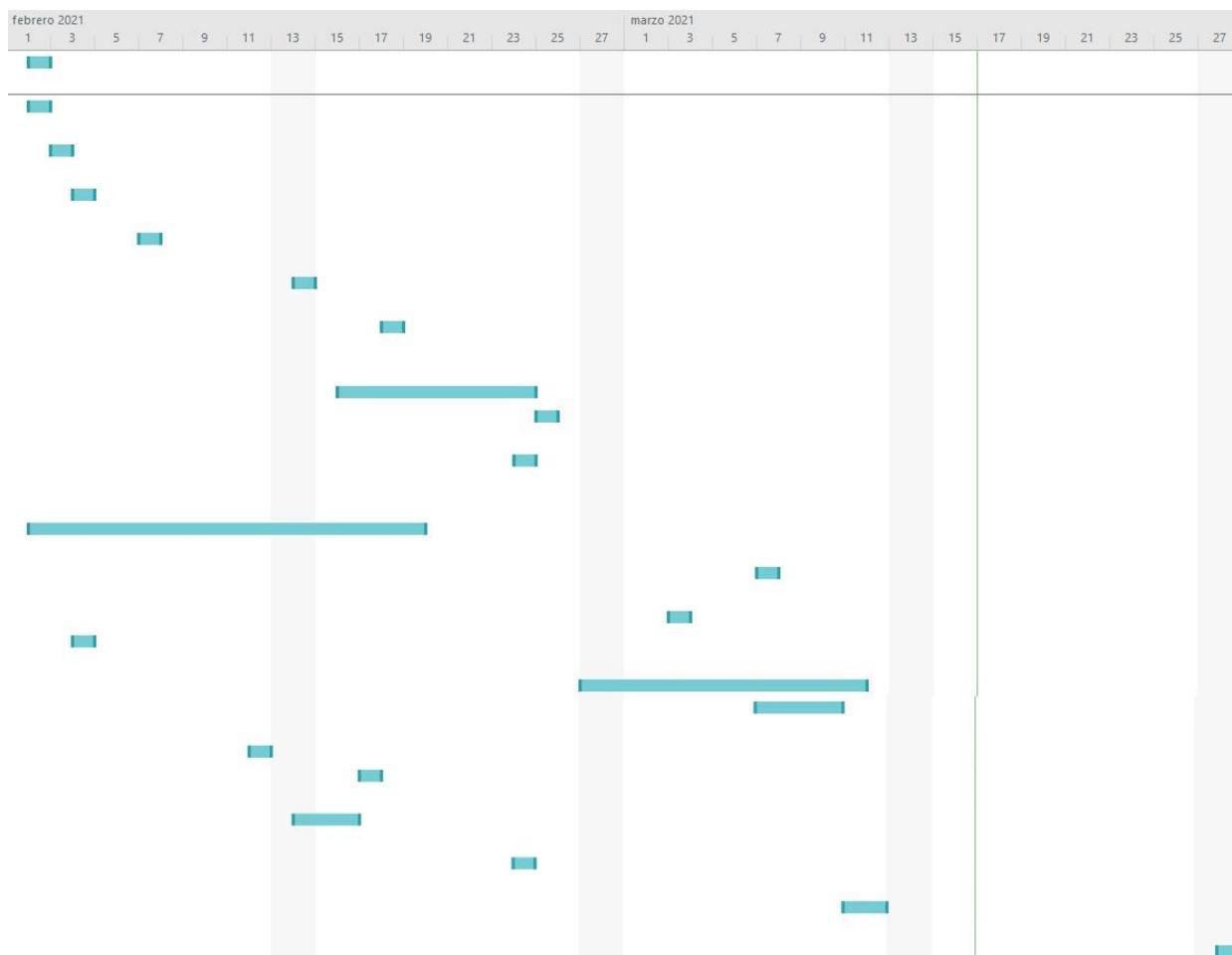
Para llevar a cabo una investigación es necesario identificar y definir cada una de las actividades que la componen y distribuir temporalmente su realización. Esto se pone en práctica a través de los cronogramas de actividades.

A continuación, en la siguiente tabla se da a conocer las diferentes actividades que se realizaron junto con los intervalos de tiempo para llevar a cabo la investigación.

Tabla 5. 3*Cronograma de la investigación*

Actividades	Semanas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Explicación sobre el trabajo a realizar</i>	X									
<i>Reunión con el coordinador para elegir propuesta</i>		X								
<i>Entrega de formulario de descripción de proyecto</i>		X								
<i>Explicación para escribir introducción</i>		X								
<i>Redacción de la introducción</i>		X								
<i>Entrega del primer avance desde portadas hasta introducción</i>			X							
<i>Entrega de correcciones del primer avance</i>			X							
<i>Explicación de la escritura de los capítulos 2, 3 y 4 con retroalimentación</i>				X						
<i>Redacción del marco teórico</i>		X	X	X						
<i>Explicación sobre escritura de los capítulos 5 y 6</i>				X						
<i>Correcciones del segundo avance</i>					X					
<i>Redacción del planteamiento del problema y antecedentes</i>				X	X					
<i>Lectura de investigaciones relacionadas</i>	X	X	X	X	X					
<i>Entrega de correcciones del segundo avance</i>					X					
<i>Entrega de los capítulos 2, 3 y 4</i>					X					
<i>Retroalimentación de los capítulos anteriores</i>					X					
<i>Redacción de la metodología</i>			X	X	X	X				
<i>Redacción del análisis y resultados</i>				X	X	X				
<i>Entrega del capítulo 5 y 6</i>						X				
<i>Entrega de correcciones del capítulo 5 y 6</i>							X			
<i>Redacción de la viabilidad del proyecto</i>							X	X		
<i>Entrega de la viabilidad del proyecto</i>									X	
<i>Redacción de las conclusiones, anexos y bibliografías</i>									X	
<i>Entrega del documento completo</i>										X

Fuente: (Elaboración propia. 2021)

Figura 6*Diagrama de Gantt*

Nota: La figura 6 muestra el diagrama de Gantt con las distintas actividades para llevar a cabo la investigación desde el inicio hasta el final. Elaborado en Office Project. Fuente: (Elaboración propia. 2021)

Capítulo VI: Resultados y Análisis

En esta parte desarrollamos el esquema que se ha presentado en el capítulo anterior para mostrar el contenido de la tesis. De forma resumida, se describirán los aspectos a lo largo de la investigación realizada, los resultados obtenidos y su análisis.

6.1 Análisis de preguntas de investigación

En el siguiente apartado se presenta las respuestas a las preguntas de investigación planteadas al principio del informe.

6.1.1 *Pregunta principal*

1. ¿Cuáles son los elementos necesarios para la creación e implementación de un sistema de control automático basado en PLC para la máquina perforadora de lámina?

Los elementos necesarios para la creación e implementación de un sistema de control automático basado en PLC para la máquina perforadora de lámina se describen en forma detallada en el siguiente apartado, por lo que se dará una lista de ellos de forma general.

El dispositivo lógico programable es el elemento principal del sistema automático, también es necesario los dispositivos de entrada los cuales determinaran las acciones que realice el controlador en este caso contamos con pulsadores y sensores.

Para lo que es la automatización del proceso, se hace uso de los accionadores neumáticos para reemplazar el esfuerzo físico utilizando electroválvulas para el respectivo control de estos y los dispositivos de protección como el contactor y el relevador electromagnético.

6.1.2 *Preguntas específicas*

1. ¿Porque el diseño original de la maquina necesita ser reemplazado?

El diseño original de la maquina fue condicionado para llevar a cabo el proceso de perforación de lámina de forma artesanal o manual, por lo que en el ámbito industrial estas

condiciones resultan poco rentables para la empresa y la productividad de la máquina perforadora de lámina.

El diseño actual debe cumplir ciertas condiciones para llevar a cabo el proceso como son el esfuerzo físico del operador y el tiempo que le toma realizar cada una de las etapas del proceso de forma manual; gracias a estos requisitos en los que se basó el funcionamiento del diseño original la máquina no es capaz de satisfacer la demanda de producción que se presenta en temporadas altas para el producto, además, del desgaste físico y mental que sufre el usuario para operar la máquina durante periodos largos según lo requiere la producción.

2. ¿De qué manera se puede reducir los altos costos de mantenimiento de la máquina?

Los altos costos de mantenimientos de la máquina se basan en la calibración de ésta tomando en cuenta los paros de producción prolongados que representa para la empresa cuando se efectúa el mantenimiento. Para que el proceso se lleve a cabo existen estructuras móviles que deben ser manipuladas por el operador con el esfuerzo físico, muchas veces utilizando la fuerza desmedida ocasiona desgaste en las estructuras generando que estas mismas vayan corriendo su posición a tal punto de realizar la perforación de manera imprecisa. Cuando esto ocurre, es necesario reemplazar las partes encargadas de soportar los impactos producidos por los movimientos repetitivos de la máquina que el proceso requiere, por lo que era necesario calibrar la máquina cada dos meses.

Esto se puede reducir, reemplazando el esfuerzo físico del operador por cilindros neumáticos que realicen los movimientos de forma automática y precisa, reduciendo la intervención humana durante las etapas del proceso que resultan en un continuo mantenimiento cuando se realiza de forma manual.

De esta forma el mantenimiento de calibración sería eliminado ya que los movimientos serían realizados de forma precisa por los elementos tecnológicos y con la fuerza determinada para no generar desgaste en las estructuras móviles de la máquina.

3. ¿Mejorara la productividad de la maquina implementando el sistema automatizado?

Un sistema automatizado es un mecanismo que transfiere todas las labores de producción que eran realizadas por personal humano a un grupo de dispositivos tecnológicos con el fin de obtener mayores beneficios económicos en todos los ámbitos productivos, por lo que automatizar un proceso en específico tendría como resultado un aumento en la productividad tanto en el proceso como en la máquina que lo lleva a cabo.

Actualmente la máquina perforadora de lámina produce cinco a seis unidades por día, contando con dos operadores para llevar a cabo el proceso. Con la ayuda de los dispositivos tecnológicos la máquina perforadora será capaz de realizar el mismo número de unidades a la mitad del tiempo, eliminando la participación del segundo operador ya que solo será necesario supervisar el proceso y no estar involucrado directamente con las distintas etapas como lo era anteriormente.

4. ¿Qué factores debe tener en cuenta para la automatización de una máquina perforadora de lamia?

- Implementación: los mecanismos serán capaces de realizar tareas repetitivas de forma continua y rápida, se conseguirá una mayor precisión y exactitud en las dimensiones físicas y características de los productos finales, se elimina la producción de piezas defectuosas y con fallas.

- Recursos económicos: la automatización debe someterse al impacto financiero de la relación costo/beneficio, es importante que sea autosustentable y contribuya a los ingresos de la empresa.
- Grado de automatización: 100% automatizado; es una automatización completa de todas las funciones del proceso. El operador está excluido del control y solo se le informa, de manera que las funciones de este se ven reducidas a la verificación.
- Niveles de automatización: la automatización de la producción y de los procesos industriales puede ser analizada dependiendo del nivel al que se produce; nivel 3 por proceso, ya que, las tareas combinadas de los diferentes dispositivos que participan en un determinado paso en la elaboración de un producto se realizan de forma automática.
- Tecnología empleada: las técnicas programadas se refieren al uso de sistemas más complejos y genéricos para procesar información, en este caso el autómata programable.
- Productividad y calidad: una de las razones más indiscutibles para automatizar procesos de producción es la mejora de la calidad y la reducción de costos unitarios. Tiende a mejorar la productividad y promueve un mejoramiento del nivel de vida

6.2 Elementos del Diseño

En este apartado, se brindará una breve descripción de los dispositivos necesarios para la implementación del sistema automático para la máquina perforadora de lámina.

