



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

**“REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ELABORAR
OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL
AUTOMATIZADO”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Presentado por:

IVONNE DE LOS ÁNGELES PAMBABAY RAMÍREZ

JOSSELYN IVONNE PUMALEMA HEREDIA

Riobamba – Ecuador

2014

Expreso mi profundo agradecimiento a Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida que está a punto de culminar, a mis padres por su total apoyo para realizar mis estudios en esta institución que me deja muchas enseñanzas, al Ing. Marco Viteri por su tiempo y disponibilidad para dirigir este trabajo, y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo del mismo.

IVONNE DE LAS ÁNGELES

Agradezco a Dios por darme salud y fortaleza para culminar esta fase tan importante de mi vida; un agradecimiento especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme culminar esta etapa como profesional, a mis maestros quienes me han inculcado conocimientos que me servirán de mucho en mi futuro, en especial al Ing. Marco Viteri por su gran ayuda en este trabajo de tesis. A mis padres por apoyarme incondicionalmente un eterno Dios le pague.

JOSSELYN IVONNE

Dedico mi trabajo a mi familia quienes son mi motivo principal de superación, por su amor incondicional y toda la confianza que depositaron en mí.

IVONNE DE LOS ÁNGELES

Este trabajo va dedicado a mis padres Gustavo Pumalema y Carmen Heredia porque son mi inspiración y mi motor para seguir adelante y jamás rendirme ante las diferentes circunstancias de la vida, a mis hermanos Diego y Karlita por ser mis compañeros de vida y mis eternos mejores amigos y a mi novio Cristhian por darme fuerzas y ánimo para superarme y ser cada día mejor.

JOSSELYN IVONNE

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Gonzalo Samaniego DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Alberto Arellano DIR.ESC.ING.ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Ing. Marco Viteri DIRECTOR DE TESIS
Ing. Jorge Paucar S. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Paúl Romero MIEMBRO DEL TRIBUNAL
CENTRO DE DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LA TESIS	

“Nosotras, Ivonne de los Ángeles Pambabay Ramírez y Josselyn Ivonne Pumalema Heredia, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

.....

Ivonne Pambabay Ramírez

.....

Josselyn Pumalema Heredia

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Amperios
AC	Corriente alterna
ASEPLAS	Asociación Ecuatoriana de Plásticos
AS-I	AS-Interface
DC	Corriente directa
EPS	Poliestireno expandido
E/S	Entrada/Salida
GRAF CET	Gráfico funcional de control de etapas
HDPE	Polietileno de alta densidad
HMI	Interfaz Hombre-Máquina
HP	Caballos de fuerza
Hz	Hercios
IP	Grados de protección
Kg	Kilogramos
KW	Kilowatts
LDPE	Polietileno de baja densidad
l/m	Litros por minuto
m	Metros
mA	Miliamperios
mm	Milímetros
MODICOM	Controlador Digital Modular

Off	Apagado
Ohm	Ohmio
On	Encendido
PE	Polietileno
PET	Polímero tereftalato de etileno
PH	Resinas fenólicas
PID	Control proporcional, integral, derivativo
PLA	Polímero de bajo peso molecular
PLC	Controlador Lógico Programable
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
Psi	Unidad de presión
PTFE	Politetrafluoretileno
PUR	Poliuretano
PVC	Cloruro de polivinilo
RPM	Revoluciones por minuto
V	Voltios
W	Watios

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	- 20 -
MARCO REFERENCIAL.....	- 20 -
1.1 Motivación.....	- 20 -
1.2 Justificación	- 23 -
1.3 Objetivos.....	- 24 -
1.3.1 Objetivo General.....	- 24 -
1.3.2 Objetivos Específicos.	- 24 -
1.4 Hipótesis	- 24 -
1.5 Metodología	- 24 -
1.5.1 Método Inductivo	- 24 -
1.5.2 Método Analítico.....	- 25 -
1.6 Técnicas para recolección de datos.....	- 26 -
1.6.1 Observación	- 26 -
CAPÍTULO II	- 27 -
MARCO TEÓRICO	- 27 -
2.1 Análisis de las propiedades tecnológicas del plástico	- 27 -
2.1.1 Historia y evolución de la industria del plástico	- 27 -
2.1.2 La industria del plástico en el Ecuador	- 30 -
2.1.3 Introducción a los materiales de Ingeniería	- 31 -
2.1.3.1 Polímeros.....	- 32 -
2.1.3.1.1 Propiedades de los polímeros	- 34 -
2.1.3.1.2 Clasificación de los Polímeros	- 35 -
2.1.3.2 Polietileno de Alta Densidad (Baja Presión)	- 37 -

2.1.3.2.1	Propiedades	- 37 -
2.1.4	Características Tecnológicas	- 40 -
2.1.5	Procesos de transformación de polímeros	- 43 -
2.1.5.1	Extrusión.....	- 43 -
2.1.5.1.1	Componentes de una extrusora	- 47 -
2.1.5.2	Moldeo por Soplado.....	- 53 -
2.2	Repotenciación de Maquinaria	- 58 -
2.2.1	Estado Técnico.....	- 58 -
2.2.1.1	Formato de ficha técnica el equipo	- 60 -
2.2.2	Revisión.....	- 62 -
2.2.3	Reparación pequeña, media y general.....	- 62 -
2.3	Sistemas de Control.....	- 63 -
2.3.1	Control por PLC.....	- 63 -
2.3.1.1	Automatización utilizando PLC	- 66 -
2.3.2	Sistemas HMI	- 67 -
2.3.3	Sistemas de Comunicación	- 69 -
2.3.3.1	Pirámide de las Comunicaciones.....	- 69 -
2.3.3.2	Velocidades en cada nivel	- 70 -
2.3.3.3	Protocolo Modbus	- 70 -
2.3.3.3.1	Ethernet Modbus TCP	- 71 -
CAPÍTULO III		- 72 -
ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO DE LA MÁQUINA		- 72 -
3.1	Análisis y repotenciación de los diferentes sistemas de la máquina... -	77 -
3.1.1	Sistema Mecánico	- 77 -
3.1.1.1	Estructura de la máquina.....	- 78 -
3.1.1.2	Husillo de la extrusora	- 79 -

3.1.2	Sistema Neumático	- 83 -
3.1.2.1	Molde	- 83 -
3.1.2.2	Cilindros del molde	- 84 -
3.1.2.3	Cilindro de la base	- 87 -
3.1.2.4	Boquilla de soplado.....	- 87 -
3.1.2.5	Mangueras neumáticas.....	- 88 -
3.1.2.6	Filtro Regulador	- 90 -
3.1.2.7	Válvulas electroneumáticas	- 91 -
3.1.3	Sistema eléctrico	- 92 -
3.1.3.1	Tablero de control	- 92 -
3.1.3.2	Luces Indicadoras.....	- 93 -
3.1.3.3	Pulsadores	- 94 -
3.1.3.4	Variador de frecuencia.....	- 97 -
3.1.3.5	Relé Programable	- 98 -
3.1.3.6	Termoreguladores.....	- 101 -
3.1.3.7	Contactores.....	- 103 -
3.1.3.8	Motor Eléctrico	- 104 -
3.1.3.9	Breaker general	- 106 -
3.1.3.10	Breaker del motor	- 107 -
3.1.3.11	Fuente de Alimentación	- 108 -
3.1.3.12	Pantalla Táctil Magelis	- 108 -
3.1.3.13	Sensor Capacitivo.....	- 109 -
3.1.3.14	Relé de 24V	- 110 -
3.1.4	Sistema de extrusión	- 111 -
3.1.4.1	Boquilla del cabezal.....	- 112 -

3.1.4.2	Resistencias.....	- 115 -
3.1.4.3	Cañón extrusor	- 116 -
3.1.4.4	Termocuplas	- 117 -
3.1.4.5	Tolva de alimentación	- 118 -
3.1.5	Sistema de enfriamiento.....	- 119 -
3.1.5.1	Mangueras	- 119 -
3.1.5.2	Tubería	- 120 -
3.1.5.3	Bomba de agua.....	- 120 -
3.1.6	Cableado de la máquina.....	- 122 -
3.1.6.1	Cableado del tablero de control	- 123 -
3.1.6.2	Cableado de las resistencias	- 124 -
CAPÍTULO IV.....		- 126 -
DESARROLLO DEL HARDWARE Y SOFTWARE DE LA MÁQUINA		- 126 -
4.1	Desarrollo del Hardware	- 126 -
4.1.1	Etapa Eléctrica	- 126 -
4.1.2	Etapa Neumática.....	- 127 -
4.1.3	Etapa Mecánica.....	- 127 -
4.2	Desarrollo del software	- 127 -
4.2.1	Descripción del proceso	- 127 -
4.2.2	Diagrama GRAFCET.....	- 130 -
4.2.2.1	Determinación de Ecuaciones	- 130 -
4.2.3	Programación en Twido Suite Versión 2.2	- 132 -
4.2.4	Sistema HMI.....	- 151 -
CAPÍTULO V.....		- 163 -
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		- 163 -
5.1	Puestas a punto y pruebas del nuevo sistema	- 163 -

5.1.1	Estado general de la máquina después de la repotenciación	- 173 -
5.2	Cuadro comparativo entre el sistema anterior y el sistema repotenciado.....	- 174 -
5.3	Elaboración de botellas de plástico	- 174 -
5.4	Comprobación de la hipótesis.....	- 179 -
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
RESUMEN.....		
SUMMARY.....		
GLOSARIO		
ANEXOS		
MANUAL DE USUARIO.....		
MANUAL DE MANTENIMIENTO		

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA II. 1 FORMACIÓN DE UN POLÍMERO	32
FIGURA II. 2 CURVA DE LA TENSIÓN VS LA DEFORMACIÓN	41
FIGURA II. 3 EJEMPLOS DE LA CURVA DE TENSIÓN VS DEFORMACIÓN DE DIFERENTES MATERIALES	41
FIGURA II. 4 DIAGRAMA DE UNA EXTRUSORA CON SUS COMPONENTES	44
FIGURA II. 5 ZONAS DE UNA EXTRUSORA Y EVOLUCIÓN DE LA PRESIÓN	44
FIGURA II. 6 PRIMERA ZONA DE UNA EXTRUSORA	45
FIGURA II. 7 SEGUNDA ZONA DE UNA EXTRUSORA	45
FIGURA II. 8 TERCERA ZONA DE UNA EXTRUSORA.....	46
FIGURA II. 9 EJEMPLOS DE DISPOSICIÓN DE HUSILLOS EN EXTRUSORAS DE DOBLE HUSILLO.....	46
FIGURA II. 10 HUSILLO DE UNA EXTRUSORA	47
FIGURA II. 11 CILINDRO DE UNA EXTRUSORA DE HUSILLO SIMPLE.....	49
FIGURA II. 12 RESISTENCIA TIPO ABRAZADERA.....	50
FIGURA II. 13 TIPOS DE TOLVAS	50
FIGURA II. 14 GARGANTA DE ALIMENTACIÓN.....	51
FIGURA II. 15 PLATO ROMPEDOR	52
FIGURA II. 16 BOQUILLA Y CABEZAL.....	53
FIGURA II. 17 ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN-SOPLADO.....	54
FIGURA II. 18 RELACIÓN DEL GROSOR DEL PRECURSOR CON RESPECTO AL GROSOR DEL PRODUCTO FINAL	56
FIGURA II. 19 ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN-SOPLADO CONTINUA	57
FIGURA II. 20 TIPOS DE MÁQUINAS DE EXTRUSIÓN-SOPLADO.....	57
FIGURA II. 21 MÁQUINA CON SISTEMA ACUMULADOR.....	58

FIGURA II. 22 EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES Y DE LAS COMUNICACIONES.....	64
FIGURA II. 23 ESQUEMA DE UN SISTEMA DE CONTROL	64
FIGURA II. 24 FOTO DE UNA MAGELIS.....	67
FIGURA II. 25 PIRÁMIDE DE LAS COMUNICACIONES	69
FIGURA II. 26 VELOCIDADES EN CADA NIVEL.....	70
FIGURA III. 1 ESTRUCTURA ANTERIOR DE LA MÁQUINA.....	78
FIGURA III. 2 ESTRUCTURA DE ALUMINIO PARA LA NUEVA MÁQUINA	79
FIGURA III. 3 HUSILLO CON FILETES DESGASTADOS.....	80
FIGURA III. 4 HUSILLO REDISEÑADO	82
FIGURA III. 5 MOLDE DE LA MÁQUINA	84
FIGURA III. 6 CILINDROS DEL MOLDE	86
FIGURA III. 7 CILINDRO DE LA BASE	87
FIGURA III. 8 BOQUILLA DE SOPLADO ANTERIOR.....	88
FIGURA III. 9 BOQUILLA DE SOPLADO MEJORADA	88
FIGURA III. 10 SISTEMA DE CONEXIÓN DE MANGUERAS ANTERIOR.....	89
FIGURA III. 11 SISTEMA DE CONEXIÓN DE MANGUERAS MEJORADO	89
FIGURA III. 12 IMPLEMENTACIÓN DE RACORES Y REGULADORES DE CAUDAL EN LOS CILINDROS.....	90
FIGURA III. 13 FILTRO REGULADOR DE LA MÁQUINA	90
FIGURA III. 14 VÁLVULAS ELECTRONEUMÁTICAS.....	91
FIGURA III. 15 TABLERO DE CONTROL ANTERIOR.....	93
FIGURA III. 16 TABLERO DE CONTROL DE LA MÁQUINA	93
FIGURA III. 17 LUCES INDICADORAS DEL SISTEMA ANTERIOR.....	94
FIGURA III. 18 LUCES INDICADORAS DE LA MÁQUINA.....	94
FIGURA III. 19 PULSADORES DEL SISTEMA ANTERIOR.....	94
FIGURA III. 20 PULSADORES DE LA MÁQUINA	95

FIGURA III. 21 CONVERTIDOR DE FRECUENCIA DEL SISTEMA ANTERIOR	97
FIGURA III. 22 VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS SINAMICS G110.....	97
FIGURA III. 23 RELÉ PROGRAMABLE ZELIO DEL SISTEMA ANTERIOR.....	99
FIGURA III. 24 PLC TWIDO CAE40DRF.....	99
FIGURA III. 25 TERMOREGULADORES ANALÓGICOS Y DIGITALES DEL SISTEMA ANTERIOR	102
FIGURA III. 26 MÓDULOS ANALÓGICOS TM2ALM3LT	102
FIGURA III. 27 CONTACTORES PARA LA ETAPA DE CALENTAMIENTO	104
FIGURA III. 28 CONTACTOR PARA EL MOTOR	104
FIGURA III. 29 MOTOR ELÉCTRICO	105
FIGURA III. 30 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN VARIADOR.....	106
FIGURA III. 31 BREAKER GENERAL.....	107
FIGURA III. 32 BREAKER PARA EL MOTOR.....	107
FIGURA III. 33 FUENTE DE ALIMENTACIÓN LOGO!	108
FIGURA III. 34 PANTALLA MAGELIS.....	109
FIGURA III. 35 SENSOR CAPACITIVO DE LA TOLVA.....	110
FIGURA III. 36 RELÉ DE 24 V	110
FIGURA III. 37 PIEZAS DE LA EXTRUSORA CON RESTOS DE PLÁSTICO DURO	112
FIGURA III. 38 BOQUILLA DEL CABEZAL CON PLÁSTICO ACUMULADO	113
FIGURA III. 39 DISEÑO DE LAS PARTES DE LA BOQUILLA DEL CABEZAL.....	113
FIGURA III. 40 CONSTRUCCIÓN DE LAS PARTES DE LA BOQUILLA DEL CABEZAL	114
FIGURA III. 41 BOQUILLA DEL CABEZAL MEJORADA.....	114
FIGURA III. 42 ZONAS DE TEMPERATURA RECOMENDABLES PARA LA ELABORACIÓN DE POLIETILENO DE BAJA PRESIÓN RÍGIDO (PE _{HD})	116
FIGURA III. 43 PARTE EXTERNA DEL CAÑÓN EXTRUSOR DE LA MÁQUINA	117
FIGURA III. 44 PARTE INTERNA DEL CAÑÓN EXTRUSOR DE LA MÁQUINA.....	117
FIGURA III. 45 TERMOCUPLAS TIPO J.....	118

FIGURA III. 46 TOLVA DE ALIMENTACIÓN.....	118
FIGURA III. 47 MANGUERA UTILIZADA PARA FLUJO DE AGUA.....	119
FIGURA III. 48 TUBERÍA UTILIZADA PARA FLUJO DE AGUA.....	120
FIGURA III. 49 BOMBA DE AGUA.....	121
FIGURA III. 50 CABLEADO ANTERIOR DEL TABLERO DE CONTROL.....	123
FIGURA III. 51 CABLEADO ACTUAL DEL TABLERO DE CONTROL.....	123
FIGURA III. 52 CABLEADO ANTERIOR DE LAS RESISTENCIAS.....	125
FIGURA III. 53 CABLEADO ACTUAL DE LAS RESISTENCIAS.....	125
FIGURA IV. 1 DIAGRAMA GRAFCET DEL PROCESO DE CONTROL.....	130
FIGURA IV. 2 PANTALLA DE PRESENTACIÓN DEL HMI.....	160
FIGURA IV. 3 PANTALLA DE RANGOS DE TEMPERATURA.....	161
FIGURA IV. 4 PANTALLA DE ETAPA DE CALENTAMIENTO DEL HMI.....	161
FIGURA IV. 5 PANTALLA DEL PROCESO DE SOPLADO DEL HMI.....	162
FIGURA IV. 6 PANTALLA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL HMI.....	162

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA II.I CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS AMORFA Y CRISTALINA	34
TABLA II. II CARACTERÍSTICAS DEL POLIETILENO.....	37
TABLA II. III CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL HDPE	38
TABLA II. IV CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL HDPE	38
TABLA II. V CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HDPE.....	39
TABLA II. VI CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DEL HDPE	39
TABLA II. VII CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL HDPE.....	39
TABLA II. VIII PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL HUSILLO EN MM.....	49
TABLA II.IX DIMENSIONES DEL PERNO DE SOPLADO CON RELACION AL TAMAÑO DE LA PIEZA	55
TABLA II.X CRITERIO PARA DETERMINAR EL ESTADO TÉCNICO	59
TABLA II.XI VALORIZACIÓN DEL ESTADO TÉCNICO	60
TABLA II.XII MODELO DE FICHA TÉCNICA DE UN EQUIPO.....	61
TABLA III. I FICHA DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA ANTERIOR	73
TABLA III. II FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA ANTERIOR.....	75
TABLA III. III FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA MECÁNICO ANTERIOR	77
TABLA III. IV FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA NEUMÁTICO ANTERIOR.....	83
TABLA III. V CARACTERÍSTICAS DE MANGUERAS, RACORES Y REGULADORES DE LA MÁQUINA	89
TABLA III. VI FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO ANTERIOR.....	92
TABLA III. VII BORNES DEL VARIADOR DE FRECUENCIA	98
TABLA III. VIII CARACTERÍSTICAS DEL TWIDO CAE40DRF	100
TABLA III. IX CARACTERÍSTICAS COMPLEMENTARIAS DEL TWIDO CAE40DRF	100

TABLA III. X CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS	103
TABLA III. XI DATOS DEL MOTOR	104
TABLA III. XII FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DE EXTRUSIÓN ANTERIOR	111
TABLA III. XIII FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO ANTERIOR	119
TABLA III. XIV DATOS DE LA BOMBA DE AGUA	120
TABLA III. XV FICHA TÉCNICA DEL CABLEADO ANTERIOR DE LA MÁQUINA	122
TABLA IV. I ASIGNACIÓN DE MEMORIAS DEL PLC CON RELACIÓN AL HMI	159
TABLA V. I FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA MECÁNICO REPOTENCIADO.....	164
TABLA V. II FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA NEUMÁTICO REPOTENCIADO.....	166
TABLA V. III FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO REPOTENCIADO.....	168
TABLA V. IV FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DE EXTRUSIÓN REPOTENCIADO	170
TABLA V. V FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO REPOTENCIADO.	171
TABLA V. VI FICHA TÉCNICA DEL CABLEADO DEL SISTEMA REPOTENCIADO	172
TABLA V. VII FICHA TÉCNICA DEL ESTADO GENERAL DE LA MÁQUINA REPOTENCIADA.....	173
TABLA V. VIII CUADRO COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA ANTERIOR Y EL SISTEMA REPOTENCIADO	174

INTRODUCCIÓN

La máquina para elaborar objetos de plástico fue adquirida de los laboratorios de la Escuela Politécnica Javeriana, con el propósito de que se desarrolle la parte práctica complementando así la teórica adquirida por los alumnos de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la ESPOCH.

La máquina inicialmente se encontraba inhabilitada e incompleta, por lo que requiere ser repotenciada, además que no se tiene ningún documento del diseño o del funcionamiento de la máquina que sirva como guía.

En base a esto, se realizó un estudio del estado técnico de la máquina en general, así como de cada uno de sus componentes para determinar su estado actual y, definir cuáles deberían ser repotenciados o cuáles deberían ser reemplazados por unos nuevos.

La máquina realiza un proceso de extrusión-soplado, en donde la temperatura de cada etapa de extrusión va a depender de la materia prima que se utilice.

Posee diferentes sistemas, entre ellos el sistema eléctrico, que trabaja con voltajes de 220Vac y 24 Vdc tomados de una fuente externa.

El sistema neumático trabaja con una presión de 100 psi (6.89 bar) que está aproximado al valor recomendado para sistemas neumáticos; y los sistemas mecánico, de enfriamiento y de extrusión.

Al realizar un análisis comparativo entre el sistema anterior y actual de la máquina se comprobó la repotenciación óptima de la misma, a través de su incremento en el porcentaje de rendimiento, demostrado así en la producción de botellas plásticas.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 Motivación

Debido a la creciente competencia global y al desarrollo constante de las nuevas tecnologías es indispensable avanzar día a día en cuanto a la automatización se refiere, pues de esta manera se pueden alcanzar las expectativas de la manufactura esbelta que exige la sociedad de una manera óptima y segura. La automatización representa una solución a la productividad eficaz de las empresas poniéndolas un paso más delante de la competencia.

