

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Excelencia que trasciende

DELVALLE
GRUPO EDUCATIVO

Automatización de una máquina de corte de piezas rectangulares de piso cerámico.

Trabajo de graduación

presentado por María Fernanda López Siliezar

para optar al grado de Licenciada en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala

2016

Automatización de una máquina de
corte de piezas rectangulares de piso cerámico.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Automatización de una máquina de corte de piezas rectangulares de piso cerámico.

Trabajo de graduación

presentado por María Fernanda López Siliezar

para optar al grado de Licenciada en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala

2016

Vo.Bo.:

(f)



MSc. Carlos Esquit

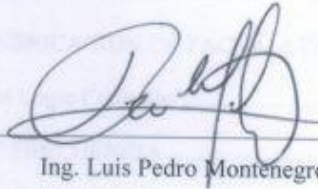
Tribunal examinador

(f)



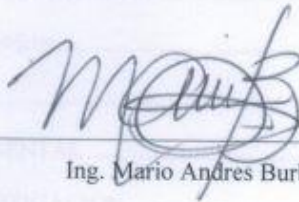
MSc. Carlos Esquit

(f)



Ing. Luis Pedro Montenegro

(f)



Ing. Mario Andres Burbano

Fecha de aprobación: Guatemala, 06 de diciembre de 2016

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
A. Objetivo general.....	2
B. Objetivos específicos.....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	5
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
A. Procesos de fabricación de fachaletas.....	6
B. PLC (Programmable logic controller)	7
C. Variadores de frecuencias.....	9
D. Sensores de proximidad.....	11
V. ANTECEDENTES.....	13
VI. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	13
A. Fase de investigación.....	14
B. Algoritmo PLC.....	15
C. Unifilares.....	18
VII. RESULTADOS.....	18
A. Módulos.....	22
B. Tablero.....	26
C. Proceso completo.....	27
D. Costos máquina.....	28
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
IX. CONCLUSIONES.....	37
X. RECOMENDACIONES.....	38
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	41
XII. GLOSARIO.....	

LISTADOS DE TABLAS

Tabla	Página
1. Listado elementos otorgados por la empresa.....	11
2. Tabla de costos.....	27

LISTADOS DE FIGURAS

Figura	Página
1. Funcionamiento PLC.....	7
2. Ejemplo PLC.....	7
3. Funcionamiento variador de frecuencia.....	8
4. Ejemplo variador de frecuencia.....	8
5. Ejemplo sensor fotoeléctricos.....	9
6. Ejemplo sensor fotoeléctrico emisor-receptor.....	10
7. Diagrama de bloques de la máquina automatizada.....	12
8. Cortadores máquina, vista frontal.....	12
9. Volteadora máquina, vista frontal.....	12
10. Golpeadora máquina, vista frontal.....	12
11. Diagrama de flujo algoritmo de la máquina.....	13
12. Algoritmo funciones PLC.....	14
13. Transformador y fuentes de voltaje DC.....	15
14. PLC.....	15
15. Válvulas conectadas a salidas del PLC.....	16
16. Luces tablero	16
17. Salidas del PLC conectadas a los variadores.....	17
18. Diagrama variador de frecuencia.....	17
19. Implementación cortadores con pistones neumáticos.....	18
20. Implementación cortadores.....	18
21. Implementación banda volteadora.....	19
22. Implementación banda volteadora.....	19
23. Implementación rompedora.....	20
24. Implementación rompedora, vista lateral.....	20
25. Implementación banda de salida.....	21
26. Implementación banda de salida.....	21
27. Implementación tablero completo.....	22
28. PLC utilizado, marca <i>OMRON</i>	23

Figura	Página
29. Variadores de frecuencia utilizados.....	23
30. Interconexiones de los variadores de frecuencia utilizados.....	24
31. Fuente de poder utilizada en el tablero.....	24
32. Implementación botonera.....	25
33. Implementación botonera tablero.....	25
34. Conexión de la botonera del tablero por la parte de atrás.....	26
35. Implementación proceso completo.....	26

RESUMEN

En la empresa SAMBORO a diario se trabajan con una vasta cantidad de pisos, azulejos, etc. Entre ellos miles de fachaletas también, es por esto que la empresa se encuentra en un proceso de innovación constante en maquinaria. Con el fin de realizar este tipo de trabajo y reducir la aplicación manual, surge la necesidad de optimizar el proceso cortado de fachaletas, ya que se cuentan con muy pocas máquinas que realizan este proceso. Esta fase de corte lo realizan ciertos obreros, sin embargo, es un paso que debe reducir tiempos. Se necesita una opción de maquinaria que sea precisa, rápida y económica.

Es por ello que surge la idea de realizar una copia de una máquina ya existente que cuenta con las 3 características necesarias, por lo que se propone realizar la copia con piezas ya existentes dentro de la empresa (motores, sensores, etc.) y con piezas elaboradas dentro de la misma empresa, extrayéndolas de piezas chatarras; con esto se obtendría una máquina económica. La máquina fue armada por la empresa un par de meses antes, pero necesitaba aún cortar las fachaletas, ser precisa y rápida.

El desarrollo del trabajo inició con una investigación de la máquina existente, para luego colocar en función la máquina, para esto se utilizó un PLC. Una vez todo el procedimiento de logística de la máquina y de las herramientas necesarias estaba completo y establecido se procedió a realizar la fase de automatización.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo contiene el estudio e implementación de un proceso de automatización de una máquina cortadora de pisos de cerámica para la empresa *SAMBORO* de Guatemala (Navarrete, 2013). Lo que se pretende con la máquina es cortar piezas grandes de cerámica a piezas rectangulares, con ciertas medidas requeridas, para la realización de fachaletas. Actualmente, dichas operaciones se realizan en varias máquinas y por medio de varios usuarios para lograrlo. Todas estas operaciones deben de ser integradas a un equipo de automatización industrial, tales como el transporte de las piezas, los cortes, así como el inicio y fin de trabajo de la máquina (Mendez, 2016).

Es importante mencionar que la máquina fue trabajada por dos personas, una encargada de la parte mecánica y una encargada de la parte electrónica en donde se incluyó la automatización de todo el proceso de la máquina. Por lo que dichos módulos se trabajaron simultáneamente y se fueron integrando al equipo de automatización conforme se fue completando cada función de la máquina.

Se contaba con una máquina que ya cortaba fachaletas, que se quería replicar, por lo que se comenzó por realizar una pequeña investigación y observación de la misma, con esto se logró obtener un diagrama de flujo de la máquina para poder implementar la máquina a construir. Luego de esto se obtuvo las señales de entrada y salida de la máquina y el algoritmo del PLC, para poder empezar a realizar el proceso de automatización. Conforme se construía cada parte de la máquina se fue probando el funcionamiento de los diferentes equipos eléctricos, es decir los elementos necesarios para la automatización, así cuando estuvo unida completamente era más factible la realización de las pruebas de la automatización.

Cabe mencionar que se presentaron ciertas dificultades al momento de unificar todo. Sin embargo, estas dificultades se observaron una por una con el fin de identificar el problema y brindar una solución inmediata. Teniendo como resultado final el correcto funcionamiento de la máquina.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Automatizar una máquina que corte una pieza rectangular de piso cerámico en varias piezas rectangulares para utilizarlas como fachaletas.

B. Objetivos específicos

- a. Se automatizará el sistema completo utilizando un PLC (Controlador Lógico Programable) para controlar el movimiento de todos los motores.
- b. Implementar una botonera al inicio y final de la línea con botones de encendido, apagado y paro de emergencia.
- c. Implementar un sensor de presencia en la rompedora para que esta únicamente descienda cuando haya una pieza por romper.
- d. Implementar un contador de piezas tanto en la entrada, como en la salida.
- e. Implementar una botonera en la rompedora que permita levantarla y detenerla de forma aislada para sacar piezas que se deje atorar en ella.

III. JUSTIFICACIÓN

Cuando se habla de automatización de una máquina, se habla de tener un proceso ordenado, económico y eficiente. Siendo la automatización, la sustitución de tareas que tradicionalmente se hacen manualmente, y estas tareas son reemplazadas por máquinas autónomas, como robots u otro tipo de automatismo. Por lo tanto, puede que se presenten menos inconvenientes de calidad ya que se desarrollarán trabajos más uniformes debido a especificaciones que se dan en la máquina automatizada (Navarrete, 2013).

