



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

AUTOMATIZACIÓN PARA LA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO NUOVA PLASTIC METAL, MODELO PM 100.

Autores:
Rivas, Froilan



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

**AUTOMATIZACIÓN PARA LA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO
NUOVA PLASTIC METAL, MODELO PM 100.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autores: Rivas, Froilan
C.I.: 19.668.152
Tutor: Ing. Antonio Rodríguez

San Diego, Marzo 2021



FE-002-2020-UCR (TG)

Valencia, 25 de marzo de 2021

Ciudadano:
Rivas Saez, Froilan Alejandro
CI. 19.668.152
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 05-2021 de fecha 22-01-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado *AUTOMATIZACIÓN PARA LA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO NUOVA PLASTIC METAL, MODELO PM 100* presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico

Se ratifica la designación del Ing. Antonio Rodriguez C.I: 14.923.464 como Tutor Académico que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano

c.e. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

GF/aa



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

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Antonio Rodríguez, titular de la cédula de identidad N° 14.923.464, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Froilan Rivas titular de la cédula de identidad N° 19.668.152, titulado **“AUTOMATIZACIÓN PARA LA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO NUOVA PLASTIC METAL, MODELO PM 100 ”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Electrónica, afirmo que acepto la tutoría del mencionado proyecto durante su elaboración y evaluación según las condiciones establecidas en la coordinación de pasantías y trabajo y trabajo de grado de la facultad de ingeniería de la universidad José Antonio Páez.

En San Diego, a los _____ del año 2021

Ing. Antonio Rodríguez
C.I.: 14.923.464

ÍNDICE GENERAL

	Pp.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
RESUMEN.....	XI
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del problema.....	5
1.3 Objetivos de la investigación	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance de la Investigación.....	6
1.6 Limitaciones	6

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes	7
2.2 Bases teóricas	9
2.2.1 Máquina Inyectoras de Plástico	9
2.2.1.1 Partes de Máquina Inyectora de Plástico	12
2.2.2 Proceso por Moldeo por Inyección.....	15
2.2.3 Variables que intervienen en el proceso de Inyección.....	17
2.2.3.1 Temperatura de Inyección.....	17

2.2.3.2	Temperatura de Molde	17
2.2.3.3	Presión inicial o de llenado	17
2.2.3.4	Presión de mantenimiento o compactación (holding pressure)	18
2.2.3.5	Presión posterior o de retroceso (back pressure)	18
2.2.3.6	Tiempo de inyección inicial	18
2.2.3.7	Tiempo de mantenimiento o compactación	19
2.2.3.8	Tiempo de enfriamiento.....	19
2.2.4	Materia Prima para los procesos de moldeo de Inyección de Plástico	19
2.2.4.1	Materiales Plásticos.....	19
2.2.4.2	Termoplásticos	21
2.2.4.3	Termoestables	22
2.2.5	Automatización.....	23
2.2.5.1	Partes de un Sistema de Automatización	23
2.2.6	Sistemas de Control	24
2.2.7	Controlador Lógico Programable	25
2.2.7.1	Arquitectura Externa	27
2.2.7.2	Arquitectura Interna	27
2.2.7.3	Programación del PLC	29
2.2.8	Lenguajes de Programación de un PLC.....	30
2.2.8.1	Lenguajes gráficos	30
2.2.8.2	Lenguajes textuales	31
2.2.8.3	Gráfico funcional secuencial (SFC)	31
2.2.9	Interfaz de usuario HMI (Human Machine Interface)	31
2.2.9.1	Tipos de Interfaz	31
2.2.9.2	Pantallas HMI.....	32
2.2.10	Software STEP 7 BASIC V11	33
2.4	Definición de términos básicos	35

III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación	37
3.2 Nivel de la Investigación	39
3.3 Diseño de la Investigación	39
3.4 Población y Muestra	40
3.4.1 Población	40
3.4.2 Muestra	40
3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	40
3.5.1 Técnicas de recolección de datos.....	40
3.5.2 Instrumentos de recolección de datos	41
3.6 Fases de la Investigación	43

IV RESULTADOS

4.1. Fase I: Diagnosticar la situación actual de la máquina de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100	45
4.1.1 Observación Directa	45
4.1.2 Revisión documental del funcionamiento de una Máquina de Inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100.	50
4.1.2.1 Unidad de Inyección	50
4.1.2.2 Moldes.....	56
4.1.2.3 Sistemas de Expulsión.....	58
4.1.2.4 Unidad de Cierre	58
4.2. Determinar las variables del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100	60
4.2.1 Variables del proceso el diseño de automatización del Sistema y Control del proceso de inyección de plástico	66
4.3. Diseñar la automatización del Sistema y Control del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100.....	67
4.3.3.1 Primeros pasa a realizar STEP 7	¡Error! Marcador no definido.

· 4.3.3.2 Diseñar el control Antes de trabajar con STEP 7.....	67
4.4 Realizar un estudio de costo y beneficios para la automatización del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100	71
4.4.1.1 Costos.....	84
4.4.1.2 Presupuesto del personal.....	86
4.4.2 Estudio Costo-Beneficios	87
4.4.3 Analisis de beneficios.....	¡Error! Marcador no definido.
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS	90

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp.
Figura 1. Máquina por moldeo por inyección.....	10
Figura 2. Tornillo sinfín	12
Figura 3. Mecanismos de cierre de una MMI	14
Figura 4. Plastificación del Material del Plástico	15
Figura 5. Inyección del Material Hacia el Molde	16
Figura 6. Apertura del Molde y Extracción de la Pieza	16
Figura 7. Esquema básico de un sistema de control.....	25
Figura 8. Controlador Lógico Programable.	26
Figura 9. Unidades funcionales del PLC	28
Figura 10. Software STEP 7 BASIC V11.....	33
Figura 11. Ciclo de Moldeo	46
Figura 12. Plano de la máquina Nouva Plastic Metal Modelo PM 100.....	49
Figura 13. Unidad de Inyección de la Nouva Plastic Metal, Modelo PM 100	51
Figura 14. Sistema de Cierre Mecánico	59
Figura 15. Sistema de Cierre Hidráulico.....	59
Figura 16. Sistema de Cierre Hidromecánico	60
Figura 20. Guía de Orientación Step 7 para inicializar un proyecto; Error! Marcador no definido.	

ÍNDICE DE CUADROS

	Pp.
Cuadro 1. Datos de materia prima	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diagnóstico de la Máquina de Inyección de Plástico Nouva Plastic Metal, Modelo PM 100	47
Tabla 2. Disposición de las zonas de alimentación, compresión y dosificación.....	52
Tabla 3. Especificaciones de la Unidad de Inyección.....	62
Tabla 4. Especificaciones de la Unidad de Cierre.....	63
Tabla 5. Especificaciones Generales.....	63
Tabla 6. Tiempos para los procesos de Inyección.....	65
Tabla 7. Variables de Entrada y de Salida	66
Tabla 8. Costos de Materiales	86
Tabla 9. Costo del personal.....	86
Tabla 10. Tabla de Conceptos del personal	87
Tabla 11. Costo Total del Proyecto.....	87



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

AUTOMATIZACIÓN PARA LA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO NUOVA PLASTIC METAL, MODELO PM 100.

Autores: Rivas, Froilan

Tutor: Ing. Antonio Rodríguez

Fecha: Marzo 2021.

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 . En consecuencia, el proyecto de investigación tiene como objetivo principal, Proponer el Diseño de un Sistema de Automatización para la Máquina de Inyección de plástico Nuova Plastic Metal, modelo PM 100, el cual permita y describa el proceso de inyección de plásticos, se determinan las variables críticas, para la obtener la combinación ideal en el proceso de una pieza estándar, con la variación de los parámetros de presión de compactación, tiempo de compactación y temperatura de inyección, donde se demuestra la relación que existe entre ellas y cuál es la variable más predominante en el proceso. Por otro lado, el proyecto de investigación está enmarcado dentro de la modalidad de investigación de proyecto factible, bajo los lineamientos de la investigación de campo, con un nivel descriptivo y documental. Este sistema podrá aportar un control, supervisión, de un sistema para máquinas de inyección a futuros proyectos relacionados a este campo de investigación.

Descriptor: Automatización, Máquina de Inyección, Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100.

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.

Entonces 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.

Las industrias tienen sistemas automatizados ya que esto les permite reducir la intervención humana en las labores de producción y la necesidad mental y sensorial del operador haciendo posibles trabajos con mayor calidad y disminuyendo accidentes ocasionados por distracciones humanas. Además, los procesos actuales de producción se están volviendo cada vez más rigurosos, lo que demanda de ellos más exactitud y velocidad.

Sin embargo, la inyección de plásticos, es el principal método de conformado en la producción de piezas de plástico, los polímeros se encuentran entre los materiales industriales de mayor crecimiento en la industria moderna, su amplia variedad y sus propiedades los hacen los más adaptables de todos los materiales en términos de aplicación, se pueden obtener piezas de variado peso y con geometrías complicadas.

Es por estos que las empresas en nuestro país se han 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, el cual es Proponer el Diseño de un Sistema de Automatización para la Máquina de Inyección de plástico Nuova Plastic Metal, modelo PM 100, en este trabajo de grado también se realizará el HMI (Interfaz Hombre Máquina) de la automatización.

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 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 II: se hace hincapié en los antecedentes y bases teóricas que sustentan este proyecto de grado.

Capítulo III: 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 IV: este capítulo se hablará sobre todos los resultados y métodos que se utilizaron para realizar este proyecto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La automatización representa un avance tecnológico constante y consiste en el uso de elementos mecánicos y eléctricos controlados por sistemas computarizados para mejorar operaciones laborales, ya sea en tiempos de producción, en calidad del producto o en la realización de tareas complejas o peligrosas para un ser humano, en la reducción de residuos o en la combinación de varias de las anteriores mejoras, todas ellas encaminadas a conseguir una mayor rentabilidad del proceso

Por otro lado, las industrias tienen sistemas automatizados ya que esto les permite reducir la intervención humana en las labores de producción y la necesidad mental y sensorial del operador haciendo posibles trabajos con mayor calidad y disminuyendo accidentes ocasionados por distracciones humanas. Además, los procesos actuales de producción se están volviendo cada vez más rigurosos, lo que demanda de ellos más exactitud y velocidad.

Actualmente en nuestras Industrias existen máquinas de Inyección de plástico que proceden desde los años de 1986, por lo que hasta la fecha pueden llevar más de 34 años en funcionamiento ya que el moldeo por inyección es una técnica muy popular para la fabricación de artículos muy diferentes, este método es muy versátil y en el diseño es escalable desde los procesos de prototipos rápidos y puede generar altos niveles de producción y a bajos costos.

Entonces una máquina de inyección de plástico en la Industria es imprescindible ya que en los últimos 25 años la industria del plástico ha crecido un 12%, y tener una máquina operativa generará ganancias a largo plazo, aunque la inversión inicial sea de alto costo.

Respetando las políticas de privacidad de la empresa el equipo de trabajo tuvo acceso únicamente a la información de la máquina de inyección Nouva Plastic Metal, Modelo PM 100. Luego de haber analizado el estado actual del objeto de estudio se evidenció el deterioro de la misma la cual está fuera de funcionamiento puesto que no tiene el controlador lógico programable junto a otros componentes necesarios para su funcionamiento; trayendo como consecuencia el decrecimiento de productividad de la empresa, así como un déficit de la oferta y demanda.

Adicionalmente la maquina cuenta con la modalidad manual de trabajo la cual involucra directamente al operario disminuyendo la posibilidad de ocuparlo en actividades más precisas o simplemente en operaciones diferentes dentro de los requerimientos de la empresa y aumentando los márgenes de error dentro de su gestión.

1.2 Formulación del problema

El planteamiento antes expuesto, lleva a formular las siguientes interrogantes:

¿De qué manera se puede reactivar y poner en servicio la Inyectora PM100?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer el Diseño de un Sistema de Automatización para la Máquina de Inyección de plástico Nuova Plastic Metal, modelo PM 100.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de la máquina de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100.
- Determinar las variables del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100.
- Diseñar la automatización del Sistema y Control del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100.
- Realizar un estudio costo y beneficio para la automatización del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100.

1.4 Justificación

El presente trabajo de tesis tiene como principal objetivo proponer el Diseño de un Sistema de Automatización para la Máquina de Inyección de plástico Nuova Plastic Metal, modelo PM 100.

El proyecto se basa en la automatización de una máquina de inyección de plástico, ya que actualmente en la industria es fundamental mejorar y renovar los procesos de producción que permitan responder a la oferta y demanda, un sistema de automatización es imprescindible que permita el control de los periféricos, tomando registros de las variables del proceso y alertando de cualquier inestabilidad en cada una de las operaciones.

1.5 Alcance de la Investigación

Esta investigación del diseño de un Sistema de Automatización para la Máquina de Inyección de plástico Nuova Plastic Metal, modelo PM 100 abarca todas las industrias de automatización que trabajen con líneas de inyección de plástico tanto nacional como internacional.

1.6 Limitaciones

Todos los casos de estudio no poseen las mismas limitaciones, cada una de estas prestaran diferentes particularidades, es el tiempo un factor limitante al desarrollo del trabajo, puesto que este no pudo haber sido suficiente para la mayor profundización en el periodo evaluado. Así mismo, pudo haber limitaciones en cuanto a los recursos especialmente financieros para poder desarrollar una investigación más profunda, es importante destacar que anqué se consiguió información relevante para la investigación, la misma fue limitada por políticas propias de la empresa, sumándole a ello la antigüedad de la máquina.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Según Méndez (2005) se define el Marco Teórico como, una descripción detallada de cada uno de los elementos de la teoría que serán directamente utilizados en el desarrollo de la investigación. También incluyen las relaciones más significativas que se dan entre estos elementos teóricos.

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.

2.1 Antecedentes

Díaz, E (2017), en su investigación denominada: **“Propuesta del Sistema de control para una máquina de inyección de plástico”** para optar por el título de Ingeniero en Control y Automatización presentado en la Universidad del Instituto Técnico Nacional. El presente trabajo consta sobre el desarrollo de una propuesta de control de una máquina de inyección de plástico marca Battenfeld de la empresa Transformaciones Universales. La renovación del sistema de control fue necesaria, pues la máquina presentaba inconvenientes de producción y mantenimiento, los tiempos de producción eran extensos, el porcentaje de piezas defectuosas eran elevadas y los paros por fallos eran frecuentes. El desarrollo de este trabajo se basó en tres puntos clave: conocimiento de la máquina, análisis de condiciones actuales y desarrollo del sistema de control.

En el análisis de condiciones actuales, se abrió la cabina del sistema hidráulico con el fin de identificar la instrumentación disponible, como son sensores y actuadores. Una vez que se registraron los requerimientos del control, se seleccionó el controlador lógico programable (PLC), que cumplía con los requerimientos del sistema. Los aspectos a cubrir la propuesta de control son los siguientes: la secuencia

del ciclo de inyección, el control de temperatura y el control hidráulico, encargado de realizar el accionamiento de los pistones de acuerdo al ciclo de moldeo. La secuencia del ciclo de inyección fue programada mediante técnica GRAFCET, en lenguaje escalera, y permite al usuario seleccionar tres modos de operación: manual, automático y semiautomático. El control de temperatura se propuso mediante un controlador PID.

La investigación citada, se vincula con la actual en función de que incluye la el desarrollo de una automatización para una máquina de inyección lo cual resulta un aporte importante ya que con esto se persigue que el diseño sea factible y económico. Por otro lado, también incluye el manejo de las variables de entradas y salidas para una correcta automatización de la máquina de inyección.

Por otra parte, Jerónimo, H (2016) en su proyecto de investigación titulado **“Automatización de una inyectora de plástico”**. Presentado en la Universidad de San Carlos de Guatemala en la sede Guatemala. Para optar por el título de Ingeniero en Eléctrica. El proyecto de investigación está basado en los dispositivos MMI para el tratamiento de los polímeros y de esta manera poder realizar la automatización de la inyectora de plástico. Esta máquina se basa en que la materia prima es llevada a temperatura de derretido en la unidad de inyección. Ésta, a su vez, inyecta el plástico al molde que está sujetado por la prensa de molde. En donde se enfría y es extraído por los expulsores. Esto pasa en un ciclo de trabajo controlado por un PLC. El PLC es un equipo electrónico programable diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial procesos secuenciales. Trabaja sobre la base de información recibida por los sensores y programa lógico interno, actuando sobre accionadores de la instalación, haciendo de la automatización una herramienta esencial para la industria.

La investigación citada, se vincula con la actual, en que aporta 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.

De la misma manera Ramos, I (2018) en su proyecto de investigación titulado **“Propuesta de mejora del proceso de distribución de agua mediante la**

implementación de un sistema automatizado para la empresa Colgate-Palmolive Company”. Presentado ante la Universidad José Antonio Páez para optar por el título en Ingeniería Electrónica. Este proyecto está planteado para 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 del vital líquido a toda esta área de la ya antes mencionada empresa. Puesto que el sistema no es automático y este presentaba un deterioro bastante notable y muy obsoleto, por lo tanto, se propone la implementación de un PLC Siemens S7-300 usando el software especialmente desarrollado para las aplicaciones de programación de controladores lógicos PLC SIMATIC-S7 con el desarrollo de su respectivo diagrama de escalera y aunado a esto los módulos necesarios para el uso correcto de este sofisticado aparato.

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.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Máquina Inyectoras de Plástico

El moldeo por inyección constituye uno de los principales procedimientos para revertir resinas, polvos, pellets y otras formas de plástico en productos útiles. Es apropiado para todos los termoplásticos. Las máquinas de moldeo por inyección (MMI), para termoestables sirven para tratar polímeros. En todos los casos, los materiales granulados absorben suficiente calor para facilitar su viscosidad, lo que permite la inyección del plástico caliente en molde cerrado, en el que se crea la forma deseada. Cuando se enfría, se extrae las piezas del molde con un sistema de expulsión.

Las MMI constan de unidad de inyección y prensa de molde, como se ve en la figura 1.