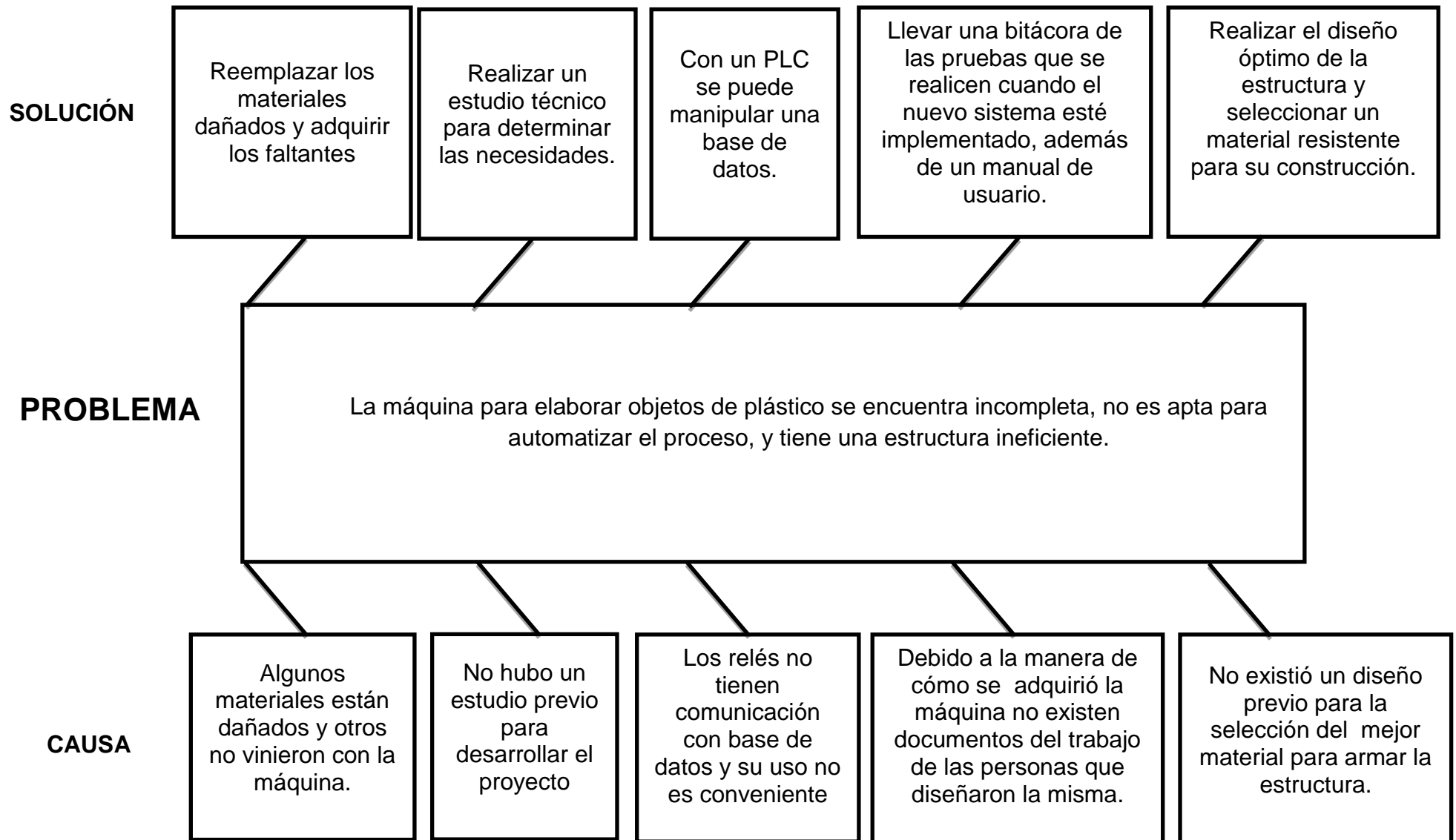
La industria del plástico es una de las más importantes ya que actualmente existe una tendencia a sustituir diversos materiales por plástico, se perfila como una de las actividades productivas más prometedoras a nivel mundial, ya que ha existido un aumento en el consumo global de este material llegando a una cifra record de 140 millones de toneladas.

En Ecuador se perfila como una de las industrias con el mayor desarrollo, por ende ha generado un aumento en la importación de la materia prima y por lo

mismo en la facturación del sector. Los principales destinos de las exportaciones de productos plásticos ecuatorianos son países sudamericanos como Colombia, Perú y Venezuela. La industria de materiales de plástico para la construcción, así como, la industria de botellas plásticas, se ha convertido en las áreas más dinámicas dentro del sector.

Anteriormente existían otras formas de calentar el plástico que más bien eran basadas en conocimientos empíricos, por lo cual los resultados no eran tan exactos y es de ahí que surgió la insatisfacción de los consumidores y el deseo de crear sistemas automatizados que realicen su trabajo, a la vez que se crearon diferentes procesos para el tratamiento del plástico como son: Soplado, Extrusión, Inyección, Rotomoldeo y Termoformado.

Para el presente trabajo de repotenciación de una máquina que elabora objetos de plástico mediante un control automatizado se han destinado los procesos de extrusión y soplado.



1.2 Justificación

Este trabajo se justifica plenamente porque se desea aportar con la repotenciación de una máquina que elabora objetos de plástico, para contribuir con el aprendizaje de los estudiantes con respecto a la parte práctica; ésta se encuentra inhabilitada e incompleta, la estructura requiere ser rediseñada y reemplazada y los sistemas mecánico, eléctrico y de extrusión necesitan ser mejorados, reutilizando los elementos que se encuentren en buen estado, además que no existe ningún respaldo escrito del diseño y funcionamiento de la máquina cuando fue construida inicialmente.

Se implementará un HMI que permitirá visualizar y monitorear el proceso que se esté desarrollando y al final del trabajo se dispondrá de un manual de usuario y un manual de mantenimiento para que resulte más fácil el manejo de la máquina. También se incluirá un sistema de enfriamiento importante en los sistemas de calentamiento.

Todo el trabajo práctico se desarrollará en el laboratorio de automatización de la Facultad de Informática y Electrónica de la “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

REPOTENCIAR UNA MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Investigar las propiedades tecnológicas del plástico.
- Analizar el estado actual de los elementos existentes en la máquina.
- Estudiar y determinar la secuencia del proceso para elaborar objetos de plástico.
- Elaborar e implementar una propuesta de mejora sobre el sistema actual.
- Realizar la puesta a punto de la máquina para verificar su correcto funcionamiento.

1.4 Hipótesis

La repotenciación de la máquina para elaborar objetos de plástico mediante un control automatizado, mejorará la producción, demostrada a través del estado técnico de la máquina.

1.5 Metodología

1.5.1 Método Inductivo

Este método ayudará a deducir una conclusión general a partir de premisas particulares, siguiendo cuatro pasos importantes como son:

- Observación de los hechos para su registro: Se necesitará realizar una observación minuciosa del funcionamiento de la máquina identificando

cada uno de sus componentes y la función que desempeña, así mismo, comprobar que los elementos que se encuentran en el tablero de control sean reutilizables o no.

- Clasificación y estudio de los hechos: Se efectuará una exploración universal de investigación complementada con una consultoría bibliográfica, investigación documental, esto ayudará a tener un pilar de información basado en todo lo que se va a necesitar en el desarrollo de la tesis.
- Derivación inductiva: Partiendo de la información obtenida en la observación de los componentes del tablero de control, su funcionamiento y la demás información recolectada para poder deducir la secuencia que debe tener el proceso, los componentes que van a intervenir en él y cuál va a ser su función específica para poder obtener el resultado deseado.
- Contrastación: Se elaborará el proceso y se ejecutará para observar su resultado final.

1.5.2 Método Analítico

Es importante utilizar este método debido a que para la repotenciación de la máquina se requiere revisar y analizar ordenadamente los elementos de la misma, y de esta forma se conocerá el estado actual de cada uno y se sabrá si son o no adecuados para utilizarlos posteriormente.

1.6 Técnicas para recolección de datos

1.6.1 Observación

La observación es muy importante en cuanto a la elaboración del proceso se refiere, ya que es necesario apreciar cada uno de los pasos que debe seguir el proceso que debe ser ordenado, sistemático y preciso.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Análisis de las propiedades tecnológicas del plástico

2.1.1 Historia y evolución de la industria del plástico

Desde siempre la naturaleza ha sido la fuente principal de materiales que le permiten al hombre crear sus herramientas de uso cotidiano, sin embargo las piedras, la madera y los metales no suplían sus necesidades y tuvo que hacer uso de los polímeros naturales como son el betún, el ámbar, asta natural, goma laca y la gutapercha. Se sabe que estas resinas se utilizaban en Egipto, Babilonia, India, Grecia y China y las utilizaban en aplicaciones como embalsamar a sus muertos, moldear figuras y recipientes y recubrir objetos.

En 1855 tiene lugar el descubrimiento del inglés Alexander Parker de un nuevo material resultante de la disolución de dos elementos, se lo llamó Parkesita debido a su inventor, a partir de la misma el estadounidense Wesley Hyatt crea en 1860 un material más avanzado llamado “celuloide”, que se desarrolló por

la necesidad de encontrar un sustituto válido del marfil para elaborar bolas de billar. Se lo utilizó para la elaboración de productos como mangos de cuchillos, armazones de lentes, películas cinematográficas y placas dentales a cuellos de camisa, su característica es que podía ser ablandado y moldeado de nuevo mediante calor por lo que recibe el término de termoplástico.

En 1907 se introducen los polímeros sintéticos gracias a Leo Hendrik pues fue quién creó el primer plástico sintético termoestable de un compuesto de fenol-formaldehído patentado con el nombre “baquelita” que se comercializa en 1909. Debido a su gran resistencia mecánica y a elevadas temperaturas, con él se creó carcasas de teléfono y radios, artículos de escritorio, ceniceros y partes de motores. Se lo llamó el “material de los mil usos” por su parecido con la madera.

En 1913 Friedrich Heinrich patenta la producción de PVC (cloruro de polivinilo), es un plástico duro y resistente al fuego adecuado para cañerías pero su comercialización sucedió mucho después. Luego se marcaría la pauta en el desarrollo de materiales plásticos, pues en 1920 el Químico Alemán Hermann Staudinger, propuso que éstos se componían de macromoléculas como lo conocemos hoy, lo que llevó a iniciar numerosas investigaciones científicas y fabricación de plásticos nuevos.

En la década de los treinta se desarrollaron algunos plásticos como son:

- El polietileno (PE), un termoplástico que químicos ingleses descubrieron debido a que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la

presión.

- El teflón o politetrafluoretileno (PTFE), parecido al PVC, es un material blando, reemplazo del caucho y usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes.
- El poliestireno (PS) creado en Alemania es un material muy transparente utilizado para hacer vasos y el poliestireno expandido (EPS) usado para embalaje y como aislante térmico.
- El nylon, primera fibra artificial formado descubierto por Wallace Carothers, se usó para la fabricación de paracaídas para las fuerzas armadas estadounidenses durante la segunda Guerra Mundial y para la fabricación de tejidos combinados con algodón o lana como medias.
- El PLA, polímero de bajo peso molecular descubierto por W. Carothers calentando ácido láctico al vacío, y la empresa Dupont patentó el proceso de producción del mismo en 1954.
- En 1941 Whinfield y Dickinson descubren y patentan el tereftalato de etileno (PET), polímero termoplástico lineal y con un alto grado de cristalinidad útil para realizar botellas y frascos reemplazando al vidrio en el mercado de envases. Ya en los años cincuenta aparecen los dos plásticos más utilizados en la actualidad; el polietileno descubierto por el Químico Alemán Karl Ziegler y el polipropileno (PP) descubierto por el Italiano Giulio Natta, quienes en 1963 compartieron el Premio Nobel de Química por sus investigaciones acerca de los polímeros. A partir de los

años setenta se da lugar a un gran número de descubrimientos fomentando la investigación de nuevos polímeros.

Es por ello que el plástico se ha convertido en un material indispensable en nuestra sociedad, basta con observar los objetos a que existen alrededor para darse cuenta que están presentes en la mayoría de productos y bienes como en vestimenta, mobiliario, carcasas, electrodomésticos, coches, etc.

En 1988 el *Bottle Institute* de la *Society of the Plastics Industry* crea un sistema de código que se trata de un símbolo triangular con un número y la abreviatura para identificar los recipientes de plástico y su reciclaje.

2.1.2 La industria del plástico en el Ecuador

El desarrollo de la industria del plástico en Ecuador nace en Guayaquil en 1931 con el objetivo de reemplazar al vidrio, con el hecho de estar en el puerto principal del país las empresas fueron creciendo y con los años se expandieron a otras ciudades como Quito.

Esta industria se desarrolló de tal manera que se ve la necesidad de organizarse, defender los derechos del sector y fomentar los vínculos entre las empresas dedicadas a este campo; se crea la Asociación Ecuatoriana de Plásticos ASEPLAS el 13 de Diciembre de 1977 bajo el liderazgo del Sr. Roberto Cheing y la participación de:

- CARTONPLAST DEL ECUADOR S.A.
- CELOPLAST S.A.
- COMERCIAL INDUSTRIAL ECUATORIANA
- DISTRIBUIDORA BARBERY LANE C. Ltda

- PLÁSTICOS ANDINOS C. Ltda
- PLÁSTICOS CHEMPRO C. Ltda
- PLÁSTICOS SORIA
- PLASTIGAMA S.A.
- POLÍMEROS NACIONALES S.A.
- PRODUCTOS ADHESIVOS S.A.

La sede de ASEPLAS se encuentra ubicada en el campus de la Escuela Superior Politécnica del Litoral disponiendo de un moderno laboratorio de pruebas en donde determinan parámetros como el índice de fluidez, resistencia al impacto, temperatura de deflexión y el punto de ablandamiento de materiales plásticos.

Hoy por hoy son alrededor de 400 empresas en la industria ecuatoriana del plástico que trabajan con procesos de extrusión, termoformado, soplado, inyección y rotomoldeo.

De hecho la extrusión es el método de procesamiento de plástico más destacado y utilizado en nuestro país.

Existen alrededor de 15 empresas que fabrican envases plásticos, entre ellas: PLÁSTICOS ECUATORIANOS y DELTA PLASTIC.

2.1.3 Introducción a los materiales de Ingeniería

La ciencia de materiales se fundamenta en el estudio de la relación entre estructura-propiedades-procesamiento-funcionamiento de los mismos además de cómo utilizarlos en los procesos de fabricación.

Existen muchas maneras de clasificar a los materiales según su composición, su origen, o sus propiedades. La ciencia de materiales los clasifica así:

- Metales
- Cerámicos
- Polímeros
- Semiconductores
- Materiales Compuestos

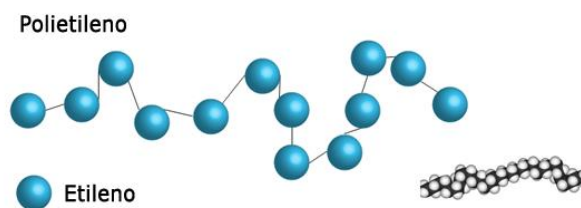
Se reconocen como categorías únicamente a los metales, cerámicos y polímeros ya que los materiales semiconductores pertenecen al grupo de los cerámicos y los materiales compuestos son mezclas de las principales categorías.

2.1.3.1 Polímeros

Son macromoléculas formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros que se repiten para formar enormes cadenas de las formas más diversas, a esta reacción se le denomina polimerización.

Ejemplo:

Polietileno= etileno-etileno-etileno-etileno-etileno....



Fuente: <http://www.losadhesivos.com/definicion-de-polimero.html>

Figura II. 1 FORMACIÓN DE UN POLÍMERO

Existen dos tipos de polimerización que son por condensación y por adición.

Polimerización por condensación: La masa molecular del polímero no es un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero.

Polimerización por adición: La masa molecular del polímero es un múltiplo

exacto de la masa molecular del monómero.

Muchas veces se utiliza incorrectamente el término plástico para referirse a la totalidad de los polímeros.

Todos son de origen orgánico, obteniéndose los plásticos a partir de los polímeros. Por lo tanto, no todos los polímeros se van a convertir en plásticos, pero si se puede decir que todos los plásticos proceden de polímeros.

Los plásticos son polímeros que ante un esfuerzo intenso se deforman irreversiblemente y no pueden volver a su forma original, se caracterizan por su relación resistencia – densidad alta, propiedades que son excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico, buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, además tienen baja conductividad térmica y eléctrica, y no son adecuados para utilizarlos a altas temperaturas.

Ventajas

Son económicos, livianos y por eso pueden sustituir a la madera, a la piedra, cerámicos y al metal, son muy resistentes a la oxidación, al ataque de ácidos y bases, además son aislantes de la corriente eléctrica.

Desventajas

Son un problema ambiental y difícil de eliminar debido a su alta resistencia a la corrosión, al agua y a la descomposición bacteriana.

ESTRUCTURA FÍSICA

De acuerdo al grado de las fuerzas intermoleculares que se producen entre las cadenas poliméricas, tenemos dos tipos de estructuras que son las amorfas y las cristalinas.

Tabla II. I CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS AMORFA Y CRISTALINA

ESTRUCTURA AMORFA	ESTRUCTURA CRISTALINA
Las cadenas presentan una estructura igual a un enredo de hilos desordenados.	Las cadenas presentan una estructura ordenada y compacta.
Es responsable de las propiedades elásticas.	Es responsable de las propiedades mecánicas.
Baja resistencia frente a cargas y esfuerzos.	Altas propiedades de resistencia ante esfuerzos y cargas.
Excelente elasticidad.	Alta característica de fragilidad.
Temperatura de transición vítrea T_g	Temperatura de fusión T_m

Fuente: *Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla*

Es posible la existencia de ambas estructuras en un mismo material termoplástico.

2.1.3.1.1 Propiedades de los polímeros

PROPIEDADES MECÁNICAS

- Menor rigidez debido a que el módulo de elasticidad es dos veces más bajo que los metales y los cerámicos.
- La resistencia a la tensión es más baja, alrededor del 10% con respecto a la de los metales.
- Dureza muy baja.
- Ductilidad más alta en promedio, desde una elongación del 1% para el poliestireno hasta el 500% o más para el polipropileno.

PROPIEDADES FÍSICAS

- Densidades más bajas que los metales y los cerámicos.
- Coeficientes de expansión térmica mucho más altos, aproximadamente cinco veces el valor de los metales y diez veces de los cerámicos.

- Temperaturas de fusión muy bajas.
- Calores específicos dos a cuatro veces el de los metales y los cerámicos.
- Conductividades térmicas alrededor de tres órdenes de magnitud más bajos que el de los metales.
- Propiedades de aislamiento térmico.

PROPIEDADES ELÉCTRICAS

- Conductividad eléctrica baja, es por eso que los polímeros industriales en general son malos conductores eléctricos por lo que se emplean como aislantes en la industria eléctrica y electrónica.

PROPIEDADES TÉRMICAS

- Presentan conductividad térmica baja debido a que no poseen electrones libres. La transmisión de calor resulta fácil si la estructura es cristalina, por lo tanto cuanto mayor sea la cristalinidad mayor será su conductividad térmica.

2.1.3.1.2 Clasificación de los Polímeros

Los polímeros se clasifican por su naturaleza y su estructura interna.

Por su naturaleza:

NATURALES: Se obtiene directamente de materias primas como látex, la caseína de la leche, la celulosa.

SINTÉTICOS: La mayoría de plásticos pertenecen a este grupo pues se elaboran a partir de compuestos derivados del petróleo, gas natural o el carbón.

Por su estructura interna:

ELASTÓMEROS: Se caracterizan por su alto grado de elasticidad, adherencia

y baja dureza, solo pueden fundirse una vez.

Ej.: Caucho Natural, Caucho Sintético, Neopreno.

TERMOESTABLES: Son frágiles, rígidos e insolubles. Son blandos al calentarlos por primera vez y después de enfriarse no pueden recuperarse para transformarlos otra vez.

Ej.: Poliuretano (PUR), Resinas fenólicas (PH), Melanina.

TERMOPLÁSTICOS:

Se hace relación a un conjunto de cuerdas enredadas encima de una mesa, éstas se encuentran unidas mediante fuerzas intermoleculares formando estructuras lineales o ramificadas.

Los materiales termoplásticos al calentarse se ablandan y pueden ser moldeados para darles diferentes formas y al enfriarse se endurecen manteniendo sus características iniciales, este proceso se puede volver a repetir un número indefinido de veces sin que se modifique sus propiedades.

Ej.:

- Policarbonato
- Cloruro de Polivinilo (PVC)
- Poliestireno (PS)
- Polietileno (PE)
- Polietileno de alta densidad (HDPE)
- Polietileno de baja densidad (LDPE)
- Polipropileno (PP)
- Polietilentereftalato (PET)
- Teflón

- Nailon
- Celofán

a) POLIETILENO

Tabla II. II CARACTERÍSTICAS DEL POLIETILENO

	Baja Densidad	Alta Densidad
Símbolo	LDPE (PEBD)	HDPE (PEAD)
Método de polimerización	Adición	Adición
	Baja Densidad (Continuación)	Alta Densidad (Continuación)
Grado de cristalinidad	55%	92%
Densidad	0,92-0,94 g/cm ³	0,95 g/cm ³
Módulo de elasticidad	150 MPa	700 MPa
Resistencia a la tensión	8-21 MPa	21-38 MPa
Elongación	100 a 500%	20 a 100%
Gravedad específica	0,92	0,96
Temperatura de transición vítrea	-100 °C	-115 °C
Temperatura de fusión	115 °C	135 °C

Fuente: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf

2.1.3.2 Polietileno de Alta Densidad (Baja Presión)

El polietileno de alta densidad (baja presión) es semicristalino entre el 70 y 80%, es incoloro, inodoro y no es tóxico.