6.2.1 Dispositivo de Control Lógico Programable

LOGO Siemens es el autómata más pequeño que fabrican, diseñado y utilizado para realizar automatizaciones domésticas o pequeñas aplicaciones industriales, lo que hace muy económico para su compra, pero, aunque parezca pequeño, posee grandes características en cuanto a hardware y software, en el uso de entradas y salidas; posee módulos de expansión que

permite ampliar sus conexiones y el lenguaje que se usa es 100% gráfico y muy fácil de aprender. (Fernandez Alazte, 2017)

Figura 7

Dispositivo lógico programable LOGO de Siemens



Fuente: (Siemens, 2015)

Los requisitos necesarios para llevar a cabo la automatización del proceso y las características de este dispositivo son las que mejor se adecuan a los parámetros del proyecto. Con un costo asequible es una solución que no pierde potencia y funcionalidad por su pequeño tamaño, algunas características principales con las que cuenta son:

- Posee 8 entradas (referenciadas a la fuente de alimentación).
- Tiene 4 salidas (por relevador o transistor).
- Pueden encontrarse con pantalla LCD o sin ella.
- Pueden conectarse a través de una red ethernet.
- Existen módulos de expansión para agregar entradas y salidas aparte de las que trae.

6.2.2 Sensores

6.2.2.1 Sensor Fotoeléctrico

El sensor foto eléctrico, también llamados óptico, basa su funcionamiento en la emisión de un haz de luz que es interrumpido o reflejado por el objeto a detectar. En otras palabras, detectan la presencia de un objeto por medio de un haz de luz. (Estrada Roque, 2012)

Estos sensores fotoeléctricos se utilizan cuando se necesita una detección fiable y sin contacto de la posición exacta del objeto, por lo que son indispensables en las técnicas de automatización.

Figura 8

Sensor fotoeléctrico con emisor y receptor



Fuente: (Velasquez, 2005)

Para la automatización del proceso, este tipo de sensor ofrece las características necesarias para la detección del objeto, el cual determinara una de las etapas del proceso para que el controlador interprete estas señales y pueda realizar las acciones establecidas de forma automática.

6.2.2.2 Sensor Inductivo

Cuando un objeto ferromagnético penetra o abandona el campo del imán el cambio que se induce una corriente en la bobina; si se detecta una corriente en la bobina, algún objeto ferromagnético ha entrado en el campo del imán. También llamados sensores magnéticos, una de las aplicaciones más utilizadas en la industria es para detectar la posición de los cilindros neumáticos, si el vástago se encuentra desplazado o no.

Figura 9

Sensor inductivo para cilindro neumático



Fuente: (FESTO, 2017)

Para el desarrollo del proyecto esta aplicación es la adecuada que una de las etapas del proceso requiere, brindando la posición del vástago para que sea interpretada por el controlador y realice la acción establecida.

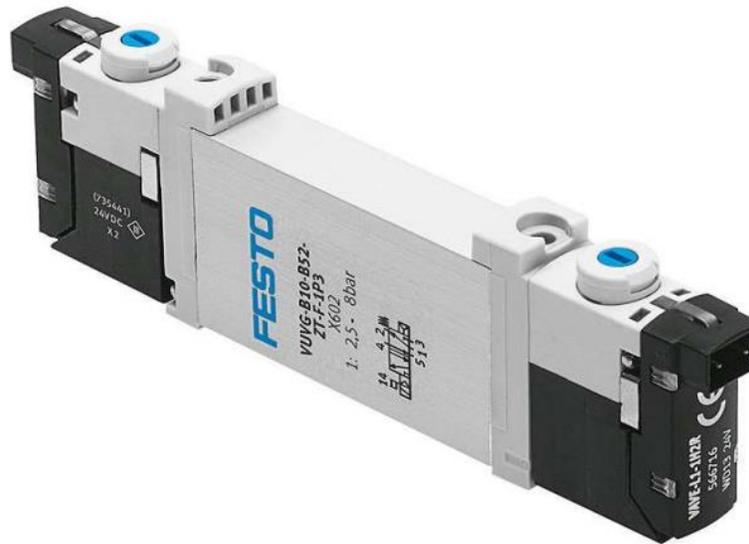
6.2.3 Electroválvula

Las electroválvulas reciben excitación eléctrica provenientes de las salidas del autómata, y mediante la conexión de bobinas se encargan de distribuir el aire a la salida deseada. Las válvulas mandan o regulan la puesta en marcha, paro, sentido, presión o caudal del fluido

transportado por la bomba o almacenado en el depósito. Las válvulas de vías, de varios orificios, son los componentes que determinan el camino que debe tomar el fluido bajo presión. (Piedrafita Moreno, 2004)

Figura 10

Electroválvula de 5 vías y 2 posiciones



Fuente: (FESTO, 2017)

El controlador utilizando las salidas a relé se encarga de activar las electroválvulas, estas funcionan como dispositivos pre actuadores, siendo los actuadores los cilindros. Para este proyecto se optó por usar las electroválvulas neumáticas de cinco vías y dos posiciones mostradas en la figura ya que son utilizadas en la industria para controlar cilindros de doble efecto por medio de aire.

6.2.4 Cilindros Neumáticos

Un cilindro neumático es un dispositivo mecánico que permite, a partir de una presión de aire, obtener un movimiento lineal alternativo limitado, en el cual la potencia es proporcional a la presión de aire. (Piedrafita Moreno, 2004)

La forma de accionar un cilindro neumático es actuar mediante salidas digitales para operar las electroválvulas que hacen avanzar o retroceder el cilindro. Su fuente de energía es el aire comprimido que se obtiene por medio de un compresor, y luego se distribuye a los actuadores requeridos.

Figura 11

Cilindro neumático de doble efecto



Fuente: (FESTO, 2017)

Un cilindro de doble efecto como el que se muestra en la figura 10, es el tipo de accionador requerido en el diseño de automatización, permite que el vástago pueda ser desplazado y retraído según lo determine el controlador por medio de la electroválvula; función que cumple los requisitos de la automatización para las etapas de accionamiento del embrague mecánico, arrastre de la lámina y desplazamiento horizontal de la estructura móvil. Para ello existen dos entradas distintas de aire en cada uno de los extremos del tubo que forma el cilindro.

6.2.5 Pulsadores

Representan el elemento natural de ingreso de órdenes de tipo ‘‘Todo o Nada’’. Son elementos que no retienen el cambio de posición, así, se emplea un pulsador que en estado de reposo es normalmente abierto al pulsarlo pasara al estado cerrado y permanecerá así hasta que

se libere regresando entonces de inmediato a su estado de reposo. Los hay con estado de reposo normalmente abierto y con estado de reposo normalmente cerrado.

Figura 12

Pulsador NC y pulsador tipo hongo NC



Fuente: (Siemens, 2015)

Para el desarrollo del proyecto, estos dispositivos son utilizados como mandos de control conectados en las entradas del dispositivo lógico programable, ya sea para el encendido o apagado de la máquina, posicionar la lámina de forma manual antes de iniciar el proceso y para iniciar el proceso de forma automática; estas acciones son realizadas gracias a la programación interna del autómatas para activar las salidas correspondientes.

6.2.6 El contactor

El contactor está encuadrado como un elemento de control de potencia, en los sistemas automáticos eléctricos. Una propiedad que caracteriza al contactor es que produce una separación galvánica total entre el circuito que entrega la energía eléctrica y el que la recibe, esto le diferencia con los contactores electrónicos, en los que siempre existe una pequeña corriente.

(Enriquez Harper, 2003)

Figura 13

Contactor AC de tipo magnético



Fuente: (Rodríguez, 2013)

Para este proyecto se utilizó un contactor AC de tipo magnético como el que se muestra en la figura 12, para encender el motor eléctrico monofásico de la máquina de forma directa mediante el accionamiento de un pulsador.

6.2.7 El Relé

Básicamente un relevador de protección consiste un elemento de operación y de un conjunto de contactos; el elemento de operación toma la señal de dispositivos sensores en el sistema, tales como de un pulsador, interruptor o dispositivo electrónico.

Figura 14

Relé de tipo electromagnético de 8 pines



Fuente: (Perez Porto & Medino, 2014)

Debido a que sus contactos son todos auxiliares, se emplea en la sección de control de un circuito con el fin de actuar como elemento de auto mantenimiento, esclavización, enclavamiento de contactos, señalización y protección.

6.3 Resultados del Proceso Automatizado

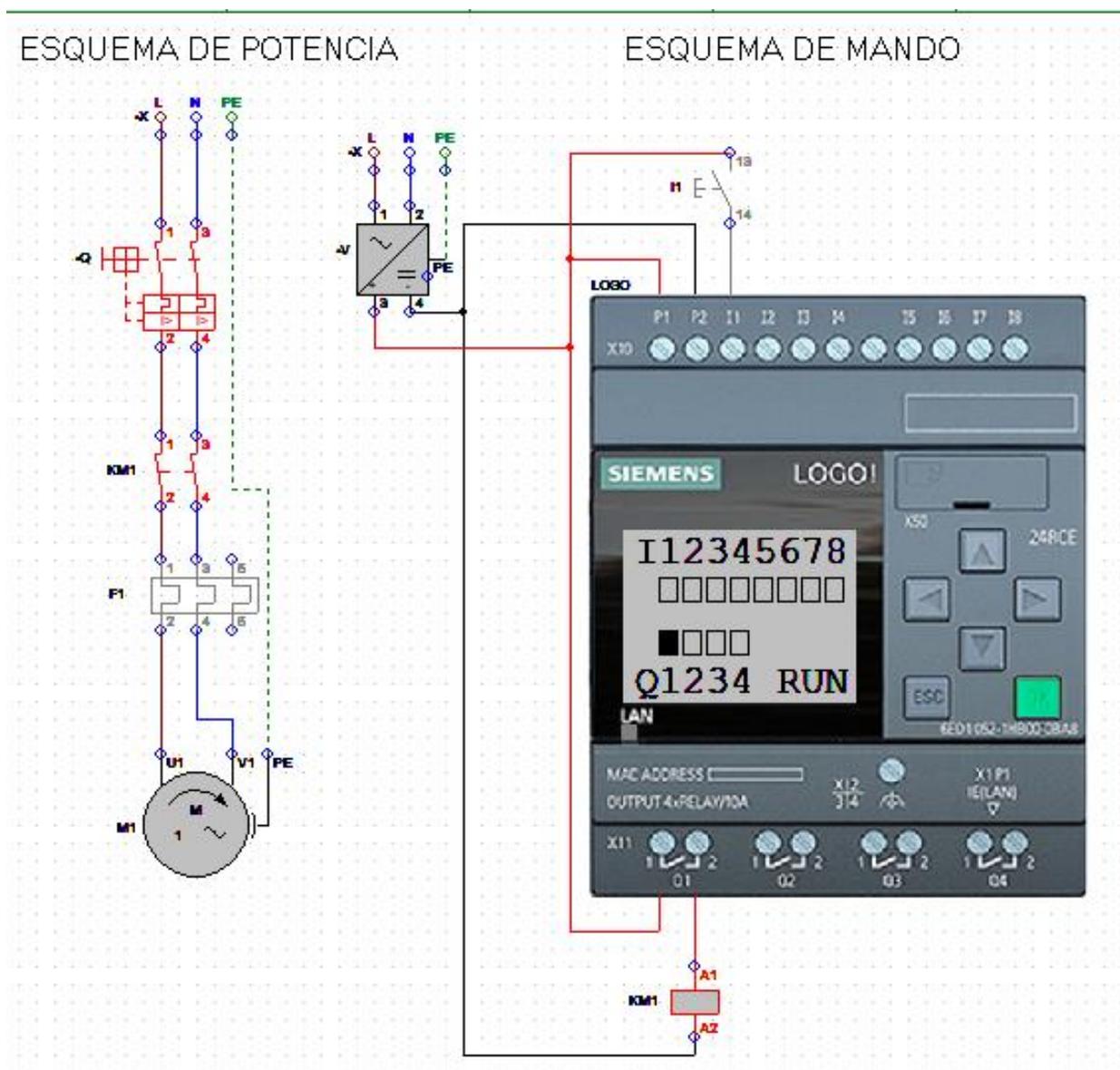
A continuación, se menciona las diferentes etapas del proceso ya automatizado para la fabricación de lámina junto con los nuevos elementos de control para hacerlo posible.