La máquina cortadora de piezas rectangulares de piso cerámico, es un proyecto que será realizado para *SAMBORO*, con la finalidad de cubrir ciertas necesidades de la empresa. Actualmente, el proceso de cortar el piso cerámico para fachaleta es un proceso que es realizado por trabajadores de la empresa en diferentes máquinas. *SAMBORO* es una empresa que tiene un campo amplio en el área de pisos, azulejos y fachaletas, por lo que es importante que los procesos de realización de los mismos sean óptimo y eficientes (Mendez, 2016).

Por lo que al hablar de cubrir las necesidades de la empresa *SAMBORO* al realizar la máquina, se habla de necesidades de eficiencia de tiempo en el corte de las piezas, ya que dicha tarea es realizada por varias personas, en varias máquinas. Por el contrario, si una única máquina estandarizara el corte de fachaletas, la tarea se resumiría en 1) calibrar y 2) poner a funcionar una sola máquina. Además, esta acción conllevaría otros aspectos positivos para la organización como lo es la reducción de costos; ya que es más rentable brindarle mantenimiento a una única máquina, así como lo que implica tener a un solo colaborador para esa área.

Es importante mencionar que la máquina tiene dos módulos, el módulo mecánico y el módulo electrónico. El módulo mecánico que es la parte estructural o la planta de dicho proceso, y el módulo electrónico que es la parte de automatización del proceso para que una sola máquina pueda realizar todas las tareas en pasos ordenados.

Al automatizar la máquina cortadora se busca como objetivo principal, tener una máquina eficiente que realice todas las operaciones de transporte de las piezas dentro de la máquina y cortes en las medidas necesarias de las piezas, en el menor tiempo posible (Schneider Electric, s.f).

IV. MARCO TEÓRICO

A. Procesos de fabricación de fachaletas

Una máquina cortadora de fachaletas, es una máquina cuyo objetivo es cortar piezas de tamaño determinado. Dichas piezas son las fachaletas que son de un recubrimiento fabricadas en diferentes materiales, de ancho y longitud variables o regular, que se pueden aplicar para decoración de muros, columnas, jardines, entre otras cosas (Mendez, 2016).

La máquina trabajada, que es una cortadora de fachaletas de medidas ajustables, llevó un proceso de fabricación de varias etapas. Dicho proceso se distribuyó en distintas etapas con el fin de lograr el corte de la pieza de manera óptima, aplicando procesos de diseño adecuados para su correcto funcionamiento.

Es importante mencionar que a la máquina ingresa una pieza de medidas ajustables, esta pieza entra por medio de una banda transportadora. Al llegar a la parte de los cortadores, éstos los cuales son seis pistones, descienden marcando así la pieza en seis partes iguales. Simultaneo al proceso de marcado de pieza, la banda sigue avanzando. Al salir la pieza de los cortadores se cuenta y guarda la pieza.

En la siguiente etapa, la pieza marcada con seis estrías llega a la volteadora. En esta sección, la banda transportadora principal mueve la pieza encontrándose con las bandas secundarias. Estas bandas secundarias tienen el propósito de girar y rectificar la pieza alrededor del eje vertical. Esto se realiza con el fin de colocar la pieza lo más recta posible para que llegue a la rompedora en óptimas condiciones.

Posteriormente, la pieza llega a la sección de la rompedora en donde topa al final de ésta y se acciona un pistón neumático, el pistón trenza la pieza contra la banda y así la rompedora baja a una velocidad más alta, golpeando la parte de la pieza que queda en voladizo. Al hacer esto la pieza se rompe sobre la estría marcada. Este

procedimiento se realiza con las seis estrías marcadas y dichas piezas se vuelven a contar. Por último, la pieza encuentra la salida que es una banda de extracción, en esta van saliendo las piezas finales donde un operario está recibiendo las piezas ya cortadas.

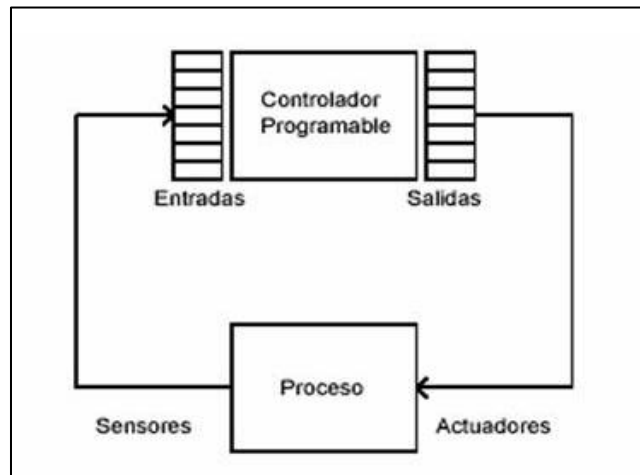
Cabe mencionar que fue importante la ubicación de sensores, tanto al inicio como al final de la máquina, esto con la finalidad de contar las piezas que entran en la máquina como las que salen. Con esta acción se lleva un control de piezas finales y un control de piezas que puede que se pierdan durante el proceso. Esto es necesario en cada proceso de automatización para llevar el control de producción de la máquina.

B. PLC (Programmable Logic Controller)

Este es un dispositivo de estado sólido que tiene como principal función trabajar bajo una secuencia almacenada en memoria, esta secuencia está compuesta por instrucciones lógicas. Es decir que se encargan de controlar una etapa después de la otra. El PLC para la industria fue de gran impacto, ya que ha facilitado los procesos de producción o control. Este se puede encontrar en cualquier parte, como en nuestras casas, centros comerciales, hospitales, etc.(UNICEN, s.f).

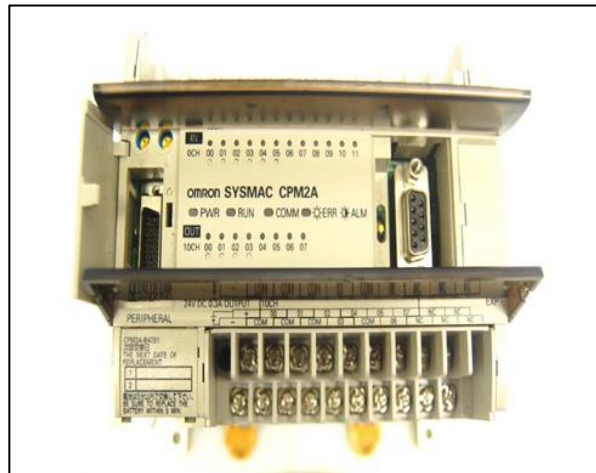
En conclusión, el PLC se constituye por varias funciones las cuales pueden describirse como: recoger datos de fuentes de entradas (digitales y analógicas); con base a criterios ya programados se toman decisiones, los datos obtenidos los almacena en memoria; genera ciclos de tiempo, realiza cálculos matemáticos, mediante las salidas analógicas y digitales actuando sobre los dispositivos externos; así como comunicarse con otros sistemas (Rodríguez, 2013).

Figura 1. Funcionamiento PLC



Fuente: Prieto (2007)

Figura 2. Ejemplo PLC



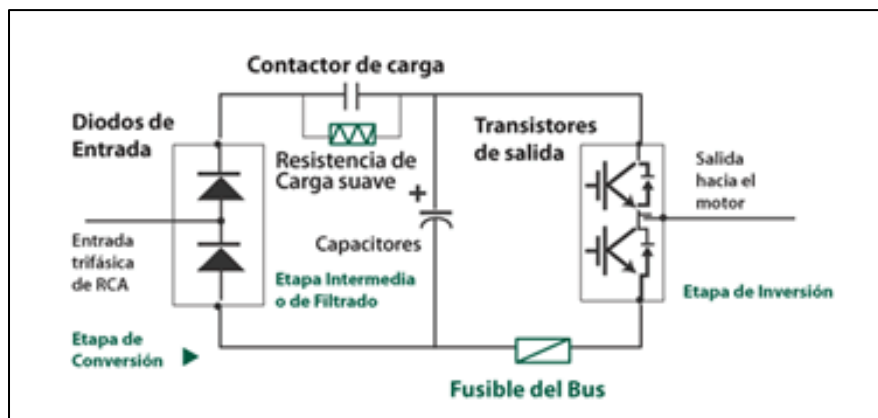
Fuente: Iowa City (2009)

C. Variadores de Frecuencias

El variador de frecuencia sirve para controlar la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna. Son conocidos también como drivers, micro drives e inversores, cada uno se atribuye al valor de voltaje que se maneje (Variadores de Frecuencia, s.f). El funcionamiento va a consistir en el voltaje de corriente alterna con el que se alimenta, luego de esto se convierte la corriente alterna a corriente directa por medio de un rectificador. Se obtiene un voltaje filtrado por medio de capacitores internos;

posteriormente entra a una etapa de inversión la cual consiste en transistores que se activan y desactivan en determinada secuencia y con esto se genera una forma cuadrada de voltaje de corriente directa con una frecuencia constante. Por último, se obtiene un valor de frecuencia promedio en forma de onda sinusoidal de la frecuencia que es aplicada al motor (Schneider Electric, s.f). Por lo tanto, se le llama PWM (Pulse Width Modulation) al proceso de conmutación de los transistores (Iowa City, 2009).