2.1.3.2.1 Propiedades

- **FÍSICAS**

Tabla II. III CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL HDPE

Propiedades	Valor
Densidad	0.941 – 0.965 g/cm ³
Absorción de agua	<0.5 mg a 96h
Contracción	1.5 – 3 %
Resistencia dieléctrica	>600 KV/cm

Fuente: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf

- **PROPIEDADES QUÍMICAS**

Tabla II. IV CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL HDPE

Reactivo	Resistencia
Ácidos – concentrados	Buena
Ácidos – diluidos	Buena
Álcalis	Buena
Alcoholes	Buena
Cetonas	Buena
Grasas y aceites	Aceptable
Halógenos	Mala

Fuente: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf

- **PROPIEDADES MECÁNICAS**

Tabla II.V CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HDPE

Propiedades	Valor
Coeficiente de fricción	0.29

Dureza (Rockwell)	D60-73
Resistencia a la tracción	15-40 MPa

Fuente: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf

- **PROPIEDADES TÉRMICAS**

Tabla II.VI CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DEL HDPE

Propiedades	Valor
Calor específico	1900 (J.kg ⁻¹ K ⁻¹)
Conductividad térmica	0,45-0,52 a 23°C W/mK
Temperatura máxima de utilización	55-120 °C
Temperatura de reblandecimiento	140 °C
Temperatura de cristalización	130-135 °C

Fuente: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf

- **PROPIEDADES ELÉCTRICAS**

Tabla II.VII CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL HDPE

Propiedades	Valor
Constante dieléctrico	2.2-2.4 a 1MHz
Factor de disipación	1-10 x 10 ⁻⁴ a 1MHz
Resistencia dieléctrica	22 kV/mm
Resistividad superficial	10 ¹³ Ohm/sq

Resistividad de volumen	10^{15} - 10^{18} Ohm cm
-------------------------	------------------------------

Fuente: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf

2.1.4 Características Tecnológicas

RESISTENCIA

Indica cuánta tensión se necesita para romper algo.

- Resistencia a la tracción: un polímero tiene resistencia a la tracción si soporta cargas axiales que tienden a alargarlos, esta propiedad es importante para un material que va a ser estirado o estar bajo presión.
- Resistencia a la compresión: un polímero tiene resistencia a la compresión si soporta cargas axiales que tienden a compactarlos.

$$Tensión(\sigma) = \frac{P}{F}$$

Dónde:

P= Fuerza ejercida sobre la muestra

F= Área de la sección transversal

ELONGACIÓN

Es un tipo de deformación que expresa el cambio en la forma que experimenta cualquier material bajo tensión.

$$Elongación = \frac{L}{L_0} * 100\%$$

Dónde:

L= Largo de la muestra después del alargamiento

L₀= largo original

TENACIDAD

Es la medida de la energía que una muestra puede absorber antes de que se

rompa, es el área bajo la curva tensión-estiramiento.



Fuente: <http://pslc.ws/spanish/mech.htm>

Figura II. 2 CURVA DE LA TENSIÓN VS LA DEFORMACIÓN

Un material que sea resistente no necesariamente tiene que ser tenaz, el gráfico muestra claramente esta situación.



Fuente: <http://pslc.ws/spanish/mech.htm>

Figura II. 3 EJEMPLOS DE LA CURVA DE TENSIÓN VS DEFORMACIÓN DE DIFERENTES MATERIALES

Muchas de las veces se genera confusión entre la dureza y la tenacidad, y la diferencia de manera general es q la dureza es la resistencia de un sólido a ser rayado y se mide mediante la escala de Mohs y la tenacidad se refiere a la resistencia a romperse cuando es golpeado.

DENSIDAD (ρ)

Propiedad física que es igual a la masa por unidad de volumen, por lo general esta expresado en $[g/cm^3]$.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

CRISTALINIDAD

“La cristalinidad puede considerarse como el empaquetamiento de cadenas moleculares para producir una disposición atómica ordenada”¹.

Una estructura cristalina conduce a una elevada resistencia mecánica, dureza y estabilidad térmica.

El grado de cristalinidad puede definirse como la relación de los volúmenes de todas las zonas cristalinas de los polímeros entre su volumen total. El HDPE y el propileno poseen un alto grado de cristalinidad alrededor del 60 a 80%.

$$\% \text{ cristalinidad} = \frac{\rho_c(\rho_s - \rho_a)}{\rho_s(\rho_c - \rho_a)} * 100$$

TEMPERATURA DE TRANSICION VITREA (T_g)

Es la temperatura por debajo de la cual los polímeros se tornan rígidos y quebradizos, esta característica permite determinar la factibilidad de emplear un polímero para ciertas aplicaciones.

TEMPERATURA DE FUSION (T_m)

Es la temperatura en la cual los cristales desaparecen en un polímero semicristalino y pasa rápidamente de sólido a un líquido muy viscoso.

¹ CALLISTER, W. Ciencia e ingeniería de los materiales., 1996.

2.1.5 Procesos de transformación de polímeros

Los métodos para la transformación de plásticos consisten en darle la forma y la medida deseada al material que se esté utilizando, varían según el tipo de polímero y considerando en aprovechar cada una de sus características y propiedades. Entre los métodos más empleados tenemos extrusión, inyección, termoconformado, moldeo por soplado.

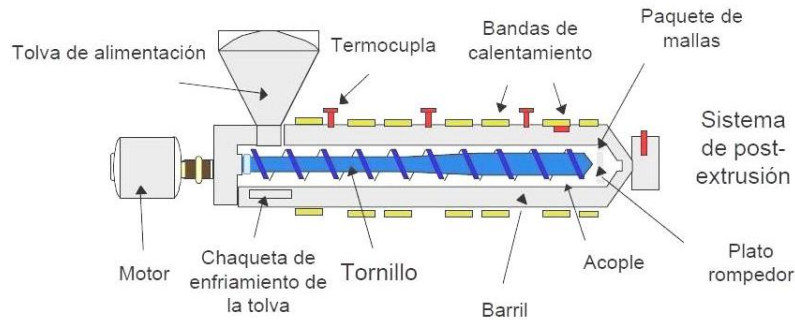
2.1.5.1 Extrusión

Es un proceso por compresión en el cual se impulsa al material a fluir por medio del orificio de un dado para generar un producto largo y continuo, en el que la forma de la sección transversal queda determinada por la forma de la boquilla.

Es el proceso más antiguo para dar forma a los materiales plásticos y, quizá la base y parte importante de algunos métodos como el moldeo por soplado y termoformado, etc., se usa para la producción en continuo de piezas con sección constante de materiales termoplásticos y elastómeros para producir tubos, láminas, recubrimientos de cables eléctricos, etc.

El proceso de extrusión se lleva a cabo en máquinas denominadas extrusoras y consta principalmente de un cilindro metálico revestido de resistencias eléctricas que sirven para fundir el material que se carga en una tolva, dentro del cilindro un tornillo de plastificación o husillo gira introduciendo el elemento granulado, transportándolo hacia adelante y comprimiéndolo, el sistema de accionamiento del husillo consta de un motor y un sistema de reducción de velocidad. La parte final está el dado o boquilla que se encarga de la conformación del material extrudado.

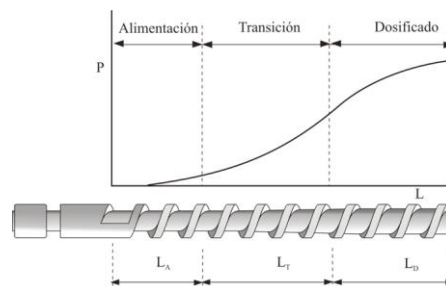
El equipo debe ser capaz de proporcionar la suficiente presión de forma continua y uniforme para acondicionar el material para que pueda ser extruido. En la siguiente figura se puede notar cada uno de los componentes de una extrusora de husillo simple.



Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

Figura II. 4 DIAGRAMA DE UNA EXTRUSORA CON SUS COMPONENTES

En todas las extrusoras se pueden considerar tres zonas características junto con la evolución de la presión como se muestra a continuación:



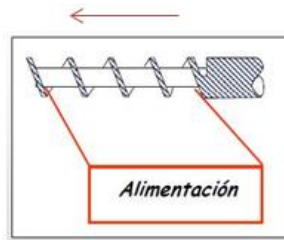
Fuente: *Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla*

Figura II. 5 ZONAS DE UNA EXTRUSORA Y EVOLUCIÓN DE LA PRESIÓN

a) Zona de alimentación

Es la etapa más cercana al sistema de alimentación en donde la profundidad del canal del tornillo es máxima con el objetivo de transportar una gran

cantidad de material al interior del extrusor que esté compactado en una forma sólida densa y llegue hasta la siguiente zona a una velocidad adecuada.

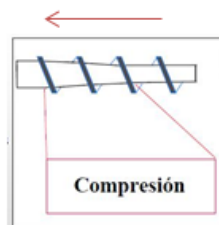


Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

Figura II. 6 PRIMERA ZONA DE UNA EXTRUSORA

b) Zona de compresión o transición

Es la zona intermedia en la cual se produce la fusión del material y la profundidad del canal disminuye gradualmente, a medida que el material va compactándose el aire que pudiera quedar atrapado escapa del material por la misma tolva de alimentación.



Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

Figura II. 7 SEGUNDA ZONA DE UNA EXTRUSORA

c) Zona de dosificado

Está situada al final cercano a la boquilla, la profundidad del canal del tornillo es muy pequeña y constante. El material fundido es homogeneizado y presurizado (misma temperatura y presión) para forzarlo a pasar por la boquilla.



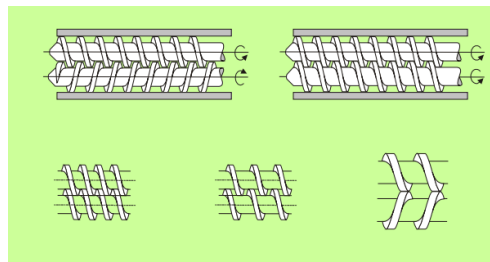
Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

Figura II. 8 TERCERA ZONA DE UNA EXTRUSORA

Hay que recalcar que a pesar de la descripción de las funciones de cada etapa el transporte, presurización y homogeneización se producen a lo largo de la extrusora.

Además de las extrusoras de husillo simple que son las más utilizadas existen de diversos tipos como las de multi-tornillo (más de un tornillo) y de las cuales las más importantes son las de dos tornillos de giro contrario o paralelo y presentan ciertas ventajas sobre las un solo tornillo que son: buena capacidad de mezclado y desgasificación y buen control del tiempo de residencia y de su distribución

Entre las desventajas de este tipo de extrusoras son el precio y el hecho de que sus beneficios son difíciles de predecir.



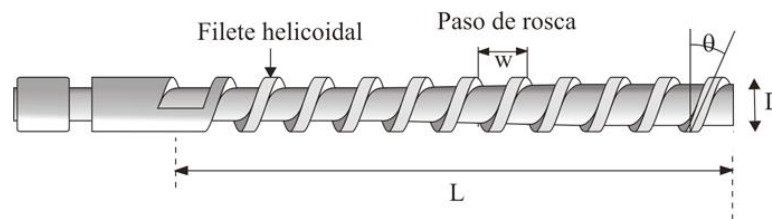
Fuente: http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16856/2/Extrusion_Introduccion_caracteristicas_y_partes_de_la_maquina.pdf

Figura II. 9 EJEMPLOS DE DISPOSICION DE HUSILLOS EN EXTRUSORAS DE DOBLE HUSILLO

2.1.5.1.1 Componentes de una extrusora

- **Husillo**

Es una de las partes más importantes, porque cumple con las funciones de transportar y mezclar el material. Es un cilindro largo rodeado de un filete helicoidal donde la sección de paso no es constante. Los parámetros de tornillo se muestran en la siguiente figura:



Fuente: *Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla*

Figura II. 10 HUSILLO DE UNA EXTRUSORA

Dónde:

L= longitud

D= diámetro

θ= ángulo del filete

W= paso de rosca

Al momento de diseñar el tornillo hay que tener muy en cuenta las propiedades de los materiales como la elasticidad, calor específico, temperatura de fusión, viscosidad, etc. y parámetros como los descritos a continuación.

- El ángulo de hélice del canal helicoidal que aumenta desde su valor mínimo en el diámetro interior hasta el máximo en el núcleo del husillo. Según las ecuaciones de Savgorodny tenemos:

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{t}{\pi x D}$$

Dónde:

t o W= paso del husillo

D= diámetro de la variable del canal

Si $t=D$, entonces $\varphi=17,65^\circ$

- Relación de longitud del husillo

La relación longitud diámetro (L:D) es un factor importante en la producción y aplicación de la extrusora, de manera general se emplean relaciones (L:D)=(6÷40):1 ó (L:D)=(20÷25):1 que son más corrientes.

- Paso del husillo (t)

$$t = \pi \times D \times \tan\varphi$$

- Ancho del filete (e)

$$e = 0.12 \times D$$

- Tolerancias del tornillo/cilindro

Es la holgura entre la cresta del filete del husillo y la superficie interior del cilindro, por lo general esta no debe ser menor que $\frac{1}{2}$ de la profundidad del filete hasta 1.

$$\delta = 0.002 \times D$$

- Número de filetes del husillo

Se obtiene de la relación longitud/diámetro descrita anteriormente.

$$\text{Número de filetes} = \frac{L}{D}$$

- Profundidad del canal

Tabla II.VIII Parámetros geométricos del husillo en mm

Diámetro D	Paso t	Profundidad del canal en la zona de alimentación, h1	Profundidad del canal en la zona de extrusión, h3	Ancho del filete
19	19	4	1.7	2.28
32	32	6	1.9	3.8
45	45	8	2.1	5
63	63	9.6	2.4	6.3
90	90	11.2	2.8	9
125	125	13.5	3.2	12
160	160	15	3.7	15

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/210970939/Transformacion-de-Plasticos-v-K-Savgorodny>

- **Cilindro**

Constituye el cuerpo principal de la máquina y aloja en su interior al husillo o tornillo, suele ser construido de aceros muy resistentes para evitar la corrosión y el desgaste mecánico y en algunos casos tienen un revestimiento bimetálico que le da una elevada resistencia incluso superior a la del tornillo.



Fuente: http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16856/2/Extrusion_Introduccion_caracteristicas_y_partes_de_la_maquina.pdf

Figura II. 11 CILINDRO DE UNA EXTRUSORA DE HUSILLO SIMPLE

- **Resistencias Eléctricas**

El sistema de transferencia de calor para calentar el cilindro se lo realiza mediante resistencias eléctricas redondas situadas en toda la longitud del mismo, también se lo puede realizar aunque un poco inusual mediante radiación o encamisado con calefactores, complementado con un sistema de

enfriamiento que puede ser ventiladores de aire o flujo de líquido.



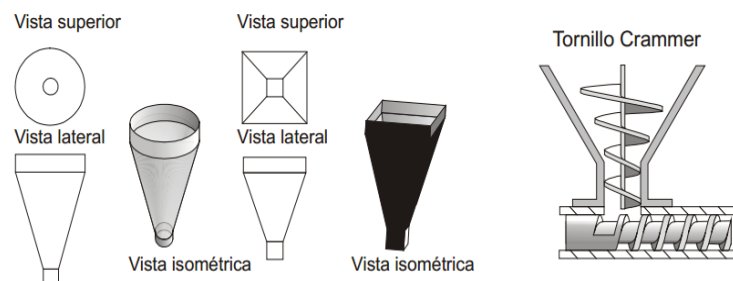
Fuente: <http://www.sanarasa.com/resistencias-de-abrazadera/>

Figura II. 12 RESISTENCIA TIPO ABRAZADERA

Todo el sistema de calentamiento es controlado desde un tablero en donde las temperaturas tienen que estar en función al material con el que se vaya a trabajar, para conservar la temperatura del cañón se suele aislar el mismo con materiales de baja conductividad térmica como la fibra de vidrio o fieltro.

- **Tolva de alimentación**

Es el contenedor que se utiliza para introducir el material en la máquina, diseñada para proporcionar un flujo constante del material y evitar estancamientos y paros en la producción. Las hay de sección circular y rectangular, con dispositivos de vibración o tolvas tipo Crammer, también algunas cuentan con accesorios como imanes o magnetos para evitar el paso de materiales ferrosos que puedan dañar el husillo.

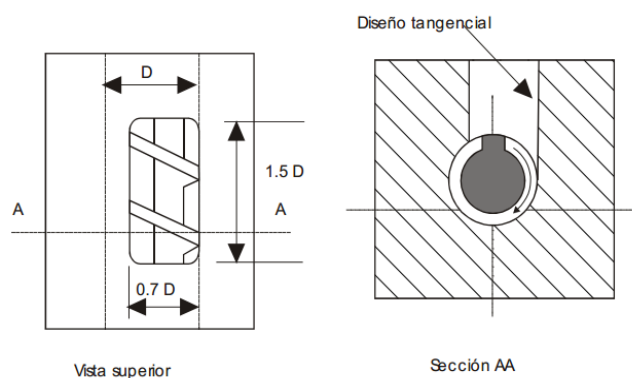


Fuente: http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16856/2/Extrusion_Introduccion_caracteristicas_y_partes_de_la_maquina.pdf

Figura II. 13 TIPOS DE TOLVAS

Los sistemas con mayor grado de automatización cuentan con sistemas de transporte neumáticos o mecánicos del material desde contenedores hasta la tolva. Debajo de la tolva se encuentra la boquilla de entrada o de alimentación que suele tener una longitud de 1.5 veces el diámetro del cilindro y una anchura de 0.7 veces el mismo, debe contar con un sistema de refrigeración para mantener la temperatura de esta zona lo suficientemente baja para que el material no se adhiera a las paredes internas de la extrusora.

La tolva y la boquilla de entrada tienen que estar ensambladas perfectamente.



Fuente: http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16856/2/Extrusion_Introduccion_caracteristicas_y_partes_de_la_maquina.pdf

Figura II. 14 GARGANTA DE ALIMENTACIÓN

- **Plato rompedor y filtros**

Es el punto de transición entre la extrusora y el cabezal, el plato rompedor es un disco delgado de metal con agujeros destinado a romper con el patrón de flujo en espiral que entrega el tornillo mientras que los filtros tienen como objetivo atrapar los contaminantes para que no salgan con el extrudado, estos últimos van colocados delante del plato rompedor primero los de malla más ancha reduciéndose el tamaño progresivamente.



Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

Figura II. 15 PLATO ROMPEDOR

- **Cabezal y boquilla**

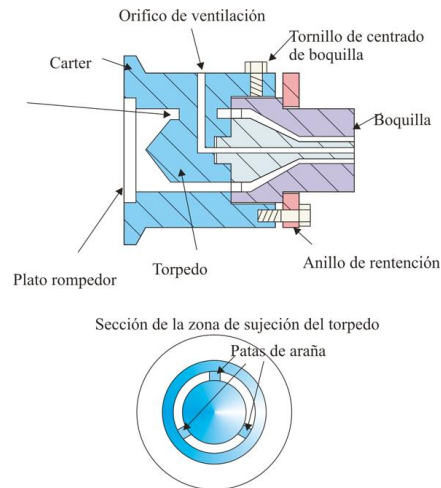
El cabezal está situado al final del cilindro que se encuentra sujetando la boquilla y atornillado al cilindro.

La función de la boquilla es moldear el plástico, y se debe procurar que el polímero fluya con volumen y velocidad de flujo uniforme alrededor de toda la circunferencia de la boquilla para lograr espesores uniformes.

Se diferencian tres partes en todas las boquillas que son: el canal de entrada, el distribuidor y la zona de salida.

Existen boquillas de diferentes tipos como anulares que se emplean para la fabricación de tuberías o recubrimientos de materiales cilíndricos, boquillas planas con las que se obtienen planchas y láminas y boquillas circulares con las que se producen fibras y productos de forma cilíndrica.

Para el diseño de la boquilla es importante tener en cuenta consideraciones como emplear radios amplios en todas las esquinas, evitar canales estrechos o pequeños y partes profundas.



Fuente: *Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla*

Figura II. 16 BOQUILLA Y CABEZAL

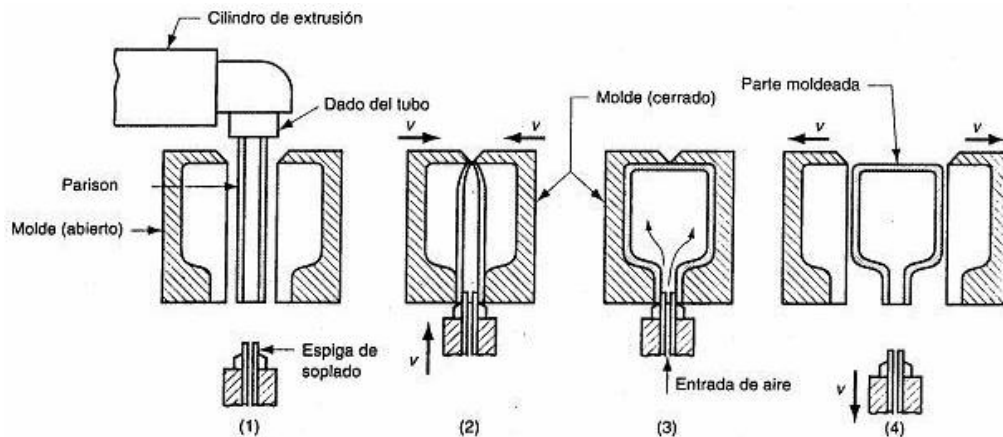
2.1.5.2 Moldeo por Soplado

El Poliestireno (PS) fue el primer material que se usó en las primeras máquinas de soplado, y el Polietileno de baja densidad (LDPE) que se empleó para la primera producción a gran escala creando botes de desodorantes, mientras que el HDPE se introdujo en los años 60 dando paso a un gran crecimiento industrial.