6.3.1 Automatización de arranque y puesta en operación de la máquina.

Encender la máquina, el elemento principal para realizar esta operación es el motor eléctrico, utilizando contactor de tipo magnético conectado al PLC se podrá realizar esta operación, gracias a la programación interna, el operador tendrá la capacidad de encender o apagar el motor, valiéndose de un pulsador para controlar ambos estados.

Figura 15

Simulación para arranque de motor monofásico por pulsador



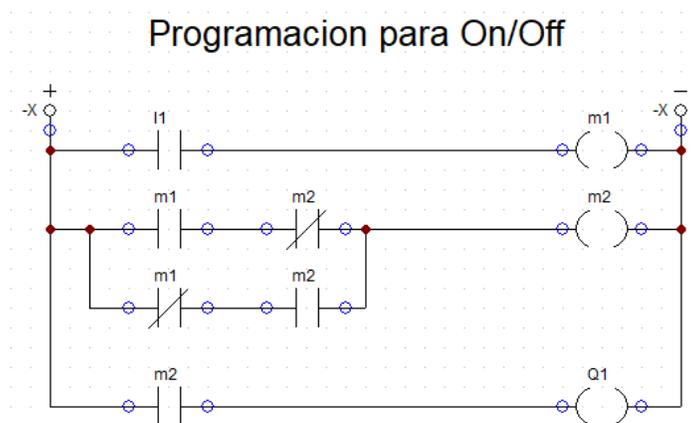
Nota: En la figura 16, en el lado izquierdo se observa el diagrama eléctrico para un motor eléctrico monofásico (M1), mientras que el lado derecho es el esquema de mando para este; elaborado en CADeSIMU, Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Al accionar el pulsador I1, el controlador lógico programable gracias a la programación interna activa la salida Q1, donde está conectada la bobina del relé de protección para

activar el contactor (KM1), de esta forma encendiendo el motor. Para desactivar la salida Q1 solo es necesario accionar el pulsador nuevamente lo que resulta en el paro del motor eléctrico.

Figura 16

Programación del PLC para encendido y apagado del motor



Nota: En la figura 17, el diagrama de contactos de la programación del PLC para activar la salida Q1 con un pulso por medio de I1. Elaborado en CADeSIMU. Fuente: (Elaboración propia. 2021)

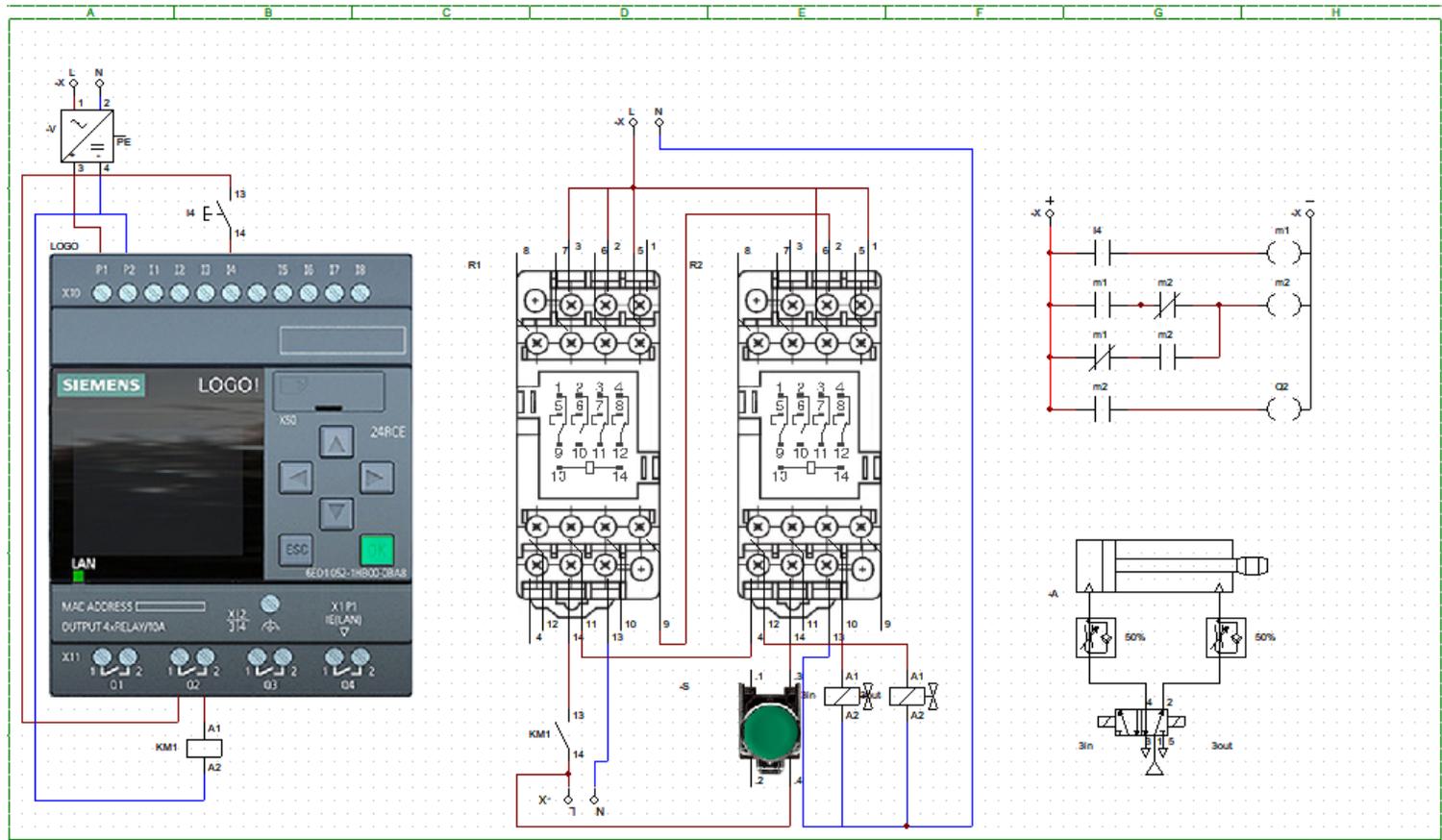
6.3.2 Automatización del Embrague Mecánico

Automatizar la operación del embrague mecánico, la cual se encarga de conectar el volante de la máquina que está girando con el cigüeñal para hacer bajar la corredera cuando sea necesario realizar la perforación. En la actualidad esta tarea es realizada de forma mecánica por el operario valiéndose de una palanca; realizando un esfuerzo físico además del tiempo que requiere para supervisar si es el momento o no de accionarla. Esta operación puede ser realizada por un accionador neumático de doble efecto para que la palanca encargada de conectar el volante al cigüeñal de la corredera se accione de forma automática

6.2.2.1 Control y Accionamiento del embrague mecánico. El control y accionamiento de la corredera debe definir en qué momento se accionara la misma, con la ayuda de un sensor y la programación interna del PLC determinara las etapas en las que la electroválvula active el accionador neumático ya sea para conectar o desconectar el volante con el cigüeñal de la corredera; de esta forma se elimina el esfuerzo físico del operador y se reduce el tiempo de esta operación, ya que el programa determinara el momento preciso para realizarlo de forma automática.

Figura 17

Simulación del embrague mecánico



Nota: el esquema de mando muestra la salida Q2 energizando la bobina encargada de accionar la electroválvula que opera el pistón del embrague mecánico. Elaborado en CADeSIMU. Fuente: (Elaboración propia. 2021).

La señal del sensor encargada de determinar la activación o no de la salida Q2, fue simulada por interruptor de final de carrera normalmente abierto para demostración del proceso. Esto tomando en cuenta que en la práctica sería la señal del sensor magnético ubicado en el pistón, en la etapa de rodamientos el que estaría conectado a I4 y no el pulsador.

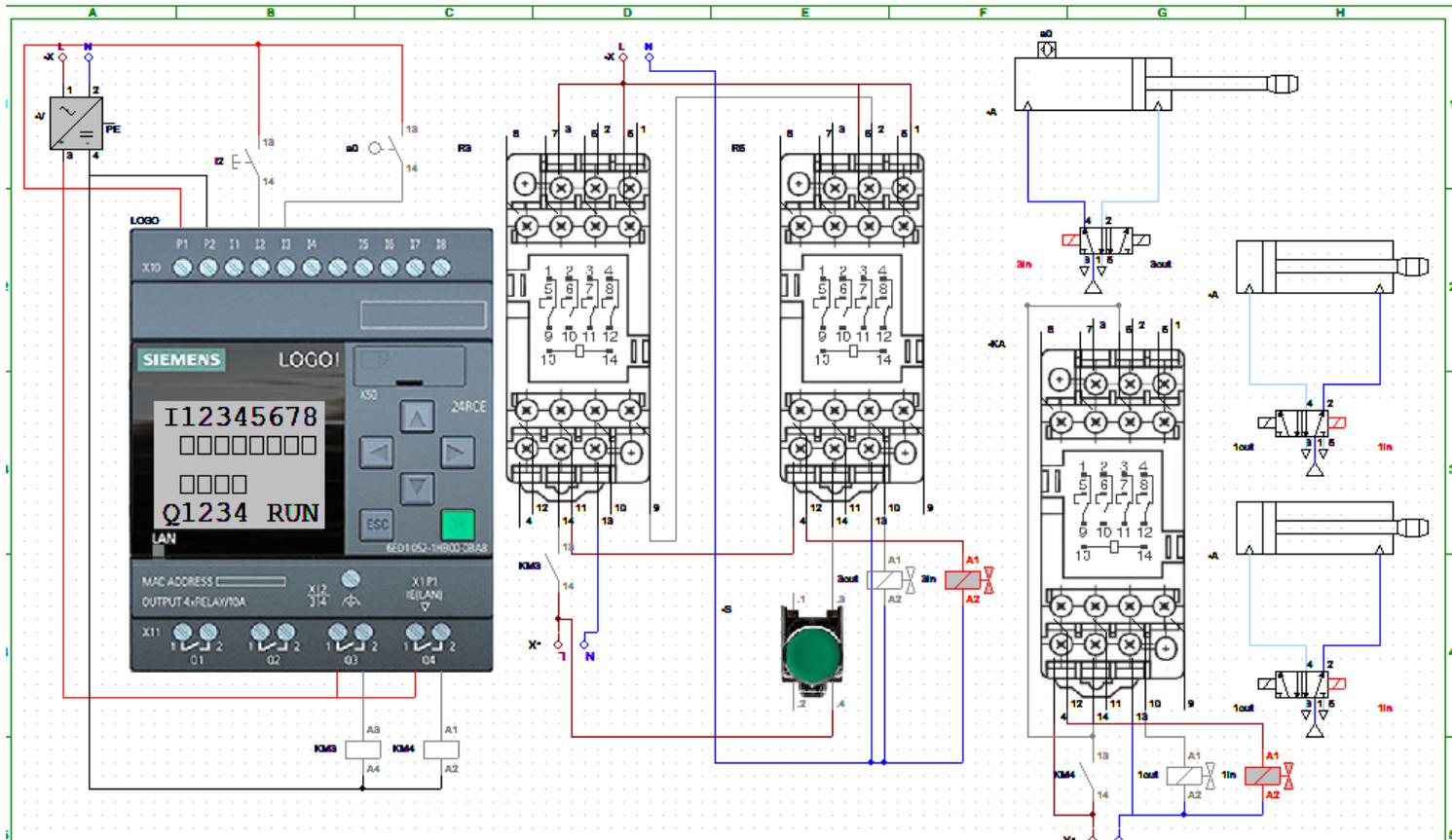
6.2.3 Automatización de Rodamiento

Los rodillos encargados de mover la lámina, actualmente son accionados por medio de una palanca por el operario, esta acción es requerida cada vez que la corredora ha realizado la perforación, por lo que el tiempo que le toma al operario supervisar si es el momento adecuado, también el esfuerzo físico de manipular la palanca constantemente para accionar los rodillos se puede eliminar con la ayuda de un cilindro neumático para automatizar esta operación, permitiendo el desplazamiento hacia delante de la lámina o detener la misma cuando es requerido.

