



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE MANGUERA DE USO ELÉCTRICO”.**

**Autor:**

Pachacama Campaña Israel Patricio

**Tutores:**

Ing. MSc. Barbosa Galarza José Efrén

Ing. MSc. Freire Martínez Luigi Orlando

Latacunga – Ecuador

Julio - 2019



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

“Yo Pachacama Campaña Israel Patricio, declaro ser autor de la presente propuesta tecnológica **“AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE MANGUERA DE USO ELÉCTRICO”**, siendo el M.Sc. Barbosa Galarza José Efrén y el M.Sc. Freire Martínez Luigi Orlando tutores del presente trabajo; eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Julio 2019

### AUTOR

Pachacama Campaña Israel Patricio

C.C.: 172383467-5



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE MANGUERA DE USO ELÉCTRICO”**, de Pachacama Campaña Israel Patricio, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio, 2019

---

Tutor  
M.Sc. Freire Martínez Luigi Orlando  
C.C: 050252958-9



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, el Postulante: Pachacama Campaña Israel Patricio con el título de Proyecto de titulación: **“AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE MANGUERA DE USO ELÉCTRICO”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio 2019

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)  
M.Sc. Moreano Martínez Edwin Homero  
C.C: 050260750-0

Lector 2  
M.Sc. Cevallos Betún Segundo Ángel  
C.C: 050178243-7


Lector 3  
ME.ng. Porras Reyes Jefferson Alberto  
C.C: 070440044-9

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, Sr. Israel Patricio Pachacama Campaña en calidad de Gerente General de la empresa "INGYTEP", **CERTIFICO** que el Sr. PACHACAMA CAMPAÑA ISRAEL PATRICIO, realizó el proyecto de titulación denominado: **"AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE MANGUERA DE USO ELÉCTRICO"**. En la ejecución de dicho proyecto el Sr. demostró habilidades y conocimientos en su especialidad; así también generó resultados que le serán de gran utilidad al área electromecánica por cuanto se enfocaron en solucionar problemas inherentes implementar el proyecto escrito que ayudará al proceso productivo demostrando que estoy **CONFORME** con la entrega y el funcionamiento de la máquina entregada a nuestra empresa.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al interesado a dar uso a este documento como estime conveniente.

Atentamente:



Sr. Pachacama Campaña Israel Patricio  
C.C: 172383467-5



## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por la vida de mis padres y de mi hijo, quienes son los principales promotores de mis sueños. gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme en mis peores y mejores momentos de mi vida, gracias a mi padre por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida.*

*De igual manera agradezco a la vida por este nuevo triunfo y la Universidad Técnica de Cotopaxi por encaminarme a mi formación como profesional.*

***Pachacama Campaña Israel Patricio***



## DEDICATORIA

*A mi hijo por ser la razón de mi felicidad, mi fortaleza, mi esfuerzo y mi motivación a seguir adelante en todo momento.*

*A mi abuelita que siempre me cuidó cuando era niño. Toda admiración, respeto y amor a los pilares principales de mi vida, mis padres que me han brindado su apoyo en todo momento con gran esfuerzo y sacrificio en la trayectoria de mis estudios.*

*A Doris quien como madre de mi hijo estuvo a mi lado siempre, apoyándome de manera incondicional.*

***Pachacama Campaña Israel Patricio***



## ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN BÁSICA .....	1
2.	DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1	TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	2
2.2	TIPO DE ALCANCE .....	2
2.3	ÁREA DEL CONOCIMIENTO .....	2
2.4	SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	2
2.5	OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN .....	3
2.5.1	Objeto de estudio .....	3
2.5.2	Campo de acción .....	3
2.6	SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA.....	3
2.6.1	Situación problemática .....	3
2.6.2	Problema.....	3
2.7	HIPÓTESIS.....	3
2.8	OBJETIVO(S).....	4
2.8.1	Objetivo general .....	4
2.8.2	Objetivos específicos.....	4
2.9	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS .....	4
3.	MARCO TEÓRICO .....	6
3.1	Antecedentes.....	6
3.2	Polímeros .....	7
3.2.1	Tipos de polímeros .....	7
3.2.2	Análisis de la materia prima .....	7
3.3	Extrusión de polímeros .....	8
3.3.1	Aplicaciones del proceso de extrusión .....	9





3.4	Máquina extrusora fabricadora de manguera.....	9
3.4.1	Motor eléctrico .....	10
3.4.2	Tolva de alimentación .....	10
3.4.3	Camisa o barril extrusor .....	11
3.4.4	Tornillo extrusor.....	11
3.4.5	Resistencias eléctricas calefactoras .....	12
3.4.6	Boquilla y dado.....	13
3.4.7	Tinas de enfriamiento .....	13
3.4.8	Motor jalador .....	14
3.5	Sensores .....	15
3.5.1	Sensor capacitivo.....	15
3.5.2	Sensor de temperatura .....	15
3.5.3	Encoder.....	16
3.6	Controlador lógico programable.....	17
3.6.1	Lenguaje de programación .....	17
3.6.2	Campos de aplicación.....	19
3.7	Logo Soft Confort V8 .....	19
3.7.1	Módulos de expansión.....	20
4.	METODOLOGÍA.....	21
4.1	Tipo de Proyecto .....	21
4.2	Tipo de Investigación.....	21
4.2.1	Investigación Bibliográfica.....	21
4.2.2	Investigación de campo .....	21
4.3	Métodos de Investigación .....	21
4.3.1	Método Científico.....	21
4.4	Técnicas .....	22
4.4.1	Medición.....	22



4.4.2	Programación.....	23
4.5	Instrumentos.....	23
4.5.1	Amperímetro Analógico .....	23
4.5.2	Detector de Temperatura por Resistencia Pt100 .....	23
4.5.3	Encoder Rotativo .....	24
4.5.4	Controlador Lógico Programable .....	24
4.5.5	Módulo AM2 RTD .....	25
4.5.6	Módulo DM16 230R .....	26
4.6	Software .....	27
4.6.1	Logo Soft Comfort V8.2.....	27
4.6.2	Flujograma de programación.....	27
5.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	32
5.1	Selección de Instrumentación .....	32
5.1.1	Sensor Capacitivo .....	32
5.1.2	Amperímetro Analógico .....	33
5.1.3	Detector de Temperatura por Resistencia.....	33
5.1.4	Encoder Rotativo .....	34
5.1.5	Controlador Lógico Programable .....	34
5.1.6	Módulo AM2 RTD .....	34
5.1.7	Módulo DM16 230R .....	35
5.1.8	Servidor Web Logo 8 .....	35
5.2	Diagrama general del sistema .....	36
5.3	Diseño parte control.....	36
5.3.1	Entradas Digitales.....	36
5.3.2	Salidas Digitales .....	37
5.3.3	Entradas analógicas .....	38
5.3.4	Pulsadores de Emergencia .....	39



5.3.5	Control de nivel de material .....	41
5.3.6	Control de Temperatura.....	42
5.3.7	Conexión de la PT100 al Módulo AM2 RTD .....	43
5.3.8	Conexión Encoder .....	44
5.3.9	Conexión Resistencias Calefactoras .....	45
5.4	Diseño de la parte de potencia .....	46
5.4.1	Arranque del motor extrusor.....	46
5.4.2	Resistencias Calefactoras .....	48
5.5	Arranque motor jalador.....	50
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	52
7.	PRESUPUESTO.....	57
7.1	Presupuesto .....	57
7.2	Cálculo del VAN y TIR .....	59
8.	ANÁLISIS DE IMPACTOS .....	60
8.1	Impacto Económico .....	60
8.2	Impacto Tecnológico .....	61
8.3	Impacto Ambiental.....	61
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
9.1	Conclusiones.....	62
9.2	Recomendaciones .....	63
10.	Referencias .....	64
11.	ANEXOS.....	68



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> Identificación del Polietileno de Baja Densidad.....	8
<b>Figura 3.2</b> Partes del Proceso de Extrusión.....	8
<b>Figura 3.3</b> Proceso de fabricación de manguera plástica.....	10
<b>Figura 3.4</b> Motor eléctrico.....	10
<b>Figura 3.5</b> Tolva de alimentación.....	11
<b>Figura 3.6</b> Camisa o barril de extrusión.....	11
<b>Figura 3.7</b> Zonas del tornillo extrusor.....	12
<b>Figura 3.8</b> Resistencias Calefactoras.....	12
<b>Figura 3.9</b> Boquilla de extrusión.....	13
<b>Figura 3.10</b> Tina de Enfriamiento.....	13
<b>Figura 3.11</b> Máquina Tensora.....	14
<b>Figura 3.12</b> Sensor Capacitivo.....	15
<b>Figura 3.13</b> Encoder.....	16
<b>Figura 3.14</b> Controlador Lógico Programable.....	17
<b>Figura 3.15</b> Ejemplo de Programación en un PLC.....	18
<b>Figura 3.16</b> Controlador Lógico Programable.....	19
<b>Figura 4.1</b> Diagrama de flujo general.....	27
<b>Figura 4.2</b> Diagrama de flujo del nivel de la tolva.....	28
<b>Figura 4.3</b> Diagrama de flujo contador.....	28
<b>Figura 4.4</b> Diagrama de flujo motor extrusor.....	29
<b>Figura 4.5</b> Diagrama de flujo Zona 1.....	29
<b>Figura 4.6</b> Diagrama de flujo Zona 2.....	30
<b>Figura 4.7</b> Diagrama de flujo Zona 3.....	30



<b>Figura 4.8</b>	Diagrama de flujo Zona 4.....	31
<b>Figura 4.9</b>	Diagrama de flujo del motor jalador.....	31
<b>Figura 5.1</b>	Conexión de un Sensor Capacitivo NPN NO de tres hilos.....	31
<b>Figura 5.2</b>	Amperímetro Analógico.....	33
<b>Figura 5.3</b>	Detector de Temperatura por Resistencia.....	33
<b>Figura 5.4</b>	Encoder rotativo.....	34
<b>Figura 5.5</b>	LOGO 8.....	34
<b>Figura 5.6</b>	Módulo AM2 RTD.....	34
<b>Figura 5.7</b>	Módulo DM16 230 R.....	35
<b>Figura 5.8</b>	Servidor Web Visualizador.....	35
<b>Figura 5.9</b>	Ubicación de los Pulsadores de Emergencia.....	39
<b>Figura 5.10</b>	Pulsador de Emergencia 1.....	39
<b>Figura 5.11</b>	Pulsador de Emergencia 2.....	39
<b>Figura 5.12</b>	Diagrama eléctrico de la conexión de los pulsadores de emergencia al Logo 8..	40
<b>Figura 5.13</b>	Programación de los pulsadores de Emergencia.....	40
<b>Figura 5.14</b>	Ubicación del Sensor Capacitivo.....	41
<b>Figura 5.15</b>	Diagrama eléctrico de la conexión del Sensor Capacitivo al Controlador Lógico Programable.....	41
<b>Figura 5.16</b>	Programación del nivel de material en la tolva.....	42
<b>Figura 5.17</b>	Control de temperatura antiguo de la máquina extrusora.....	42
<b>Figura 5.18</b>	Control de temperatura con Logo v8 y Módulo AM2 RTD de la máquina extrusora.....	42
<b>Figura 5.19</b>	Conexión Pt100 al Módulo AM2 RTD Zonas 1 y 3.....	43
<b>Figura 5.20</b>	Conexión Pt100 al Módulo AM2 RTD Zonas 2 y 4.....	43
<b>Figura 5.21</b>	Programación Encoder.....	44



<b>Figura 5.22</b>	Diagrama de conexión encoder.....	44
<b>Figura 4.23</b>	Parte de control de las resistencias calefactoras.....	45
<b>Figura 5.24</b>	Placa de datos del motor extrusor.....	46
<b>Figura 5.25</b>	Motor extrusor y Caja reductora de velocidad.....	47
<b>Figura 5.26</b>	Diagrama eléctrico de la conexión del motor extrusor al Logo v8.....	47
<b>Figura 5.27</b>	Programación del motor extrusor.....	48
<b>Figura 5.28</b>	Parte de potencia de las resistencias calefactoras zonas 1 y 2.....	48
<b>Figura 5.29</b>	Parte de potencia de las resistencias calefactoras zonas 3 y 4.....	49
<b>Figura 5.30</b>	Programación control de temperatura zona 1.....	49
<b>Figura 5.31</b>	Programación control de temperatura zona 2.....	49
<b>Figura 5.32</b>	Programación control de temperatura zona 3.....	50
<b>Figura 5.33</b>	Programación control de temperatura zona 4.....	50
<b>Figura 5.34</b>	Programación para accionar el motor jalador.....	50
<b>Figura 5.35</b>	Diagrama de conexión del motor jalador.....	51
<b>Figura 6.1</b>	Estado eléctrico anterior.....	52
<b>Figura 6.2</b>	Estado eléctrico actual.....	52
<b>Figura 6.3</b>	Control de temperatura anterior.....	53
<b>Figura 6.4</b>	Control de temperatura actual.....	53
<b>Figura 6.5</b>	Cambio de sensor.....	53



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1</b>	Características de los lenguajes de programación de un PLC.....	18
<b>Tabla 3.2</b>	Módulos lógicos del LOGO 8.....	20
<b>Tabla 4.1</b>	Automatización.....	22
<b>Tabla 4.2</b>	Control del proceso de manguera.....	22
<b>Tabla 4.3</b>	Características del Amperímetro Analógico.....	23
<b>Tabla 4.4</b>	Características de la Pt100.....	23
<b>Tabla 4.5</b>	Características encoder rotativo.....	24
<b>Tabla 4.6</b>	Características del Logo Soft Comfort v8.....	25
<b>Tabla 4.7</b>	Características del Módulo AM2 RTD.....	26
<b>Tabla 4.8</b>	Características del Módulo DM16 230 R.....	26
<b>Tabla 5.1</b>	Característica del Sensor Capacitivo LJC18A3-H-Z/BX.....	32
<b>Tabla 5.2</b>	Listado de Entradas Digitales.....	36
<b>Tabla 5.3</b>	Listado de Salidas Digitales.....	37
<b>Tabla 5.4</b>	Listado de Entradas Analógicas.....	38
<b>Tabla 5.5</b>	Significado de cada elemento en la parte de control de las resistencias calefactoras.....	45
<b>Tabla 6.1</b>	Tiempos de fabricación.....	54
<b>Tabla 6.2</b>	Incremento en porcentaje.....	54
<b>Tabla 6.3</b>	Consumo eléctrico anterior.....	55
<b>Tabla 6.4</b>	Consumo eléctrico actual.....	55
<b>Tabla 6.5</b>	Disminución del consumo energético en porcentaje.....	56
<b>Tabla 7.1</b>	Materiales Directos.....	57
<b>Tabla 7.2</b>	Materiales Indirectos.....	57



<b>Tabla 7.3</b> Mano de obra.....	58
<b>Tabla 7.4</b> Costo total del proyecto.....	58





# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TEMA:** AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE MANGUERA DE USO ELÉCTRICO.

**Autor:** Pachacama Campaña Israel Patricio

### RESUMEN

El propósito de la propuesta tecnológica fue automatizar la máquina extrusora de plástico de la empresa INGYTEP, que adquirió esta máquina en un estado eléctrico deteriorado, la cual contenía dispositivos o equipos eléctricos y/o electrónicos antiguos, por lo mismo, no existía un control óptimo sobre la máquina extrusora. Por esta razón, el producto final presentaba fallas como: perforaciones en la manguera, flujo de materia prima desigual, salida del material interrumpido, entre otras. En este contexto, se planteó conocer el proceso de fabricación de manguera y los procesos de extrusión, para técnicamente seleccionar la instrumentación industrial adecuada, con la que se automatizó y mejoró el proceso. Los elementos seleccionados para el proceso de automatización, fueron los siguientes: autómatas programables, cuya función es controlar los estados de temperatura en la fundición de la materia prima, para lo cual el barril extrusor se compone de resistencias tipo abrazadera, a las cuales se les ha dividido en 4 zonas, para mantener la temperatura estable en todo el proceso de fundición de la materia prima. Se incrementó, dentro de la tolva de alimentación un sensor capacitivo que indica cuando la materia prima está próxima a terminarse y finalmente, se adicionó un sensor para establecer la cantidad en metros producidos y para conocer la longitud de la manguera de forma rápida. Finalmente, se incorporó un sistema de visualización para conocer de forma breve los estados de temperatura, mediante un computador portátil que se conecta directamente con el autómata programable, facilitando al operador visualizar la temperatura del producto fundido y listo para ser procesado de manera fácil y cómoda. Logrando de esta manera que la máquina extrusora incremente la producción en 20% y se reduzca el consumo energético en un 12.35 %.

**Palabras clave:** extrusora, automatización, control, instrumentación, autómata programable



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TEMA:** AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE MANGUERA DE USO ELÉCTRICO.

**Autor:** Pachacama Campaña Israel Patricio

### RESUMEN

El propósito de la propuesta tecnológica fue automatizar la máquina extrusora de plástico de la empresa INGYTEP, que adquirió esta máquina en un estado eléctrico deteriorado, la cual contenía dispositivos o equipos eléctricos y/o electrónicos antiguos, por lo mismo, no existía un control óptimo sobre la máquina extrusora. Por esta razón, el producto final presentaba fallas como: perforaciones en la manguera, flujo de materia prima desigual, salida del material interrumpido, entre otras. En este contexto, se planteó conocer el proceso de fabricación de manguera y los procesos de extrusión, para técnicamente seleccionar la instrumentación industrial adecuada, con la que se automatizó y mejoró el proceso. Los elementos seleccionados para el proceso de automatización, fueron los siguientes: autómatas programables, cuya función es controlar los estados de temperatura en la fundición de la materia prima, para lo cual el barril extrusor se compone de resistencias tipo abrazadera, a las cuales se les ha dividido en 4 zonas, para mantener la temperatura estable en todo el proceso de fundición de la materia prima. Se incrementó, dentro de la tolva de alimentación un sensor capacitivo que indica cuando la materia prima está próxima a terminarse y finalmente, se adicionó un sensor para establecer la cantidad en metros producidos y para conocer la longitud de la manguera de forma rápida. Finalmente, se incorporó un sistema de visualización para conocer de forma breve los estados de temperatura, mediante un computador portátil que se conecta directamente con el autómata programable, facilitando al operador visualizar la temperatura del producto fundido y listo para ser procesado de manera fácil y cómoda. Logrando de esta manera que la máquina extrusora incremente la producción en 20% y se reduzca el consumo energético en un 12.35 %.

**Palabras clave:** extrusora, automatización, control, instrumentación, autómata programable



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente de la Carrera Pedagogía de los Idiomas Nacionales y Extranjeros Inglés de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de Titulación al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS (CIYA)**, cuyo título versa “AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE MANGUERA DE USO ELÉCTRICO”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Latacunga, Julio del 2019

Atentamente,

**Mgs. Sonia Jimena Castro Bungacho**  
**DOCENTE P.I.N.E. INGLÉS**  
**C.C. 050197472-9**





## 1. INFORMACIÓN BÁSICA

### PROPUESTO POR:

- Pachacama Campaña Israel Patricio  
Cédula: 172383467-5  
Correo electrónico: israel.pachacama5@utc.edu.ec  
Celular: 0984587463

### TEMA APROBADO:

- Automatización de una máquina extrusora de plástico para incrementar la capacidad de producción de manguera de uso eléctrico.

### CARRERA:

- Ingeniería Electromecánica

### DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:

- Mg.C. Barbosa Galarza José Efrén
- Mg.C. Freire Martínez Luigi Orlando

### EQUIPO DE TRABAJO:

- Pachacama Campaña Israel Patricio
- Mg.C. Barbosa Galarza José Efrén
- Mg.C. Freire Martínez Luigi Orlando

### LUGAR DE EJECUCIÓN:

- Región: Sierra
- Provincia: Pichincha
- Cantón: Mejía
- Parroquia: Uyumbicho

### TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO:

- 6 meses

### FECHA DE ENTREGA:

- 22/07/2019



## LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI:

- Procesos Industriales

## SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA:

- Automatización, control y protección de sistemas electromecánicos

### TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Desarrollo tecnológico en automatización de maquinaria en la industria del plástico.

## **2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Automatización de una máquina extrusora de plástico para incrementar la capacidad de producción de manguera de uso eléctrico.