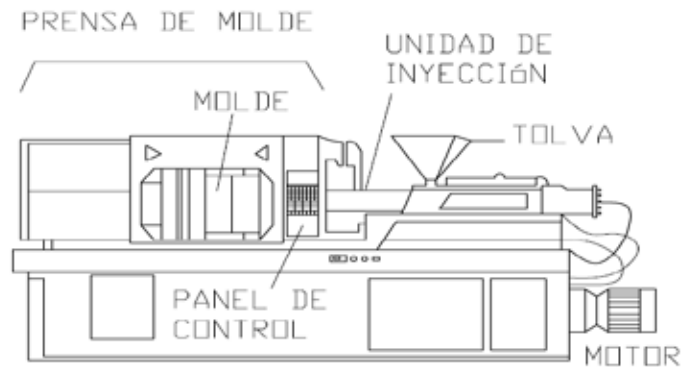


Figura 1. Máquina por moldeo por inyección

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

La unidad de inyección se encarga de alimentar, fundir e inyectar los polímeros; para lograrlo, consta principalmente de: tambor que almacena el material; una tobera permite paso del material hacia la cavidad del molde; el tornillo determina la velocidad y eficacia de la inyección además de la plastificación de granzas; la válvula de retención sirve para impedir que el material retroceda durante la inyección; bandas de calor encargadas de proporcionarle calor al tambor a temperatura preajustada; motor de carga que se encarga de rotar el tornillo, y cilindro hidráulico que acciona el tornillo hacia atrás y adelante.

Los sistemas de control mantienen las temperaturas en los niveles seleccionados e inician y cronometran la rotación del tornillo y los impulsos de inyección. La unidad de sujeción o prensa de molde sirve para abrir y cerrar el molde y para expulsar las piezas. Los dos métodos más corrientes para generar fuerzas de sujeción usan modelos de abrazaderas hidráulicas directas, que eliminan las uniones mecánicas pero requieren de cilindros de sujeción de dimensiones superiores.

Las MMI se clasifican de acuerdo al tonelaje de fuerza máxima de cierre, presión de sostenimiento, y al volumen de carga máxima de material. El ciclo de trabajo tiene cinco tiempos que son:

- a) **Carga:** necesario para que se desplace el material plástico en el tambor y dejarlo listo para la inyección.
- b) **Tiempo de inyección:** período en el que comienza a ingresar el material a la cavidad y que es proporcional tanto a la velocidad de inyección como a la presión de inyección hasta que se congela la colada.
- c) **Tiempo de sostenimiento:** el necesario para mantener presión en la cavidad y evitar la deformación de la parte.
- d) **Tiempo de enfriado:** el necesario para que se enfríe y asiente suficientemente para extraerlo de la cavidad y evitar la deformación de la parte.
- e) **Cierre y apertura de platina y expulsión de la parte.:** el plástico derretido en el tambor se compone de macromoléculas amorfas, que se retuercen, enrollan y envuelven unas con otras. Cuando un plástico fundido fluye por el diámetro de la tobera hacia la cavidad, algunas moléculas se estiran. Si la velocidad de flujo es elevada, las moléculas se estirarán hasta quedar prácticamente rectas, en un fenómeno conocido como por orientación. Cuando un plástico amorfo muy orientado se enfría, algunas moléculas retornan al estado enrollado y retorcido si tienen oportunidad, lo cual depende de la velocidad. Sin embargo es lento, tendrán tiempo suficiente para moverse a reorganizar y enrollarse. Si es muy corto, las moléculas estiradas se congelarán antes de enrollarse. Al congelarse las moléculas estando estiradas, se sentirán tensas. En cuanto tienen posibilidad, si se calentara material suficiente cambiará de forma. Cuando el material fluye por la cavidad del molde su velocidad es reducida en las paredes del molde debido a su viscosidad. Esto ocasiona un enfriamiento y reducción de la cavidad, aumentando moderadamente la velocidad del material. El molde consta de circuitos de enfriamiento por convección de calor del material. Los fabricantes de maquinaria incluyen dispositivos para proteger tanto a los operarios como a la propia máquina. La protección del personal técnico se basa en las guardas, puertas, sistemas de seguridad de moldeo cerrado, guardas de purga y sistemas de puerta trasera.

El moldeo por inyección es muy extendido, permite insertos de metal, altos índices de productividad, control de acabado superficial con la textura deseada y una buena precisión en las dimensiones. El proceso de moldeo por inyección es complicado. En ocasiones, un diseño defectuoso de la pieza o del molde puede traducirse en resultados poco aceptables. Cuando no vigilan los procesos, aumenta el índice de desechos y el rechazo de piezas por parte del cliente puede suponer importantes pérdidas financieras.

2.2.1.1 Partes de Máquina Inyectora de Plástico

Cámara de plastificación:

Su función es introducir en la cavidad del molde una cantidad de material previamente determinada, que corresponde al volumen de las cavidades del molde y fundida mediante el sistema de plastificación. Sus componentes más importantes son:

- a) **El tornillo:** que se muestra en la figura 2, es un tornillo sinfín que tiene la profundidad variable de los filetes. Esto determina la razón de compresión del material fundido, y es la que asegura que podrá ser conducido hacia delante bajo el efecto de una presión positiva.



Figura 2. Tornillo sinfín

Fuente: Proceso de transformación del plástico. (Sánchez 2002).

La primera sección del tornillo, donde los gránulos ingresan, se llama zona de alimentación (que está debajo de la tolva), la segunda zona se llama zona de compresión. Es aquí donde se lleva a cabo la transferencia de calor por acción friccional del tornillo hacia paredes del tambor, y la tercera zona, que es donde el material termina de plastificarse hasta quedar preparado para ser inyectado a las cavidades del molde.

- b) **Válvula de retención:** esta válvula está generalmente en la punta del tornillo con el propósito de evitar el reflujo del material plástico durante el período de inyección, es pues, una válvula cheque.
- c) **Tobera:** permite el paso del material fundido hacia la cavidad del molde, guiándolo como un camino estrangulado. Se encarga de asegurar el sello hermético entre el tambor y el molde.
- d) **Sistema de plastificación:** para la plastificación se debe poner a rotar el tornillo. Éste se encarga de empujar el material hacia delante dejándolo listo para la inyección. Para la rotación de tornillo se usan dos métodos, el primero es por medio de un motor hidráulico, y el segundo por medio de un motor eléctrico con algún sistema reductor de velocidad, engranajes o fajas.
- e) **Bandas de calor:** en la parte exterior del tambor, están situadas las bandas de calor o resistencias de bandas. Éstas son las encargadas de proporcionarle al tambor para que pueda realizarse la plastificación del material. Generalmente se dividen por sectores o zonas de calefacción, zona frontal, zona central, zona trasera y tobera.

Prensa de molde

Existen varios sistemas para la prensa de molde, estos difieren entre ellos de acuerdo a los fabricantes. La unidad de sujeción como también se le llama a la prensa de molde, tiene como función asegurar la apertura y cierre de molde. Para ello es importante conocer algunos factores que son necesarios para la obtención de buenos productos y asegurar el buen funcionamiento de la máquina de inyección. Existen dos tipos de mecanismos de cierre para una máquina de inyección, el mecanismo cilindro hidráulico, y el mecanismo de palanca, mostrados en la figura 3.

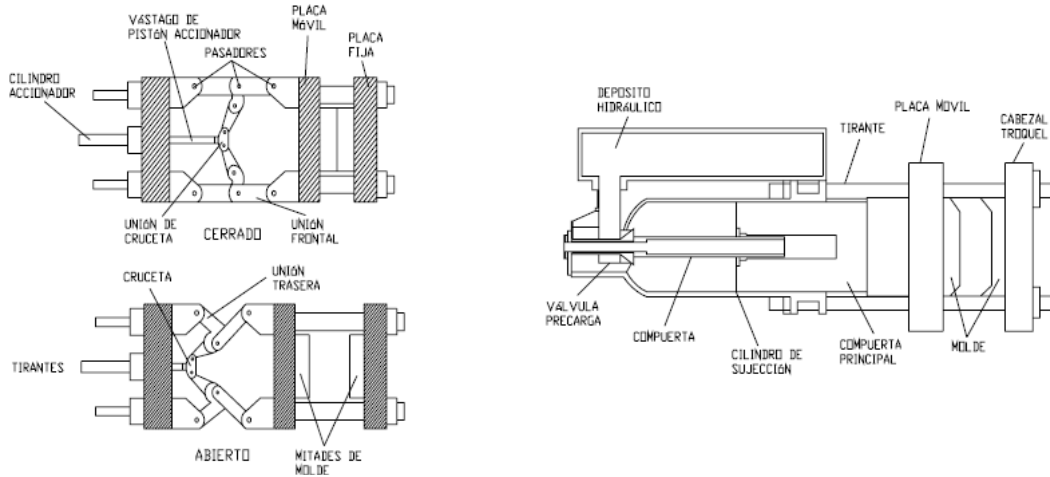


Figura 3. Mecanismos de cierre de una MMI

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

El sistema de cilindro hidráulico ejecuta los movimientos de cierre y apertura del molde mediante uno o más pistones hidráulicos pequeños, y la fuerza final de cierre se obtiene mediante un cilindro de mayores dimensiones que actúa directamente sobre la platina móvil. El mecanismo de palanca es útil cuando se trata de desarrollar fuerzas de cierre a distancia fija. Este sistema es generalmente el más usado, ya que la utilización de cilindros más pequeños y por lo tanto con bajos requerimientos de caudal de aceite están acorde a las elevadas velocidades obtenidas en comparación al sistema de cilindro hidráulico, puede ser más eficiente en términos de energía, más barato y simple en su construcción.

Botadores

Para la extracción de los artículos plásticos existen varios sistemas, los cuales actúan cuando el molde ha abierto una distancia suficiente, para permitir el desprendimiento de la parte de la superficie del molde. Esto significa un circuito adicional, ajustado a los dispositivos del ciclo automático de la MMI, con el propósito de acelerar la producción. En la industria se conocen tres sistemas de botadores: mecánicos, hidráulicos y neumáticos.

- RIM.

2.2.2 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 por inyección.

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

- a) 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.

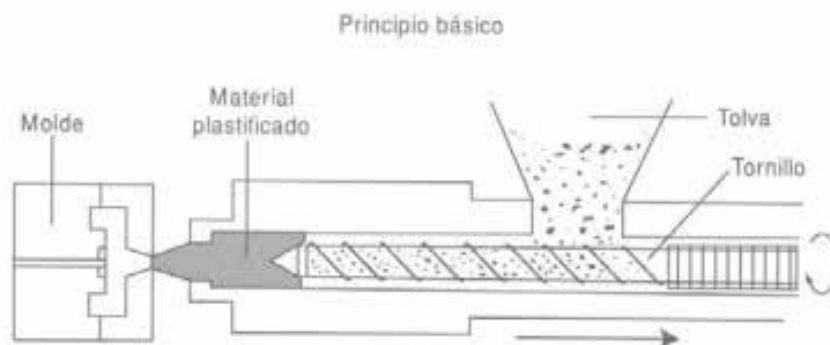


Figura 4. Plastificación del Material del Plástico

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 4.

- 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 producto final. (Ver figura 5).

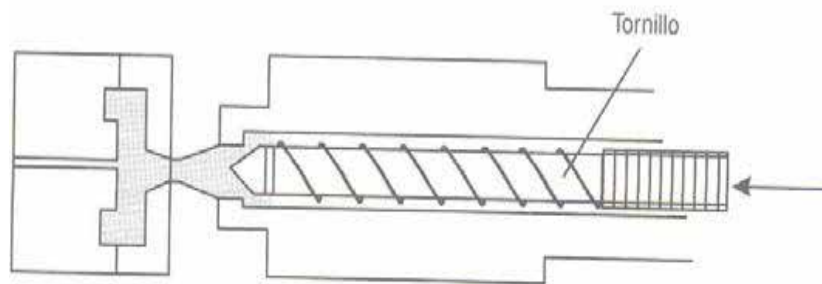


Figura 5. Inyección del Material Hacia el Molde

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 forma deseada. (Ver figura 6).

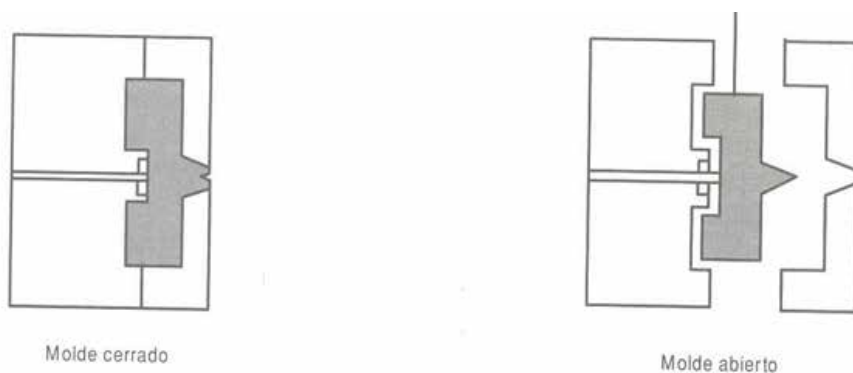


Figura 6. Apertura del Molde y Extracción de la Pieza

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

2.2.3 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 cuatro 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.

2.2.3.1 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.

2.2.3.2 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.

2.2.3.3 Presión inicial o de llenado

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.

2.2.3.4 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.

2.2.3.5 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.

2.2.3.6 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 dos segundos, y rara vez excede los tres segundos.

2.2.3.7 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 prolongar 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.

2.2.3.8 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.

2.2.4 Materia Prima para los procesos de moldeo de Inyección de Plástico

2.2.4.1 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.

La máquina de inyección puede fabricar piezas de diferentes tipos de plásticos. Existen diversos criterios para la clasificación de plásticos: según el monómero base, por su comportamiento frente al calor, según la reacción de síntesis y de acuerdo a su estructura molecular.

Para esta aplicación interesa la clasificación según el comportamiento frente al calor; puesto que el moldeo por inyección es un proceso que se realiza elevando la temperatura del plástico, y cada uno reacciona de manera diferente. Por su comportamiento frente al calor, los plásticos se clasifican en dos categorías: termoplásticos y termoestables.

2.2.4.2 Termoplásticos

Un termoplástico es un plástico que a temperatura ambiente es deformable, se vuelve líquido cuando se calienta y se endurece cuando se enfría. Los polímeros termoplásticos a diferencia de los termoestables pueden moldearse y posteriormente recalentarse y formar otros objetos. Las propiedades físicas de un material termoplástico cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces. Los materiales termoplásticos principales son:

- Resinas celulósicas obtenidas a partir de la celulosa, el material constituyente de la parte leñosa de las plantas, como ejemplo se tiene el rayón.
- Polietilenos y derivados, emplean como materia prima el etileno obtenido del craqueo del petróleo. En este grupo se tiene el PVC, el poliestireno y el metacrilato.
- Derivados de las proteínas, a este grupo pertenecen el nailon y el perlón, obtenidos a partir de las diamidas.
- Derivados del caucho, ejemplo de este grupo son los pliofilmes que se obtienen adicionando ácido clorhídrico a los polímeros de caucho.

2.2.4.3 Termoestables

Los plásticos termoestables (también llamados termoduros o termofijos), son materiales que una vez que han sufrido el proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación, se convierten en materiales rígidos que no vuelven a fundirse. Algunos ejemplos son:

- Polímeros del fenol. Son plásticos duros, pero si durante su fabricación se emplea un exceso de fenol, se obtienen termoplásticos.
- Resinas epoxi. Se utilizan para fabricar pinturas, adhesivos y en aplicaciones eléctricas y electrónicas.
- Resinas melamínicas. Son generalmente de color blanco, poseen escasa fluidez, excelente resistencia al aislamiento y rigidez dieléctrica.
- Baquelita. No conduce la electricidad, es resistente al agua y los solventes.
- Aminoplásticos. Polímeros de urea y derivados. Como ejemplo se tiene la melamina.
- Poliésteres: Suelen emplearse en barnices.

Aunque existe una división de materiales plásticos, sus descripciones se salen del contexto de este trabajo. Centrando nuestro estudio en los materiales más usados a nivel de empresas locales, que se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Datos de materia prima

Material	Densidad (g/cm²)	Temperatura de derretido °C	Temperatura de transición de cristal °C
Polietileno de baja densidad	0.910 para 0.926	105 para 115	-90 para -80
Polietileno de alta densidad	0.940 para 0.972	130 para 135	-120 para -90
Polipropileno homopolímero	0.900 para 0.910	165 para 176	-10 para 0
Poliestireno homopolímero	1.04 para 1.200	Amorfo	80 para 113

Poliestireno de alto impacto	1.000 para 1.100	Amorfo	-60 para -20
Estireno	1.07 para 1.25	Amorfo	95 para 105
Acrilonitril	1.04 para 1.060	Amorfo	80 para 125

Fuente: Rivas (2020)

2.2.5 Automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- **Parte de Mando:** suele ser un autómeta 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.

2.2.5.1 Partes de un Sistema de Automatización

- **Sistema:** un sistema es una combinación de componentes de manera armónica que actúan conjuntamente para realizar una tarea específica. Una componente es una unidad en particular en función de un sistema. De ninguna manera limitado a los aspectos físicos, el concepto de sistema se puede ampliar en fenómenos dinámicos abstractos, tales como los que se encuentran en la economía, el transporte, el crecimiento de la población y la biología. Un sistema se llama dinámico si su salida en el presente depende de una entrada en el pasado; si su salida en curso depende solamente de la entrada en curso, el

sistema se conoce como estático. La salida de un sistema estático permanece constante si la entrada no cambia y cambia solo cuando la entrada cambia.

