



## **UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

### **AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN POLIMÉRICA DE LA EMPRESA PLASTIENVASES H.H.**

**Autor:**  
Martins, Milagros  
C.I.: 20.514.748



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL  
PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN POLIMÉRICA DE LA EMPRESA  
PLASTIENVASES H.H.**

**Informe de Pasantía presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autor:** Martins, Milagros

C.I.: 20.514.748

**Tutor:** Ing. Jesús Rodríguez

San Diego, Julio 2020



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ing. Jesús Rodríguez, titular de la cédula de identidad N° 4.475.349, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano MARTINS MILAGRO titular de la cédula de identidad N° 20.514.748, titulado **“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN POLIMÉRICA DE LA EMPRESA PLASTIENVASES H.H.”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Electrónica, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 23 días del mes de Julio del año 2020

***JRRL***

Ing. Jesús Rodríguez.  
C.I.:4.475.349



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL  
PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN POLIMÉRICA DE LA EMPRESA  
PLASTIENVASES H.H.**

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN**

Ing. Jesús Rodríguez \_\_\_\_\_ **JRRL** \_\_\_\_\_ 23/07/20 \_\_\_\_\_  
C.I.: 4.475.349 Firma Fecha  
Tutor Académico

Ing. Derwin González \_\_\_\_\_  
C.I.: 13.235.486 \_\_\_\_\_ 23/07/20 \_\_\_\_\_  
Tutor Empresarial Firma Fecha

**Autor:**  
Martins, Milagros  
C.I.: 20.514.748

San Diego, Julio del 2020

## ÍNDICE GENERAL

Pp.

ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO

#### I LA EMPRESA

1.1 Ubicación.....	3
1.2 Descripción de la Empresa .....	3
1.3 Misión.....	3
1.4 Visión .....	3
1.5 Valores.....	3
1.6 Objetivos Generales .....	4
1.7 Organigrama General de la empresa .....	5

#### II EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del problema .....	6
2.2 Formulación del problema.....	7
2.3 Objetivos de la investigación .....	7
2.3.1 Objetivo General.....	7
2.3.2 Objetivos Específicos .....	7
2.4 Justificación.....	8
2.5 Alcance de la Investigación.....	8
2.6 Limitaciones .....	8

### III MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes .....	10
3.2 Bases teóricas .....	12
3.2.1 Materiales Plásticos .....	12
3.2.1.1 Clasificación de los Plásticos .....	13
3.2.2 Procesos de transformación del plástico.....	15
3.2.2.1 Tipos de procesos de transformación del plástico.....	15
3.2.3 Proceso por Moldeo por Inyección.....	16
3.2.4 Variables que intervienen en el proceso de Inyección.....	18
3.2.4.1 Temperatura de Inyección.....	18
3.2.4.2 Temperatura de Molde .....	18
3.2.4.3 Presión inicial o dellenado .....	18
3.2.4.4 Presión de mantenimiento o compactación (holdingpressure) .....	19
3.2.4.5 Presión posterior o de retroceso (backpressure) .....	19
3.2.4.6 Tiempo de inyeccióninicial .....	19
3.2.4.7 Tiempo de mantenimiento ocompactación .....	20
3.2.4.8 Tiempo deenfriamiento.....	20
3.2.5 Tipos de Máquinas de Inyección .....	20
3.2.5.1 Máquinas de Inyección con Pistón.....	20
3.2.5.2 Máquinas son Sistema de Preplastificación .....	21
3.2.5.3 Máquina de Inyección con Tornillo Alternativo .....	21
3.2.5.4 Máquina por moldeo por Inyección Reactiva .....	21
3.2.6 Características básicas de las Máquinas de Inyección.....	22
3.2.6.1 Capacidad deinyección .....	22
3.2.6.2 Capacidad deplastificación.....	23
3.2.6.3 Presión deinyección .....	24
3.2.6.4 Velocidad deinyección.....	24
3.2.6.5 Fuerza decierre .....	25
3.2.7 Automatización.....	25

3.2.8 Controlador Lógico Programable .....	26
3.2.8.1 Arquitectura de un PLC .....	26
3.2.8.2 Clasificación de los PLC .....	28
3.2.10 Interfaz de usuario HMI (Interfaz Hombre Maquina) .....	30
3.2.11 Pantallas HMI .....	31
3.2.11.1 Características del HMI.....	31
3.2.12 Software Estándar STEP 7 BASIC .....	33
3.4 Definición de términos básicos .....	35

#### **IV MARCO METODOLÓGICO**

4.1. Tipo de Investigación .....	37
4.2 Nivel de la Investigación .....	38
4.3 Diseño de la Investigación .....	38
4.4 Población y Muestra .....	39
4.4.1. Población .....	39
4.4.2. Muestra .....	39
4.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	39
4.5.1. Técnicas empleadas .....	40
4.5.1.1. Revisión Documental .....	40
4.5.1.2. Observación directa.....	40
4.5.2. Instrumentos empleados .....	40
4.5.2.1. Instrumento de registro .....	40
4.5.2.2. Instrumento de observación técnicamente asistida .....	41
4.6 Fases de la Investigación .....	41

#### **V RESULTADOS**

5.1. Fase I: Diagnostico de la situación actual del proceso de inyección polimérica de la empresa Plastienvases H.H. ....	43
5.1.1 Observación directa. ....	43

5.2 Fase II: Determinación de las variables del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H. ....	46
5.2.1 Temperaturas .....	46
5.2.2 Presiones .....	47
5.2.3 Tiempos .....	48
5.2.4 Velocidades.....	49
5.3 Fase III: Diseño de la automatización del sistema y control del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H. ....	50
5.3.1 Selección del Controlador Lógico Programable.....	50
5.3.1.1 PLC Simatic S7-300.....	53
5.3.1.2 Tamaño del PLC S7-300 .....	56
5.3.1.3 Ventajas del PLC S7-300.....	56
5.3.2 Descripción de la programación .....	56
5.3.2.1 Crear un proyecto en Step 7 .....	59
5.3.2.1 Descripción de la Programación .....	60
5.3.2.2 Simulación de la programación.....	69
5.4 Fase IV: Estudio de factibilidad operativa, técnica y económica para la automatización del sistema de supervisión y control para el proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H.....	74
5.4.1 Factibilidad económica.....	74
5.4.1.1 Costos.....	74
5.4.1.2 Presupuesto del personal .....	75
5.4.1.3 Detalles de los Beneficios .....	77
5.4.2 Factibilidad operativa .....	77
5.4.3 Factibilidad técnica.....	78
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>

**REFERENCIAS .....81**

**ANEXOS.....81**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pp.</b>
1. Organigrama General.....	5
2. Plastificación del Material del Plástico.....	16
3. Inyección del Material Hacia el Molde.....	17
4. Apertura del Molde y Extracción de la Pieza.....	17
5. PLC tipo Nano .....	29
6. PLC tipo Compacto.....	29
7. PLC tipo Modular. ....	30
8. Interfaz Hombre Maquina HMI .....	31
9. Proceso actual de la empresa Plastienvases H.H .....	44
10. PLC S7 300 .....	53
11. Partes del PLC S7-300 .....	54
12. Diagrama de proceso del ciclo de inyección parte 1.....	58
13. Diagrama de proceso del ciclo de inyección parte 2.....	59
14. Crear el equipo Simatic 300.....	59
15. Insertar bastidor.....	60
16. Símbolos del programa de automatización .....	61
17. Inicio del Sistema.....	62
18. Alarma de Apagado del sistema.....	63
19. Sistema Automático .....	63
20. Sensor por falta de gránulos de plástico.....	64
21. Enciende el sistema si hay gránulos de plástico.....	65
22. Avance del Husillo.....	65
23. Inyección de Plástico.....	65
24. Procesos de Enfriamiento y Extracción de la Pieza.....	66
25. Retroceso del Husillo .....	67

26. Contador de Piezas.....	67
27. Función de escalamiento para las señales analógicas. ....	68
28. Temperatura para PVC.....	68
29. Sistema Manual.....	69
30. Inicio del Sistema.....	70
31. Lámpara RUN activa .....	70
32. Alarma de Apagado del Sistema.....	71
33. Activación de la Marca Automático .....	71
34. Simulación de carga de polímeros de plástico .....	72
35. Simulación avance del Husillo.....	72
36. Simulación ciclo de Inyección. ....	73
37.Simulación ciclo de Enfriamiento y retroceso del Husillo.....	73
38. Simulación de ciclo extracción de la pieza final. ....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Pp.</b>
1. Tabla de características principales de los HMI .....	32
2. Diagnóstico del proceso de inyección de la Empresa Plastienvases H.H. ....	45
3. Rango de Temperatura de moldes para algunos termoplásticos .....	46
4. Valores de las Presiones para el proceso de Inyección. ....	48
5. Tiempos para los procesos de Inyección.....	49
6. Tiempos para los procesos de Inyección.....	50
7. Costo de las opciones de los PLC .....	51
8. Descripción de la parte de un PLC S7-300 .....	55
9. Entradas y Salidas del Proceso de Inyección de Plástico.....	61
10. Costos de Materiales .....	75
11. Costo del personal .....	75
12. Tabla de Conceptos del personal.....	76
13. Costo Total del Proyecto.....	76



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL  
PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN POLIMÉRICA DE LA EMPRESA  
PLASTIENVASES H.H.**

**Autor:** Martins, Milagros

**Tutor:** Ing. Jesús Rodríguez.

**Fecha:** Julio 2020.

**RESUMEN**

A medida que la tecnología avanza, el ser humano se ha visto en la obligación de buscar soluciones en base a sus conocimientos y prácticas que pueden ser aplicables en la automatización de procesos y actividades que realice, sea para su beneficio, o el de su entorno. Por lo anterior la propuesta de automatización para un sistema de supervisión y control para el proceso de inyección en la empresa Plastienvases H.H., tiene la finalidad de incrementar el nivel de calidad tanto en los productos, como en la productividad de la empresa. La línea de investigación es Avances Tecnológicos de Automatización y Control, bajo la modalidad de proyecto factible con un diseño experimental y nivel de investigación descriptiva. La propuesta de automatización está basada en cuatro fases elementales como lo son: diagnosticar el proceso actual de la empresa, determinar las variables del proceso de inyección, y por último realizar un estudio de factibilidad económica. Por otro lado el controlador lógico programable que se escogió para el informe de pasantías es un PLC S7-300 y la interfaz a utilizar se desarrollara en el programa STEP 7 SIEMENS.

**Descriptor:** Sistema, Control, Supervisión, proceso, inyección, plásticos.

## INTRODUCCIÓN

La automatización de un sistema donde se transfieren tareas de producción, que normalmente son realizadas por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos y que son utilizadas con el fin de aumentar la productividad, suprimir trabajos forzosos e incrementa la seguridad.

En los sistemas de control automático, es de vital importancia que los dispositivos que actúan como elementos integradores del mismo, ofrezcan un nivel de seguridad que permita garantizar el desarrollo completo del proceso en ejecución en industrias tales como las manufactureras, comerciales, entre otras.

El desarrollo y progreso tecnológico en el área de la automatización en la actualidad conducen a la industria a innovar y desarrollar nueva maquinaria para de esta forma incrementar la producción y así reducir el tiempo y costos que requiere la misma. Ya que en este punto la industria es un ámbito muy competitivo donde la rapidez, el bajo costo y la calidad entre otros, son aspectos de gran importancia a la hora de surgir en este campo siendo consecuentes con eso las industrias hoy en día están preocupadas por desarrollar nuevas tecnologías e implementar las ya existentes en los distintos procesos que involucran en el desarrollo de sus productos.

La empresa Plastienvases H.H. se ha preocupado por mantener un nivel competitivo en la producción y la elaboración de sus productos colocando en marcha el proyecto de diseño y automatización del sistema de supervisión y control para el proceso de inyección, y así de esta manera mejorar sus estándares de producción y alcanzar nuevas metas.

En este orden, el objetivo general del trabajo de grado se fundamenta en lo dicho anteriormente, en la cual también se realizara el HMI (Interfaz Hombre Máquina) de la automatización.

La investigación necesaria para desarrollar el presente proyecto se llevó a cabo en una empresa de plásticos, en la cual se realizaran estudios y análisis del proceso de inyección para materiales plásticos, esta investigación se basa en tipo

documental-descriptiva para la línea de diseño y automatización, directamente en el área de supervisión y control para el proceso de inyección.

El presente trabajo de investigación está estructurado en cuatro capítulos, con el fin de cumplir las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez, dichos capítulos se describen a continuación:

**Capítulo I:** referido a la empresa, misión, visión y organigrama general.

**Capítulo II:** referido al problema, su planteamiento el cual se trata de comprobar durante todo el curso de la investigación por medio de los objetivos generales y específicos, así como la justificación del estudio y su alcance.

**Capítulo III:** se hace hincapié en los antecedentes, bases teóricas y de definición de términos básicos.

**Capítulo VI:** Marco Metodológico, se plantea la naturaleza de la investigación, la cual por sus características, se trata de una investigación documental con carácter descriptivo, de modo que la estrategia metodológica seleccionada sirvió de guía para el desarrollo del trabajo de grado.

**Capítulo V:** este capítulo se hablara sobre los resultados y el desarrollo de las fases planteadas en el capítulo IV de este informe de pasantías.

# **CAPÍTULO I**

## **LA EMPRESA**

### **1.1 Ubicación**

La empresa Plastienvases H.H, está ubicada en la Av. Don Julio Centeno de San Diego, Centro Comercial Boulevard Castillo, Local GP G-26.

### **1.2 Descripción de la Empresa**

Plastienvases H.Hes la realización empresarial que tuvo inicio en el año 2001; con el nuevo milenio se concibió la idea de crear una empresa productora de envases termoformados de poliestirenobiorientado para uso alimenticio que supliera las necesidades del mercado Venezolano. Contiene dos líneas de producción y una línea de moldes que satisface las necesidades básicas de la demanda de supermercados, restaurantes, polleras y panaderías del momento.

### **1.3 Misión**

Ser la empresa líder a nivel de fabricación y distribución de productos plásticos termoformados para los diferentes segmentos del mercado de alimentos, brindando a los clientes la más alta calidad en envases, con una permanente innovación en el diseño y el empleo de tecnologías las cuales permitan a nuestros productos ser: eficientes, confiables, seguros y competitivos”.

### **1.4 Visión**

Innovación permanente para la satisfacción plena del cliente con una constante búsqueda de la maximización de la calidad de los productos con procesos productivos y un manejo administrativo que controle, mediante indicadores la gestión en el cumplimiento de metas, para ser competitivos y rentables.

### **1.5 Valores**

**Productividad:** “Capacidad para anticiparse a las exigencias y oportunidades que plantee el mercado nacional e internacional, ofreciendo respuestas oportunas y

pertinentes dirigidas a resolver necesidades vinculadas con el Consumo Esencial de Alimentos, adiestrando continuamente a los clientes internos (miembros de la empresa) como clientes externos para un mayor y mejor aprovechamiento de los recursos disponibles”.

**Competitividad:** “Se obtendrá a través de una alta orientación de la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes internos y externos, actuales y potenciales, de la calidad integral de las actividades administrativas, operativas, de higiene y seguridad industrial; del entrenamiento que implica un mejoramiento continuo para la productividad en los procesos e insumos para producir un producto confiable y oportuno”

**Posicionamiento del mercado:** “Se logrará a través de una estrategia de mercado, perfilado con base en el control cuidadoso de normas de higiene y calidad bajo criterios ISO9000-2000; de la satisfacción de las preferencias de los clientes, captación y mantenimiento de nuevos clientes y el uso eficiente de los recursos disponibles para el desarrollo de las actividades que maximicen los resultados financieros para el crecimiento empresarial y personal de sus miembros”.

### **1.6 Objetivos Generales**

Evaluación continua de los procesos productivos y administrativos, para mantener y superar nuestras propias metas internas de eficiencia en producción, distribución y venta de los productos afianzando una posición estratégica en el mercado; garantizando continuidad en las operaciones y seguridad económica y social para el factor humano y socios de la empresa

#### **Metas a corto plazo:**

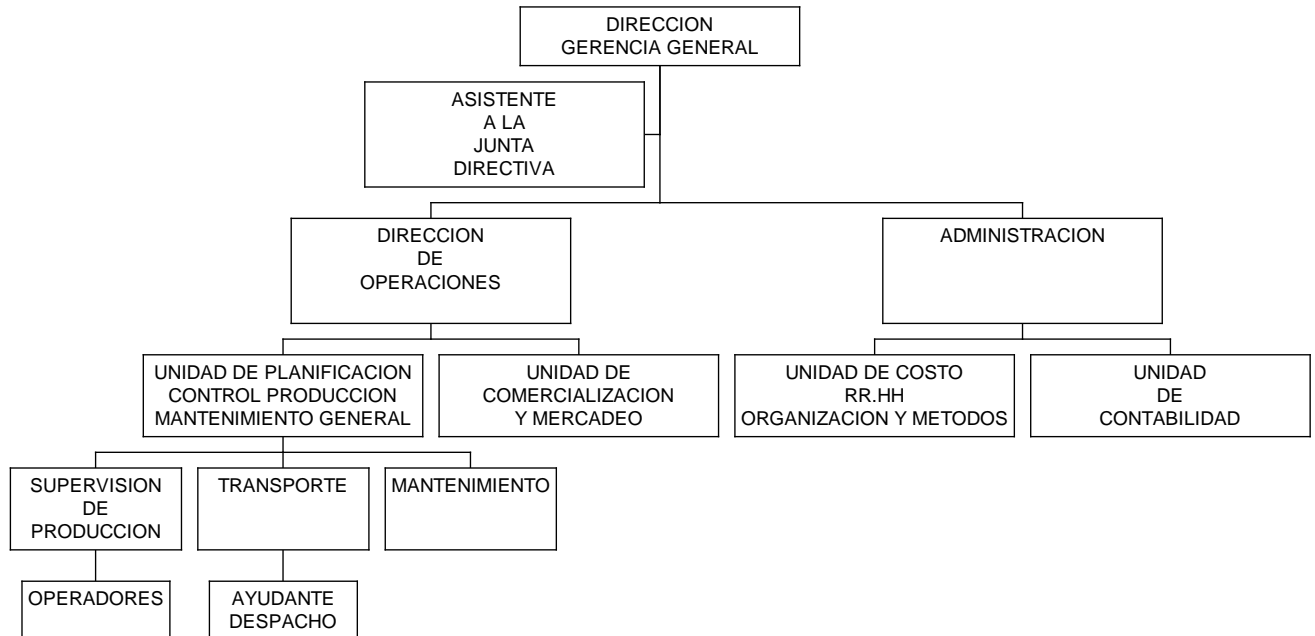
- 1) Consolidar con el proveedor extranjero un mayor volumen de importación de materia prima, aumentando la cantidad de poliestireno en producción de envases.
- 2) Incorporar nuevas maquinarias y modelos de equipos (moldes) para ampliar y diversificar la línea de envases.

- 3) Asentar las bases bajo criterio de calidad ISO9000, para organizar y diseñar un sistema integral de informática para el control de operaciones administrativas, comerciales y de producción.

**Metas a mediano plazo:**

- 1) Regularizar la aplicación de normas, políticas y objetivos de calidad para preparar a la empresa y su personal para auditorías externas de FONDONORMA de Venezuela para optar a la certificación de la calidad.
- 2) Preparar al personal y la infraestructura de la empresa para la instalación de una nueva máquina termoformadora para plásticos modelo HSC-540760 con 02 moldes incorporados y 01 maquina laminadora modelo SEP-100 para producción de lámina hasta 750 mm de ancho y calibre 03 a 1.5 mm. con el objetivo de continuar el crecimiento de la producción de la empresa.

**1.7 Organigrama General de la empresa**



**Figura 1. Organigrama General**  
Fuente: Empresa Plastienvases H.H

## **CAPÍTULO II**

### **EL PROBLEMA**

#### **2.1 Planteamiento del problema**

La automatización de las plantas industriales a nivel mundial, ofrecen grandes oportunidades para el desarrollo de empresas con proyectos de inversión de alta rentabilidad. Debe considerarse que, en una economía competitiva, las empresas están obligadas a ser eficientes; aquellas corporaciones que no tomen las decisiones adecuadas o no se actualicen frente a los avances que se van presentando, están condenadas a perder rentabilidad y desaparecer. De este modo, la automatización de los procesos de producción constituye una necesidad inevitable para las empresas en la actualidad.