### **2.2 TIPO DE ALCANCE**

- Productivo

El presente proyecto pretende desarrollar la mayor cantidad de manguera para el uso en instalaciones eléctricas.

### **2.3 ÁREA DEL CONOCIMIENTO**

- Área: Ingeniería, industria y construcción
- Subárea del Conocimiento: Ingeniería y profesiones afines

### **2.4 SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

La propuesta tecnológica surge como una necesidad planteada por la empresa INGYTEP, que al adquirir una máquina extrusora de plástico de la fábrica EDUPLASTIC de la ciudad de Latacunga, tiene el propósito de tener un control adecuado de la máquina extrusora para de esta manera incrementar la productividad de manguera para el uso en instalaciones eléctricas.

Se pretende desarrollar tecnologías que impulsen a la producción nacional, así como sujetarse a principios y normas de calidad, sostenibilidad y producción sistémica, como manifiestan los artículos 320 y 385 de la Constitución Nacional del Ecuador



## **2.5 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.5.1 Objeto de estudio**

Control de autómatas programables aplicada en máquinas industriales.

### **2.5.2 Campo de acción**

Sistemas de Control, Protecciones Eléctricas y Programación.

## **2.6 SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA**

### **2.6.1 Situación problemática**

La empresa INGYTEP ubicada en la parroquia Uyumbicho, Cantón Mejía, se dedica a realizar instalaciones eléctricas en baja tensión, instalaciones de redes de comunicación, instalaciones de sistemas de seguridad y venta de material eléctrico.

La empresa adquirió una máquina extrusora de plástico con la idea de producir manguera para el sector eléctrico, con un inconveniente, el cual es, que ésta máquina tiene una baja productividad, que se debe al no tener equipos óptimos para un control de temperatura en la máquina extrusora y el tipo de materia prima que se utiliza.

Se plantea dar solución a este problema incorporando un control adecuado en la máquina extrusora de plástico utilizando equipos eléctricos y/o electrónicos, para que la máquina incremente su capacidad de producción.

### **2.6.2 Problema**

La máquina extrusora de plástico no cuenta con un sistema que permita controlar de manera eficiente el proceso de fabricación de manguera de uso eléctrico, por tal razón la máquina presenta productividad de manguera baja.

## **2.7 HIPÓTESIS**

La automatización de la máquina extrusora de plástico permitirá controlar el proceso de fabricación de manguera de uso eléctrico en la empresa INGYTEP de la parroquia de Uyumbicho – Cantón Mejía.



## 2.8 OBJETIVO(S)

### 2.8.1 Objetivo general

Automatizar una máquina extrusora de plástico para incrementar la producción de manguera utilizada en instalaciones eléctricas mediante equipos eléctricos y electrónicos en la empresa Ingytep ubicada en la parroquia de Uyumbicho – Cantón Mejía.

### 2.8.2 Objetivos específicos

- Investigar las características y el funcionamiento de las máquinas extrusoras de plástico mediante la recopilación de datos para establecer el diagrama eléctrico de control y potencia.
- Diseñar el diagrama eléctrico de control y potencia utilizando los instrumentos industriales y equipos eléctricos o electrónicos para mejorar el proceso de extrusión.
- Seleccionar e instalar los instrumentos industriales y equipos eléctricos o electrónicos a la máquina extrusora de plástico para un control estable en la fabricación de manguera.
- Verificar el correcto funcionamiento de la máquina extrusora de plástico mediante pruebas continuas para concluir con la propuesta tecnológica

## 2.9 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

OBJETIVOS	ACTIVIDAD 1	ACTIVIDAD 2
Investigar las características y el funcionamiento de las máquinas extrusoras de plástico mediante la recopilación de datos para establecer el diagrama eléctrico de control y potencia.	Analizar las fuentes bibliográficas acerca del funcionamiento de la máquina extrusora.	Conocer sobre las especificaciones de la instrumentación industrial aplicada a máquinas extrusoras.

<p>Diseñar el diagrama eléctrico de control y potencia utilizando los instrumentos industriales y equipos eléctricos o electrónicos para mejorar el proceso de extrusión.</p>	<p>Utilizar los diferentes software para el diseño de planos eléctricos.</p>	<p>Realizar el diagrama de conexión de cada equipo eléctrico y/o electrónico para la máquina extrusora.</p>
<p>Seleccionar e instalar los instrumentos industriales y equipos eléctricos o electrónicos a la máquina extrusora de plástico para un control estable en la fabricación de manguera.</p>	<p>Adquirir la instrumentación industrial seleccionada y el tipo de autómata programable para la máquina extrusora.</p>	<p>Implementar los equipos seleccionados y realizar el cableado del circuito de control y de potencia.</p>
<p>Verificar el correcto funcionamiento de la máquina extrusora de plástico mediante pruebas continuas para concluir con la propuesta tecnológica</p>	<p>Comprobar el adecuado control de la máquina extrusora.</p>	<p>Confirmar la incrementación de manguera de uso eléctrico.</p>





### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

[1] En la Universidad Autónoma de Occidente de la ciudad de Cali, en Colombia, se desarrolló un proyecto de titulación denominado “AUTOMATIZACIÓN DE UNA EXTRUSORA MONOHUSILLO PARA TRABAJAR MATERIALES PLÁSTICOS Y COMPUESTOS”, en el cual manifiesta que, la variación temperatura en un máquina extrusora es un proceso de respuesta lenta, por lo cual se decidió diseñar un controlador On/Off, también por su bajo presupuesto de implementación, este controlador es ampliamente usado en la industria para realizar el control de procesos que involucran la variación de temperatura y que además tiene la ventaja de ser fácil de implementar y muy económico respecto a los otros.

[2] En la Universidad César Vallejo de la ciudad de Lima, en Perú, se desarrolló un proyecto de titulación denominado “REDISEÑO ELÉCTRICO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE POLIPROPILENO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA C&D SAC, CHICLAYO 2016”, en el cual, primero se diagnosticó el estado del sistema eléctrico de la máquina extrusora para después tomar una decisión el cual fue, de sustituir el motor extrusor de corriente continua por un motor de corriente alterna, con dispositivos de mando, comandados por un controlador lógico programable PLC, que garantice la funcionalidad y el continuo proceso, así como también cambiar el tipo de cable con el que se realizaba la conexión de los elementos y sus respectivas protecciones.

[6] En la Universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Quito, se desarrolló un proyecto de titulación denominado “AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA EXTRUSOR DE PVC PARA FABRICACIÓN DE VINIL SELLADOR (EMPAQUETADURA) ENTRE EL METAL Y SU ACRISTALAMIENTO”, en el que se manifiesta que la máquina extrusora presentaba elementos mecánicos y eléctricos obsoletos, y que se decide cambiar a elementos actuales para cumplir con su funcionamiento, el control de temperatura que realizó es un control on/off mediante un controlador lógico programable y un HMI para su visualización.

[4] En la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo de la ciudad de Riobamba, se desarrolló un proyecto de titulación denominado “PROPUESTA PARA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE POLIPROPILENO EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN INDUCUERDAS”, en el cual menciona que, el monitoreo permanente del proceso tanto de modo local como remoto, brinda la posibilidad de tomar

decisiones oportunas y para el control de temperatura es recomendable utilizar controladores lógicos programables con sus respectivos módulos de entradas analógicas y un visualizador para verificar el estado de las zonas de temperatura.

### 3.2 Polímeros

[5] Los polímeros son grandes moléculas que son formadas por la unión de varias moléculas pequeñas que tienen la misma composición química y resultantes del proceso de polimerización. En varios casos se forman polímeros de manera lineal, semejante a una cadena, la longitud de esta cadena viene especificada por el número de unidades que se repiten en la cadena. Esto se denomina Grado de Polimerización.

#### 3.2.1 Tipos de polímeros

[3] Los polímeros más comunes para extrusión son:

- Polietileno de baja densidad (LDPE)
- Polietileno de alta densidad (HDPE)
- Policloruro de vinilo (PVC)
- Polipropileno (PP)
- Poliestileno (PS)
- Polietilentereftalato (PET)

#### 3.2.2 Análisis de la materia prima

[3] Para la fabricación de manguera se utiliza el polietileno de baja densidad, que es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno, se designa por sus siglas como “LDPE” (Low Density Polyethylene) o también por sus siglas en español “PEBD” (Polietileno de Baja Densidad).

[7] Este polietileno es un sólido más o menos flexible según el grosor, es ligero y buen aislante eléctrico. Es un material que por sus características y bajo coste se utiliza mucho en envasado, revestimiento de cables y en la fabricación de tuberías.

[8] Los objetos elaborados con polietileno de baja densidad se identifican, en el sistema de identificación americano SPI (Society of the Plastics Industry), con el símbolo de la figura 3.1 ubicado en la parte inferior o posterior del objeto.



**Figura 3.1** Identificación del Polietileno de Baja Densidad

**Fuente:** [5]

El polietileno de baja densidad se caracteriza por:

- Buena resistencia térmica y química.
- Buena resistencia al impacto.
- Es de color lechoso, llega a ser transparente dependiendo de su espesor.
- Tiene más flexibilidad que el polietileno de alta densidad.

Sus aplicaciones son:

- Fundas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, entre otros.
- Películas
- Envasado automático de alimentos y productos industriales: leche, agua, plásticos, etc.
- Stretch
- Base para pañales desechables
- Bolsas para suero
- Manguera para agua y para instalaciones eléctricas
- Tubos y pomos: cosméticos, medicamentos y alimentos
- Tuberías para riego

### 3.3 Extrusión de polímeros

[12] La extrusión es un proceso mediante el cual, se hace pasar un material fundido por una matriz de forma continua para producir un producto de sección transversal constante y de longitud indefinida.

En la figura 3.2 se puede visualizar cada una de las partes del proceso de extrusión, que corresponde a un conjunto de etapas y elementos que permiten el desarrollo de este proceso.



**Figura 3.2** Partes del Proceso de Extrusión

[10] La extrusión consiste en moldear productos de manera continua, el material o materia prima es empujado por un tornillo sinfín a través de un cilindro o camisa, para luego pasar por una boquilla que le da forma según sea el molde. Se debe recalcar que no solamente los plásticos utilizan el proceso de extrusión, existen varios materiales como el aluminio, en la industria alimentaria (pastas o fideos), entre otros.

Este proceso también es usado para la obtención de los gránulos, que posteriormente se utilizan durante los diferentes procesos de procesamiento de polímeros, y para el mezclado del polímero virgen con los aditivos necesarios para su procesamiento.

### **3.3.1 Aplicaciones del proceso de extrusión**

[13] Entre los principales productos obtenidos por extrusión a nivel general son:

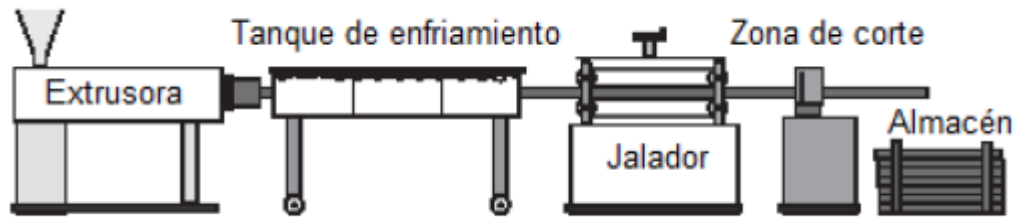
- Película tubular: bolsas, película plástica.
- Tubería: caños para condición de agua y drenaje.
- Manguera de luz y agua.
- Recubrimiento: cables para uso eléctrico y telefónico.
- Perfil: hojas para persiana, ventanearía, canales de flujo de agua
- Lámina y película plana: cinta adhesiva, stretch.
- Monofilamentos: filamentos de máquina 3D

### **3.4 Máquina extrusora fabricadora de manguera**

[12] El proceso de fabricación de manguera empieza con la preparación de la materia prima, esta puede ser materia virgen o materia reciclada, este material es introducido en la tolva de la extrusora, para posteriormente ser atrapado por el husillo o tornillo sinfín y empujado a lo largo del cilindro en el cual el calor proveniente de las resistencias eléctricas colocadas como abrazaderas a lo largo del cilindro junto con el calor generado por el rozamiento y la presión es que el compuesto se derrite.

[4] Una vez fundida la materia prima, pasa por el cabezal y boquilla en donde adquiere la forma de manguera, enseguida es enfriada, mediante tinas llenas de agua que puede estar a una temperatura ambiente para posteriormente ser jalada mediante un motor, para ser almacenada o vendida.

En la figura 3.3 se muestra una representación del proceso de fabricación de manguera plástica.



**Figura 3.3** Proceso de fabricación de manguera plástica

**Fuente:** [12]

### 3.4.1 Motor eléctrico

[13] El motor es una máquina eléctrica rotatoria que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, esta energía eléctrica puede ser corriente continua o corriente alterna. En la figura 3.4 se puede observar un motor eléctrico

[2] Para el proceso de extrusión, el motor eléctrico tiene como función, realizar la rotación del husillo o tornillo sin fin en un rango de velocidad adecuado. Existen varias formas de reducir la velocidad de un motor, puede ser mediante engranajes, bandas de transmisión, cadenas o de manera electrónica con un variador de velocidad.

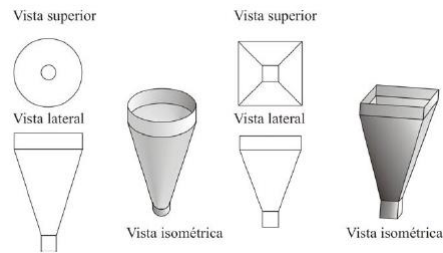


**Figura 3.4** Motor eléctrico

### 3.4.2 Tolva de alimentación

[6] La tolva es un contenedor que tiene como función almacenar la materia prima para alimentar de manera continua a la máquina extrusora.

[7] El transporte de sólidos en la tolva es, en general el flujo de la materia prima por gravedad, en donde el material se mueve hacia la parte inferior de la tolva por acción de su propio peso, en la figura 3.5 se observa dos tipos de diseño de tolvas.



**Figura 3.5** Tolva de alimentación

**Fuente:** [13]

### 3.4.3 Camisa o barril extrusor

[1] El barril de extrusión también conocido como cilindro es la pieza central de la máquina extrusora, en donde, en su interior el plástico es derretido, mediante el calor que ejercen las resistencias calefactoras que se encuentran en el exterior del cilindro.

[9] El cilindro alberga en su interior al husillo o tornillo sin fin, la superficie del cilindro debe ser muy rugosa para aumentar las fuerzas de cizalla que soportará el material y permitir así que éste fluya a lo largo de la extrusora.

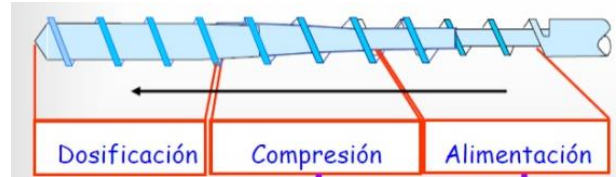
Para evitar la corrosión y el desgaste mecánico, el cilindro suele construirse de aceros muy resistentes y en algunos casos viene equipado con un revestimiento bimetálico que le confiere una elevada resistencia, en la mayoría de los casos superior a la del husillo, ya que éste es mucho más fácil de reemplazar.



**Figura 3.6** Camisa o barril de extrusión

### 3.4.4 Tornillo extrusor

[15] El Tornillo extrusor también conocido como husillo, es el elemento principal de una máquina extrusora, tiene como función transportar y empujar la materia prima fundida a través del cilindro, la estabilidad del proceso y la calidad del producto que se obtiene dependen en gran medida del diseño del husillo, que se encuentra dividido en tres zonas principales, el cual se observa en la figura 3.7.



**Figura 3.7** Zonas del tornillo extrusor

**Fuente:** [16]

- La zona de alimentación: es la zona que recibe la materia prima proveniente de la tolva para iniciar su transporte.
- La zona de compresión: es la zona en donde la materia prima se comprime (el valle del tornillo es cada vez menor).
- La zona de plastificado: es la zona en donde el material es homogenizado y se lo lleva a una temperatura deseada, sin degradarlo ni afectando sus características para que fluya fácilmente por el molde y se pueda obtener la forma deseada.

### 3.4.5 Resistencias eléctricas calefactoras

[17] Las resistencias calefactoras convierten energía eléctrica en calor, se utilizan para una infinidad de aplicaciones. La gran mayoría de ellas son fabricadas con un alambre de una aleación de níquel (80%) y cromo (20%), esta aleación soporta temperaturas muy altas (1000° C), es netamente resistivo, muy resistente a los impactos y es inoxidable.

[18] Este tipo de resistencias se utiliza, mayormente, en la industria del plástico, en máquinas de inyección o extrusión para fundir la materia prima, tienen que estar completamente apretadas al cilindro para que la disipación del calor sea lo más perfecta posible.

El conjunto de resistencias representa una zona de calentamiento distinta, de esta manera se realiza el control independiente sobre cada una de las zonas en todo momento, garantizando así las condiciones de operación. En la figura 3.8 se puede observar un gráfico de las resistencias.



**Figura 3.8** Resistencias Calefactoras

**Fuente:** [16]

### 3.4.6 Boquilla y dado

Es la parte final del proceso de extrusión, es el encargado de la conformación final de la extrusión, logrando espesores uniformes; para que se logren estos espesores uniformes, se debe asegurar en el proceso que el polímero fluya a una velocidad y un volumen uniforme alrededor de la boquilla. En la figura 3.9 se puede observar una boquilla de extrusión.



**Figura 3.9** Boquilla de extrusión

**Fuente:** [1]

### 3.4.7 Tinas de enfriamiento

[19] La tina de enfriamiento es un depósito de agua, que tiene el propósito de enfriar la manguera para que se solidifique. El material extruido es enfriado rápidamente por boquillas que entregan agua refrigerante a lo largo de su trayecto hasta salir de la tina en estado sólido.

En la figura 3.10 se puede observar una tina de enfriamiento para los procesos de extrusión



**Figura 3.10** Tina de Enfriamiento

Su longitud está acorde con el rendimiento de la extrusora y sincronizado con la velocidad de extrusión, ya que el plastificado requiere de un cierto tiempo de permanencia para poder solidificarse, las tinas de enfriamiento, generalmente, son de gran longitud.

Independientemente del método de enfriamiento, un hecho fundamental sigue siendo: Cuanto más rápido el calor es disipado, más rápido la línea de extrusión se ejecuta. Por esta razón, la transferencia de calor rápida es crucial para la eficiencia y la rentabilidad.



El sistema de refrigeración para la extrusión de plástico más empleado es un sistema central de agua helada. Este tipo de sistema requiere tuberías que es menos complicado y menos costoso.

### 3.4.8 Motor jalador

[19] Es conocida también como la etapa de tensado, la cual es muy importante porque se obtiene un mejor producto. En el proceso de extrusión de manguera en el enfriamiento, se toma en cuenta que la manguera no se detenga ya que la extrusión es de manera continua, si la manguera llegara a detenerse provocaría un atascamiento de material y pérdidas de producto, por esta razón es importante la etapa del tensado.

En la figura 3.11 se observa una máquina tensora donde el mecanismo de arrastre es por medio de rodillos.



**Figura 3.11** Máquina Tensora

Esta etapa de la fabricación de manguera junto con el sistema de enfriamiento, tienen una función muy concreta, lograr que las especificaciones de la manguera sean las óptimas, las cuales son diámetro interno y externo de la manguera, espesor de la manguera y la textura externa de la manguera. Para lograr estas especificaciones se debe regular la velocidad del motor jalador.

La máquina utilizada en la etapa de tensado es conocida como máquina tensora o jalador, de tipo oruga, banda o rodillos, compuesta por los siguientes elementos:

- Mesa metálica la cual soporta todo el mecanismo de la máquina tensora.
- Motor acoplado a un reductor de velocidades.
- Sistema de transmisión por medio de catarinas y cadenas.