- **Disposición de un sistema autónomo:** un sistema autónomo cuenta con varios componentes que como su nombre lo dice hacen que un proceso tenga autonomía en toma de decisiones y que el conjunto de elementos que interactúan en el tengan plena armonía para realizar tareas específicas de manera adecuada.
- **Controlador:** es una de las partes fundamentales en el funcionamiento de un proceso automatizado ya que en él recae la toma de decisiones y el envío de instrucciones a los diferentes actuadores que se encuentran en el sistema, este envío de instrucciones depende en gran parte de las entradas y de los sensores que se encuentren en el proceso. Todo esto para que se ejecuten acciones correctivas o se realicen acciones secuenciales.
- **Planta:** sistema físico (mecánico, eléctrico, neumático, etc.) al cual se le controlan y se le monitorean, una o más variables pertenecientes a un proceso secuencial. Sensores o partes secundarias de control. Estos son los encargados de monitorear el proceso y los estados en los cuales se encuentra el proceso y son los encargados de enviar señales físicas y electrónicas para que se realicen tareas correctivas o simplemente se avance a la siguiente etapa del proceso.
- **Actuadores:** estos son elementos de un proceso automatizado de gran importancia ya que son los encargados de manifestar en acciones físicas la interpretación de señales que ha hecho el controlador ya sea para corregir algún inconveniente en el proceso o permitirle al mismo avanzar además estos elementos se pueden encontrar en un proceso como: motores, cilindros neumáticos, válvulas, pistones, ventiladores entre otros.

2.2.6 Sistemas de Control

En un sistema de aire acondicionado la función primordial de los controles es mantener las condiciones de diseño interior del ambiente (temperatura, humedad);

tomando en consideración que el sistema frecuentemente opera a carga parcial, pero es seleccionado para su operación en el día de diseño cuando se tiene la máxima carga térmica en dicho ambiente.

Todo sistema de control tiene tres partes indispensables: operador, sistema de control y planta. El operador indica los parámetros deseados al sistema de control, con comandos que se transmiten a actuadores que realizan la acción solicitada, es decir, lleva al sistema a los parámetros deseados. El sistema retroalimenta información sobre su estado mediante sensores, con el fin de notificar el valor actual y definir si es necesario corregir algún parámetro o, por el contrario, indicar que se encuentra en el valor deseado. Por último dicha información es mostrada al operador mediante una HMI.

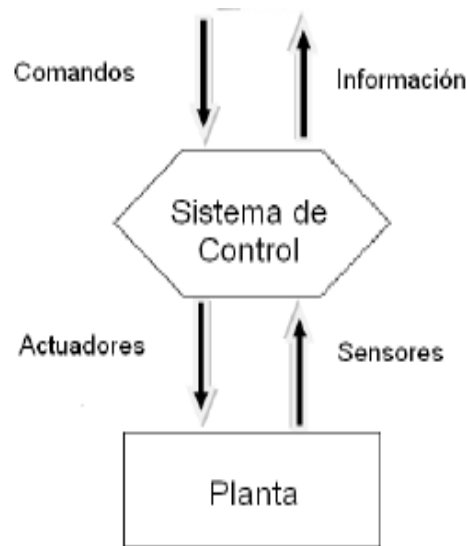


Figura 7. Esquema básico de un sistema de control.

Fuente: <http://www.equitek.com.mx/f/ERM-Enroscados-Tapa-Manual.jpg>

Dicho proceso se puede ver en la figura 7, y al analizarlo es claro que los sistemas de control buscan automatizar procesos industriales, es decir, se crean algoritmos para realizar tareas que son repetitivas en una planta.

2.2.7 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.

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico de estado sólido que puede controlar un proceso o una máquina y que tiene la capacidad de ser programado o reprogramado rápidamente según la demanda de la aplicación. Fue inventado para reemplazar los circuitos secuenciales basados en relés que eran necesarios para el control de las máquinas. El PLC funciona monitoreando sus entradas, y dependiendo de su estado, activando y desactivando sus salidas. El usuario introduce al PLC un programa, usualmente vía Software, lo que ocasiona que el PLC se comporte de la manera deseada. (Observar figura 8).



Figura 8. Controlador Lógico Programable.

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

Los PLC son usados en muchas aplicaciones: Maquinado de piezas, Embaladoras, Manipulación de materiales, ensamblaje automático, y en general

cualquier tipo de aplicación que requiera de controles eléctricos puede usar más bien un PLC.

2.2.7.1 Arquitectura Externa

Su arquitectura externa es la que permite comunicarse con los sensores y actuadores que se encuentran en la planta. Se identifican entre las principales partes tales como:

- Terminales de alimentación.
- Terminales de conexión de salidas.
- Leds indicadores del estado del PLC.
- Batería. Puerto de extensión (Modbus ASCII).
- Panel de leds indicadores del estado de E/S.
- Terminales de conexión de entradas.
- Memoria de EEPROM.
- Puerto de comunicación Tierra.

2.2.7.2 Arquitectura Interna

El PLC permite utilizar programas de programación para crear la lógica que controla un sistema. Las funciones de un PLC se repiten ordenadamente, para responder a cualquier cambio en las condiciones del sistema.

El PLC ejecuta continuamente un ciclo automático, llamado “Tiempo de Barrido”. La Unidad de Procesamiento Central (CPU) del PLC se compone de cuatro unidades funcionales:

- Unidad de Entradas.
- Unidad de Salidas.
- Unidad Lógica.
- Unidad de Memoria.

Los cuatros unidades funcionales mencionadas anteriormente se en comunican entre sí como de lo muestra en la figura 9.

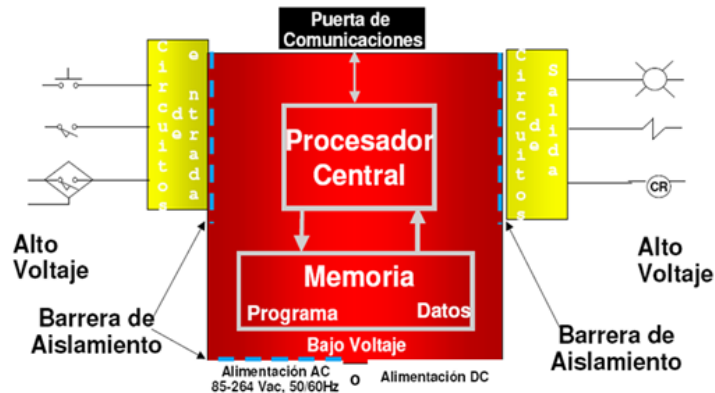


Figura 9. Unidades funcionales del PLC

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>.Pag 102

Las entradas y salidas son los elementos que conectan al procesador central (CPU) del PLC con el proceso que se va a controlar.

- **Unidad de Entrada:** proporciona el aislamiento eléctrico necesario y realiza el acondicionamiento de las señales eléctricas de voltaje, proveniente de los switches de contactos ON – OFF del campo o de convertidores analógicos digitales. Las señales se adecuan a los niveles lógicos de voltaje de la Unidad Lógica.
- **Unidad de Salida:** acepta las señales lógicas provenientes de la Unidad Lógica, en los rangos de voltaje que le son propios y proporciona el aislamiento eléctrico de los switches de contactos, tiristores en señales digitales y por transistores en señales analógicas que se comandan hacia el campo.
- **Unidades de entradas y salidas:** son funcionalmente iguales a los bancos de relés, que se empleaban en los antiguos controladores lógicos de tipo tambor. La diferencia radica en que las unidades de entrada de los PLC son de estado sólido mientras que las salidas pueden ser de tipo relé como de tiristores dependiendo la acción que se necesita ejecutar en el campo si son salidas digitales y por transistores si son salidas analógicas.
- **Unidad Lógica:** está basada en un microprocesador, es el corazón del PLC. Ejecuta las instrucciones programadas en memoria, para desarrollar los

esquemas de control lógico que se especifican. Dentro de la unidad lógica se encuentra la memoria que almacena los códigos de mensajes o instrucciones que ejecuta la unidad lógica. La memoria se divide en (PROM o ROM) que es solo de lectura y RAM que es de acceso aleatorio. Por medio de estas memorias, se puede utilizar un PLC en procesos diferentes sin necesidad de readecuar o transformar el equipo; solo se debe modificar el programa. Para el control de un proceso BATCH, se pueden almacenar varias recetas en la memoria y acceder aquellas que interesa.

- **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.

2.2.7.3 Programación del PLC.

Por su condición de programable, es necesaria la intervención de un operador humano que defina cómo ha de evolucionar el proceso y que intercambie información con el autómatas. El lenguaje de programación puede definirse como "el conjunto de símbolos y textos, entendibles por la unidad de programación, que utiliza el usuario para codificar sobre un autómatas las leyes de control que desea". Asimismo, el lenguaje de explotación se definiría como "el conjunto de comandos y órdenes que, desde la CPU u otro terminal adecuado, puede enviar el usuario para conocer el estado del proceso, y en su caso para modificar alguna variable". En la tarea de programación del autómatas, han de seguirse los siguientes pasos:

1. Establecer mediante un diagrama de flujo, una descripción literal o gráfica que indique qué es lo que se quiere que haga el sistema y en qué orden.
2. Identificar las señales de E/S del autómatas.

3. Representar de forma algebraica (instrucciones literales o de textos) o gráfica (símbolos gráficos) un modelo del sistema de control con las funciones que intervienen, con las relaciones entre las mismas y con la secuencia a seguir.
4. Asignar a cada uno de los elementos que figuran en el modelo direcciones de E/S o internas.
5. Codificar la representación del paso 3 en instrucciones o símbolos entendibles por la unidad de programación (lenguaje de programación).
6. Transferir el conjunto de instrucciones escrito en la unidad de programación a la memoria del autómata.
7. Depurar, poner a punto el programa y guardar una copia de seguridad.

2.2.8 Lenguajes de Programación de un PLC.

Para controlar un determinado proceso, el autómata realiza sus tareas en base a una serie de sentencias o instrucciones establecidas en un programa que se escribe en un lenguaje de programación, estos lenguajes permiten simplificar la creación de programas debido a su fácil descripción de las instrucciones que ha de ejecutar el procesador.

La norma IEC 61131-3 es la encargada de estandarizar los lenguajes de programación, para definirla han participado empresas internacionales con experiencia en el área de automatización industrial. El resultado ha sido tablas de características con la especificación de la sintaxis y semántica unificada de lenguajes de programación, incluyendo el modelo de software global y sus lenguajes estructurantes.

2.2.8.1 Lenguajes gráficos

Son la representación basada en símbolos gráficos, de tal forma que según la disposición en que se encuentran cada uno de estos símbolos y en conformidad a la sintaxis que lo gobierna, expresa una lógica de mando y control, estos son:

- Diagrama de Escalera o contactos (Diagram Ladder, LD).
- Diagrama de Bloques Funcionales (Function Block Diagram, FBD).

2.2.8.2 Lenguajes textuales

Son el conjunto de instrucciones compuesto de letras, códigos y números de acuerdo a una sintaxis establecida, se considera un lenguaje de menor nivel que los gráficos y se utilizan para programar pequeños PLC cuyos programas no son muy complejos en modo gráfico, ellos son:

- Lista de Instrucciones (Instruction List, IL).
- Texto Estructurado (Structured Text, ST).

2.2.8.3 Gráfico funcional secuencial (SFC)

Llamado también Grafcet, es un lenguaje gráfico que describe las secuencias de un proceso y de un programa de control. Los elementos básicos son etapas y transiciones interconectadas por medio de enlaces directos. Cada etapa lleva asociados un conjunto bloques de acción que permiten realizar el control del proceso, y cada transición va asociada a una condición de transición que cuando se cumple causa la desactivación de la etapa anterior y la activación de la siguiente. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos.

2.2.9 Interfaz de usuario HMI (Human Machine Interface)

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. 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.

2.2.9.1 Tipos de Interfaz

Actualmente los siguientes tipos de interfaz son conocidos:

- **Interfaz gráfica de usuario (GUI Graphics User Interfaces):** que permiten comunicarse con el ordenador de una forma muy rápida e intuitiva.

- **Touch interfaces:** son interfaces gráficas de usuario mediante una pantalla táctil con una combinación de dispositivos de entrada y salida. Se utiliza en muchos tipos de procesos industriales, máquinas de autoservicio, etc. Hay que tener en cuenta que un sistema SCADA realiza un control supervisorio y de adquisición de datos, de ahí su nombre mientras que un HMI es una interface Hombre Máquina que usualmente es para visualización del proceso y arranque y para de las máquinas.

2.2.9.2 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.

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 cinco 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.

2.2.10 Software STEP 7 BASIC V11

Es el software de ingeniería más conocido y utilizado en la automatización industrial en todo el mundo. La misma que ha facilitado la automatización de varios procesos industriales, optimizando tiempos de producción, aumentando la producción, disminuyendo costos con la mínima intervención del operario.

Además, cabe recalcar que el software STEP 7 BASIC V11 es exclusivo de SIEMENS. (Ver figura 10)



Figura 10. Software STEP 7 BASIC V11.

Fuente: (I IA AS S MP, 2012 pag. 4)

Con el STEP 7 BASIC V11, la gestión de variables es una tarea de fácil resolución, una vez definidas las variables quedan directamente a disposición de todos los editores. Además garantiza la propagación inmediata de todas las modificaciones de variables en el conjunto del proyecto.

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.

2.4 Definición de términos básicos

Actuadores: estos son elementos de un proceso automatizado de gran importancia ya que son los encargados de manifestar en acciones físicas.

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.

Hardware: Componentes físicos de un ordenador. Parte física de un ordenador incluyendo los componentes eléctricos/electrónicos (dispositivos y circuitos), componentes electromecánicos (unidad de discos), componentes metálicos (armario).

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.

Instrucciones: cada una de las órdenes de trabajo de un programa, pudiendo ser de tipo aritmético, lógicas, memorias. E/S (entradas/salidas) y otras.

Lenguaje: también llamado como código de la máquina, es el medio que interpretan los microprocesadore

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico de la investigación se puede definir como la explicación de los mecanismos que se utilizan para analizar la problemática que se presente en una investigación. Arias, F. (2012), según el marco metodológico expresa que: “La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “cómo” se realizará el estudio para responder al problema planteado.” (pág. 110).

3.1 Tipo de Investigación

Con lo que respecta al tipo de investigación, Tamayo, M (2003) expresa que una investigación descriptiva “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 cómo 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.”

El autor Arias, F. (2012) afirma que: “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. (pag.24).

En relación con lo expresado anteriormente, se dice que la presente investigación se puede calificar como documental – descriptiva, ya que la misma, 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 industria, lo cual en este caso es automatizaciones de máquinas para la inyección de plástico

3.2 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 de campo, según el autor (Fidias G. Arias (2012), define: “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de todos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variables algunas, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes”.

3.3 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 el autor Palella y Martins (2010), define:

“El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa”. (pag.86).

Según el autor Palella y Martins (2010), define: 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. (pag.88)

3.4 Población y Muestra

3.4.1 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 tomará de la empresa, específicamente en el área del proceso de inyección junto a todos los elementos que la componen entre ella.

3.4.2 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). Cabe destacar que la muestra es la máquina de inyección de plástico Nouva Plastic metal, modelo PM100

3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

Es el medio por el cual el investigador facilita la recolección de datos, valiéndose del mismo para obtener la información necesaria. Hurtado, J. (2010), concluye que:

“Los aspectos metodológicos se desarrollan a lo largo del marco metodológico y se evidencian en las técnicas utilizadas para la recolección de datos y para el análisis de resultados... Las técnicas son modos específicos de hacer algo. Por ejemplo, algunas técnicas de recolección de datos son la entrevista y la observación”. (pág. 105 y 110).

La presente investigación, tiene como técnica la entrevista estructurada, la cual, según Arias, F. (2012) define que:

“Es la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado. En este caso, la misma guía de entrevista puede servir como instrumento para registrar las respuestas, aunque también puede emplearse el grabador o la cámara de video”. (pág. 73).

Por ello, es importante destacar que los investigadores utilizarán la entrevista estructurada como técnica de recolección de datos, seleccionando la muestra finita antes planteada, para así aplicar la misma, obteniendo entonces los resultados que se desean lograr.

De igual forma, la observación directa es una técnica por el cual el investigador se vale para obtener, tal y como lo dice su nombre, la información directa del análisis que se desea desarrollar. Hurtado, J. (2010) cita: “La observación directa y natural de los hechos es el punto de partida del método del empirismo. Según Bacon esta observación debe hacerse dejando de lado los prejuicios, a los que este autor llamó ídolo”. (pág. 112).

El presente trabajo de investigación se vale de la observación directa, específicamente en la problemática que se presenta en la empresa. De esta manera se podrá obtener un posible diagnóstico de todas las variables operativas para el diseño de la automatización de la máquina de inyección de plástico Nouva Plastic Metal, Modelo PM 100.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Un instrumento sirve como recurso material que se relaciona con el individuo al cual se le hace el análisis. Para Arias, F. (2012), los instrumentos: “Son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formatos de cuestionario, guía de entrevista, lista de cotejo, escalas de actitudes u opinión, grabador, cámara fotográfica o de video, etc.”. (pág. 111)

En la presente investigación, tiene como instrumento de recolección de datos la ficha de registro de información que será diseñada por los autores. Esta ficha será diseñada tomando en consideración los objetivos de la investigación, a su vez estará constituida por preguntas cerradas, dicotómicas. Cabe destacar que dicho instrumento será empleado a la muestra determinada como se muestra en la siguiente figura.

1. ¿Trabaja en la línea de inyección de plástico con maquinarias de inyección?
SI__ NO__
2. ¿Conoce la maquina de inyección de plástico Nouva Plastic metal, modelo PM100?
SI__ NO__
3. ¿La máquina de inyección de plástico Nouva Plastic Metal, modelo PM100 se encuentra operativa?
SI__ NO__
4. ¿Todos los equipos eléctricos que la conforman se encuentran funcionales?
SI__ NO__
5. ¿Conoce las fallas que presenta la máquina de inyección de plástico Nouva Plastic metal modelo pm 100?
SI__ NO__
6. ¿Puede mencionar los equipos internos de la máquina Nouva Plastic metal modelo pm100 que se encuentren obsoletos y/o fuera de funcionamiento?