Figura 3. Funcionamiento variador de frecuencia



Fuente: QuimiNet (2011)

Figura 4. Ejemplo variador de frecuencia



Fuente: Omron Corporation, s.f.

D. Sensores de proximidad

Estos sensores son una pieza fundamental en la industria, ya que detectan la presencia de objetos en un proceso. Es de suma importancia este reconocimiento ya que ubica exactamente los objetos. Con esto se puede contar piezas, movilizarlas o bien activar otro tipo de procesos o mecanismos basándose en la posición del objeto (Solo Labs, 2014).

1. Sensores fotoeléctricos. Estos sensores están presentes en diversos procesos, tales como bandas transportadoras, máquinas, entradas o salidas de objetos, entre otras. Permiten detectar todo tipo de objetos, es decir con diferentes tamaños, colores y formas. Funcionan por medio de una luz infrarroja, laser o bien un LED invisible, proyectándose hasta detectar el objeto. Otra forma de detectar puede ser utilizando la topología de emisor y receptor. Utilizando transistores de colector abierto o salidas de relé electromagnético se activan las salidas cuando el sensor detecta la presencia del objeto (Electrónica, s.f).

Figura 5. Ejemplo sensor fotoeléctricos



Fuente: Fidemar, 2013

Figura 6. Ejemplo sensor fotoeléctrico emisor-receptor



Fuente: Fidemar, 2013

V. ANTECEDENTES

Se contaba con una máquina marca BMR, la cual se utilizó como referencia para el diseño de la máquina a automatizar. Se realizó una visita la cual tenía como fin observar el funcionamiento de la máquina para obtener con precisión lo que se necesitaba implementar en la nueva máquina. Al obtener el proceso y los elementos que se requerían, se procedió a realizar un diagrama de bloques del proceso y diagramas de las partes esenciales de la máquina, que se adjuntan en las figuras 7, 8 y 9.

Adicional a esto, luego de hacer el diagrama de bloques y obtener los elementos necesarios, se brindó un inventario por parte de la empresa con todos los dispositivos específicos utilizados en la automatización de la máquina (Ver Tabla 1).

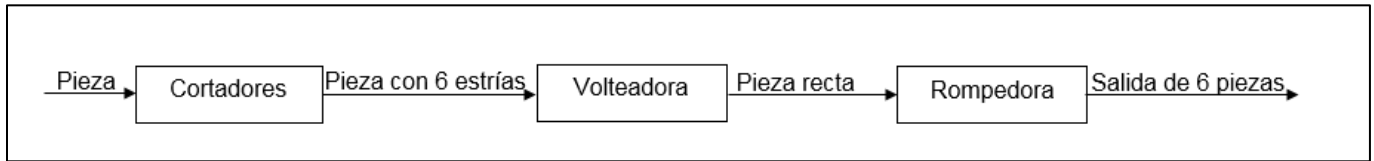
Tabla 1

Listado elementos otorgados por la empresa Samboro.

Elemento	Marca	Modelo/Tipo	Cantidad
PLC	<i>OMRON</i>	SYSMAC CPM2A	1
Variadores de frecuencia	<i>OMRON</i>	3G3MX2	7
Motores	S.M.E, VELA STM, MotoVario, SEIPEE, LEROYSOMER, MCM.	Trifásicos	6
Sensores infrarrojos	<i>OMRON</i>	E3F2-D1B4-P1	4
Válvulas DSBC	FESTO	DCB-32-25	3

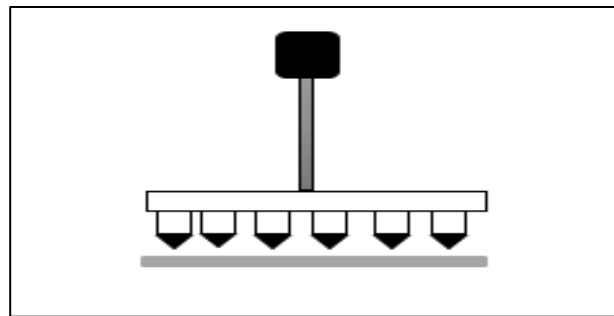
Fuente: elaboración propia, basado en Omron Corporation y Promenergo (s.f)

Figura 7. Diagrama de bloques de la máquina automatizada.



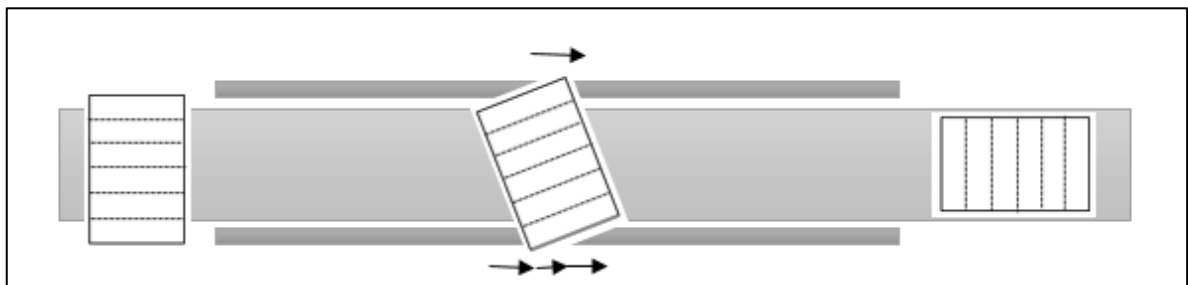
Fuente: elaboración propia

Figura 8. Cortadores máquina, vista frontal



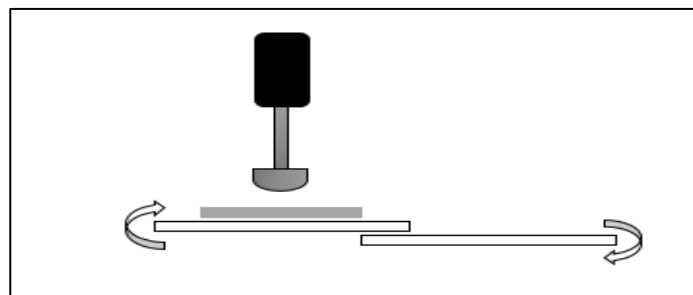
Fuente: elaboración propia

Figura 9. Volteadora máquina, vista frontal.



Fuente: elaboración propia

Figura 10. Golpeadora máquina, vista frontal.