El moldeo por soplado es el tercer método más empleado en el procesamiento de plásticos, se usa para fabricar objetos huecos sin la necesidad de tener que unir dos o más partes moldeadas por separado, utilizando solo termoplásticos y aunque inicialmente se produjeron botellas ahora se pueden hacer piezas de geometría irregular y compleja, de espesor variable, etc.

Alrededor del 75% de las piezas sopladas se fabrican mediante el proceso de extrusión-soplado.

EXTRUSION-SOPLADO



Fuente: http://es.wikiversity.org/wiki/Dise%C3%B1o,_C%C3%A1lculo_y_Fabricaci%C3%B3n_de_Piezas_y_Productos_Pl%C3%A1sticos

Figura II. 17 ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN-SOPLADO

Los equipos de extrusión-soplado constan de:

- Extrusora con sistema plastificador que lo componen el cilindro y el tornillo que permiten obtener un fundido uniforme del material.
- Cabezal, boquilla o dado de extrusión que proporciona la preforma tubular llamada precursor o parison con la sección transversal que se requiera.
- Unidad de soplado y el molde de soplado.

Las etapas de este proceso consisten en:

- Fundición de la materia prima plástica que se lo hace en el proceso inicial de extrusión, no hay ningún cambio ni diferencia para este caso en el trabajo que hacen los equipos de extrusión, éste último fue descrito anteriormente.
- Obtención del precursor o parison, pudiéndose modificar su espesor de pared mediante la regulación del precursor, que consiste en mover el mandril con respecto a la boquilla que permanece fija. Este sistema

regulable existe en la mayoría de extrusoras.

- Introducción del precursor hueco en el molde de soplado para luego insuflar el aire en el interior del precursor, este aire se introduce a presión de manera que el parison se expanda contra las paredes del molde captando todos los detalles del mismo adoptando su forma.
- Enfriado de la pieza moldeada, acción que es bastante deficiente si se compara con el proceso de inyección debido a que se lo hace por la pequeña contribución del aire de soplado que se introduce en el interior del parison.
- Desmolde de la pieza.

La presión de aire que se utiliza normalmente está entre los 0.2 - 1 MPa, ya que si la presión de aire es muy alta el precursor se puede agujerar y si por el contrario la presión es muy baja puede suceder que la pieza no se forme con exactitud a la forma del molde.

Es importante también controlar la entrada de aire para evitar tener productos finales deformes o incompletos y se lo hace mediante el tamaño del orificio de la entrada de aire debido a que si el canal es demasiado pequeño se necesitaría mayor tiempo de soplado y la presión ejercida sobre el precursor no sería la adecuada, para controlarlo tenga en cuenta la siguiente relación entre el tamaño del orificio y el tamaño de la pieza.

Tabla II. IX DIMENSIONES DEL PERNO DE SOPLADO CON RELACIÓN AL TAMAÑO DE LA PIEZA

Diámetro del orificio (mm)	Capacidad de la pieza(L)
1.6	1
4	1-4

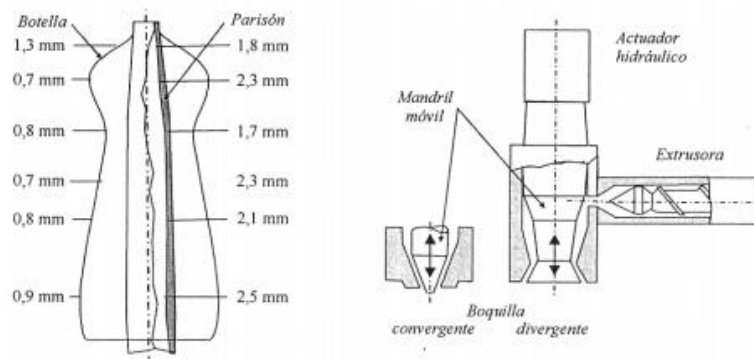
13	4-200
----	-------

Fuente: *Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla*

En conclusión todo lo que se refiera a la presión de aire, que se puede decir sería la óptima, debe estar orientado a minimizar el tiempo de soplado y a obtener piezas terminadas exactamente iguales al molde.

En cuanto al molde se refiere existen una gran cantidad de materiales disponibles que se pueden utilizar para elaborarlos como son; el más elegido que es el aluminio que tiene un equilibrio entre conductividad térmica, duración y costo además son fáciles de fabricar, moldes hechos de acero que se caracterizan por ser duraderos y rígidos y aleaciones de cobre-berilio que también presentan excelente conductividad térmica.

Los moldes disponen de elementos cortantes que al cerrarse separan el material sobrante de los bordes de la pieza conocidas como rebabas.



Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.ar/2012/03/extrusion-soplado.html>

Figura II. 18 RELACIÓN DEL GROSOR DEL PRECUSOR CON RESPECTO AL GROSOR DEL PRODUCTO FINAL

TIPOS DE EXTRUSION-SOPLADO

- Extrusión-soplado continua

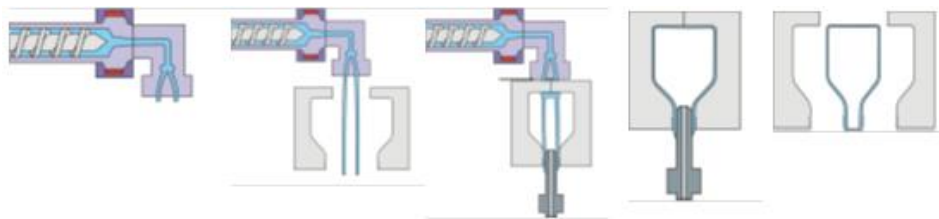
Se caracteriza principalmente porque el precursor fundido se produce sin

interrupción, debido que el proceso se compone de una secuencia de operaciones o estaciones que involucran el desplazamiento ya sea del molde o del precursor.

La manera como los moldes o el precursor se mueven o como se introduce el aire dentro del molde es lo que diferencia una máquina de otra.

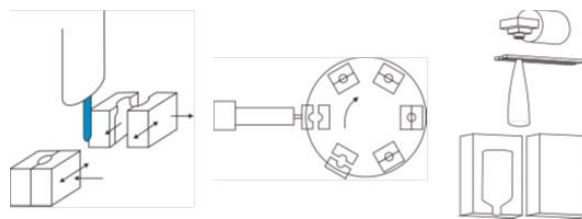
El proceso consiste, en que cuando el precursor haya alcanzado la longitud deseada, el molde se coloca y se cierra alrededor de él, luego el precursor se corta con una cuchilla para que el molde se mueva hacia la siguiente estación permitiendo el paso del siguiente, después se introduce la boquilla de soplado para insuflar la pieza y por último se la deja enfriar y es desmoldada.

Como ejemplo de este proceso son las máquinas tipo lanzadera y tipo rotatorio.



Fuente: *Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla*

Figura II. 19 ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN-SOPLADO CONTINUA



Fuente: *Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla*

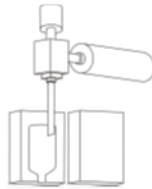
Figura II. 20 TIPOS DE MÁQUINAS DE EXTRUSIÓN-SOPLADO

- Extrusión-soplado intermitente

Su principio se basa principalmente en almacenar el material fundido por la extrusora mientras la pieza está siendo soplada y enfriada, para hacer el precursor el fundido acumulado es forzado a través de la boquilla.

En este proceso puede usarse un tornillo extrusor con retroceso, un pistón acumulador o una boquilla acumuladora.

Se usa para producir grandes precursores para elaborar bidones de más de 200 litros de capacidad, tanques de combustible o envases industriales.



Fuente: *Tecnología de polímeros M. Beltrán y A. Marcilla*

Figura II. 21 MÁQUINA CON SISTEMA ACUMULADOR

2.2 Repotenciación de Maquinaria

“La reconstrucción mecánica o electrónica de maquinaria persigue restablecer e incluso mejorar las prestaciones originales de un equipo, con el fin de impulsar la productividad y competitividad de los talleres, en una época en la que cada vez más se necesita rapidez y calidad, además de ahorros en el presupuesto”².

2.2.1 Estado Técnico

El estado técnico de un equipo se define como las condiciones técnicas y funcionales que éste presenta en un momento dado.

Para determinar el estado técnico se realiza una revisión previa de los equipos que está dirigida a detectar el grado de desgaste de las diferentes partes y mecanismos de cada uno de ellos.

² Repotenciación de Maquinaria.

http://www.metalactual.com/revista/23/maquinaria_repotenciacion.pdf

En la revisión que se lleva a cabo para determinar el estado técnico de la máquina si no se dispone de información suficiente se debe recurrir a otras fuentes, por lo general los datos los encontramos en las placas de las máquinas y considerar lo siguiente:

- Consumo de energía
- Funcionamiento del mecanismo motriz
- Estado de la carcasa del equipo
- Funcionamiento de los mecanismos de mando y regulación
- Estado de las bases, acoples, etc.
- Estado de los instrumentos que indican los parámetros de funcionamiento del equipo

Para determinar el índice que evalúa el estado técnico de la máquina que permite conocer si es bueno, regular, malo o muy malo tener en cuenta el siguiente criterio:

La cantidad de aspectos considerados buenos se multiplica por 1, los evaluados como regulares se multiplica por 0.8, los considerados malos por 0.6, los aspectos muy malos se multiplican por 0.4, se suman todos los productos y se divide para el número de aspectos considerados, el resultado se multiplica por 100.

Tabla II. X CRITERIO PARA DETERMINAR EL ESTADO TÉCNICO

Bueno	(90-100)%
Regular	(75-89)%
Malo	(50-74)%
Muy malo	Menos del 50%

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/201609013/ANALISIS-DEL-ESTADO-TECNICO-ACTUAL-DEL-EQUIPO-pptx>

Y cada resultado conlleva al escenario que tiene que dársele una solución como se muestra a continuación:

Tabla II. XI VALORIZACIÓN DEL ESTADO TÉCNICO

ESTADO TÉCNICO	TIPO DE MANTENIMIENTO
Bueno	Revisión
Regular	Reparación pequeña
Malo	Reparación media
Muy malo	Reparación general

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/201609013/ANALISIS-DEL-ESTADO-TECNICO-ACTUAL-DEL-EQUIPO-pptx>

2.2.1.1 Formato de ficha técnica el equipo

La ficha técnica de un equipo contiene la información del mismo que es de gran importancia y utilidad para saber qué decisión de debe tomar con respecto a la misma.

Esta ficha contiene la siguiente información:

- Nombre de la empresa
- Nombre del equipo
- Código
- Fotografía del equipo
- Datos de fabricación y adquisición como: fabricante, año, país, modelo, fecha de adquisición.
- Características generales como las dimensiones del equipo que son la descripción y las medidas y las especificaciones y características.
- Componentes y accesorios

Tabla II. XII MODELO DE FICHA TÉCNICA DE UN EQUIPO

NOMBRE DE LA EMPRESA				LOGOTIPO			
REALIZADO POR:				FECHA:			
MÁQUINA-EQUIPO				UBICACIÓN			
FABRICANTE				SECCIÓN			
MODELO				CODIGO			
MARCA							
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
PESO				ALTURA			
				ANCHO			
						LARGO	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				FOTOGRAFÍA DE LA MÁQUINA			
FUNCIÓN							

Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

2.2.2 Revisión

Es aquel trabajo encaminado a detectar el estado técnico en que se encuentran las distintas partes o mecanismos de los equipos y solucionar algunos defectos sencillos.

Entre las actividades a realizar en la revisión se encuentran:

- Comprobación del funcionamiento de los mecanismos.
- Comprobación del grado de desgaste de las partes y piezas
- Comprobación del funcionamiento del sistema de lubricación.
- Comprobación del grado de calentamiento de las partes giratorias.
- Ajuste de los mecanismos.

2.2.3 Reparación pequeña, media y general

a) Reparación pequeña

Es el trabajo que se ejecuta en los equipos con vistas a reparar o sustituir un número limitado de piezas de fácil acceso, que se deterioran frecuentemente.

Entre los trabajos que se llevan a cabo en una reparación pequeña se encuentran:

- Desarme de algunas partes.
- Ajuste del anclaje, mecanismos (transmisiones, superficies de rodamientos) y sistemas de lubricación.
- Cambio de piezas deterioradas.
- Determinación del estado técnico de otras piezas, partes y mecanismos, con vistas a la próxima reparación.

b) Reparación media

La reparación media es aquella en la cual se reparan o sustituyen piezas o partes del equipo de mayor duración e importancia y de más difícil acceso.

En la reparación media la cantidad y complejidad de los trabajos que se realizan es mayor que en la reparación pequeña.

c) Reparación general

La reparación general es la actividad de mantenimiento de mayor volumen de trabajo y se lleva a cabo con el objetivo de restituir al equipo no menos de 90% de su efectividad y condiciones de diseño originales.

En esta actividad se reparan o sustituyen las partes, las piezas y los mecanismos que lo requieran para que el equipo quede en óptimas condiciones, aunque se necesite para ello desarmar completamente el equipo o alguna parte o mecanismo para poder efectuar dicha reparación.

2.3 Sistemas de Control

2.3.1 Control por PLC

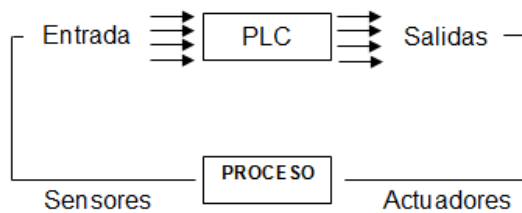
Se inventaron para suplir las necesidades del campo automotriz y primeramente para las empresas, para sustituir la lógica cableada con contactores y relés. Nació de un concurso que lo ganó Bedford Associates con el primer PLC llamado MODICOM (Controlador Digital Modular).



Fuente: <https://josemariahurtadotorres.files.wordpress.com/2013/09/tema-1-introduccion-a-las-comunicaciones-industriales.pdf>

Figura II. 22 EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES Y DE LAS COMUNICACIONES

El PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial procesos secuenciales, es decir, una etapa después de la otra. A él se conectan por un lado los captadores como finales de carrera, pulsadores, etc. y por otro lado los actuadores como bobinas de contactores, lámparas, receptores.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura II. 23 ESQUEMA DE UN SISTEMA DE CONTROL

MODO DE FUNCIONAMIENTO:

Ejecutan sucesivamente las instrucciones indicadas en el programa almacenadas en su memoria, generando órdenes de mando a partir de estas

señales y al detectar algún cambio el PLC reacciona de acuerdo al programa hasta conseguir las órdenes de salida necesarias.

La lectura y escritura de las señales se ejecuta al mismo tiempo para todas las entradas y salidas logrando optimizar el tiempo.

El PLC por sus diferentes características comprende procesos de fabricación industriales de cualquier tipo, donde se necesite una etapa de maniobra, control, chequeo de programas, etc. También en procesos con necesidades como espacio reducido, producciones periódicamente cambiantes, maquinaria de procesos variables, entre otras.

VENTAJAS:

- Reducidas dimensiones y extremada facilidad de montaje.
- Modificación del programa sin cambiar el cableado y la posibilidad de almacenar los programas para una utilización posterior.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en marcha del proceso al reducir el tiempo de cableado.
- El PLC sigue siendo útil aunque la máquina a la está gobernando quede fuera de servicio.

DESVENTAJAS:

- Debido a que existe una gran variedad de modelos en el mercado y a las constantes innovaciones no todos los PLC ofrecen las mismas características.

- Para su manejo se requiere personal calificado, pese a que su programación no es complicada, la manipulación del PLC requiere cierto grado de conocimiento del tema.
- Según el número de entradas o salidas que se requiera su costo puede ser un poco elevado.
- El estado de las líneas eléctricas a las que se encuentre conectado el PLC debe estar en óptimas condiciones, caso contrario no se podrá usar esta tecnología.

2.3.1.1 Automatización utilizando PLC

Si se habla de realizar la automatización de un proceso utilizando un PLC es muy importante encontrar la metodología o procedimiento adecuado que permita no solamente una mejora de la producción sino también implique que la adquisición de la nueva tecnología sea una inversión rentable.

Para conseguir que la automatización sea eficiente hay que realizar un análisis previo de las necesidades del proceso u organización, de las diferentes ofertas que el mercado ofrece o del diseño de los sistemas con respecto a las funciones de la organización.

Los pasos para aplicar dicha metodología son:

- a) Descripción del sistema, se debe hacer considerando todos los detalles porque esto nos da una amplia visión de lo se quiere hacer y lo que realmente se puede.
- b) Realizar un diagrama de flujo, que es una representación gráfica de los pasos de un proceso.

- c) Descripción de los equipos del sistema, que implica definir las entradas y salidas y la función de los dispositivos que intervienen en el proceso.
- d) Requerimientos del cliente.
- e) Selección del PLC, que implica considerar el tipo de autómeta y la marca siempre de acuerdo a los requerimientos del proceso.
- f) Programación del PLC, para este punto es de gran ayuda hacer el graficet del proceso que es un diagrama gráfico de etapas y transiciones y brinda una mayor perspectiva de cómo elaborar el programa.

2.3.2 Sistemas HMI

El HMI (Human Machine Interface) es un dispositivo o sistema que permite la interacción entre la máquina o el proceso y el operador.



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/schneider-electric-automation-and-control/paneles-pc-pantalla-tactil-industriales-23470-589275.html>

Figura II. 24 FOTO DE UNA MAGELIS

Tradicionalmente los HMI consistían en paneles formados por indicadores como luces pilotos, indicadores análogos y digitales, pulsadores, selectores o cualquier otro dispositivo que se conecta a la máquina o proceso, pero hoy en día estas máquinas están implementadas con dispositivos electrónicos que pueden contar con interfaces bastantes eficaces y poderosas con conexiones al proceso mucho más sencillas y económicas.

Tipos de HMI:

- Terminal de Operador: dispositivo para ser instalado en ambientes agresivos con despliegues numéricos, alfanuméricos o gráficos, pueden ser las pantallas sensibles al tacto o touch screen.
- PC más Software: consisten en un PC que puede ser un industrial para ambientes agresivos, los de panel para gabinetes en donde se carga un software.

El software HMI permite que el operario interactúe con él y observe el proceso gracias a su interfaz gráfica, además de tener registros en tiempo real, manejo de alarmas y muchas otras herramientas. Este software debe poder comunicarse con los dispositivos externos del proceso.

Entre las funciones de un software HMI tenemos:

- Monitoreo, permite obtener datos de la planta en tiempo real.
- Supervisión, esta función consiste en ajustar desde la computadora las condiciones de trabajo del proceso.
- Alarmas, se trata de reconocer eventos que impliquen que las variables excedan sus valores normales y reportarlos para actuar sobre ellos.
- Control, que se lo hace por medio de algoritmos para ajustar los valores y mantenerlos dentro de los límites, además el operador puede enviar señales al proceso mediante botones, controles ON/OFF.
- Históricos, consiste en almacenar datos y archivos del proceso cada determinado tiempo.

2.3.3 Sistemas de Comunicación

Muchos de los sistemas en el ámbito industrial están formados por equipos de diferentes fabricantes, que cumplen funciones también diferentes, funcionan en distintos niveles de automatización y que por lo general no están cerca los unos de los otros. Lo ideal es que trabajen de forma coordinada para obtener una comunicación totalmente integrada y el desarrollo de las redes industriales ha establecido la forma de unir todos estos dispositivos, de esta manera que es posible la comunicación entre el área de control y lo instrumentos de campo.

Las ventajas de tener un sistema integrado son:

- Visualización y supervisión de todo el proceso
- Rápida toma de datos del proceso
- Mejora el rendimiento del proceso en general
- Intercambio de datos entre diferentes departamento
- Monitoreo de los dispositivos de forma remota.

2.3.3.1 Pirámide de las Comunicaciones



Fuente: *Comunicaciones Industriales de Vicente Guerrero, Ramón Yuste y Luis Martínez*

Figura II. 25 PIRÁMIDE DE LAS COMUNICACIONES

2.3.3.2 Velocidades en cada nivel



Fuente: Comunicaciones Industriales de Vicente Guerrero, Ramón Yuste y Luis Martínez

Figura II. 26 VELOCIDADES EN CADA NIVEL

2.3.3.3 Protocolo Modbus

Este protocolo de comunicaciones industriales situado en el nivel siete del modelo OSI, fue diseñado por MODICON para su gama de PLCs, es superior a otros protocolos y uno de los más populares en sistemas de automatización y control gracias a que es público, su implementación es fácil y maneja bloques de datos sin suponer restricciones.

Modbus permite el control de una red de dispositivos, como por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad y comunicar los resultados con un ordenador, también se usa Modbus para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas SCADA.

Modbus no especifica el tipo de red de comunicaciones a utilizar por lo que se puede implementar sobre redes basadas en Ethernet (Modbus TCP), RS-485, RS-232, etc.

2.3.3.3.1 Ethernet Modbus TCP

Es una variante de la familia de protocolos MODBUS introducido por Schneider Automation, se usa para la supervisión y control de equipos de automatización, este protocolo de comunicación está diseñado para permitir a equipos industriales tales como PLCs, computadores, drivers para motores y otros tipos de dispositivos físicos de entrada/salida comunicarse en una red, define el uso de mensajes en un entorno intranet o internet usando los protocolos TCP/IP.

Es simple de administrar y expandir, está limitado por las capacidades de comunicación del sistema operativo del computador, se puede realizar operaciones o mantenimiento remoto desde la oficina utilizando un PC.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO DE LA MÁQUINA

El objetivo del análisis técnico de la máquina es evaluar las condiciones de sus componentes, de manera que se logre saber cuáles son los elementos que requieren un mantenimiento o repotenciación y cuales son lo que deben ser cambiados.

Para evaluar el estado técnico de la máquina se ha tomado como referencia la Tabla II. IX, con la que se puede calificar cada elemento dependiendo el porcentaje de funcionalidad que tenga.