Actualmente en Venezuela, hay un amplio consenso en la industria del plástico sobre la necesidad de una automatización completada alrededor de las máquinas de inyección si se quiere seguir manteniendo la producción a un costo económico competitivo a pesar de la tendencia a lotes cada vez más reducidos debido a la situación económica del país y a su vez por la mayor diversidad de variantes. Por este motivo, las soluciones de automatización inteligente cuentan con una gran demanda. Sin embargo, en la empresa Plastienvases, el moldeo por inyección de plásticos es un proceso semicontinuo que tiene como característica indicadores de parámetros de funcionamiento y alarmas, es necesario que la máquina este bajo la supervisión directa del panel de control, monitoreando visualmente si todos los procesos se encuentran trabajando adecuadamente y evitar un daño en la máquina y en las piezas.

Es decir, siempre es necesario supervisar personalmente la máquina para verificar si todos los procesos están trabajando dentro de los parámetros establecidos. Siguiendo el mismo orden de ideas, la máquina de inyección de la empresa Plastienvases, es de origen chino, por consiguiente, el sistema de automatización

empleado en el PLC también es chino. En Septiembre del 2019, esta máquina de inyección ha venido presentando fallas en el sistema de control de procesos como las cuales son:

- Descontrol de los tiempos del proceso de inyección.
- Avance y retroceso del Husillo manualmente.
- Temperatura no adecuadas para el calentamiento de la materia prima.
- HMI restringido para el cambio de parámetros.

Entonces esto ha ocasionado que los parámetros no sean los correctos a la hora de sacar la producción, esto llevó a la desactivación de esta máquina, ya que, para entrar a la interfaz es de difícil acceso debido a que los fabricantes chinos tiene restringido el lenguaje de programación empleado en el PLC de dicha máquina, por consecuencia no se pueden visualizar las entradas ni las salidas de dicho panel de control.

## **2.2 Formulación del problema**

¿Cómo se puede adecuar la operatividad del Sistema de inyección polimérico de la empresa Plastienvases?

## **2.3 Objetivos de la investigación**

### **2.3.1 Objetivo General**

Proponer el diseño de la automatización del sistema de supervisión y control para la optimización del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H.

### **2.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual del proceso de inyección polimérico de la empresa Plastienvases H.H.
- Determinar las variables del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H.
- Diseñar la automatización del sistema y control del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H.

- Realizar un estudio de factibilidad operativa, técnica, social y económica para la automatización del sistema de supervisión y control para el proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H

## **2.4 Justificación**

El presente proyecto se basa en la automatización de una máquina de inyección, que posee un lenguaje de programación no visible al operador, con la finalidad de poder reemplazar esa interfaz, con una que sea de fácil acceso y que el operador pueda dominar. Trayendo como beneficio para la empresa Platienvases, la reactivación de la máquina, pudiendo obtener mejor monitoreo del funcionamiento, acceso al control de proceso, seguridad en el proceso, posibilidad de poder realizar modificaciones y facilidad en el lenguaje de programación, dando como resultado un control más eficiente y preciso del proceso de inyección.

Así también, la realización de este Informe de Pasantías permitirá cumplir con los requisitos académicos exigidos por la Universidad José Antonio Páez para alcanzar el título de Ingeniero en Electrónica, además de adquirir nuevos conocimientos y poner en práctica todo el aprendizaje e información adquirida durante toda la carrera.

## **2.5 Alcance de la Investigación**

Esta investigación del diseño de este sistema de supervisión y control del proceso de inyección de polímero para la fabricación de cestas y cubiertos plásticos abarca la industria de plásticos nacional e internacional

## **2.6 Limitaciones**

Para este proyecto se considera que son limitaciones las siguientes a plantearse:

- Obsolescencia de los mecanismos a recuperar.
- Referencias bibliográficas limitadas.
- Los obstáculos relativos a las previsiones de seguridad de la empresa de Plastienvases para proporcionar información acerca de su estructura de costo, en aspectos de salud de los operarios y seguridad industrial.

- Difícil acceso a la información por restricciones (patentes) sobre los materiales y equipos a utilizar.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

A continuación, se presentan varios proyectos o trabajos integradores efectuados en los últimos años, y tomando aportes valiosos para la investigación que pueda brindar cada uno de ellos.

#### **3.1 Antecedentes**

Aguilera. P (2016) realizo un trabajo de investigación el cual se tituló **“Programación de PLC”**, para optar al grado de maestro en ciencias de la ingeniería de manufactura con especialidad en automatización en la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. El propósito de esta tesis es el de presentar métodos sistemáticos aprovechando las funciones y posibilidades que ofrecen actualmente los autómatas en comparación a los sistemas clásicos empleados hace unas décadas. Como ejemplo hace hincapié en el diseño mediante los denominados Gráficos Funcionales de Control de Etapas y Transiciones (GRAFCET) que permite con una gran sencillez el desarrollo del proyecto y aprovechamiento de automatismos secuenciales. Hace un análisis de las herramientas por eventos discretos y propone una metodología para el diseño de la automatización de procesos industriales usando para ello lenguajes de programación que se puedan usar en los Controladores Lógicos Programables (PLC).

Dicho trabajo de investigación, apporto el procedimiento general para la programación del PLC, además, de la información necesaria para realizar una conexión correcta entre el PLC y el HMI, la cual es necesaria para llevar a cabo este proyecto.

De la misma manera Águila, M (2015) en su proyecto de investigación titulado **“Automatización de una máquina de inyección de plástico”**. Presentado ante el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus, para

optar por el título de Ingeniero Electrónico. México. Este proyecto se basa utilizar algunas de las técnicas avanzadas de la tecnología y aplicarlas a equipos, que aunque son viejos, mecánicamente tienen un buen desempeño. Esta idea se desprende del hecho que mucha de la maquinaria que hay en la mayoría de la industria es usada, pero que con algunas modificaciones es posible aumentar su eficiencia y ahorrar en costos por mantenimiento y operación. Sin embargo en todas las máquinas de inyección el proceso es el mismo, la diferencia radica en las bobinas que se accionan en cada momento, lo único que se necesita para un rendimiento óptimo es llevar un buen control y eliminar tiempos muertos. Por lo tanto el proyecto consiste entonces en automatizar una máquina de inyección de plástico eliminando su sistema eléctrico, que es por demás inadecuado, cambiando la mayoría de sus componentes electromecánicos por dispositivos electrónicos de mayor desempeño y durabilidad, libres de mantenimiento y fáciles de operar, más compactos y en el largo plazo, de mayor rentabilidad.

La información suministrada por la investigación, apporto las bases teóricas acerca del proceso de inyección en el cual existe una gran variedad de procesos para la transformación del plástico, sin embargo en esta investigación se realiza dicho proceso de manera similar al propuesto en este trabajo de grado.

Franco Ramos, I (2018) realizó un trabajo titulado “**Propuesta de mejora del proceso de distribución de agua mediante la implementación de un sistema automatizado para la empresa Colgate-Palmolive Company**” para optar por el título de Ingeniero en Electrónica en la Universidad José Antonio Páez, Venezuela. El presente trabajo de investigación describe como realizar la optimización del bombeo de agua utilizando un sistema automático para mejorar el rendimiento y la eficiencia a la hora de tener que surtir a la empresa. Lo anteriormente expuesto tiene como finalidad principal, la propuesta de un sistema que controle el flujo de agua a una presión constante en todas las áreas que sea requerida y que este sea automático. El presente proyecto fue desarrollado con el uso de un PLC Siemens S7-300 usando

el software SIMATIC-S7 Step 7 mediante el lenguaje de escalera para su programación.

El proyecto se vincula con el actual en función de la selección del PLC Siemens S7-300 que será propuesto en este trabajo de grado, por otro lado la elección del software de programación del PLC SIMATIC-S7. La elección correcta del software y PLC para la realización del proyecto es esencial, en este trabajo de grado se propone material de instrucción de cómo utilizar el lenguaje de programación KOP (lenguaje escalera), el cual fue elegido para el desarrollo de este proyecto, por lo que es necesario considerar toda la información disponible y herramientas empleadas para el desarrollo de este proyecto.

## **3.2 Bases teóricas**

### **3.2.1 Materiales Plásticos**

Los plásticos son polímeros orgánicos, grandes moléculas formadas por las uniones repetidas de una o varias moléculas. Las moléculas que se combinan para formar las moléculas de un polímero se denominan monómeros. El proceso mediante el cual cientos o miles de pequeñas moléculas de monómero se enlazan entre sí para formar una gran molécula de polímero es una reacción de polimerización. El monómero es el reaccionante original que se transforma químicamente en un polímero. Normalmente se utilizan indicadores, catalizadores, control de pH, calor y vacío para acelerar y controlar la reacción de polimerización y así optimizar el proceso de obtención. Además, es posible que dos o más monómeros sean polimerizados juntos en las proporciones deseadas dando lugar a copolímeros. El poliestireno es un material transparente y quebradizo. El polibutadieno es un hule sintético. Un copolímero de 25% de poliestireno y 75% de polibutadieno es un hule con aplicaciones directas en alfombras, cojines, etcétera. Un copolímero con una proporción inversa de los polímeros anteriores nos da un copolímero con aplicaciones para gabinetes y muebles.

Actualmente, existen más de 20 familias de plásticos disponibles para comercializarse, los cuales pueden clasificarse de diversas maneras. Una clasificación

utilizada ampliamente es la que se basa en el comportamiento termomecánico de estos materiales, en la cual los plásticos se agrupan en termofijos y termoplásticos.

Los termoplásticos son resinas con una estructura molecular lineal (obtenida por procesos de polimerización o de policondensación) que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química. La acción del calor causa que estas resinas se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del molde. Dentro de ciertos límites, el ciclo de fusión-solidificación puede repetirse; sin embargo, debe tenerse en cuenta que el calentamiento puede dar como resultado la degradación de la resina. Una analogía para este material puede ser una vela. Las moléculas no se entrecruzan en estos materiales. Se puede decir que de todos los plásticos usados en el mundo dos terceras partes son termoplásticos.

Las resinas termofijas (también obtenidas por polimerización o de policondensación) pueden ser fundidas una sola vez. Las resinas de este grupo, que se caracterizan por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero enseguida, si se continua la aplicación del calor, experimentan un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas se tornen infusibles (es decir no se plastifican) e insolubles. Este endurecimiento es causado por la presencia de catalizadores o agentes reticulantes. Este material no puede ser remolido y utilizado nuevamente. Una analogía para este material es un huevo duro, el cual ha pasado de líquido a sólido y no puede regresar de nuevo a líquido. Como ejemplo de termofijos tenemos: resinas fenol-formaldehído, epóxicas, etcétera. Algunos de los primeros materiales de moldeo, producidos comercialmente, fueron termofijos.

### **3.2.1.1 Clasificación de los Plásticos**

Debido a la diversificación de los plásticos que existen en la actualidad, es importante conocer la clasificación, la cual se basa en su comportamiento a la transformación, sus propiedades o su aplicación.

**Termoplásticos:** Se caracterizan por transformarse de sólido a líquido y viceversa por acción del calor y se disuelven o por lo menos se hinchan al contacto con solventes. A temperatura ambiente se pueden encontrar desde blandos hasta duros y frágiles, pasando por rígidos y tenaces. Su comportamiento se deriva de su estructura molecular, pues tienen la forma de cadena abierta o de hilos. Entre las principales ventajas de los termoplástico para reblandecerse y fundirse se puede mencionar que pueden termoformarse o moldearse por calor, es decir, una lámina o un tubo pueden pasar a un estado elástico, parecido al de la goma blanda, y adquirir nuevas formas después de enfriarse en un molde, además los termoplásticos pueden soldarse y sus desechos son reciclables. Las desventajas consisten en que el reblandecimiento provocado por el calor limita en gran medida las temperaturas de uso de los termoplásticos, sobre todo cuando se someten a la acción simultánea de fuerzas mecánicas. A su vez, los termoplásticos se dividen en amorfos y semicristalinos.

a) **Amorfos:** Los termoplásticos amorfos se caracterizan porque sus moléculas filamentosas están en completo desorden, este arreglo permite el paso de la luz, razón por la cual los plásticos amorfos son transparentes.

b) **Semicristalinos:** El orden molecular de los plásticos semicristalinos es relativamente bueno, en el que se aprecia un cierto paralelismo dentro de los filamentos moleculares. El ordenamiento en los tramos de las macromoléculas paralelas equivale al ordenamiento de átomos o moléculas paralelas en forma de cristales, los cuales se oponen al paso de la luz provocando una apariencia lechosa o translúcida.

**Termofijos:** Los plásticos que se mantienen rígidos y sólidos a temperaturas elevadas se denominan termofijos. Se obtienen por reticulación de productos líquidos de bajo peso molecular, están reticulados en todas direcciones y debido a su estructura no son moldeables plásticamente. Son infusibles y resisten altas temperaturas, no pueden ser disueltos y raramente se hinchan, a temperatura ambiente son duros y frágiles, no son reciclables.

### **3.2.2 Procesos de transformación del plástico**

Esta industria se mueve a una velocidad impresionante, cada día se descubren nuevas técnicas de obtención de este material, pero al mismo tiempo, en universidades, institutos de investigación y en la industria se desarrollan nuevos tipos de procesos para el mejor aprovechamiento de estos. Algunos procesos son específicos para ciertas aplicaciones no muy comunes ni comerciales, sino de interés particular de quien lo desarrolla, por ejemplo la milicia, la medicina, etc., sin embargo, en las aplicaciones comerciales se trabaja muy fuerte para mejorar las técnicas buscando abatir costos y obtener los mayores beneficios.

#### **3.2.2.1 Tipos de procesos de transformación del plástico**

Existen diferentes procesos de transformación de los plásticos, a continuación se mencionan su clasificación por tipo de plástico:

##### a) Procesos para termoplásticos

- Extrusión.
- Inyección.
- Soplado.
- Termo formado.
- Calandreo.
- Sinterizado.
- Recubrimiento de cuchillas.
- Inmersión.

##### b) Procesos para termofijos

- Laminado.
- Transferencia. Embobinado.
- Filamento continuo.
- Pultrusión.

##### c) Procesos para termoplásticos y termofijos

- Vaciado.

- Rotomoldeo.
- Compresión.
- Esreado.
- RIM.

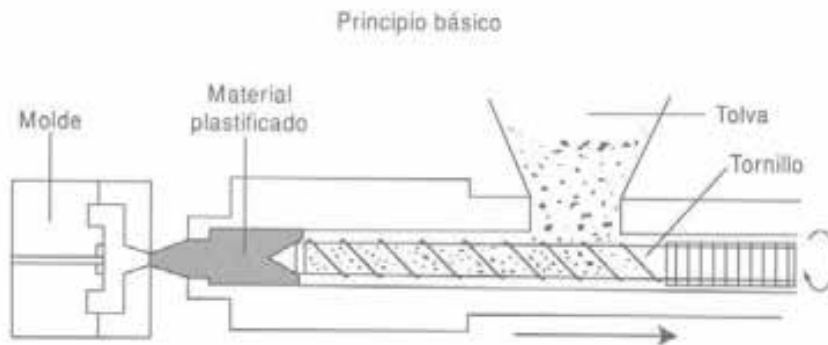
### 3.2.3 Proceso por Moldeo por Inyección

Los compuestos plásticos difieren grandemente entre sí y se prestan a una variedad de métodos de proceso. Cada material se adapta mejor a alguno de los métodos, aunque muchos se pueden fabricar por varios de ellos. En la mayor parte de los procesos, el material para moldear se encuentra en forma de polvo o granular, aunque para algunos existe una operación preliminar de preformado, antes de usarlo.

Cuando se aplica calor a un material termoplástico para fundirlo, se dice que se plastifica. El material ya fundido o plastificado por calor puede hacerse fluir mediante la aplicación de presión y llenar un molde donde el material solidifica y toma la forma del molde. Este proceso se conoce como moldeo porinyección.

El principio básico de moldeo por inyección comprende las tres operaciones básicas siguientes:

- Elevar la temperatura del plástico a un punto donde pueda fluir bajo la aplicación de presión. Normalmente esto se hace calentando y masticando los gránulos sólidos del material hasta formar una masa fundida con una viscosidad y temperatura uniforme.

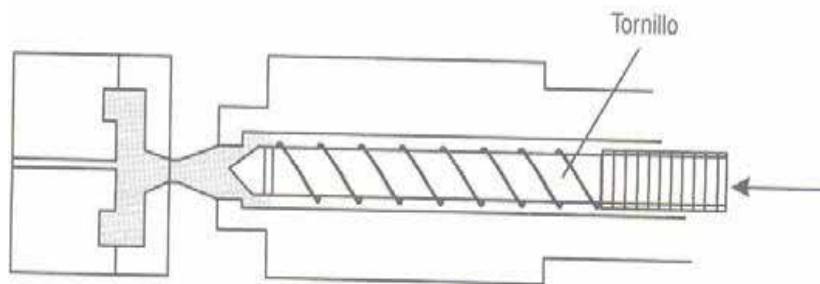


**Figura 2.** Plastificación del Material del Plástico

**Fuente:** Proceso de trasformado del plástico. (Sánchez 2002).

Actualmente, esto se hace dentro del barril de la máquina mediante un tornillo, el cuál aporta el trabajo mecánico (fricción) que en conjunto con el calor del barril funden (plastifican) el plástico. Es decir, el tornillo transporta, mezcla y plastifica el material plástico. Esto se observa en la figura 1.

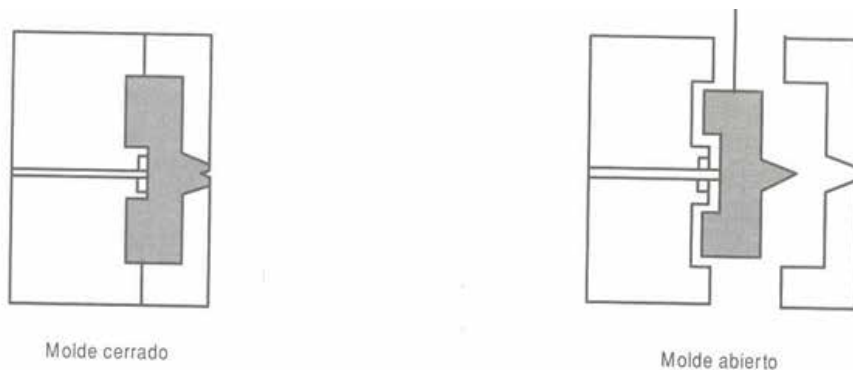
- b) Permitir la solidificación del material en el molde cerrado. En esta etapa el material fundido ya plastificado en el barril de la máquina, se transfiere (se inyecta) a través de una boquilla, que conecta el barril hacia los varios canales del molde hasta llegar a las cavidades donde toma la forma del productofinal.



**Figura 3.** Inyección del Material Hacia el Molde

**Fuente:** Proceso de trasformado del plástico. (Sánchez 2002).

- c) Apertura del molde para la extracción de la pieza. Esto se hace después de mantener el material bajo presión dentro del molde y una vez que el calor (el cuál se aplicó para plastificarlo) es removido para permitir solidificar el material en la formadeseada.



**Figura 4.** Apertura del Molde y Extracción de la Pieza

**Fuente:** Proceso de trasformado del plástico. (Sánchez 2002).

### **3.2.4 Variables que intervienen en el proceso de Inyección**

Diversos autores consideran que en el proceso de inyección intervienen de forma directa o indirecta del orden de 200 variables diferentes. Sin embargo para simplificar, estas variables se pueden clasificar en 4 categorías; temperatura, presión, tiempo y distancia. Lamentablemente estas variables no son independientes, y un cambio en una de ellas afectará a las otras. A continuación se comentan las más importantes.

#### **3.2.4.1 Temperatura de Inyección**

Es la temperatura a la que se calienta el material para introducirlo en el interior del molde. La temperatura del material aumenta gradualmente desde que entra por la tolva hasta que se encuentra preparado para ser inyectado. Esta temperatura es función del tipo de material, y no debe ser superior a la temperatura a la que comienza a descomponerse, pero debe ser suficientemente elevada para permitir que el material fluya correctamente. La fusión y homogeneización del material a lo largo de la cámara de plastificación se lleva a cabo por los mismos mecanismos que se describieron para las extrusoras.