Fuente: elaboración propia

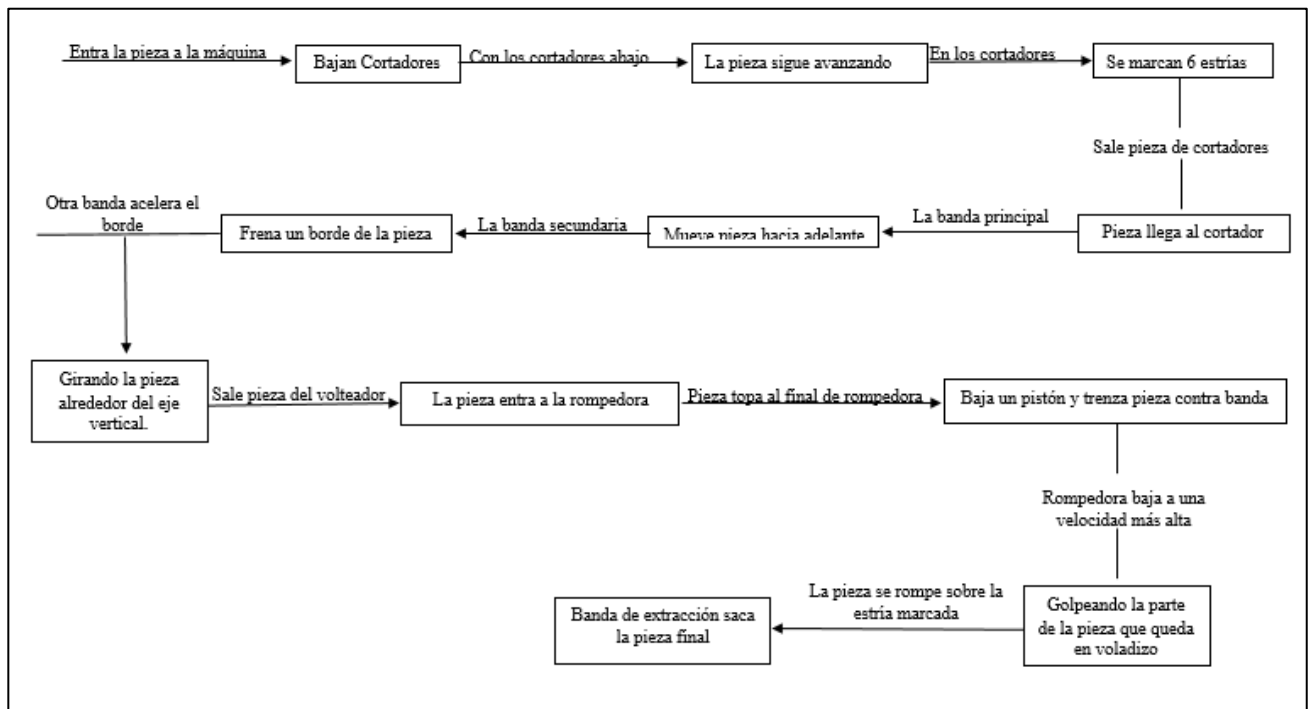
VI. DISEÑO EXPERIMENTAL

A. Fase de investigación

En el proceso de investigación, se inició por realizar una fase de observación. Se deseaba observar la máquina de referencia ya que fue de esta máquina que se tomaron las ideas para realizar la nueva máquina. La máquina es marca BMR y difiere de la máquina construida ya que es de mayor valor. La nueva máquina que se elaboró fue hecha a partir de chatarra con el fin de tener una réplica de la otra, aumentando la producción de fachaletas a un bajo costo.

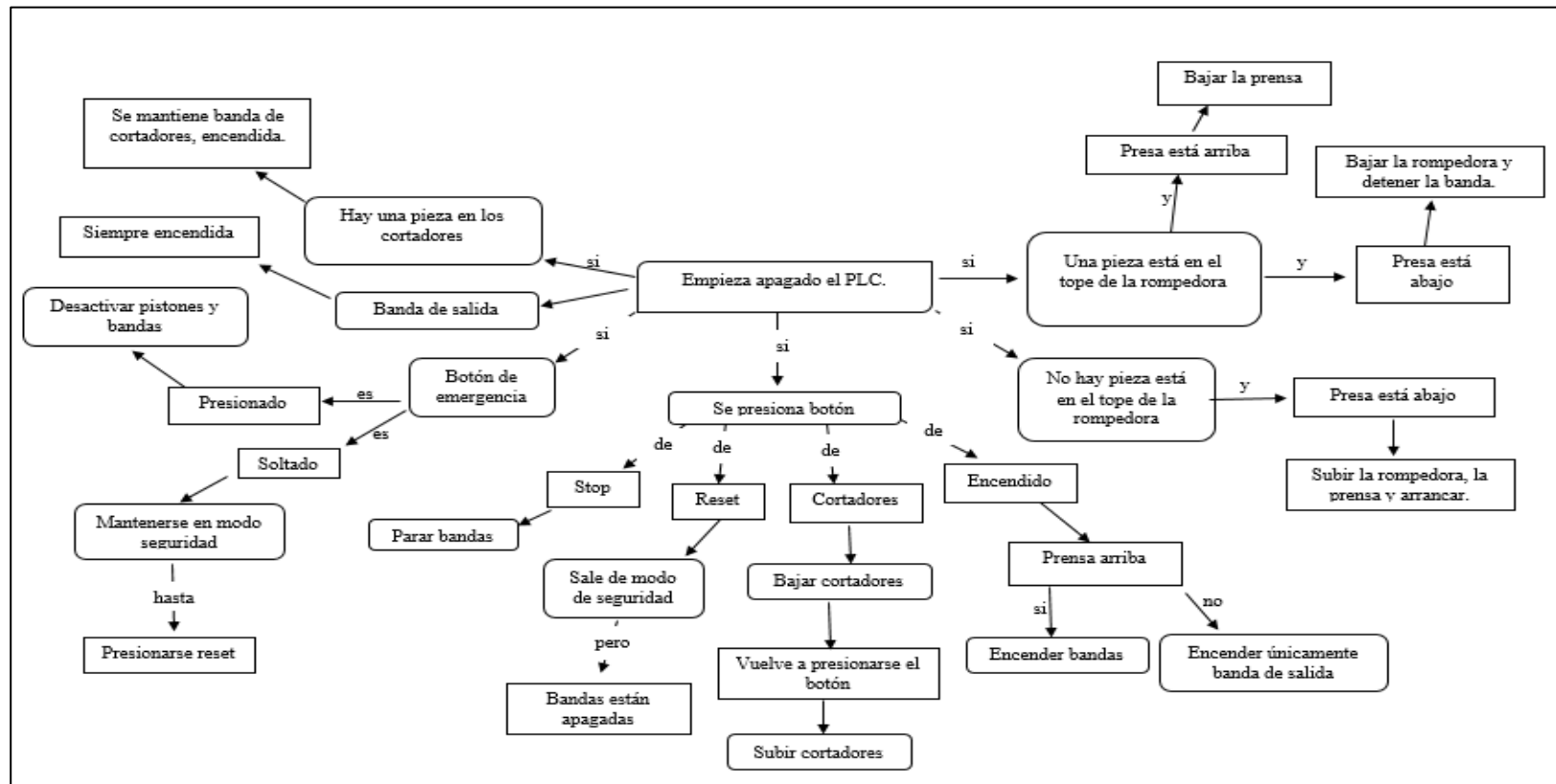
Por lo que era muy importante el conocer bien el funcionamiento de la máquina de referencia. Al estudiar el proceso de la máquina se fue sacando un diagrama de flujo del funcionamiento (ver Figura 11), dicho diagrama de flujo fue utilizado para el desarrollo de la máquina construida. Unificando esta información junto con los elementos proporcionados de la Tabla 1, se investigó los protocolos y requerimientos que utilizan los diferentes componentes.

Figura 11. Diagrama de flujo algoritmo de la máquina



B. Algoritmo PLC

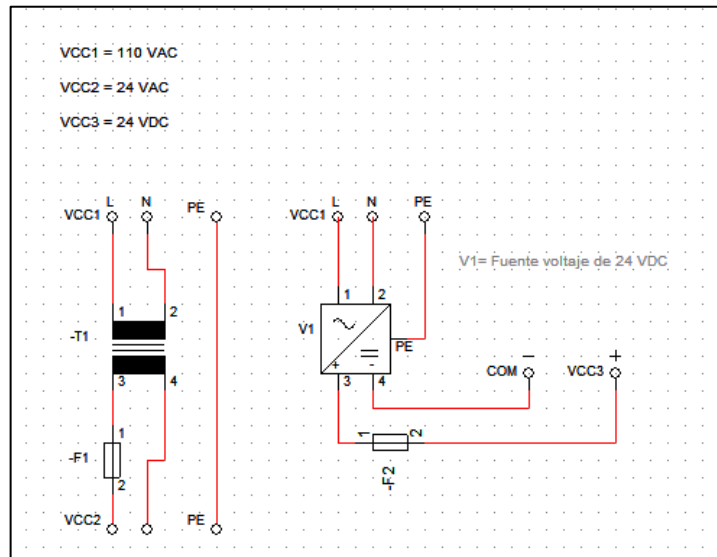
Figura 12. Algoritmo funciones PLC



Fuente: elaboración propia

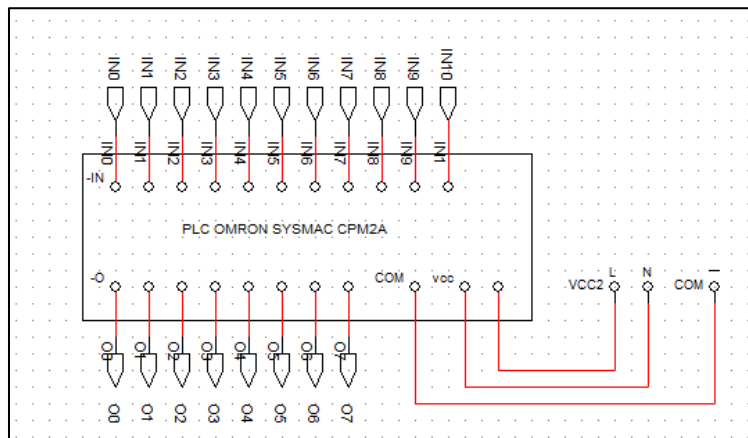
C. Unifilares

Figura 13. Transformador y fuente de voltaje DC.