6.2.3.1 Control y Accionamiento de Rodamiento. Una vez los rodamientos dejan de trabajar de forma manual por el operario se debe definir los tiempos en los que se llevara a cabo el accionamiento de estos. Esta operación es requerida por el proceso después de la perforación, para posicionar la lámina en la siguiente posición; utilizando un sensor para definir la etapa previa al rodamiento y gracias a la programación del PLC, el accionamiento del cilindro encargado de manipular la palanca se realizará después de cada perforación.

Figura 18

Simulación para controlar rodamientos



Nota: el esquema de mando muestra la salida Q3 energizando la bobina encargada de accionar la electroválvula que opera el pistón de rodamientos, junto con el diagrama eléctrico y neumático del proceso. Elaborado en CADeSIMU. Fuente: (Elaboración propia. 2021).

El proceso para controlar los rodamientos viene utilizando el mismo principio para controlar el embrague mecánico, esto debido a que, se utiliza el mismo tipo de cilindro para lograr el mismo propósito que es el de accionar una palanca cuando el proceso lo requiere; con la única diferencia que el control es ajeno al proceso anterior ya que, es realizado por el sensor reflectivo que apunta hacia la rueda la cual gira al realizar una perforación.

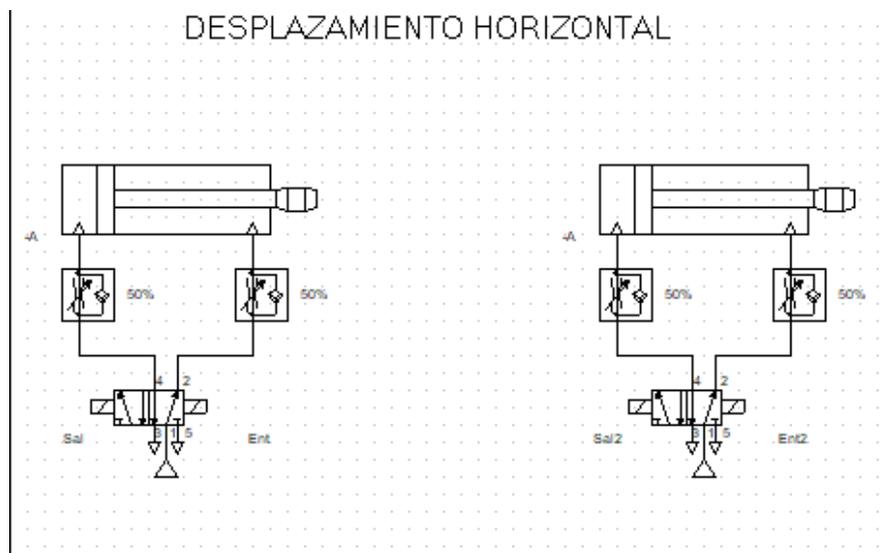
En otras palabras, la diferencia entre los procesos serán los tiempos de activación y desactivación de los cilindros de doble efecto, la cual dependerá de la señal del sensor que se encuentre en cada etapa del proceso.

6.2.4 Automatización del Desplazamiento Horizontal

El desplazamiento horizontal de la estructura móvil que permite realizar la perforación de forma intercalada entre líneas es actualmente realizado por el operador de forma manual y previo a realizar esta operación debe supervisar si el proceso se encuentra en la etapa determinada para hacerlo. En este caso, tomando en cuenta el peso de la estructura móvil y el de la lámina es necesario utilizar dos accionadores neumáticos, esto para eliminar el esfuerzo físico del operador y los tiempos que le toma determinar si es momento o no de hacerlo.

Figura 19

Diagrama neumático con electroválvulas 5/2



Nota: En la figura 20, se observa el diagrama neumático para el control de ambos cilindros de doble efecto, mediante las electroválvulas de 5 vías y 2 posiciones. Elaborado en CADeSIMU

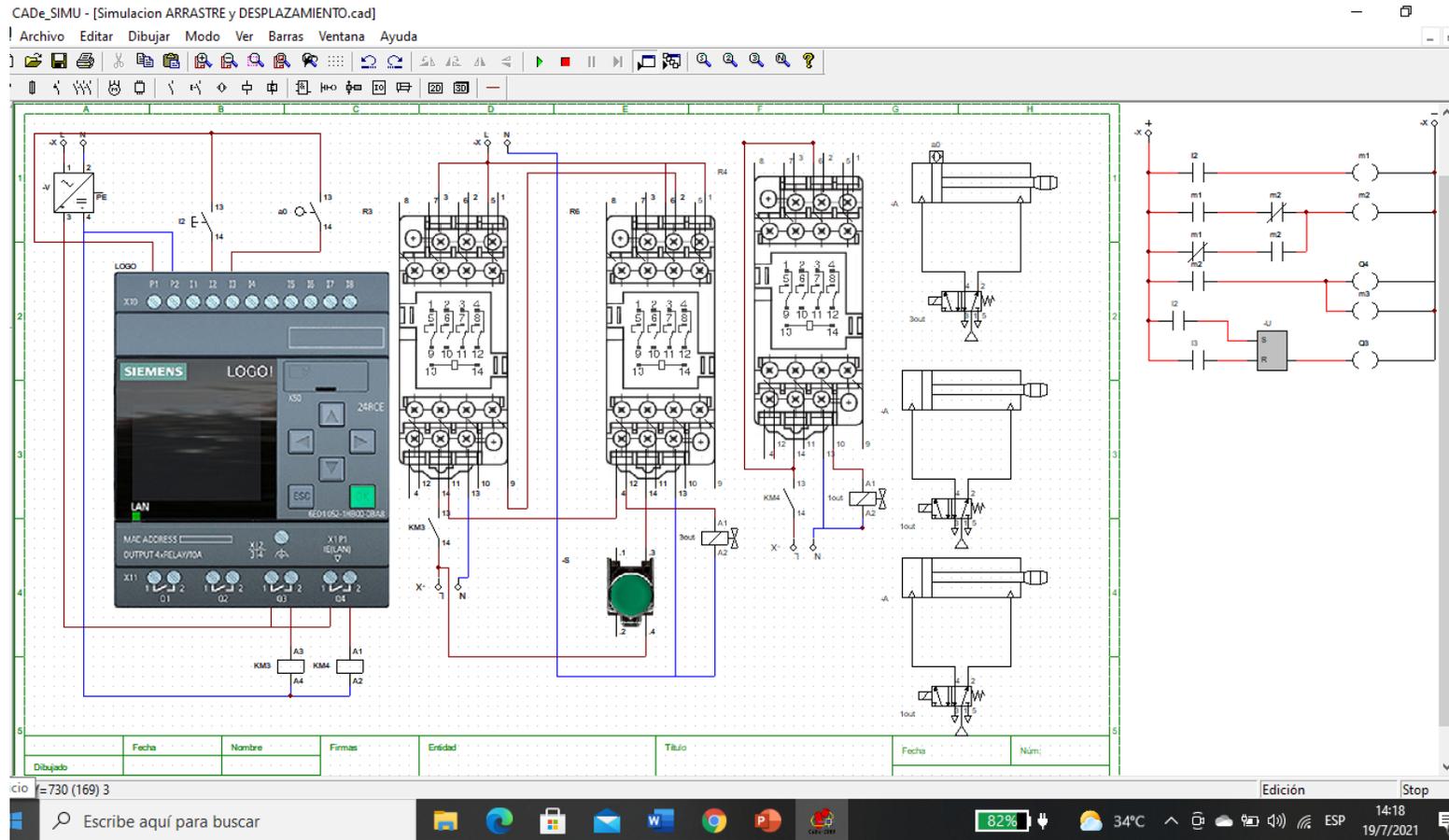
Fuente: (Elaboración propia. 2021)

6.2.4 Control y Accionamiento del Desplazamiento Horizontal. El desplazamiento y el regreso de los cilindros estará controlado por medio de la electroválvula conectada al PLC, la acción de posicionar la lámina de forma horizontal es requerida después de que la operación de perforación y arrastre fue realizada. En este caso, con la ayuda de un sensor podremos notificar al controlador los momentos en los que se requiere el desplazamiento y el regreso de este.

El dispositivo lógico programable se basa en la señal enviada por el sensor para determinar en qué momentos activara la salida Q2, donde se encuentra conectada la bobina del relé de control, estos se utilizan para accionar ambas electroválvulas con una misma señal de salida en Q2.

Figura 20

Simulación para controlar desplazamiento horizontal



Nota: el esquema de mando muestra la salida Q4 energizando la bobina encargada de accionar la electroválvula que opera los pistones del desplazamiento horizontal. Elaborado en CADeSIMU. Fuente: (Elaboración propia. 2021)

6.4 Pruebas

A continuación, se presenta algunas pruebas realizadas durante el análisis del proceso que fueron necesarias para determinar los beneficios del sistema automatizado en comparación al anterior.

6.4.1 Tiempo de Entrega de Pedido

Ahora, para determinar la factibilidad de la maquina automatizada en relación a la manual podemos tomar como ejemplo los pedidos que entrega esta máquina, a saber, un pedido de 100 láminas, se sabe que la máquina perforadora de lámina despacha un total de 2 láminas perforadas en 50 minutos, si se necesitan 100 láminas, se demorara un total de 2500 minutos que equivalen a 41.6 horas de operación, tomando en cuenta una jornada completa de trabajo de 10 horas, le tomaría 4.16 días.

El tiempo que se demora la máquina perforadora trabajando en modo automático para fabricar 2 láminas perforadas le toma 14 minutos, para producir las 100 láminas, se demorara un total de 700 minutos que equivalen a 11.6 horas de operación por que le llevaría a la empresa 1.1 días entregar el pedido.

Esto significa que la maquina con el nuevo sistema automático es capaz de producir tres veces lo que producía anteriormente en el mismo tiempo por ende el consumo de energía también se disminuye como se ve en el siguiente apartado.

6.4.2 Consumo de energía

Durante el tiempo que realiza ciclo de perforación, se determinó que la corriente que circula por una de las líneas de alimentación de la máquina perforadora tiene un pico de 19 A, se sabe también que la tensión aplicada es de 230 V, por tanto, la potencia P está dada por:

$$P = V \times I \quad (1)$$

$$P = 230[V] \times 19[A] \quad (2)$$

$$P = 4,370 [Watts] = 4.37 kWatts \quad (3)$$

De los cálculos de tiempo de entrega de pedido se tiene que la máquina perforadora operando en modo manual se demora 2500 minutos esto es 41.6 horas para entregar un pedido de 100 láminas perforadas, la cantidad de energía que se consume está dada por la potencia multiplicada por el tiempo, como se expresa a continuación:

$$\text{Consumo de Energía (Maquina)} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo} \quad (4)$$

$$\text{Consumo de Energía (Maquina)} = 4.37 [kWatts] \times 41.6 [horas] \quad (5)$$

$$\text{Consumo de Energía (Maquina)} = 181.792 [kWh] \quad (6)$$

Con la máquina perforadora trabajando en modo automático el tiempo disminuye a 11.6 horas para entregar el pedido de 100 láminas perforadoras. Que en consumo de energía se traduce a:

$$\text{Consumo de Energía (Maquina)} = 4.37 [kWatts] \times 11.6 [horas] \quad (7)$$

$$\text{Consumo de Energía (Maquina)} = 50.69 [kWh] \quad (8)$$

$$\text{Consumo de Energía (Compresor)} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo} \quad (9)$$

$$\text{Consumo de Energía (Compresor)} = 2.25 [kWatts] \times 3.82[horas] \quad (10)$$

$$\text{Consumo de Energía (Compresor)} = 8.613 [kWh] \quad (11)$$

Capítulo VII: Viabilidad

La viabilidad de una investigación consiste en estudiar los recursos disponibles para poder implementar un proyecto en una empresa o sobre un área específica con el fin de resolver un problema. Para llevar a cabo todo un proceso de automatización, se debe determinar que tan factible resulte su aplicación, al evaluar varios factores como operacionales, económicos y de mercado.