TABLA III. I FICHA DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA ANTERIOR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO							
REALIZADO POR:	PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:	OCTUBRE, 2014			
MÁQUINA-EQUIPO	"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN	RIOBAMBA-ECUADOR			
FABRICANTE	XXX		SECCIÓN	XXX			
MODELO	XXX		CODIGO	XXX			
MARCA	XXX						
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
	ALTURA	1430mm		ANCHO	600mm	LARGO	1300mm
<p><u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</u></p> <p>SISTEMA MECÁNICO Tornillo sin fin mal diseñado Estructura inestable</p> <p>SISTEMA NEUMÁTICO Cilindros pequeños, sin reguladores de caudal. No posee filtro regulador. Mangueras colocadas en desorden</p> <p>SISTEMA ELÉCTRICO Tablero de control pequeño y en desorden. Relé programable Zelio con contraseña (inutilizable). Cableado en desorden Variador de frecuencia con avería. Pulsadores y luces indicadoras dañadas.</p> <p>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO Posee mangueras conectadas al intercambiador de calor, pero no existe una bomba de agua.</p> <p>SISTEMA DE EXTRUSIÓN Temperatura controlada por termoreguladores analógicos y digitales.</p>							

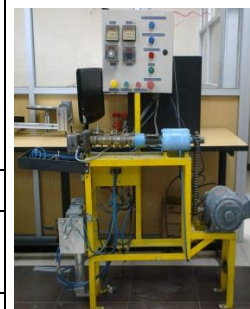
<p>Boquilla del cabezal desgastada. Cableado desgastado. No posee tolva de alimentación. Garganta de alimentación pequeña</p>	
<p><u>FUNCIÓN</u></p> <p>La máquina se encuentra inutilizable en vista de que su sistema es comandado por un relé programable Zelio que tiene contraseña, la cual es desconocida debido a que no existen documentos o datos del diseño y la elaboración de la máquina, así como datos de su funcionamiento.</p>	

Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Al elaborar la ficha técnica de la máquina, es posible determinar el estado de cada elemento de los diferentes sistemas que posee, lo que servirá posteriormente para la comparación con la ficha técnica actual de la máquina, también para determinar el porcentaje de incremento en su rendimiento productivo alcanzado, y finalmente sirve como un dato futuro para las personas que manipularán la máquina, que serán en su mayoría, estudiantes de la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH.

TABLA III. II FICHA TÉCNICA DE LA MÁQUINA ANTERIOR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO					
REALIZADO POR:	PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:	OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO	"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN	RIOBAMBA-ECUADOR	
FABRICANTE	XXX		SECCIÓN	XXX	
MODELO	XXX		CÓDIGO	XXX	
MARCA	XXX				
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
	ALTURA	1430 mm		ANCHO	600 mm
				LARGO	
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:	
SI ()		NO (X)		SI ()	
NO (X)		SI ()		NO (X)	
ITEM	ESTADO TÉCNICO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO
1	Estado del Sistema Mecánico			X	
2	Estado del Sistema Neumático			X	
3	Estado del Sistema Eléctrico			X	
4	Estado del Sistema de Extrusión		X		
5	Estado del Sistema de Enfriamiento				X
6	Cableado del sistema				X
ESTADO TÉCNICO			SERVICIO DE MANTENIMIENTO		
BUENO (90<=X>=100)%			Revisión		()
REGULAR (75<=X>=89)%			Reparación pequeña		()
MALO (50<=X>=74)%			Reparación media		()
MUY MALO (X< 50%)			Reparación general		()



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)


Al obtener la tabla del estado de cada sistema de la máquina, se procede a aplicar la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de estado técnico y así establecer qué tipo de servicio de mantenimiento requiere la máquina.

$$\frac{\{(N^{\circ} \text{ Aspectos buenos} * 1) + (N^{\circ} \text{ Aspectos regulares} * 0.8) + (N^{\circ} \text{ Aspectos malos} * 0.6) + (N^{\circ} \text{ Aspectos muy malos} * 0.4)\}}{(N^{\circ} \text{ Aspectos considerados})} * 100$$

3.1 Análisis y repotenciación de los diferentes sistemas de la máquina

3.1.1 Sistema Mecánico

TABLA III. III FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA MECÁNICO ANTERIOR

<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p>							
REALIZADO POR:		PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:		OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO		"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN		RIOBAMBA - ECUADOR	
FABRICANTE		XXX		SECCIÓN		XXX	
MODELO		XXX		CÓDIGO		XXX	
MARCA		XXX					
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
ALTURA		1430 mm		ANCHO		600 mm	
LARGO		1300 mm					
MANUALES:			PLANOS:			REPUESTOS:	
SI () NO (X)			SI () NO (X)			SI () NO (X)	
ITEM	ESTADO TÉCNICO		BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	
1	Estructura de la máquina					X	
2	Husillo de la extrusora				X		
ESTADO TÉCNICO				SERVICIO DE MANTENIMIENTO			
BUENO (90<=X<=100)%				Revisión ()			
REGULAR (75<=X<=89)%				Reparación pequeña ()			
MALO (50<=X<=74)%				Reparación media (X)			
MUY MALO (X< 50%)				Reparación general ()			



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Se procede a desarmar toda la máquina con el fin de brindar un mantenimiento correctivo a las piezas o elementos que lo requieran, y cambiar los que no sirvan, teniendo en cuenta algunos parámetros importantes:

- Desmontar las piezas con las herramientas indicadas, para evitar averías en los elementos o tornillos aislados.
- No arrancar ningún cable.
- Comprobar el funcionamiento de cada elemento.

3.1.1.1 Estructura de la máquina

Al analizar la estructura de la máquina anterior, se observa que es inestable, pues está hecha de hierro y su diseño no es adecuado para el sistema que debe soportar, en la Figura III.1 se observa el estado anterior de la estructura.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 1 ESTRUCTURA ANTERIOR DE LA MÁQUINA

Se ha reemplazado por completo la estructura de la máquina, por una de aluminio estructural de color blanco-plateado, forzado, resistente y capaz de soportar el peso de toda la máquina, unido mediante pernos especiales para ello.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 2 ESTRUCTURA DE ALUMINIO PARA LA NUEVA MÁQUINA

3.1.1.2 Husillo de la extrusora

Al desmontar la extrusora, se observa el husillo con restos de plástico duro a su alrededor, los filetes de las diferentes zonas desgastados, además de estar mal diseñado. Se muestra las características del husillo anterior a continuación:

Longitud del husillo: 354 mm

Diámetro interno: 19 mm

Número de filetes: 25

Ancho del filete: 3 mm

Paso del husillo: 15 mm

Profundidad en la zona de alimentación: 4.2 mm

Profundidad en la zona de compresión: 2.5 mm

Profundidad en la zona de dosificación: 0.8 mm

Al analizar las dimensiones del husillo, se puede indicar que:

- El número de filetes no corresponde a la cantidad de filetes que debería tener el husillo con respecto a su longitud.

- El ancho de los filetes no es el apropiado.
- La longitud del paso del husillo debería ser igual al diámetro del mismo, se observa que es mucho más corto y por ende no ingresa la suficiente cantidad de material para que el proceso de extrusión sea el adecuado
- La profundidad en las diferentes zonas no es la adecuada, debido al desgaste notorio de los filetes.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 3 HUSILLO CON FILETES DESGASTADOS

Se procede a diseñar un nuevo husillo, que tenga las dimensiones correctas tanto de los filetes como del paso entre ellos, los cálculos realizados para la construcción del husillo, basados en las fórmulas tomadas de Savgorodny, se observan a continuación.

Ángulo de hélice.

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{t}{\pi * D}$$

$$t = D;$$

$$\varphi = 17.65^\circ$$

Donde:

t= paso del husillo

D= diámetro del husillo

Paso del husillo

$$t = \pi * D * \tan\varphi$$

$$t = \pi * 19 * \tan 17.65^\circ$$

$$t = 19 \text{ mm}$$

Ancho del filete

$$e = 0.12 * D$$

$$e = 0.12 * 19$$

$$e = 2.28 \text{ mm}$$

Donde:

e= ancho del filete

Tolerancia del husillo

$$\delta = 0.002 * D$$

$$\delta = 0.002 * 19$$

$$\delta = 0.038$$

Donde:

δ = tolerancia del husillo

Número de filetes

$$N^\circ \text{ filetes} = \frac{L}{D}$$

$$N^\circ \text{ filetes} = \frac{354}{19}$$

$$N^\circ \text{ filetes} = 18.63 \cong 19$$

Longitud de las zonas del husillo

De acuerdo a la longitud de la camisa y, a cómo están distribuidas las resistencias en cada etapa, se determinó las siguientes longitudes para cada zona:

Longitud en la zona de alimentación: 194 mm

Longitud en la zona de compresión: 80 mm

Longitud en la zona de dosificación: 80 mm

Profundidad de las zonas del husillo

Con referencia a la Tabla II.IX, se determina que las profundidades del husillo son:

Profundidad en la zona de alimentación: 4 mm

Profundidad en la zona de compresión: 2.7 mm

Profundidad en la zona de dosificación: 1.7 mm

La profundidad de la zona de compresión se calcula haciendo una relación entre la zona de alimentación y la zona de dosificación.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 4 HUSILLO REDISEÑADO

3.1.2 Sistema Neumático

TABLA III. IV FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA NEUMÁTICO ANTERIOR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO											
REALIZADO POR:		PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:		OCTUBRE, 2014					
MÁQUINA-EQUIPO		"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN		RIOBAMBA-ECUADOR					
FABRICANTE		XXX		SECCIÓN		XXX					
MODELO		XXX		CÓDIGO		XXX					
MARCA		XXX									
CARACTERÍSTICAS GENERALES											
ALTURA		1430 mm						ANCHO		600 mm	
LARGO		1300 mm									
MANUALES:		PLANOS:						REPUESTOS:			
SI ()		NO (X)		SI ()		NO (X)		SI ()		NO (X)	
ITEM	ESTADO TÉCNICO		BUENO		REGULAR		MALO		MUY MALO		
1	Molde		X								
2	Cilindros del molde						X				
3	Cilindro de la base				X						
4	Boquilla de soplado				X						
5	Mangueras neumáticas						X				
6	Válvulas electroneumáticas						X				
ESTADO TÉCNICO						SERVICIO DE MANTENIMIENTO					
BUENO (90<=X>=100)%			73.3%			Revisión			()		
REGULAR (75<=X>=89)%						Reparación pequeña			()		
MALO (50<=X>=74)%						Reparación media			(X)		
MUY MALO (X< 50%)						Reparación general			()		

Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

3.1.2.1 Molde

El molde se encuentra en buen estado, es el que va a dar la forma final al objeto de plástico que se va a elaborar, en este caso es una botella pequeña.

El material del mismo es aluminio, tiene un orificio en la parte de abajo que es por donde una boquilla pequeña realiza el proceso de soplado al parison que se ubica en él.

Tiene dos ejes que le sirven de guía cuando sube y baja para cumplir su papel en el proceso de extrusión-soplado.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 5 MOLDE DE LA MÁQUINA

3.1.2.2 Cilindros del molde

Al poner en marcha los cilindros del molde se observa que son muy pequeños, y por ende no lo cierran con la fuerza necesaria para que al momento de iniciar el proceso de soplado éste no se abra y provoque rupturas en la botella de plástico.

DATOS DE LOS CILINDROS ANTIGUOS

1 bar= 14.5037738 psi

1 bar= 1.01972 kgf/cm²

Carrera	50 mm
Presión	100 psi = 6.89 bar = 7.026 kgf/cm ²
Diámetro	16 mm = 1.6 cm

Para calcular el área del cilindro se aplica la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\Pi * d^2}{4}$$

$$A = \frac{3.1416 * 2.56 \text{ cm}^2}{4}$$

$$A = 2.011 \text{ cm}^2$$

Para calcular la fuerza que ejerce el cilindro sobre el molde, se aplica la siguiente fórmula:

$$P = \frac{F}{A} \qquad F = P * A$$

Donde:

P= presión

F= fuerza

A= área

$$F = 7.026 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} * 2.011 \text{ cm}^2$$

$$F = 14.129 \text{ Kgf}$$

Al observar el resultado, se deduce que la fuerza ejercida no es la suficiente para cerrar completamente al molde, por lo que se ha decidido reemplazar los cilindros por unos de mayor diámetro.

DATOS DE LOS CILINDROS ACTUALES

Carrera	50 mm
Presión	100 psi = 6.89 bar = 7.026 kgf/cm ²
Diámetro	20 mm = 2 cm

Al calcular el área se tiene:

$$A = \frac{3.1416 * 4 \text{ cm}^2}{4}$$

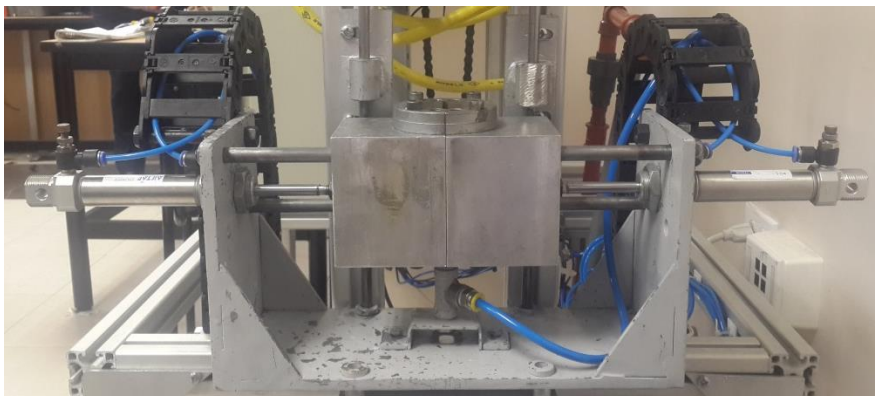
$$A = 3.142 \text{ cm}^2$$

Para saber la fuerza que ejerzan los cilindros:

$$F = 7.026 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} * 3.142 \text{ cm}^2$$

$$F = 22.076 \text{ Kgf}$$

Se deduce, que la fuerza con los cilindros actuales ha aumentado un 78.12% con respecto a los cilindros anteriores, por lo tanto el cambio de los cilindros ha sido óptimo.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 6 CILINDROS DEL MOLDE

Los datos se pueden verificar en la tabla del **ANEXO 1**.

3.1.2.3 Cilindro de la base

El problema existente en el cilindro de la base, es la fuga de aire debido a la ruptura del anillo de junta de la tapa frontal, además la falta de lubricación en la salida del vástago, pues al subir el molde lo hace lenta e interrumpidamente, se procede a cambiar el anillo de junta por uno nuevo y a lubricarlo con aceite 3 en uno.

Las características del cilindro se observan a continuación.

Carrera	180 mm
Presión	100 psi = 6.89 bar = 7.026 kgf/cm ²
Diámetro	35mm



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 7 CILINDRO DE LA BASE

3.1.2.4 Boquilla de soplado

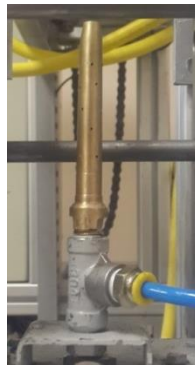
La boquilla utilizada para el soplado era pequeña como se observa en la siguiente figura.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 8 BOQUILLA DE SOPLADO ANTERIOR

Para mejorar este sistema, se ha adquirido una nueva boquilla de soplado de cobre, de 850 mm, con orificios de 1mm a lo largo de ella para que el aire pueda salir por toda la boquilla y le pueda dar un mejor soplado al objeto de plástico. Se observa en la figura siguiente.

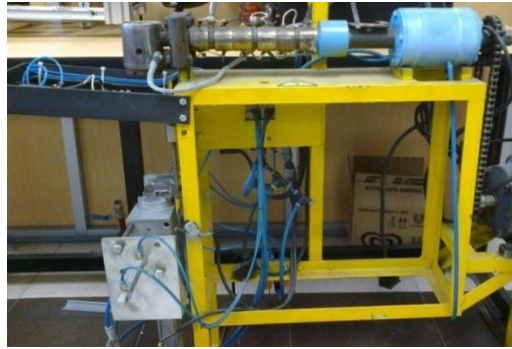


Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 9 BOQUILLA DE SOPLADO MEJORADA

3.1.2.5 Mangueras neumáticas

Las mangueras del sistema anterior se encontraban desgastadas, y algunas agrietadas, por lo que se ha decidido cambiar todo el sistema de conexión de mangueras del sistema neumático, por unas mangueras nuevas, colocadas en orden, adicionalmente dos cadenas porta-cable para guiar las mangueras de los cilindros del molde.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 10 SISTEMA DE CONEXIÓN DE MANGUERAS ANTERIOR



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 11 SISTEMA DE CONEXIÓN DE MANGUERAS MEJORADO

Se ha añadido racores y reguladores neumáticos a los cilindros; así como también un filtro regulador para el sistema de soplado.

TABLA III. V CARACTERÍSTICAS DE MANGUERAS, RACORES Y REGULADORES DE LA MÁQUINA

ELEMENTO	DIMENSIÓN
Mangueras neumáticas de poliuretano	4mm – 6mm
Racores neumáticos	1/4 – 1/8 pulgada
Reguladores de caudal	1 a 8 bares

Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 12 IMPLEMENTACIÓN DE RACORES Y REGULADORES DE CAUDAL EN LOS CILINDROS

3.1.2.6 Filtro Regulador

Ubicado en la parte interior de la estructura cerca de las válvulas cumple funciones importantes como:

- Retener las impurezas y el agua que vengan mezcladas en el aire comprimido proveniente del compresor, evitando así que éstas pasen por las mangueras hacia la boquilla de soplado y pueda provocar fallas en el producto final.
- Regular la presión de soplado (en psi) de la boquilla.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 13 FILTRO REGULADOR DE LA MÁQUINA

3.1.2.7 Válvulas electroneumáticas

Se ha reemplazado las válvulas anteriores debido a que la bobina de la parte eléctrica estaba desconectada, a la vez se encontraban averiadas y deterioradas. Se han utilizado cuatro válvulas de cinco vías dos posiciones para la parte neumática, conectadas de la siguiente manera:

La primera válvula tiene la finalidad de suplir el trabajo de otra si es que en algún momento falla o si posteriormente surge la idea de darle uso, por lo pronto no se encuentra conectada.

- La segunda válvula está conectada a dos cilindros de los costados del molde, encargados de abrirlo y cerrarlo.
- La tercera válvula es la encargada del soplado, se encuentra conectada al filtro regulador de presión para moderar la cantidad de aire que se va a utilizar en el proceso de soplado.
- La cuarta y última válvula está conectada al cilindro de la base el cual se encarga de subir y bajar el molde según sea el caso.



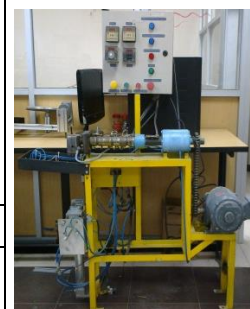
Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 14 VÁLVULAS ELECTRONEUMÁTICAS

3.1.3 Sistema eléctrico

TABLA III. VI FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO ANTERIOR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO						
REALIZADO POR:	PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:	OCTUBRE, 2014		
MÁQUINA-EQUIPO	"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN	RIOBAMBA - ECUADOR		
FABRICANTE	XXX	SECCIÓN	XXX			
MODELO	XXX	CÓDIGO	XXX			
MARCA	XXX					
CARACTERÍSTICAS GENERALES						
	ALTURA	1430 mm	ANCHO	600 mm	LARGO	1300 mm
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:		
SI () NO (X)		SI () NO (X)		SI () NO (X)		
ITEM	ESTADO TÉCNICO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	
1	Tablero de Control			X		
2	Luces indicadoras				X	
3	Pulsadores				X	
4	Variador de frecuencia		X			
5	Relé programable				X	
6	Termoreguladores			X		
7	Contactores	X				
8	Motor eléctrico	X				
9	Breaker general		X			
10	Breaker del motor				X	
ESTADO TÉCNICO			SERVICIO DE MANTENIMIENTO			
BUENO (90<=X>=100)%		64%	Revisión		()	
REGULAR (75<=X>=89)%			Reparación pequeña		()	
MALO (50<=X>=74)%			Reparación media		(X)	
MUY MALO (X< 50%)			Reparación general		()	



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

3.1.3.1 Tablero de control

El tablero existente en la máquina era muy pequeño y los elementos estaban ubicados en desorden y amontonados.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 15 TABLERO DE CONTROL ANTERIOR

Se ha reemplazado el tablero de control por uno más grande, y los elementos se encuentran ubicados en forma ordenada.

El tablero de control utilizado es una caja metálica de doble fondo de dimensiones 600 mm de ancho por 600 mm de largo y 200 mm de profundidad, el cual se ubica en la parte izquierda de la máquina.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 16 TABLERO DE CONTROL DE LA MÁQUINA

3.1.3.2 Luces Indicadoras

Todas las luces anteriores se encontraban deterioradas.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 17 LUCES INDICADORAS DEL SISTEMA ANTERIOR

Se las reemplazó por unas nuevas, con su respectiva etiqueta, además que son aptas para la conexión a 220V. Cumplen la función de mostrar cuando una etapa del proceso manual se está efectuando.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 18 LUCES INDICADORAS DE LA MÁQUINA

3.1.3.3 Pulsadores

De igual manera los pulsadores se encontraban averiados en su totalidad.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 19 PULSADORES DEL SISTEMA ANTERIOR

Se los reemplazó completamente, con su respectiva etiqueta. Tienen conexión a 24V DC.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 20 PULSADORES DE LA MÁQUINA

- **Llave**

Es la encargada de activar a los contactores para que comiencen la etapa de calentamiento de las resistencias, funciona a la par con el botón de paro, ya que cuando se requiera apagarlos se deberá desactivar la llave y pulsar el botón de PARO para que se desenclaven.

- **Pulsador – BOMBA**

Este botón es el encargado de activar la bomba eléctrica manualmente, se desactiva con el botón de PARO.

- **Pulsador – PARO MOTOR**

Es el encargado de parar al motor cuando está trabajando manualmente.

- **Pulsador - SUBIR MOLDE**

Este botón trabaja manualmente, y es el encargado de subir el molde, para bajarlo se pulsa el botón de PARO

- **Pulsador - CERRAR MOLDE**

Este botón trabaja manualmente, y es el encargado de cerrar el molde que inicialmente está abierto, para abrirlo se pulsa el botón de PARO.