#### **3.2.4.2 Temperatura de Molde**

Es la temperatura a la que se encuentra la superficie de la cavidad de moldeo. Debe ser lo suficientemente baja para enfriar el material fundido y conseguir que solidifique. Esta temperatura varía a lo largo del molde y depende de varios parámetros (temperatura del fluido refrigerante, temperatura del material, características térmicas del molde, etc.), pero a efectos prácticos se evalúa como el valor medio a lo largo de toda la cavidad. La velocidad a la que se enfría el plástico es un factor muy importante puesto que va a condicionar la morfología del material, y por tanto sus propiedades físicas, mecánicas, ópticas, etc.

#### **3.2.4.3 Presión inicial o dellenado**

Es la presión que se aplica inicialmente al material fundido y que se desarrolla como consecuencia del movimiento hacia adelante del tornillo. Esta

presión obliga a que el material fundido fluya hacia adelante, produciendo el llenado inicial del molde. En una situación ideal la presión inicial debe ser lo mayor posible, de modo que el llenado se produzca lo más rápidamente posible.

#### **3.2.4.4 Presión de mantenimiento o compactación (holding pressure)**

Es la presión que se aplica al final de la inyección del material, cuando el molde se encuentra casi completamente lleno. Se llama presión de mantenimiento o compactación, puesto que es la presión que se aplica durante la etapa de compactación, cuando algunas partes del material han comenzado a enfriarse y contraerse, y obliga a que el molde se acabe de llenar y se obtenga una pieza con una densidad uniforme.

#### **3.2.4.5 Presión posterior o de retroceso (back pressure)**

Es la presión que se aplica al tornillo mientras retrocede, una vez finalizada la etapa de compactación. Una vez que el molde está completamente lleno el tornillo comienza a girar para plastificar más material para el siguiente ciclo. Este material comienza a alojarse delante del tornillo, obligando a que el tornillo retroceda, sin embargo no se permite que el tornillo retroceda libremente si no que se aplica una cierta presión posterior para conseguir que el material se mezcle y homogenice adecuadamente.

#### **3.2.4.6 Tiempo de inyección inicial**

El tiempo necesario para realizar la inyección depende de numerosos factores, como de cuanto material se está inyectado, su viscosidad, las características del molde y el porcentaje de la capacidad de inyección que se está empleando. En la mayoría de las máquinas el tiempo de inyección se divide en dos: el tiempo de inyección inicial y el tiempo de mantenimiento. El tiempo de inyección inicial es el tiempo necesario para que el tornillo realice el recorrido hacia adelante, obligando a que el material se introduzca dentro del molde. Normalmente este tiempo no es superior a 2 segundos, y rara vez excede los 3 segundos.

### **3.2.4.7 Tiempo de mantenimiento o compactación**

El tiempo de mantenimiento o tiempo de compactación es el tiempo que, después de realizar la inyección inicial del material, el tornillo permanece en posición avanzada, para mantener la presión del material dentro del molde. Este tiempo se prolonga hasta que la entrada a la cavidad de moldeo solidifica. A partir de ese instante la cavidad de moldeo queda aislada del resto del sistema mientras continúa enfriándose por lo que prolonga el tiempo que el pistón permanece en posición avanzada carecería de sentido. Para una pieza de 1.5 mm de espesor el tiempo de mantenimiento no suele exceder de 6 segundos.

### **3.2.4.8 Tiempo de enfriamiento**

Es una de las variables más importantes para conseguir una pieza de buena calidad. Es el tiempo que la pieza requiere para enfriarse hasta que ha solidificado y además ha adquirido la rigidez suficiente para poder ser extraída del molde sin que se deforme. Las partes más externas de las piezas se enfrían a velocidad más rápidas. El tiempo de enfriamiento debe ser suficiente para que un espesor considerable de la pieza (al menos el 95% de la pieza) se encuentre frío para evitar que la pieza se deforme. Lógicamente cuanto mayor sea el espesor de la pieza que se está moldeando mayor será el tiempo de enfriamiento requerido. Como media una pieza de 1.5 mm de espesor requiere de 9 a 12 segundos para solidificar y adquirir suficiente resistencia para poder ser extraída del molde sin deformaciones.

## **3.2.5 Tipos de Máquinas de Inyección**

### **3.2.5.1 Máquinas de Inyección con Pistón**

El moldeo por inyección con pistón de una sola etapa fue el sistema predominante hasta 1955. Dicho sistema consta de un barril que se llena con material plástico, el cuál es fundido mediante bandas calefactores con resistencias localizadas alrededor del barril. Posteriormente el material fundido es forzado a través de un distribuidor o torpedo mediante el movimiento axial de un pistón, inyectando así dicho material dentro del molde. En este tipo de máquinas, el flujo del barril es

predominantemente laminar, ocasionando un pobre mezclado y un fundido muyheterogéneo.

#### **3.2.5.2 Máquinas son Sistema de Preplastificación**

En el sistema de inyección con preplastificación o de dos etapas, el calentamiento del material y el desarrollo de la presión necesaria para llenar el molde están aislados uno de otro, es decir, son independientes, a diferencia del sistema de inyección de fase única en el cual ambas operaciones se realizan en la misma fase. En los sistemas con preplastificación, el material se calienta a la temperatura de moldeo durante la primera etapa del proceso, después pasa a un receptáculo desde el cuál es forzado a entrar en el molde en una segunda etapa. La primera etapa es de calentamiento o fusión y la segunda de presión o inyección. Dentro de los sistemas de preplastificación, los tipos de máquinas más comunes son aquellos con base en pistón y tornillo o combinaciones de ambos.

#### **3.2.5.3 Máquina de Inyección con Tornillo Alternativo**

Este tipo de máquinas se caracterizan por realizar la fusión e inyección del material mediante un tornillo alternativo, el cuál alterna su función de plastificar e inyectar el material fundido. Esta disposición representa el avance más significativo en el moldeo por inyección de plásticos y es el sistema más utilizado hoy endía.

#### **3.2.5.4 Máquina por moldeo por Inyección Reactiva**

El proceso de moldeo por inyección reactiva y su derivado el moldeo por inyección reactiva con reforzantes, difieren del moldeo convencional en que utilizan resinas líquidas reactivas en lugar de polímeros fundidos. Este proceso involucra el mezclado a alta presión de dos o más líquidos, que reaccionan espontáneamente para su posterior inyección a menor presión dentro de un molde cerrado. Este sistema no utiliza extrusores para material fundido, sino un sistema de almacenaje y dispersión de las resinas reactivas. Con esta tecnología, se han alcanzado ciclos de inyección de dos minutos o menos en la producción de partes grandes y gruesas.

El principal plástico que se utiliza en este proceso es el hule de poliuretano, aunque también se utilizan otros materiales como el nylon, resinas poliéster, acrílicas

y epóxicas, entre otras. La principal ventaja de este proceso sobre el proceso convencional, es la facilidad de moldear piezas grandes, normalmente mayores de diezlibras.

### **3.2.6 Características básicas de las Máquinas de Inyección**

Antes de seguir adelante conviene aclarar y definir algunos conceptos y vocablos propios de las máquinas, moldes y tecnología del moldeo por inyección.

Con respecto a la máquina debemos considerar las siguientes características básicas que son las primeras consideraciones que se realizan a la hora de definir una máquina de inyección, como son capacidad de inyección, capacidad de plastificación, presión de inyección máxima, fuerza de cierre máxima y velocidad de inyecciónmáxima.

#### **3.2.6.1 Capacidad de inyección**

Se entiende por capacidad de inyecciónla cantidad máxima de material que una máquina es capaz de inyectar de una sola vez en un molde a una presión determinada. La capacidad de inyección proporciona una idea de las posibilidades de la máquina considerada.

En los catálogos de los fabricantes de máquinas de inyección en ocasiones se indica la capacidad de inyección como el peso máximo, expresado en gramos, que puede inyectar la máquina en un solo ciclo, supuesto que no se ha colocado ningún molde o que éste ofrece muy poca resistencia a la entrada del polímero. Es frecuente encontrar la capacidad de inyección referida al poliestireno, aunque en ocasiones también viene referida a otros materiales de uso común en inyección. En ocasiones también se expresa la capacidad de inyección de la máquina como el volumen barrido por el husillo de inyección en su recorrido hacia adelante, lo que resulta menos ambiguo que referirla a un tipo concreto de material.

En una situación real la capacidad de inyección viene determinada por el diámetro y la carrera del pistón o husillo de inyección, así como por el tipo de molde utilizado, la temperatura que alcanza el polímero fundido, la presión a que se inyecta y otras variables. Cuando se emplea un molde que es difícil de llenar,

la capacidad real de inyección de la máquina es siempre algo menor que la indicada por el fabricante.

La unidad de inyección suele escogerse de forma que sea capaz de contener material suficiente para dos ciclos. En otras palabras el 50% de la capacidad de inyección de un cilindro debería vaciarse en cada ciclo. Por otra parte, la cantidad de material introducida en el molde nunca debería ser inferior al 20% ni superior al 80% de la capacidad del cilindro, de modo que el tiempo de permanencia del material en la cámara de plastificación no sea excesivamente largo para evitar que el material se degrade, ni excesivamente corto para evitar que no se encuentre plastificado.

### **3.2.6.2 Capacidad de plastificación**

La capacidad de plastificación es otro dato muy importante para evaluar las posibilidades de una máquina de inyección, sin embargo no es fácil expresar numéricamente este concepto. Se puede definir, aunque ambiguamente, como la cantidad máxima de material que la máquina es capaz de plastificar por unidad de tiempo. Para comprender mejor este criterio es preciso aclarar que por “plastificar” un polímero debe entenderse el calentar éste lo suficiente para que alcance una temperatura a la que pueda ser inyectado, y esta aclaración mantiene la ambigüedad de la definición anterior. Evidentemente, la capacidad de plastificación depende de la eficacia de calefacción de la cámara de plastificación y de las propiedades térmicas del polímero que se calienta.

No hay método universalmente aceptado que indique las condiciones en que debe medirse la capacidad de plastificación de una máquina. Como en el caso de la capacidad de inyección, cada fabricante indica en el catálogo de sus máquinas la capacidad de plastificación de éstas expresada como caudal máximo plastificado de un material en unas condiciones de procesamiento determinadas, por lo general poliestireno (en kg/h o g/s), de modo que sólo sirve como guía para hacer comparaciones aproximadas entre máquinas de diversa procedencia.

### 3.2.6.3 Presión de inyección

La presión de inyecciones una característica mejor definida. Se entiende por presión de inyección la medida en la cara delantera "a" del pistón de inyección o husillo (figura 5.10). Como el husillo está actuado por un pistón hidráulico al que es solidario, la fuerza en ambas caras "A" y "a" será la misma, y si p es la presión de la línea hidráulica y P la presión de inyección se cumplirá:

$$P = p \left( \frac{A}{a} \right)$$

La presión p en la línea puede leerse en un manómetro M y la relación de superficies entre las caras de los pistones (A/a) es una característica de construcción de la máquina que debe conocerse.

### 3.2.6.4 Velocidad de inyección

La velocidad de inyección es el caudal de material que sale de la máquina durante el periodo de inyección; se expresa generalmente en cm<sup>3</sup>/s y es una medida de la rapidez con que puede llenarse un molde dado. La velocidad de inyección viene principalmente determinada por la velocidad de avance del pistón o husillo, y también se puede expresar como el número de veces por unidad de tiempo que el tornillo puede efectuar su recorrido completo de ida y vuelta cuando la máquina funciona en vacío, es decir, sin molde y sin material de moldeo. Naturalmente, esta característica de la máquina sólo depende de las demás características con que ha sido construida y en especial del tipo de sistema hidráulico utilizado.

En una situación real (con material y molde en la máquina) la velocidad de inyección del material en el molde dependerá de otros factores como la presión de inyección, la temperatura de la cámara de calefacción, las características del material utilizado y el camino que debe recorrer el polímero fundido hasta llegar a las cavidades de moldeo, principalmente.

### **3.2.6.5 Fuerza de cierre**

La fuerza de cierre es aquella que mantiene unidas las dos mitades del molde mientras en la cavidad de moldeo se desarrolla la máxima presión como consecuencia de su llenado. Como ya se ha mencionado, la presión en la cavidad de moldeo es mucho menor que la presión de inyección, si bien se desarrolla una fuerza que tiende a separar las dos mitades del molde y que viene dada por el producto de la presión en la cavidad de moldeo por el área proyectada de ésta. Esta fuerza interna del molde puede ser muy grande y necesita ser contrarrestada por una fuerza de cierre que en todo momento sea superior a ella para asegurar así que el molde se mantiene cerrado durante la inyección. Cuanto mayor es la fuerza disponible para mantener cerrado el molde tanto mayor es el área transversal de la pieza que puede moldearse, a igualdad de las demás condiciones. Las máquinas de inyección convencionales empleadas hoy en día son capaces de desarrollar fuerzas de cierre de más de 1000 toneladas.

### **3.2.7 Automatización**

Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. La automatización industrial ha efectuado un enorme progreso en las últimas décadas. Elementos de hardware cada día más potentes, la incorporación de nuevas funcionalidades, y el desarrollo de las redes de comunicación industriales, permiten realizar excelentes sistemas de Automatización Industrial en tiempos mínimos.

Según lo anterior explicado Guzmán, E (2018) define automatización como:

“La Automatización Industrial es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, máquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana.”

- Parte de Mando: suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas

electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómeta programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

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

### **3.2.8 Controlador Lógico Programable**

Es un dispositivo electrónico que se programa para realizar acciones de control automáticamente, básicamente es un cerebro que activa componentes de maquinarias para ejecutar tareas que pudieran ser muy lentas, imperfectas o peligrosas para el ser humano. Estos dispositivos se usan en la actualidad en todo tipo de aplicaciones industriales, resolviendo requerimientos en control de procesos y secuencias de la maquinaria, dentro del sector industrial y ha penetrado las aplicaciones domésticas y comerciales con mayor auge en la última década. Según Delgado, E (2017) un PLC es lo siguiente:

Los “**PLC**” (**Programable Logic Controllers**), por sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos que puede programar, el proveedor que lo suministra o programadores que laboran en su empresa y personalizará este equipo con funciones automáticas según sus necesidades de control. Un PLC es un cerebro electrónico que acciona a otros componentes de su maquinaria para que ejecuten acciones que pudieran ser peligrosas o muy lentas al hacerlas manualmente.

#### **3.2.8.1 Arquitectura de un PLC**

Estos dispositivos tienen una arquitectura de hardware muy parecida a un computador personal, sus componentes básicos son, la fuente de alimentación, unidad de procesamiento central (CPU), módulos de entrada/salida, módulos de memoria y

por último la unidad de programación. A continuación se explicaran más a fondo dichos componentes.

- **Fuente de alimentación**

La principal función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía eléctrica al CPU y demás tarjetas según sea la configuración del PLC. En los circuitos interiores de una fuente de alimentación se transforma la tensión alterna de la red de suministro eléctrico a una tensión continua, en niveles que garanticen el funcionamiento correcto del hardware del PLC.

- **Unidad de procesamiento central (CPU)**

Como su nombre lo indica se encarga de interpretar cada una de las instrucciones que tiene programado el PLC, este recibe las ordenes por medio de la consola de programación y el módulo de entradas y las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

- **Módulos de entrada/salida**

Son las tarjetas electrónicas que proporcionan el vínculo entre la CPU del PLC y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellas se origina el intercambio de información, ya sea con la finalidad de adquirir de datos, o para el mando o control de las máquinas presentes en el proceso, donde, los módulos de entrada son los encargados de recibir las señales que proceden de los sensores. La señal puede ser analógica o digital, Las señales analógicas son señales continuas (tensión, intensidad, resistencia) que pueden tomar cualquier valor, entre ciertos límites, y que serán transformados a valores digitales en función de la resolución del módulo en cuestión. Las señales digitales son señales binarias de tipo todo o nada y se utilizan en automática de eventos discretos.

Una vez que el PLC interpreta las órdenes que le llegan desde la CPU, las descodifica y las amplifica para enviarlas a los actuadores. La señal será analógica cuando se vaya a actuar sobre un dispositivo analógico (válvula modulante, un variador de velocidad) y digital pueden ser de 3 tipos, las cuales son, salida a

triac(corriente alterna), salida a relé (corriente alterna o continua) o a salida a transistor (corriente continua).

- **Módulos de memoria**

Son dispositivos electrónicos los cuales se pueden conectar en la CPU, destinados a guardar información de manera provisional o permanente. Se cuentan con dos tipos de memorias, volátiles (RAM) y no volátiles (EPROM Y EEPROM), según requieran o no de energía eléctrica para la conservación de la información. Las capacidades de memoria de estos módulos se diseñan para diferentes tamaños, las más típicas son: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 Kb, y más.

- **Unidad de programación**

Son denominados también terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina, a través de la escritura y lectura, con estos terminales podemos realizar la modificación, monitoreo, forzado, diagnóstico y la puesta a punto de los programas guardados en los PLC. Estos aparatos están constituidos por un teclado y un dispositivo de visualización, donde el teclado muestra todos los símbolos (números, letras, instrucciones, entre otros) necesarios para la escritura del programa y otras acciones anteriormente señaladas. El visualizador o pantalla pone a la vista todas las instrucciones programadas o registradas en la memoria.

### **3.2.8.2 Clasificación de los PLC**

Debido a la gran variedad de tipos de PLC, tanto en sus funciones, capacidad, aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías:

- **PLC tipo Nano:** es como un PLC de tipo compacto que puede manejar un conjunto reducido de E/S generalmente hasta 48 (ver figura 5). Permite manejar entradas/salidas digitales y analógicas, y algunos disponen de módulos especiales como entradas rápidas para detectar impulsos desde 100us, tienen también salidas especiales para generar impulsos que controlan

motores paso a paso o equipos que requieren impulsos de una frecuencia rápida, normalmente hasta 5 Hz.



**Figura 5.** PLC tipo Nano  
**Fuente:** Programación del PLC pág. 101.

Para la alimentación de sus entradas, ofrecen una tensión de 24Vcc y 250mA, para consumos mayores (detectores y fotocélulas principalmente) se implementa una fuente externa de mayor calibre.

- **PLC tipo Compacto:** tiene incorporado la Fuente de Alimentación, CPU y módulos de E/S en un solo módulo principal (ver figura 6) y permiten manejar desde unas pocas E/S hasta alrededor de 500, su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como: Entradas y salidas análogas, interfaces de operador, expansiones de E/S.



**Figura 6.** PLC tipo Compacto.  
**Fuente:** Programación del PLC pág. 102.

· **PLC tipo Modular:** estos PLC permiten una ampliación de sus posibilidades con los diferentes módulos que se necesiten, limitados principalmente en número, en función de las características del PLC o CPU (Unidad Central). Se componen de un chasis principal en el cual están alojados los módulos de ampliación (ver figura 7) que suelen ser de E/S digitales o analógicas, E/S combinadas, comunicaciones, conteo rápido, ejes, regulación, pesaje, funciones especiales.

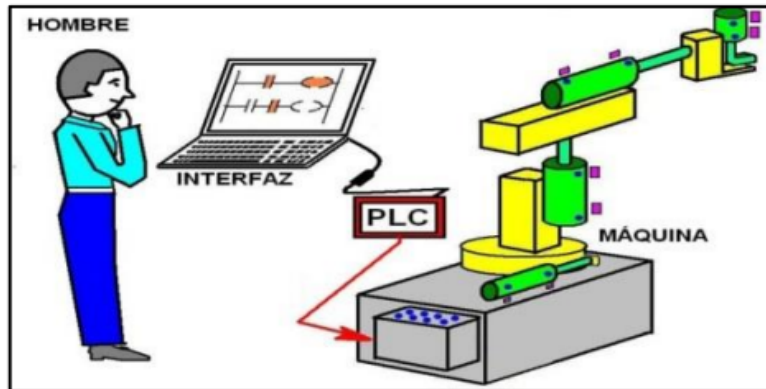


**Figura 7.** PLC tipo Modular.  
**Fuente:** Programación del PLC pág. 103.

### **3.2.10 Interfaz de usuario HMI (Interfaz Hombre Maquina)**

Por medio de esta se presentan los datos a un operador (humano), y este controla todo el proceso el cual se hace por medio de un ordenador (Ver figura 8). La interfaz de usuario dispone de dos medios que son:

- Ü **Entrada:** que permite al usuario manipular un sistema.
- Ü **Producto:** el cual reproduce las órdenes que el operario haya asignado al proceso.



**Figura 8.** Interfaz Hombre Máquina HMI

**Fuente:** <http://coparoman.blogspot.com/2013/05/15-medio-de-programacion-de-unrobot.html>

### 3.2.11 Pantallas HMI

Los sistemas Human Machine Interface (HMI). Es un dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina se están masificando cada vez más a nivel industrial. Esta tendencia se debe principalmente a la necesidad de tener un control más preciso y agudo de las variables de producción y de contar con información relevante de los distintos procesos en tiempo real.