7. ¿Sabe cuánto tiempo tiene la maquina de inyección de plástico Nouva Plastic metal modelo pm100 fuera de funcionamiento? De ser afirmativa especifique el tiempo.
SI__ NO__ TIEMPO_____
8. ¿Considera beneficioso reactivar una maquina como la Nouva Plastic metal, modelo pm 100 a la línea de producción?
SI__ NO__
9. ¿Considera que la automatización para una maquina como la Nouva Plastic metal, modelo PM100 es una forma positiva de reactivar e incrementar la productividad, la calidad y eficacia en la línea de producción?
SI__ NO__

Fuente: Rivas (2021).

3.6 Fases de la Investigación

Fase I: “Diagnosticar la situación actual de la máquina de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100”.

Actividades:

- Se examino 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.
- Se realizo la revisión documental del funcionamiento de una máquina de inyección de plástico.

Fase II: “Determinar las variables del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100”

Actividades:

- Se realizo una lista de variables en la cual se determinarán 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: “Diseñar la automatización del Sistema y Control del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100”

Actividades:

- Mediante la información obtenida, se realizó la selección de automatización para dicho proceso, para que sea posible su futuro desarrollo.
- Se realizo el diagrama de escalera de la programación del PLC.
- Se realizo un HMI (Interfaz Hombre Máquina), para la visualización de ciertas variables.

Fase IV: “Realizar un estudio de costo y beneficio para la automatización del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100”.

Actividades:

- Se evaluó el costo y beneficio sobre la automatización e instrumentos a utilizar para que sea posible su futuro desarrollo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Fase I: Diagnosticar la situación actual de la máquina de inyección de plástico Nouva Plastic Metal, Modelo PM 100

4.1.1 Observación Directa

Dentro de los diferentes procesos comerciales que existen para transformar los plásticos, la inyección es uno de los más importantes, tanto por la gran variedad de formas que se pueden obtener como por la utilidad que se genera en cada producto. Es por ello que las industrias dedicadas a la fabricación de maquinaria de inyección han tratado de eficientizar al máximo todas sus funciones para generar mayores utilidades, aunque el proceso sigue siendo el mismo, la disposición de los mecanismos, así como de su sistema de control ha tenido cambios muy significativos que no se aprecian en la distancia, pero si se refleja en la productividad.

El sistema actual del proceso del funcionamiento de la máquina de inyección de plástico Nouva Plastic Metal, Modelo PM100, está basado en un ciclo donde cada periodo consume un número determinado de segundos, durante este ciclo entran alternativamente las distintas partes de la máquina de forma discontinua. El proceso comienza cuando el material plástico es alimentado a una tolva en forma de pellets, pasa al cilindro o cañón de inyección, donde por la acción de una serie de resistencias se le adiciona un calor controlado dependiendo del tipo de material, además con el giro del husillo se le aplican esfuerzos de fricción que generan más calor y el polímero se funde, se homogeneiza y se transporta hasta la punta de la unidad de inyección. (Ver figura 11).

El transporte constante del material crea una presión en la parte frontal, que es compensada con el retroceso del husillo, que va tomando la posición previa hasta entrar en contacto con el orificio que le permitirá el avance del material

fundido hacia el interior del molde, llamado bebedero. El molde que ya se encuentra perfectamente cerrado y bajo la presión de la unidad de cierre, recibe el material inyectado a presión por el movimiento repentino del husillo que, funcionando como un embolo, empuja el fluido por la boquilla hacia el bebedero y de ahí a todo el interior del molde. Una vez lleno, el husillo mantiene una presión constante para evitar que el material que fue forzado a entrar regrese y se formen encogimientos en la pieza al término del enfriamiento.

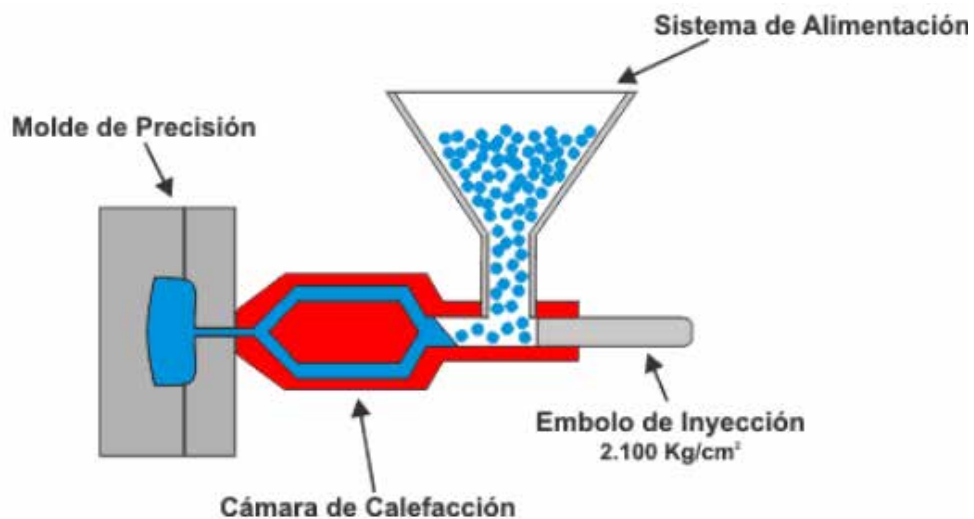


Figura 11. Ciclo de Moldeo

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>.Pag 102

El sistema de enfriamiento del molde debe trabajar efectivamente durante el tiempo que se aloja la resina fundida en el molde, con la finalidad de solidificar la pieza lo antes posible y poder iniciar el ciclo siguiente cuanto antes, en beneficio de la productividad del proceso de inyección.

Después de haber estudiado el funcionamiento de la máquina de inyección de plástico Nouva Plastic Metal, Modelo PM100, se hace el estudio de cómo se encuentra el estado actual de la máquina la cual esta se encuentra totalmente parada puesto que no tiene el controlador lógico programable para ponerla en funcionamiento. Primeramente, para realizar el diagnóstico se observaron todas las partes y equipos

eléctricos que la componen, se pudo notar que el motor y la bomba que se encuentran operativos pero estos mismos necesitan mantenimiento.

Por otro lado, como se había mencionado antes el equipo no cuenta con una tarjeta de control ya que esta no se encuentra, puesto que anteriormente han ido pasando varios técnicos a hacer las reparaciones y se han ido perdiendo muchos componentes importantes de la máquina, la cual son necesarias para que se pueda poner en funcionamiento, lo que sí se pudo observar fue que los indicadores del panel de visión se encuentran operativos, pero esto amerita un cambio ya que el equipo está obsoleto.

También se pudo apreciar que las electroválvulas se encuentran eléctricamente operativas, pero cuando se hace transitar el fluido y se cierra, existe una fuga lo que indica que existe un desperfecto mecánico y necesita mantenimiento. Por último, en la maquina se observaron los indicadores de voltaje lo que permite que encienda y apeguen los relojes del sistema y estos mismo se recomiendan que se haga un reemplazo ya que en el mercado no se encuentran.

En la tabla 1 se puede observar el diagnóstico de la Máquina de Inyección de plástico Nouva Plastic Metal, Modelo PM 100 con más detalle.

Tabla 1. Diagnóstico de la Máquina de Inyección de Plástico Nouva Plastic Metal, Modelo PM 100

	Características	Situación Actual			Diagnóstico
		Estado	Agente Causante	Consecuencia	
Motor	Franklin Electric Potencia 7.5 Hp Trifásico 26.4A/ 240 V/ 60Hz	Operativo	-	-	Equipo necesita mantenimiento
Pirómetro	Tipo TROTEC Serial T1304060007-0056	Operativo	-	-	Actualmente amerita que hayan dos o más equipos

Husillo	Largo: 5.0 m Modelo: Thomson BSA	Operativa	-	-	El equipo necesita mantenimiento
Sensores de Temperatura	Tipo 1: CXTE-3000	Operativo	-	-	Evaluar la posibilidad de sustitución de los sensores de temperatura
Tarjeta de Control	-	No disponible	-	-	Evaluar la posibilidad de una sustitución de tarjeta de control por un PLC
Panel de Visión	-	inoperativo	-	-	Equipo obsoleto necesita restitución.
Bomba	Franklin Electric	Operativa	-	-	Mantenimiento general
Tolva	Diámetro: 0.75 m Altura: 2.0 m	Parada	Fugas por deterioro del material de la tolva	Perdida de material	Equipo necesita mantenimiento
Pistones	Neumáticos DNC	Operativa	-	-	El equipo necesita mantenimiento
Electroválvulas	Burket	Operativas	-	-	Las Válvulas, se encuentran eléctricamente operativas, pero mecánicamente necesitan mantenimiento
Bobinas	-	Operativas	-	-	Actualmente se necesitan más bobinas

					para reponer las pérdidas.
--	--	--	--	--	----------------------------

Fuente: Rivas (2021).

Nota: Las partes operativas de la maquina se encuentran en un estado de operatividad aceptable, pero debido al tiempo que estuvo el equipo sin funcionamientos y estas piezas en su mayoría cuentan con sellos de goma, o-rings de diferentes materiales que con el tiempo tienden a cambiarse se recomienda el mantenimiento preventivo para necesario para hacer el remplazo de todos los kits, entre ellos pistones, electroválvulas, así como los antes mencionados.

En la siguiente figura 12 se puede observar un plano de la maquina Nouva Plastic Metal, Modelo PM 100 la cual esta especificado las partes de la misma.

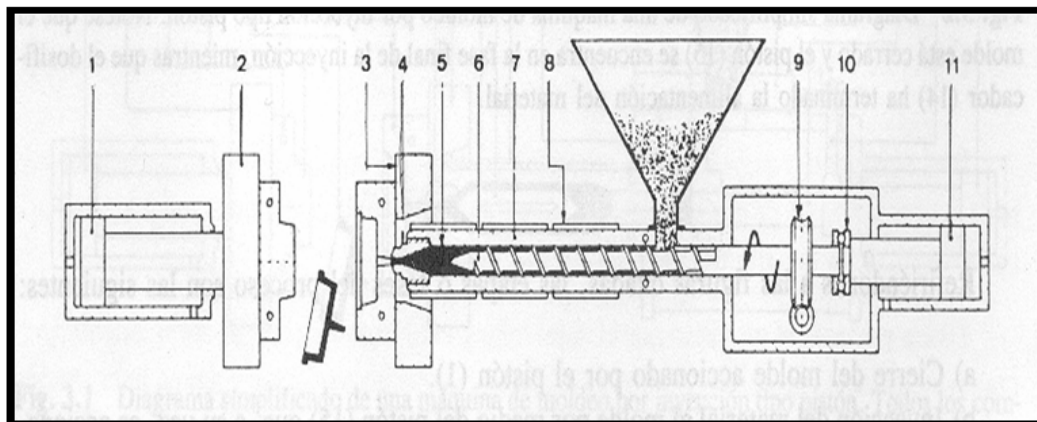


Figura 12. Plano de la máquina Nouva Plastic Metal Modelo PM 100.

Fuente: Rivas (2021).

1. Pistón de cierre del molde.
2. Platina móvil.
3. Platina fija.
4. Boquilla tipo libre.
5. Cámara de inyección.
6. Husillo de plastificación.
7. Cilindro de plastificación
8. Resistencia eléctrica para el calentamiento del cilindro.

9. Reductor que actúa la rotación del husillo
10. Balero (cojinete axial)
11. Pistón hidráulico de inyección.

4.1.2 Revisión documental del funcionamiento de una Máquina de Inyección de plástico Nouva Plastic Metal, Modelo PM 100.

Las posiciones relativas de las distintas unidades de la maquina pueden variar de unas máquinas a otras, si bien la posición normal es la que tienen las unidades de cierre y de inyección de forma horizontal. Las diferentes posiciones de la maquina toman en cuenta aspectos tales como; forma de trabajo, factibilidad de montaje del molde, factibilidad de manejo, accesibilidad a los dispositivos de la máquina, accesibilidad para el mantenimiento y superficie del suelo ocupada, entre otros. Para especificar las diferentes posiciones de las maquinas se toman en cuenta la unidad de cierre y la de inyección que representan las dos partes más importantes de la máquina. Las cuatro variaciones principales que se diferencian por la permutación de estas unidades en su posición vertical y horizontal son las siguientes:

- Inyección y cierre horizontal
- Cierre horizontal con inyección vertical
- Cierre e inyecciones verticales
- Cierre vertical e inyección horizontal

4.1.2.1 Unidad de Inyección

La unidad de inyección reúne todas las partes involucradas en la plastificación, mezclado y exposición a presión de este material para realizar la alimentación de las cavidades de los moldes. Existen básicamente cuatro tipos de unidades inyectoras, dependiendo del método de plastificación e inyección usado para su funcionamiento:

- Émbolo.
- Émbolo de 2 etapas.
- Husillo plastificante y émbolo.
- Husillo de inyección o reciprocante.

Ya que estos tipos de unidades tienen sustanciales diferencias a pesar de lograr el mismo fin a partir de materia prima similar, y a que la inyección con husillo reciprocante ha tenido una amplia aceptación desde que fue introducido hace unos 30 años, únicamente se describirá con detalle esta última ya que es el tipo de husillo que utiliza la máquina de inyección en estudio.

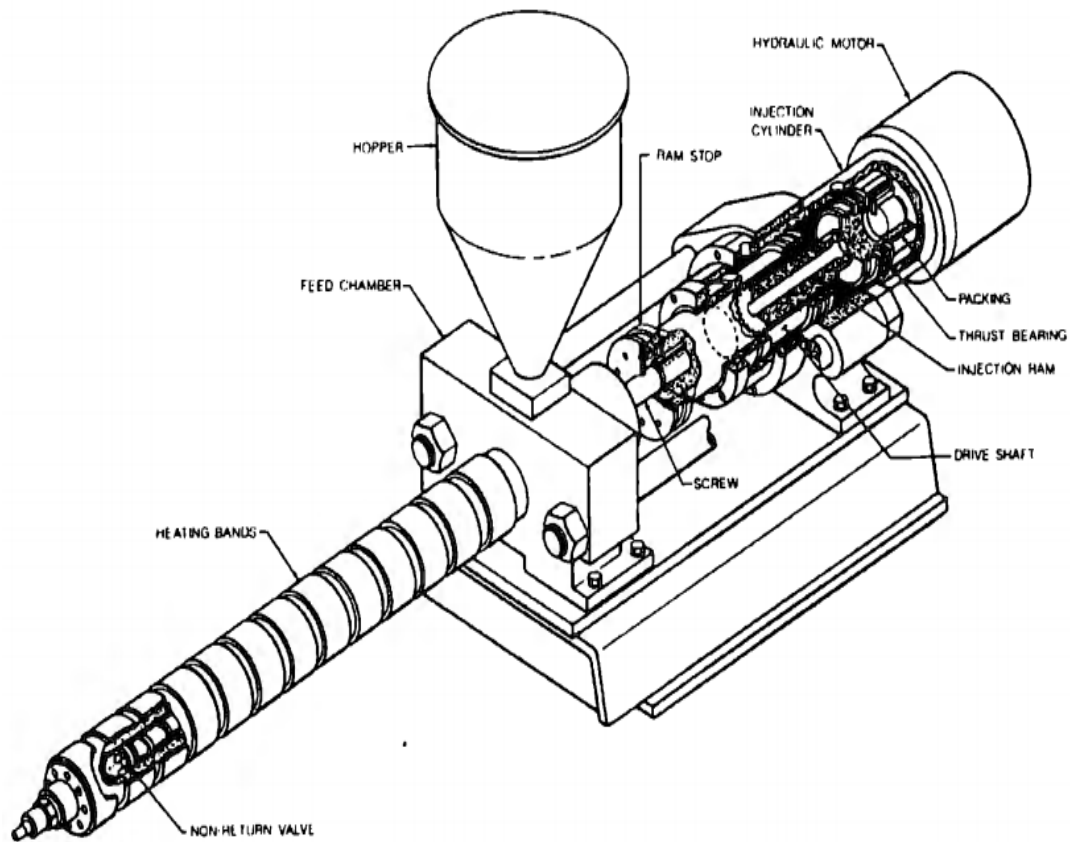


Figura 13. Unidad de Inyección de la Nouva Plastic Metal, Modelo PM 100

Fuente: Automatización de una Máquina de Inyección de Plástico. Pag. 38

La Unidad de Inyección de Husillo Reciprocante (figura 13) se compone de las siguientes partes:

- Tolva.
- Husillo y punta de husillo.
- Barril.
- Cabezal de cilindro.

- Boquilla.
- Elementos de calefacción (resistencias).

Tolva de Alimentación

La tolva de alimentación, al igual que en el proceso de extrusión, acumula una cantidad determinada de materia prima a procesar, la cual mantiene lista para dosificar en la etapa que la máquina lo requiera. Esta alimentación es intermitente, pero en general alimenta material de la misma forma que se hace en la extrusión. Es conveniente señalar que el tipo de tolva más encontrado es el más sencillo, debido a que los materiales que se transforman en mayor volumen no requieren de tratamientos especiales, por lo cual únicamente se puede llegar a requerir un sistema para la automatización de carga de materia prima.

Husillo

El husillo que se utiliza para inyección difiere con respecto al usado en extrusión, principalmente porque las resinas procesadas difieren en propiedades de fluidez entre un método y otro. Generalmente las resinas usadas en extrusión presentan una mayor viscosidad y por lo tanto un índice de fluidez menor, mientras que en el proceso de inyección requiere de plásticos que fluyan rápidamente, llenando las cavidades de los moldes. Sin embargo, el proceso de plastificación en el método de inyección es el mismo utilizado en la extrusión. Otra diferencia que se puede apreciar plenamente en un husillo de inyección es la disposición de las zonas de alimentación, compresión y dosificación

Tabla 2. Disposición de las zonas de alimentación, compresión y dosificación

ZONA	INYECCIÓN	EXTRUSIÓN
Alimentación	60%	20%
Compresión	20%	40%
Dosificación	20%	40%

Fuente: Automatización de una Máquina de Inyección de Plástico. Pag. 40

Así mismo, las puntas utilizadas en los husillos muestran una marcada diferencia.