### 3.5 Sensores

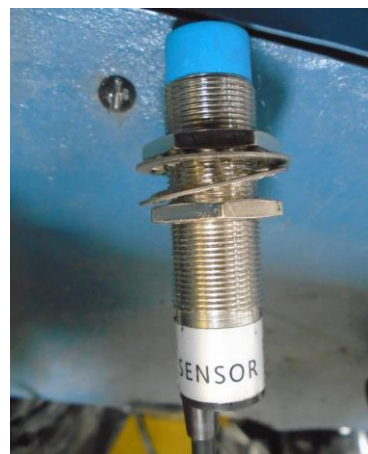
[20] El sensor es un aparato o dispositivo mecánico y/o eléctrico, capaz de convertir señales físicas o químicas no eléctricas en magnitudes eléctricas medibles dependiendo del tipo de sensor que capta la señal.

#### 3.5.1 Sensor capacitivo

Los sensores capacitivos son interruptores electrónicos que trabajan sin contacto. Estos sensores aprovechan el efecto que tienen los materiales como el papel, vidrio, plástico, aceite, agua, así como de los metales, de aumentar la capacidad del sensor cuando se encuentran dentro del campo eléctrico generado.

Su uso es muy extendido en la industria para detectar finales de carrera, presencia/ausencia de material, niveles, entre otros. Su funcionamiento consiste en un oscilador (con valor conocido de capacitancia) y un circuito detector, cuando se acerca un elemento con constante dieléctrica diferente a la del aire, cambia el valor capacitivo del circuito y, por ende, cambia la frecuencia de oscilación gatillando un cambio en el sensor.

Este tipo de sensores pueden ser utilizados para indicar el nivel del polímero en las tolvas, su voltaje de alimentación generalmente es 24VDC. Generalmente se usan de a pares, para detectar nivel alto y nivel bajo.



**Figura 3.12** Sensor Capacitivo

#### 3.5.2 Sensor de temperatura

[9] La temperatura se utiliza frecuentemente para inferir otras variables del proceso, esta causa múltiples efectos, por lo cual se han desarrollado numerosos dispositivos para medirla.

Sencillamente es usado para medir temperaturas en cualquier ambiente, refrigerar piezas o partes, o para compensar un dispositivo. Existe una gran variedad de medidores de temperatura, que se eligen dependiendo del fenómeno en un cuerpo al presentarse un cambio en la temperatura.

- Detector de Temperatura por Resistencia (RTD): utiliza sondas de resistencia que depende de la variación de la resistencia en función de la temperatura.
- Termistor: son semiconductores electrónicos con un coeficiente de temperatura de resistencia negativo al valor elevado, por lo que presentan unas variaciones rápidas y extremadamente grandes, para los cambios, relativamente pequeños, en la temperatura, se fabrican con óxidos de níquel, manganeso, hierro, cobalto, cobre, magnesio, titanio y otros metales y están encapsulados en sondas y en discos.
- Termocupla: es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que producen una diferencia de potencial muy pequeña (mili voltios). Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas.

### 3.5.3 Encoder

[20] El Encoder es un transductor rotativo, que mediante una señal eléctrica (normalmente un pulso o una señal senoidal), indica el ángulo girado. Si este sensor rotatorio se conecta mecánicamente con una rueda o un husillo, también puede medir distancias lineales.

En la figura 3.13 se puede observar un encoder.



**Figura 3.13** Encoder

**Fuente:** [20]

Clasificación de los Encoder:

- Encoder incremental: La señal de salida se comunica por un hilo en el que se transmite un pulso por cada ángulo girado, de tal forma que, si se tiene un encoder de 1000 ppr, tendremos un pulso por cada  $360^\circ/1000 = 0,36^\circ$ . El inconveniente es que no disponemos de una referencia absoluta de la posición en la que se encuentra el eje.

- Encoder absoluto: La posición se da en valor absoluto mediante un bus paralelo. Es decir, que, si se tiene un encoder de 256 posiciones, se tiene un bus de 8 líneas que indica en binario cuál es su posición. El inconveniente de estos encoder es la cantidad de líneas que se necesita leer y conectar, debido a la complejidad del disco óptico que codifica las posiciones la resolución no suele ser muy elevada.

### 3.6 Controlador lógico programable

[22] Es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos.

También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas más prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal.

Para la selección del Controlador Lógico Programable se puede regir a la normativa IEC 61131.



**Figura 3.14** Controlador Lógico Programable

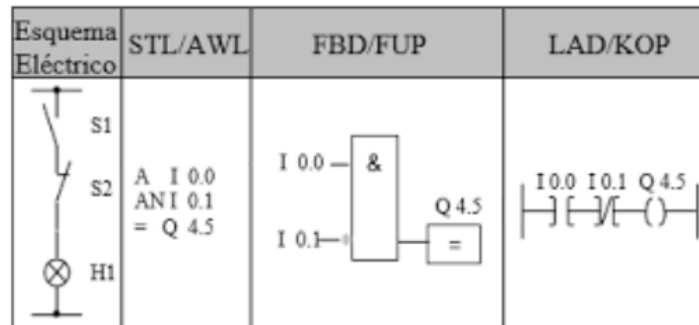
**Fuente:** [22]

#### 3.6.1 Lenguaje de programación

[22] El lenguaje de programación es una de las características de las cuales depende la realización del programa que controla el manejo del PLC. Existen diferentes lenguajes de programación de la norma IEC-1131-3 empleados en los PLC, que son:

- Diagrama de bloques
- Lenguajes estructurados

- Lenguaje de escalera (Ladder – KOP)
- Diagrama de funciones secuenciales (FUP)
- Lista de instrucciones (AWL)



**Figura 3.15** Ejemplo de Programación en un PLC

**Fuente:** [22]

Los más empleados en la programación actualmente, son tres; KOP, FUP y AWL, en la tabla 3.1 se observa sus características:

**Tabla 3.1** Características de los lenguajes de programación de un PLC

LENGUAJE	CARACTERÍSTICA
KOP (Contactos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crea programas similares a los de un esquema eléctrico</li> <li>- Hace que la CPU emule la circulación de corriente eléctrica a raves de condiciones lógicas de entrada que habilitan condiciones lógicas de entrada.</li> <li>- El programa se ejecuta segmento por segmento.</li> </ul>
AWL (Lista de instrucciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crea programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones.</li> <li>- Crea ciertos programas que no se pueden crear con los editores KOP y FUP</li> </ul>
FUP (Diagrama de funciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite visualizar las operaciones en forma de cuadros lógicos.</li> <li>- Representación en forma de puertas gráficas especialmente para observar el flujo del programa.</li> </ul>

**Fuente:** [23]

### 3.6.2 Campos de aplicación

[22] El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, o control de instalaciones, entre otras.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se aprecie principalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

### 3.7 Logo Soft Comfort V8

[25] El PLC Logo 8 es un módulo lógico inteligente para la implementación de soluciones de maniobra y control en pequeños proyectos de automatización. Gracias a un montaje sencillo, un trabajo de cableado mínimo y con la cómoda programación mediante Logo Soft Comfort, pueden implementarse rápidamente muchas soluciones para maquinas o instalaciones sencillas, en la automatización de edificios o para las más diversas aplicaciones incluso el ámbito particular.



**Figura 3.16** Controlador Lógico Programable

**Fuente:** [25]

### 3.7.1 Módulos de expansión

[22] Existen varios tipos de módulos de expansión que se comunican con Logo v8, su selección depende del tipo de alimentación, el uso del módulo y las entradas y salidas que se requiera, éstas pueden ser digitales o analógicas.

Logo v8 soporta un máximo 24 entradas digitales, 8 entradas analógicas, 20 salidas digitales y 8 salidas analógicas, la configuración máxima se puede tener de diferentes maneras.

Los módulos Logo v8 presentan dos clases de alimentación:

- Clase 1: 12 VDC – 24 VDC – 24 VAC
- Clase 2: 115 VAC/VDC – 240 VAC/VDC

**Tabla 3.2** Módulos lógicos del LOGO 8

Nombre	Alimentación	Entradas	Salidas
Logo DM8 12/24R	12/24 VDC	4 digitales	4 tipo relé (5A)
Logo DM8 24	24 VDC	4 digitales	4 estado sólido 24V/0.3A
Logo DM8 24R	24 VDC/VAC	4 digitales	4 tipo relé (5A)
Logo DM8 230R	115 VAC/VDC 240 VAC/VDC	4 digitales	4 tipo relé (5A)
Logo DM16 24	24 VDC	8 digitales	8 estado sólido 24V/0.3A
Logo DM16 24R	24 VDC	8 digitales	8 tipo relé (5A)
Logo DM16 230R	115 VAC/VDC 240 VAC/VDC	8 digitales	8 tipo relé (5A)
Logo AM2	12/24 VDC	2 analógicas 0V – 10V 0.4 mA – 20 mA	Ninguno
Logo AM2 RTD	12/24 VDC	2 PT100 o 2 PT1000	Ninguno
Logo AM2 AQ	24 VDC	Ninguno	2 analógicas 0V – 10V 0.4 mA – 20 mA



## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipo de Proyecto**

El proyecto es de tipo productivo, en el cual se realizó la automatización del proceso de extrusión para fabricar manguera de uso eléctrico, en donde se aplicaron tecnologías adecuadas para el desarrollo del mismo, garantizando el correcto funcionamiento de la máquina, brindando de esta forma seguridad e incrementar la capacidad de producción.

### **4.2 Tipo de Investigación**

#### **4.2.1 Investigación Bibliográfica**

Las fuentes de información de este proyecto fueron obtenidas de libros, artículos de revistas técnicas y tesis de grado que son relacionados con el tema de la propuesta tecnológica, para el desarrollo del marco teórico y la información para la selección de instrumentación industrial y autómatas programables.

#### **4.2.2 Investigación de campo**

Se realizó una investigación de campo en la cual se puede constatar el proceso de fabricación de mangueras en su totalidad, desde la preparación de la materia prima, el control de temperatura de las zonas, el procedimiento para enfriar, el enrollado de la manguera, y su venta.

Se verifica que en el proceso de fabricación de manguera interviene maquinaria de similares características, por ejemplo, el enfriamiento de la manguera es por inmersión del producto en una tina de enfriamiento de larga dimensión. Por otra parte, para el control de temperatura la mayoría de maquinarias ha optado por utilizar controladores lógicos programables, aunque aún se puede apreciar, que en varias máquinas utilizan controladores de temperatura.

### **4.3 Métodos de Investigación**

#### **4.3.1 Método Científico**

Este método permite seguir un orden lógico para dar solución a la propuesta tecnológica, así como el procedimiento para la correcta selección de los instrumentos de medición, la selección del controlador lógico programable con sus módulos de expansión, si éste lo requiere, el correcto cableado de la instrumentación hacia el PLC, y sus respectivas protecciones.



## 4.4 Técnicas

### 4.4.1 Medición

**Tabla 4.1** Automatización

DEFINICIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	CATEGORÍA	UNIDAD DE MEDIDA	TÉCNICA
Es la amplia variedad de sistemas y procesos que operan con mínima intervención del ser humano	Nivel de Tolva	Sensor Capacitivo	Nivel	Faradio	Medición
	Control de Temperatura	RTD	Temperatura	° C	Medición
	Longitud de manguera	Encoder	Longitud	Metros	Medición

**Tabla 4.2** Control del proceso de manguera

DEFINICIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	CATEGORÍA	UNIDAD DE MEDIDA	TÉCNICA
Es el conjunto de pasos que se requieren para llegar a un objetivo determinado.	Medición de corriente en resistencias	Amperímetro	Corriente	Ampere	Medición
	Visualización de temperatura	RTD	Temperatura	° C	Medición
	Visualización longitud de manguera	Encoder	Longitud	Metros	Medición

#### 4.4.2 Programación

Es el proceso al que se recurre para crear algún tipo de aplicación, en la propuesta tecnológica se utilizó la técnica de programación para controlar el proceso de fabricación de manguera. Existen varias formas de programación dependiendo el software que se utilice, para el caso de los autómatas programables generalmente se realiza en un lenguaje KOP (de contactos), pero para esta ocasión la programación se realizó mediante un lenguaje FUP (de funciones).

#### 4.5 Instrumentos

##### 4.5.1 Amperímetro Analógico

Este tipo de instrumento de medición es común en las máquinas extrusoras, se encarga de medir la corriente que consume cada zona de temperatura.

**Tabla 4.3** Características del Amperímetro Analógico

Valor máximo	25 A
Tipo de corriente	AC
Precisión del medidor	3%
Temperatura mínima	-10 °C
Temperatura Máxima	+55 °C

##### 4.5.2 Detector de Temperatura por Resistencia Pt100

Es un tipo de sensor de temperatura, el cual tiene comunicación directamente con el módulo AM2 RTD del LOGO v8 de SIEMENS, sus rangos son ideales para realizar la medición en la máquina extrusora, sus características se pueden observar en la tabla 4.4.

**Tabla 4.4** Características de la Pt100

Longitud del cable	50 cm
Bulbo	3/16" * 5 cm
Rango de Temperatura	0 – 400 °C
N. Hilos	3

Resistencia de platino	100 ohm – 0 °C
Conexión	RTD – RTD - compensación
Exactitud	± 0,5 °C

### 4.5.3 Encoder Rotativo

El Encoder rotativo es un sensor que permite realizar el conteo de la longitud de la manguera, comercialmente un rollo de manguera tiene 100 metros. En la tabla 4.5 se puede observar sus características técnicas.

**Tabla 4.5** Características encoder rotativo

Tipo de Salida	NPN salida voltaje
Max Frecuencia de respuesta	300 KHz
Alimentación	12/24 VDC
Corriente	70 mA
Tiempo de respuesta	1 u seg. Max
Longitud del cable	2 m
Revolución max permitida	5000 rpm
Temperatura	-10 , 60 °C

### 4.5.4 Controlador Lógico Programable

Logo v8 es un controlador lógico programable que permite realizar automatizaciones a escala pequeña, su precio en el mercado es bajo y accesible con relación a otros controladores, posee un servidor web que permite la supervisión y el control del mismo a través de Internet, sus características se pueden observar en la tabla 4.6.

**Tabla 4.6** Características del Logo Soft Comfort v8

Dimensiones	71,5 * 90 * 60 mm
Humedad Relativa	10 % al 90 % sin condensación
Presión Atmosférica	795 hPa – 1080 hPa
Grado de Protección	IP20
Vibraciones	5 Hz – 8,4 Hz
Tensión de entrada	115 Vac – 240 Vac
Frecuencia admisible	47 – 63 Hz
Consumo 115 Vac	20 – 40 mA
Consumo 240 Vac	15 – 25 mA
Entradas digitales	8
Salidas digitales	4
Tipo de salida	Salidas de relé
Comunicación	Ethernet
Display	Si
Memoria	400 bloques
Memoria Expansión	Tarjeta Micro SD

Fuente: [25]

#### 4.5.5 Módulo AM2 RTD

Es un módulo lógico de SIEMENS compatible con LOGO 8, el cual permite la conexión directa del sensor de temperatura seleccionado (Detector de temperatura por resistencia), sus características se pueden observar en la tabla 4.7.

**Tabla 4.7** Características del Módulo AM2 RTD

Nombre	LOGO AM2 RTD
Alimentación	12/24 VDC
Número de entradas analógicas	2
Rangos de Temperatura	-50 , 200 °C
Tipo de sensor	Pt100/Pt1000
Montaje	Sobre carril DIN 35 mm
Dimensiones (Ancho * Alto * Profundidad)	36 * 90 * 53 mm
I 12VDC	25 – 30 mA
I 24VDC	25 – 30 mA
Grado de Protección	IP20
Consumo de Corriente	25 mA – 30 mA
Conexión	2 o 3 hilos

**Fuente:** [25]

#### 4.5.6 Módulo DM16 230R

El módulo DM16 230 R es compatible con el Logo v8 de Siemens, consta de 8 entradas digitales y 8 salidas digitales de tipo relé, sus características se pueden observar en la tabla 4.8.

**Tabla 4.8** Características del Módulo DM16 230 R

Nombre	LOGO DM16 230R
Alimentación	115/230 VAC
Número de entradas digitales	8
Número de salidas digitales	8
Tipo de salidas	Relé
Salida de corriente	5A carga resistiva y 3A carga inductiva

Protección contra cortocircuitos	No
Dimensiones (Ancho * Alto * Profundidad)	72 * 90 * 55 mm
I1.....I8	1: >79 VAC; I > 0.13 mA 0: < 30 VAC; I < 0.06 mA

Fuente: [25]

## 4.6 Software

### 4.6.1 Logo Soft Comfort V8.2

Es un tipo de software que está disponible como paquete de programación para la computadora, puede tener funciones como: programación en lenguaje KOP (esquema de contactos), o FUP (Diagrama de funciones), simulación del programa en el computador, test online que permite observar en tiempo real los cambios de estado en el LOGO 8, transferencia del programa en sentido LOGO al PC y PC al LOGO mediante cable ethernet, comunicación de red, entre otras.

### 4.6.2 Flujograma de programación

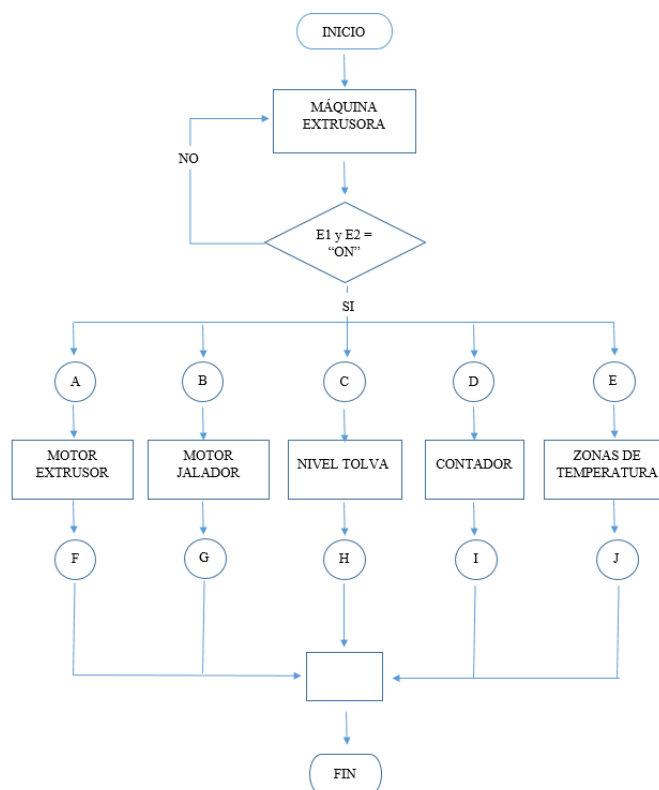
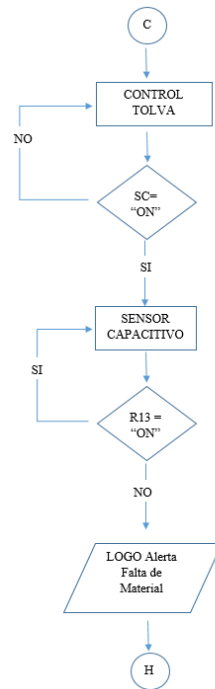
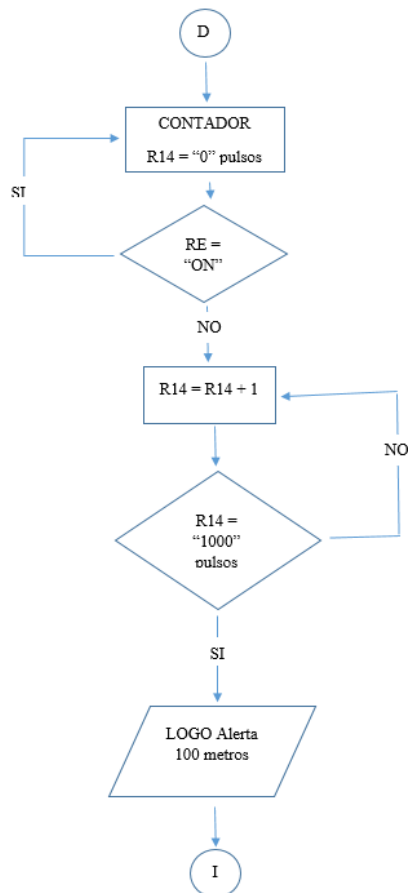