Clasificación de la gama Simatic HMI Basic Paneles.

- KP300 básica mono.
- KTP400 básica mono.
- KTP600 básica mono.
- KTP600 color básica.
- KTP1000 color básica.

#### 3.2.11.1 Características del HMI

- HMI Basic funcionalidad para el entorno de PROFIBUS o PROFINET.
- Alternativa de bajo precio a los paneles de la serie 170.
- Puede ser utilizado en todo el mundo con 32 idiomas configurables (de las cuales 5 son en línea conmutable).
- Teclas configurables con retroalimentación táctil.

- Funcionalidad HMI básica (sistema de alarmas, gestión de recetas, funcionalidad de curvas de tendencia y cambio de idioma).
- Configuración con SIMATIC WinCC flexible y WinCC 11 BASIC.
- Se puede remplazar o añadir dispositivos de acuerdo al crecimiento del proceso en la industria.
- El cableado y la interconexión es muy baja que sustituyen sistemas cableados estos pueden ser: elementos físicos como botones, interruptores, equipos de relés, lámparas, led, por sistemas compactos.
- Es muy corto el sistema de implementación.

Las características de los HMI mencionado anteriormente se muestran en la tabla 1, y así de esta manera poder seleccionar correctamente qué HMI se utilizara para el trabajo de grado, se debe realizar una comparación de ciertas características como se realiza a continuación.

**Tabla 1.** Tabla de características principales de los HMI  
Fuente: Martins (2020)

Característica	HMI300	HMI600	HMI1500
Pantalla	3,7 pulgadas	5.7 pulgadas	5.7 pulgadas
Interfaz Profinet	No Disponible	Disponible	Disponible
Panel	Básico	Básico	Avanzado
Wincc	V.11	V.15	V.15
Precio	200\$	300\$	3600\$

En la tabla 1 se realiza la comparación de ciertas características que se han considerado más importantes para la escogencia del HMI para este trabajo de grado. Se debe decir que el HMI600 tiene unas características por encima de las otras opciones para ser elegido como el HMI de este trabajo de grado. En primer lugar, tiene una pantalla de 5.7 pulgadas lo cual permite que la representación de las pantallas creadas se vean en un tamaño conveniente y más fácil de manejar para el operador.

En segundo lugar, posee una interfaz Profinet la cual es esencial para poder realizar múltiples conexiones tanto como HMI o interfaces SCADA. No obstante, el factor determinante ha sido el precio. El HMI600 tiene un precio bastante accesible, y posee todas las características primordiales para el diseño automatización del trabajo de grado.

### **3.2.12 Software Estándar STEP 7 BASIC**

Los lenguajes de programación SIMATIC integrados en STEP 7 cumplen con la norma DIN EN 6.1131-3. El software estándar se ejecuta bajo los sistemas operativos MS Windows 2000 Professional (en adelante llamado Windows 2000) y MS Windows XP Professional (en adelante llamado Windows XP) y MS Windows Server 2003, estando adaptado a su funcionamiento gráfico y orientado a los objetos.

El software estándar le asiste en todas las fases de creación de soluciones de automatización, tales como:

- Crear y gestionar proyectos.
- Configurar y parametrizar el hardware y la comunicación.
- Gestionar símbolos.
- Crear programas.
- Cargar programas en sistemas de destino.
- Comprobar el sistema automatizado.
- Diagnosticar fallos de la instalación

El interface de usuario del software STEP 7 ha sido diseñado siguiendo los criterios ergonómicos más avanzados, lo que permite conocer rápidamente sus funciones. La documentación del software STEP 7 contiene la información completa en la Ayuda en pantalla y en los manuales electrónicos en formato PDF.

Este programa está compuesto por los siguientes elementos:

- **Barra de menús:** Permite ejecutar funciones utilizando el ratón o combinaciones de teclas. El menú Herramientas se puede personalizar agregando aplicaciones propias. Barras de herramientas: Permiten acceder

fácilmente con el ratón a las funciones de STEP 7-Micro/WIN 32 utilizadas con frecuencia. El contenido y el aspecto de cada una de las barras de herramientas se pueden personalizar.

- **Barra de navegación:** Incorpora grupos de botones para facilitar la programación: “Ver”: Seleccione esta categoría para visualizar los botones Bloque de programa, Tabla de símbolos, Tabla de estado, Bloque de datos, Bloque de sistema, Referencias cruzadas y Comunicación. "Herramientas": Seleccione esta categoría para visualizar los botones del Asistente de operaciones y del Asistente TD 200.
- **Árbol de operaciones:** Ofrece una vista en árbol de todos los objetos del proyecto y de todas las operaciones disponibles en el editor de programas actual (KOP, FUP o AWL). Para insertar unidades de organización del programa adicionales (UOP), en el área de proyectos del árbol, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta en cuestión. Asimismo, puede pulsar el botón derecho del ratón en una UOP individual para abrirla, cambiar su nombre, borrarla o editar su hoja de propiedades. Estando en el área de operaciones del árbol, puede hacer clic con el botón derecho del ratón en una carpeta o en una operación individual, con objeto de ocultar el árbol entero. Tras abrir una carpeta de operaciones, puede insertar operaciones en la ventana del editor de programas (sólo en KOP y FUP, no en AWL), haciendo doble clic en la operación en cuestión o utilizando el método de arrastrar y soltar.
- **Tabla de variables locales:** Contiene asignaciones hechas a las variables locales (es decir, a las variables utilizadas por las subrutinas y las rutinas de interrupción). Las variables creadas en la tabla de variables locales utilizan la memoria temporal. El sistema se encarga de gestionar la asignación de direcciones. Las variables locales sólo se pueden utilizar en la unidad de organización del programa (UOP) donde se hayan creado.

- **Editor de programas:** Contiene la tabla de variables locales y la vista del programa correspondiente al editor (KOP, FUP, o AWL) que se esté utilizando en el proyecto actual. En caso necesario, la barra de división se puede arrastrar para ampliar la vista del programa y cubrir la tabla de variables locales. Si se han creado subrutinas o rutinas de interrupción además del programa principal (OB1), aparecerán fichas en el lado inferior de la ventana del editor de programas. Para desplazarse entre las subrutinas, las rutinas de interrupción y el programa principal (OB1) puede hacer clic en la ficha en cuestión.

### 3.4 Definición de términos básicos

**Automatización:** Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.

**Controladores:** Dispositivos electrónicos con fin de lograr que una máquina o dispositivo funcione mediante mandos.

**Error:** es la diferencia entre la señal de referencia y la señal de salida real.

**Interfaz:** Es el mecanismo o herramienta que posibilita esta comunicación mediante la representación de un conjunto de objetos, iconos y elementos gráficos que vienen a funcionar como metáforas o símbolos de las acciones o tareas que el usuario puede realizar en la computadora.

**Planta:** es el elemento físico que se desea controlar y puede ser: un motor, un horno, un sistema de disparo, un tanque de combustible.

**PC:** solo envía y/o recibe señales digitales.

**PLC:** computador lógico programable.

**Proceso:** operación que conduce a un resultado determinado

**Programación:** la programación refiere a la acción de crear programas o aplicaciones, a través del desarrollo de un código fuente, el cual se basa en el conjunto de instrucciones que sigue el ordenador para ejecutar un programa.

**Transmisor:** es en conjunto un sensor que convierte el valor de una magnitud física, en una señal eléctrica normalizada sea esta digital o análoga; y un circuito de acondicionamiento que permite su manejo.

**Sensor:** es un dispositivo que convierte el valor de una magnitud física (presión, flujo, temperatura) en una señal eléctrica codificada ya sea en forma analógica o digital. También es llamado transductor.

**Señal análoga:** es la señal continua en el tiempo.

**Señal digital:** es una señal que solo toma valores de 0 y 1

**Señal de control:** es la señal que produce el controlador para modificar la variable controlada de tal forma que se disminuya o elimine el error.

**Señal de referencia:** es el valor que se desea alcanzar la señal de salida.

**Señal de salida:** es la variable que se desea controlar (posición, velocidad, presión, nivel etc.).

**Sistema:** conjunto de cosas ordenadas y relacionadas entre sí. Método o grupo de órganos que regulan una función.

**Software:** está compuesto por un conjunto de programas que son diseñados para cumplir una determinada función dentro de un sistema, ya sean estos realizados por parte de los usuarios o por las mismas corporaciones dedicadas a la informática.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Una vez formulado el problema, delimitado los objetivos y asumidas las bases teóricas que orientan el sentido de la investigación de manera precisa, para indicar el tipo de datos que se requiere indagar deben seleccionarse los distintos métodos y técnicas que posibiliten la obtención de información, para ello se elabora el Marco Metodológico, que según Balestrini, M (2004) “está referido al momento que alude al conjunto de procedimientos lógicos, tecnológicos, operacionales, implícitos en todo proceso de investigación”.

#### **4.1. Tipo de Investigación**

Con respecto al tipo de investigación, Tamayo, M (2003) expresa sobre la investigación descriptiva lo siguiente:

Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre como una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta.

En relación con lo expresado anteriormente, se dice que la presente investigación puede calificarse como documental – descriptiva, pues constituye un estudio sistemático de investigaciones previas ya comprobadas, y a su vez, se realiza bajo el esquema de un proyecto factible, cuyo enfoque se centra en la posibilidad de llevar teorías generales al ámbito práctico, y cuyo esfuerzo se destina a la implantación de propuestas, que pueden materializarse y brindar soluciones a problemas que se plantean en la sociedad.

Siguiendo el mismo orden de ideas el presente trabajo es un proyecto factible debido a que es una propuesta operativa que está ideada para la solución de un problema específico sustentada en una investigación para probar su pertinencia y viabilidad.

#### **4.2 Nivel de la Investigación**

El nivel de investigación se refiere según Arias, F (2012) “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno”. Así pues, el nivel de investigación establece hasta qué punto se llevará a cabo el estudio del tema o problema planteado. Tomando en cuenta el tipo de investigación, se conocerá el nivel en el cual se basa todo el estudio. También el nivel permite saber qué factores tienen que intervenir para el desarrollo de toda la investigación.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, el nivel de investigación que se emplea es Exploratoria, definido por el autor Arias, F(2012) como “la investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto es decir un nivel superficial de conocimientos.

Sin dejar de mencionar que dicha investigación también es descriptiva ya que, consiste en llegar a conocer las situaciones y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

#### **4.3 Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es el conjunto de directrices que toma el investigador con el fin de observar, analizar y plantear una solución de ser posible a la problemática objeto de la investigación. Según Palella, S yMartins, F (2012) definen como investigación de campo a:

La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente

natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta.

## **4.4 Población y Muestra**

### **4.4.1. Población**

La población es todo individuo de características considerables en las estadísticas de una investigación. Arias, F. (2012), realiza la siguiente definición:

“La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.” (pág. 81).

En la población del siguiente trabajo de grado se tomara de la empresa Plastienvases H.H, específicamente en el área del proceso de inyección polimérica junto a todos los elementos que la componen entre ella.

### **4.4.2. Muestra**

La muestra es todo aquel subconjunto considerado en una determinada población, a la cual se aplicará la posterior técnica de recolección de datos. Según Arias, F. (2012), expresa que: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. (pág. 83).

La muestra que se utilizara en el siguiente informe de pasantías es una sola máquina del proceso de inyección polimérica de la empresa Plastienvases H.H.

## **4.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de investigación son parte fundamental de la misma ya que son los medios por los cuales el investigador puede recolectar datos sobre la problemática en la que está trabajando, teniendo esto en cuenta Sabino (1992) lo define como:

“Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento

sintetiza en si toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto a las variables o conceptos utilizados”(p.149,150).

Y por técnica se va a anotar la definición que nos da el diccionario de metodología anteriormente citado, el cual establece que las técnicas de investigación son: “Conjunto de mecanismos, medios y sistemas de dirigir, recolectar, conservar, reelaborar y transmitir los datos sobre estos conceptos” (p.150).

#### **4.5.1. Técnicas empleadas**

##### **4.5.1.1. Revisión Documental**

La revisión documental es hacer una recopilación de información sobre textos e investigaciones generados por otros investigadores que tienen relación directa o indirecta con la problemática que es razón de estudio. Hurtado (2010) define este concepto como:

“... es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros como texto en sí mismo constituyen los eventos de estudio”(p.427).

##### **4.5.1.2. Observación directa**

La observación directa es el proceso en el cual el investigador recolecta datos directamente desde el medio ambiente del fenómeno a estudiar, por otro lado Hurtado (2010) la define como: "... un proceso de atención, recopilación, selección y registro de información para el cual el investigador se apoya en sus sentidos”(p.459).

#### **4.5.2. Instrumentos empleados**

##### **4.5.2.1. Instrumento de registro**

Permite poseer un soporte de la información en periodos de tiempo relativamente largos de modo que el investigador pueda recuperar la información cuando lo necesite.

#### **4.5.2.2. Instrumento de observación técnicamente asistida**

Principalmente se contara con el empleo de algún dispositivo de medición de variables físicas de interés presentes en la realización de todas las experiencias que tenga el investigador con el fenómeno a estudiar.

#### **4.6 Fases de la Investigación**

**Fase I:** Diagnostico de la situación actual del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H.

En esta fase se examinara detalladamente las condiciones actuales de la empresa con el objetivo de obtener información por parte de todos los elementos de estudios en la unidad de análisis (máquinas, ambiente físico, materia prima). Por otro lado también se evaluará el proceso actual de la empresa y se establecerá un diagnóstico más detallado del problema.

**Fase II:** Determinación de las variables del proceso de inyección polimérica de la empresa Plastienvases H.H.

Después de haber diagnosticado la situación actual del proceso de inyección polimérica de la empresa, se realizara una lista de variables en la cual se determinaran cuál de ellas son las más importantes para realizar un proceso óptimo, y así poder analizar todos datos obtenidos con el fin de determinar las variables del proceso y sus interacciones.

**Fase III:** Diseño de la automatización del sistema y control del proceso de inyección polimérica de la empresa Plastienvases H.H.

Mediante la información obtenida, se realiza la selección de para la automatización del diseño de la automatización del sistema y control del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H, en la cual este programa de se realizará en una programación escalera, mediante el software Step 7.

**Fase IV:** Estudio de factibilidad operativa, técnica, social y económica para la automatización del sistema de supervisión y control para el proceso de inyección poliméricade la empresa Plastienvases H.H.

En esta fase se evaluará el impacto económico del diseño de la automatización del sistema y control del proceso de inyección polimérica de la empresa Plastienvases H.H, y los beneficios que tendrá de la implementación de este sistema y si el mismo es factible o no.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

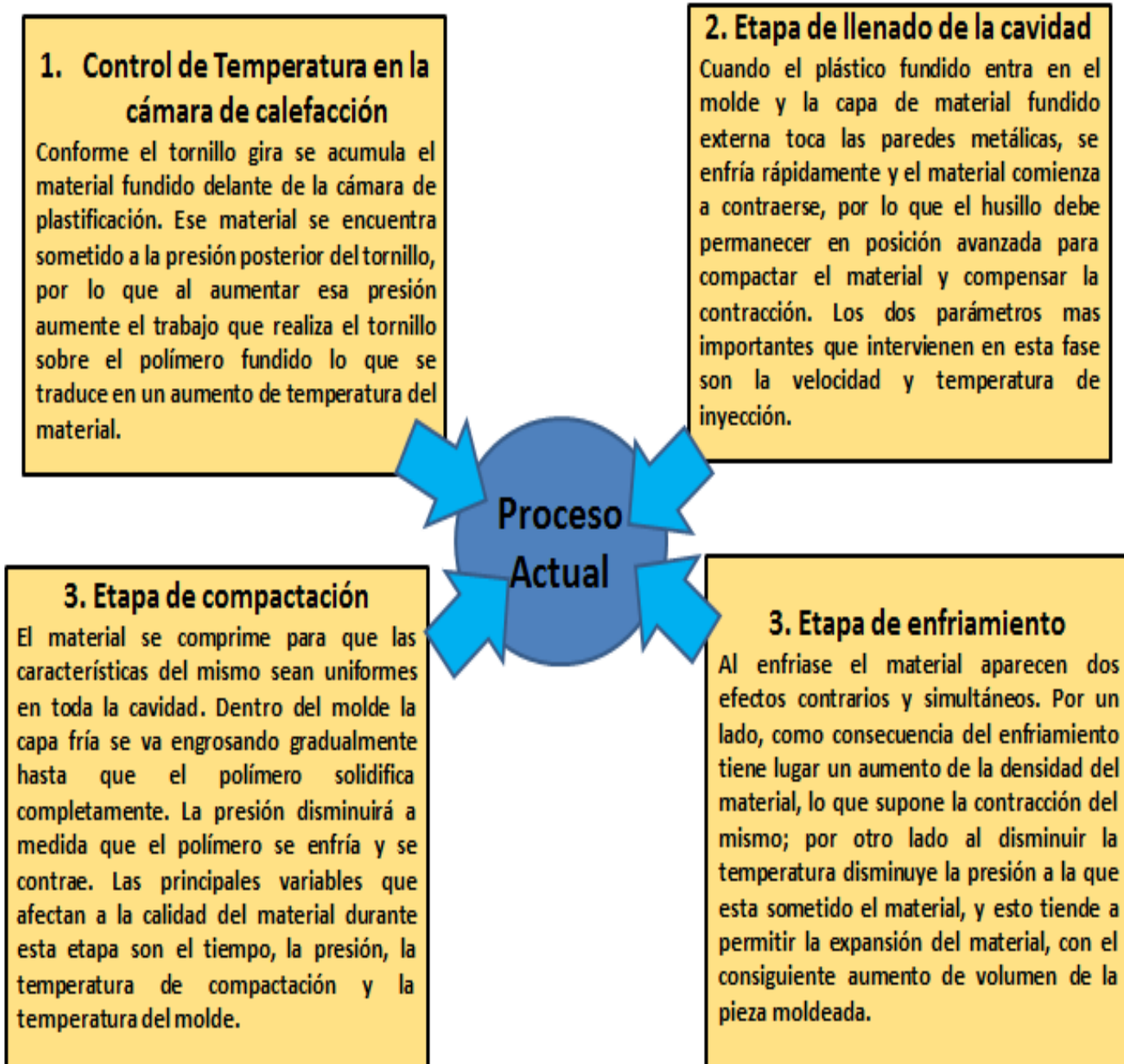
#### **5.1. Fase I: Diagnostico de la situación actual del proceso de inyección polimérica de la empresa Plastienvases H.H.**

##### **5.1.1 Observación directa.**

El sistema actual del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H, es aquel en donde la automatización en la máquina de inyección y el sistema de control es un tema prácticamente inexistente, este, se maneja de forma manual en donde se requiere una persona encargada de la supervisión, la cual realiza labores sobre la verificación los de indicadores de los parámetros, a parte de un monitoreo visual supervisando de manera directa el panel de control, lo cual es necesario que todos los parámetros trabajen adecuadamente para evitar daños en la máquina.

En la empresa Plastienvases H.H, actualmente el proceso de inyección, es quizás, el método de moldeo más característico de la industria de plásticos. Consiste básicamente en fundir un material plástico en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades de un molde en el que se enfría hasta una temperatura apta para que las piezas puedan ser extraídas sin deformarse. El proceso por inyección puede dividirse en dos fases: En la primera, tiene lugar la fusión del material, y, en la segunda, la inyección en el molde. En las máquinas convencionales el material de moldeo que tiene forma de gránulos, entra en el cilindro de calefacción a través de una tolva de alimentación situada en la parte posterior del cilindro. El material se calienta y se funde en el cilindro, al mismo tiempo que circula hacia la parte anterior de éste, gracias al movimiento rotatorio del tornillo de plastificación que se encuentra en el interior del cilindro. En la figura 7 se describen el proceso actual de la empresa Plastienvases H.H, en el cual el material pasa por diferentes etapas desde que entra a

cámara de plastificación hasta que se extrae la pieza del molde, y por otro lado del efecto de las principales variables sobre las propiedades de la pieza moldeada.



**Figura 9. Proceso actual de la empresa Plastienvases H.H**

Fuente: Martins M. (2020).