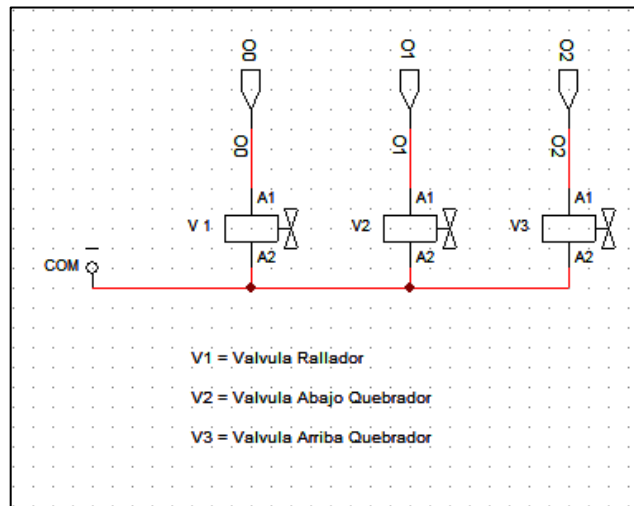
Nota: voltaje que entra al transformador pasa por la fuente de voltaje para tener 24 VDC y VCC2 es el voltaje que va al PLC. Fuente elaboración propia

Figura 14. PLC



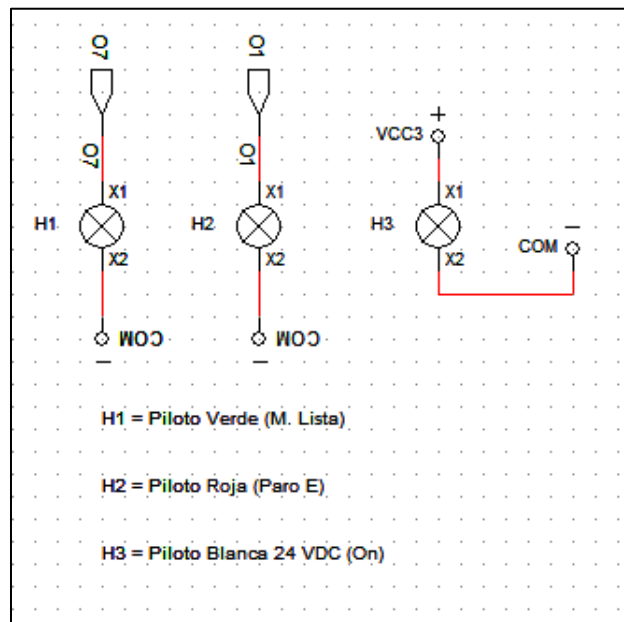
Nota: diversas entradas y salidas que van a éste, así como la alimentación. Fuente elaboración propia.

Figura 15. Válvulas conectadas a salidas del PLC



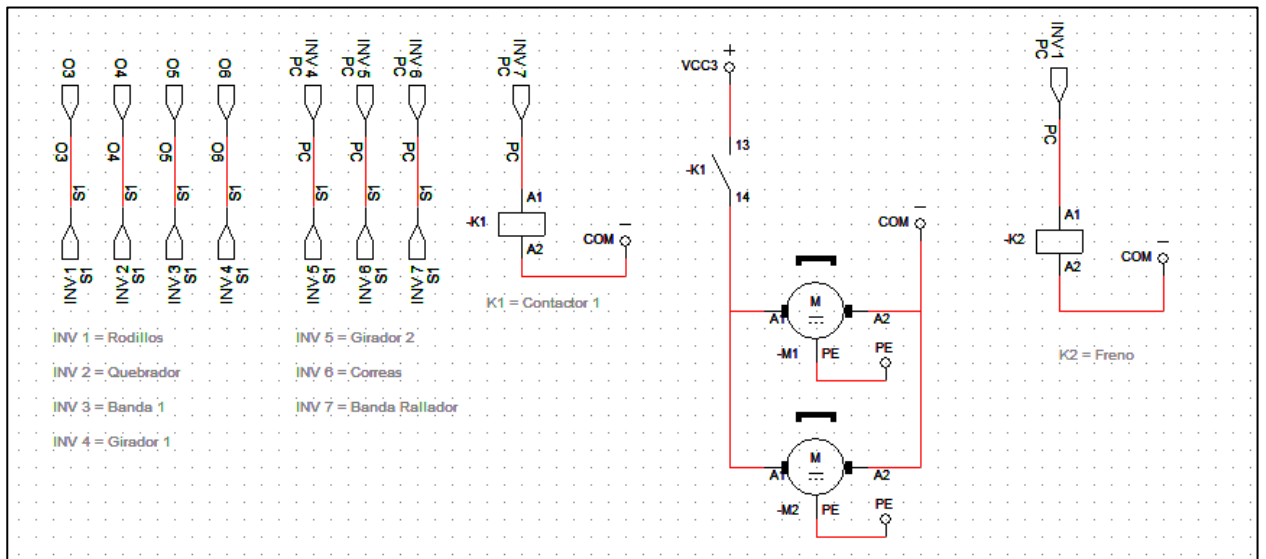
Nota: válvulas las cuales activan y desactivan el aire comprimido en los rayadores y en la quebradora. Fuente elaboración propia.

Figura 16. Luces tablero.



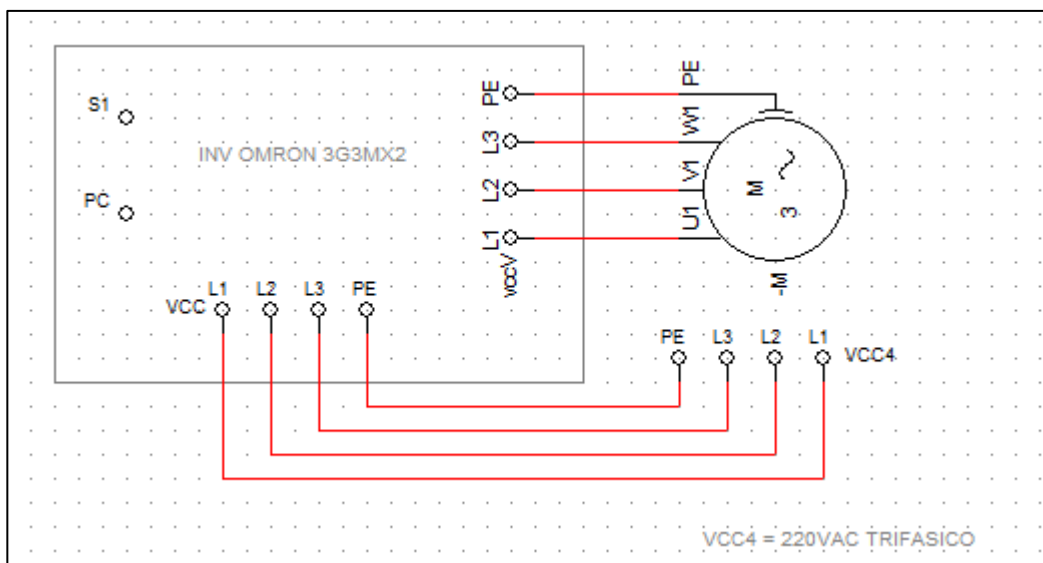
Nota: tres luces conectadas al tablero del PLC, con su respectiva tierra. La luz blanca va directamente conectada a 24 VDC. Fuente elaboración propia.

Figura 17. Salidas del PLC conectadas a los variadores.



Nota: etiquetas conectadas al S1 de los variadores de frecuencia, que activan cada uno de los motores. También un Contactor que activa dos ventiladores y un freno activado por otro Contactor. Fuente elaboración propia.

Figura 18. Diagrama variador de frecuencia.



Nota: conexión de los variadores de frecuencia, utilizando únicamente los pines S1 y PC de éstos y alimentados con 220 VAC. Fuente elaboración propia.

VII. RESULTADOS

A. Módulos

Resultados de implementación de elementos de automatización por cada módulo.