Punta de Husillo

Durante la etapa de alimentación, el husillo gira y retrocede, plastificando y acumulando material en la parte frontal del cañón, al momento de la inyección el husillo avanza comprimiendo el plástico y lo obliga a pasar hacia el molde, con lo cual se establece una gran presión que hace que el material tienda a fluir entre los álabes para regresar a zonas intermedias de la unidad de inyección, esto no es conveniente, por lo que es disminuido o eliminado con el uso de diseños de punta de husillo que impidan este contraflujo.

- **Puntas de Paso Libre:** los diseños mencionados anteriormente deben ser elegidos dependiendo del tipo de material procesado, para materiales no estables a la temperatura se utilizan puntas de husillo que no impidan o modifiquen mucho el flujo del polímero hacia la parte frontal del barril. Esto se logra usando una punta ancha que deje una pequeña abertura entre ésta y el cuerpo del barril, con lo cual, al avanzar el husillo durante la inyección y al mantener una presión del plástico en el molde se reduce el retomo de material hacia partes anteriores del husillo, aunque no se evita completamente.
- **Puntas Anti Retorno:** otros diseños de puntas de husillos usados para plásticos de mejor estabilidad térmica son del tipo denominado válvulas de no retomo. Hay una gran variedad de diseños de este tipo, aunque la finalidad es la misma y el principio de funcionamiento es similar para todos, consistiendo en una punta con un elemento móvil. Durante la alimentación del material la posición de este elemento móvil es tal que deja un canal libre por donde el plástico fundido fluye para almacenarse en la zona frontal del cañón. Al momento de la inyección en que avanza el husillo para bombear el material, el elemento móvil se retrae, cerrando los canales de flujo y evitando casi por completo el retroceso de material, haciendo más efectivo el funcionamiento del husillo al trabajar como pistón.

Cañón o Barril

El barril es el elemento que trabaja conjuntamente con el husillo en las labores de plastificación y transporte del material desde la zona de alimentación hasta el extremo opuesto de la unidad de inyección. Esta parte del equipo, al igual que los cañones usados en extrusión, deben tener una construcción resistente tanto a las presiones internas generadas, a las temperaturas de trabajo y a los desgastes provocados por la constante fricción de los materiales polímeros procesados, así como eventuales corrosiones promovidas por la degradación de material o por la naturaleza química de ciertos aditivos. La superficie interna, por lo tanto, debe llevar un tratamiento especial para aumentar su dureza y resistencia.

Los tratamientos superficiales usados comúnmente en estos cañones son:

- Gas nitrurado.
- Ion nitrurado.
- Endurecido de superficie
- Cromo plateado
- Construcción bimetálica
- Otros

De estos, los más usados son los nitrurados (gas o ion) y la construcción bimetálica. Comparativamente la construcción bimetálica ofrece el mejor comportamiento ante los problemas de desgaste, pero los costos de cada tipo de tratamiento de superficie, conjugado con la durabilidad y resistencia del equipo serán las variables que intervengan en la toma de decisiones.

Boquillas

La boquilla es el canal de dosificación del material fundido desde el cañón hacia el bebedero del molde; mecánicamente, la importancia de su diseño radica en tener que resistir la presión con la que se recarga contra el molde sin sufrir desgastes. Esta presión es necesaria para evitar el escape del material en la zona de unión boquilla-molde, los cuales deben sentar perfectamente.

La unidad de inyección debe tener siempre una boquilla, la cual debe caer dentro de dos tipos generales:

- a) **Boquillas Abiertas:** Este tipo de boquillas son las más sencillas de funcionamiento, constando únicamente de un canal de salida del material hacia el bebedero del molde teniendo siempre este canal abierto, al tener siempre libre el paso del material, se presenta el caso de que una cierta cantidad de material fluye hacia el exterior cuando el ciclo no está en la etapa de inyección. Esta situación es favorable únicamente en los casos en que se está procesando un material que requiera un manejo térmico delicado, como el PVC, las resinas termofijas o los elastómeros. Así, el drene del material de la punta que puede sufrir degradación por el calentamiento prolongado u oxidación por contacto con la atmósfera garantiza que la calidad del primer material que sea inyectado en el siguiente ciclo de moldeo. Una ventaja más de este tipo de boquilla es su bajo costo y su corta longitud a diferencia de otros tipos de boquillas.
- b) **Boquillas de Apertura Controlada:** Estas boquillas, a diferencia de las anteriormente descritas, únicamente permiten el paso del material fundido al exterior cuando la unidad de inyección se encuentra en posición de llenar el molde, evitando el derrame de material en etapas intermedias. Existen dos tipos principales de estas boquillas:
- Boquillas de apertura controlada por ciclo.
 - Boquillas de apertura con control separado.

En el primer tipo, se puede hablar de dispositivos ideados para responder en el momento en que el ciclo exige que la boquilla se abra para expulsar el plástico, esto es, cuando la punta de la boquilla se recarga contra el bebedero del molde o cuando el husillo avanza y eleva la presión en el interior del barril. Se puede decir en general que estos dispositivos son sensibles a las condiciones del proceso. Por otro lado, las boquillas del segundo tipo son abiertas o cerradas mediante mecanismos externos, siendo posible abrir la boquilla sin que exista

presión en el cilindro ni este acoplada al bebedero del molde. En ambos casos, estas boquillas resultan de mayor costo que las abiertas, tienen mayor longitud y las labores de mantenimiento son mayores, sin embargo, sus ventajas las hace recomendable para el proceso de determinados materiales.

4.1.2.2 Moldes

Aunque el proceso de inyección requiere indispensablemente de la presencia de un molde, éste es considerado como un accesorio y no como parte constituyente de un equipo de inyección, debido a que este puede tomar infinidad de formas, de acuerdo al tipo de pieza que se quiera fabricar. En una forma simple, un molde se compone de dos partes las cuales tienen una cara común que las acopla perfectamente entre sí, mientras que en la otra cara van montadas, una en la platina fija y la otra mitad en la platina móvil.

Durante un ciclo de inyección, cuando el material de la unidad de inyección está completamente plastificado, la platina móvil se traslada en dirección de la platina fija hasta que las dos mitades del molde se encuentran y forman una sola pieza, con la ayuda de la unidad de cierre. En este momento la unidad de inyección expulsa el plástico, que pasa por la boquilla y de ahí al bebedero, que es el primer canal del molde que tiene contacto con el plástico fundido, posteriormente el recorrido depende de la pieza o piezas que se estén moldeando.

Cuando se trata de moldes para la producción de una pieza por ciclo, el material plástico pasa directamente del bebedero a la cavidad que tiene la forma de interés, hasta llegar al último rincón del molde. Normalmente sucede así para piezas medianas y grandes de entre 50 y 100 gramos y mayores, donde un molde de varias cavidades resultaría muy grande y, por consecuencia necesitaría de una máquina de inyección más grande y por tanto más costosa. Existen dos tipos de molde clasificados así por la forma en que se vierte el plástico en ellos:

- a) **Moldes convencionales:** Para la fabricación de piezas chicas, tales como tapones, botones, broches, etc., los moldes de una cavidad resultarían extremadamente improductivos, pues generalmente la producción de este tipo

de piezas requiere de volúmenes elevados. La solución a estos casos, es fabricar moldes donde más de una pieza se produzca en el mismo ciclo, en este caso, el plástico fluye del bebedero del molde a unos canales auxiliares llamadas correderas, que conducen el material a cada una de las cavidades, las cuales deben quedar completamente saturadas al mismo tiempo.

En el caso más simple de moldes de múltiples cavidades, el producto final sale acompañado del plástico que permanece en las correderas, llamadas también venas, siendo necesaria una separación de la pieza de interés de las venas (conocido como colada fría), lo cual exige del tiempo de un operario y de una operación de molienda de la colada fría para poder reintegrarse nuevamente a la máquina de inyección en vez de desecharse, lo cual elevaría en alto grado el precio del producto. Otro aspecto que se debe considerar es que no todos los gramos son totalmente aprovechados para la constitución de una pieza útil, con lo cual la capacidad de la máquina se ve disminuida.

- b) **Moldes de colada caliente:** Para eliminar el uso de correderas auxiliares, se han introducido con éxito los llamados moldes de colada caliente. En su construcción este tipo de moldes cuenta con elementos calefactores que mantienen las correderas siempre fluidas, a pesar de que el resto del molde se esté enfriando, esto consigue que al abrirse el molde solo sea expulsada la pieza útil formada, mientras que las correderas que distribuyeron el material para las diversas cavidades acumulan material para el siguiente ciclo de inyección.

Esto tiene como principales ventajas, que se puede utilizar la capacidad total de plastificación de la máquina en producir piezas efectivas, reducir un poco el ciclo de inyección al suprimir el tiempo necesario para llenar las correderas, pero sobre todo, el poder omitir la necesidad de moler y realimentar el material de coladas frías, pues como se sabe, el material va perdiendo sus propiedades originales a medida que se reprocessa. A esta serie de ventajas se contraponen el hecho de que este tipo de moldes, por su complejidad, requiere de una inversión obviamente superior a la necesaria para un molde similar con colada fría.

4.1.2.3 Sistemas de Expulsión

Después de que se ha inyectado la pieza y se ha enfriado, independientemente del molde utilizado, la platina móvil retrocede, exponiendo la pieza plástica terminada. Debido a cierta adherencia mostrada por el plástico hacia el metal y por las formas del molde, es muy difícil que la pieza caiga por si misma al separarse las dos partes del molde. Esta situación se soluciona al agregar un sistema de expulsión de la pieza formada y consta de un número determinado de vástagos que son parte de la cavidad de inyección y que durante la apertura del molde se levantan por medio de sistemas mecánicos para separar la pieza plástica del molde.

En algunas ocasiones estos sistemas de expulsión toman la forma de anillos, principalmente al tratarse de piezas de proyección circular como cubetas, charolas, etc. En la práctica es común encontrar estos sistemas de expulsión, llamados también botadores, sobre la platina móvil debido principalmente a que en esta parte de la máquina es más sencillo colocarlos, pues se tiene más espacio de trabajo.

4.1.2.4 Unidad de Cierre

La unidad de cierre está diseñada para mantener firmemente cerrado el molde durante el momento en que es inyectado el material plástico y para evitar, por una parte los sobrantes y rebordes de material, y por otra cuidar la integridad del molde evitando cierres bruscos o presiones excesivas; este sistema ha sufrido varias modificaciones desde los primeros modelos de máquinas producidas. La evolución de estos sistemas de cierre ha llegado en la actualidad a tres mecanismos básicos:

- a) **Sistemas de cierre mecánico:** Los sistemas de cierre mecánico se encuentran representados por los mecanismos de rodillera (figura 14). En este caso, un sistema mecánico similar al sistema de articulaciones de cualquier vertebrado utiliza para aplicar una fuerza, se utiliza para aplicar y sostener el molde en su posición al momento de inyección.

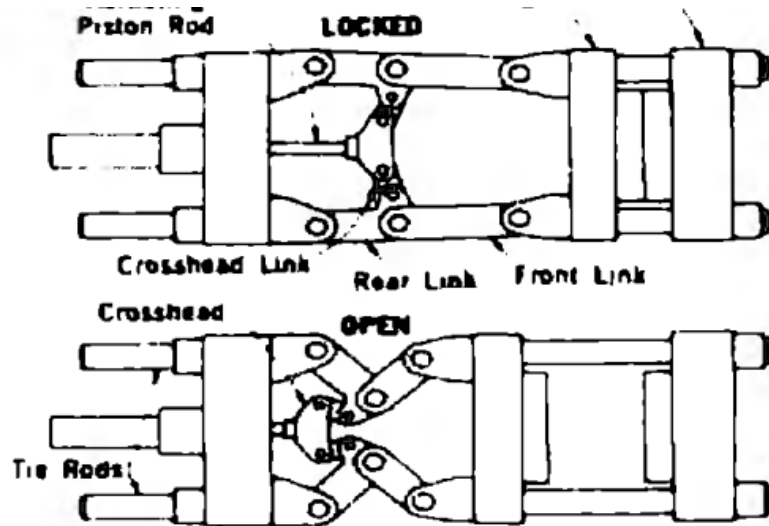


Figura 14. Sistema de Cierre Mecánico

Fuente: Automatización de una Máquina de Inyección de Plástico. Pag. 50

- b) **Sistemas de Cierre Hidráulico:** en los sistemas hidráulicos, el cierre de molde y la presión ejercida durante la inyección es creada por medio de un pistón hidráulico, el cual es accionado por medio de aceite a elevada presión. (figura 15).

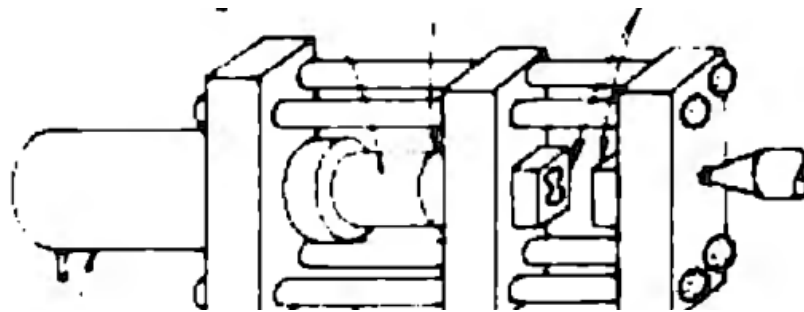


Figura 15. Sistema de Cierre Hidráulico

Fuente: Automatización de una Máquina de Inyección de Plástico. Pag. 50

- c) **Sistemas de Cierre Hidromecánico:** Este sistema es una combinación de los dos anteriores, esta conjugación pretende tomar las ventajas de ambos para un cierre de molde más efectivo. Inicialmente por medio de mecanismos (generalmente de rodillera) se cierra el molde parcialmente a una presión muy

baja, terminando el trabajo un sistema hidráulico que actúa ejerciendo la presión final que el molde tiene que soportar en la etapa de inyección y sostenimiento. (figura 16).

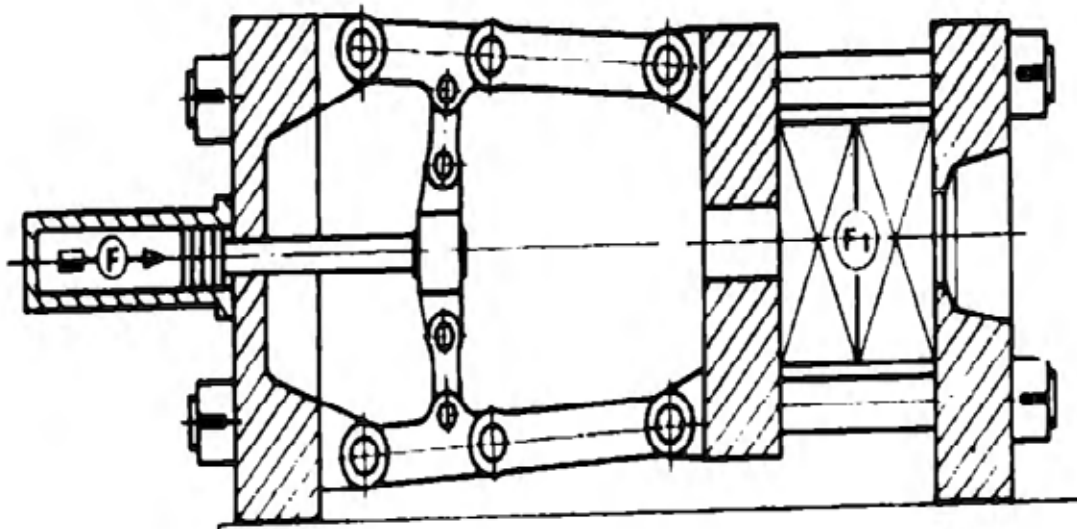


Figura 16. Sistema de Cierre Hidromecánico

Fuente: Automatización de una Máquina de Inyección de Plástico. Pag. 50

4.2. Determinar las variables del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100

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.

Con el objetivo de adaptarse a las exigencias de calidad, precisión de las piezas, características del molde y del material termoplástico que se utilice, en una máquina de moldeo por inyección, todos los parámetros del ciclo de trabajo pueden variarse y regularse. Los parámetros que deben regularse en una máquina de inyección en función de las características anteriormente mencionadas son las siguientes:

1. Velocidad del cierre del molde.

2. Velocidad de apertura del molde.
3. Carrera de la platina móvil.
4. Fuerza de cierre del molde.
5. Espesor del molde (distancia entre platinas).
6. Tiempo entre ciclos (reciclo).
7. Velocidad de inyección.
8. Velocidad de plastificación (rpm velocidad del husillo).
9. Carrera de inyección y espesor del colchón.
10. Presión de inyección (presión de llenado).
11. Presión de inyección (pospresión o presión de sostenimiento).
12. Tiempo de sostenimiento (pospresión).
13. Contrapresión sobre el husillo.
14. Tiempo de solidificación del material inyectado en el molde.
15. Carrera de separación de la boquilla al molde.
16. Temperatura del cilindro de plastificación.
17. Temperatura de la boquilla.
18. Temperatura del molde (medio molde fijo y móvil).
19. Carrera de extracción.
20. Velocidad de extracción.
21. Fuerza de extracción.

Algunos de estos parámetros requieren una regulación predeterminada fácil de ajustar, otras en cambio son confiadas a la habilidad del operador que efectúa el ajuste de la máquina. De estos últimos lo más crítico son:

1. Carrera de inyección.
2. Velocidad de inyección.
3. Tiempo de inyección.
4. Presión de sostenimiento de inyección.
5. Velocidad del husillo.
6. Tiempo de ciclo.

Todos los dispositivos para la variación de estos parámetros deberían poder registrarse en la unidad de control de la máquina que por su avance tecnológico pueden ser de tipo digital o análogo. El registro completo de los datos necesarios para el funcionamiento de la máquina de inyección debería poder ser registrados en la memoria de la maquina o en caso contrario por medio de formatos establecidos por el operador. Sin embargo, no debemos olvidar que factores externos como la calidad del material termoplástico inyectado y factores ambientales como la temperatura ambiental y la humedad pueden afectar estos ajustes.