**Tabla 2. Diagnóstico del proceso de inyección de la Empresa Plastienvases H.H.**

	Características	Situación Actual			Diagnóstico
		Estado	Agente Causante	Consecuencia	
<b>Motor</b>	Franklin Electric Potencia 7.5 Hp Trifásico 26.4A/ 230 V/ 60Hz	Operativo	-	-	Amerita que el equipo tenga mayor potencia.
<b>Pirómetro</b>	Tipo TROTEC Serial T1304060007-0056	Operativo	-	-	Actualmente amerita que hayan dos o más equipos
<b>Husillo</b>	Largo: 3.0 m Thomson BSA Modelo: Lead and Ball Screws	Operativa	-	-	El equipo necesitamenten imiento
<b>Sensores de Temperatura</b>	Tipo 1: CXTE-3000 Tipo 2: CH402-8622F	Todas operativas	Años instalados en el sistema.	Podrán generarse problemas de operatividad de las mismas dentro depoco	Evaluar la posibilidad de sustitución de los sensores de temperatura
<b>Tolva</b>	Diámetro: 0.50 m Altura: 1.0 m	Actualmente en uso. Presenta pequeños fisuramientos en la parte baja de la tolva.	Exposición a agentes externos del medio ambiente	Fuga del material en la parte externa donde se encuentran las fisuras.	Reparar las fisuras
<b>Pistones</b>	Neumáticos DNC	Operativa	-	-	El equipo necesitamenten imiento

Fuente: Martins M. (2020).

## **5.2 Fase II: Determinación de las variables del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H.**

Una variable de proceso es una condición física o química del proceso que es de interés a medir y/o controlar ya que puede alterar el proceso de inyección de alguna manera. Existen cuatro variables fundamentales en el proceso de moldeo por inyección, de los cuales dependen tanto la calidad del artículo moldeado como la eficiencia con la producción del mismo. Estas variables son:

- Temperaturas
- Presiones
- Tiempos
- Velocidades

La mayoría de las dificultades que se presentan durante el ciclo de moldeo se corrigen ajustando estos cuatro parámetros, para así lograr un ciclo eficiente, el cual se define como: “el ciclo que permite obtener una pieza con la calidad deseada, en el menor tiempo posible, con el menor desgaste del equipo y el menor consumo de energía”.

### **5.2.1 Temperaturas**

Las temperaturas a controlar en el proceso son las siguientes:

#### **Temperaturas del Cilindro**

El cilindro de inyección está dividido en cuatro zonas de calentamiento: alimentación, plastificación, dosificación y boquilla. Cada una de ellas se controla de manera independiente. En la empresa Plastienvases H.H las temperaturas van a depender del procesamiento para los termoplásticos a utilizar el cual dependiendo del material se divide en distintos tipos de rangos. (Ver tabla 3)

**Tabla 3.** Rango de Temperatura de moldes para algunos termoplásticos

<b>Material</b>	<b>Rango de temperatura del Molde [C°]</b>
ABS	40-90
SAN	40-90

POM (acetal)	65-125
PMMA	80-105
PC	80-110
PS	10-40
PEAD	10-95
PVC rígido	10-65

Fuente: Empresa Plastienvases H.H

### 5.2.2 Presiones

Las presiones a considerar en el proceso son las siguientes:

#### Presión de compactación de Inyección

Es la presión ejercida por el tornillo durante la fase de compactación del material en la cavidad. También es generada por el cilindro hidráulico.

#### Presión de Inyección

Esta presión es la que ejerce el tornillo sobre el material previamente plastificado generando el llenado de la cavidad, o cavidades, del molde. La presión se origina por el accionamiento del cilindro hidráulico de inyección y su magnitud resulta proporcional al valor de la presión hidráulica en el cilindro, según la siguiente ecuación:

$$P_i = \frac{P_h \times d_h}{d}$$

$P_i$  = Presión de inyección  
 $P_h$  = Presión en el cilindro hidráulico  
 $d_h$  = Diámetro del pistón hidráulico  
 $d$  = diámetro del tornillo

Los valores nominales otorgados por la empresa Plastienvases H.H se pueden observar en la tabla 4.

**Tabla 4.** Valores de las Presiones para el proceso de Inyección.

<b>Factor</b>	<b>Valor</b>
Presión de Inyección	85 bar
Presión de Compactación	30 bar

Fuente: Empresa Plastienvases H.H

### 5.2.3 Tiempos

Los tiempos a controlar en el proceso son las siguientes:

- a) **Tiempo de cierre del molde:** durante el cual actúa el sistema de cierre, la máquina ejecuta el movimiento necesario y cierra el molde.
- b) **Tiempo de avance de la unidad de inyección:** durante el cual la unidad de inyección, que hasta ese momento se encuentra separada del molde, avanza hasta que la boquilla se posa sobre el bebedero del molde (punto de entrada al molde).
- c) **Tiempo de llenado o de inyección:** en el que el pistón o el husillo avanza realizando la inyección del material. En este tiempo el molde se llena con el polímero inyectado. El tiempo necesario para realizar la inyección depende del polímero empleado, de la temperatura que éste alcanza, de la velocidad de avance del husillo, del tamaño del molde y de los canales que ponen en comunicación el molde con el cilindro de inyección.
- d) **Tiempo de compactación:** (o tiempo de moldeo o de mantenimiento), durante el cual el molde permanece cerrado y el polímero comienza a enfriarse en el molde. Cuando el material comienza a enfriarse se contrae, por lo que para mantener la presión en el molde durante este periodo se suele introducir lentamente algo más de material dentro de la cavidad de moldeo, con objeto de compensar la contracción. Este periodo puede variar entre unos segundos y varios minutos. El peso final de la pieza, su estabilidad dimensional y las tensiones internas que pudieran aparecer dependen de cómo se realice esta etapa, que finaliza en el momento en el que el material que ocupa la entrada

del molde solidifica, de modo que el hecho de mantener la unidad de inyección en posición avanzada ya no contribuye a seguir manteniendo la presión en el interior del molde.

- e) **Tiempo de retroceso de la unidad de inyección:** Cuando la entrada a la cavidad solidifica la unidad de inyección retrocede y comienza el movimiento rotatorio del husillo para plastificar el material para la siguiente etapa, simultaneándose con la fase de enfriamiento, apertura del molde y extracción de la pieza y acelerando así el tiempo total de ciclo.
- f) **Tiempo de enfriamiento:** necesario para enfriar el polímero que ocupa las cavidades del molde. Generalmente se toma este tiempo desde que acaba la etapa de compactación hasta que se abre el molde.
- g) **Tiempo de apertura del molde:** durante el cual se abre el molde. Este tiempo viene a ser aproximadamente constante para cada máquina.
- h) **Tiempo de extracción de la pieza:** durante el cual se sacan las piezas moldeadas de las cavidades de moldeo.

**Tabla 5.** Tiempos para los procesos de Inyección

<b>Tiempos</b>	<b>Valor</b>
Tiempo de cierre del molde	2 s
Tiempo de avance de la unidad de inyección	10 s
Tiempo de llenado o de inyección	10s
Tiempo de compactación	9 s
Tiempo de retroceso de la unidad de inyección	10s
Tiempo de enfriamiento	20 s
Tiempo de apertura del molde	2 s
Tiempo de extracción de la pieza	10 s

Fuente: Empresa Plastienvases H.H

#### 5.2.4 Velocidades

Las velocidades son variables del proceso de inyección, pero estas mismas no son controladas ya que generalmente vienen proporcionada por los fabricantes y

principalmente determinada por la velocidad de avance del pistón o husillo por lo que esta característica de la máquina depende en especial del tipo de sistema hidráulico, sin embargo si algunas de estas variables llega a fallar en su desempeño es posible que haya una falla general al crear el material, por lo que es importante saber si trabajan dentro del rango de medición especificado por el fabricante.

**Velocidad de Inyección:**este valor es fijado hidráulicamente y consiste en la velocidad de desplazamiento del tornillo durante la inyección.

**Velocidad de Rotación del Tornillo:**se refiere al número de revoluciones por unidad de tiempo con que gira el tornillo durante la plastificación. De ésta depende la calidad y la velocidad de plastificación del material. Su valor debe ser ajustado en función de las características térmicas de cada material. (Observar tabla 6).

**Tabla 6.** Tiempos para los procesos de Inyección

<b>Tiempos</b>	<b>Valor (<math>cm^3/s</math>)</b>
Velocidad de Inyección	
Velocidad de Rotación del Tornillo	

Fuente:Empresa Plastienvases H.H

### **5.3 Fase III: Diseño de la automatización del sistema y control del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H.**

#### **5.3.1 Selección del Controlador Lógico Programable**

Para la selección del Controlador Lógico Programable (PLC) que resulte en un desempeño eficiente de la máquina, que mejore la calidad del producto y a su vez reduzca los costos de mantenimiento. Por lo que para este estudio de selección se realizó un costo-desempeño de un PLC Allen- Bradley en comparación con un PLC Siemens.

Las opciones a considerar son los siguientes controladores lógicos programables:

- Siemens: S7-300
- Allen-Bradley: MicroLogix1200

Estos PLC son capaces de cubrir las necesidades de la aplicación (número de entradas y salidas, etc.). La Tabla 7 muestra los costos de ambos controladores.

**Tabla 7.** Costo de las opciones de los PLC

<b>Controlador (PLC)</b>	<b>Costo (\$)</b>
<b>S7-300</b>	1000 \$
<b>MicroLogix 1200</b>	3000 \$

Fuente:Matins (2020)

Entonces entorno al diagnóstico anterior de cuál es el PLC más adecuado para el proyecto de investigación planteado, por el costo sea menor es el Siemens S7-300, este mismo a su vez reduce el tiempo de implementación de comunicación e integración.

Sin embargo también se deben considerar ciertas variables las cuales intervienen a lo largo de todo el proceso, dichas variables son de diferentes características ya que algunas de ellas son variables provenientes de señales digitales las cuales representan una variación discontinua con el tiempo y que sólo pueden tomar ciertos valores discretos. Su forma característica es ampliamente conocida, en donde, la señal básica es una onda cuadrada (pulsos) y las representaciones se realizan en el dominio del tiempo. Por su parte, también existen las señales analógicas las cuales tienen una gran diferencia de las señales digitales ya que este tipo de señal no es generada con la intervención del ser humano, sino que están representadas por magnitudes físicas tales como temperatura, luminosidad, humedad, fuerza, entre otros. Este tipo de señal son aquellas señales las cuales varían de forma continua a lo largo del tiempo y toman valores infinitos en un intervalo de tiempo finito. Este tipo de señal es muy utilizado para realizar el control de las diferentes magnitudes físicas mencionadas anteriormente.

Entonces se procede a evaluar la cantidad de variables de cada tipo, que son necesarias controlar para poder realizar la automatización del sistema de supervisión y

control para la optimización del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H. A continuación, se enumerarán la cantidad de variables digitales que intervienen a lo largo de todo el sistema de control del proceso de inyección.

- ✓ 3 entradas digitales provenientes de los relés térmicos instalados en los sistemas de seguridad de los motores.
- ✓ 1 entrada digital proveniente del sistema de parada de emergencia.
- ✓ 4 salidas digitales para el encendido y apagado del sistema de inyección
- ✓ 1 salida digital para indicar que el sistema se encuentra en funcionamiento.
- ✓ 1 salida digital para indicar que el sistema se ha detenido.
- ✓ 1 salida digital para activar una alarma.
- ✓ 1 salida digital para activar una alarma de falta de material de plástico.

Atendiendo a estas consideraciones, se concluye que en el sistema planteado existen un total de 4 entradas digitales y 8 salidas digitales, ahora se procede conocer la cantidad de variables analógicas que se deben controlar en el sistema planteado, las cuales se enumeraran a continuación.

Ø 1 entrada analógica proveniente de un sensor de temperatura en este caso el pirómetro principal.

Ø 2 entrada analógica proveniente del sensor de presión que controla la presión de inyección del material y la presión de compactación de inyección.

Ø 2 entrada analógica proveniente de un sensor de frecuencia para verificar las velocidades de inyección y rotación del tornillo.

Con respecto a la numeración de las señales analógicas que se deben controlar a lo largo de todo el proceso, se tiene un total de 5 entradas analógicas las cuales son de suma importancia ya que estas señales analógicas serán las encargadas de llevar el control para el sistema de inyección de plástico en los distintos procesos que conforman este sistema automatizado.

Una vez ya es conocido el número exacto de variables de entrada y de salida, tanto digital como analógicas, es posible diagnosticar cual es el PLC, más adecuado para el sistema ha automatizar, y la opción más viable a utilizar es el SIEMENS S7-

300, ya que este PLC ofrece una gran cantidad de funciones útiles que será requeridas en el sistema ha automatizar.

### 5.3.1.1 PLC Simatic S7-300

Este autómata de SIEMENS ideado especialmente para aumentar la cadencia y disminuir sensiblemente los tiempos de ciclo, respuesta y aumentar la calidad del proceso, opera más allá de los límites de prestaciones anteriores, asegurando la adquisición y tratamiento de señales (analógicas o digitales) a cualquier velocidad y en cualquier forma en que se presenten, de allí que es ideal para usarlo en maquinarias de embalaje y en máquinas herramientas, sector agroalimentario o en industria química o farmacéutica. Posee una CPU cuya velocidad es 100 veces mayor a las convencionales (la más potente de sus 5 CPU no necesita más de 0,3 ms para ejecutar 1024 instrucciones binarias y no mucho más al procesar palabras), una Memoria de programa de 16K instrucciones de capacidad máxima, 1024 entradas y salidas digitales y 32 módulos dentro de un solo sistema (para tareas especiales se ofrecen módulos específicos), alta potencia de cálculo con hasta aritmética de 32 bits en coma flotante e interfaces multipunto o puerto MPI. Pequeño, extremadamente rápido y universal son las características más importantes de éste PLC, además de su modularidad, sus numerosos módulos de extensión, su comunicabilidad por bus, sus funcionalidades integradas de visualización y operación así como su lenguaje de programación bajo entorno Windows 7, 32 BIT.

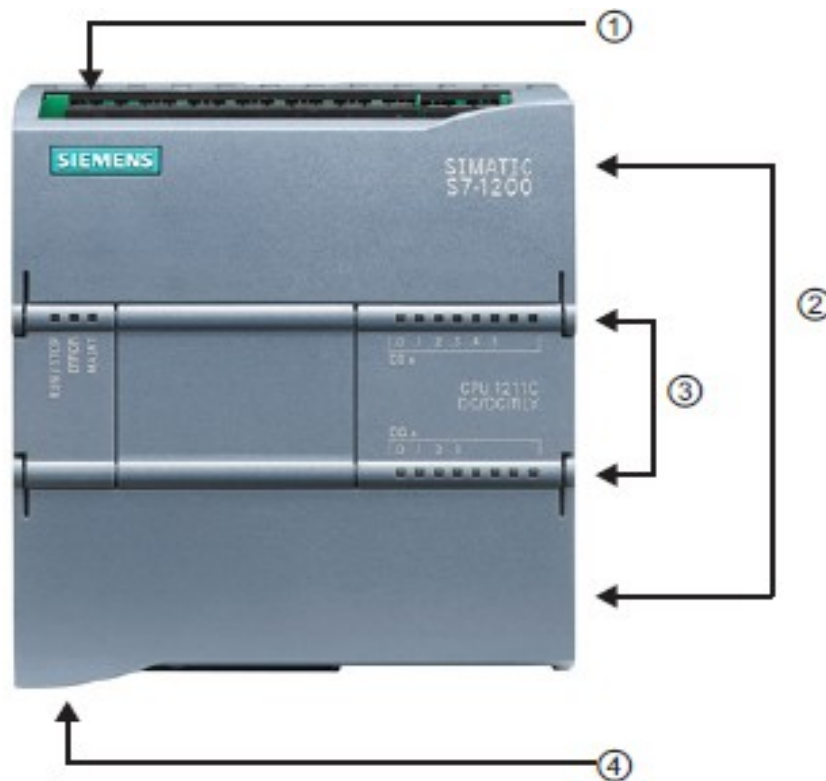


**Figura 10.** PLC S7 300

**Fuente:** <http://dSPACE.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-300 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC.

Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.



**Figura 11.**Partes del PLC S7-300

Fuente:<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>

En la tabla 8 se muestra la descripción de las partes de un PLC S7-300. (Ver figura 11).

**Tabla 8.** Descripción de la parte de un PLC S7-300

Fuente: Martins (2020)

#	Descripción
1.	Conector de Corrientes.
2.	Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas).
2.	Ranura para MemoryCard (debajo de la tapa superior).
3.	Leds de estado para las E/S integradas
4.	Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU).

El PLC Simatic S7-300 consta de los siguientes componentes:

- Unidad central de procesamiento (CPU), que constituye el "cerebro" del sistema y toma decisiones en base a la aplicación programada.
- Módulos para señales digitales y analógicas.
- Procesadores de comunicación (CP) para facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina o entre máquinas. Se tiene procesadores de comunicación para conexión a redes y para conexión punto a punto.
- Módulos de función (FM) para operaciones de cálculo rápido.
- Módulos de suministro de energía.
- Módulos de interfaces para conexión de racks múltiples en configuración multi-hilera.

En los módulos de entradas pueden ser conectados:

- Sensores inductivos, capacitivos, ópticos.
- Interruptores.
- Pulsadores.
- Llaves.
- Detectores de proximidad.
- Sensores de movimiento.

En los módulos de salidas pueden ser conectados:

- Contactores.
- Electroválvulas.
- Variadores de velocidad.
- Alarmas.

### **5.3.1.2 Tamaño del PLC S7-300**

El tamaño de la CPU (independientemente del modelo) es de 80 mm de largo, 125 mm de alto y 130 mm de profundidad. En cuanto a los módulos, sus medidas son 40 mm x 125 mm x 130 mm, respectivamente. Además, el S7-300 requiere una alimentación de 24 VDC. Por ésta razón, los módulos (fuentes) de alimentación de carga transforman la tensión de alimentación de 115/230 VAC en una tensión de 24 VDC. Los módulos de alimentación se montan a la izquierda junto a la CPU.

### **5.3.1.3 Ventajas del PLC S7-300**

- Poco espacio de ocupación.
- Elaboración de proyectos en menor tiempo.
- Posibilidad de modificación sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Economía en su mantenimiento.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo PLC.
- Tiempo mínimo de puesto en marcha.
- Instalación rápida y sencilla para el cliente.
- Transmisión de velocidad de hasta 45 Megabits por segundo.
- Tecnología de banda ancha.
- Alimentación única, voz y datos
- Sin necesidad de cableado adicional ni obras.
- Conexión de equipo.

### **5.3.2 Descripción de la programación**

La programación, es la acción de ordenar y estructurar una serie acciones de forma cronológica para cumplir un objetivo, en el caso de un proyecto de automatización, la programación es en la cargada de controlar todos los procesos que

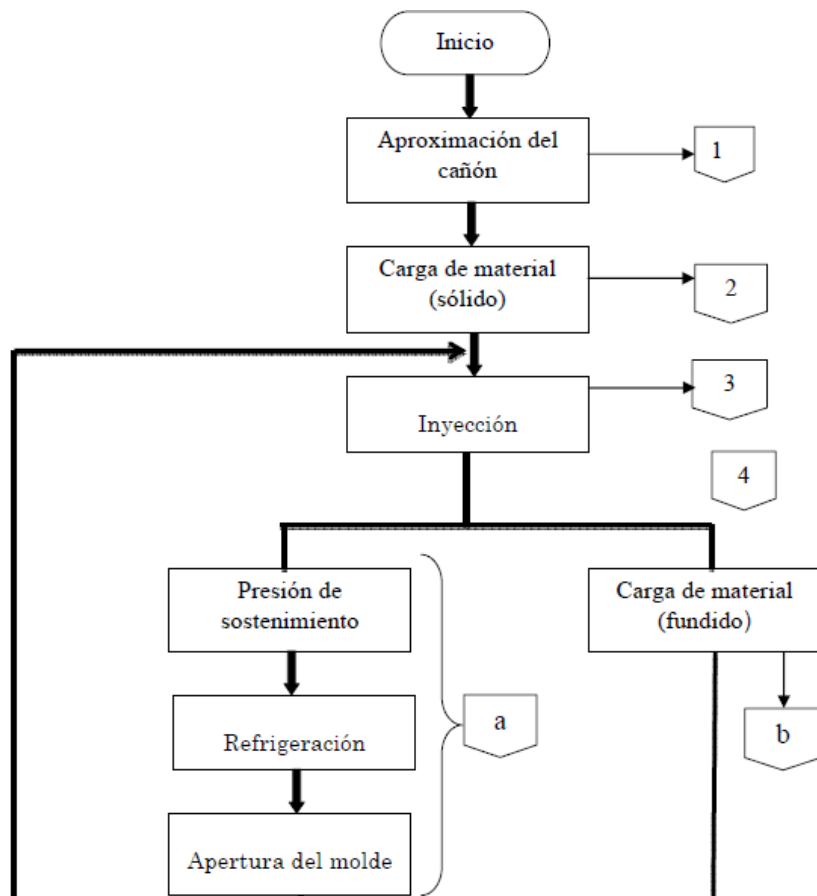
requieran, para realizar esto existen una gran variedad de lenguajes de programación, sin embargo, debido a su simplicidad para entender e interpretar sus instrucciones, el lenguaje de programación más utilizado para realizar la acción de automatizar un proceso es Ladder (KOP), también llamado diagrama de escalera o diagrama de contactos, este lenguaje de programación gráfico es muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

Por lo tanto la propuesta de automatización consiste en la elaboración de un programa en ambiente escalera en Step 7 que permitirá controlar el proceso de inyección de plástico permitiendo que este sea completamente automático. Por lo tanto se diseñó un diagrama de flujo el cual explica las fases del ciclo de inyección de la propuesta en este informe de pasantías. (Ver figura 12 y 13).