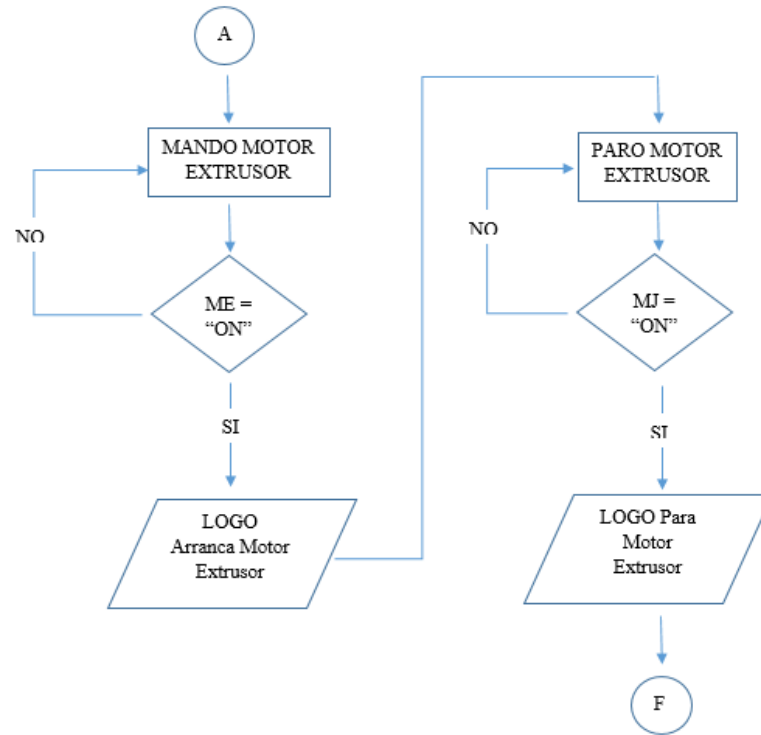
Figura 4.1 Diagrama de flujo general



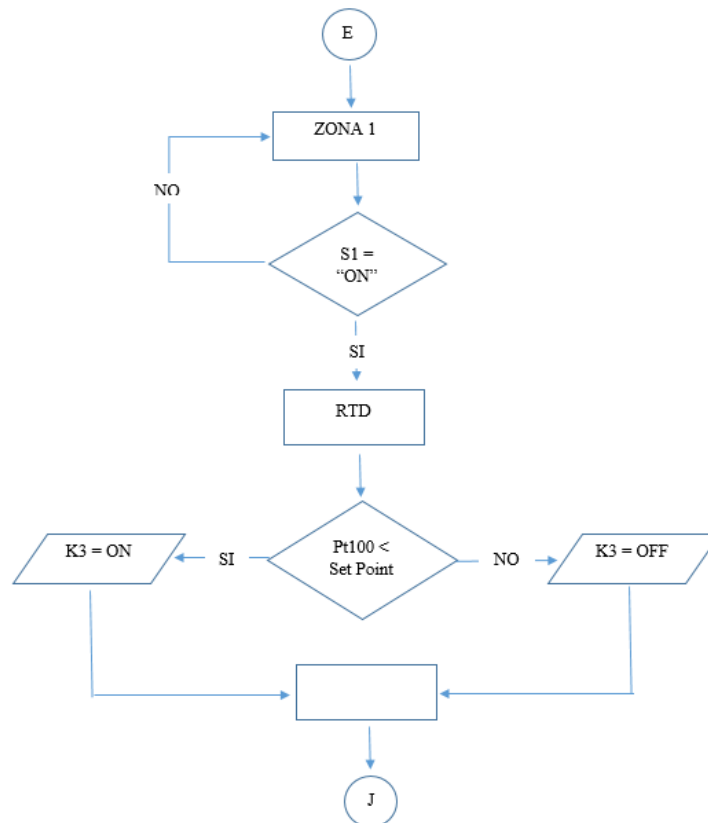
**Figura 4.2** Diagrama de flujo del nivel de la tolva



**Figura 4.3** Diagrama de flujo contador

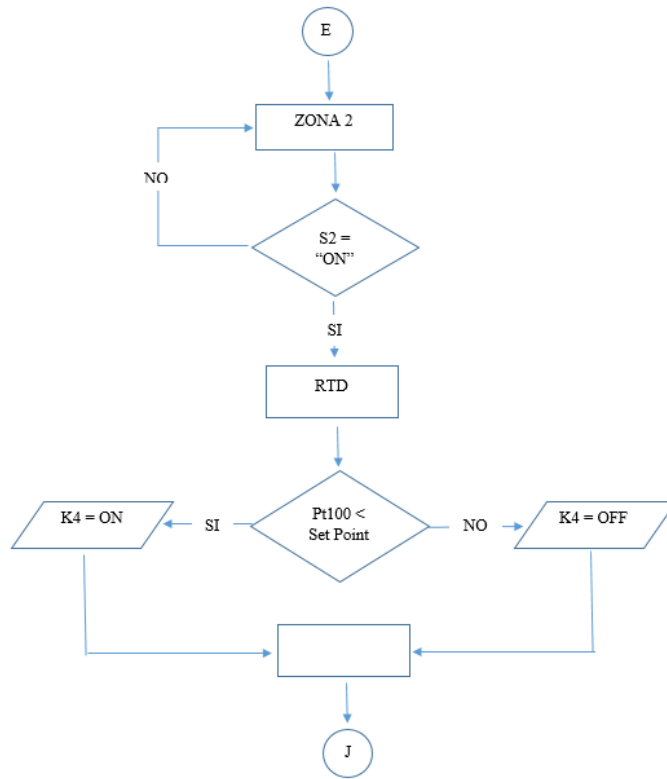


**Figura 4.4** Diagrama de flujo motor extrusor

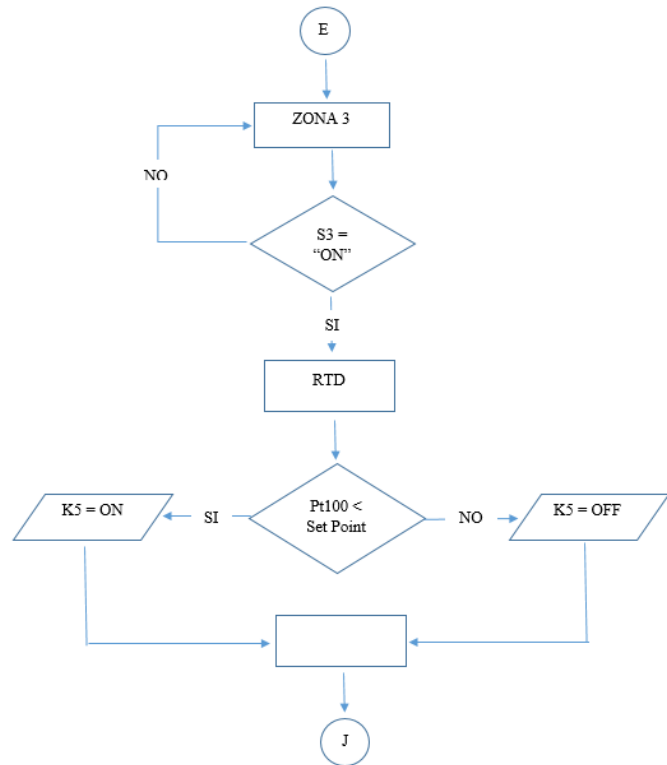


**Figura 4.5** Diagrama de flujo Zona 1

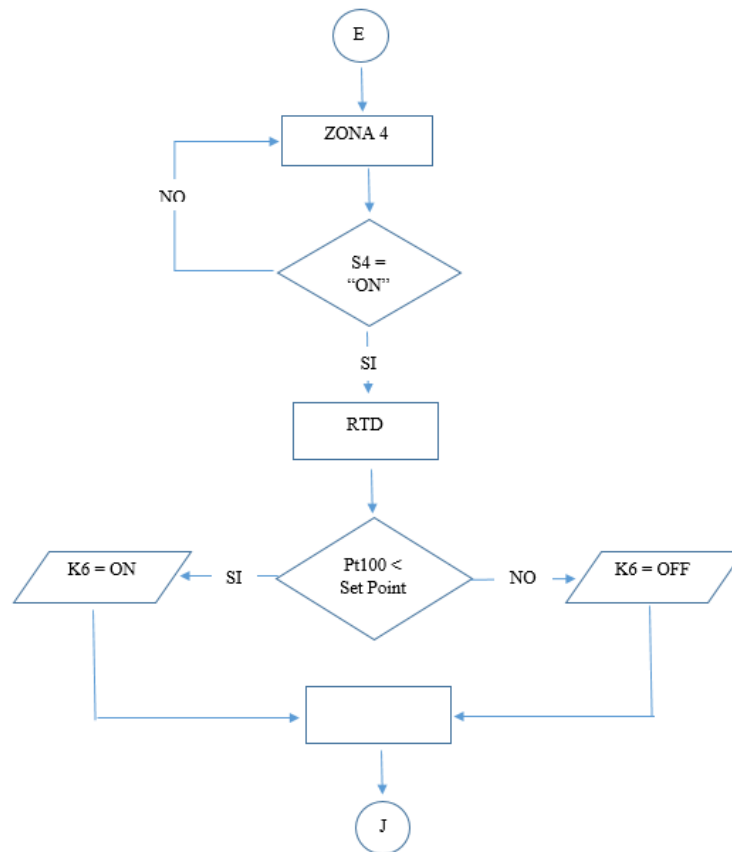




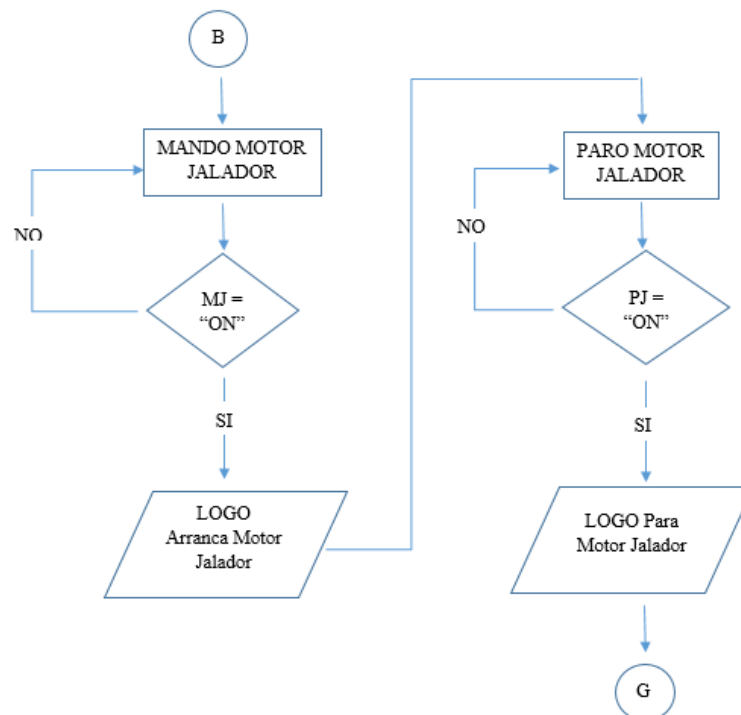
**Figura 4.6** Diagrama de flujo Zona 2



**Figura 4.7** Diagrama de flujo Zona 3



**Figura 4.8** Diagrama de flujo Zona 4.



**Figura 4.9** Diagrama de flujo del motor jalador

## 5. DISEÑO EXPERIMENTAL

### 5.1 Selección de Instrumentación

Se describe a continuación la instrumentación que se seleccionó para el proceso de fabricación de manguera.

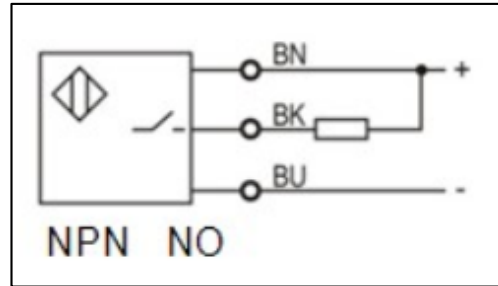
#### 5.1.1 Sensor Capacitivo

En los procesos continuos, es necesario controlar el nivel de materia en una tolva, comúnmente se realiza detectando un valor máximo y un mínimo, pero la máquina extrusora no tiene un sistema de llenado, por lo tanto, se detecta solo un valor mínimo.

El sensor capacitivo fue seleccionado por ser el más óptimo para este proceso, es utilizado principalmente para detectar materiales como el plástico, el cual es el material que se utiliza como materia prima en la fabricación de la manguera, las características de este sensor capacitivo se pueden observar en la tabla 5.1, y su programación se puede observar en el anexo 6.

**Tabla 5.1** Característica del Sensor Capacitivo LJC18A3-H-Z/BX

Modelo	LJC18A3-B-Z/BX
Distancia de detección	1 -10 mm
Objetos detectables	Conductores y dieléctricos
Alimentación	5 – 36 Vdc
Corriente	300 mA
Salida	3 hilos
Grado de protección	IEC 60529 IP66
Dimensiones	D18mm * L70mm
Peso	Aprox. 90 gr
Tipo de sensor	NPN - NO
Longitud del cable	1,80 m
Indicador de detección	LED rojo



**Figura 5.1** Conexión de un Sensor Capacitivo NPN NO de tres hilos

### 5.1.2 Amperímetro Analógico

Según las características presentadas en la tabla 4.3 se seleccionó el instrumento con un rango de 0 – 25A para visualizar la cantidad de corriente que existe por cada resistencia de las zonas de temperatura. En la figura 5.2 se puede observar un amperímetro analógico.



**Figura 5.2** Amperímetro Analógico

### 5.1.3 Detector de Temperatura por Resistencia

Según las características presentadas en la tabla 4.4 se seleccionó el instrumento con un rango de temperatura 0 – 400 °C, el cual es óptimo ya que en procesos de extrusión las zonas calientan en 200°C máximo. En la figura 5.3 se puede observar una RTD.



**Figura 5.3** Detector de Temperatura por Resistencia

#### 5.1.4 Encoder Rotativo

Según las características presentadas en la tabla 4.5 se seleccionó el instrumento con un rango de medición de 1 metro de longitud, comercialmente un rollo de manguera cuenta con 100 metros de longitud. En la figura 5.4 se puede observar un Encoder Rotativo.



Figura 5.4 Encoder rotativo

#### 5.1.5 Controlador Lógico Programable

Según las características presentadas en la tabla 4.6 se seleccionó el LOGO 8 de SIEMENS, es un controlador lógico programable capaz de realizar automatizaciones a escala pequeña. En la figura 5.5 se puede observar un LOGO 8.



Figura 5.5 LOGO 8

#### 5.1.6 Módulo AM2 RTD

Según las características presentadas en la tabla 4.7 se seleccionó el módulo AM2 RTD que es compatible con el LOGO v8 de SIEMENS, su montaje en los tableros eléctricos se lo realiza mediante riel Din. En la figura 5.6 se puede observar el módulo AM2 RTD.



Figura 5.6 Módulo AM2 RTD

### 5.1.7 Módulo DM16 230R

Según las características presentadas en la tabla 4.8 se seleccionó el módulo DM16 230R que es compatible con el LOGO v8 de SIEMENS, su montaje en los tableros eléctricos se lo realiza mediante riel Din. En la figura 5.7 se puede observar el módulo DM16 230R.



Figura 5.7 Módulo DM16 230 R

### 5.1.8 Servidor Web Logo 8

Se utilizó esta Interfaz Web de Logo 8 para visualizar lo siguiente:

- El estado de las zonas de temperatura
- Los metros que tiene la manguera
- Los estados On/Off del motor extrusor y jalador
- Los estados On/Off de los paros de emergencia

En el anexo 10 se puede observar la visualización completa del proceso de extrusión

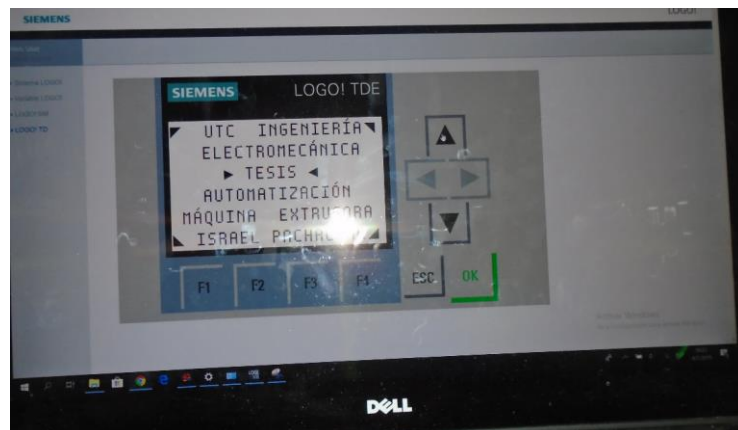


Figura 5.8 Servidor Web Visualizador

## 5.2 Diagrama general del sistema

Se diseñó un diagrama de flujo para entender el proceso de fabricación de manguera mediante la máquina extrusora, la figura 4.1 corresponde al diagrama de flujo de la programación de manera general, se observa 5 áreas distintas a controlar, estos diagramas se muestran por separado.

En los anexos 8 y 9 se pueden observar el diagrama eléctrico general del proceso de extrusión.

## 5.3 Diseño parte control

### 5.3.1 Entradas Digitales

En la tabla 5.2 se puede observar las entradas digitales al controlador lógico programable LOGO 8 y su módulo de expansión DM16230 R con su respectiva descripción. Para la presente propuesta se tiene un total de 14 entradas digitales.

**Tabla 5.2** Listado de Entradas Digitales

<b>ENTRADAS DIGITALES</b>			
<b>Entrada</b>	<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Módulo</b>
I1	E1	Pulsador de paro emergencia 1	LOGO 8 230 RCE
I2	ME	Pulsador de marcha del motor extrusor	LOGO 8 230 RCE
I3	PE	Pulsador de paro del motor extrusor	LOGO 8 230 RCE
I4	R13	Entrada sensor capacitivo	LOGO 8 230 RCE
I5	E2	Pulsador de paro emergencia 2	LOGO 8 230 RCE
I6	R14	Entrada Encoder	LOGO 8 230 RCE
I7	S1	Selector Zona 1	LOGO 8 230 RCE
I8	S2	Selector Zona 2	LOGO 8 230 RCE
I9	S3	Selector Zona 3	DM 16 230R
I10	S4	Selector Zona 4	DM 16 230R
I11	MJ	Pulsador de marcha del motor jalador	DM 16 230R

I12	PJ	Pulsador de paro del motor jalador	DM 16 230R
I13	SC	Selector On/Off Sensor Capacitivo	DM 16 230R
I14	RE	Pulsador Reset Encoder	DM 16 230R

### 5.3.2 Salidas Digitales

En el proyecto se tiene un total de 12 salidas digitales, repartidas entre el Logo Soft Comfort v8 y el módulo DM16 230 R, en la tabla 5.3 se puede observar la lista con su numeración y su descripción.

**Tabla 5.3** Listado de Salidas Digitales

<b>SALIDAS DIGITALES</b>			
<b>Salida en Módulo</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Módulo</b>
Q1	K1	Contactador motor extrusor	LOGO 8 230 RCE
Q2	K2	Alarma falta material en la tolva	LOGO 8 230 RCE
Q3	R3	Alarma 100 metros de manguera	LOGO 8 230 RCE
Q4	K7	Contactador motor jalador	LOGO 8 230 RCE
Q5	K3	Contactador Zona 1	DM 16 230R
Q6	K4	Contactador Zona 2	DM 16 230R
Q7	K5	Contactador Zona 3	DM 16 230R
Q8	K6	Contactador Zona 4	DM 16 230R
Q9	R9	Indicadores encendido y apagado Zona 1	DM 16 230R
Q10	R10	Indicadores encendido y apagado Zona 2	DM 16 230R



Q11	R11	Indicadores encendido y apagado Zona 3	DM 16 230R
Q12	R12	Indicadores encendido y apagado Zona 4	DM 16 230R

### 5.3.3 Entradas analógicas

Para las entradas analógicas, se toma en consideración que se debe realizar la medición de las cuatro zonas de temperatura, se tiene un total de 4 entradas analógicas, en el cual se utiliza el módulo lógico LOGO AM2 RTD, en la tabla 5.4 se puede observar la lista de entradas con su numeración y su descripción.