7.1 Viabilidad Operacional

La viabilidad operacional es la menos técnica pero sí la más importante. Esta consiste en analizar si los problemas de la empresa se pueden resolver con la implementación del proyecto.

A continuación se menciona algunos de los cambios y beneficios operativos que se obtendrían en la automatización de la máquina perforadora de la lámina, los mismos que ayudarán a comprender que la automatización posee más ventajas que desventajas.

7.1.1 Progreso en la calidad de trabajo

La automatización asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso. Antes los operadores debían estar pendientes del trabajo de todas las distintas etapas que formaban parte del proceso, además de determinar el tiempo adecuado en el que cada uno debe actuar. Ahora con la automatización de la máquina perforadora de lámina, el operador solo necesita iniciar la máquina, así el controlador es el que controla el proceso desde el principio hasta el final, permitiendo que el operador pueda desempeñarse con tranquilidad en otras actividades de la empresa.

7.1.2 Mejora en las condiciones de trabajo del personal

Durante la jornada laboral, los operadores pueden estar sometidos a un alto nivel de demanda física como trabajos tediosos y repetitivos, posturas estáticas, aplicación de fuerzas, manipulación de cargas o desplazamientos, que a largo plazo pueden resultar en serios problemas de salud como fatiga física, dolor, lesiones en un nivel que podrían incapacitar a la persona para la ejecución del trabajo.

La automatización resulta beneficiosa para el operador, ya que lo libera de ejecutar trabajos penosos, repetitivos y en posiciones muchas veces forzadas, permitiéndoles desempeñarse en un ambiente tranquilo y seguro. Los operadores en ambientes automatizados, podrán organizar mejor su tiempo y tareas trayendo entre otras cosas aumento en la seguridad de las instalaciones, protección de los trabajadores e incremento en la productividad.

7.1.3 Mantenimiento y Solución de Problemas

Dentro de los beneficios que brinda la automatización se encuentra la factibilidad de mantenimiento y solución de problemas, procesos que mejoran considerablemente. Para este proyecto, por ejemplo, se cuenta con 6 relés, un contactor, 2 sensores y el PLC. Si algo llegara a fallar se detectaría fácilmente el problema debido al reducido número de componentes. EL mantenimiento se puede simplificar de la tal forma que el operario para realizarlo, obteniendo una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo y se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.

7.1.3 Tiempo Empleado en el Proceso

El hecho de que el operador controle todo el proceso, representa que deba estar supervisando el proceso todo el tiempo, para realizar los accionamientos de las diferentes palancas involucradas en el proceso y cerciorarse que son los tiempos adecuados en los que debe

actuar. Se determinó que el tiempo empleado por el operador para realizar todas estas actividades en modo manual es de 25 minutos por proceso. Este valor disminuye considerablemente a 7 minutos si se efectúa el proceso de manera automática.

7.2 Viabilidad Económica

Toda empresa necesita establecer un estudio económico, cuyo objetivo sea el de proporcionar una medida de la rentabilidad de un proyecto, mediante la comparación de los costos previos con los beneficios obtenidos luego de la aplicación del mismo. Con esto se tendrá una idea de los recursos económicos necesarios para la elaboración y conclusión del proyecto. Los costos del proyecto y los beneficios del mismo pueden ser medidos en forma económica, el costo total del proyecto haciende a 25,069.00 con esto en mente se debe realizar un análisis costo-beneficio para determinar la rentabilidad del proyecto.

Tabla 7. 1

Costos de equipos de proceso

Cantidad	Detalle	Valor Unitario	Valor Total
1	PLC LOGO! 12/24RCE	2,500.00	2,500.00
1	Contactador trifásico/monofásico	600.00	600.00
6	Relé 24VDC	264.00	1,584.00
3	Electroválvula neumática 5/2	2,400.00	7,200.00
4	Cilindro neumático doble efecto EA0277A1⊗ 1½x4	1,800.00	7,200.00
1	Sensor Fotoeléctrico BR100-ddt	1,800.00	1,800.00
1	Sensor inductivo de proximidad Norgren CS8-2-04	1,320.00	1,320.00
1	Fuente de voltaje 110/220 24VDC	1,920.00	1,920.00
3	Pulsadores normalmente abiertos 22mm	315.00	945.00
TOTAL			25,069.00

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

La empresa Mecanizaciones Motagua dispone de un operador encargado de realizar el proceso, el cual recibe la cantidad de 1,000 lempiras por pedido debido a un acuerdo entre la gerencia y el operador, esto se debe a que el operador desarrolla otras actividades dentro de la empresa a cambio de un sueldo base.

La automatización del proceso resultaría para la empresa un ahorro 1,000 lempiras por pedido, puesto que las funciones que antes eran requeridas para llevar a cabo el proceso serán realizadas por los dispositivos integrados y no por el operador. Una vez automatizado el proceso la tarea de supervisión del proceso podrá ser realizada por el operador como una de las actividades habituales que se presentan en la empresa por el mismo sueldo mencionado anteriormente.

En la tabla 7.2, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el apartado anterior, para verificar las ventajas que conlleva la implementación de un proceso automático contra un proceso manual.

Tabla 7. 2

Resultados de las pruebas

Características	Modo Manual	Modo Automático
Tiempo Empleado en el Proceso	25 minutos	7 minutos
Tiempo de Entrega de Pedido	4.16 días	1.1 días
Consumo de Energía por pedido	181.792 kWh	59.303 kWh

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Según el resultado de las pruebas realizadas en el capítulo anterior demuestra que la máquina perforadora en modo manual es altamente superada por la maquina en modo automático debido a que el consumo de energía es de 122.489 kWh menos. Esto representa un ahorro considerable de energía para la empresa con la implementación del nuevo sistema.

Para calcular un valor estimado del costo monetario en energía que representa para la empresa el funcionamiento de la máquina en el mes se debe tomar en cuenta los pedidos que esta es capaz de entregar en este periodo de tiempo, mientras la maquina funciona de forma manual la empresa es capaz de cumplir con 4 pedidos de lámina perforada al mes por lo que el valor del consumo de energía por pedido al mes seria de 727.16 kWh.

$$\text{Costo mensual} = \text{Consumo de energía mensual} \times \text{Valor de kWh} \quad (12)$$

$$\text{Costo mensual} = 727.16 \text{ kWh} \times 4.46 \text{ kWh} \quad (13)$$

$$\text{Costo de energía mensual} = 2,908.67 \text{ Lps} \quad (14)$$

Con la automatización implementada, el consumo de energía por pedido es de 59.303 kW/h por lo que el costo de energía consumida en el mes para la empresa para cumplir con los 4 pedidos sería de 237.212 kW/h.

$$\text{Costo mensual} = \text{Consumo de energía mensual} \times \text{Valor de kWh} \quad (15)$$

$$\text{Costo mensual} = 237.212 \text{ kWh} \times 4.46 \text{ kWh} \quad (16)$$

$$\text{Costo de energía mensual} = 1,057.97 \text{ Lps} \quad (17)$$

Esto representa un ahorro para la empresa de 1,850.70 lempiras mensual con la implementación del nuevo sistema más el ahorro de 4,000 lempiras que se le entregaba al operador debido al acuerdo con la gerencia, tomando en cuenta que en un mes despachaba 4 pedidos.

El retorno de la inversión de 25,069 lempiras, con los resultados mencionados anteriormente debido al ahorro para la empresa de 5,850.70 lempiras mensuales en costos de energía y operación se podría recuperar la inversión en los primeros 4 meses de producción aproximadamente, partiendo del hecho que la empresa entregaría cuatro pedidos mensualmente.

Al contar con un sistema automatizado integrado por un número reducido de componentes los costos de mantenimiento que necesitaba la máquina anteriormente se reducen significativamente a solo el mantenimiento anual de los cilindros y la revisión de todos los elementos periódicamente, algo que puede ser realizado por el operador.

7.3 Viabilidad de Mercado

Nos ayuda a determinar el espacio que un producto o servicio desempeña en el mercado, analizando diferentes características como los clientes actuales, la competencia para determinar la factibilidad y éxito de cualquier producto. (Malhotra, 2008)

El producto que fabrica la máquina perforadora de lámina cuenta con demanda en la zona, ya que la empresa se encuentra ubicada en unas las regiones más cafetaleras del país, por lo que, existe un gran número de clientes en la zona y alrededores para este producto.

Son pocas las empresas que tienen a disponibilidad tal producto, durante años la empresa se ha logrado posicionar como una de las favoritas en el sector agrícola para obtener los productos fabricados por la empresa, esto, gracias a la calidad de los mismos.

La automatización del proceso para la fabricación de lámina perforada para camisas de despulpadoras, brinda a la empresa la capacidad de cumplir con pedidos de clientes a nivel nacional y no solo regional como venía funcionando anteriormente de forma limitada.

Capítulo VIII: Aplicabilidad

La aplicabilidad es el grado en el cual el contenido de este informe puede aplicarse a otro estudio y situación, es decir, el empleo, administración o poner en práctica un conocimiento, medida o principio, a fin de tener un determinado efecto o rendimiento en algo. (Carrasco Diaz, 2019)

8.1 Análisis de Mercado

Un análisis de mercado proporciona información de las distintas variables del mercado como los clientes, los competidores y las distintas industrias. El estudio del mercado permite determinar la relación entre la oferta y la demanda de un determinado producto o servicio.

8.1.1 Análisis de la Demanda

El análisis de la demanda es el proceso de entender la demanda de los consumidores hacia un producto o servicio en un mercado objetivo. Las técnicas de análisis se utilizan para abrir camino a un mercado exitosamente y generar los resultados esperados. (Torres, 2020)

La demanda que existe en el mercado global para la automatización industrial fue dominada por Europa representando el 51% de participación en el 2014 y probablemente, seguirá comandando el negocio de la automatización.

Un estudio reciente realizado por MarketsandMarkets señala una tasa media de crecimiento anual del 4.88% en el periodo 2016-2022, lo que deberá representar 153.300 millones de dólares. La demanda se centra fundamentalmente en productos para conseguir una mayor eficiencia de la producción, la optimización de recursos y la utilización de Internet Industrial permitiendo el análisis de datos en tiempo real y el mantenimiento predictivo. Según el estudio, la región Asia-Pacífico tiene el mayor potencial de crecimiento, con una fuerte demanda por parte la automatización de la industria del automóvil china.

8.1.2 Análisis de la Oferta

Luego de haber realizado la investigación respectiva previa a la implementación del sistema automático en el sector de La Entrada Copan, concluimos que, en esta comunidad no existen empresas dedicadas a este tipo de servicios.

Al hablar de oferta competitiva podemos mencionar que a nivel nacional existen empresas que se dedican a brindar este tipo de servicio. La cual se encargan de contribuir de forma integral al proceso de Automatización Industrial, con calidad y eficiencia, incrementando y fortaleciendo el nivel competitivo con soluciones a punto.

Es importante mencionar que aparte de estas empresas dedicadas a ofrecer el servicio de automatización de procesos existen personas que se dedican a realizar este tipo de trabajos, pero no se encuentran registrados como empresas independientes, de igual forma se han tomado en cuenta para el análisis de empresas a nivel nacional.