- **Pulsador - MOTOR**

Este botón trabaja manualmente, y es el encargado de activar al motor, se desactiva con el botón de PARO-MOTOR.

- **Pulsador – SOPLADO**

Este botón trabaja manualmente, y es el encargado de la etapa de soplado al parison para que tome la forma del molde, para detenerlo se pulsa el botón de PARO.

- **Pulsador – INICIO**

Este botón es el que inicia todo el proceso automáticamente al activarlo, para detener el proceso se pulsa el botón de PARO.

- **Pulsador – PARO**

Este botón es el encargado de detener cualquier etapa del proceso ya sea manual o automática, funciona también como un paro de emergencia.

- **Selector**

Indicador que tiene la función de seleccionar si se quiere realizar una operación manual (es decir, pulsar cada botón para que cumpla una función específica) o automática (en la cual solo basta pulsar el botón inicio para que realizase todo el proceso).

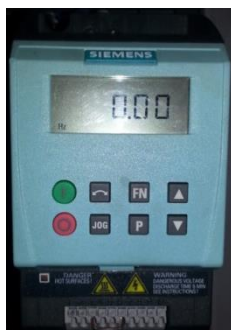
3.1.3.4 Variador de frecuencia

El convertidor de frecuencia anterior marca LENZE se encontraba averiado en su totalidad, por lo que se lo reemplazó por un SINAMICS G110, que básicamente se lo utiliza para el arranque directo del motor, y para la variación de su velocidad.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 21 CONVERTIDOR DE FRECUENCIA DEL SISTEMA ANTERIOR



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 22 VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS SINAMICS G110

El Sinamics G110 es un variador compacto alimentado con 200/240 VAC, tiene un rango de potencia de 0.12 a 3 KW. Cuenta con algunas características principales como son:


- Conexionado estilo contactor

- Tres entradas digitales configurables libremente
- Una entrada analógica (0-10) V que también se la puede utilizar como entrada digital.
- Una salida a transistor optoacoplada
- Protección del motor
- Frenado por inyección de corriente continua
- Led para información de su estado

Su configuración y manejo son sencillos, pero se debe tener cuidado al programarlo, utilizar el manual de los parámetros ajustables para obtener el funcionamiento deseado.

TABLA III. VII BORNES DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Borne	Significado	Funciones	
1	DOOUT-	Salida digital (-)	
2	DOOUT+	Salida digital (+)	
3	DIN0	Entrada digital 0	
4	DIN1	Entrada digital 1	
5	DIN2	Entrada digital 2	
6	-	Salida +24 V / máx. 50 mA	
7	-	Salida 0 V	
	Variante	Analógica	USS
8	-	Salida +10 V	RS485 P+
9	ADC1	Entrada analógica	RS485 N-
10	-	Salida 0 V	

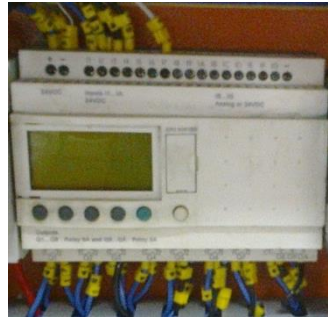


Fuente: MANUAL VARIADOR SINAMICS G110

Para la programación del variador, con los datos del motor ver el **ANEXO 2**.

3.1.3.5 Relé Programable

El sistema de la máquina anterior, era comandado por un relé programable Zelio, que vino con contraseña y por lo tanto no se logró obtener la programación anterior de la máquina.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 23 RELÉ PROGRAMABLE ZELIO DEL SISTEMA ANTERIOR

Debido a los diferentes dispositivos que se han aumentado en la máquina, se ha considerado reemplazar el relé programable por un controlador lógico programable, el que se ha escogido para la máquina extrusora es el PLC Telemecanique CAE40DRF, debido a que posee el número de entradas y salidas necesarias para la etapa de control, además que posee comunicación ethernet, serial y bluetooth.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 24 PLC TWIDO CAE40DRF

Tiene las siguientes características:

Tabla III. VIII CARACTERÍSTICAS DEL TWIDO CAE40DRF

PARÁMETRO	TWIDO CAE40DRF
Tipo	Controlador base compacto

Número de E/S discretas	40
Número de entradas discretas	24
Tensión de entrada discreta	24 V
Tipo de tensión de entrada discreta	DC
Número de salidas discretas	2 tipo transistor 14 tipo relé
Número de módulos de ampliación	7
Tipo de conexión	Bornera
Tensión de alimentación nominal	100...240 V AC
Función complementaria	PID Procesamiento de eventos

Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

COMPLEMENTARIO

Tabla III.IX CARACTERÍSTICAS COMPLEMENTARIAS DEL TWIDO CAE40DRF

PARÁMETRO	TWIDO CAE40DRF
Lógica de entrada discreta	Fuente
Límites de tensión de entrada	20.4...26.4 V
Corriente de entrada discreta	7 mA I0.2 a I0.5 7 mA I0.8 a I0.23 11 mA I0.0 a I0.1 11 mA I0.6 a I0.7
Impedancia de entrada	2100 Ohm I0.0 a I0.1 2100 Ohm I0.6 a I0.7 3400 Ohm I0.2 a I0.5 3400 Ohm I0.8 a I0.23

Carga mínima	0.1 Ma
Durabilidad mecánica	≥ 20000000 ciclos de salidas de relé
Durabilidad eléctrica	≥ 100.000 ciclos de salidas de relé
Estados de led	<p>1 LED verde PWR</p> <p>1 LED verde RUN</p> <p>1 LED de error del módulo rojo (ERR)</p> <p>1 LED de luz piloto de usuario (STAT)</p> <p>1 LED de estado Ethernet (LAN ST)</p> <p>1 LED 10 o 100 Mbit/s de velocidad (LACT)</p> <p>1 LED por canal verde que el estado de E / S</p>
Peso	0.525 Kg

Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

3.1.3.6 Termoreguladores

Los termoreguladores de la máquina están deteriorados pero funcionan, sin embargo no brindan la estabilidad necesaria para que las etapas del sistema de calentamiento se mantengan en la temperatura ingresada por el operario, además, en vista de que no tiene conexión con el plc, la temperatura que muestran no se puede visualizar en la pantalla del HMI.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 25 TERMOREGULADORES ANALÓGICOS Y DIGITALES DEL SISTEMA ANTERIOR

Por lo tanto se los ha reemplazado por dos módulos de entradas analógicas, con el fin de realizar un control on-off en la etapa de calentamiento del plc y que el rango de temperatura de las resistencias sea más estable y se pueda visualizar en la pantalla del HMI.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 26 MÓDULOS ANALÓGICOS TM2ALM3LT

El módulo de entradas analógicas Schneider Electric modelo TM2ALM3LT es el escogido para la máquina extrusora, con dos entradas analógicas y una salida, se utilizan dos módulos para las cuatro etapas de calentamiento.

El módulo de entradas analógicas tiene las siguientes características:

Tabla III.X CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS

PARÁMETRO	MÓDULO TM2ALM3LT
Energía interna	5 VDC - 50 mA
Energía externa	24 VDC – 50 mA
Número de entradas	2 (T/C (J,K,T), RTD (PT100))
Número de salidas	1 (0-10 V / 4-20 mA)
Número de bits	12

Fuente: <http://www.amazon.com/Schneider-PLC-Extension-Module-TM2ALM3LT/dp/B00HY6YRDE>

3.1.3.7 Contactores

En la máquina se utilizan cuatro contactores que sirven para cumplir con la etapa de calentamiento, todos funcionan correctamente y se alimentan con 220V, están ubicados de la siguiente manera:

- El primer contactor es el encargado de activar el primer par de resistencias de la etapa de calentamiento.
- El segundo contactor es el encargado de activar al segundo par de resistencias de la etapa de calentamiento.
- El tercer contactor es el encargado de activar el tercer par de resistencias de la etapa de calentamiento.
- El cuarto contactor es el encargado de activar la resistencia del cabezal, que es más grande y con mayor potencia que las anteriores.
- Finalmente, el último contactor sirve para activar al motor; todos los contactores tienen conexión al plc para enviarle las respectivas señales.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 27 CONTACTORES PARA LA ETAPA DE CALENTAMIENTO



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 28 CONTACTOR PARA EL MOTOR

3.1.3.8 Motor Eléctrico

El motor eléctrico se encuentra en óptimas condiciones de trabajo, no ha presentado problemas al estar operando; se lo ha lijado y pintado.

El motor eléctrico utilizado es un motor trifásico con las siguientes características:

Tabla III. XI DATOS DEL MOTOR

PARÁMETRO	DATO
Potencia	¼ HP
Tipo	JFN-GW TE
Voltaje	230/460 V

Amperaje	0.9/1.8 A
Frecuencia	60 HZ
Motor RPM	1770
ID#	F-8025-04-916

Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*



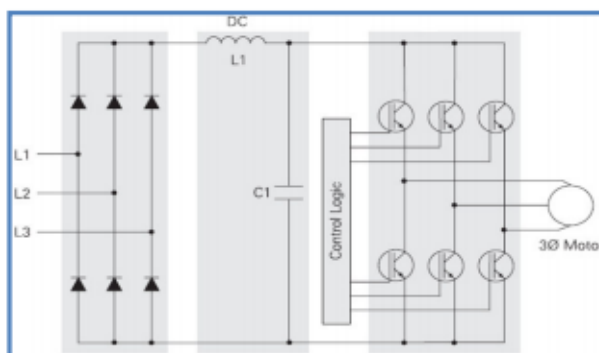
Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 29 MOTOR ELÉCTRICO

En vista de que se dispone de un motor trifásico, y en el laboratorio de automatización no se cuenta con una red trifásica, se ha realizado la conexión del motor a un variador de frecuencia, el mismo que servirá de intermediario en la conexión del motor trifásico a la red monofásica suministrada; ya que el “variador sirve para convertir una fuente de alimentación monofásica o trifásica de voltaje y frecuencia fija a un voltaje y frecuencia variable para alimentar un motor de inducción”³, y al observar el diagrama de bloques de la Figura III.30 se puede apreciar que no importa si la red suministrada es monofásica o

³ MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS
<http://www.motortico.com/biblioteca/MotorTico/2011%20JUN%20-%20Alimentacion%20de%20Motores%20Trifasicos%20con%20Red%20Monofasica.pdf>

trifásica pues la señal entrante se convierte en corriente directa para luego transformarse en un voltaje trifásico, el mismo que necesita el motor para su funcionamiento.



Fuente: <http://www.motortico.com/biblioteca/MotorTico/2011%20JUN%20%20Alimentacion%20de%20Motores%20Trifasicos%20con%20Red%20Monofasica.pdf>

Figura III. 30 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN VARIADOR

3.1.3.9 Breaker general

El breaker general no posee el amperaje adecuado, por ello se ha realizado un dimensionamiento, para saber el amperaje que debe tener un breaker óptimo para el sistema.

Dimensionamiento del breaker general

Al seleccionar el breaker general adecuado se debe tener en cuenta el amperaje que van a consumir los elementos del sistema, que se muestran a continuación:

- Motor: 1.8 A
- Contactores: 2.5 A
- Variador: 0.5 A
- Bomba: 2.1 A

- Fuente de poder: 2.5 A
- PLC y módulos analógicos: 0.05 A
- Luces indicadoras: 0.5 A

$$I_{TOTAL} = 9.95 A$$

Por lo que se ha decidido que el breaker general sea de 15 A, el tiempo de desconexión del mismo se muestra en la figura del **ANEXO 9**



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 31 BREAKER GENERAL

3.1.3.10 Breaker del motor

El breaker para el motor es una seguridad adicional para evitar daños en el motor en caso de que algún otro elemento del tablero de control falle.

Se ha eliminado el breaker anterior, y se ha utilizado el breaker general del sistema anterior.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

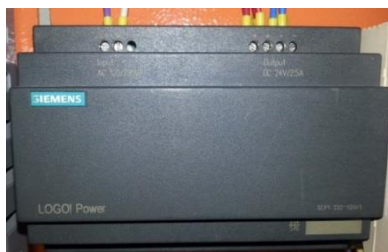
Figura III. 32 BREAKER PARA EL MOTOR

3.1.3.11 Fuente de Alimentación

Debido a la necesidad de conexión de algunos dispositivos a 24 V se ha incrementado una fuente de poder de 24V DC.

La fuente de alimentación es un componente eléctrico que convierte o regula la energía normal que recibe en energía de bajo voltaje y que debe ser constante a pesar de las variaciones que reciba en su entrada. La que se utiliza en la máquina extrusora es la fuente de alimentación LOGO! Siemens 6EP1331-1SH01, algunas características importantes son:

- Alimentación de entrada: 120-230 VAC , 1.3 Amperios
- Voltaje de salida: 24 VDC
- Corriente de salida: 2.5 Amperios
- Montaje en riel din



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 33 FUENTE DE ALIMENTACIÓN LOGO!

3.1.3.12 Pantalla Táctil Magelis

Para la visualización del HMI se ha añadido una pantalla Magelis, que es la encargada de mostrar en un entorno grafico amigable todo el proceso que se esté realizando, permite ingresar datos de temperaturas para evitar modificar la

programación del sistema desde la computadora, también muestra datos de temperaturas, tiempo, averías de elementos, falta de material, motor en espera.

Se alimenta con 24V y la conexión al plc para recibir los datos se la realiza por medio de un cable cruzado. Para programar la pantalla se utiliza el programa Vigeo Designer.

Está ubicada en una caja externa al tablero de control, acoplada a un brazo móvil con la finalidad de permitir que el usuario pueda observar los datos desde cualquier lugar que se encuentre.



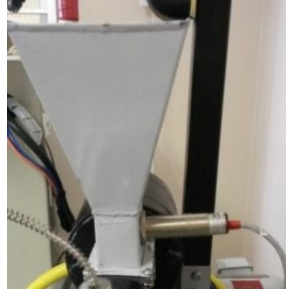
Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 34 PANTALLA MAGELIS

- Se ha instalado un sensor capacitivo en la tolva.

3.1.3.13 Sensor Capacitivo

El sensor capacitivo utilizado se encuentra situado en la parte inferior de la tolva, conectado a una entrada del plc con el fin de enviar una señal cuando exista ausencia de material, parando el proceso hasta que lo detecte nuevamente. Básicamente el sensor sirve de alarma para evitarle al operario la revisión continua del material en la tolva.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 35 SENSOR CAPACITIVO PARA LA TOLVA

3.1.3.14 Relé de 24V

El relé de 24 voltios para riel din incrementado en el sistema, se lo utiliza para conectar la bomba a una de las salidas por transistor del plc, además de servir como interruptor al energizar y des-energizar la bobina para permitir la activación y desactivación de la bomba a medida que el operador lo requiera.

Se utiliza un relé marca FINDER de 24 V DC.



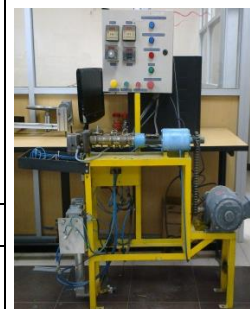
Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 36 RELÉ DE 24V

3.1.4 Sistema de extrusión

TABLA III. XII FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DE EXTRUSIÓN ANTERIOR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA CHIMBORAZO							
REALIZADO POR:		PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:		OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO		"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN		RIOBAMBA - ECUADOR	
FABRICANTE		XXX		SECCIÓN		XXX	
MODELO		XXX		CÓDIGO		XXX	
MARCA		XXX					
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
ALTURA		1430 mm		ANCHO		600 mm	
LARGO		1300 mm					
MANUALES:			PLANOS:			REPUESTOS:	
SI ()		NO (X)		SI ()		NO (X)	
SI ()		NO (X)		SI ()		NO (X)	
ITEM	ESTADO TÉCNICO		BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	
1	Boquilla del cabezal					X	
2	Resistencias		X				
3	Cañón Extrusor		X				
ESTADO TÉCNICO				SERVICIO DE MANTENIMIENTO			
BUENO (90<=X<=100)%				Revisión ()			
REGULAR (75<=X<=89)%				Reparación pequeña (X)			
MALO (50<=X<=74)%				Reparación media ()			
MUY MALO (X< 50%)				Reparación general ()			



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Se realizó el desmontaje total de la extrusora, para limpiarla, sacar los residuos de plástico quemados que se encontraban en las piezas del cabezal así como la parte interna del cañón, y analizar cada una de sus partes.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 37 PIEZAS DE LA EXTRUSORA CON RESTOS DE PLÁSTICO DURO

3.1.4.1 Boquilla del cabezal

El cabezal de la extrusora es una parte muy importante, pues por él sale la manga o parison que va directo al molde para que se cumpla el proceso de soplado; en vista de que la boquilla del cabezal anterior de la máquina se encontraba desgastada se vio la necesidad de sustituirla por una nueva, elaborando un nuevo diseño y adquiriendo otro tipo de material para su construcción.

Al realizar las pruebas respectivas, se observó que la boquilla del cabezal tenía varios inconvenientes:

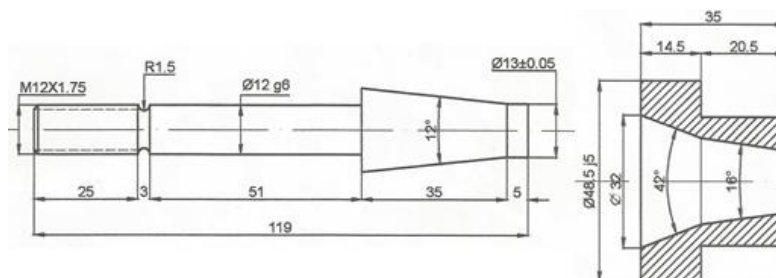
- No estaba bien centrada, y era casi imposible hacerlo debido a que las piezas no eran concéntricas por lo que jamás se centraban por completo.
- El material con el que fueron hechas estaba desgastado, y al momento que el plástico salía de la boquilla se pegaba y no se obtenía el parison deseado sino más bien una masa de plástico.
- No poseía un sistema regulable



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 38 BOQUILLA DEL CABEZAL CON PLÁSTICO ACUMULADO

Para solucionar este problema, se ha diseñado una nueva boquilla con un material adecuado para soportar altas temperaturas, con un sistema de centrado fijo, y regulable para elegir el grosor de la manga o parison. En la Figura III. 39 se observa el diseño realizado de la boquilla con sus respectivas dimensiones.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 39 DISEÑO DE LAS PARTES DE LA BOQUILLA DEL CABEZAL

Acero M-303

Es el acero utilizado para la elaboración de la boquilla, escogido en base a sus características de resistencia a altas temperaturas así como a la corrosión y al desgaste, sus características principales son:

- Acero inoxidable martensítico aleado al nitrógeno.
- Inigualable resistencia a la corrosión.

- Excelente tenacidad.
- Maquinabilidad mejorada.
- Muy buena resistencia al desgaste abrasivo.
- Se suministra en estado bonificado.
- Muy superior en desempeño frente a los aceros tipo 1.2316 o AISI 420.

Para la construcción de la boquilla se adquirieron dos piezas de acero M-303, la una de diámetro 25,5mm x 150mm de largo, y la otra de diámetro 50,8mm x 50mm de largo. Las piezas tienen acabado espejo y son reajustables para el tamaño de manga que se desee.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 40 CONSTRUCCIÓN DE LAS PARTES DE LA BOQUILLA DEL CABEZAL



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 41 BOQUILLA DEL CABEZAL MEJORADA

3.1.4.2 Resistencias

Las resistencias se encuentran en buen estado, forman parte de la etapa de calentamiento por conducción ubicadas a lo largo de la camisa de la extrusora, tienen las siguientes características.

Para los tres pares de resistencias de la camisa:

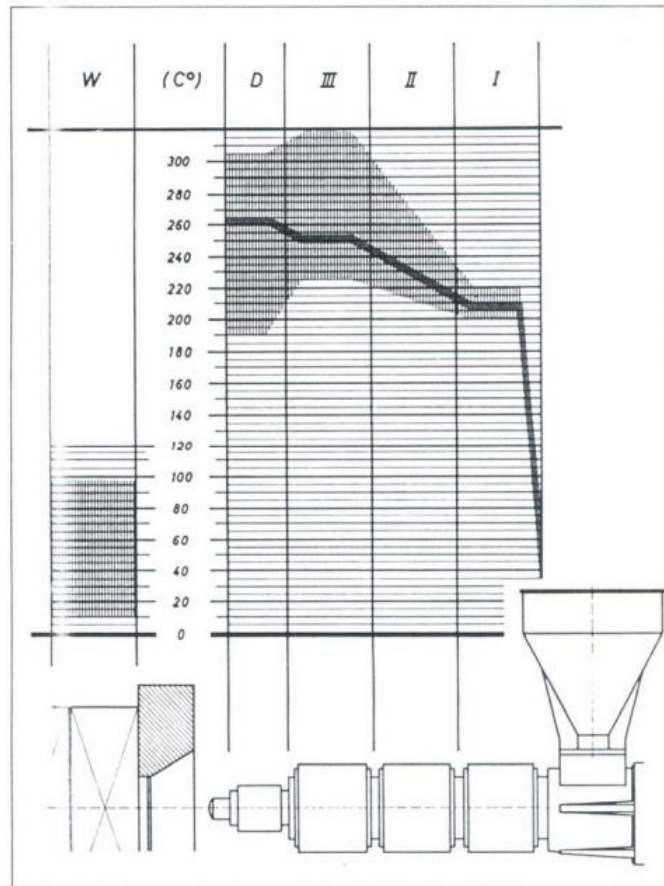
- Voltaje: 220V AC
- Potencia: 120 W

Para la resistencia del cabezal:

- Voltaje: 220V AC
- Potencia: 432 W

La conexión de las resistencias se realiza puenteando las dos correspondientes a cada etapa, el extremo de la primera se conecta al pin 2 T1 del contactor y el extremo de la segunda al pin 4 T2 del mismo contactor; lo mismo se realiza para las dos siguientes etapas. En el caso de la última etapa se conectan los extremos de la misma resistencia a los pines 2 T1 y 4 T2 del contactor respectivo.