**Tabla 5.4** Listado de Entradas Analógicas

<b>ENTRADAS ANALÓGICAS</b>		
<b>Entrada</b>	<b>Descripción</b>	<b>Módulo</b>
U1- Ic1 U1+	Detector de Temperatura por Resistencia PT 100 Zona 1	LOGO AM2 RTD 1
U2- Ic2 U2+	Detector de Temperatura por Resistencia PT 100 Zona 2	LOGO AM2 RTD 1
U1- Ic1 U1+	Detector de Temperatura por Resistencia PT 100 Zona 3	LOGO AM2 RTD 2
U2- Ic2 U2+	Detector de Temperatura por Resistencia PT 100 Zona 4	LOGO AM2 RTD 2

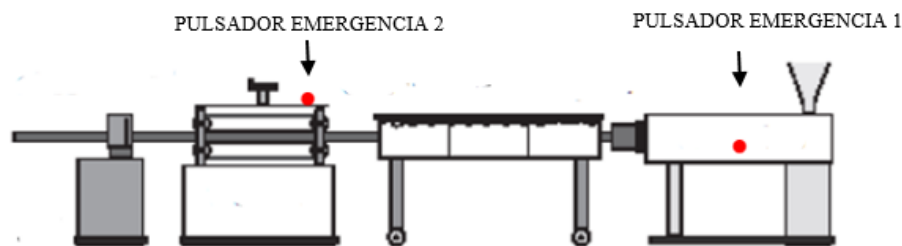
El proyecto tiene un total de 12 entradas digitales, 4 entradas analógicas y 12 salidas digitales, el Logo v8 tiene un total de 8 entradas digitales y 4 salidas digitales de tipo relé, por lo que, para las otras entradas y salidas digitales se utiliza un módulo de expansión DM16 230R, que tiene 8 entradas digitales y 8 salidas digitales de tipo relé.

Para las entradas analógicas un módulo de expansión AM2 RTD el cual consta de 2 entradas analógicas, por esta razón se utiliza 2 módulos de este tipo.

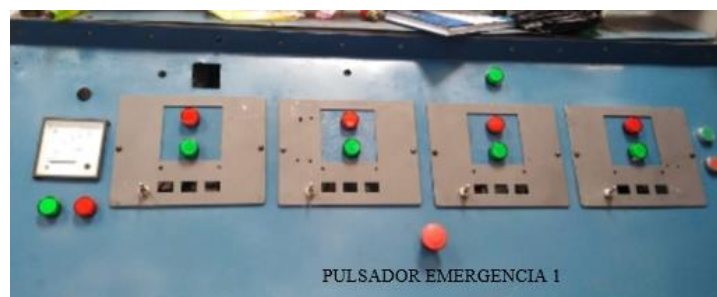
### 5.3.4 Pulsadores de Emergencia

Los pulsadores de emergencia sirven principalmente para prevenir situaciones que pueden poner en peligro a las personas, además de evitar daños en la máquina. Para el paro de emergencia de la máquina extrusora, se implementan dos pulsadores de emergencia, el cual detienen todo el funcionamiento de la máquina.

El primer pulsador de emergencia está ubicado al extremo de la máquina extrusora en el tablero principal, y el segundo pulsador de emergencia está ubicado al otro extremo de la máquina en el tablero secundario perteneciente al motor jalador, en la figura 5.9 se puede observar su ubicación.



**Figura 5.9** Ubicación de los Pulsadores de Emergencia



**Figura 5.10** Pulsador de Emergencia 1

PULSADOR EMERGENCIA 2

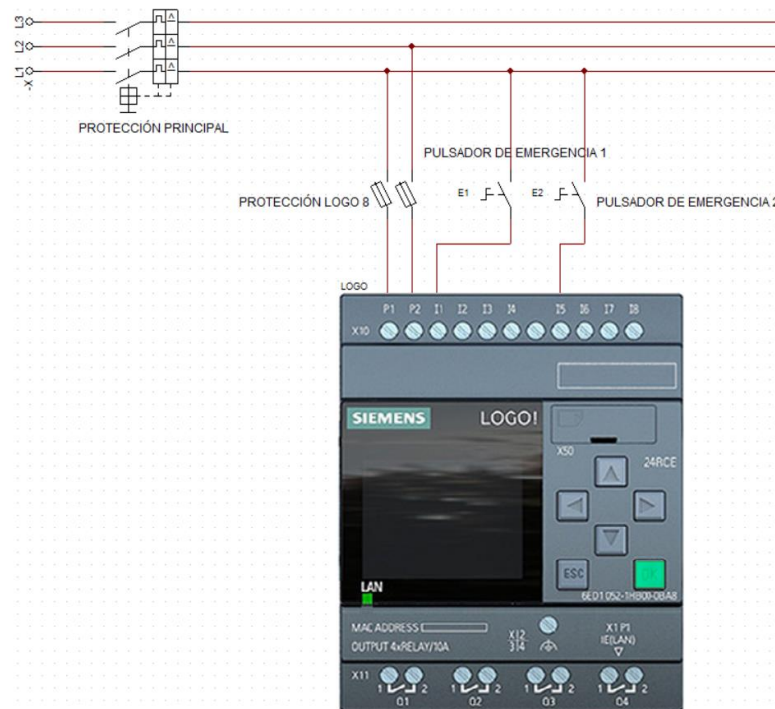


**Figura 5.11** Pulsador de Emergencia 2

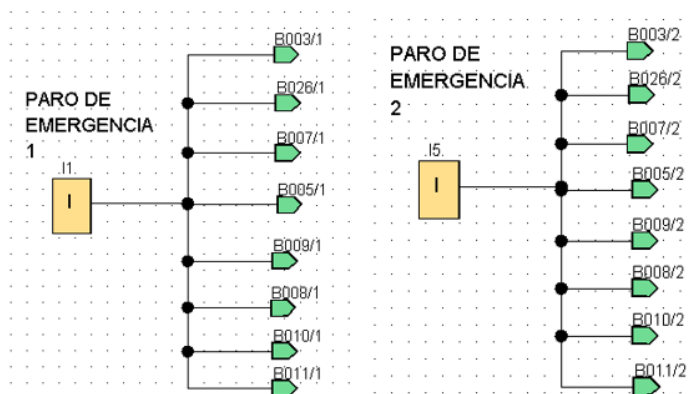
Se decide colocar dos pulsadores de emergencia porque, el proceso de fabricación de manguera es largo y el operador de la máquina extrusora tiene la facilidad de accionar cualquiera de los dos paros de emergencia según su cercanía.

En la figura 5.12 se puede observar la conexión de los pulsadores de emergencia al Logo v8 y que las entradas digitales para los pulsadores son:

- I1 para el pulsador de emergencia 1
- I5 para el pulsador de emergencia 2



**Figura 5.12** Diagrama eléctrico de la conexión de los pulsadores de emergencia al Logo v8



**Figura 5.13** Programación de los pulsadores de emergencia

### 5.3.5 Control de nivel de material

La materia prima entra a la máquina extrusora a través de una tolva, la cual siempre debe tener material para alimentar, ya que si, eventualmente, la extrusora sigue calentando el tornillo sin presencia de material, la temperatura puede llegar a niveles demasiado altos que podrían deformar las piezas de acero de la máquina.

Debido a esto, en la tolva se implementó un sistema de advertencia, que alerta al operador de la máquina que la materia prima está pronto a terminarse y que necesita que se llene de material. Se procede a utilizar un sensor capacitivo ubicado en un nivel bajo de la tolva, en la figura 5.14 se puede observar su ubicación, en la figura 5.15 el modo de conexión con el Controlador Lógico Programable y en la figura 5.16 con el anexo 6 su programación de acuerdo al diagrama de flujo en la figura 4.2.

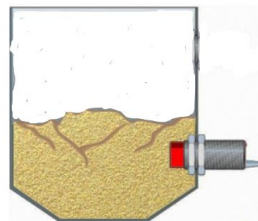


Figura 5.14 Ubicación del Sensor Capacitivo

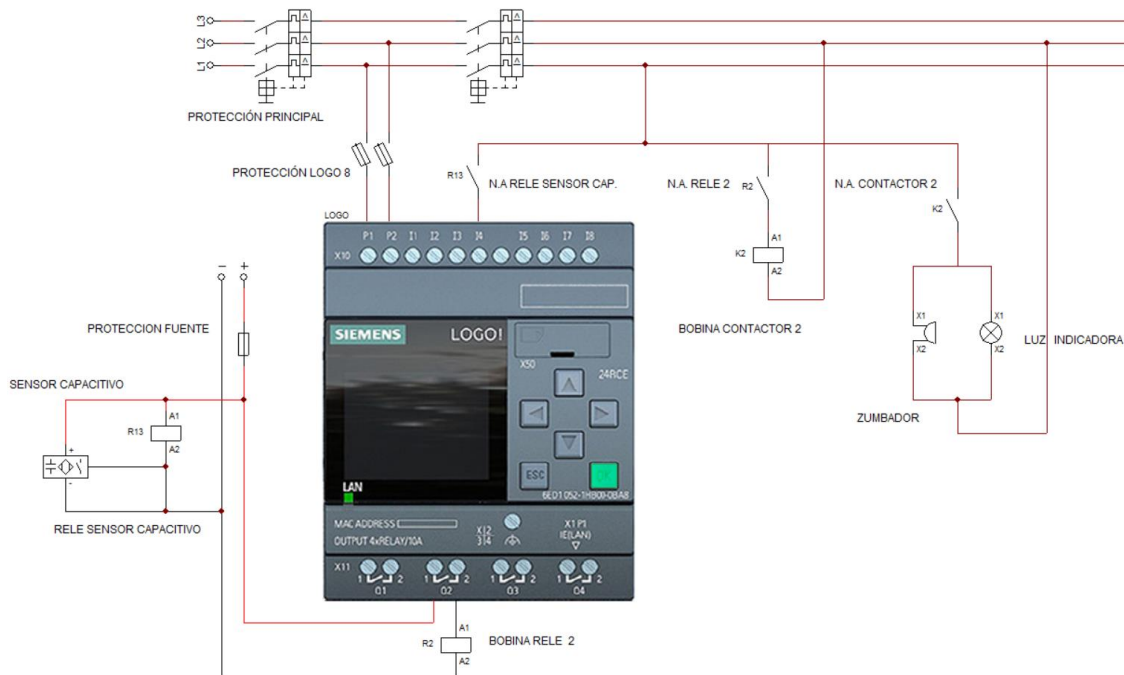


Figura 5.15 Diagrama eléctrico de la conexión del Sensor Capacitivo al Controlador Lógico Programable

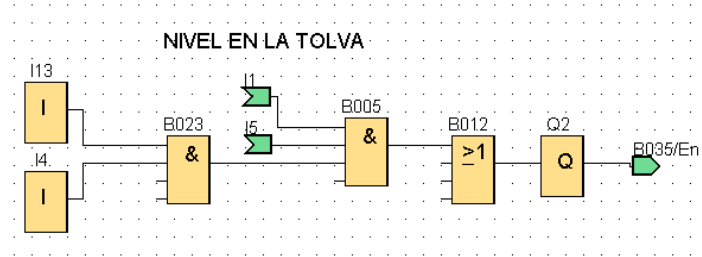


Figura 5.16 Programación del nivel de material en la tolva

### 5.3.6 Control de Temperatura

El control de temperatura de la máquina extrusora era realizado mediante controladores de temperatura analógicos, y varios ya se encontraban en mal estado, por lo que no se tenía un buen control de temperatura, permitiendo pérdidas de material en la fabricación de manguera.

Se decide cambiar este tipo de controladores por un Controlador Lógico Programable. En la figura 5.17 se puede observar el control de temperatura anterior.



Figura 5.17 Control de temperatura antiguo de la máquina extrusora

El control de temperatura para las cuatro zonas de la máquina extrusora se realizó mediante el controlador lógico programable, LOGO 8 de SIEMENS, con su respectivo módulo de expansión, que permite conectarse de manera directa con el sensor Detector de Temperatura por Resistencia RTD.



Figura 5.18 Control de temperatura con Logo v8 y Módulo AM2 RTD de la máquina extrusora

La estrategia de control planteada para el desarrollo del sistema es un controlador ON/OFF ya que la variable que se quiere controlar es la temperatura, y cual quiera sea la acción de manipulación a esta variable será muy lenta, por lo tanto, esta técnica de control resulta aceptable dentro de los requerimientos de funcionamiento para el proceso de extrusión.

### 5.3.7 Conexión de la PT100 al Módulo AM2 RTD

El Detector de Temperatura por Resistencia Pt100 se conectó de manera directa con el módulo AM2 RTD, este sensor tiene 3 hilos, y su conexión se representa en la figura 5.19 para la zona 1 y 3, en la figura 5.20 para la zona 2 y 3.

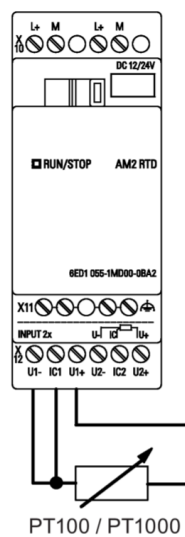


Figura 5.19 Conexión Pt100 al Módulo AM2 RTD Zonas 1 y 3

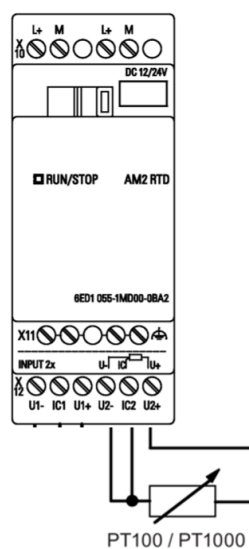


Figura 5.20 Conexión Pt100 al Módulo AM2 RTD Zonas 2 y 4

### 5.3.8 Conexión Encoder

En la figura 5.22 se puede observar el diagrama de conexión del Encoder, que sirve para contabilizar los 100 metros de la manguera en su proceso. La figura 5.21 y el anexo 7 corresponden a la programación de acuerdo con el diagrama de flujo de la figura 4.3.

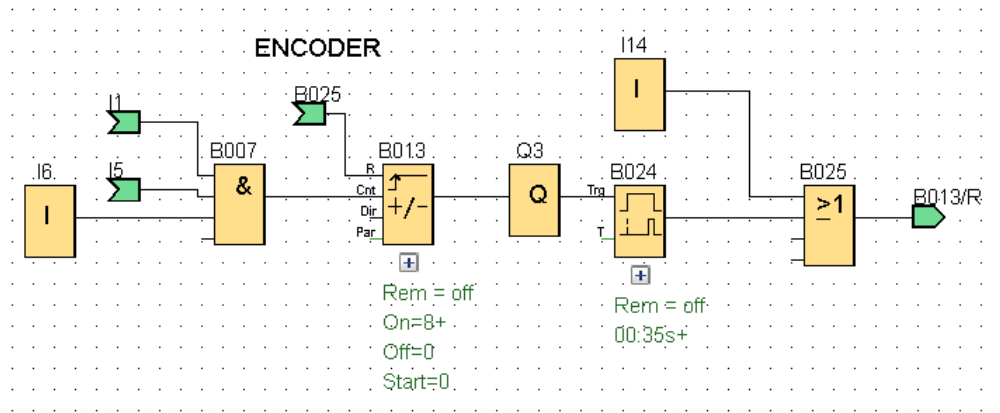


Figura 5.21 Programación Encoder

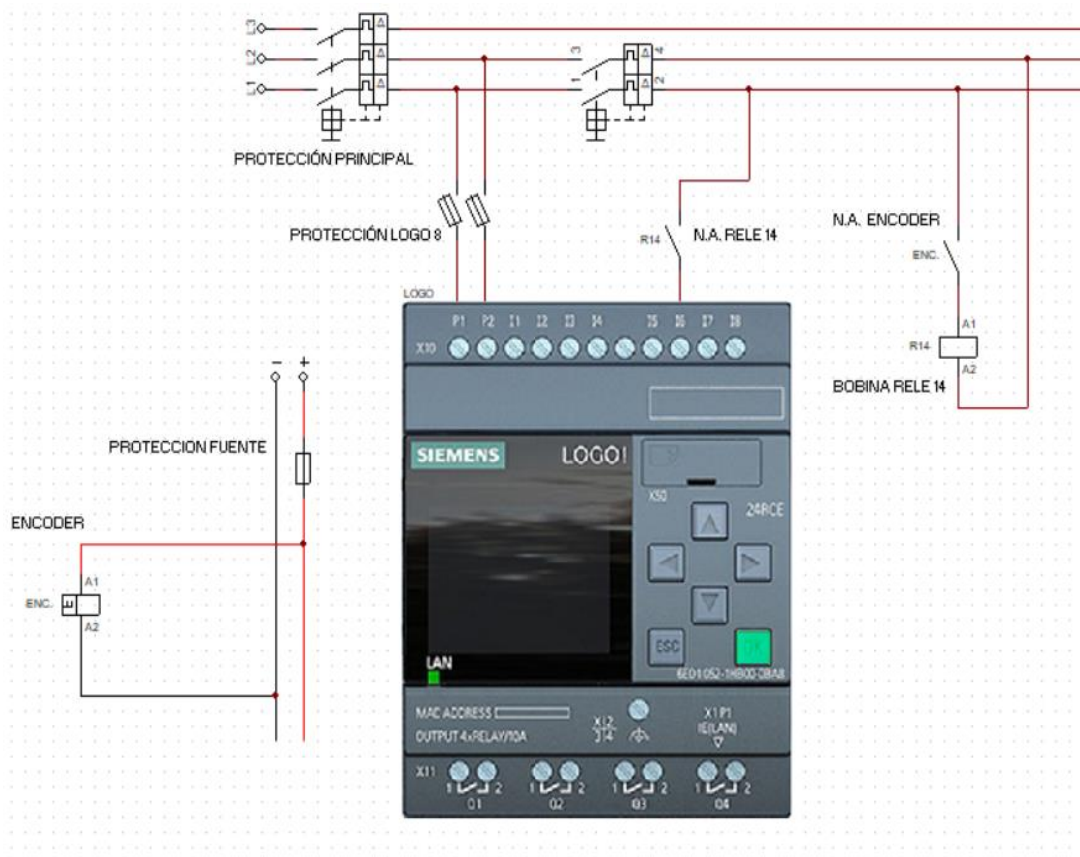
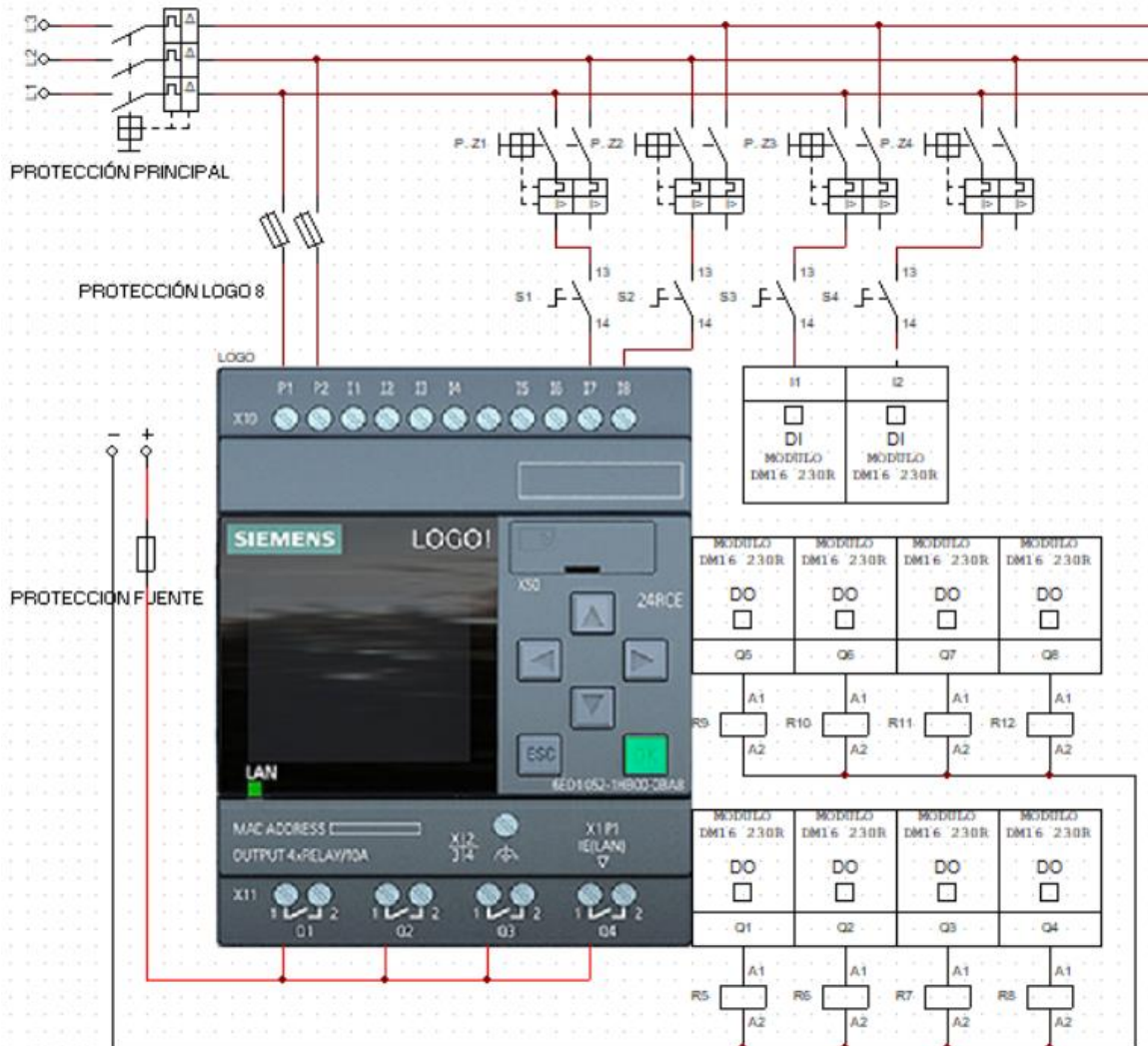


Figura 5.22 Diagrama de conexión encoder

### 5.3.9 Conexión Resistencias Calefactoras

El diagrama de conexión de las resistencias calefactoras se puede observar en la figura 5.23 que corresponde a la parte de control, utilizando el Logo v8 y el módulo de expansión DM16 230R. En la tabla 5.5 se encuentra el significado de los elementos mencionados en la figura 5.23.