El ciclo funciona de la siguiente manera:

- 1) El cañón se aproxima ceca de la tolva dealimentación.
- 2) El cañón comienza a cargar el material plástico en estado sólido (gránulos) para fundirlo a una temperatura adecuada según el tipo de plástico que se ocupe, por medio de las resistencias que se encuentran a lo largo delbarril.
- 3) Empieza la etapa de inyección que consiste en inyectar al molde la cantidad adecuada de plástico por medio de válvulas que accionan el cilindro hidráulico de inyección, donde son importantes las presiones para una buena consistencia en elplástico.
- 4) En esta parte el proceso realiza dos atapas al mismotiempo:
  - a) Se mantiene una presión de sostenimiento para mantener el plástico en el molde y que no regrese al barril, después entra una etapa de refrigeración regulada por temporizadores para bajar la temperatura del plástico moldeado por medio de una torre de refrigeración y finalmente se abre el molde para expulsar lapieza.

- b) Mientras ocurren las últimas etapas para la formación de la pieza moldeada, el cañón regresa para cargar el material, ya en estado fundido.
- 5) El ciclo empieza nuevamente según las piezas que se hayan introducido en el contador. Esta etapa queda inhabilitada cuando se tiene la última pieza.
  - 6) El ciclo de inyección requiere de ciertos ajustes según el tipo de material con el que se va a trabajar.
  - 7) La secuencia es la misma sin importar el material o el tamaño de la pieza con el que se trabaje, lo que cambia son los valores de operación: temperatura, presión y tiempos.



**Figura 12.** Diagrama de proceso del ciclo de inyección parte 1  
Fuente: Martins (2020)

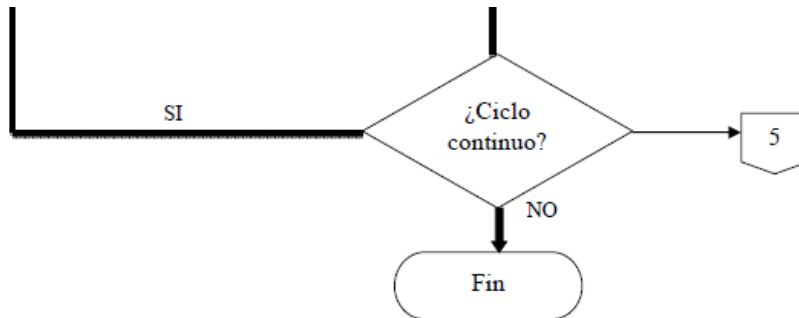


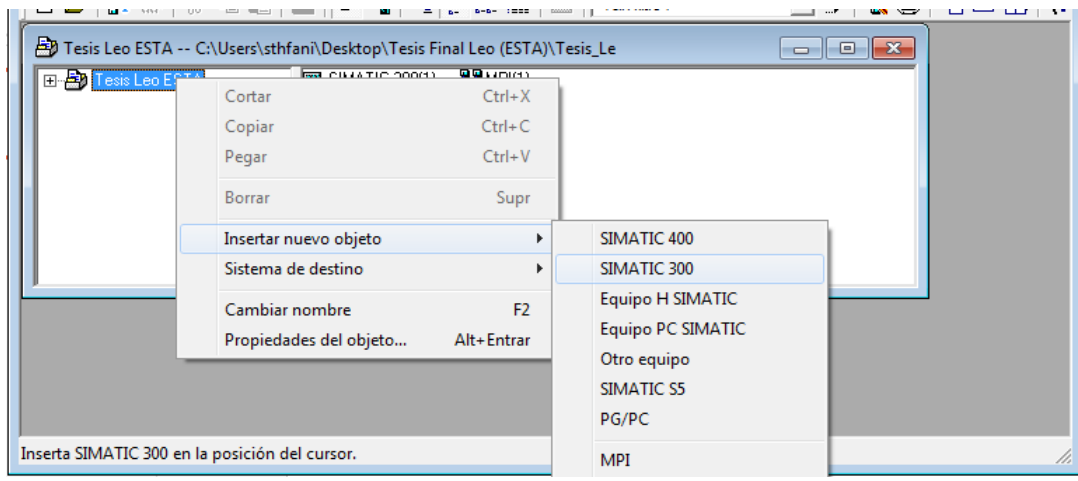
Figura 3.10 Fases del ciclo de inyección.

**Figura 13.** Diagrama de proceso del ciclo de inyección parte 2  
Fuente: Martins (2020)

### 5.3.2.1 Crear un proyecto en Step 7

Al crear el equipo se define el sistema de automatización. Para el trabajado de grado se utilizó el SIMATIC 300 el cual es defino como PLC Simatic S7-300, el cual este fue explicado y escogido en el apartado 5.3.1

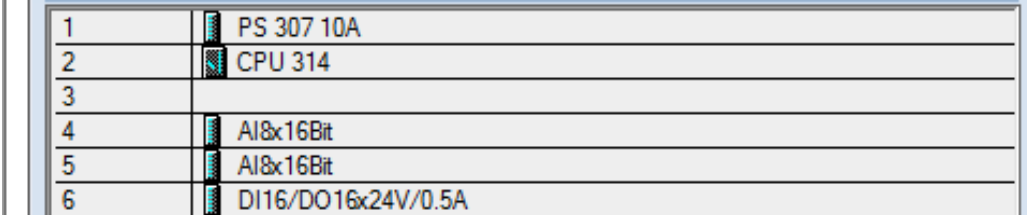
En la figura 14 se puede observar que después de crear la estructura y la carpeta para el proyecto, se procede al crear el equipo el cual es aquel en donde se inserta el PLC Simatic 300, dándole clic izquierdo insertar nuevo objeto y luego clic en Simatic 300.



**Figura 14.** Crear el equipo Simatic 300.  
Fuente: Martins (2020)

- **Configurar el hardware**

Al configurar el hardware se define en una tabla de configuración qué módulos se utilizarán para la solución de automatización y a través de qué direcciones se accederá a los módulos desde el programa de usuario. Además, las propiedades de los módulos se pueden ajustar mediante parámetros. Se configura el hardware primeramente hay que insertar el bastidor, el cual es el modulo principal que se utiliza para insertar todas las demás variables. En el proyecto se utilizó una CPU-314, la cual tiene una memoria de trabajo de 192 KB, se insertó dos módulos de entradas analógicas, módulo de entrada y salidas digitales y por último también se insertó una fuente PS 307 10A. (Ver figura 15).



1	PS 307 10A
2	CPU 314
3	
4	AI8x16Bit
5	AI8x16Bit
6	DI16/DO16x24V/0.5A

**Figura 15.** Insertar bastidor

Fuente: Martins (2020)

### 5.3.2.1 Descripción de la Programación

Para el programa de automatización se creó únicamente un OB1 que se encuentra en el Main principal, donde se verá la automatización para el sistema de control para el de supervisión y control para el proceso de inyección de la EmpresaPlastienvases H.H. Antes de realizar la descripción de cada segmento que comprende el programa es importante definir las variables del programa utilizadas.

- **Definir Símbolos**

En lugar de utilizar direcciones absolutas es posible definir símbolos locales o globales en una tabla de símbolos, empleando nombres autoexplicativos que se utilizarán luego en el programa. Por lo que es necesario realizar el conteo de entradas y salidas. (Observar tabla 9).

**Tabla 9.** Entradas y Salidas del Proceso de Inyección de Plástico

Tipo de Dato	Descripción
Entrada Digital	Botón de Encendido
	Sensor molde cerrado
	Término de carrera ( Husillo)
	Botador retraído
Salida Digital	Bobina de apagado
	Cañón avanza
	Molde abre
	Molde cierra
Entrada Analógica	Entrada de temperatura
	Entrada de presión 1
	Entrada de presión 2

Fuente: Martins (2020)

En la figura 16 se observa los símbolos que se usaron en el programa de automatización para el proceso de inyección.

Estado	Símbolo	Direcció	Tipo de dato	Comentario
	STOP	E 0.1	BOOL	Parada del Sistema
	Sensor1	E 0.2	BOOL	Sensor de Posicion
	Para de Emergencia	E 0.3	BOOL	Parada de emergencia, boton fisico del sistema
	Termico	E 0.4	BOOL	Proteccion Termica del motor
	Avanze de Papel	E 0.5	BOOL	Se mueven los rodillos
	Sensor	E 1.2	BOOL	Sensor de nivel bajo
	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
	START MARCA	M 3.0	BOOL	
	STOP Marca	M 3.1	BOOL	
	MARCA Automatico	M 3.4	BOOL	
	MARCA Manual	M 3.5	BOOL	
	MARCA PERRLADO	M 140.0	BOOL	
	MARCA TRANSPAR	M 140.1	BOOL	
	Marca A	M 150.0	BOOL	Automatico
	Transparente	M 150.3	BOOL	
	Pinyección	M 500.0	BOOL	Presión de inyección del tornillo
	Pcompactación	M 500.1	BOOL	Presión de compactación
	TPVC	M 500.2	BOOL	Temperatura para el plastico PVC Rigido
	TtransparenteM	M 500.3	BOOL	Temperatura para las Mordazas PT
	SP1	MD 40	REAL	
	SP2	MD 60	REAL	
	ST1	MD 80	REAL	
	VARFREC	MD 100	REAL	
	Sensor de Presión	MW 0	WORD	Presión Real de Inyección
	Sensor de Presión 2	MW 4	WORD	Presión Real de Compactación
	Sensor de Temperat...	MW 8	WORD	Temperatura Real

**Figura 16.** Símbolos del programa de automatización

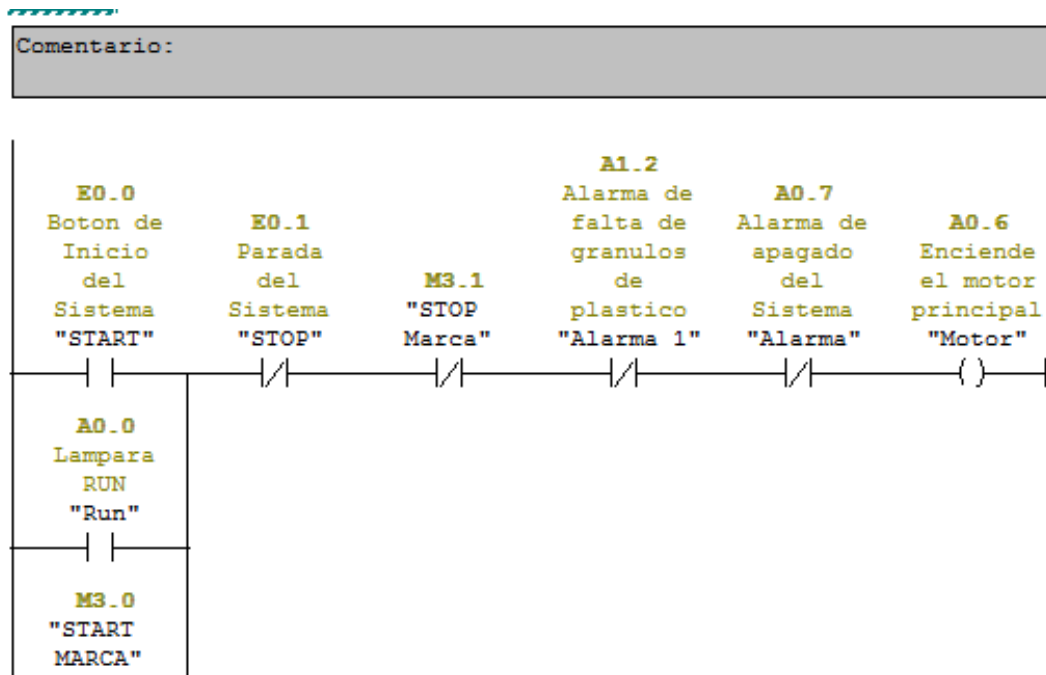
Fuente: Martins (2020)

· **Bloques del proyecto**

En un proyecto de gran envergadura, se deben controlar una gran cantidad de variables de entradas y de salidas, para que se pueda tener un proyecto organizado y que se pueda comprender al momento de realizar una modificación, se dispone de diferentes herramientas con las cuales se puede ordenar un proyecto, en el presente trabajo de investigación se presenta un proyecto el cual está organizado en diferentes bloques tales como, bloques de organización (OB), así como de diferentes bloques de función (FB), funciones (FC) y por último bloques de datos (DB), cada uno de estos bloques son de gran importancia para cumplir cada uno de los requerimientos del sistema a automatizar. A continuación se nombrarán los diferentes bloques y funciones que conforman el proyecto.

· **OB principal**

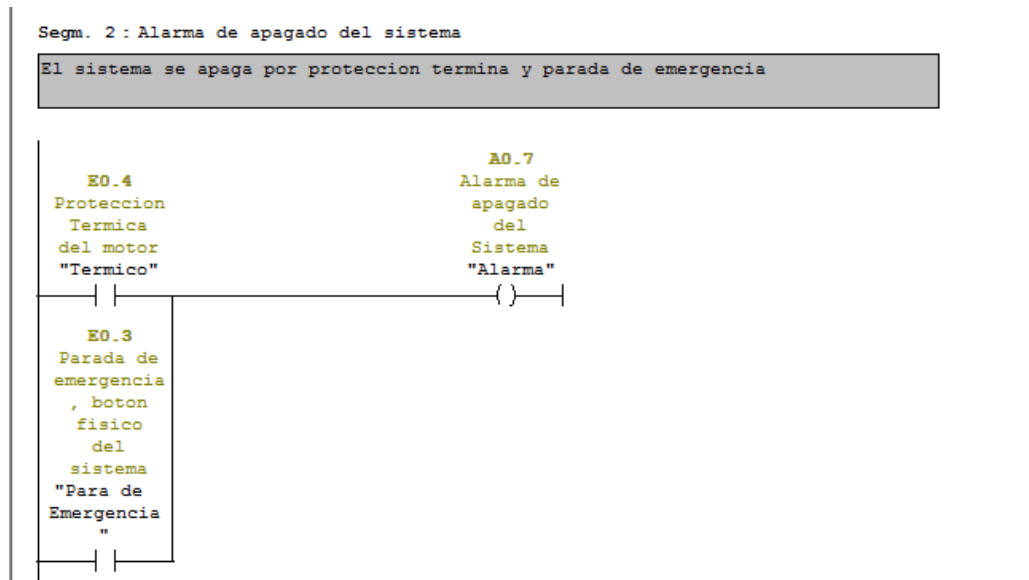
Para el OB principal primero se realizó el inicio del sistema con el botón START y dando de una salida para encender el motor principal de la máquina, y abriendo el sistema si se activa la entrada del STOP. ( Ver figura 17).



**Figura 17. Inicio del Sistema**

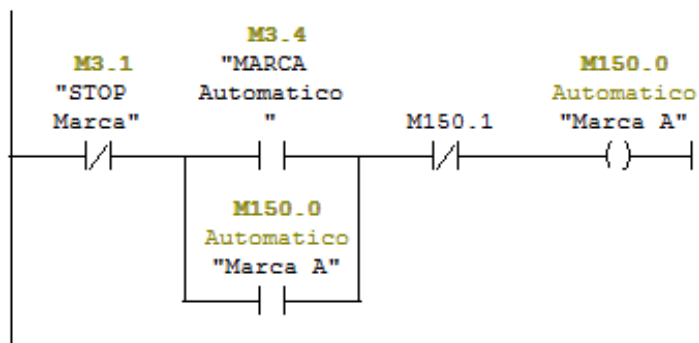
Fuente: Martins (2020)

En la figura 18 se puede observar la alarma de apagado del sistema, la cual se activa si la protección térmica se abre o bien si hay una parada de emergencia por el botón STOP.



**Figura 18.** Alarma de Apagado del sistema  
Fuente: Martins (2020)

En la figura 19 se puede observar el sistema en automático ya que cuenta con automático y manual. Para activar el sistema automático es necesario activar la marca M150.



**Figura 19.** Sistema Automático  
Fuente: Martins (2020)

En la figura 20 se puede observar si se activa el sensor para falta de gránulos de plástico por falta de materia prima.

Segm. 8 : Sensor de nivel bajo de granulos de plastico

```
Si el sensor se activa nivel en la toval no hay material para realizar el
proceso
de inyección
```



**Figura 20.** Sensor por falta de gránulos de plástico

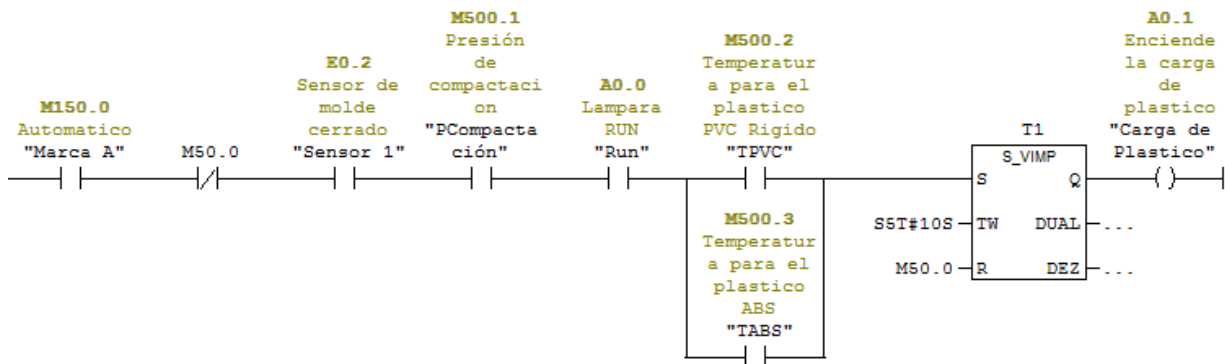
Fuente: Martins (2020)

Primeramente para dar inicio a lo que es el clico de proceso de inyección. Se tiene que cumplir ciertas condiciones primordiales.

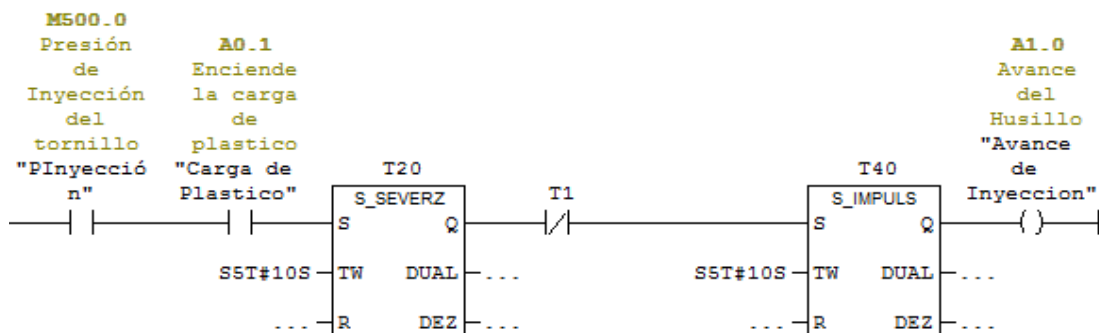
- 1) Sensor de Molde cerrado.
- 2) Presión de compactación entre los parámetros indicado por la empresa.
- 3) Marca de sistema automático en activo.
- 4) Activación de Lámpara Run el sistema funciona de la forma idónea.
- 5) Temperatura de plástico entre los parámetros establecidos siendo esta PVC o ABS.