Las temperaturas para este proceso se determinan en base al tipo de material y al producto deseado, en la Figura III. 42 se pueden observar las temperaturas recomendables para cada zona de la etapa de calentamiento; además para evitar cambios en la calidad del producto y conservar la temperatura deseada a lo largo de la camisa es recomendable aislarlo con algún material de baja conductividad térmica, para este caso se ha utilizado fibra de vidrio.



Fuente: dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6614/1/UPS-KT00132.pdf

Figura III. 42 ZONAS DE TEMPERATURA RECOMENDABLES PARA LA ELABORACIÓN DE POLIETILENO DE BAJA PRESIÓN RÍGIDO (PE_{HD})

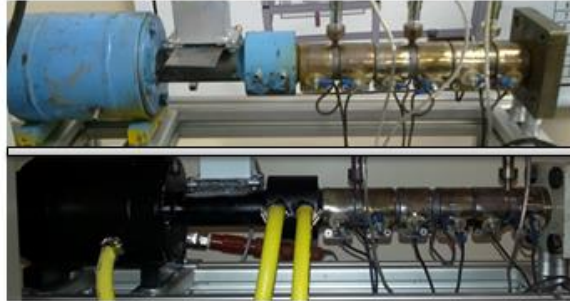
De acuerdo a la figura III. 43, los set point de cada etapa son los siguientes:

- Primera etapa: 210°
- Segunda etapa: 230°
- Tercera etapa: 250°
- Cuarta etapa: 260°

3.1.4.3 Cañón extrusor

El cañón extrusor también se encuentra en buenas condiciones, lo que se hizo fue limpiar su interior para eliminar todos los residuos e impurezas, y pintar su

parte externa con pintura resistente a altas temperaturas (hasta 700°C) color negro.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 43 PARTE EXTERNA DEL CAÑÓN EXTRUSOR DE LA MÁQUINA



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 44 PARTE INTERNA DEL CAÑÓN EXTRUSOR DE LA MÁQUINA

3.1.4.4 Termocuplas

Se utilizan 4 termocuplas tipo J en la máquina extrusora, cada una ubicada en el medio de cada par de resistencias, sobre una pieza pequeña de acero inoxidable que facilita su ajuste y permanencia en el cañón.

Son utilizadas como sensores para detectar la temperatura de cada etapa de calentamiento, las cuales están conectadas a los módulos de entradas analógicas conectados al plc.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 45 TERMOCUPLAS TIPO J

3.1.4.5 Tolva de alimentación

La tolva almacena el material (plástico virgen) hasta que por sí solo caiga dentro de la garganta de alimentación de la extrusora y sea transportado por el tornillo sin fin. Las medidas de la tolva son las siguientes:

- Parte inferior: 52mm largo x 32mm de ancho x 40mm de alto
- Parte superior: 130mm largo x 95ancho
- Altura total de la tolva: 170mm



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 46 TOLVA DE ALIMENTACIÓN

3.1.5 Sistema de enfriamiento

TABLA III. XIII FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO ANTERIOR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA CHIMBORAZO							
REALIZADO POR:		PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:		OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO		"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN		RIOBAMBA - ECUADOR	
FABRICANTE		XXX		SECCIÓN		XXX	
MODELO		XXX		CÓDIGO		XXX	
MARCA		XXX					
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
ALTURA		1430 mm		ANCHO		600 mm	
				LARGO		1300 mm	
MANUALES:			PLANOS:			REPUESTOS:	
SI () NO (X)			SI () NO (X)			SI () NO (X)	
ITEM	ESTADO TÉCNICO		BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	
1	Mangueras					X	
ESTADO TÉCNICO				SERVICIO DE MANTENIMIENTO			
BUENO (90<=X>=100)%				Revisión ()			
REGULAR (75<=X>=89)%				Reparación pequeña ()			
MALO (50<=X>=74)%				Reparación media ()			
MUY MALO (X< 50%)				Reparación general (X)			



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

3.1.5.1 Mangueras

Se ha reemplazado las mangueras anteriores en vista de su notorio deterioro, por mangueras nuevas de calibre 8mm 5/16.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura III. 47 MANGUERA UTILIZADA PARA FLUJO DE AGUA

3.1.5.2 Tubería

Se ha incluido un sistema de tubería para que el flujo de agua sea mejor y no existan fugas que puedan afectar al sistema.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 48 TUBERÍA UTILIZADA PARA FLUJO DE AGUA

3.1.5.3 Bomba de agua

También ha sido indispensable la presencia de una bomba de agua; se encuentra ubicada en la parte inferior de la máquina, sobre una estructura pequeña de aluminio. Su finalidad es la de bombear agua por las tuberías conectadas a las mangueras del intercambiador de calor para que cumpla un proceso de enfriamiento rápido.

Sus características principales son:

Tabla III. XIV DATOS DE LA BOMBA DE AGUA

PARÁMETRO	DATO
Modelo	PUMP PKm 60-1
Caudal	5/40 litros por minuto

Altura	38/5 metros
Caudal máximo	40 litros por minuto
Altura máxima	40 m
Voltaje	115/230 V
Frecuencia	60 Hz
Potencia	0.37 KW
Corriente nominal	4.2/2.1 A
IP	44

Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*




Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 49 BOMBA DE AGUA

3.1.6 Cableado de la máquina

TABLA III. XV FICHA TÉCNICA DEL CABLEADO ANTERIOR DE LA MÁQUINA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO							
REALIZADO POR:		PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:		OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO		"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN		RIOBAMBA - ECUADOR	
FABRICANTE		XXX		SECCIÓN		XXX	
MODELO		XXX		CÓDIGO		XXX	
MARCA		XXX					
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
ALTURA		1430 mm		ANCHO		600 mm	
				LARGO		1300 mm	
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:			
SI ()		NO (X)		SI ()		NO (X)	
SI ()		NO (X)		SI ()		NO (X)	
ITEM	ESTADO TÉCNICO		BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	
1	Cableado del tablero de control					X	
2	Cableado de las resistencias					X	
ESTADO TÉCNICO				SERVICIO DE MANTENIMIENTO			
BUENO (90<=X>=100)%		40%		Revisión		()	
REGULAR (75<=X>=89)%				Reparación pequeña		()	
MALO (50<=X>=74)%				Reparación media		()	
MUY MALO (X< 50%)				Reparación general		(X)	



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

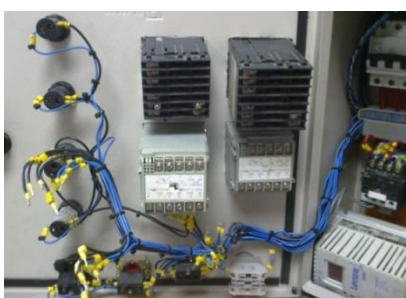
Para el cableado de la máquina se ha seleccionado el tipo de cable óptimo para cada conexión, realizada de la siguiente manera:

- Conexión de 220V: Cable #18 color blanco y morado.
- Conexión de 24V: Cable #18 color rojo (positivo) y azul (negativo).
- Señal al plc: Cable #18 color negro.

- Conexión a las resistencias de la etapa de calentamiento: Cable de asbesto #14.

3.1.6.1 Cableado del tablero de control

El cableado del tablero de control se encontraba totalmente en desorden, y no se distinguían las diferentes conexiones en vista de que todo el cable era de color azul y negro.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 50 CABLEADO ANTERIOR DEL TABLERO DE CONTROL

Se realizó el correcto cableado del tablero de control en base a su respectivo dimensionamiento, transportándolo por medio de canaletas para que no estén en desorden y no se deterioren, o en su defecto, puedan ser desconectados por accidente.



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 51 CABLEADO ACTUAL DEL TABLERO DE CONTROL

DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR DEL MOTOR

En vista de que los conductores que alimentan a un motor deben tener una capacidad no menor a un 125% de la corriente a plena carga del motor, se tiene:

$$Il = 1.8 + 25\% = 2.25A$$

El conductor óptimo para el motor debe ser 20 AWG con sección aprox. De 0.52 mm^2 que soporta una corriente de 6A. Ver **ANEXO 3**

DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR DE LA BOMBA

$$Il = 2.1 + 25\% = 2.63A$$

El conductor óptimo para la bomba debe ser 20 AWG con sección aprox. De 0.52 mm^2 que soporta una corriente de 6A. Ver **ANEXO 3**

3.1.6.2 Cableado de las resistencias

DIMENSIONAMIENTO:

Al emplear la fórmula de la potencia:

$$P = V * I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{120}{220}$$

$$I = 0.55A$$

Según los datos de la tabla del **ANEXO 3**, el calibre para el conductor sería el #18, pero se ha escogido el cable de asbesto #14, debido a que este soporta altas temperaturas (de 120°C a 204°C y puede soportar picos de 426°C).



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 52 CABLEADO ANTERIOR DE LAS RESISTENCIAS



Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*

Figura III. 53 CABLEADO ACTUAL DE LAS RESISTENCIAS

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL HARDWARE Y SOFTWARE DE LA MÁQUINA

4.1 Desarrollo del Hardware

Para el desarrollo del hardware de la máquina se han utilizado tanto elementos que ya vinieron en la máquina, como elementos nuevos adquiridos por las tesisistas, los cuales se mencionaron anteriormente. Se menciona a continuación las diferentes etapas del sistema.

4.1.1 Etapa Eléctrica

Las conexiones eléctricas de la máquina se realizaron siguiendo los siguientes parámetros:

- Tanto el plc, como la fuente de poder, el variador de frecuencia, el motor, la bomba eléctrica, los contactores y las lámparas indicadoras tienen alimentación 220 V.
- Los pulsadores, el selector, la llave, el sensor capacitivo, las válvulas electroneumáticas, el relé, los módulos de entradas analógicas, los comunes del plc y la pantalla Magelis tienen alimentación de 24 VDC.
- Se ha utilizado un breaker de protección adicional para el motor.
- Para la protección de la bomba se la ha conectado a un relé de 24V y éste a su vez a una de las salidas por transistor del plc.

El esquema de conexiones del tablero de control se observan en el **ANEXO 4**.

El esquema de conexiones de entradas y salidas del plc se observan en el **ANEXO 5**.

4.1.2 Etapa Neumática

La conexión de las válvulas y los cilindros se observan en el **ANEXO 6**.

4.1.3 Etapa Mecánica

El diseño de la máquina en SOLIDWORKS se observa en el **ANEXO 7**.

4.2 Desarrollo del software

4.2.1 Descripción del proceso

- El funcionamiento de la máquina inicia al conectar el enchufe a la red de 220V.
- Seguidamente se procede a activar el breaker de protección de todo el sistema de control, al tiempo en el que se observará que el plc, la fuente de

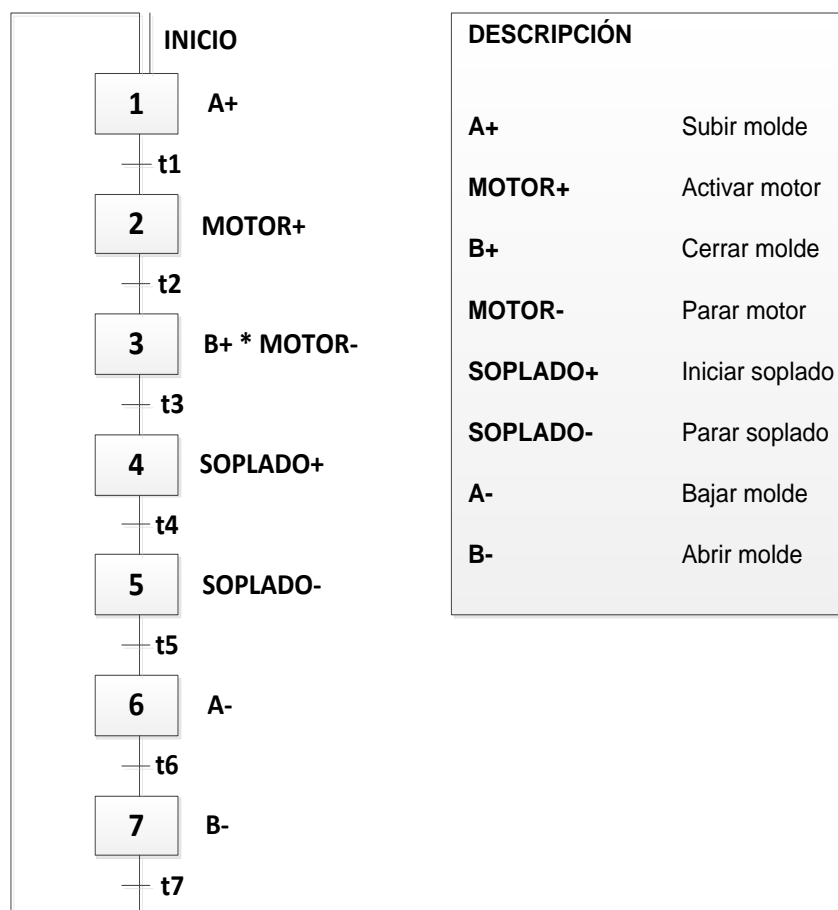
poder, el variador de frecuencia y la pantalla Magelis se encienden también.

- En vista que la etapa de calentamiento tarda aproximadamente una hora hasta que las resistencias lleguen a la temperatura adecuada para su funcionamiento óptimo se procede a colocar en estado “ON” la llave que está ubicada en la puerta del tablero de control y tiene la etiqueta de “CALENTAMIENTO”, se observará a continuación que los cuatro contactores se enclavan.
- Durante el proceso de calentamiento se puede observar el sistema HMI en la Magelis que muestra datos en tiempo real, además se pueden visualizar como incrementan las temperaturas de las cuatro etapas en orden, así como un cuadro verde titilando con la leyenda “MOTOR EN ESPERA”.
- Cualquier percance que se presente con respecto al fallo de las resistencias, la bomba, el motor, el exceso de temperatura o la falta de material se visualizarán en la última pantalla del HMI.
- Una vez que las niquelinas hayan llegado a su respectivo set point los contactores comienzan a desenclavarse, cuando se observe que las cuatro han llegado a su temperatura ideal se procede a activar el breaker de protección del motor.
- La máquina tiene la opción de trabajar tanto en estado manual como automático, lo cual se puede elegir con el selector ubicado en el panel de la Magelis.
- Al seleccionar el estado manual se cumplen los siguientes pasos:
 - ✓ Abrir el paso de aire.

- ✓ Pulsar el botón "SUBIR MOLDE".
- ✓ Pulsar el botón "MOTOR", esperar que el parison llegue a la boquilla de soplado.
- ✓ Pulsar el botón "CERRAR MOLDE" e inmediatamente pulsar el botón "PARO MOTOR", esperar 2 segundos y pulsar el botón "SOPLADO", esperar 50 segundos.
- ✓ Pulsar el botón "PARO", se escuchará que el soplado termina y, a su vez el molde baja y se abre.
- ✓ Sacar la botella de la boquilla de soplado una vez finalizado el proceso.
- Al seleccionar el estado automático se cumplen los siguientes pasos:
 - ✓ Abrir el paso de aire.
 - ✓ Pulsar el botón "INICIO".
 - ✓ Sacar la botella de la boquilla de soplado una vez finalizado el proceso.
 - ✓ Esperar 10 segundos para que se repita el proceso.
 - ✓ Presionar el botón "PARO" si se desea interrumpir el proceso o finalizarlo.
- Una vez cumplido el proceso y para apagar la máquina se procede a:
 - ✓ Colocar en "OFF" la llave y seguidamente pulsar el botón "PARO".
 - ✓ Desactivar el breaker del motor.
 - ✓ Desactivar el breaker general.
 - ✓ Cerrar el paso de aire.
 - ✓ Desconectar el enchufe de la red de 220V.

4.2.2 Diagrama GRAFCET

El diagrama grafcet sirve para observar la secuencia del proceso dividido por etapas, a continuación se muestra el grafcet del proceso de la máquina extrusora.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura IV. I DIAGRAMA GRAFCET DEL PROCESO DE CONTROL

4.2.2.1 Determinación de Ecuaciones

Basadas en el diagrama grafcet, la ecuaciones servirán de guía en la programación del plc ya que poseen un lenguaje de fácil interpretación.

$$M1 = M7 t7 + M1 \bar{M2}$$

$$M2 = M1 t1 + M2 \bar{M3}$$

$$M3 = M2 t2 + M3 \bar{M4}$$

$$M4 = M3 t3 + M4 \bar{M5}$$

$$M5 = M4 t4 + M5 \bar{M6}$$

$$M6 = M5 t5 + M6 \bar{M7}$$

$$M7 = M6 t6 + M7 \bar{M1}$$

Memorias SET y RESET

A⁺ Set M20

B⁺ Set M21

M1 Set M20

M6 Reset M20

M3 Set M21

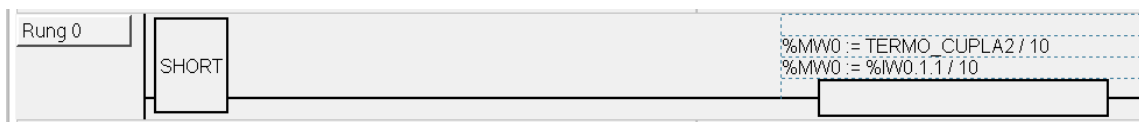
M7 Reset M21

El Ladder del proceso, que es el lenguaje que entiende el TWIDO SUITE se observa en el **ANEXO 8**.

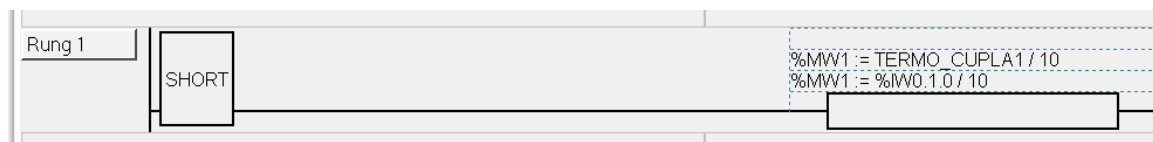
4.2.3 Programación en Twido Suite Versión 2.2

SISTEMA DE CALENTAMIENTO

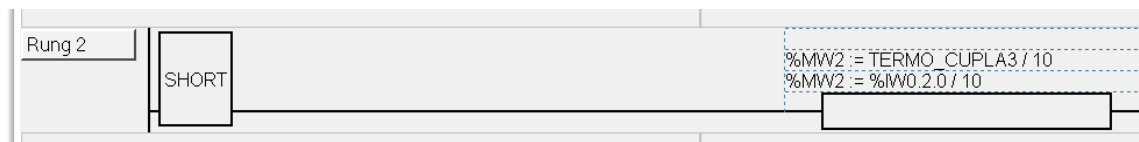
- Se utiliza un bloque de operación para almacenar y acondicionar la señal que entrega la termocupla 2, este valor está configurado para que se lea en grados centígrados y se guarda en la memoria word %MW0, que puede almacenar hasta el decimal 65535 o 16 bits. Esto se aplica para la demás termocuplas.



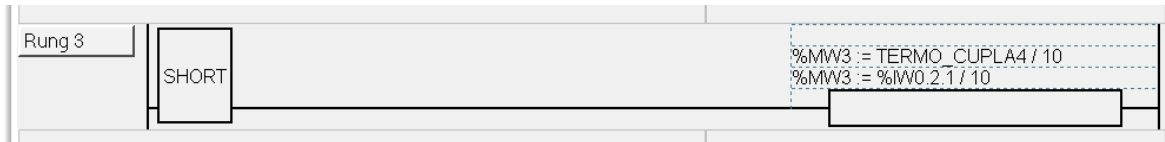
- El valor de temperatura de la termocupla 1 se almacena en la memoria word %MW1.



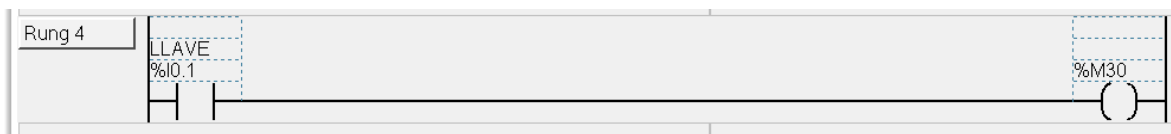
- El valor de temperatura de la termocupla 3 se almacena en la memoria word %MW2.



- El valor de temperatura de la termocupla 4 se almacena en la memoria word %MW3.



- La señal de la llave que es la que enciende las resistencias y a su vez inicia la etapa de calentamiento se almacena en una memoria que no se esté utilizando, en este caso se utiliza la memoria %M30. Esta etapa es independiente de la secuencia del proceso.

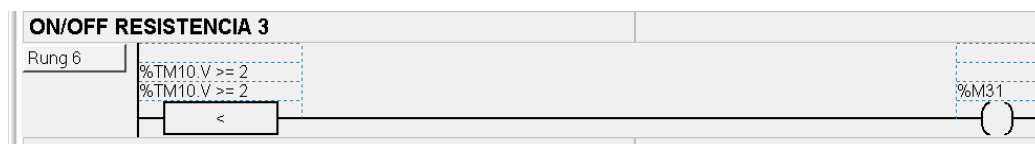


- La memoria %M30 activa el temporizador % TM10 que está configurado para que se desactive al terminar de contar 10 segundos, esto permite encender las resistencias de manera secuencial (orden), en caso de ser necesario.

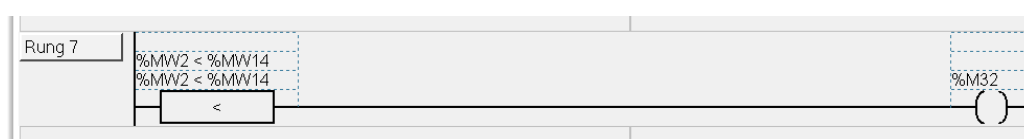


CONTROL DE TEMPERATURA

La resistencia número tres se enciende al pasar dos segundos de activar la llave, enclavando la memoria %M31.