**Figura 5.23** Parte de control de las resistencias calefactoras

**Tabla 5.5** Significado de cada elemento en la parte de control de las resistencias calefactoras

P. Z1	Protección Zona 1
P. Z2	Protección Zona 2
P. Z3	Protección Zona 3
P. Z4	Protección Zona 4



S1	Selector activa/desactiva Zona 1
S2	Selector activa/desactiva Zona 1
S3	Selector activa/desactiva Zona 1
S4	Selector activa/desactiva Zona 1
R5	Relé activa/desactiva Contactor Zona 1
R6	Relé activa/desactiva Contactor Zona 2
R7	Relé activa/desactiva Contactor Zona 3
R8	Relé activa/desactiva Contactor Zona 4
R9	Relé activa/desactiva Luces Indicadoras Zona 1
R10	Relé activa/desactiva Luces Indicadoras Zona 1
R11	Relé activa/desactiva Luces Indicadoras Zona 1
R12	Relé activa/desactiva Luces Indicadoras Zona 1

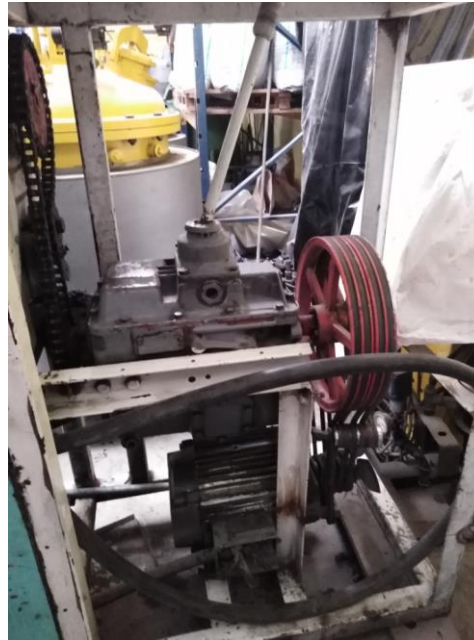
## 5.4 Diseño de la parte de potencia

### 5.4.1 Arranque del motor extrusor

El motor extrusor tiene un arranque directo, accionado por el Logo v8, su velocidad es regulada mediante una caja reductora de velocidad ideal para velocidades en máquinas extrusoras. En la figura 5.24 se puede observar la placa de datos del motor extrusor.

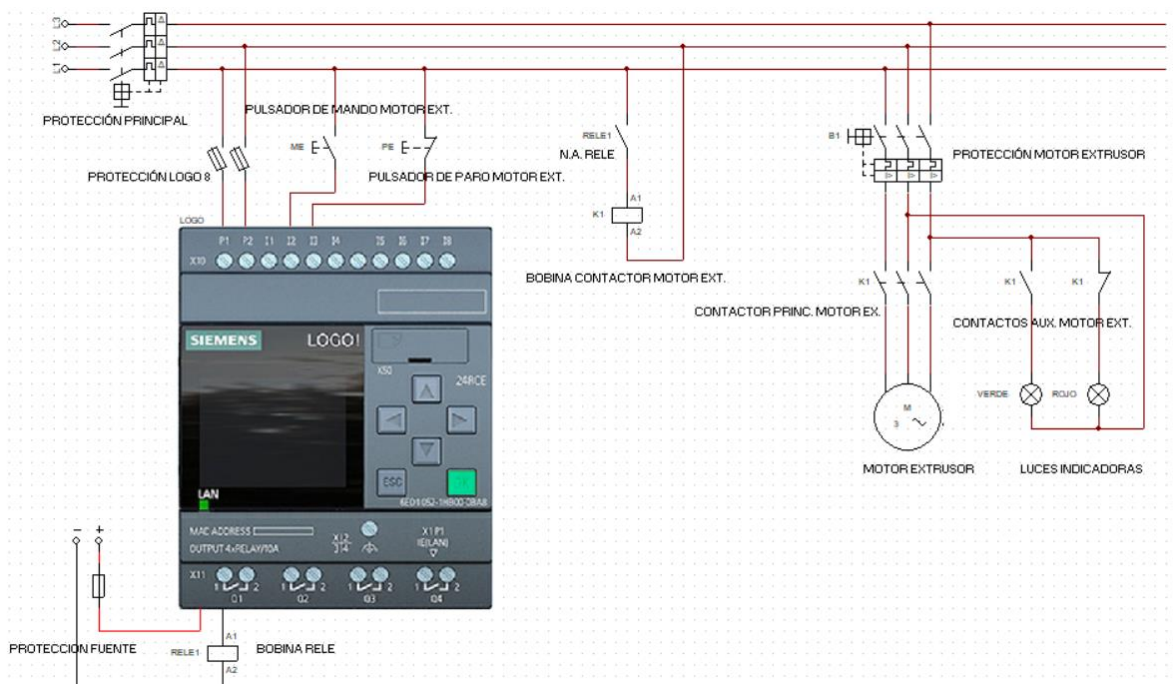


Figura 5.24 Placa de datos del motor extrusor



**Figura 5.25** Motor extrusor y Caja reductora de velocidad

El motor extrusor está conectado a una red trifásica 230 VAC, y según su placa de datos tiene un consumo de 28,6 A. Se coloca un amperímetro analógico para visualizar el estado de la corriente del motor. En la figura 5.26 se puede observar el diagrama de conexión del motor extrusor al Logo 8 y la figura 5.27 con el anexo 3 corresponden a la programación de acuerdo al diagrama de flujo del motor extrusor de la figura 4.4.



**Figura 5.26** Diagrama eléctrico de la conexión del motor extrusor al Logo v8

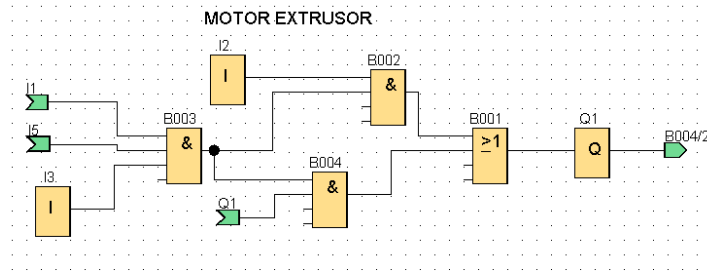


Figura 5.27 Programación del motor extrusor

#### 5.4.2 Resistencias Calefactoras

Para la parte de potencia de las resistencias calefactoras se utiliza contactores, uno por cada zona, en la figura 5.28 y 5.29 se puede observar el diagrama de conexión de las cuatro zonas de temperatura.

La programación de la zona 1 de temperatura de acuerdo con el diagrama de flujo de la figura 4.5 se encuentra en la figura 5.30. La programación de la zona 2 de temperatura de acuerdo con el diagrama de flujo de la figura 4.6 se encuentra en la figura 5.31. La programación de la zona 3 de temperatura de acuerdo con el diagrama de flujo de la figura 4.7 se encuentra en la figura 5.32. La programación de la zona 4 de temperatura de acuerdo con el diagrama de flujo de la figura 4.8 se encuentra en la figura 5.33. Ver anexo 5

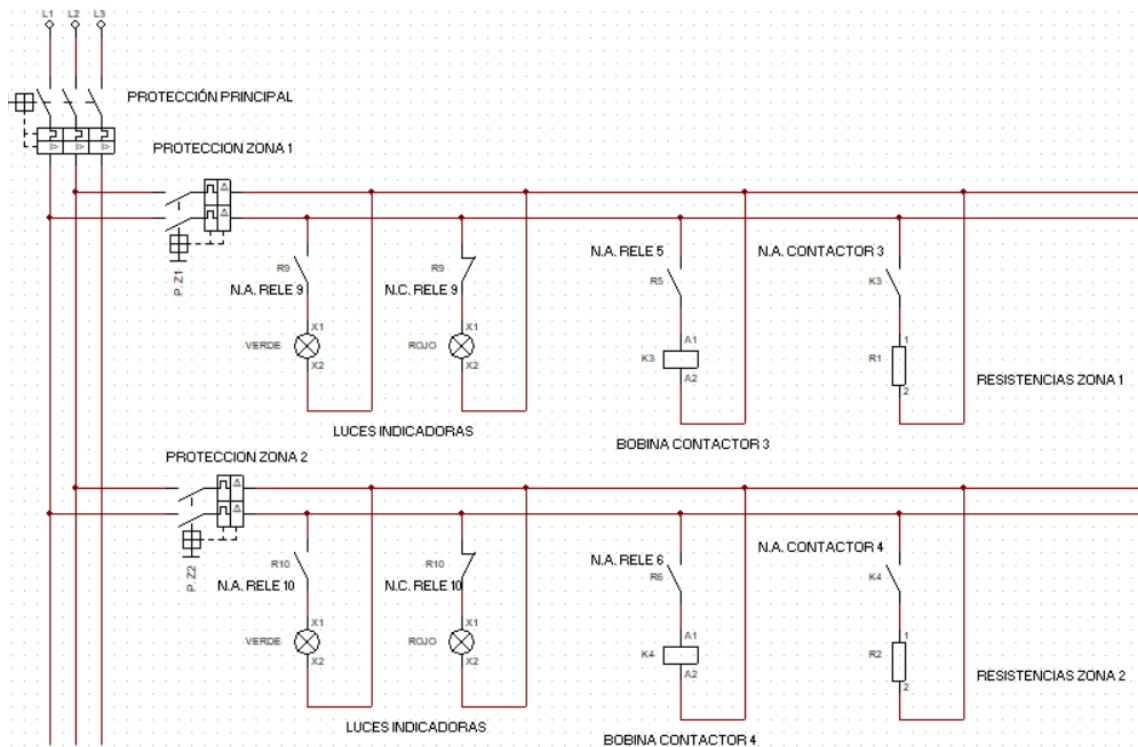


Figura 5.28 Parte de potencia de las resistencias calefactoras zonas 1 y 2

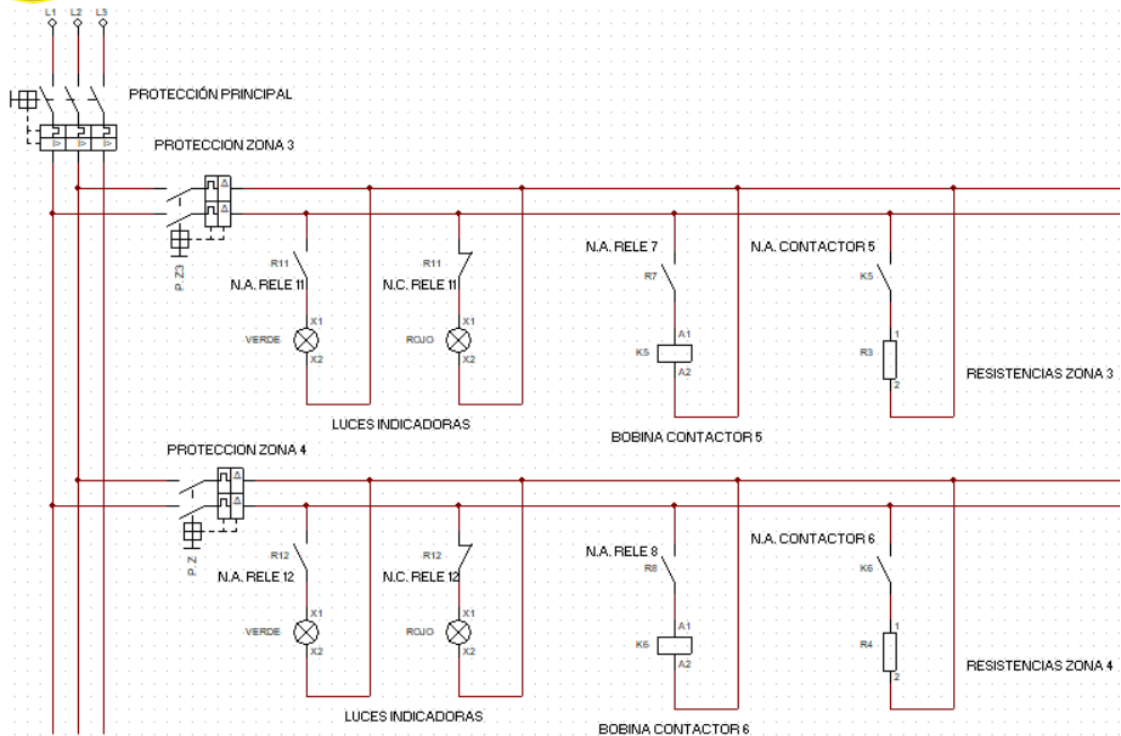


Figura 5.29 Parte de potencia de las resistencias calefactoras zonas 3 y 4

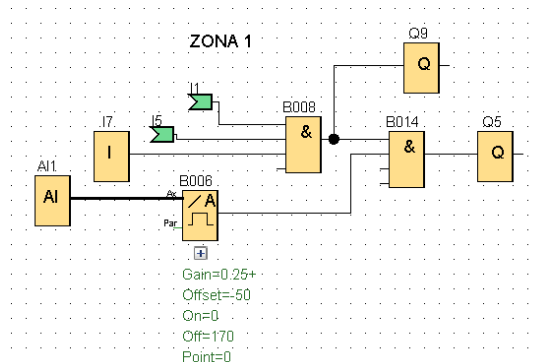


Figura 5.30 Programación control de temperatura zona 1

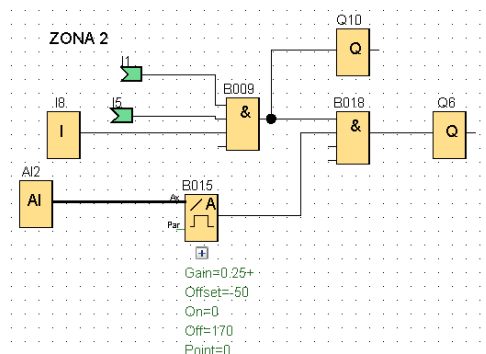


Figura 5.31 Programación control de temperatura zona 2

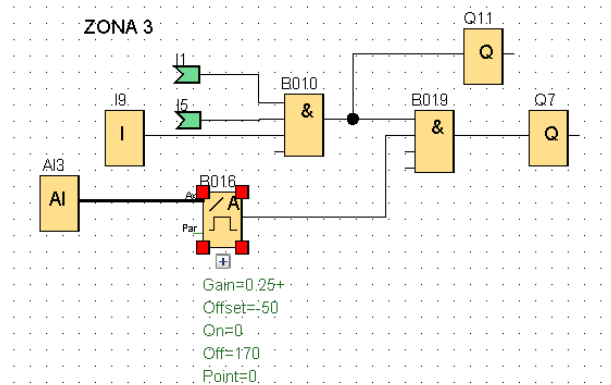


Figura 5.32 Programación control de temperatura zona 3

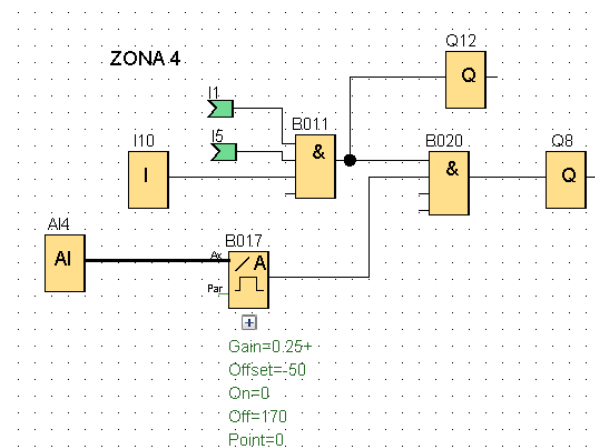


Figura 5.33 Programación control de temperatura zona 4

## 5.5 Arranque motor jalador

El motor jalador tiene un arranque directo, accionado por el Logo v8, su velocidad es regulada mediante una caja reductora de velocidad. En la figura 5.35 se puede observar el diagrama de conexión del motor jalador y en la figura 5.34 la programación de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 4.8. Ver anexo 3

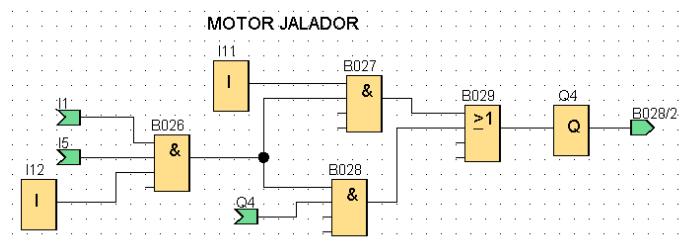


Figura 5.34 Programación para accionar el motor jalador

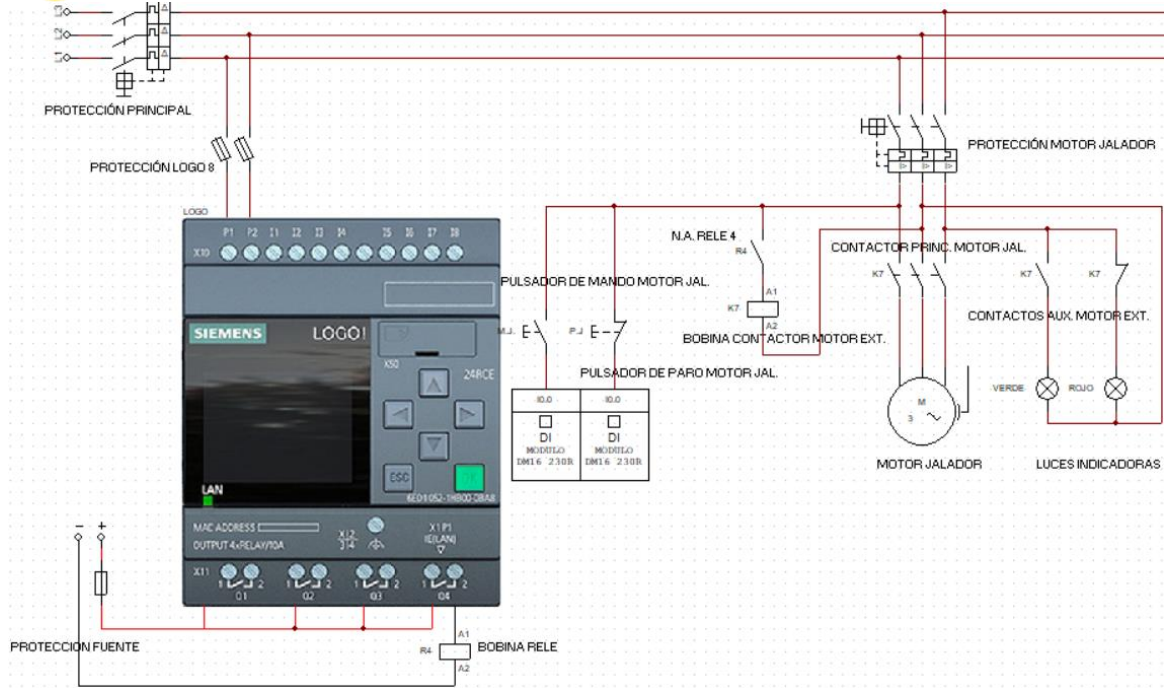
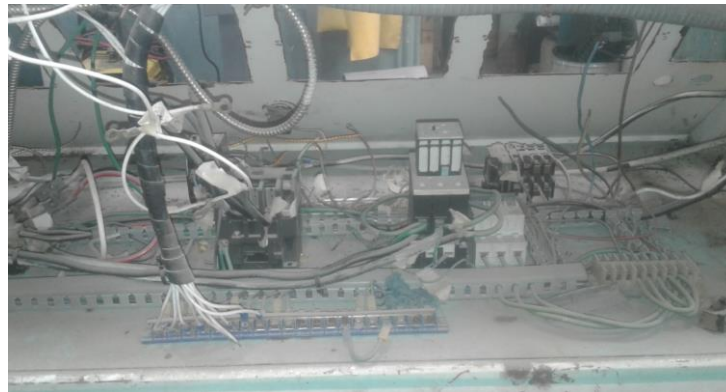