8.1.3 Análisis de Precios

Se define como precio a la cantidad monetaria a la que están dispuestos a vender, y los consumidores a comprar un bien o servicio, cuando la oferta y la demanda están en equilibrio. (Baca Urbina, 2010)

Para poder determinar el precio del servicio se tienen que tomar en cuenta que la base de todo precio es el costo de producción, administración y ventas, es importante mencionar que para esta clase de servicio el precio dependerá en gran parte al tipo de automatización que se desea realizar y al tamaño de la misma.

Los costos de instalación y el equipo a utilizar no están sujetos a un precio base, debido a que los procesos que se busca automatizar no siempre serán los mismos y cada uno dependerá de las distintas etapas que lo conformen.

Si bien en un mercado competitivo, los precios de venta son determinados por el mercado, y no por los costos, en el caso particular de este servicio no podría estar definido como un estándar a cobrar por cualquier trabajo, debido a que el precio estará en función del tamaño de la automatización, la complejidad del diseño, cantidad de materiales que en esta se inviertan y la calidad de los mismo.

8.1.4 Análisis de la Comercialización

La comercialización es la actividad que permite al productor ofrecer un bien o servicio al consumidor con los beneficios del tiempo y lugar, es decir, es la forma en la cual el productor promociona su producto en un sitio y momento adecuado.

Los canales de comercialización que utilizan las empresas destinadas a la automatización de procesos se llevan a cabo por medio de sitios web, redes sociales o anuncios publicitarios. Las empresas pioneras en este rubro, reciben la mayor parte de sus clientes gracias al marketing boca a boca, el cual consiste en generar una conversación natural sobre un producto o compañía. Esto gracias a la confianza y satisfacción que han generado a los clientes durante años.

8.2 Estudio Técnico

El estudio técnico pretende resolver las preguntas referentes a donde, cuanto, cuando, como y con que producir lo que se desea, por lo que el aspecto técnico operativo del proyecto comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del propio proyecto. (Baca Urbina, 2010)

8.2.1 Análisis y determinación de la localización optima del proyecto.

La localización optima de un proyecto es la que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital u obtener el costo unitario mínimo. Su objetivo general es determinar el sitio donde se llevará a cabo.

En este caso, ya que estamos hablando de un proyecto de inversión el cual tiene como objetivo ofrecer el servicio de automatización de procesos se debe evaluar la localización más óptima y rentable para la empresa, por lo que se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

8.2.1.1 Macro localización. Cuando hablamos de macro localización tiene el propósito de encontrar la ubicación más ventajosa para el proyecto, esto se refiere a cubrir las exigencias que se presentan contribuyendo a minimizar los costos de inversión y gastos.

Consiste en decidir la zona general en donde se instalará la empresa o negocio, es por esto que se ha determinado que sea la zona occidental del país, ya que no existe empresas dedicadas a este rubro en esa zona.

8.2.1.2 Micro localización. Para la micro localización se elige el punto preciso, dentro de la macro zona, en donde se ubicará la empresa o negocio, este análisis tiene el propósito de seleccionar la comunidad y el lugar exacto para instalar la empresa.

Tomando en cuenta que esta ubicación permita cumplir una alta rentabilidad, ya habiendo evaluado la localización urbana, sub urbana y rural se determinó que la ubicación precisa de la empresa estaría en La Entrada Copan, en un edificio de locales que se encuentra frente al boulevard internacional de la carretera centroamericana CA4.

8.2.2 Análisis y determinación del tamaño óptimo del proyecto.

El tamaño óptimo de un proyecto busca determinar, la solución que maximice el valor actual neto de las opciones en el análisis de un proyecto. El análisis para la determinación del tamaño del se puede analizar partiendo de una demanda constante, para este caso, ya que se supone que los beneficios son constantes cualquiera sea la configuración tecnológica que logre satisfacer el nivel de demanda que se espera.

El tamaño del proyecto es determinado por el número de empleados que conforman la empresa, en este caso, se determinó que la empresa sería capaz de funcionar de manera óptima valiéndose de cuatro empleados. El papel de los cuatro empleados estará determinado por dos técnicos, un ingeniero y el contador de la empresa, cabe mencionar que existe la opción de contratar una persona más en temporada alta, pero este no formará parte de los cuatro integrantes que se mencionó al principio ya que no será de tiempo completo.

8.2.3 Análisis de la disponibilidad y el costo de suministros e insumos.

Su objetivo es resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento del proyecto, desde la adquisición del equipo y la maquinaria hasta los suministros e insumos necesarios para el funcionamiento de la planta. (Baca Urbina, 2010)

Debido al tipo de servicio que se ofrece la disponibilidad y el costo de suministros e insumos es variable, ya que, el equipo necesario para realizar una automatización de procesos es determinado por el tipo de proceso que se va automatizar.

Esto hace que el análisis de los costos sea difícil de determinar, esto se debe a que el servicio está sujeto a cambios desde el tipo de equipo que se requiere hasta la mano de obra necesaria para llevarlo a cabo, dependiendo el tamaño del proyecto.

8.2.4 Identificación y descripción del proceso.

La automatización de procesos se realiza a través de un ciclo con diferentes pasos o etapas, veamos a continuación cada uno de ellos.

8.2.4.1 Definir la información clave y actividades. Para automatizar un proceso primero debemos identificar y definir toda la información necesaria e importante, para esto es necesario que el proceso esté completamente definido y documentado.

8.2.4.2 Diseño de la estrategia de automatización. La automatización de un determinado proceso implicara la implementación dentro de la organización de nuevas herramientas. Para esto se debe tomar en cuenta todas las consecuencias de los errores y retrasos en el proceso, el presupuesto, y las personas involucradas en el proceso.

8.2.4.3 Implementación. Al implementar la automatización deberá intervenir personal calificado para realizar las tareas de instalación y configuración. También es importante que esté presente los interesados en la automatización en caso de tener sugerencias durante se esté implementando.

8.2.4.3 Revisión del proceso ya automatizado. Cuando el sistema esta implementado en su totalidad, y se ha estabilizado es recomendable verificar las distintas etapas que funcionen de acuerdo a lo planeado.

8.2.5 Determinación de la organización humana y jurídica que se requiere para la correcta operación del proyecto.

8.2.5.1 Registro mercantil de la empresa. El registro de la empresa, esto se hace en las diferentes cámaras de comercio. Los requisitos para realizar el registro mercantil como sociedades son: Escritura de la empresa, RTN de los socios, cedula de identidad de los socios, copia de un recibo público con dirección exacta del lugar donde se ubica la empresa.

8.2.5.2 Registro tributario nacional (RTN). El siguiente paso después del registro mercantil, se debe realizar el trámite de solicitud del RTN en el Servicio de Administración de Rentas (SAR). Los requisitos para solicitud el registro tributario nacional numérico es: Formulario DEI-410“Declaracion Jurada de Inscripciones e Inicio de Actividades” y la copia de la Tarjeta de Identidad.

8.2.5.3 Solicitud del permiso de operación. Este trámite se realiza en la municipalidad y el tiempo va depender, pero puede tardar hasta 6 meses o más. (Municipalidad de San Pedro Sula, 2019)

8.3 Estudio Económico

El estudio económico figura de manera sistemática y ordenada la información de carácter monetario, en resultado a la investigación y análisis efectuado en el estudio técnico; que será de gran utilidad en la evaluación de la rentabilidad económica del proyecto. (Baca Urbina, 2010)

8.3.1 Costos de Producción y Operación

Los costos de producción y operación son todos aquellos gastos invertidos por la empresa, para obtener los recursos utilizados en la producción y distribución del producto.

8.3.1.1 Materia Prima. La lamina de cobre lisa es el elemento principal para llevar a cabo el producto, ya que, para este proyecto solo requerimos de este elemento el cual es procesado por la máquina para obtener un producto final.

8.3.1.2 Costos de insumos. El consumo energético se determinó utilizando los datos obtenidos en el apartado de resultados, se tiene que el costo en energía eléctrica para entregar 400 unidades es de 761.4 lempiras al mes. Como parte de los insumos se considera el aire brindado por el compresor el cual es necesario para que los pistones puedan trabajar.

8.3.1.3 Mano de obra indirecta. Para que el proyecto opere de forma óptima solo es necesario la supervisión del operador el cual no representa un gasto extra para la empresa ya que esta actividad la realiza como parte de las otras actividades de su día laboral.

8.3.2 Inversión total inicial

La inversión total inicial son todos los gastos que se efectúan para la adquisición de determinados factores o medios productivos, los cuales permiten implementar una unidad de producción.

La tabla 8.1 se enlista los factores tomados en cuenta para el presupuesto de inversión que da un total de 34,670.427.

Tabla 8. 1

Presupuesto de inversión

Inversión		
	Costos directos	Monto Lps
Equipo comprado (Tabla 7.1)	25,069.00	
Instalación de equipo comprado (10% de valor de equipos)	2,506.9	
Instalación eléctrica (33% valor de instalación de equipo)	827.277	
Total de costos directos		28,403.67
	Costos indirectos	
Supervisión e ingeniería (25% del valor de equipos)	6,267.25	
Total de costos indirectos		6,267.25
Capital de inversión		34,670.427

Fuente: (Elaboración propia. 2021)

8.3.3 Punto de Equilibrio

El punto de equilibrio muestra una situación en la cual la empresa ni gana ni pierde, y se realiza para determinar los niveles más bajos de producción o ventas a los cuales puede funcionar un proyecto sin poner en peligro la viabilidad financiera. (Vaquiro, 2019)

Para calcularlo es necesario descomponer los costos fijos y variables, se sabe que los costos fijos permanecen constantes, independientemente del volumen de producción mientras que los variables guardan relación con el volumen de producción.

En la siguiente tabla se descomponen los distintos costos necesarios para el cálculo del punto de equilibrio.

Tabla 8. 2*Costos para calcular el punto de equilibrio*

Materiales	Costo Unitario (Lps)	Costo de un pedido	Tipo de Costo
Lamina	1,630.43	652,172	Variable
Energía	2.64	1,057.97	Variable
Sueldo		8,000.00	Fijo
	Total (Costo Total)	661,230	
	Costo Unitario	1,653.07	
Costo Variable Total	653,230		
Costo V. Unitario	1,633.07		
Costo Fijo Total	8,000		
Costo Fijo Unitario	20.00		
Precio Venta Unitario	7,000		

Fuente: (Elaboración propia. 2021)

El punto de equilibrio se puede calcular tanto para unidades como para valores en dinero.

Algebraicamente el punto de equilibrio (PE) para unidades en un mes, se puede calcular así:

$$PE_{unidades} = \frac{\text{Costo Fijo}}{\text{Precio Venta unitario} - \text{Costo Variable unitario}} \quad (4)$$

$$PE_{unidades} = \frac{8,000}{7,000 - 1,633.07} \quad (5)$$

$$PE_{unidades} = \frac{8,000}{5,366.93} \quad (6)$$

$$PE_{unidades} = 1.49 \quad (4)$$

Es decir, se tendrán que vender 1.49 unidades en él mes para poder cubrir costos operativos y así poder comenzar a generar utilidades.

8.3.4 TIR (Tasa Interna de Retorno)

La tasa interna de retorno, es la tasa que iguala el valor presente neto a cero, también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje. (Vaquiro, 2019)

De esta manera se puede decir entonces que la TIR es el rendimiento de la inversión que recibe la empresa por haber realizado el proyecto.

8.4 Creación de Prototipo

En esta parte se detalla los distintos pasos o procedimientos que se tuvieron que llevar a cabo para dar inicio con la implementación del sistema hasta su culminación.