1. Módulos cortadores.

Figura 19. Implementación cortadores con pistones neumáticos.



Nota: manguera por donde pasa el aire comprimido para accionarlos por medio de una válvula. Fuente elaboración propia.

Figura 20. Implementación cortadores



Nota: banda transportadora por donde ingresa la pieza a ser marcada y el motor que hace funcionar dicha banda. Fuente elaboración propia.

2. Módulo volteador.

Figura 21. Implementación banda volteadora.



Nota: motor que hace funcionar el módulo. Se utilizan dos motores para el presente módulo. Fuente elaboración propia.

Figura 22. Implementación banda volteadora



Nota: tres bandas utilizadas, una para transporte y dos para proceso de volteado de la máquina. Fuente elaboración propia.

3. Módulo rompedora.

Figura 23. Implementación rompedora



Nota: compuesta por varios rodillos para el transporte de la pieza, pistón que realiza la presión de corte, junto con el motor y la manguera por donde pasa el aire comprimido. Fuente elaboración propia.

Figura 24. Implementación Rompedora



Nota: vista lateral donde se encuentra ubicado el motor que activan los rodillos para el transporte de la pieza a romper. Fuente elaboración propia.

4. Módulo banda de salida.

Figura 25. Implementación banda de salida



Nota: compuesta por una banda transportadora donde salen las fachaletas de las medidas deseadas. Fuente elaboración propia.

Figura 26. Implementación banda de salida



Nota: banda transportadora que es accionada por un motor. Fuente elaboración propia.

B. Tablero

Resultados de implementación de tablero con todos los componentes de automatización, a estos elementos van conectadas las señales que salen de los módulos de la máquina.

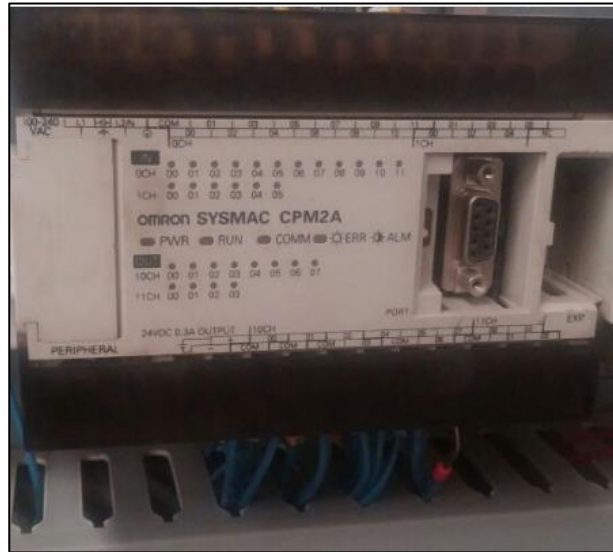
1. Tablero PLC

Figura 27. Implementación tablero completo



Nota: materiales utilizados, desde el PLC, variadores de frecuencia, fuente, switches, puentes, fusibles y todo lo necesario para el funcionamiento del sistema completo. Fuente elaboración propia.

Figura 28. PLC utilizado



Nota: marca *OMRON*, se utilizaron 12 entradas y 7 salidas para las diferentes señales del proceso. Fuente elaboración propia.

Figura 29. Variadores de frecuencia utilizados



Nota: se utilizaron 7 variadores, uno por cada motor del proceso, tomando en cuenta que como ciertos motores trabajaban al mismo tiempo, las etapas estaban unidas y conectadas a un solo variador. Fuente elaboración propia.

Figura 30. Interconexiones de los variadores de frecuencia utilizados.



Fuente: elaboración propia

Figura 31. Fuente de poder



Nota: utilizada en el tablero. Fuente elaboración propia.

2. Botoneras

Figura 32. Implementación botonera



Nota: utilizada una al inicio de la máquina y una al final. Botón de emergencia (hongo), botón de apagado (rojo), botón de encendido (verde) y un botón que se requería sin ningún uso (negro). Fuente elaboración propia.

Figura 33. Implementación botonera tablero



Nota: botones de emergencia (hongo), botón de reset (verde). En la parte superior se ubican tres luces, la luz blanca (conectada directamente a la fuente), luz roja (encendida en emergencia), luz verde (máquina preparada para su funcionamiento).

Figura 34. Conexión de la botonera del tablero por la parte de atrás.



Fuente: elaboración propia

C. Proceso completo

Figura 35. Implementación.



Nota: proceso completo con todos los componentes de automatización, donde están todos los procesos conectados uno seguido del otro. Fuente elaboración propia.

D. Costos máquina

Tabla 2

Costo de componentes de la máquina.

Elemento	Costo unidad	Cantidad a utilizar	Costo total
PLC <i>OMRON</i>	\$150.00	1	\$150.00
Variador de frecuencia <i>OMRON</i>	\$200.00	7	\$1,400.00
Motores	\$70.00	6	\$420.00
Sensor infrarrojo <i>OMRON</i>	\$30.00	4	\$120.00
Válvulas esto	\$40.00	3	\$120.00
Costo total			\$2,210.00

Fuente: elaboración propia

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Lo primero que se realizó fue una investigación de la máquina ya existente marca BMR, italiana. La compra de esta máquina se hizo con fines de reproducirla para mejorar la producción de fachaletas. Al hablar de reproducir, se habla de realizarlo con piezas fabricadas en la empresa o bien conseguir elementos más económicos. Al ver la dimensión de este proyecto, se dividió en dos partes el proyecto, una es la parte mecánica, es decir toda la estructura de la máquina y elementos mecánicos y otra es la parte de automatización de la máquina.

Como la empresa *SAMBORO* cuenta con máquinas y herramientas necesarias para poder realizar cualquier tipo de piezas, se utilizó chatarra para lograr la construcción de la estructura (la chatarra existente en la empresa). Esto es parte del módulo mecánico.

Por otro lado, también se cuenta con un inventario de elementos eléctricos. Por lo que luego de observar la máquina BMR se procedió a realizar un diagrama de flujo del algoritmo de la máquina (Figura 11), esto se realizó junto con personal de la empresa. Mas adelante ellos procedieron a realizar un inventario de los elementos a proporcionar para la automatización de la máquina (Tabla 1).

En cuanto a la máquina ya existente, esta máquina tiene un proceso de corte de fachaletas mucho más fijo que la que se fabricó, esto debido a que está formado con piezas a la medida y tiene un diseño, así como componentes de alta calidad. En comparación con la máquina que se construyó (diseño mecánico como electrónico), se llegó a la conclusión que funcionaba de manera similar a la máquina italiana. A pesar de que la máquina construida contiene componentes y piezas diferentes a la máquina ya existente, el uso final es el mismo.

La máquina construida no trabaja exactamente al mismo nivel que la italiana debido a la forma en que está construida. Como se menciona con anterioridad, esta máquina está elaborada con chatarra y con equipo de otra marca. Sin embargo,

cumple su objetivo el cual es cortar las fachaletas como la otra máquina en un tiempo óptimo como fue solicitado. *SAMBORO*, actualmente, cuenta con otro método de corte de fachaletas no obstante, el proceso es a mano y tardado. Por lo tanto, se puede inferir que con ambas máquinas la eficiencias y eficacia de la producción aumentará.

Lo que resalta de la máquina italiana es su fabricación debido a los materiales utilizados, así como su estructura. Por el contrario, la máquina a construir debía elaborarse lo más económica posible; por esa razón se optó por utilizar materiales chatarra. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de haber utilizado otro tipo de materiales para la construcción de la misma. La máquina construida se encuentra cumpliendo los objetivos propuestos desde el principio del proyecto.

La decisión de emplear los componentes chatarra se basó en el hecho que la organización ya contaba con estos materiales, cumpliendo con los requerimientos para la realización completa de la máquina. Al tener definidos los diferentes componentes a utilizar para la construcción de la máquina, se continuó con el ensamblaje uno a uno con las diferentes partes armadas.

Por otra parte, en cuanto a los variadores de frecuencia, se utilizó la marca *OMRON*. Se investigaron variadores de otras marcas y se encontraron varios que cumplían con lo requerido en potencia, frecuencia de salida incluyendo la forma de montar el equipo. Las marcas constituidas fueron: *Toshiba*, *ABB*, *Siemens*, *Danfoss*, *Lenze*, entre otras. Cabe mencionar que estas marcas son costosas, y su funcionamiento es más preciso en comparación de los materiales con los que se contaba.