Figura 5.35 Diagrama de conexión del motor jalador

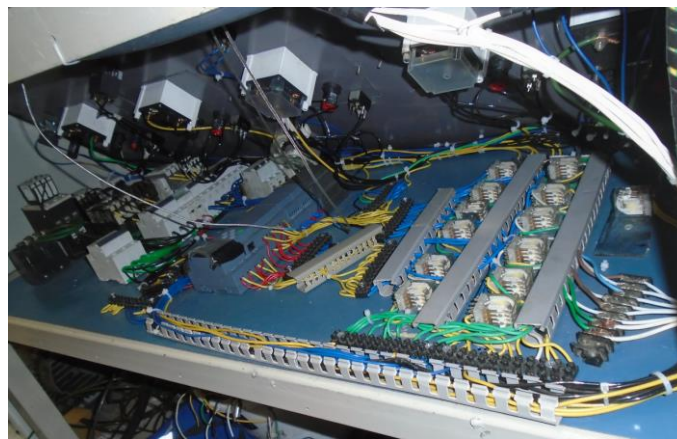
## 6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se busca realizar una comparación del estado anterior con el estado actual de la máquina extrusora, verificando el avance tecnológico, la reducción del consumo energético y el incremento de producción

En la figura 6.1 se puede observar que la máquina extrusora presentaba un deterioro en la parte eléctrica, borneras en mal estado, conductores eléctricos antiguos y contactores dañados; en la figura 6.2 se observa el diseño actual de la máquina extrusora. Ver anexo 1



**Figura 6.1** Estado eléctrico anterior



**Figura 6.2** Estado eléctrico actual

En la figura 6.3 se puede observar que el control de temperatura anterior se lo realizaba mediante controladores análogos, que actualmente en tecnología están dado de baja, por existir en el mercado diferentes equipos electrónicos que funcionan de manera más eficiente. En la figura 6.4 se observa que el módulo AM2 RTD del LOGO 8 es quién controla la temperatura.



**Figura 6.3** Control de temperatura anterior



**Figura 6.4** Control de temperatura actual

En la figura 6.5 se aprecia el cambio de instrumentación para el contador de metros de la manguera, antes se lo realizaba mediante un contador electromecánico, actualmente se lo realiza mediante un sensor encoder de manera digital.



**Figura 6.5** Cambio de sensor



Anteriormente la máquina extrusora de plástico no generaba mucha productividad debido principalmente al control de temperatura, de manera comercial el rollo de manguera para uso eléctrico se fabrica con una longitud de 100 metros y ésta no requiere pruebas de presión como las mangueras de agua.

En la tabla 6.1 se observa una comparación de los tiempos de fabricación de manguera en 1 metro y en 100 metros, se han tomado los datos para una manguera de 1 pulgada.

**Tabla 6.1** Tiempos de fabricación

ESTADO ANTERIOR MÁQUINA EXTRUSORA		ESTADO ACTUAL MÁQUINA EXTRUSORA	
Metros de manguera	Tiempo de fabricación	Metros de manguera	Tiempo de fabricación
1 m	15 seg.	1 m	12 seg.
100 m	1500 seg = 25 min	100 m	1200 seg = 20 min

**Tabla 6.2** Incremento en porcentaje

Tiempo de Fabricación anterior	Tiempo de fabricación actual	Diferencia
25 min	20 min	5 min

Diferencia	Tiempo de fabricación anterior	Fracción
5 min	25 min	0.2

Fracción	Porcentaje	Incremento %
0.2	100 %	20 %

La máquina extrusora realizaba un rollo de manguera de 1 pulgada en aproximadamente 25 minutos, con la adquisición de la instrumentación industrial y el autómatá programable, actualmente se puede fabricar la manguera de 1 pulgada en 20 min, obteniendo así el 20 % de incremento en producción de manguera para instalaciones eléctricas.

El consumo energético de la máquina extrusora era anteriormente de 2188.8 Kwh, el equipo eléctrico que más consumo tiene es el motor extrusor. Si la materia prima no está a una temperatura adecuada, el motor tiende a ejercer una presión mayor sobre el husillo y por ende a tener más consumo de energía. En la tabla 6.3 se puede observar el consumo eléctrico anterior y en la tabla 6.4 el consumo eléctrico actual.

**Tabla 6.3** Consumo eléctrico anterior

	N.	Voltaje	Corriente	Potencia	Horas/día	Horas/mes
Motor Extrusor	1	220 Vac	25 A	8,57 KW	68.56 Kwh	1371.2 Kwh
Resistencias	10	220 Vac	17 A	3.74 KW	29.92 Kwh	598.4 Kwh
Motor Jalador	1	220 Vac	4 A	1.37 KW	10.96 Kwh	219.20 Kwh
Total						2188.8 Kwh

**Tabla 6.4** Consumo eléctrico actual

	N.	Voltaje	Corriente	Potencia	Horas/día	Horas/mes
Motor Extrusor	1	220 Vac	22 A	7,46 KW	59,68 Kwh	1193.6 Kwh
Resistencias	10	220 Vac	16 A	3.52 KW	28.16 Kwh	563.2 Kwh
Motor Jalador	1	220 Vac	3 A	1.01 KW	8.08 Kwh	161.6 Kwh
Total						1918.4 Kwh

**Tabla 6.5** Disminución del consumo energético en porcentaje

Consumo eléctrico anterior	Consumo eléctrico actual	Diferencia
2188.8 Kwh	1918.4 Kwh	270.4 Kwh

Diferencia	Consumo eléctrico anterior	Fracción
270.4 Kwh	2188.8 Kwh	0.1235

Fracción	Porcentaje	Reducción %
0.1235	100 %	12.35 %







## 7.2 Cálculo del VAN y TIR

TOTAL DE COSTOS	\$2.783			TASA	12%	
PERIODO	0	1	2	3	4	5
INGRESOS		\$39.600	\$39.800	\$40.000	\$40.200	\$40.400
EGRESOS		\$37.344	\$37.544	\$37.744	\$37.944	\$38.144
	\$-2.783	\$2.256	\$2.256	\$2.256	\$2.256	\$2.256
CÁLCULO DEL VAN	\$5.349,38					
CÁLCULO DEL TIR	76%					

## 8. ANÁLISIS DE IMPACTOS

### 8.1 Impacto Económico

Se considera que mensualmente se fabrican 340 rollos de manguera de ½ pulgada, pero 40 rollos de éstos son material perdido. Comercialmente la manguera tiene un \$11 por rollo.

Rollo manguera/ mes	N. de meses por año	Rollo manguera/ año	Costo del rollo de manguera	Ingreso anual
300	12	3600	\$ 12	\$ 43200

Total rollo manguera	N. de meses por año	Peso de rollo de manguera	Costo de materia prima/ kg	Egreso anual materia prima
340	12	12 kg	\$ 0.70	\$ 34272

Según la tabla 6.5 el consumo energético de la máquina es 1918.4 Kwh, el costo del Kwh normalizado por la Agencia de Regulación y Control de la Electricidad es \$ 0.09

Consumo Energético	Costo Kwh	Consumo mensual	Consumo anual
1918.4 Kwh	\$ 0.09	\$172.65	\$ 2071.87

Consumo anual	Egreso anual materia prima	Imprevistos	Egreso Anual
\$ 2071.87	\$ 34272	\$1000	\$ 37344

Según el VAN y el TIR la inversión se recupera en 5 meses.



## 8.2 Impacto Tecnológico

La implementación de equipos eléctricos o electrónicos modernos en la industria, en una máquina, hace que la propuesta tenga una dirección centrada a la automatización industrial, al añadir estos instrumentos, el nivel de competitividad aumenta para los estudios académicos en la Universidad y especialmente una investigación en el mundo del plástico y sus diferentes procesos como el de extrusión.

## 8.3 Impacto Ambiental

La materia prima que se utiliza en el proceso de extrusión, tiene que ser material reciclado, no solo para entrar en ahorros económicos, sino en ahorros ambientales, hoy por hoy el plástico tiene que ser reciclado y no desechado, para ser tratado con diversos procesos y volver a reutilizarlo.





## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1 Conclusiones

- Mediante la investigación se logró determinar las características y el funcionamiento de las máquinas extrusoras de plástico; y, en base a éstas características, se implementaron los módulos de expansión del Logo 8 para señales analógicas y para trabajar con sensores RTD mediante una conexión directa. Con esta implementación se logró mejorar la eficiencia, en comparación con la implementación anterior, la cual trabajaba con controladores de temperatura analógicos, con el riesgo de presentar problemas a mediano o largo plazo en el control de temperatura.
- Se diseñó un diagrama eléctrico de control y potencia, con lo cual se logró que la máquina extrusora tenga actualmente un control de temperatura adecuado, utilizado en el proceso de fabricación de manguera.
- Se realizó una selección de instrumentos industriales y equipos eléctricos y electrónicos, con lo que se consiguió mejorar el rendimiento de la máquina y abaratar los costos del producto. En el mercado el rollo de manguera tiene una longitud de 100 metros y para fabricar un rollo de manguera, la máquina se demora un tiempo de aproximadamente 20 minutos, que en comparación con el control anterior es favorable ya que anteriormente se fabricaba en un tiempo 25 minutos.
- Finalmente, con el proceso de automatización de la máquina extrusora de plástico, se consiguió satisfacer la necesidad de incrementar la producción de manguera de uso eléctrico, para la empresa INGYTEP. Al analizar los resultados finales de la automatización de la máquina se logró obtener un incremento de la producción en un 20 % y se consiguió reducir el consumo energético en 12.35%, permitiendo así reducir los costos en venta del producto final, concluyendo de esta manera que el proyecto es viable.



## 9.2 Recomendaciones

- El enfriamiento de la manguera a temperatura ambiente utiliza tinas de una longitud extensa, aproximadamente 10 a 12 metros para tener una solidificación en el producto final. Existen sistemas de enfriamiento de agua como el chiller, el cual funciona con tinas de una longitud de 3 metros, pero con temperaturas bajas.
- Para el proceso de extrusión de otro tipo de materiales plásticos, se recomienda realizar pruebas preliminares de calibración del set point para la temperatura en la camisa del extrusor, ya que no toda la materia prima tiene el mismo punto de fusión para el tratamiento de este proceso.
- Es recomendable utilizar un variador de frecuencia en la parte del motor jalador para sincronizar la velocidad de acuerdo con la velocidad del motor extrusor para que la manguera no presente fallas.



## 10. REFERENCIAS

- [1] L. F. ARAGÓN DOMÍNGUEZ y J. D. ESPITIA CASTILLO, «AUTOMATIZACIÓN DE UNA EXTRUSORA MONOHUSILLO PARA TRABAJAR MATERIALES PLÁSTICOS Y COMPUESTOS,» Santiago de Cali, 2014.
- [2] J. CALVAY CHAQUILA, «REDISEÑO ELÉCTRICO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE POLIPROPILENO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA C&D SAC, CHICLAYO 2016,» Lima - Perú, 2016.
- [3] B. L. ROBAYO PALADINES y P. E. RODRÍGUEZ GARCÍA, «AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LAS MATRICES DE LAS SOPLADORAS DE PLÁSTICO Y MODELACIÓN DE UNA MATRIZ EN CFD; CON LA FINALIDAD DE MEJORAR LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD, EN LA EMPRESA INPLASTICO,» LATACUNGA, 2018.
- [4] V. P. PERALTA ORTIZ, «PROPUESTA PARA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE POLIPROPILENO EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN INDUCUERDAS,» Riobamba - Ecuador, 2017.
- [5] F. BILLMEYER, CIENCIA DE LOS POLÍMEROS, BARCELONA - BOGOTÁ - BUENOS AIRES - CARACAS - MÉXICO: REVERTÉ S.A., 2004.
- [6] F. I. ZUMBA ALDAZ, «AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA EXTRUSOR DE PVC PARA FABRICACIÓN DE VINIL SELLADOR (EMPAQUETADURA) ENTRE EL METAL Y SU ACRISTALAMIENTO,» Quito, 2017.
- [7] R. J. MEJÍA MEZA y L. G. RICARDO RICARDO, «AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE UNA EXTRUSORA PARA LA PRODUCCIÓN DE TUBERÍAS DE PVC,» Cartagena, 2016.
- [8] J. L. CÉSPEDES CARAZAS, «Diseño de un sistema de calentamiento usando gas natural en una máquina extrusora que procesa 550 kg/h de tubería plástica ubicada en la



línea 5 de la planta N° 1 de la empresa Eurotubo S.A.C para reducir costos de producción,» Trujillo - Perú, 2017.

- [9] J. F. BARBOSA PAREDES, «DISEÑO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE PLASTICO PARA LOS PRODUCTORES DE MAGUERA DE OCAÑA,» Ocaña - Colombia, 2017.
- [10] F. CARVAJAL GARCÉS, «DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA UNA MAQUINA EXTRUSORA DE POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD PARA FABRICAR PELÍCULAS DE POLIETILENO, PARA LA EMPRESA INCOLPA LTDA,» Santiago de Cali - Colombia , 2015.
- [11] J. FARFÁN FIGUEROA y A. MADINYÁ RAMÍREZ, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EXTRUSORA DE NYLON PARA NUEVA LÍNEA THHN 120B, CON COMUNICACIÓN MODBUS Y CONTROL AUTOMÁTICO DE DIÁMETRO EN PLANTA INCABLE S.A.,» Guayaquil - Ecuador, 2016.
- [12] D. M. GUALOTO CALUPIÑA, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA Y EXTRUSORA PARA LA PRODUCCIÓN DE HILO PLÁSTICO EMPLEADO EN IMPRESORAS 3D,» Quito - Ecuador, 2015.
- [13] C. A. GARCÍA ACEVEDO, «DISEÑO DE UNA EXTRUSORA PARA FILAMENTO DE IMPRESIÓN 3D,» Santiago - Chile, 2015.
- [14] C. E. NARANJO IZURIETA, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ELABORADORA DE HILO PET,» Quito - Ecuador, 2015.
- [15] E. S. MAMANI PACORI y S. TALAVERA MEJÍA, «DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO UTILIZANDO PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY,» Puno - Perú, 2013.
- [16] M. A. JOEL SALINAS, «DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE CABLES BASADO EN PLC,» Valparaíso - Chile, 2016.



- [17] Á. CAMACHO ROLDÁN y J. CULLERÉ SANDOVAL, «DISEÑO Y MONTAJE DE UNA EXTRUSORA DE FILAMENTO PARA EL RECICLAJE DE RESIDUOS PLÁSTICOS DE IMPRESIÓN 3D,» 2017.
- [18] J. M. FRANCO ALVES, «EXTRUSORA DE PLÁSTICOS PARA,» La Laguna - España, 2015.
- [19] L. JAIMES CORZO, «INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA HORIZONTAL DE TORNILLO SENCILLO PARA POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA,» Bucaramanga - Colombia, 2012.
- [20] SIEMENS, «LOGO! Manual de producto,» Julio 2016. [En línea]. Available: [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores\\_modulares/LOGO/Documents/logo\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/LOGO/Documents/logo_system_manual_es-ES_es-ES.pdf).
- [21] F. Y. CUBIDES ALFONSO, «PLAN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL PARA LAS EXTRUSORAS DE PLÁSTICO EN LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DE BOGOTÁ,» Bogotá - Colombia, 2018.
- [22] J. A. GUERRA ROSERO, «MÁQUINA TENSORA Y TINA DE ENFRIAMIENTO,» Ibarra - Ecuador, 2017.
- [23] C. P. ALVARES ESPINEL, «REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORASOPLADORA E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE FORMA LOCAL MEDIANTE UNA SUPERVISIÓN DE FORMA LOCAL MEDIANTE UNA INTERFAZ GRÁFICA HMI Y DE FORMA REMOTA VIA INTERNET, PARA LA EMPRESA NS INDUSTRIAS,» Latacunga - Ecuador, 2014.
- [24] J. D. SUAREZ ROMERO, «PROYECTO DE MÁQUINA EXTRUSORA, PARA CREACIÓN DE HILOS DE POLIETILÉN TEREFALATO,» México, 2015.
- [25] G. CRUZ, «Una Revisión de Sistemas de Calentamiento y control de temperatura para extrusión de polímeros,» 2014.



- [26] L. Á. ZAVALA DÁVALOS, «APLICACIÓN DE UN MÓDULO DE COMUNICACIÓN,» Riobamba - Ecuador, 2017.
- [27] H. S. LAINEZ PERERO y W. G. MURILLO ENCARNACIÓN, «ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA DE AGUA CALIENTE DE TRES INTERCAMBIADORES DE CALOR A VAPOR USANDO LOGO 8 Y SOFTWARE LOGO SOFT COMFORT PARA UN HOTEL EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL,» Guayaquil - Ecuador, 2016.
- [28] SIEMENS, «LISTA DE PRECIOS PRODUCTOS INDUSTRIALES ELÉCTRICOS,» Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/LISTA%20DE%20PRECIOS%202019%20SIEMENS.pdf>.
- [29] P. MORENO, A. BALLERINI, W. GACITÚA y D. RODRIGUEZ, «Extrusion of foamed wood-plastic composites. Part I: Physical and morphological characterization,» Septiembre 2017. [En línea]. Available: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182017000300385&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182017000300385&script=sci_arttext).