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”.

A rrfcontinuación, se puede observar las características técnicas determinantes para la máquina de inyección de plástico Nouva Plastic Metal, Modelo PM 100.

Tabla 3. Especificaciones de la Unidad de Inyección

Descripción del Moldeo	SM-50			SM-90			SM-120			SM-150		
	Tamaño de disparo	2.0	2.5	3.1	3.1	4.2	5.5	4.8	6.5	8.2	7.2	9.0
Diámetro del Husillo (mm)	25	28	31	31	36	41	89	120	156	135	186	234
Presión de Inyección	2150	1710	1390	2160	1600	1230	2190	1590	1270	1990	1580	1240
Velocidad de Inyección	37	46	56	53	72	93	59	82	103	80	101	129
Movimiento del Husillo	130			130			155			170		

Velocidad del Husillo rpm	0-160			0-200			0-190			0-160		
Capacidad de plastificación	4.0	5	6.2	9.5	12.9	16.7	13.2	18.1	22.8	16.6	20.9	26.8

Fuente: Rivas (2021).

Tabla 4. Especificaciones de la Unidad de Cierre

Descripción del Moldeo	SM-50	SM-90	SM-120	SM-150
Fuerza de cierre (ton)	50	90	120	150
Movimiento de apertura (mm)	220	270	0-190	0-160
Máxima apertura de platinas (mm)	540	620	710	800
Altura de molde (Min-Max) mm	100-320	125-350	150-400	160-450

Fuente: Rivas (2021).

Tabla 5. Especificaciones Generales.

Descripción del Moldeo	SM-50	SM-90	SM-120	SM-150
Motor de la bomba KW (Hp)	7.5(10)	11(15)	18.5(25)	22(30)
Capacidad de calentamiento KW	5.2	7.8	9.3	10
Presión del Sistema	140	140	140	175

Capacidad del Tanque	150	200	200	200

Fuente: Rivas (2021).

Por último la mayoría de las dificultades se presentan son en los tiempos de para los ciclos de moldeo, el cual esto 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”. Es por eso que a continuación explicaremos algunos tiempos que están en el proceso de control para la automatización de la máquina.

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.

En la siguiente tabla se puede observar los tiempos para un ciclo de proceso de inyección.

Tabla 6. Tiempos para los procesos de Inyección

Tiempos	Valor
Tiempo de cierre del molde	0.8 s
Tiempo de acercamiento de la boquilla	0.25 s
Tiempo de llenado o de inyección	1s
Tiempo de presión de sostenimiento	1.5s
Tiempo de solidificación	5s

Tiempo de retiro de la boquilla	0.25 s
Tiempo de plastificación	3.25 s
Tiempo de apertura del molde	0.7s

Fuente: Rivas (2021).

4.2.1 Variables del proceso el diseño de automatización del Sistema y Control del proceso de inyección de plástico

Por último, para definir las variables del proceso de diseño tomamos en cuenta todas aquellas que fueron explicadas anteriormente. El cual se definirá símbolos locales o globales en una tabla de símbolos, empleando nombres autos explicativos que se utilizarán luego en el programa. Por lo que es necesario realizar el conteo de entradas y salidas. (Ver tabla 7)

Tabla 7. Variables de Entrada y de Salida

Tipo de Dato	Descripción
Entrada Digital	Botón de apagado
	Botón de Encendido
	Sensor molde cerrado
	Cañón en posición
	Término de carrera (Husillo)
	Botador retraído
	Sensor de posición
	Botón de apagado de Emergencia
	Seleccionador de piezas A,B,C
	Seleccionador Manual o Automático
Salida Digital	Bobina de apagado
	Cañón avanza
	Válvula de inyección
	Molde abre
	Molde cierra
	Alarma RUN
	Alarma de parado
	Alarma de emergencia

Entrada Analógica	Sensor de temperatura
	Sensor de presión 1
	Sensor de presión 2
	Sensor de velocidad
Variables de proceso	Tiempo de cierre de molde
	Tiempo de llenado de presión
	Tiempo de ciclo de pieza
	Tiempo de ciclo totales
	Contador de piezas
	Tipo de pieza, A,B,C

Fuente: Rivas (2021).

4.3. Diseñar la automatización del Sistema y Control del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100

4.3.3.1 Primeros pasos a realizar

- **Diseñar el control Antes de trabajar con STEP 7**

Planifique su solución de automatización dividiendo primero el proceso en diversas tareas y creando luego un plano de configuración (consulte también Procedimiento básico para diseñar una solución de automatización). Por lo tanto, la propuesta de automatización consiste en la elaboración de un programa en ambiente escalera en Step 7 que permite controlar el proceso de inyección de plástico permitiendo que sea completamente automático. Observe el diagrama de flujo el cual muestra las fases del ciclo de inyección de la propuesta en este trabajo de grado. (Ver figura 18 y 19).

El ciclo funciona de la siguiente manera:

- 1) El cañón se aproxima cerca de la tolva de alimentación.
- 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 del barril.
- 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 el plástico.

- 4) En esta parte el proceso realiza dos etapas al mismo tiempo:
 - 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 la pieza.
 - 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.

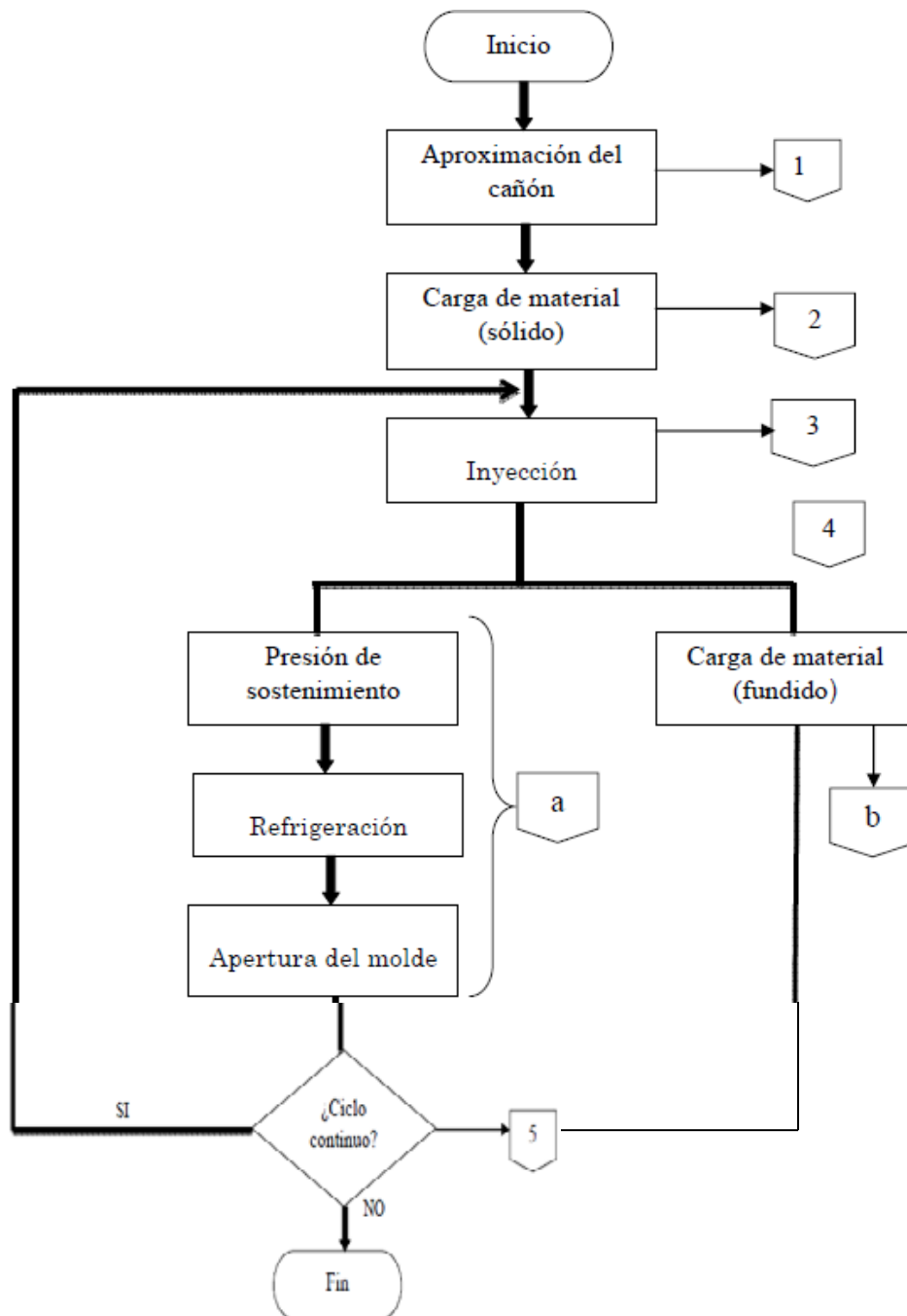


Figura 17. Diagrama del proceso del ciclo de Inyección 2

Fuente: Rivas (2021).

- **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 4.3.1

En la figura 20 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.

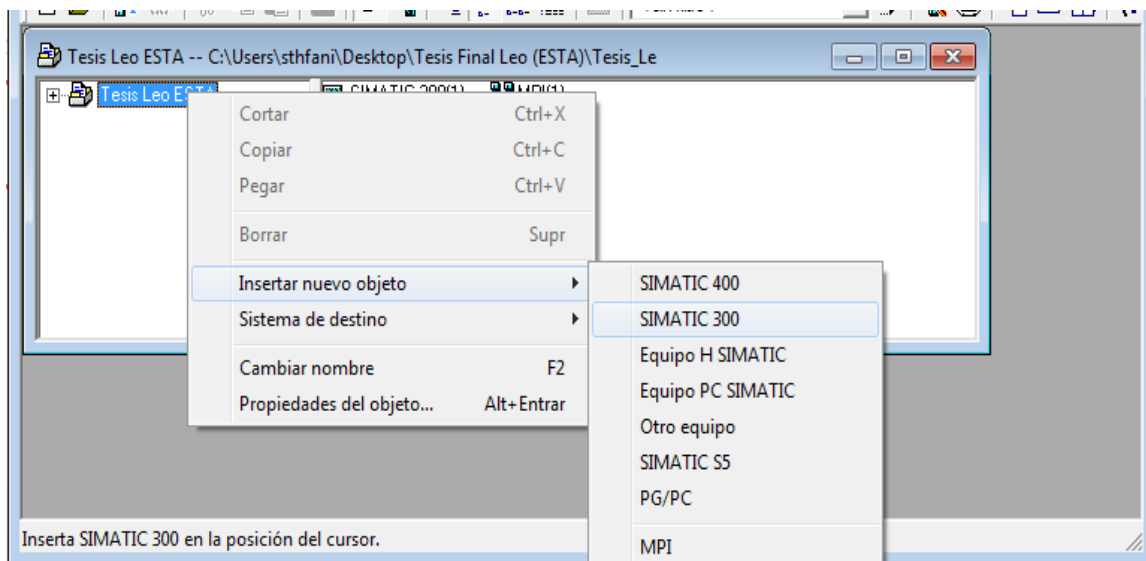


Figura 18. Crear el equipo Simatic 300.

Fuente: Rivas (2021).

- **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 módulo 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 21).

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

Figura 19. . Insertar bastidor

Fuente: Rivas (2021).

- **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 máquina de plástico Nuova Plastic, Modelo PM 100. 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 autos explicativos que se utilizarán luego en el programa. Por lo que es necesario realizar el conteo de entradas y salidas. (Observar tabla 7).

En la figura 22 se observa los símbolos que se usaron en el programa de automatización para el proceso de inyección.

	Estado	Símbolo	Direcció /	Tipo de dato	Comentario
12		STOP	E 0.1	BOOL	Parada del Sistema
13		Sensor1	E 0.2	BOOL	Sensor de Posicion
14		Para de Emergencia	E 0.3	BOOL	Parada de emergencia, boton fisico del sistema
15		Termico	E 0.4	BOOL	Proteccion Termica del motor
16		Avanze de Papel	E 0.5	BOOL	Se mueven los rodillos
17		Sensor	E 1.2	BOOL	Sensor de nivel bajo
18		SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
19		START MARCA	M 3.0	BOOL	
20		STOP Marca	M 3.1	BOOL	
21		MARCA Automatico	M 3.4	BOOL	
22		MARCA Manual	M 3.5	BOOL	
23		MARCA PERRLADO	M 140.0	BOOL	
24		MARCA TRANSPAR...	M 140.1	BOOL	
25		Marca A	M 150.0	BOOL	Automatico
26		Transparente	M 150.3	BOOL	
27		Phyección	M 500.0	BOOL	Presión de Inyección del tornillo
28		PCompactación	M 500.1	BOOL	Presión de compactacion
29		TPVC	M 500.2	BOOL	Temperatura para el plastico PVC Rigido
30		TTransparenteM	M 500.3	BOOL	Temperatura para las Mordazas PT
31		SP1	MD 40	REAL	
32		SP2	MD 60	REAL	
33		ST1	MD 80	REAL	
34		VARFREC	MD 100	REAL	
35		Sensor de Presión	MW 0	WORD	Presión Real de Inyección
36		Sensor de Presión 2	MW 4	WORD	Presión Real de Compactación
37		Sensor de Temperat...	MW 8	WORD	Temperatura Real

Figura 20. Símbolos del programa de automatización

Fuente: Rivas (2021).

· 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.

Ü 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 23).

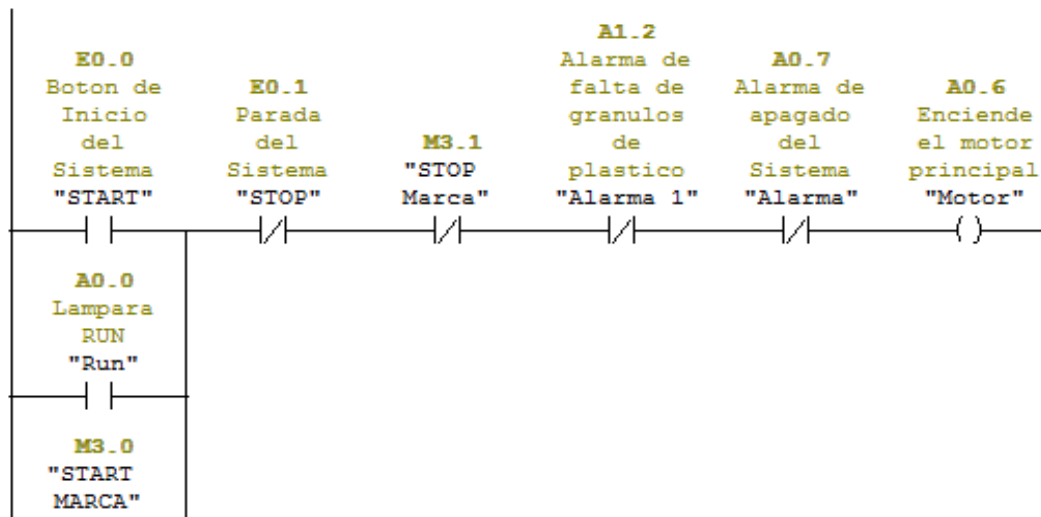


Figura 21. Inicio del Sistema
Fuente: Rivas (2021).

En la figura 24 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.

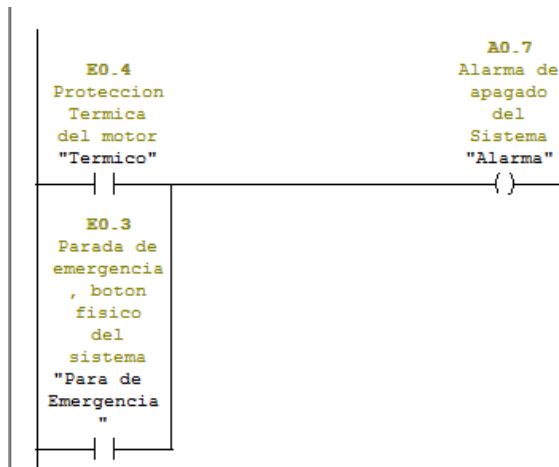


Figura 22. Alarma de Apagado del sistema
Fuente: Rivas (2021).

En la figura 25 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.

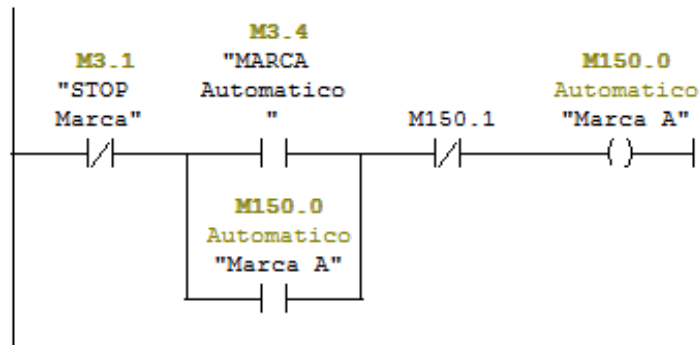


Figura 23. Sistema Automático
Fuente: Rivas (2021).

En la figura 26 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 24. Sensor por falta de gránulos de plástico
Fuente: Rivas (2021).

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 27).

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 28).

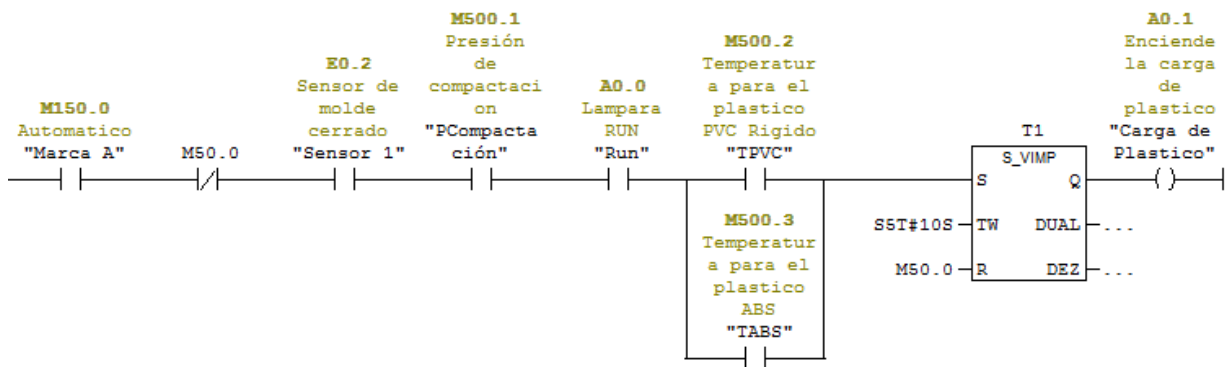


Figura 25. Enciende el sistema si hay gránulos de plástico

Fuente: Rivas (2021).