Si todas las condiciones nombradas anteriormente están funcionando, enciende la carga de plástico, cabe destacar que tiene que haber gránulos de plástico para que esto sea efectivo. (Ver figura 21).

Siguiendo este orden de ideas, luego de la carga del material se hace el avance del husillo en este caso la única condición que debe cumplir es que se encuentre entre los parámetros de presión para este proceso de inyección. (Ver figura 22).

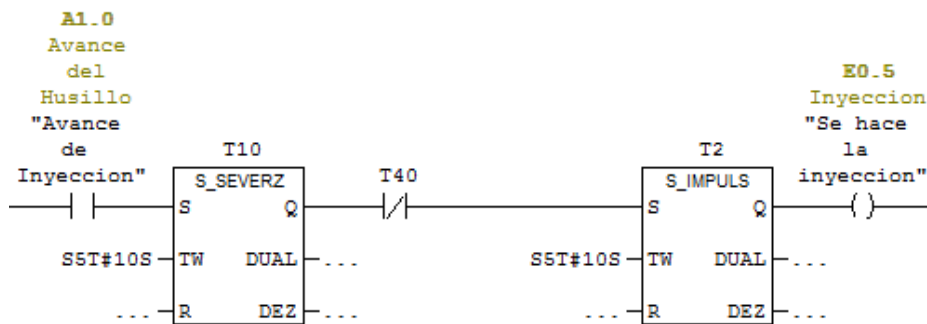


**Figura 21.** Enciende el sistema si hay gránulos de plástico  
Fuente: Martins (2020)



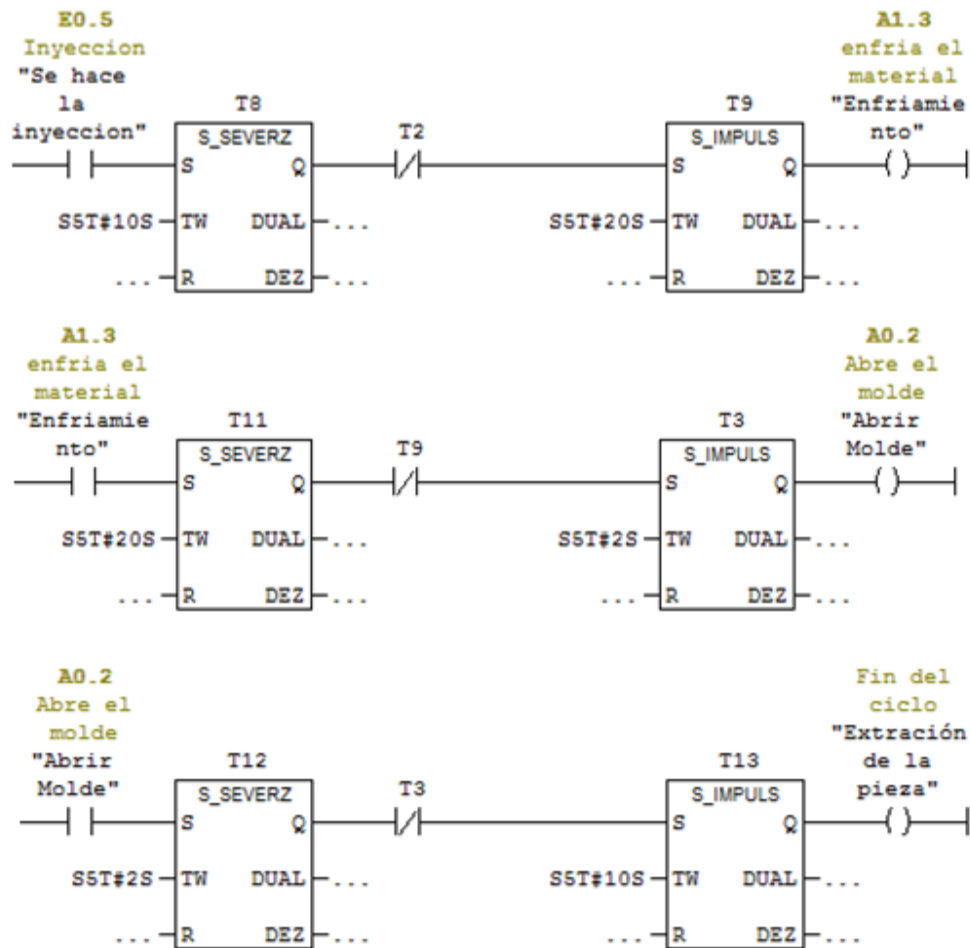
**Figura 22.** Avance del Husillo  
Fuente: Martins (2020)

Luego que se realiza el avance del husillo, viene la inyección del material el cual esta dura 10s, según los parámetros otorgados por la empresa. (Ver figura 23).



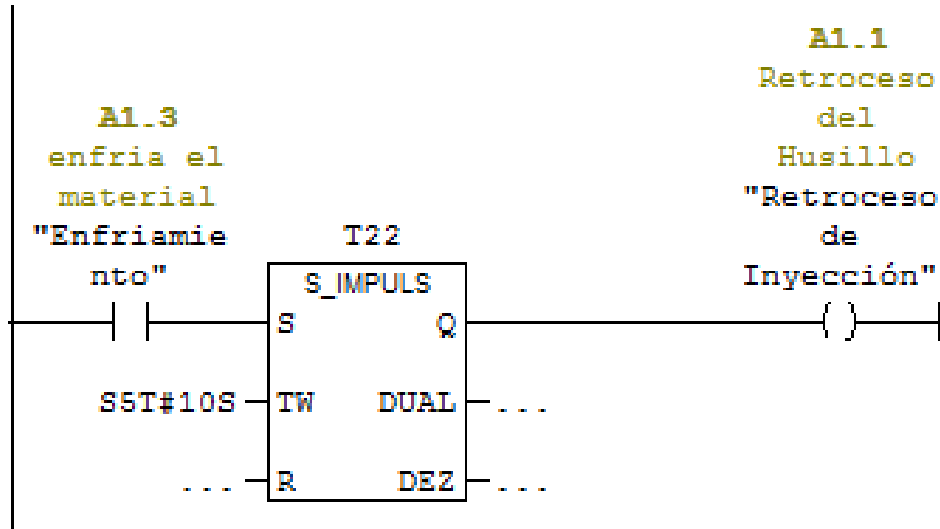
**Figura 23.** Inyección de Plástico  
Fuente: Martins (2020)

Seguidamente se sigue con el proceso de inyección el cual después de haber terminado la fase anterior, sigue el enfriamiento del material siendo este unos 20s, luego se abre el molde y finalmente se hace la extracción de la pieza final, terminando así el ciclo del proceso de inyección. (Observar figura 24).



**Figura 24.** Procesos de Enfriamiento y Extracción de la Pieza  
Fuente: Martins (2020)

Por otra parte al realizar el proceso de enfriamiento y extracción de la pieza, paralelamente se realiza el retroceso del husillo. (Ver figura 25). Y por último se realiza un conteo sobre las piezas de producción cuando se activa la extracción de la misma. (Ver figura 26).

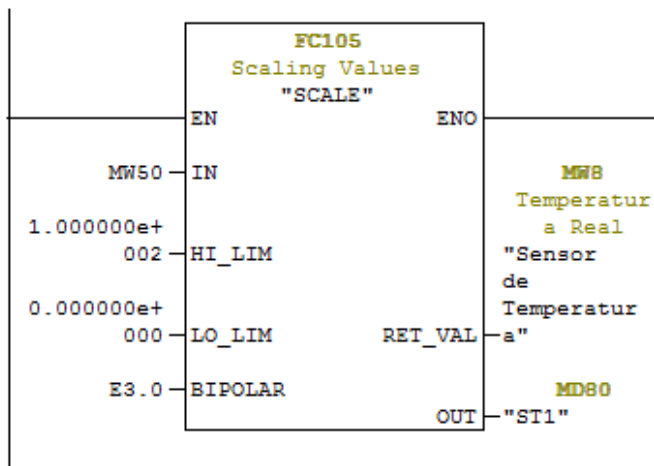


**Figura 25.** Retroceso del Husillo  
Fuente: Martins (2020)



**Figura 26.** Contador de Piezas  
Fuente: Martins (2020)

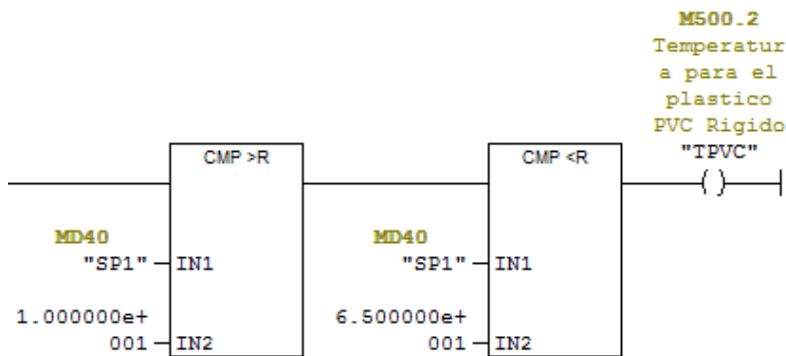
Como fue explicado anteriormente en el programa se manejan 3 señales analógicas, 2 señales para las presiones y 1 señal para la temperatura de las resistencias. Estas señales fueron manejadas con la función FC 105 que realizar el escalamiento de las mismas. (Ver figura 27).



**Figura 27.** Función de escalamiento para las señales analógicas.  
Fuente: Martins (2020)

egm. 23 : Temperatura para el plastico

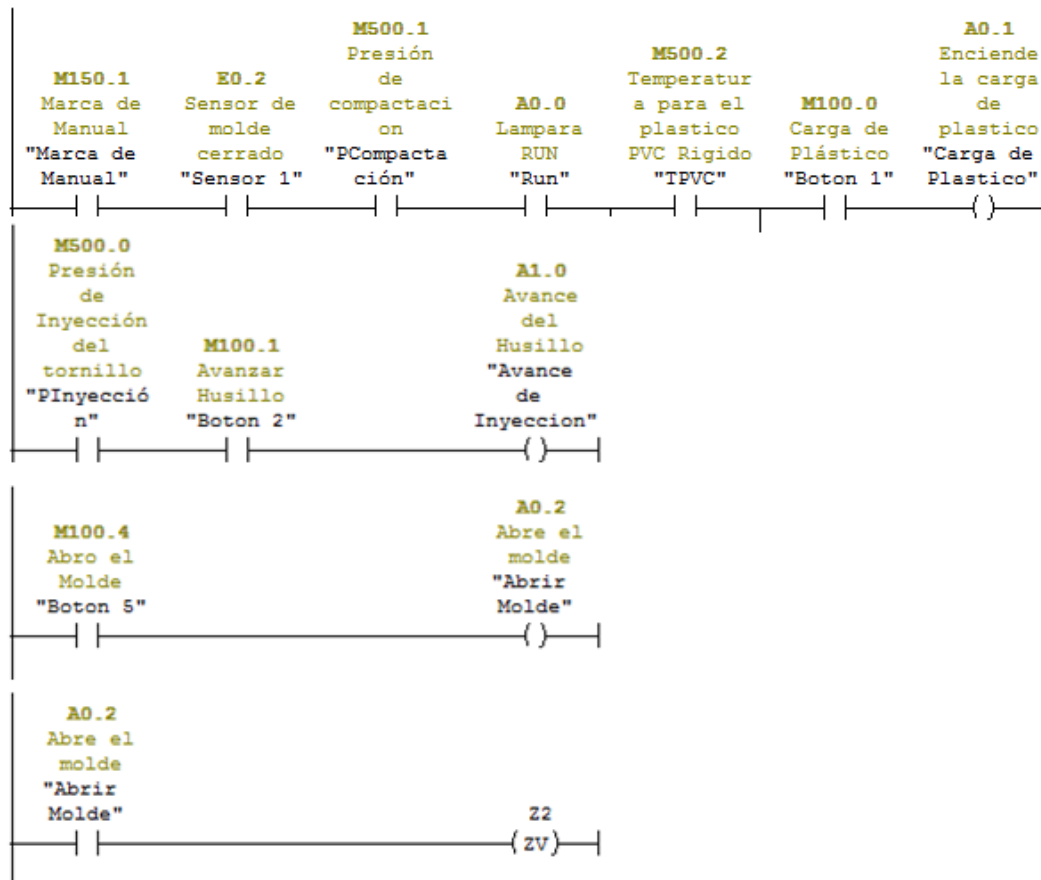
Condición por temperatura para el plastico PVC rigido (10, 65)



**Figura 28.** Temperatura para PVC  
Fuente: Martins (2020)

Por ultimo en la figura 28 se puede observar una condición de temperatura para que se active el proceso de inyección, y si el material es PVC y se encuentra dentro de los rangos ya previstos.

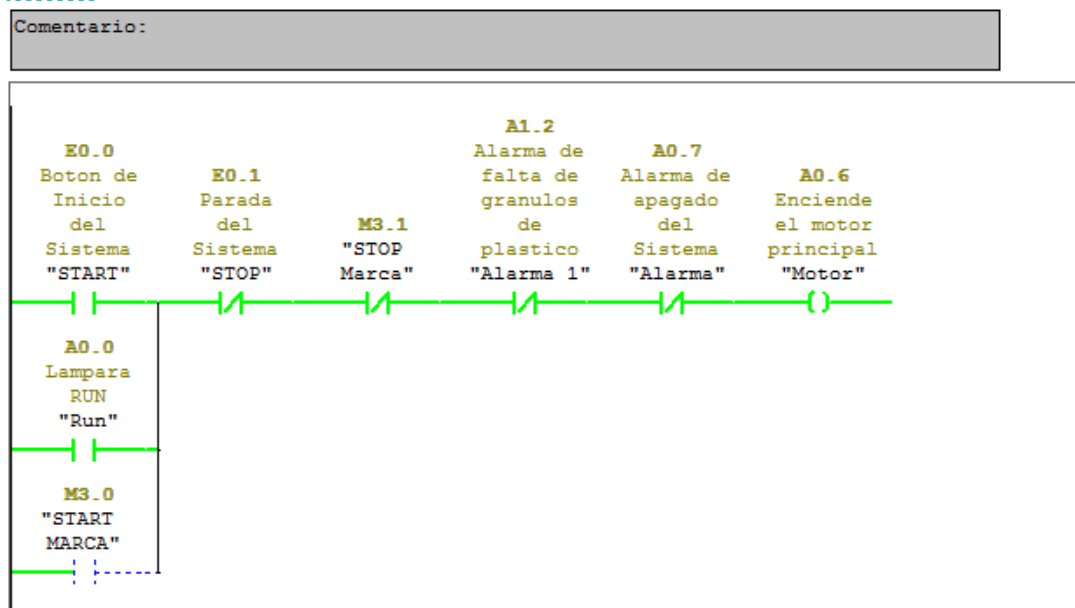
Para el sistema manual se tiene que activar la marca M 150.1 y cumplir con las mismas condiciones explicadas anteriormente, lo único que se agregaron 4 botones para dar las salidas al sistema manualmente. (Observar figura 29).



**Figura 29.** Sistema Manual  
Fuente: Martins (2020)

### 5.3.2.2 Simulación de la programación

Para realizar la simulación del programa, como fue explicado anteriormente su descripción utilizamos el simulador PLC SIM el cual le damos run y nos ejecuta el lenguaje de programación. En la figura 30 se observar hacer la ejecución que al presionar la entrada E 0.0 en nuestro caso el botón de START el actica la salida dando a encender el motor principal de la máquina de inyección.



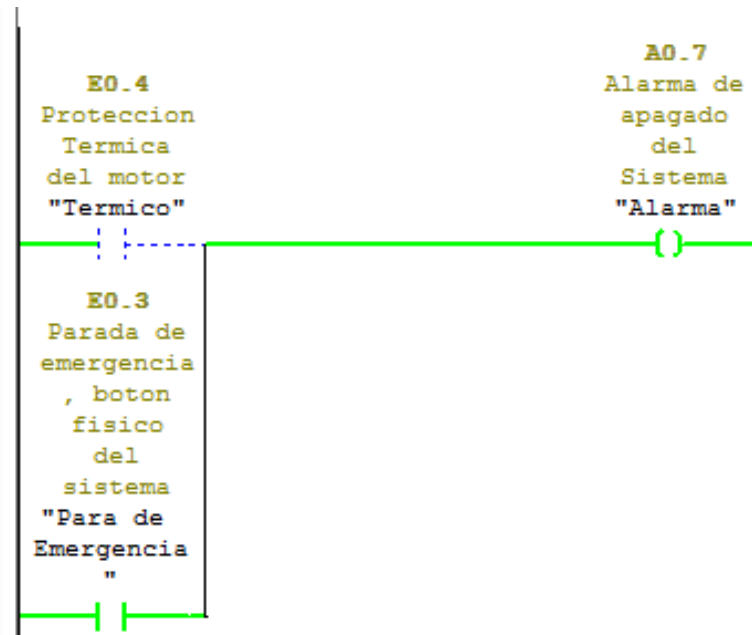
**Figura 30. Inicio del Sistema**  
Fuente: Martins (2020)

Al encender el sistema con el botón START, este a su vez genera otra salida la cual es la lámpara RUN. (Observar figura 31).



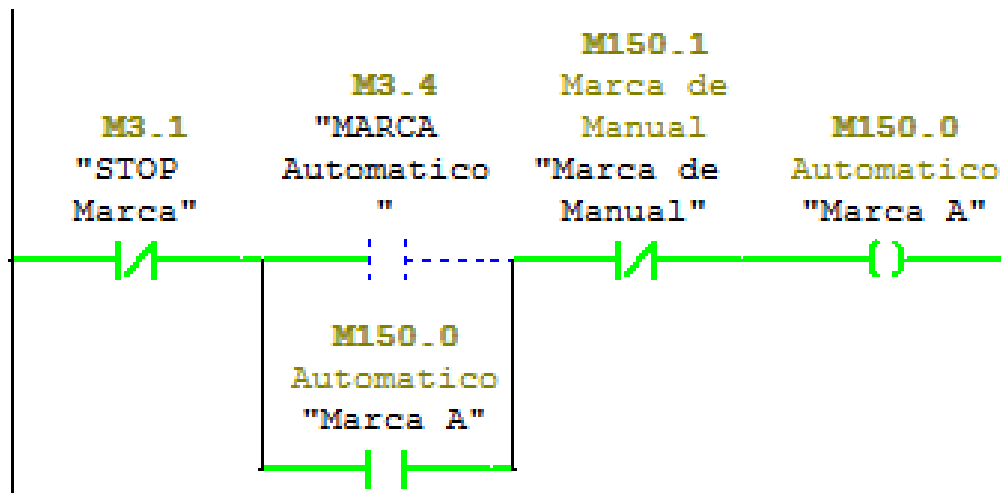
**Figura 31. Lámpara RUN activa**  
Fuente: Martins (2020)

En la figura 32 se puede observar que si es activado la protección térmica del motor, o la parada de emergencia STOP genera una alarma de apagado del sistema parándose todo el proceso de inyección.



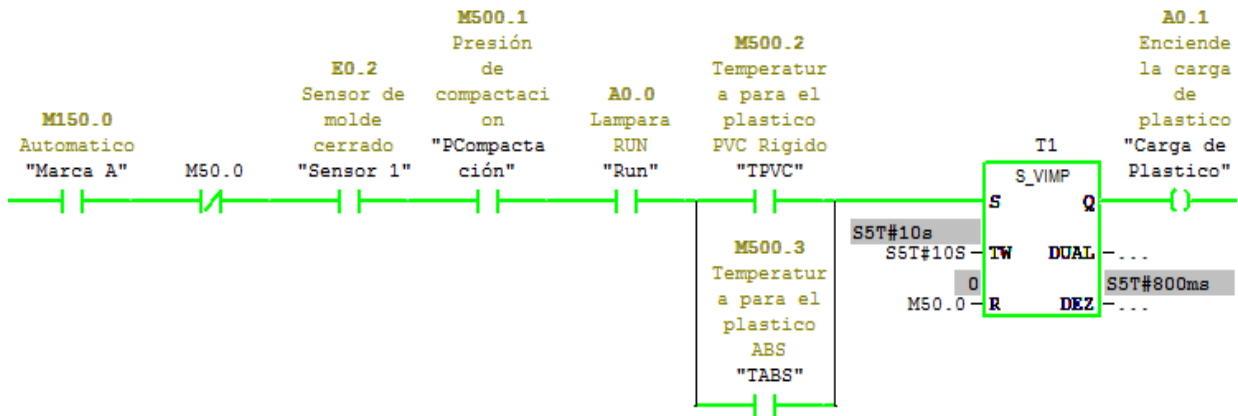
**Figura 32.** Alarma de Apagado del Sistema  
Fuente: Martins (2020)

En la figura 33 se puede observar cómo se selecciona la marca en automatico la cual es necesario para que la maquina funcione.