## 11. ANEXOS

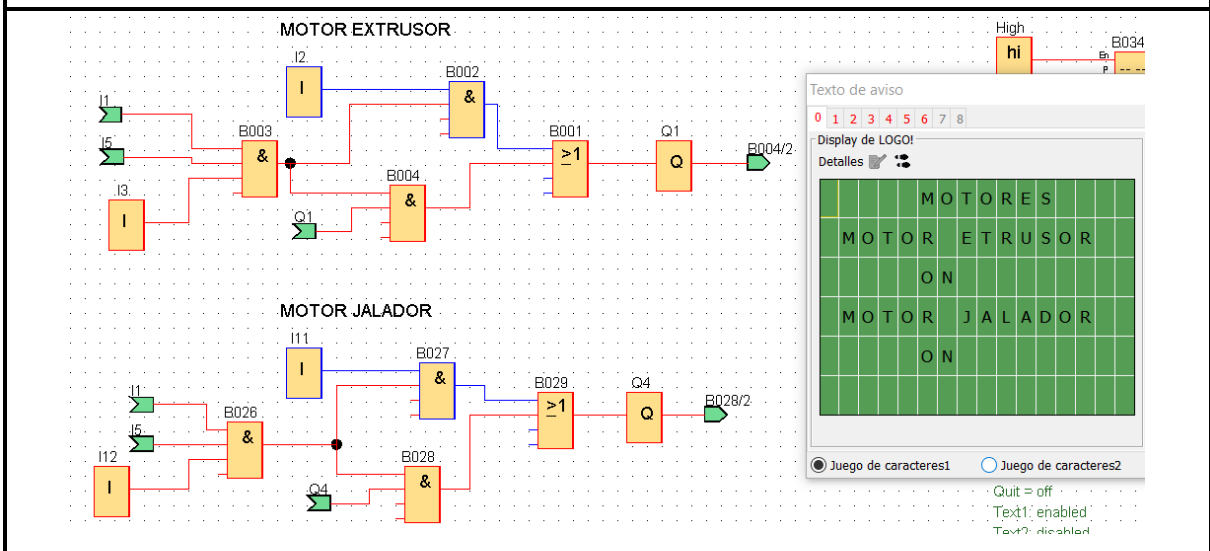
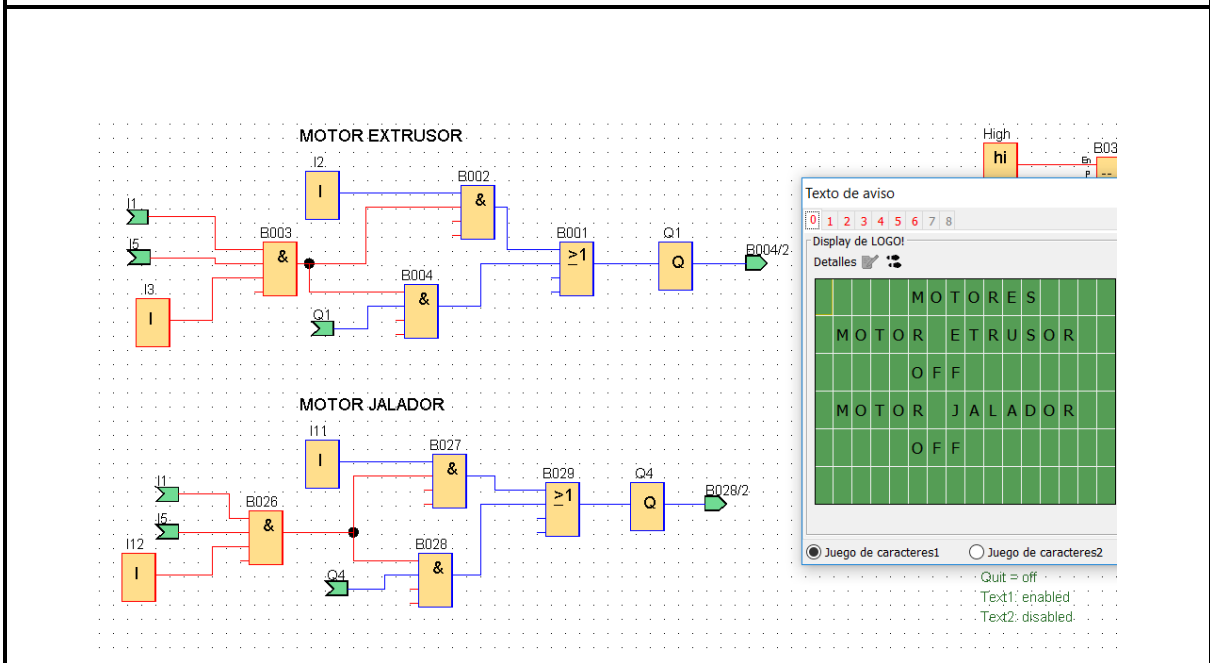
### Anexo 1 Cableado de los equipos eléctrico, electrónicos y protecciones



### Anexo 2 Tablero de Control

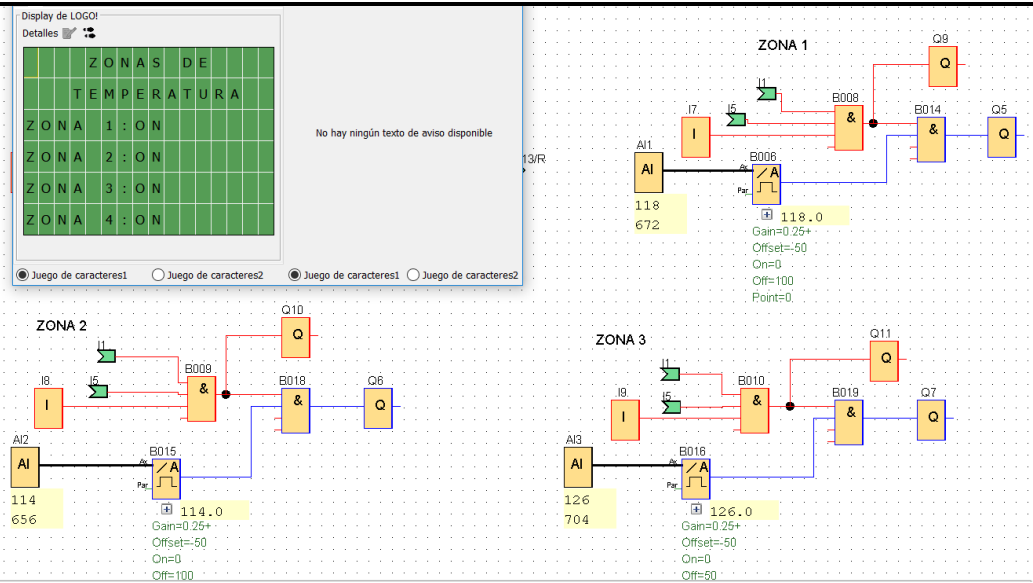
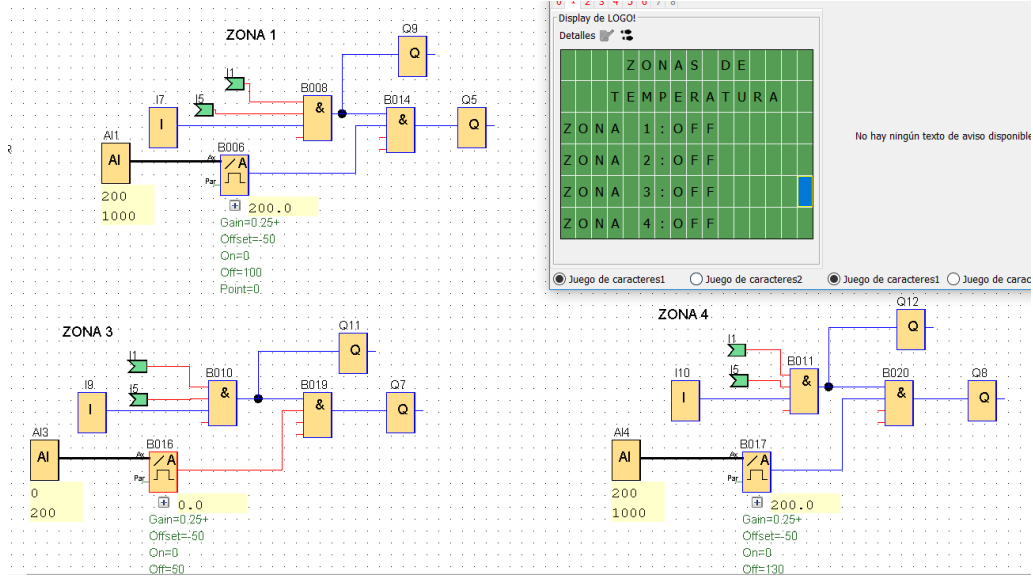


### Anexo 3 Programación motor extrusor y motor jalador





## Anexo 4 Programación encendido de las zonas de temperatura



## Anexo 5 Programación del control de temperatura Set Point 130 °C

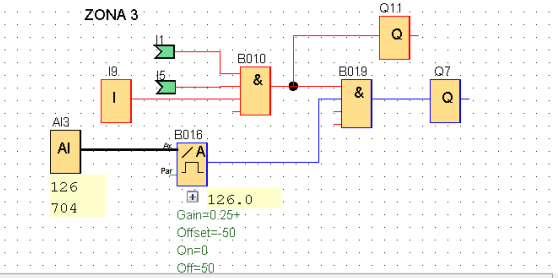
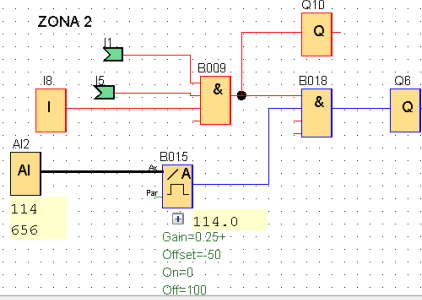
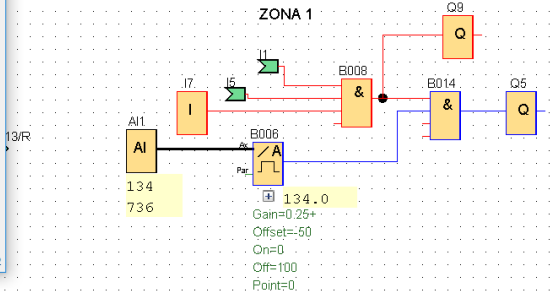
LOGO! TD

Display de LOGO!  
Detalles

Z	O	N	A	S	D	E				
T	E	M	P	E	R	A	T	U	R	A
Z	O	N	A	:	1	:	1	3	4	°C
Z	O	N	A	:	2	:	1	1	4	°C
Z	O	N	A	:	3	:	1	2	6	°C
Z	O	N	A	:	4	:	2	0	0	°C

No hay ningún texto de aviso disponible

● Juego de caracteres1 ○ Juego de caracteres2 ● Juego de caracteres1 ○ Juego de caracteres2



Texto de aviso

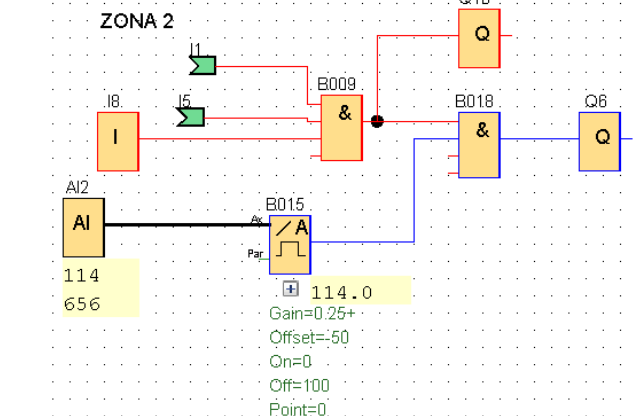
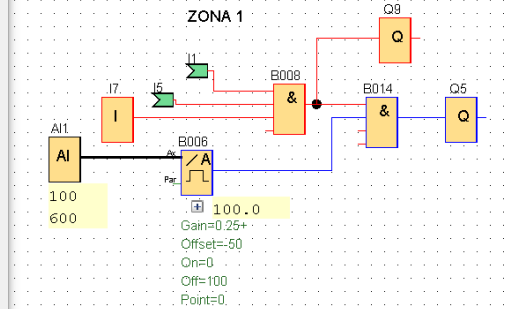
LOGO! TD

Display de LOGO!  
Detalles

Z	O	N	A	:	1	:	O	N		
0	°C						2	0	0	°C
T	E	M	P	.	R	E	A	L		
							1	0	0	°C

No hay ningún texto de aviso disponible

● Juego de caracteres1 ○ Juego de caracteres2 ● Juego de caracteres1 ○ Juego de caracteres2



Texto de aviso

LOGO! TD

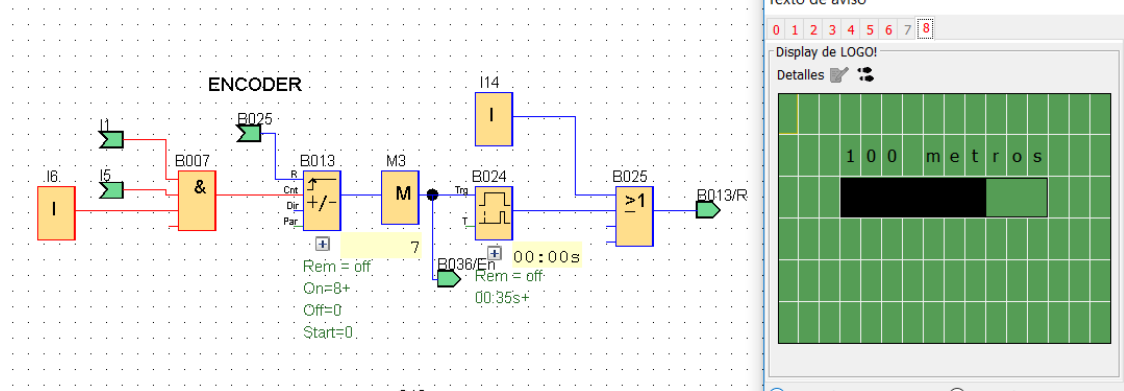
Display de LOGO!  
Detalles

Z	O	N	A	:	2	:	O	N		
0	°C						2	0	0	°C
T	E	M	P	.	R	E	A	L		
							1	1	4	°C

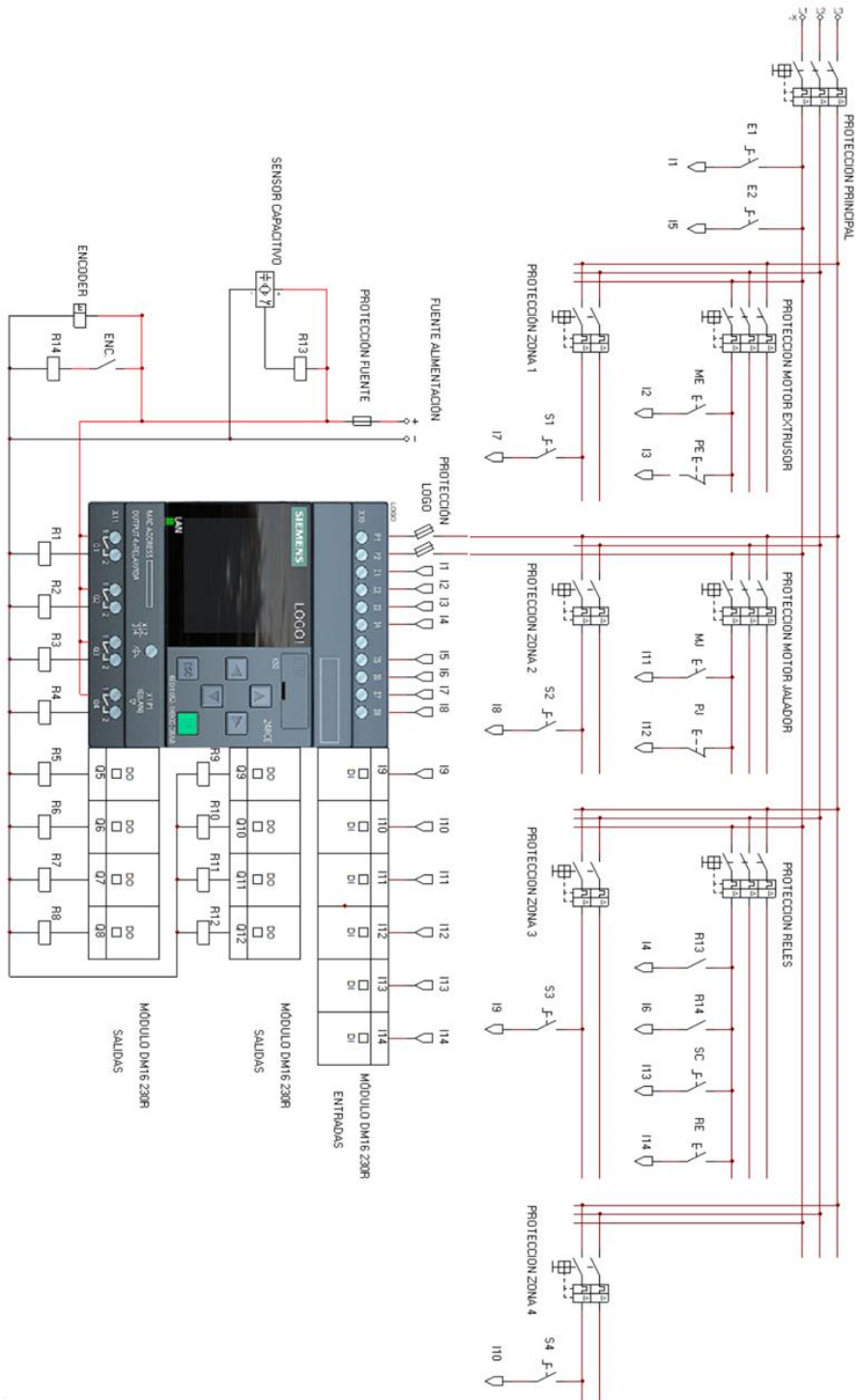
● Juego de caracteres1 ○ Juego de caracteres2



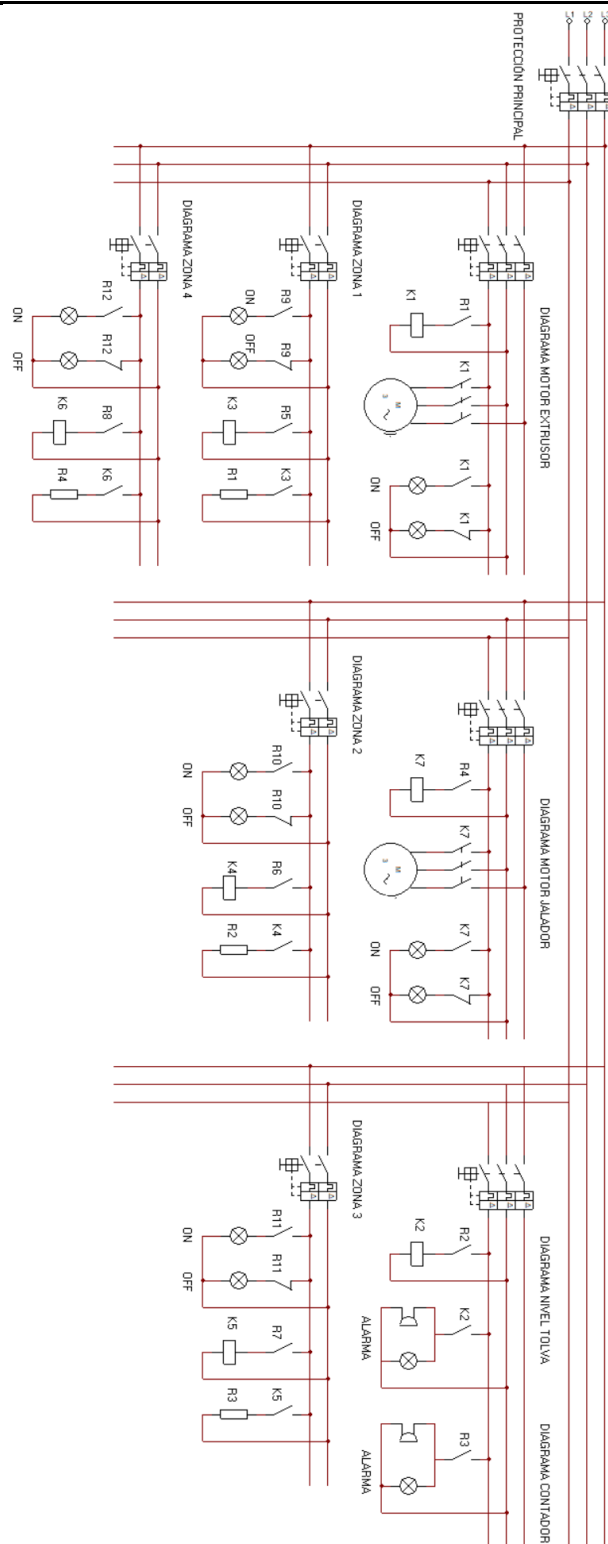
## Anexo 7 Programación Encoder



### Anexo 8 Diagrama General de Control



## Anexo 9 Diagrama General parte de Potencia



## Anexo 10 Visualización