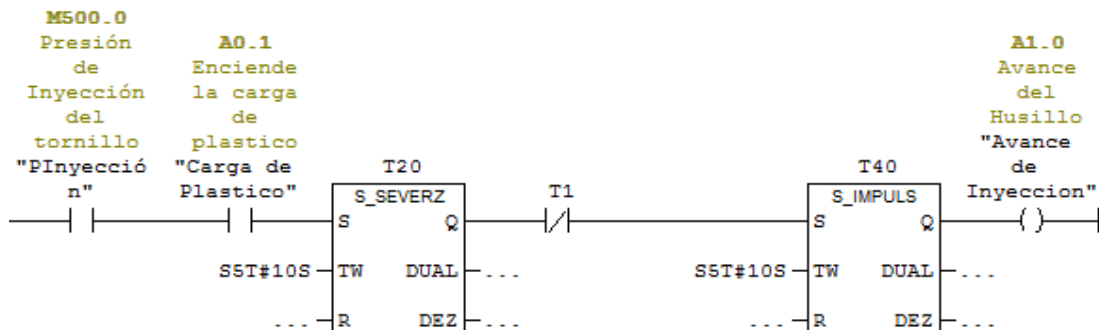


Figura 26. Avance del Husillo

Fuente: Rivas (2021).

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 29).

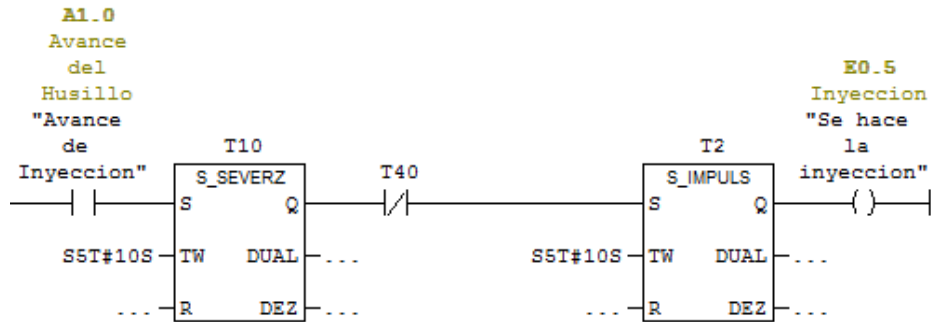


Figura 27. Inyección de Plástico
Fuente: Rivas (2021).

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 30 y 31).

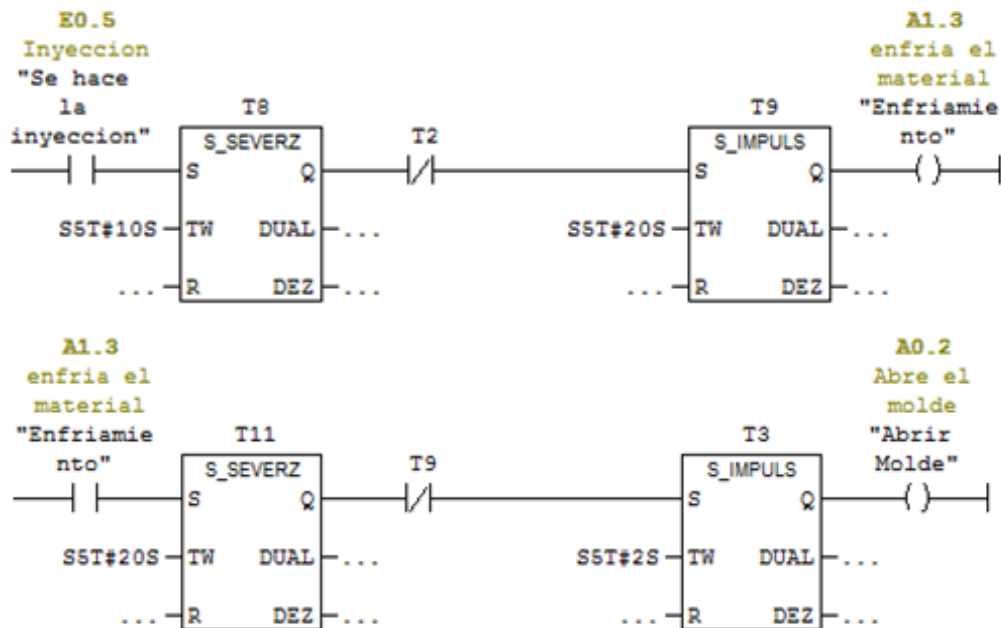


Figura 28. Procesos de Enfriamiento de la Pieza
Fuente: Rivas (2021)

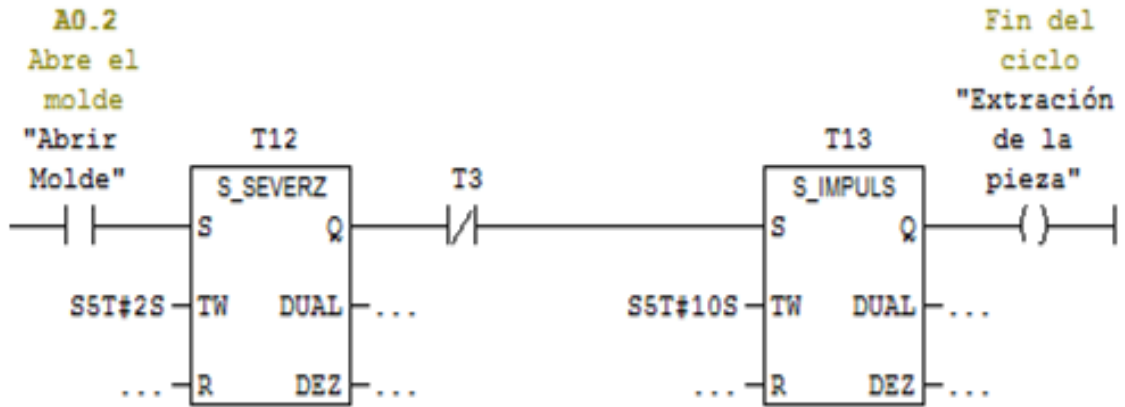


Figura 29. Proceso de extracción de la pieza

Fuente: Rivas (2021)

Por otra parte, al realizar el proceso de enfriamiento y extracción de la pieza, paralelamente se realiza el retroceso del husillo. (Ver figura 32). Y por último se realiza un conteo sobre las piezas de producción cuando se activa la extracción de la misma. (Ver figura 33).

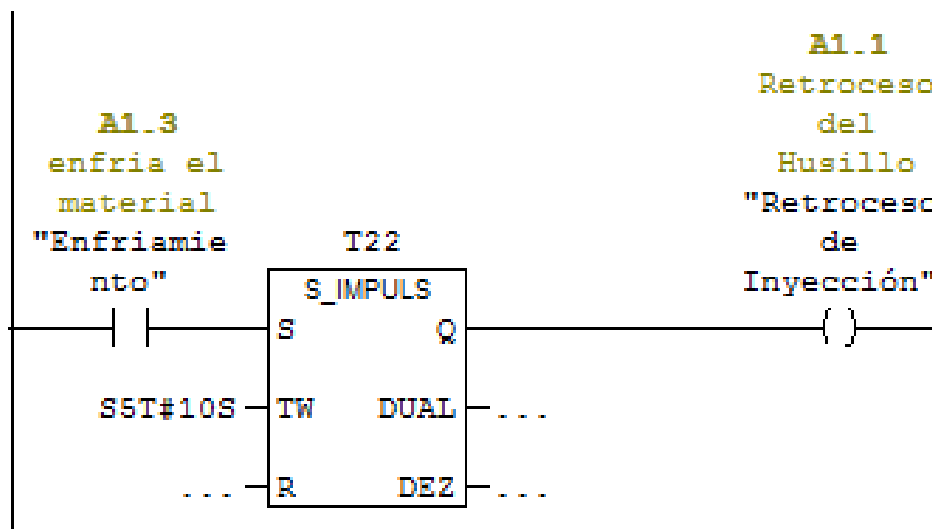


Figura 30. Retroceso del Husillo

Fuente: Rivas (2021)



Figura 31. Contador de Piezas
Fuente: Rivas (2021)

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 34).

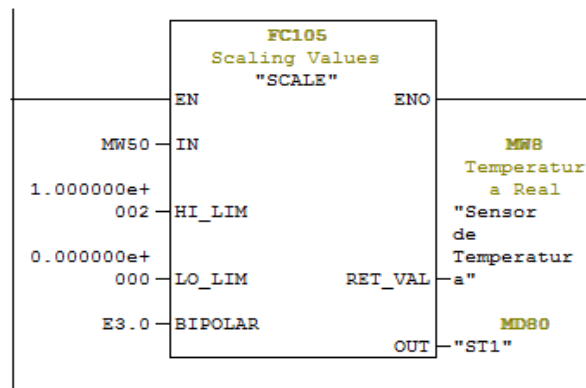


Figura 32. Función de escalamiento para las señales analógicas.
Fuente: Rivas (2021)

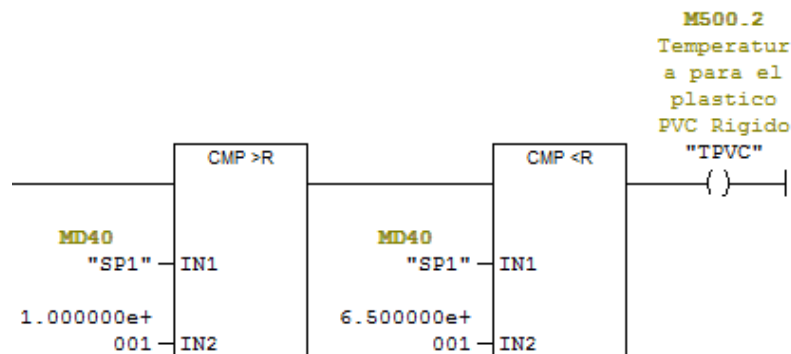


Figura 33. Temperatura para PVC
Fuente: Rivas (2021)

Por último, en la figura 35 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 36).

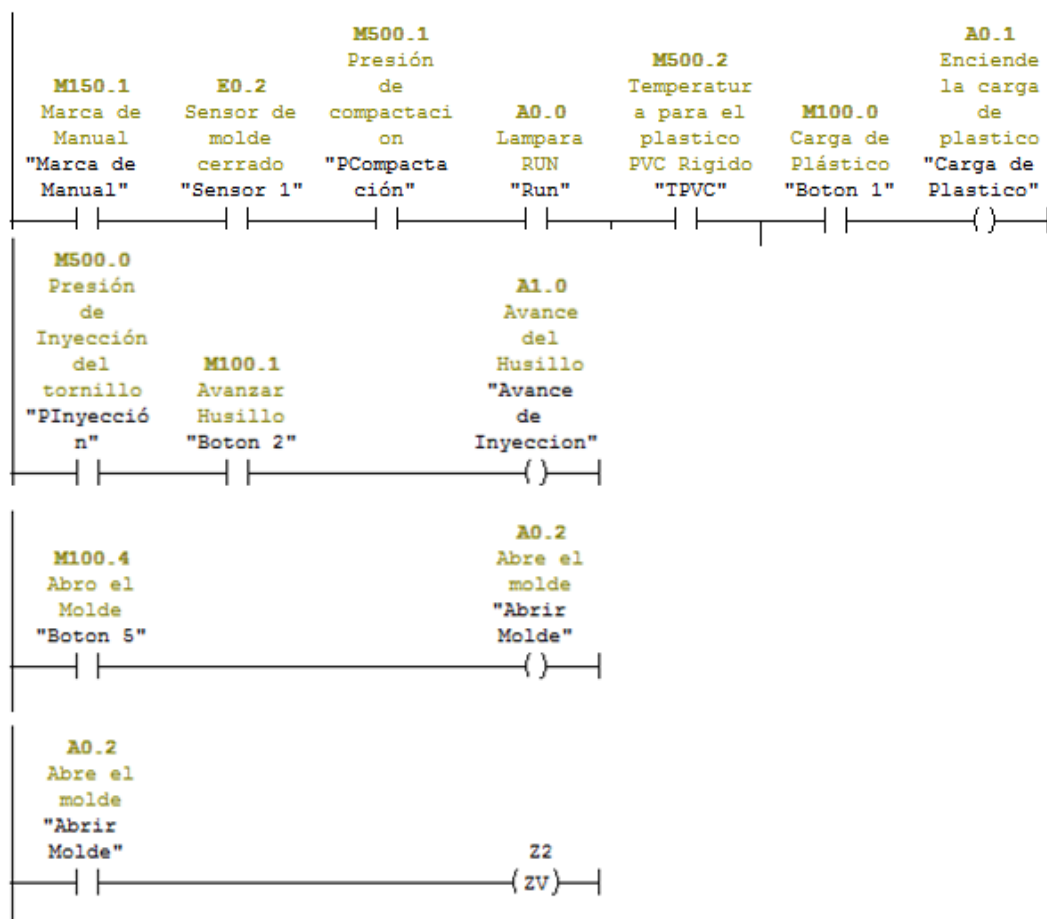


Figura 34. Sistema Manual

Fuente: Rivas (2021)

Simulación de la programación

Para realizar la simulación del programa, como fue explicado anteriormente en la descripción, se emplea el simulador PLC SIM el cual inicia en RUN y ejecuta el

lenguaje de programación. La figura 37 muestra la ejecución al seleccionar la entrada E 0.0 (botón de START) activa la salida encendiendo el motor principal de la máquina de inyección.

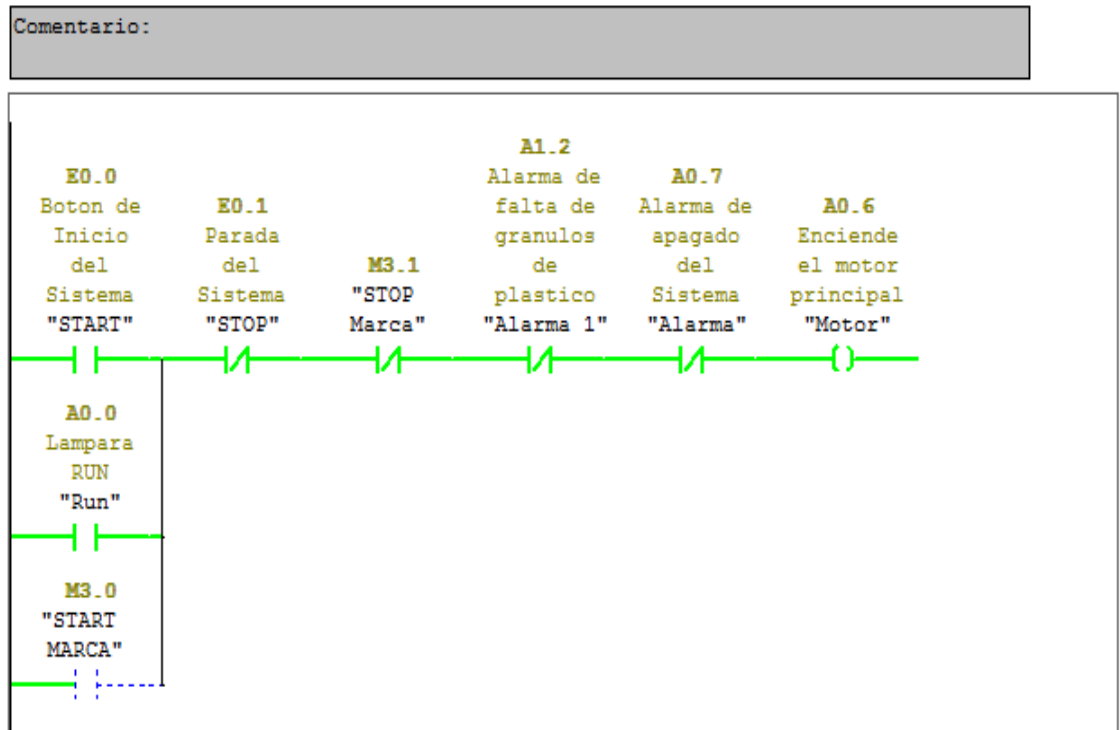


Figura 35. Inicio del Sistema

Fuente: Rivas (2021)

Al encender el sistema con el botón START, este a su vez genera otra salida la cual es la lámpara RUN. (Observar figura 38).



Figura 36. Lámpara RUN activa

Fuente: Rivas (2021)

En la figura 39 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.

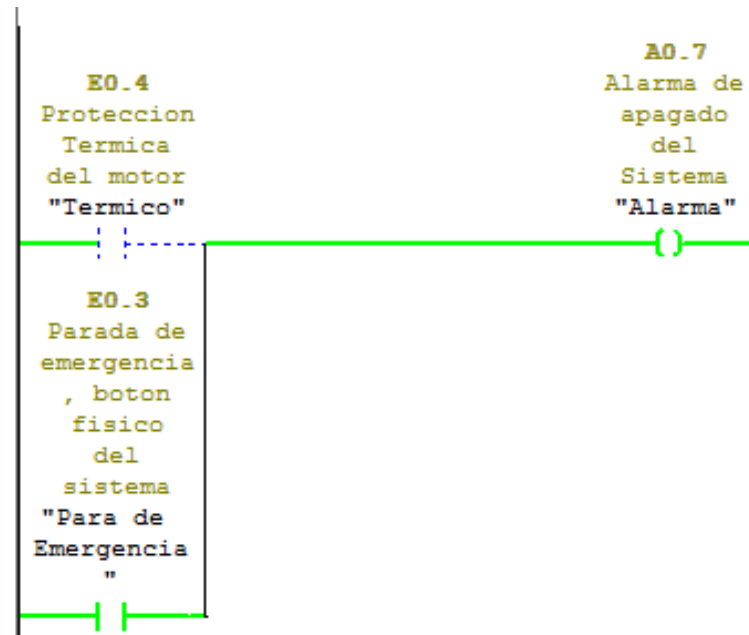


Figura 37. Alarma de Apagado del Sistema

Fuente: Rivas (2021)

En la figura 40 se puede observar cómo se selecciona la marca en automático la cual es necesario para que la maquina funcione.