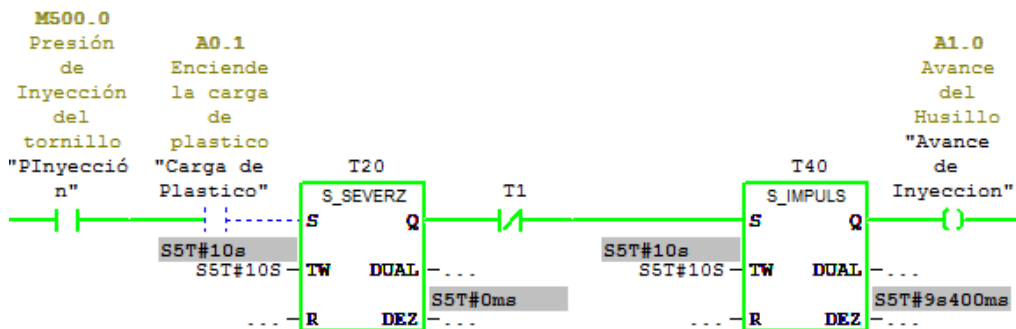
**Figura 33.** Activación de la Marca Automático  
Fuente: Martins (2020)

En la figura 34 se observa cómo se genera la carga de plástico, cabe destacar que se tienen que cumplir las condiciones explicadas en la descripción del programa, esta carga del material tiene un tiempo estimado de 10s.



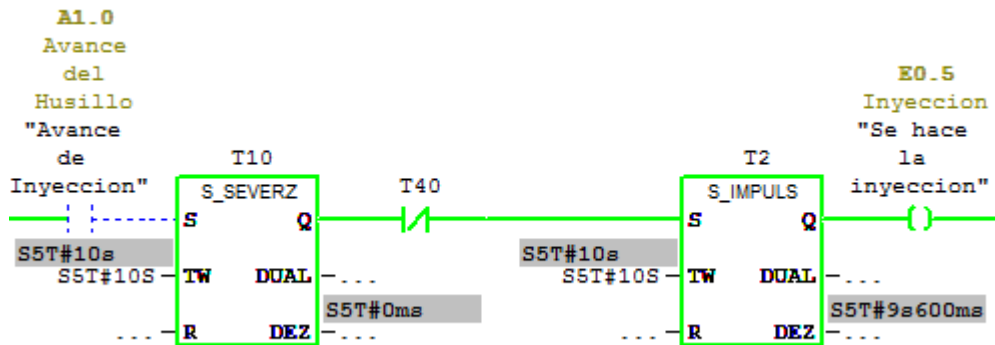
**Figura 34.** Simulación de carga de polímeros de plástico  
Fuente: Martins (2020)

Luego se hace el avance del husillo también por un tiempo estimado de 10s. (Ver figura 35).



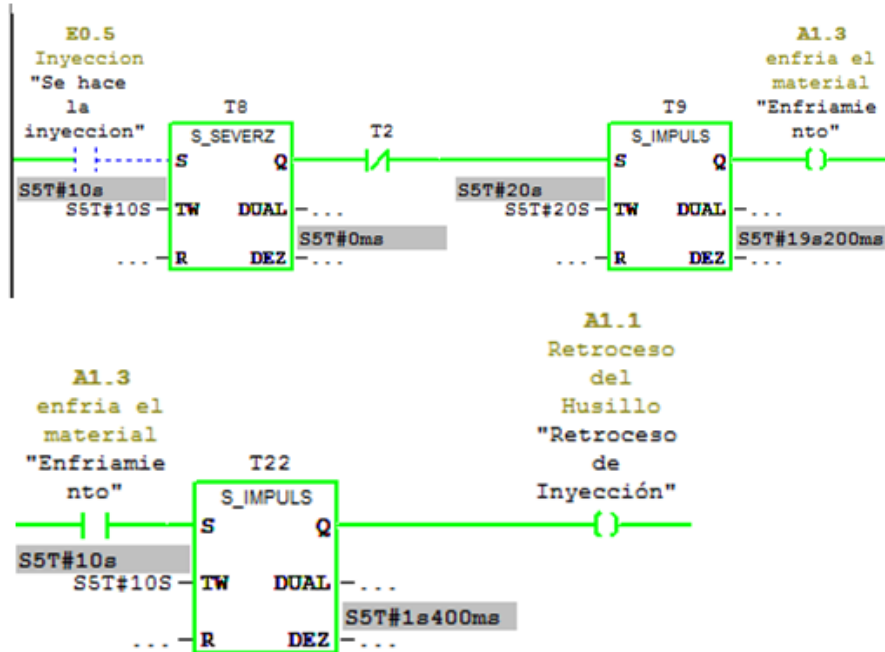
**Figura 35.** Simulación avance del Husillo  
Fuente: Martins (2020)

Seguidamente que pasan los 10 segundos y se completa el avance del husillo, se hace el ciclo de inyección. (ver figura 36).



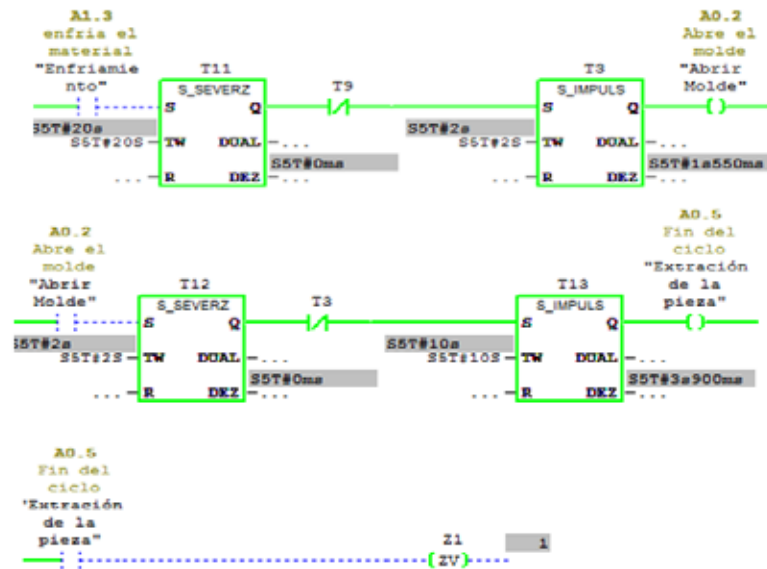
**Figura 36.** Simulación ciclo de Inyección.  
Fuente: Martins (2020)

Luego que se realice el ciclo de inyeccion, se activa el ciclo de enfriamiento por 20 segundos, y en paralelo el husillo retrocede para dejarlo en la posición inicial para un nuevo clico de inyección. (Ver figura 37).



**Figura 37.** Simulación ciclo de Enfriamiento y retrosceso del Husillo.  
Fuente: Martins (2020)

Por último se abre el molde por 2 segundos, y deja paso a la extracción del material, cuando se activa la salida de extracción fue colocado un contador para poder llevar el conteo de las piezas de producción para el proceso de inyección de plástico. (Ver figura 38).



**Figura 38.** Simulación de ciclo extracción de la pieza final.  
Fuente: Martins (2020)

#### 5.4 Fase IV: Estudio de factibilidad operativa, técnica y económica para la automatización del sistema de supervisión y control para el proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H

A continuación se definen los recursos monetarios necesarios para la adquisición de activos fijos tangibles e intangibles requeridos para el desarrollo y la puesta en marcha del proyecto.

##### 5.4.1 Factibilidad económica

###### 5.4.1.1 Costos

Se requiere de una inversión inicial para conseguir los recursos necesarios para que el sistema pueda empezar a funcionar. Se detallará el costo de los equipos para el sistema de supervisión y control para el proceso de inyección y el costo del personal

necesario para el desarrollo del sistema, cabe destacar que los precios referenciales mencionados se tomaron de distintos proveedores, la mayoría de los precios presentados fueron obtenidos mediante pedidos de presupuestos en páginas web especializadas en la venta de equipos electrónicos y eléctricos industriales, algunas de ellas son nacionales y otras extranjeras. Se utilizaron presupuestos de Mercado Libre, Amazon, Ebay y otros. A continuación se resumen estos diferentes gastos, clasificados en distintas categorías. (Ver tabla 10).

**Tabla 10.** Costos de Materiales

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	PLC S7-300	1	1000	1000
2	Pantallas HMI- KTP 600	1	1000	1000
3	Módulo de entradas/ salidas analógicas	1	200	200
4	Módulo de entradas/ salidas digitales	1	150	150
5	Fuente de Alimentación	1	150	150
6	Software	1	120	120
7	Hardware	1	420	420
			<b>TOTAL</b>	<b>3040 \$</b>

Fuente: Martins (2020)

#### 5.4.1.2 Presupuesto del personal

El proyecto se llevara a cabo por dos Ingenieros, uno en control y uno en electrónica; un asistente técnico y ayudante para la instalación eléctrica. Trabajando 10 días hábiles, 8 horas diarias. La Tabla 11 muestra el costo depersonal.

**Tabla 11.** Costo del personal

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	Ing. Electrónico	Horas	80	5	400
2	Ing. Control	Horas	80	5	400
3	Asistente técnico	Horas	24	2	48

4	Ayudante de Instalación Eléctrica	Horas	24	2	48
				<b>TOTAL</b>	<b>896 \$</b>

Fuente: Martins (2020)

En la tabla 12 se puede observar la propuesta de control y conceptos del personal encargado del proyecto.

**Tabla 12.** Tabla de Conceptos del personal

<b>Personal</b>	<b>Característica</b>
<b>Instalación eléctrica</b>	Recableado a sensores y controlador Ponchado, etiquetado de control Instalación de los equipos de control y armado del gabinete de control Canalización de la tubería de instrumentación Interconexión del gabinete de control con el arrancador de fuerza
<b>Ingeniería</b>	Supervisión de instalación Diseño del nuevo control Planeación Programación Puesta en marcha Secuencias de operación Pruebas de operación

Fuente: Martins (2020)

En la tabla 13 se muestra el costo total del proyecto.

**Tabla 13.** Costo Total del Proyecto

<b>Costo total de materiales</b>	<b>I.V.A. (16%)</b>	<b>Costo total de mano de obra</b>	<b>Costo total del proyecto</b>
<b>3.040 \$</b>	<b>486,4\$</b>	<b>896 \$</b>	<b>4.426,4 \$</b>

Fuente: Martins (2020)

### 5.4.1.3 Detalles de los Beneficios

#### Beneficios Tangibles

- Incremento de producción de envases plásticos 7.000\$.
- Disminución en el tiempo empleado en los procesos 1.000\$.
- Reducción en la tasa de error por los moldes en defectos 3.000\$.

**Total Beneficios Tangibles: 15.000\$.**

#### Beneficios Intangibles

- Mejor información.
- Empleados más satisfechos.
- Mejores condiciones de trabajo.
- Clientes más satisfechos al mejorar la calidad del producto final.

Para que el proyecto sea factible se tiene que calcular los beneficios netos del sistema a automatizar con la siguiente ecuación:

$$\text{Beneficios neto} = \text{Total de beneficios} - \text{costo Total}$$

$$\text{Beneficios neto} = 11.000\$ - 4.426,4\$ = 6.573,6\$.$$

Siendo el Beneficio neto calculado y dando este un número mayor a cero se dice que el proyecto a implementar es factible, ya que los beneficios netos que adquiera la empresa son mayores al costo de implementación.

### 5.4.2 Factibilidad operativa

La viabilidad operativa de este trabajo de grado, consiste en la automatización de Sistema de Supervisión y Control para el proceso de inyección de la empresa PLASTIENVASES H.H, el cual este diseño mejora la calidad del producto terminado y mejora los tiempos de producción empleados para la creación de los envases plásticos, y por otro lado disminuirá la tasa de error para el producto final ya que los tiempos, velocidades, presiones y temperaturas son más exactos.

El trabajo de grado cumple con la viabilidad operativa, ya que habrá mayor seguridad para el operario del sistema siendo este completamente automatizado, y

solo contando con los operadores para la verificación del producto terminado, este mismo será más eficiente y el producto final tendrá mejor calidad.

#### **5.4.3 Factibilidad técnica**

La factibilidad técnica consiste en el funcionamiento del sistema, proyecto o idea, atendiendo a sus características tecnológicas y a las leyes de la naturaleza involucradas. La factibilidad técnica del presente trabajo de automatización del Sistema de Supervisión y Control para el proceso de inyección es viable ya que consta de una pantalla HMI y el sistema quedo completamente automatizado, por lo que este es mucho más óptimo y eficiente del actual que se encuentra en la empresa.

## CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones más resaltantes del estudio realizado, así como las recomendaciones para futuras investigaciones, con el propósito de avanzar en el diseño de automatización del sistema de supervisión y control para la optimización del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H.

El desarrollo de este trabajo de grado se aplicaron los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Electrónica mención control y automatización, siendo esta carrera unos de los pilares más importantes en el campo industrial.

- El trabajo de grado realizado, cumple con el objetivo principal planteado, el cual es proponer el diseño de la automatización del sistema de supervisión y control para la optimización del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H.
- El sistema planteado en este proyecto de investigación ofrece un sistema más eficiente para realizar los procesos del sistema de control para el proceso de inyección de plástico ya que cumplen con las especificaciones para mejorar la calidad de producto que ofrece la empresa, por otro lado disminuye pérdidas en la empresa hacer un control más óptimo y eficaz.
- Se utilizó un controlador lógico programable que cumple con las necesidades del proyecto desarrollado, gracias a los diferentes dispositivos que conforman toda la familia SIMATIC S7-1300.

## RECOMENDACIONES

- La principal recomendación es la implementación del sistema propuesto en el presente trabajo de investigación, ya que con esto se mejorará la producción de envases plástico en la empresa Plastienvases H.H.
- Diseñar una Interfaz SCADA que permita la visualización de todo el sistema de distribución de agua.
- Realizar la programación de un sistema de registro de usuarios, que permita tener distintos accesos por operadores.
- Diseñar una aplicación Android para el monitoreo del sistema de supervisión y control para la optimización del proceso de inyección de la empresa Plastienvases H.H, con el fin de que cada operador que no se encuentre en la sala de control pueda seguir obteniendo la información en tiempo real.
- Realizar una base de datos para un registro de alarmas por el paro de los de la máquina.
- Hacer un sistema analógico en paralelo al HMI, como respaldo al haber una falla en el panel.

## REFERENCIAS

### **Bibliográficas**

- Arias, F. (2010). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica**. 3ra Edición. Caracas: Editorial Episteme.
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas: Editorial Episteme.
- Dubs de Moya, R. (2002). **El Proyecto Factible: una modalidad de investigación**.Caracas, Venezuela.
- Franco, I. (2018). **Propuesta de mejora del proceso de distribución de agua mediante la implementación de un sistema automatizado para la empresa Colgate-Palmolive Company**.Carabobo: Editorial UJAP
- Hurtado, J. (2007). **El proyecto de investigación**. Caracas: Editorial Quirón.
- Mijares, H y García, L. (2007). **Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado**. Carabobo: Editorial UJAP .Caracas: EditorialFedupel.
- Sabino, C. (1996). **Introducción a la Metodología de Investigación**. Caracas: Editorial: Panapo.
- Tamayo, M. (1998).**El proceso de la investigación científica**. 3ra edición. México: Editorial Limusa.
- Perez. M. (2012). **Distintos procesos de inyección**. México. Editorial BMJ.

### **Electrónicas**

- Aguiar, M (2012). **Sistemas de inyección**. Recuperado en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Águila, M (2015). **Automatización de una máquina de inyección de plástico**.Recuperado en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Aguilera, P (2016).**Programación de PLC**.Recuperado en:

**<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/9294/ContrerasHurtadoJuanJose2013.pdf;jsessionid=8B8F6719F0983D83E2EA5922851F8A89?sequence=2>**

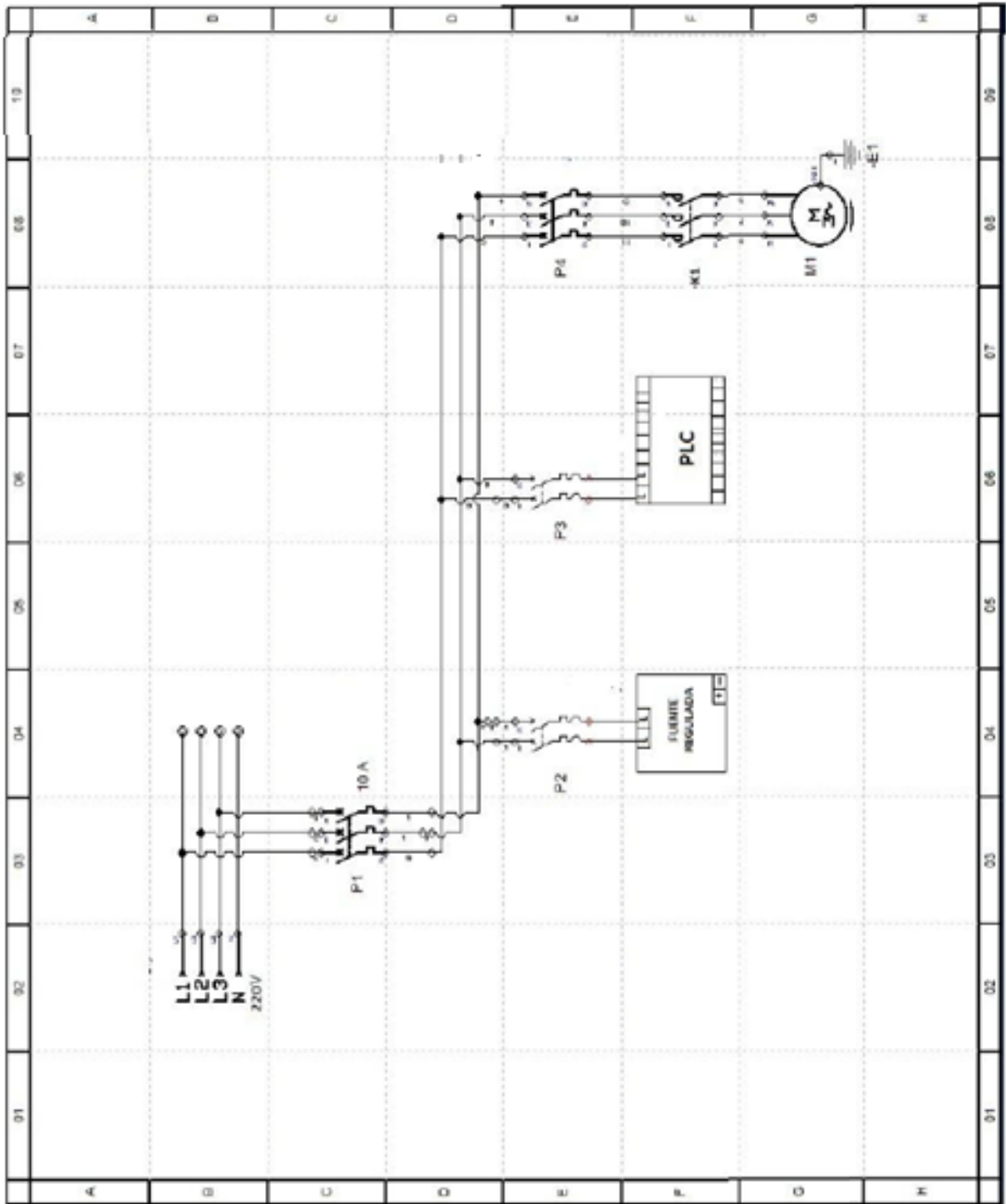
Espinoza, M (2017). **Sistema de automatización para el llenado de un tanque de agua por bombas con la ayuda de sensores.** Recuperado en:

**<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>**

Tigrero, O (2015). **Diseño y construcción de un SCADA para el control y supervisión de proceso de inyección para materiales plásticos.** Recuperado en:

**<https://repository.DiseñoYconstrucciondeunSCADa.pdf;jsessionid=8B8F6719F0983D83E2EA5922851F8A89?sequence=2>**

## **ANEXOS**



**Anexo A.** Plano Eléctrico de Potencia