8.4.1 Diseño del programa

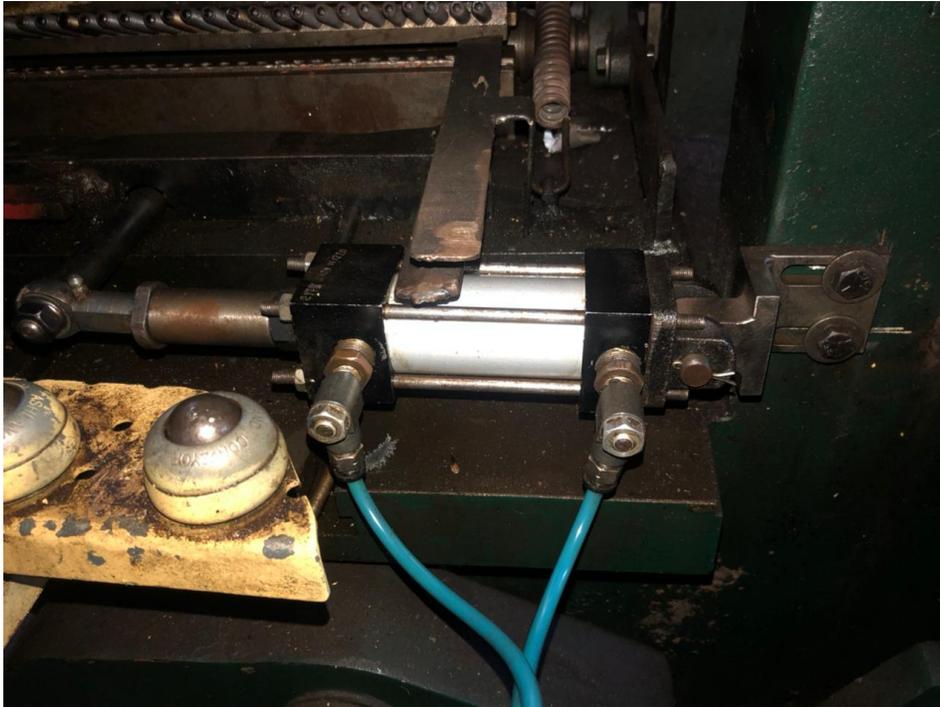
Lo más importante antes de iniciar con la implementación del nuevo sistema, es diseñar un programa capaz de realizar el proceso de forma automática valiéndose de todos los elementos que se mencionan a continuación. De esta forma, una vez definidos los nuevos elementos de control se inicia la creación del programa haciendo uso de simuladores para interpretar la información de los sensores y de esta forma activar los accionadores para realizar el proceso esperado.

8.4.2 Instalación de accionadores y pre accionadores.

Se determinó la posición más óptima de los pistones para que realicen el movimiento de forma adecuada para evitar daños de los mismos, así como la ubicación de los sensores que definirán la activación de estos mismos. Una vez determinada la mejor ubicación para los cuatro pistones del nuevo sistema se precedió a la instalación de los mismos, utilizando tornillos para fijar cada uno de ellos, de esta manera, es más fácil extraerlos cuando se requiera.

Figura 21

Pistón de doble efecto para desplazamiento horizontal



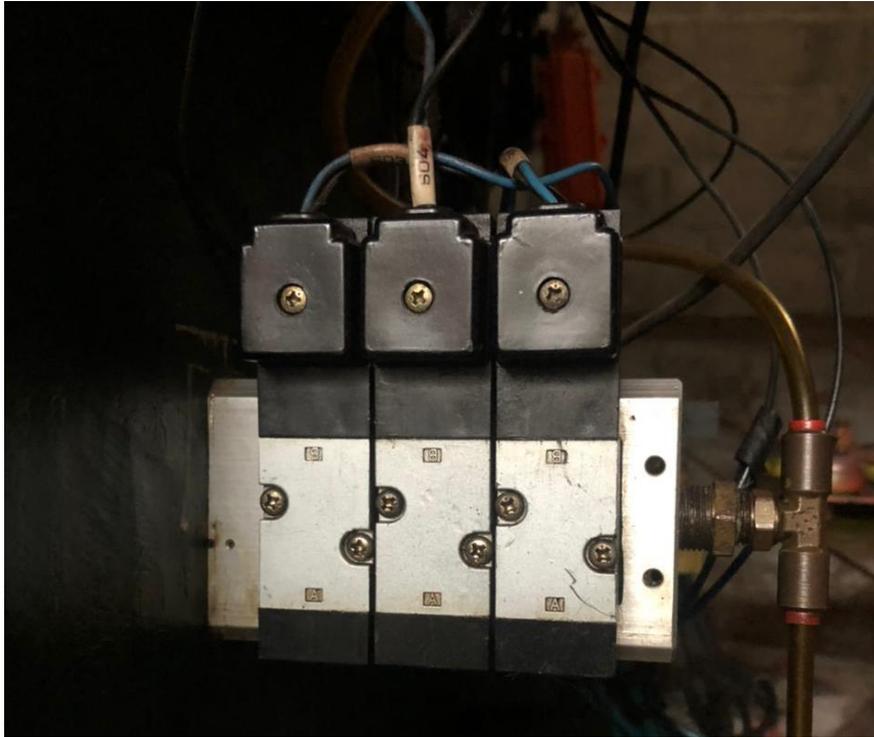
Nota: Como se observa en la figura 22, se ubicó de forma horizontal para simular el movimiento realizado por el operador anteriormente, generando el desplazamiento horizontal necesario.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

El siguiente paso fue posicionar las electroválvulas cercanas a la estructura de la máquina para el ahorro de materiales, esto se logró gracias al uso de un distribuidor de vías el cual necesito fabricarse una especie de marco de metal para ser añadido a la máquina y de esta forma permitir extraerlo cuando sea necesario. Cuando los accionadores y pre accionadores se encuentran ubicados se precedió a realizar la conexión entre ambos.

Figura 22

Electroválvulas 5/2 instaladas en la maquina



Nota: Como se observa en la figura 23, se utilizaron tres electroválvulas de 5 vías y 2 posiciones para controlar los cuatro cilindros de doble efecto. Fuente: (Elaboración propia, 2021)

8.4.3 Instalación de los elementos de control

Los elementos de control para este sistema son conformados por el dispositivo lógico programable, los relés y el contactor, en este caso son los dispositivos más importantes del sistema por lo que deben estar en un ambiente seguro, por esta razón se utilizó un tablero eléctrico para tenerlos en su interior con la ayuda de rieles para ubicarlos de manera fija.

Figura 23

Tablero de control de máquina perforadora



Nota: En la figura 24 se puede observar los dispositivos de control de la máquina, el dispositivo lógico programable, el contactor y los relés. Fuente: (Elaboración propia, 2021)

8.4.4 Instalación Eléctrica

Cuando todos los elementos del nuevo sistema se encuentran posicionados listos para su conexión, se procedió a realizar las conexiones eléctricas de cada uno de ellos. La alimentación de todo el sistema está definida por un conjunto de interruptores el cual deben ser accionados antes de iniciar a operar la máquina.

Aparte de las interconexiones que existe entre los dispositivos, cada uno de estos debe ser alimentado por lo que se utilizó la fuente de voltaje para que todo el sistema cuente con un determinado voltaje.

Capítulo IX: Conclusiones

En este apartado el autor ofrece al lector una perspectiva definitiva de los diferentes aspectos que se evaluaron, lo que se esperaba y lo que se logró con la culminación del proyecto.

- El objetivo general del proyecto fue cumplido a cabalidad puesto que se elaboró paso a paso cada una de las actividades propias de una automatización, esto es, el diseño y la implementación de un sistema de control automático basado en el PLC SIEMENS LOGO para la máquina perforadora de lámina perteneciente a la empresa Mecanizaciones Motagua S.A.
- Para llevar a cabo la automatización es importante conocer ampliamente el proceso que realiza la maquina con la que se va a trabajar, determinar las etapas que requieren de acciones simultaneas propias del proceso para programar la lógica de control que fue guardada en el PLC y que al ser ejecutada y puesta en marcha con los demás dispositivos cumplió los requerimientos del proceso.
- Dentro de los beneficios que trajo la automatización se encuentra la facilidad de mantenimiento debido a los pocos componentes necesarios para integrar el sistema, una falla se detectaría fácilmente simplificando el mantenimiento de modo que el operario pueda realizarlo obteniendo una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo y se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- Se pudo verificar un aumento en la productividad con la automatización del proceso, ya que, la maquina necesita menos tiempo para llevarlo a cabo y de esta forma es capaz de producir más en el mismo tiempo que le tomaba anteriormente, eliminando los desperdicios de materia prima gracias a la precisión del nuevo sistema.

- Los factores que se tomaron en cuenta al principio de la investigación fueron de vital importancia durante del desarrollo del proyecto debido a que estaban presentes en las diferentes etapas de la investigación y la implementación del mismo.
- Se elaboró un documento incluyendo el diseño, la implementación, el análisis y los resultados que fueron necesarios para culminar el proyecto, redactado de forma sencilla y clara para todas las personas que no tengan conocimiento amplio del área estudiada.
- Durante la elaboración de este proyecto, se obtuvo un mayor conocimiento en lo que es la automatización y la aplicación de la misma a nivel industrial gracias a las ventajas que brinda. También los conocimientos de los diferentes elementos que se utilizaron para implementar el sistema, mismos que son ampliamente utilizados en la industria.

Capítulo IX: Recomendaciones

Las recomendaciones constituyen un apartado que va de la mano con las conclusiones de la investigación a diferencia de estas, las recomendaciones son algunas sugerencias por parte del autor que se originaron durante la realización del proyecto.

- Antes de realizar cualquier tipo de conexiones o cambios al controlador del sistema se recomienda hacerlo mientras se encuentre apagado, si se desea realizar un cambio a la programación del PLC debe encontrarse detenido de lo contrario no lo permitirá.
- Es importante seguir las recomendaciones de uso y aplicación de los diferentes elementos del sistema y conocer su funcionamiento para evitar que un error de instalación o la aplicación incorrecta resulte en una inversión adicional.
- Otro aspecto a tomar en cuenta para que el proceso se lleve a cabo de la mejor forma sin generar inconvenientes, es utilizar los niveles de voltaje adecuados para las señales de entradas y salidas del PLC según las especificaciones de este.
- Se recomienda una buena implementación de elementos de calidad, simular y probar los dispositivos de forma individual y luego en conjunto para descartar errores una vez montado el sistema.

Capítulo X: Bibliografía

- Baca Urbina, G. (2010). *Evaluacion de Proyectos*. Mexico D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V.
- Bernal, C. (2006). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico: Ed. Pearson.
- Carrasco Diaz, S. (2019). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*. San Marcos E I R LTDA.
- Enriquez Harper, G. (2003). *PROTECCION DE INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES*. Distrito Federal: LIMUSA, S.A de C.V.
- Estrada Roque, J. (2012). Sensores Fotoelectricos. *Logicbus SA de CV*, 1-2.
- Fernandez Alazte, O. (2017). *Codifo Electronica*. Obtenido de Que es un PLC siemens LOGO?: <http://codigoelectronica.com/blog/que-es-un-plc-siemens-logo>
- FESTO. (2017). Obtenido de Catalogo de Productos Festo Peru:
- Garcia Higuera, A. (2005). *El Control Automatico en La Industria*. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- Garcia Moreno, E. (1999). *Automatizacion de Procesos Industriales*. Universitat Politecnica de Valencia.
- Gutierrez Hinstroza, M. D., & Iturralde Kure, S. A. (2017). *Fundamentos Basicos de INstrumentacion y Control*. UPSE.
- Malhotra, N. (2008). *Investigacion de Mercados*. Mexico: Pearson Education.
- Mendiburu, H. A. (2003). *Automatizacion Medioambiental*.
- Millan Teja, S. (1996). *Automatizacion Neumatica y Electroneumatica*. Marcombo.
- Nieto , V. E. (2013). *Mantenimiento industrial practico*. Fisetes Ediciones.
- Ogata, K. (1997). *Ingenieria de control moderna*. Prentice Hall.