Al contemplar los sensores que se iban a utilizar marca *OMRON* se decidió a realizar una búsqueda otros sensores para su implementación. Se pensó en un sensor inductivo sin embargo, estos solo detectan la presencia de elementos mecánicos. Por lo que para la aplicación requerida éste no era el sensor indicado, así mismo estos

sensores necesitan de una guarda para poder ser utilizados por lo que aumentaría el presupuesto establecido.

En cuanto a los sensores ultrasónicos, se concluyó que conllevarían diversas desventajas. La primera se basa en la colocación, la cual debe ser recta y precisa; si esto se realiza de diferente manera podría formarse interferencia de la señal y la lectura podría ser inexacta. Además, la lectura es muy sensible, por lo que en presencia de cualquier elemento como líquido, polvo, gas o vapor podría generarse una lectura de datos innecesaria. Así mismo, la superficie de lectura debe de ser totalmente plana, de no ser así el eco no se pondrá en contacto con la fuente.

La marca del PLC otorgada también es de marca *OMRON*, se revisaron los manuales de éste para corroborar las entradas y salidas que se iban a utilizar junto con todas las especificaciones. Así mismo, se buscaron otros PLC's realizando los mismos estudios para ver las diferencias. En la Figura 12 se puede observar que el PLC a utilizar requería de características básicas en comparación a cualquier otro PLC, por lo que para este proceso en especial no era necesario uno muy especializado ni de mayor precio. Se concluyó que el PLC con que se contaba cumplía con lo requerido para su correcta utilización.

Haciendo referencia a la Figura 12, se puede observar el algoritmo del PLC implementado, la cual se divide en varias etapas. Cada botón tiene su función: el botón de paro (stop) se utiliza para las bandas de transporte de toda la máquina; el botón de reset sale de cualquier modo de seguridad en que se encuentre la máquina, pero teniendo las bandas de transporte apagadas aún; el botón de los cortadores hace que los pistones descendan marcando las piezas a cortar (en caso que se vuelve a presionar, los pistones ascienden para dejar de marcar); el botón de encendido realiza una comparación, y si la prensa se encuentra arriba, se encienden las bandas de transporte; en caso que no se encuentren arriba, la banda transportadora de salida únicamente se enciende; por último, el botón de emergencia tiene la función de desactivar los pistones y bandas de la máquina. Al momento de soltar el botón, la

maquina debe de mantenerse en modo de seguridad hasta que se presiona el botón de reset.

La parte de los cortadores, indica que su hay una pieza en estos, la banda de transporte debe de mantenerse encendida, hasta que estos terminen de marcar la pieza. Al pasar a la parte de la rompedora, si una pieza está al tope y la prensa está arriba se debe bajar para cortar la pieza, y si la prensa está abajo se debe bajar la rompedora y detener la banda. Además, si no hay una pieza en el tope de la rompedora y la prensa está abajo debe ascender la rompedora junto con la prensa y arrancar. Por último, la banda de salida debe estar encendida en todo momento.

Luego al pasar a la parte C. del diseño experimental, se pueden apreciar los diagramas unifilares realizados, empezando por la Figura 13 en donde se puede observar el transformador utilizado, a éste entran 110 VAC y salen 24 VAC. Así mismo se puede apreciar la fuente de voltaje utilizada en donde entran los mismos 110 VAC y salen 24 VDC para ser utilizados posteriormente.

En la Figura 14 se puede observar el PLC con sus once etiquetas de entradas sus ocho etiquetas de salidas. El PLC es alimentado con 24 VDC y su respectiva tierra. Se puede observar en la Figura 15 las válvulas conectadas a las salidas del PLC, respectivamente de la 0 a la 2, estas activan y desactivan el aire comprimido que accede a los pistones de los rayadores y de la quebradora para que puedan realizar sus funciones: marcar y cortar las fachaletas.

En la Figura 16 se pueden observar las luces del tablero conectadas, en donde la luz verde indica que la máquina está preparada para ser utilizada, la luz roja significa que hay un paro de emergencia activado y la luz blanca significa que están funcionando los 24 VDC, la cual está conectada directamente al voltaje.

Con referencia a la Figura 17 las salidas de la 3 a la 6 del PLC donde van conectados los variadores de frecuencia, están conectados hacia las fases del proceso

de la máquina. Cabe mencionar que los variadores del 4 al 7 están conectados en serie por medio de sus pines PC y S1, debido a que estos variadores funcionan al mismo tiempo. El variador no. 7 va conectado a un Contactor, esto con el fin de activar dos ventiladores en el tablero. Al variador no. 1 va conectado un freno, esto debido a que es el variador de los rodillos de la quebradora, los cuales necesitan un freno ya que están por medio de un eje excéntrico que no debe de desplazarse en su totalidad y así evitar brincos, es por ello que debe de colocarse un freno.

En la Figura 18 se puede observar el diagrama del variador de frecuencia utilizado, el cual es similar para todos, en donde solo se utilizan los pines de PC y S1 para luego ser conectados a los motores trifásicos. Estos variadores deben alimentarse con 220 VAC trifásico.

En la sección de resultados se pueden observar las imágenes de la máquina ya ensamblada con los componentes eléctricos. En las Figuras 20 y 21 se observa la fase de los rayadores en donde la válvula permite el paso del aire comprimido con el fin de activar los pistones y la banda junto con el motor.

En las figuras 22 y 23 se muestra la fase de la volteadora en donde se pueden observar los 2 motores utilizados para esta sección y sus respectivas bandas. En la fase de la rompedora, figuras 24 y 25, se aprecia el motor utilizado, la válvula que permite el paso del aire para activar el pistón que será el encargado de cortar las piezas y los rodillos que son impulsados por el otro motor.

En las figuras 26 y 27 se observa la banda de salida con su respectivo motor que la hace funcionar. Al pasar a la sección del tablero se puede apreciar en la Figura 28, la implementación de todo el tablero ya instalado. En la parte superior, se observan todos los variadores de frecuencia mencionados en los unifilares que se encuentran conectados uno tras otro. Los inferiores son los que están en serie con el último de la primera fila de arriba.

Luego en la parte central se encuentran los guardas motores, uno por cada motor utilizado; posteriormente se encuentran fusibles de protección del PLC y la fuente de poder utilizada. Por último, en la parte inferior se encuentran puentes para transportar los cables hacia las diferentes partes a utilizar, se encuentran también los contactores, el freno utilizado en los rodillos y por último el transformador en la parte inferior también se pueden observar un ventilador utilizado y en la parte superior se encuentra el otro.

En la Figura 29 se muestra el PLC utilizado para el proceso en donde se ubican las entradas y salidas. También se muestra la entrada serial en donde se pudo conectar a una computadora por medio de un cable convertidor de serial a USB. En las figuras 30 y 31 se aprecia la imagen de los siete variadores de frecuencia utilizados, uno por cada motor del proceso realizado. Estos no fueron configurados por medio de un programa, sino que, de forma manual con la ayuda de la guía proporcionada. Debido a que eran operaciones sencillas se decidió configurarlos de esa manera ya que resultó ser más simple.

En la Figura 33 se muestra la botonera implementada en la máquina, se conectó una al principio y una al final de la máquina. El hongo de arriba es el paro de emergencia, el botón rojo es utilizado para parar la máquina, el botón verde es utilizado para encender la máquina y el botón negro es un botón que requirió el encargado de la máquina de la empresa para un uso posterior. Se decidió colocar dos botoneras para que fuera posible parar y encender la máquina en cualquier momento y desde varios puntos estratégicos.

En la figura 34 se observa la botonera implementada en el tablero de la máquina. En la parte superior se encuentran las luces, las cuales son indicadores de la máquina. La luz verde indica que la máquina puede ser utilizada, la luz roja que la máquina está en estado de emergencia y este no se apaga hasta que la luz verde esté encendida nuevamente; la luz blanca indica que hay 24 VDC en la máquina. En la parte inferior está el hongo de emergencia y el botón de reset. Cabe mencionar que

solo existe un botón de reset en todo el proceso para obligar al operario a dirigirse al tablero y revisar cualquier anomalía encontrada.

Por último, en la Figura 36 se muestra toda la máquina conectada y preparada para hacer uso de ella. Se puede apreciar los pistones de la rayadora, de la cortadora, las bandas de la volteadora y otros elementos. Cabe mencionar que para todo el proceso de ensamblaje tanto de los componentes eléctricos del proceso como del tablero se tuvo personal que siguió los unifilares con el fin realizar las conexiones correctamente.