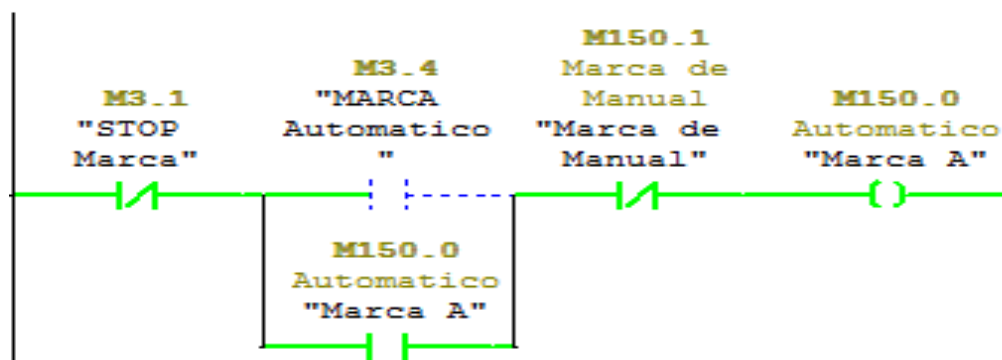


Figura 38. Activación de la Marca Automático

Fuente: Rivas (2021)

En la figura 41 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.

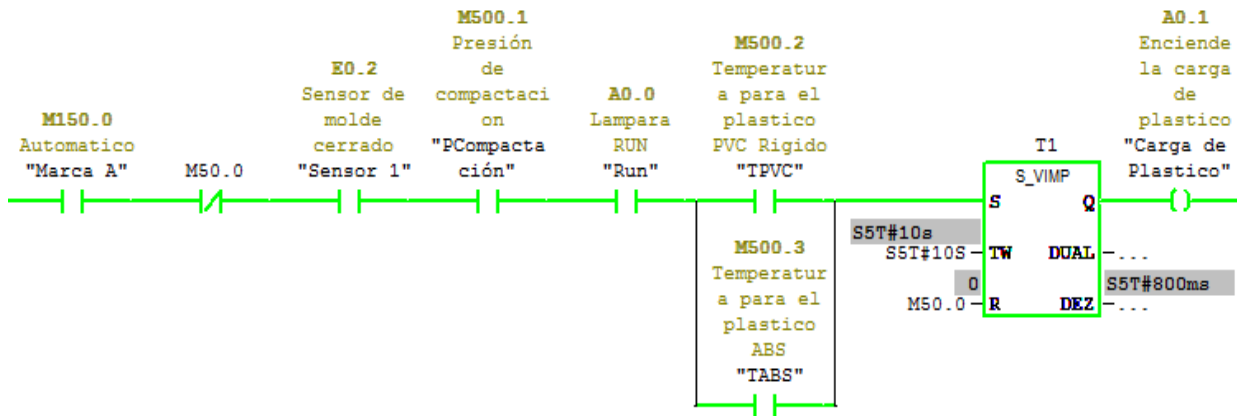


Figura 39. Simulación de carga de polímeros de plástico
Fuente: Rivas (2021)

Luego se hace el avance del husillo también por un tiempo estimado de 10s. (Ver figura 42).

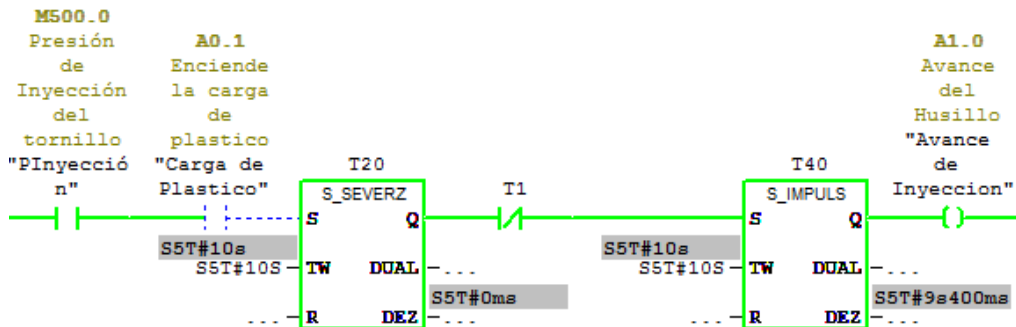


Figura 40. Simulación avance del Husillo
Fuente: Rivas (2021)

Seguidamente que pasan los 10 segundos y se completa el avance del husillo, se hace el ciclo de inyección. (Ver figura 43).

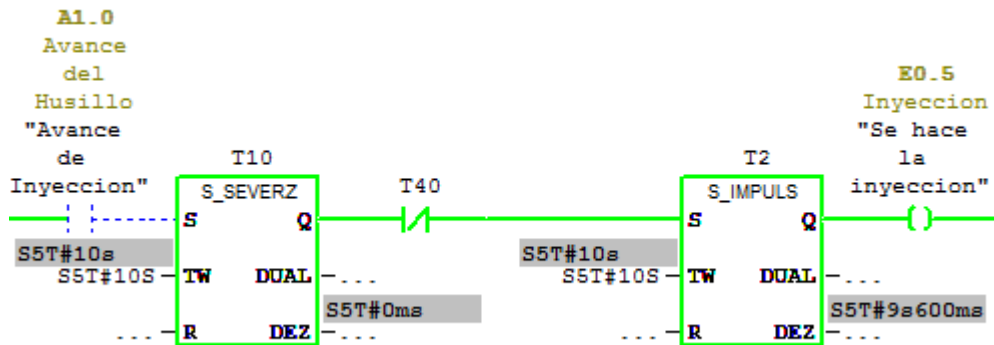


Figura 41. Simulación ciclo de Inyección.
Fuente: Rivas (2021)

Luego que se realice el ciclo de inyeccion, se activa el periodo 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 44).

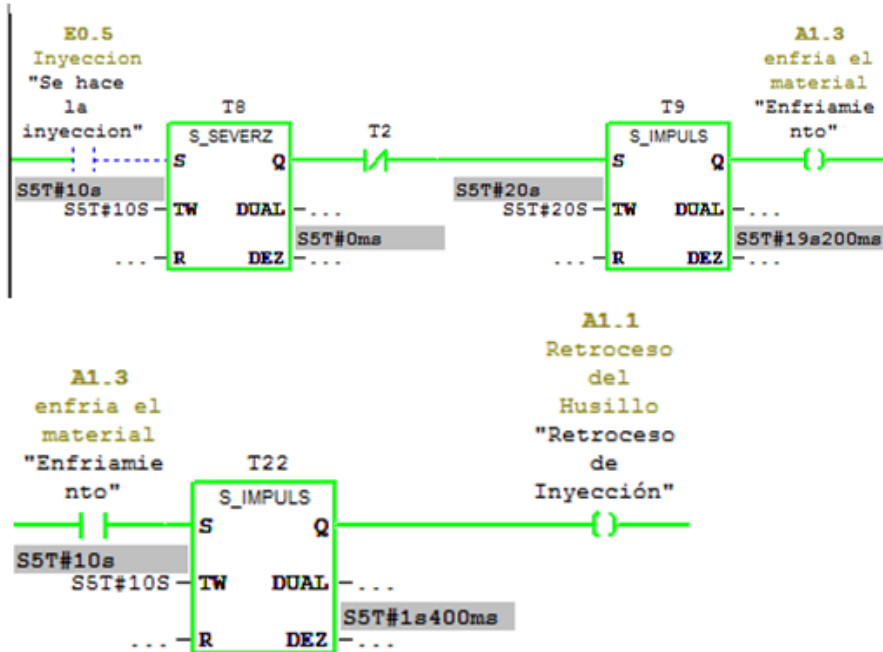


Figura 42. Simulación ciclo de Enfriamiento y retroceso del Husillo.
Fuente: Rivas (2021)

Por último, se abre el molde por 5 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 45).

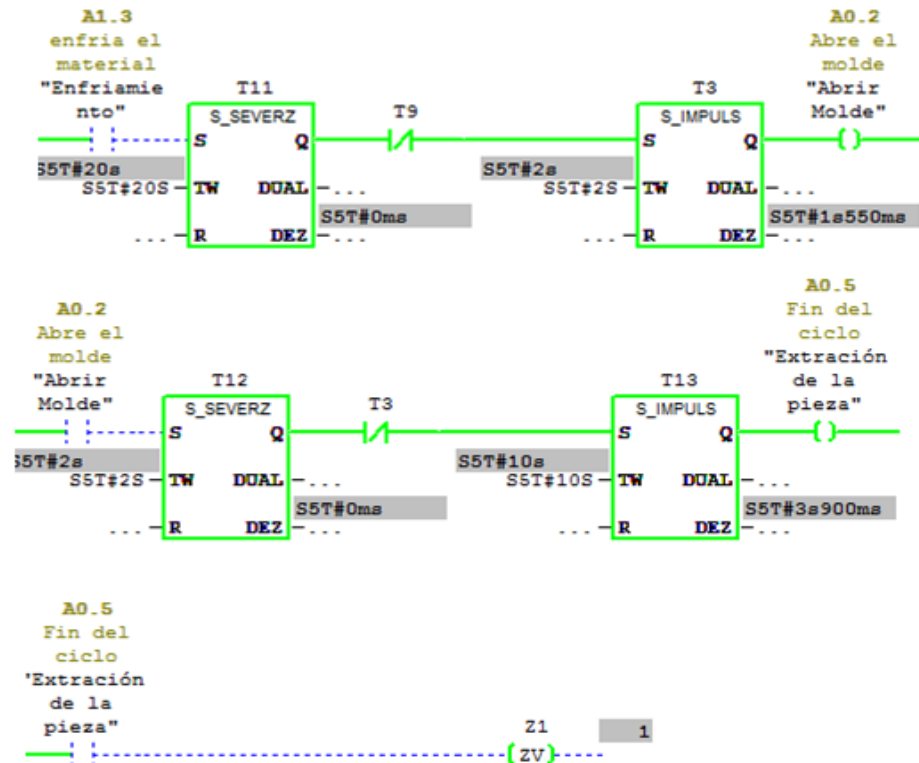


Figura 43. Simulación de ciclo extracción de la pieza final.
Fuente: Rivas (2021)

4.4 Realizar un estudio de costo-beneficio para la automatización del proceso de inyección de plástico Nuova Plastic Metal, Modelo PM 100

4.4.1.1 Costos

Respetando las políticas de privacidad de la empresa se realizó un estudio de costo beneficio para el proyecto de automatización el cual requiere de una inversión inicial para conseguir los recursos necesarios para que el sistema pueda empezar a funcionar. Ya que no se conoce las estadísticas de producción ni el valor neto del

mismo se detallara 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, por medidas generales, 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, así como también a nivel de personal requerido se tomó en cuenta tabulador de sueldos y salarios mínimos para profesionales CIV.

En medidas generales el costo de una máquina de inyección de plástico Nouva Plastic metal, modelo PM100 ya que se encuentra fuera del mercado, una máquina de inyección con características similares como la capacidad de inyección (0-250T), en la actualidad estará estimada entre veinte seis mil dólares (26.000\$) y treinta mil dólares (30.000\$) una usada puede estar entre los ocho mil (8.000\$) y seis mil dólares (6.000\$) dependiendo de su estado constando con la modalidad manual de trabajo.

Lo que conduce a este proyecto ser factible en relación de costos y beneficio se puede evaluar a través de las tablas a continuación se mostrarán, que la implantación de este proyecto generará un aumento en la productividad, calidad y eficiencia del producto, anexando también al catálogo de producto elementos de mayor tamaño que las maquinarias actuales no tienen la capacidad de desarrollar, lo que conlleva una mejor respuesta en la oferta y demanda, que permitirá un crecimiento en el valor neto al reactivar la inyectora de plástico Nouva Plastic metal.

Tabla 8. Costos de Materiales

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	PLC S7-300	1	1500	1500
2	Pantallas HMI- KTP 600	1	2000	2000
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	500	500
7	Misceláneos	1	420	420
			TOTAL	4920 \$

Fuente: Rivas (2021).

4.4.1.2 Presupuesto del personal

El proyecto se llevará a cabo por dos Ingenieros en electrónica; un asistente técnico y ayudante para la instalación eléctrica. Trabajando 30 días hábiles, 8 horas diarias. La Tabla 9 muestra el costo de personal.

Tabla 9. Costo del personal

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	Ing. Electrónico	Horas	40	12	480
1	Asistente técnico	Horas	40	2	80
2	Ayudante de Instalación Eléctrica	Horas	30	2	60
				TOTAL	620 \$

Fuente: Rivas (2021).

En la tabla 10 se puede observar la propuesta de control y conceptos del personal encargado del proyecto.

Tabla 10. Tabla de Conceptos del personal

Personal	Característica
Instalación eléctrica	Recableado a sensores y controlador Perforación, 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
Ingeniería	Supervisión de instalación Diseño del nuevo control Planificación Programación Puesta en marcha Secuencias de operación Pruebas de operación Elaboración de planos Entrega de Documentos.

Fuente: Rivas (2021).

En la tabla 11 se muestra el costo total del proyecto.

Tabla 11. Costo Total del Proyecto

Costo total de materiales	I.V.A. (16%)	Costo total de mano de obra	Costo total del proyecto
4920\$	787,2\$	620 \$	6327,2 \$

Fuente: Rivas (2021).

4.4.2 Análisis de beneficios

Entendiendo que este modelo de maquinaria de inyección Nouva Plastic metal modelo PM100, se encuentra obsoleto dentro del mercado, la empresa que adquirió este equipo puede salvaguardar su bien realizando la implantación de este proyecto.

Tras la evaluación de los costos de personal y materiales necesarios para la implementación de este diseño, se evidencia que existe una vía alternativa de

economizar costos al repotenciar la máquina de estudio, ya que el costo total del proyecto demuestra un valor económico versus el valor para adquirir una maquinaria nueva. Por consiguiente, se extienden los beneficios en la mejora de calidad de producto terminado, 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. 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

En la siguiente tabla puede apreciarse las diferencias en aspecto económico.

Tabla 12. Comparación de valores

Equipo	Valor (\$)	Beneficio por implantación (\$)
Maquinaria Nueva	26.000 - 30.000	19.673
Maquinaria Usada (Manual, Características similares)	7.000 - 9.000	672,8
Automatización del equipo.	6327,2\$	

Fuente: Rivas (2021).

Comparando la inversión que se requiere para realizar el proyecto podemos ver la diferencia que existe entre los montos, ya que esta denota que al tener el equipo operativo podrá ahorrar en aspectos de inversión en una maquinaria nueva tanto como en una usada además que solo posee una modalidad de trabajo. Esto nos permite revalorizar el bien de la empresa y como bien antes mencionado mejorar el ciclo de producción.

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 automatización para la Máquina de Inyección de plástico Nuova Plastic Metal, modelo PM 100.

- El trabajo de grado realizado, cumple con el objetivo principal planteado, el cual es proponer el Diseño de un Sistema de Automatización para la Máquina de Inyección de plástico Nuova Plastic Metal, modelo PM 100.
- Los sistemas de control tienen la misión de recibir las variables de proceso procedentes de los instrumentos, procesarlas, ejecutar órdenes y gestionar las salidas a los elementos finales de control.
- 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 S7-300.

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 de la máquina.
- 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.
- 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

- Aguilera, P (2002). **Estructura básica del PLC**. Recuperado en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Aguilera, P (2002). **Programación de plc's**. Recuperado en:
<http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>
- Arenas, L, Castilla, A y Rojas, D (2012) **Interfaz Hombre Maquina**. Recuperado en:
<https://es.scribd.com/doc/85749234/Interfaz-Hombre-Maquina-HMI>
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas: Editorial Episteme.
- Delgado, E. (2017) **Que es un controlador lógico programable:**
<https://intrave.com/que-es-y-para-que-sirve-un-plc/>
- Díaz, E (2017). **Propuesta del Sistema de control para una máquina de inyección de plástico**. Recuperado en:
<https://prezi.com/7kjkhd4st7i/sensor-de-peso/>
- Dubs de Moya, R. (2002). **El Proyecto Factible: una modalidad de investigación**. Caracas, Venezuela.
- Guzmán, E. (2018) **Que es automatización**. Recuperado en:
<http://www.milenio.com/opinion/varios-autores/universidad-politecnica-de-tulancingo/la-automatizacion-industrial-en-la-empresa-competitiva>
- Ramos, 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. (2010). **El proyecto de investigación**. Caracas: Editorial Quirón.
- Jerónimo, H (2016). **Automatización de una inyectora de plástico**. Recuperado en:
<http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/14141/1/T.E.G.%20completo%20Edward%20O.%20Alarc%C3%B3n%20M..pdf>

- Mendez. C. (2005). **Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación.** Colombia. Editorial: McGraw Hill.
- Mijares, H y García, L. (2007). **Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado.** Carabobo: Editorial UJAP. Caracas. Editorial Fedupel.
- Parella y Martins (2010). **Metodología de la investigación cualitativa.** Caracas: Editorial Fedupel. Segunda Edición.
- Perez. M. (2012). **Configuración de un PLC.** México. Editorial BMJ.
- Tamayo, M (2003). **Metodología de la Investigación.** México. Editorial: McGraw Hill.