Orozco Gutierrez, A. A., Guarnizo Lemus, C., & Holguin Londoño, M. (2008). *Automatismos Industriales*.

Perez Porto, J., & Medino, M. (2014). *Definicion.de*. Obtenido de Definicion de relay:

<https://definicion.de/relay/>

Piedrafita Moreno, R. (2004). *Ingeniería de la Automatización Industrial*. Mexico.

Rodriguez Fernandez, J., Cerda Filiu, L. M., & Sanchez-Homeros, R. B. (2014). *Automatismos industriales*. Parainfo, SA.

Rodriguez Peñuelas, M. (2010). *Metodos de Investigacion*. Universidad Autonoma de Sinaloa.

Rodriguez, M. (19 de 03 de 2013). *Revistadigital*. Obtenido de Diferencia entre reles y contactores: <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/diferencia-reles-contactoress/>

Siemens. (Mayo de 2015). *Catalogo General de Productos*. Obtenido de

<https://www.nalelectricos.com.co/archivos//Catalogo-Siemens%20.pdf>

Torres, D. (06 de Octubre de 2020). *Qué es un análisis de la demanda y cómo hacerlo en tu empresa (incluye ejemplos)*. Obtenido de Blog.hubspot.es:

<https://blog.hubspot.es/sales/analisis-demanda>

Vaquiroy, J. D. (03 de Diciembre de 2019). *PYMES FUTURO*. Obtenido de El Punto de

Equilibrio: <https://pymesfuturo.com/puntodeequilibrio.htm>

Velasquez, J. (2005). Los sensores en la produccion. *Perfiles de Ingenieria de la universidad*

Ricardo Palma, 112-116.

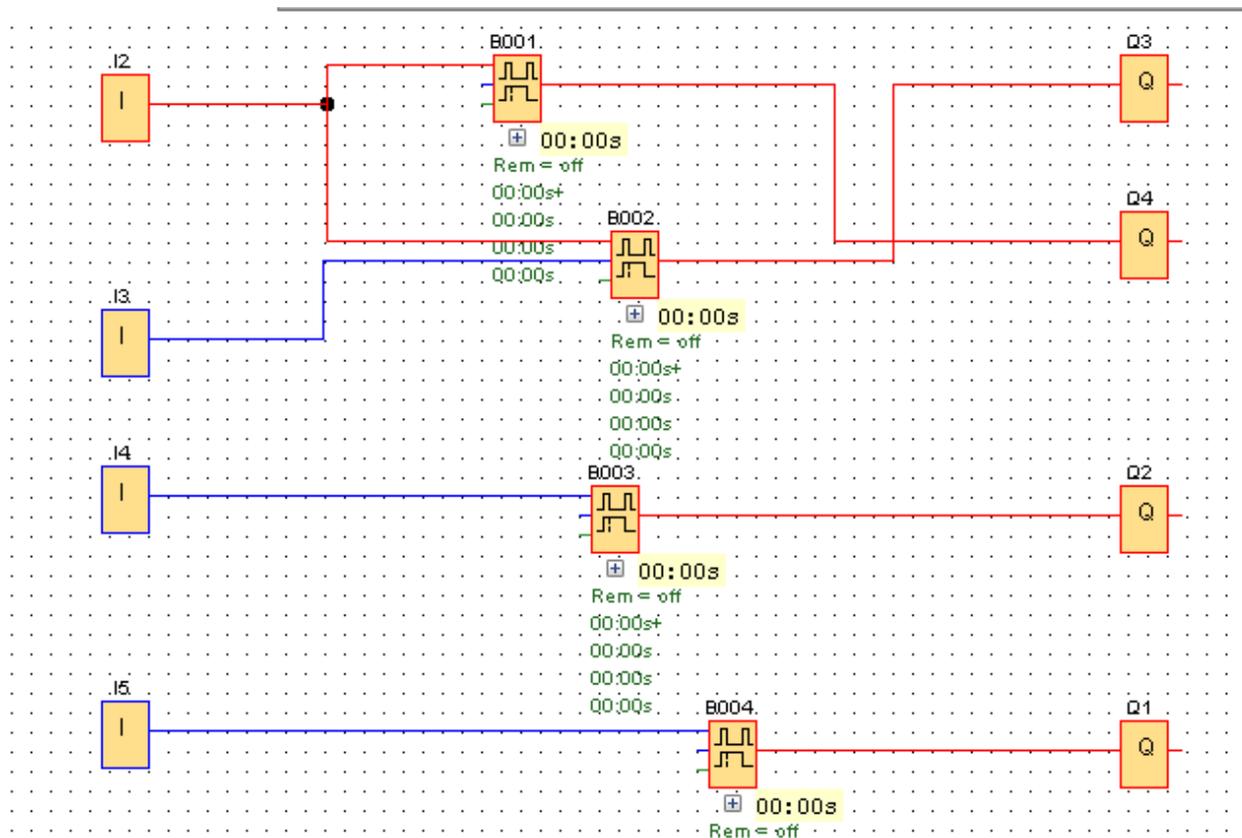
Von Bertalanffy, L. (1999). *General System Theory; Foundatios, Developments, Applications*.

Nueva York: George Braziller.

Anexos

Anexo 1

Diagrama de bloques para la programación del PLC LOGO.



Nota: La figura 22 muestra el diagrama de programación para el controlador del sistema, utilizando las cuatro salidas y cinco de sus entradas para las pulsadores y sensores. Elaborado en: ¡LOGO! Soft Comfort. Fuente: (Elaboración propia).

Anexo 2

Martillo de la máquina para perforara



Nota: Esta la parte de la maquina perfordoradora encargada de realizar la perforacion utilizando los dientes como se muestra en la figura, para realizar el diseño requerido. Fuente: (Fotografia propia, 2021)

Anexo 3

Volante de inercia



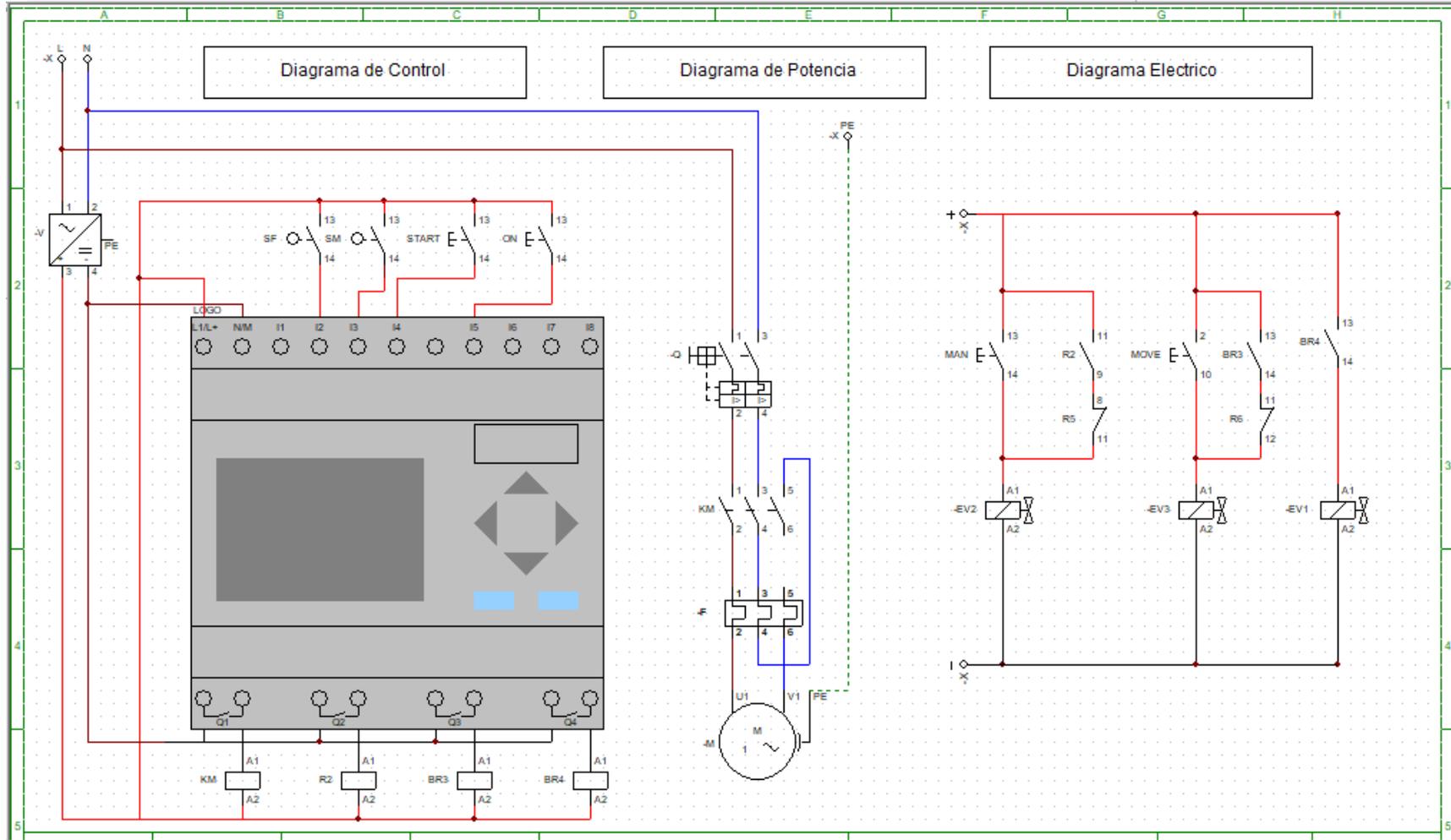
Nota: Pieza encargada de almacenar energia para proveer a la prensa utilizando la fuerza del motor electrico al que esta conectado por las banda. Fuente: (Fotografia propia, 2021).

Anexo 4*Rodamientos de la máquina perforadora con la palanca*

Nota: estas piezas son las encargadas de arrastrar la lamina despues de cada perforacion accionando la palanca que se muestra en la figura 25. Fuente: (Fotografia propia, 2021

Anexo 5

Diagrama Eléctrico del Sistema Automático



Anexo 6

Manual de instrucciones para uso de la maquina

Manual de operación para la maquina perforadora de lamina.

Este manual ha sido elaborado para sintetizar los riesgos existentes en la utilizacion de la maquina y resumir las actuaciones que se deben llevar a cabo en caso de utilizacion.

De forma general, para evitar accidentes se recomienda seguir las indicaciones siguientes:

- La ropa de trabajo debera estar bien ajustada. Las mangas deben llevarse cenidas a la muñeca o arremangadas hacia adentro.
- Mantener las manos alejadas de los pistones neumaticos y las partes moviles de la maquina mientras se encuentre operando.
- Al realizar mantenimientos se deben usar los equipos de proteccion individual necesarios para cada tarea guantes y gafas. Realizar estas operaciones con la maquina parada.
- Facilitar instrucciones al personal sobre manejo seguro de la maquina. Seguir el manual de instrucciones.

Instrucciones de uso para la maquina perforadora de lamina:

1. Como primer paso a realizar antes de empezar a operar la maquina, se debe habilitar la alimentacion principal de todo el sistema, accionando el breaker o interruptor magnetico.
2. Una vez la alimentacion ha sido habilitada, se procede a ubicar la lamina de cobre sobre la mesa para posicionarla en los rodos y de esta forma desplazarla hasta la posicion correcta pulsando el boton numero 2 las veces que se requiera.
3. Cuando la lamina se encuentra en la posicion correcta, se procede a pulsar el boton numero 4 encargado de encender o apagar el motor electrico.
4. Cuando el motor electrico se encuentra funcionando se procede a pulsar el boton 1 de la botonera para empezar a realizar el proceso de forma automatica.