Para el programa fue necesario utilizar un software llamado CX programmer, en el cual se programó toda la información. Al tener un programa simulado se fue conectando cada fase del proceso y probando uno a uno para observar el funcionamiento correcto de cada fase, al mismo tiempo que sirvió también para corregir errores por fases, para ya luego proceder a la unión completa y realizar la prueba final .

IX. CONCLUSIONES

1. Se obtuvo una máquina de menor precio con la misma función en comparación a la máquina ya existente, esto debido a que *SAMBORO* tenían todos los componentes a utilizar, por lo que hubo un ahorro económico.
2. La máquina construida se diferencia de la ya existente debido a la fineza de corte de fachaleta, por los componentes utilizados. Esto se podría mejorar de la máquina construida utilizando componentes de mejor calidad, no obstante, incrementaría el costo del proyecto. No obstante, es posible cambiar muchas cosas para una mejor calidad de corte de la máquina.
3. Se puede realizar una optimización del programa, utilizando otros componentes, es decir con un mejor diseño de la máquina, tanto eléctrico como mecánico. Al realizar un mejor diseño o una variación en comparación al original podrían optimizarse ciertos elementos. A su vez el programa también se vería optimizado.
4. La utilización o no de PLC y algunos componentes de otra marca, no hace la diferencia a la automatización de la marca, ya que se requería un PLC con características básicas como cualquier otro PLC.
5. Se obtuvo un tablero de dimensiones grandes, ya que se contaba con un cúmulo de componentes, por lo que era necesario espacio amplio para que estos quedaran ubicados adecuadamente. Se colocó en un espacio óptimo, ya que no interfiere con ningún otro elemento siendo posible para los operarios desplazarse sin ningún problema entre la máquina y el tablero.
6. Las botoneras fueron posicionadas correctamente, son de fácil acceso para encender, apagar y manejar el botón de emergencia, tanto en la máquina como en el tablero. Cabe mencionar que las luces utilizadas en el tablero son de gran ayuda visual para los operarios de la máquina.
7. La botonera que se iba a implementar en la parte de la cortadora, no fue necesaria. Esto debido a que la organización no deseaba una tercera botonera en la máquina, por lo tanto, se pidió un botón extra en las otras botoneras para ser usado posteriormente.
8. Los diagramas unifilares asistieron positivamente en la construcción de la máquina. Debido a que al hacer la primera revisión, surgieron cambios los cuales

9. Se aplicaron de manera inmediata y que determinaron el adecuado funcionamiento de la máquina. Por el contrario, si esta acción no se hubiera ejecutado, estas variaciones se habrían omitido. Cabe mencionar que los diagramas unifilares ayudaron al personal de apoyo para el ensamblaje de los componentes eléctricos utilizados en la máquina.

X. RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda revisar la parte mecánica con el fin de realizarle ciertas mejoras, ya que esto ayudará en el diseño de la parte eléctrica, es decir de la automatización, tanto en el diseño como en el algoritmo del PLC.
2. Mejorar el programa, ya que en ciertas partes la máquina presenta ciertos problemas de tiempo. Otra de los posibles inconvenientes se encuentra posiblemente en algún contador, por lo que es necesario revisar el programa con el fin de colocar tiempos cortos entre algunos procesos, como en la volteadora y la cortadora.
3. Se recomienda fabricar algún tipo de mecanismo y proceso para el final de la máquina, es decir la banda de salida, en donde no sea necesaria la presencia de un operario que éste recibiendo las piezas, sino que se implemente un proceso que pueda recibirlas y colocarlas de manera ordenada en otra área.
4. Se recomienda colocar luces en la máquina que pueda ir indicado con algún código de colores el área donde se encuentra la pieza a cortar; de esta forma sería de mayor facilidad para el operario conocer la ubicación de la misma.
5. Se recomienda realizar los diagramas unifilares de potencia con el fin de obtener diagramas más completos de toda la máquina y así cualquier persona externa al conocimiento de la máquina entienda los diagramas.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Electrónica. *Sensores de proximidad y sus aplicaciones.*

<http://www.electronica2000.com/temas/sensores-proximidad-aplicaciones.htm>

[30 de septiembre de 2016]

Fidemar. *Sensores de proximidad.*

<http://fidemar.com.uy/site/www/productos/sensores-de-proximidad.c7.html>

[30 de septiembre de 2016]

Iowa City. *New Omron Sysmac.* <http://www.iowacitylist.com/Kids-Stuff-/Toys->

[/New-omron-sysmac-CPM2A-60CDR-a-plc.HTM](http://www.iowacitylist.com/Kids-Stuff-/Toys-/New-omron-sysmac-CPM2A-60CDR-a-plc.HTM). [27 de septiembre de

2016]

Mendez, G. M. López, D. Rosales. Junio 2016. Máquina cortadora de fachaletas. 8va

calle Colonia Marianita Villa Nueva, Guatemala, C.A. Email:

lop10154@uvg.edu.gt. Tel.: (502) 2449-5800.

Navarrete, Andres. *Automatización de proceosen la empresa.*

<http://www.gestiopolis.com/automatizacion-de-procesos-en-la-empresa/> [28

de septiembre de 2016]

Omron Corporation. *Micro Programmable Controller.*

http://www.limasoft.cz/omron/pdf/CPM2A_en.pdf [20 de agosto de 2016]

Omron Corporation. *Multi-function Compact Inverter 3G3MX2-V1*

<http://www.ia.omron.com/products/family/3164/dimension.html> [20 de

agosto de 2016]

Omron Corporation. *Multi-fuction Compact Inverter MX2-Serie*.

<http://omronkft.hu/nostree/pdfs/inverter/mx2/i916-e1-02.pdf> [20 de agosto de 2016]

Omron Corporation. *MX2*. <https://industrial.omron.es/es/products/mx2> [29 de septiembre de 2016].

Prieto, Paloma. *Monográfico: Lenguajes de programación-Principios básicos de los PLC*. <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2> [27 de septiembre de 2016]

Promenergo. *OMRON*. http://www.proenergo.ru/doc_pdf/plc-doc/w352e1-3.pdf [20 de agosto de 2016]

QuimiNet. *¿Qué es un variador de frecuencia y cómo es que funciona?*

<https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-variador-de-frecuencia-y-como-es-que-funciona-60877.htm> [Recuperado el 29 de septiembre de 2016]

Rodríguez, Paco. *Redes PLC (I): Qué son y para qué sirven*.

<http://www.xatakahome.com/la-red-local/redes-plc-i-que-son-y-para-que-sirven> [27 de septiembre de 2016]

Schneider Electric. *Plantstruxure*. <http://www.schneider->

[electric.com.mx/documents/solutions/solution/PLANTSTRUXURE_SCHC208.pdf](http://www.schneider-electric.com.mx/documents/solutions/solution/PLANTSTRUXURE_SCHC208.pdf) [28 de septiembre de 2016]

Schneider Electric. *Variadores de velocidad, arrancadores electrónicos y motores*.

http://www.schneiderelectric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo04_1907.pdf [29 de septiembre de 2016]

Solo Labs. *Proximity sensors applications*. <https://www.solo-labs.com/proximity-sensors-applications/> [30 de septiembre de 2016]

UNICEN. *Controladores Lógicos Programables*.

[http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/06capitulo\(PLC\).pdf](http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/06capitulo(PLC).pdf) [27 de septiembre de 2016]

Variadores de Frecuencia.

http://www.fra.utn.edu.ar/download/carreras/ingenierias/electrica/materias/pla_nestudio/quintonivel/electronicaII/apuntes/variadores_variadores_de_frecuencia.pdf [29 de septiembre de 2016]

XII. GLOSARIO

1. Algoritmo: conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permiten hacer un cálculo y hallar la solución de un grupo de problemas.
2. Automatización: convertir ciertos movimientos en movimientos indeliberados.
3. Botonera: conjunto de botones o interruptores que permite tener un fácil acceso de los mandos de algún proceso.
4. Calibración: ajustar, con la mayor exactitud posible, las indicaciones de un instrumento de medida con respecto a un patrón de referencia.
5. PLC (Controlador Lógico Programable): computadora utilizada para automatizar procesos electromecánicos.
6. Eficiencia: capacidad de realizar o cumplir adecuadamente una función.
7. Módulo eléctrico: sistema integrado que se utiliza para controlar las funciones del sistema eléctrico dentro de algún dispositivo.
8. Rompedera: puntero o punzón grande enastado como un martillo.
9. Sensor: dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.