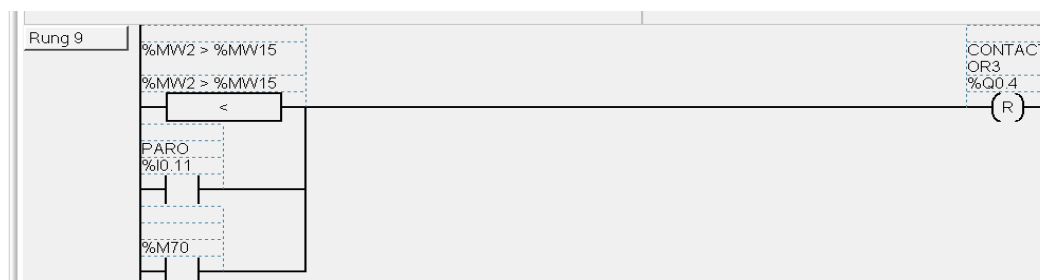
- La memoria word %MW14 que representa al valor mínimo de temperatura de la etapa tres, se compara con la memoria word %MW2 que es el valor que entrega la termocupla, y si resulta verdadero se activa la memoria %M32.



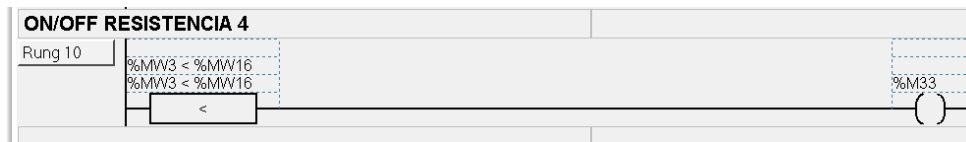
- Cuando se den cualquiera de las condiciones anteriores el contactor tres correspondiente a la resistencia tres se enciende.



- El valor almacenado en la memoria word %MW15 que representa a la temperatura máxima de la etapa tres, se compara con el valor guardado en la memoria word %MW2 que es lo que marca la termocupla, y si es verdadero apaga el contactor tres y por ende a la resistencia tres.



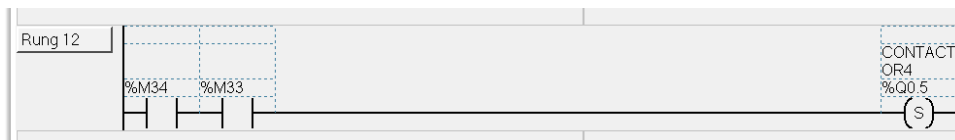
- El valor mínimo de temperatura de la etapa cuatro guardado en la memoria word %MW16 se compara con el valor que marca la termocupla que está en la memoria word %MW3, y si cumple la condición se activa la memoria %M33.



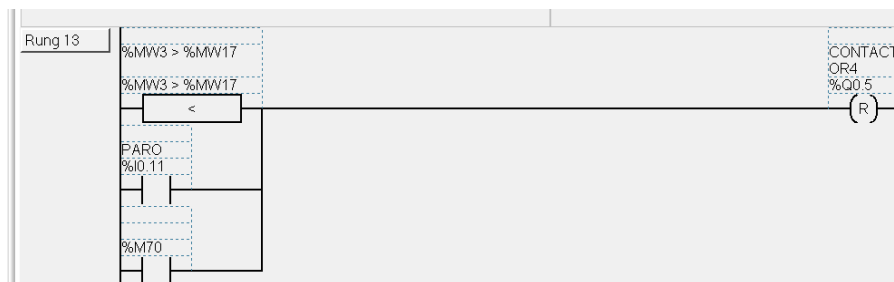
- Cuando el temporizador %TM10 este en un valor igual o mayor a dos activa la memoria %M34.



- Cuando se cumplan las dos condiciones anteriores el contactor cuatro se enciende.



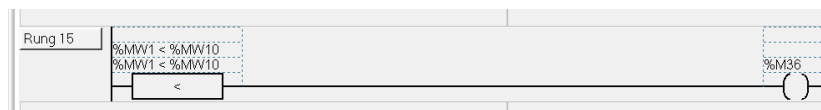
- Si la temperatura que marca la termocupla en la etapa cuatro es mayor que la máxima establecida entonces el contactor cuatro se apaga.



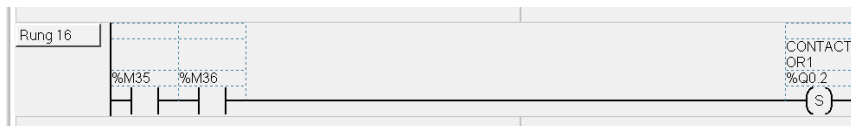
- Si el temporizador %TM10 es igual o mayor que dos se activa la memoria %M35.



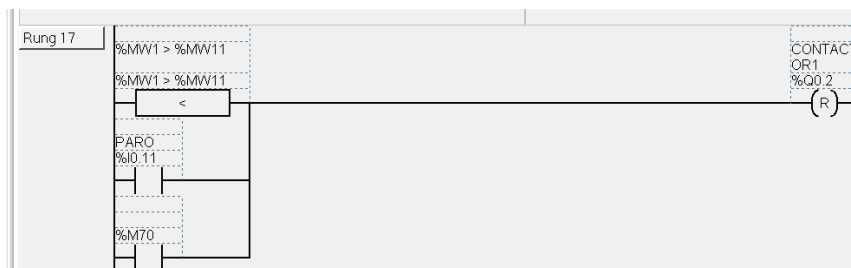
- El valor de temperatura que marca la termocupla en la etapa 1 %MW1 se compara con el mínimo guardado en la memoria word %MW10, y si el primero es menor se activa la memoria %M36.



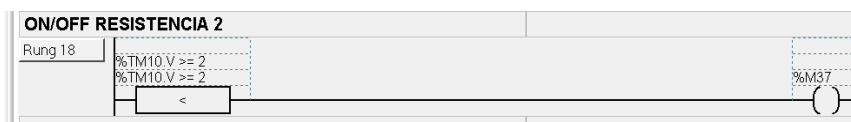
- Si se cumplen las condiciones anteriores el contactor uno se enciende y por ende la resistencia uno.



- El contactor uno se apaga cuando se cumple que la temperatura que muestra la termocupla por medio de la memoria word %MW1, en esta etapa sobrepasa a la configurada en el valor máximo en la memoria word %MW11.



- Si el temporizador %TM10 es igual o mayor se activa la memoria %M37.



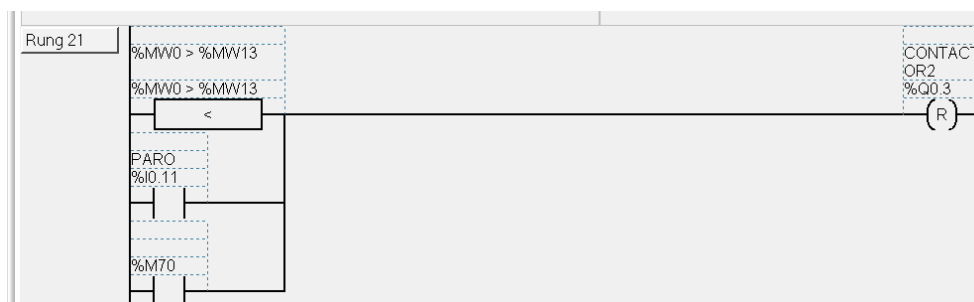
- Se compara los valores de las memorias word %MW0 y %MW12 que corresponden a la temperatura que nos entrega la termocupla y al máximo configurado en la etapa dos respectivamente, si la primera es menor activa la memoria %M38.



- Si se activan la memorias %M37 y %M38 el contactor dos se enciende y por lo tanto la resistencia dos.



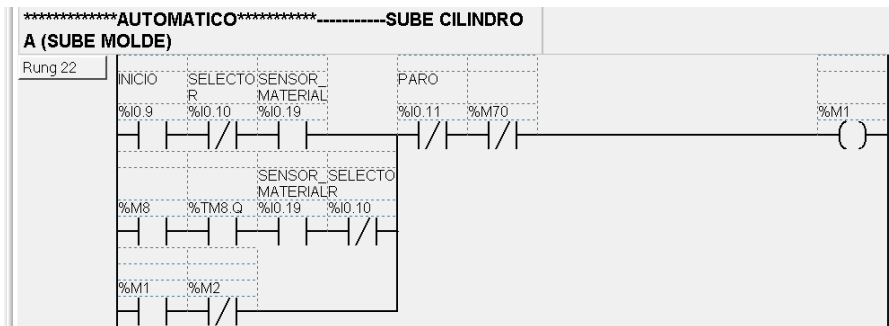
- Se apaga el contactor dos cuando la temperatura en la etapa dos %MW0 es mayor que la máxima guardada en la memoria %MW13.



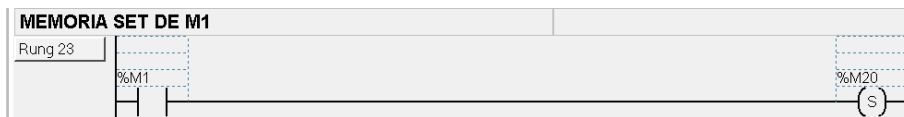
CONTROL AUTOMÁTICO DEL SISTEMA

De acuerdo a las ecuaciones obtenidas del graficet se describen los siguientes 11 rungs:

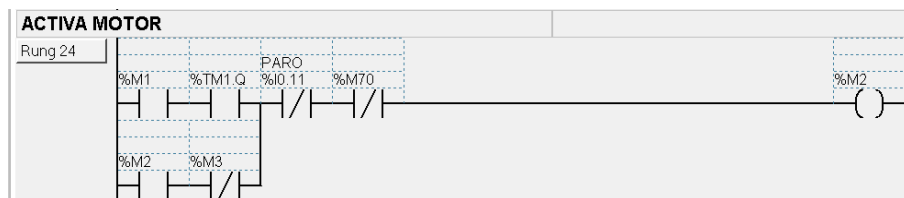
- El botón INICIO permite arrancar todo el proceso cuando el selector este en la condición automática y activar la memoria %M1 que acciona al cilindro A que representa subir el molde. Con el botón de PARO se detiene el proceso.



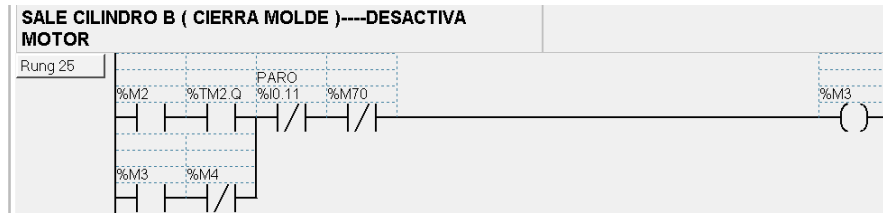
- La memoria %M1 enclava la memoria set %M20, la mantiene en ese estado hasta que se realicen otras etapas y se termina en la etapa seis. (Ver grafcet)



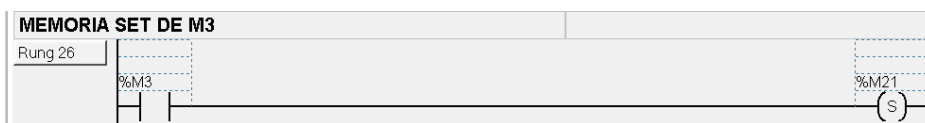
- La memoria %M2 representa la etapa en la cual se enciende el motor, el botón de PARO se desactiva las secuencia.



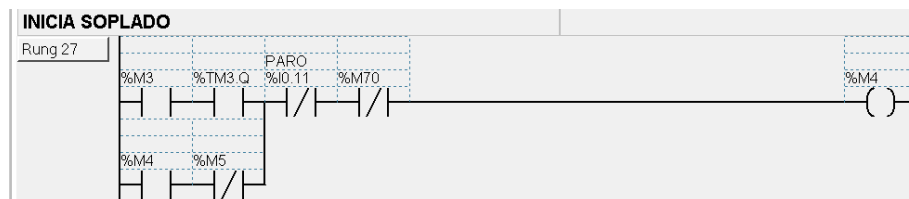
- En esta etapa se dan dos acciones con la memoria %M3 que son desactivar el motor y accionar al cilindro B que representa cerrar el molde. El proceso se detiene con el botón PARO.



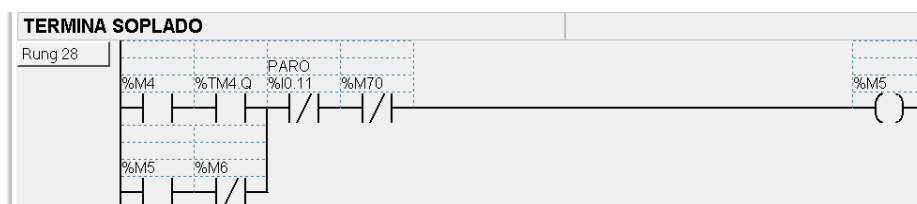
- La memoria set %M21 mantiene activa la memoria %M3, es decir a la etapa anterior, haciendo que el molde no se abra hasta la etapa número siete. (Ver graficet)



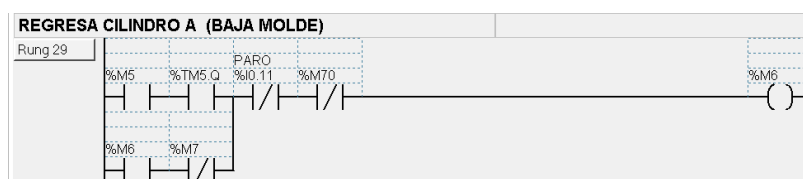
- La memoria %M4 activa el soplado. Con el PARO se detiene el proceso.



- Esta etapa apaga el soplado mediante la memoria %M5.



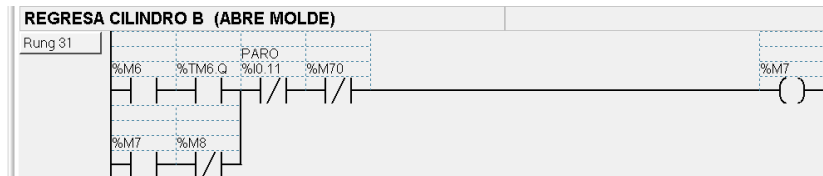
- La memoria %M6 hace que el cilindro A regrese para que baje el molde. Se detiene el proceso con el botón PARO.



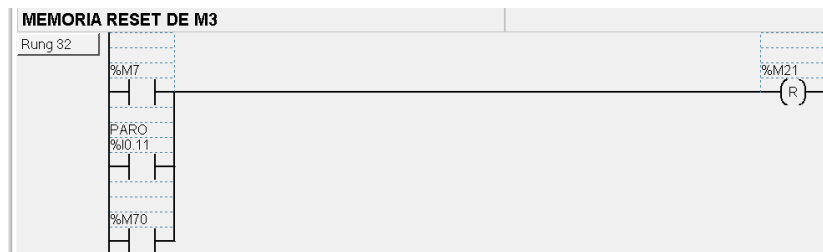
- En esta etapa con la memoria %M6 se desactiva la memoria reset %M20



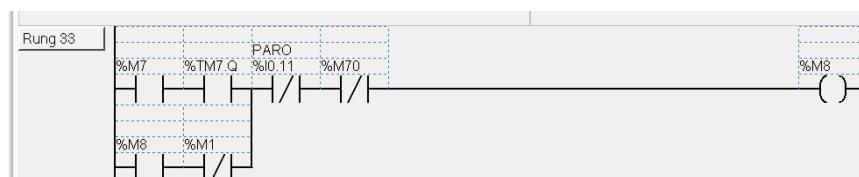
- Esta etapa activa al cilindro B y permite a su vez que el molde se abra. Con el botón PARO se desactiva la secuencia.



- En la etapa %M7 se desactiva la etapa tres que estuvo asignada con la memoria %M21.

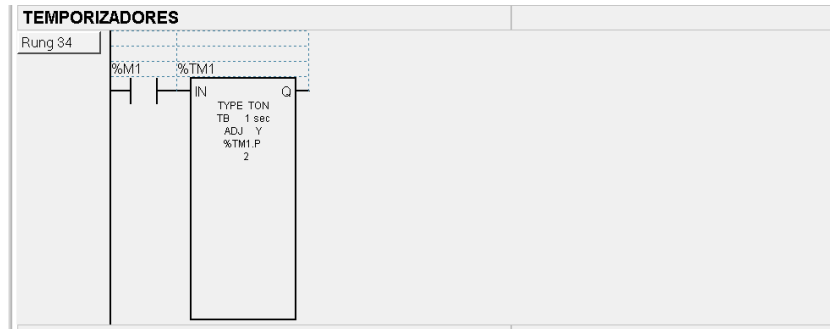


- Esta línea de programación corresponde a una etapa de espera para que se repita el proceso.

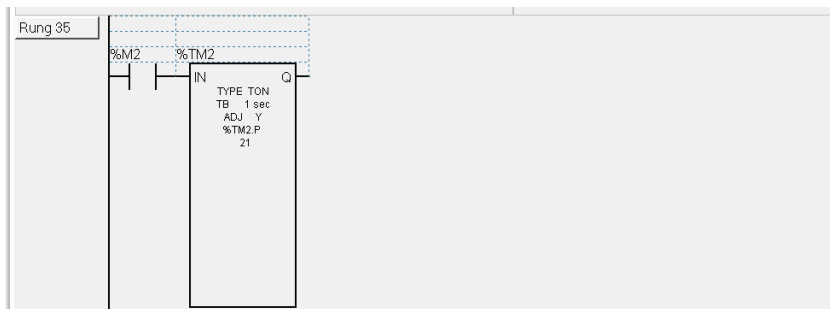


TEMPORIZADORES

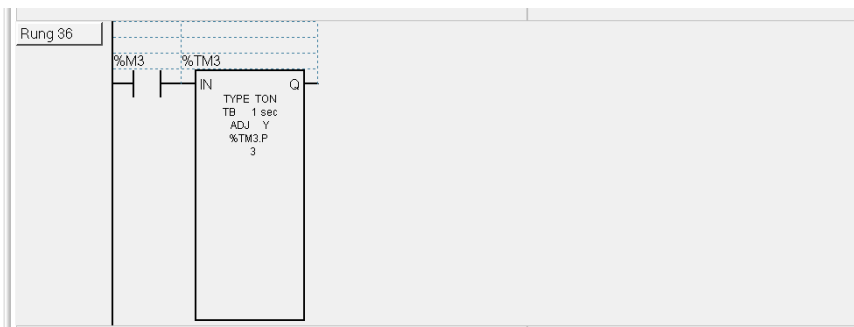
- El temporizador %TM1 es la transición entre la etapa uno y etapa dos, está configurado en la unidad de segundos y es igual a 2.



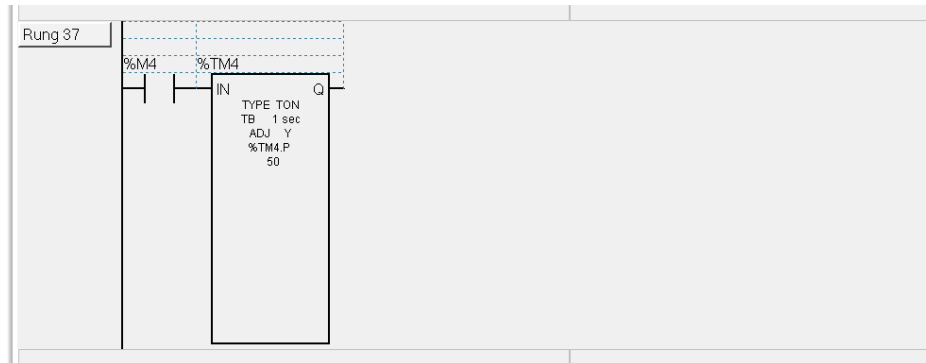
- El temporizador %TM2 es la transición entre la etapa dos y tres y es igual a 21 segundos.



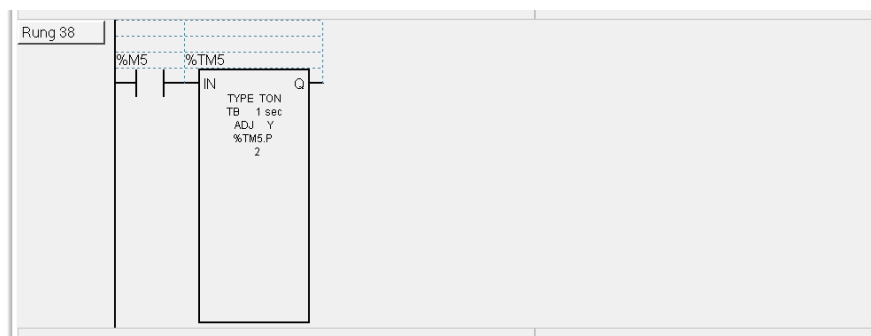
- El temporizador %TM3 es igual a 3 segundos y es la transición entre la etapa tres y cuatro.



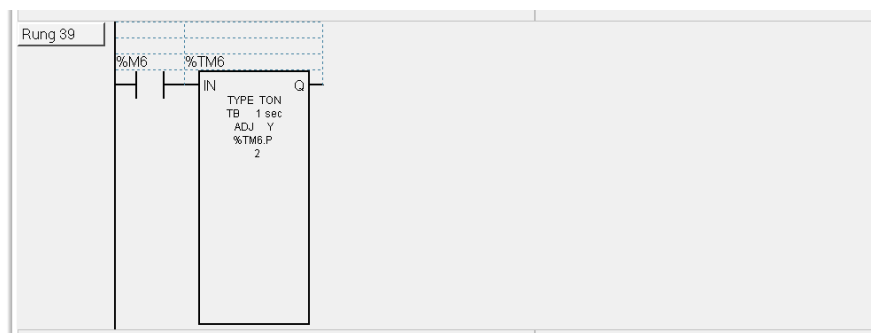
- El temporizador %TM4 es el tiempo de soplado y es igual a 50 segundos.



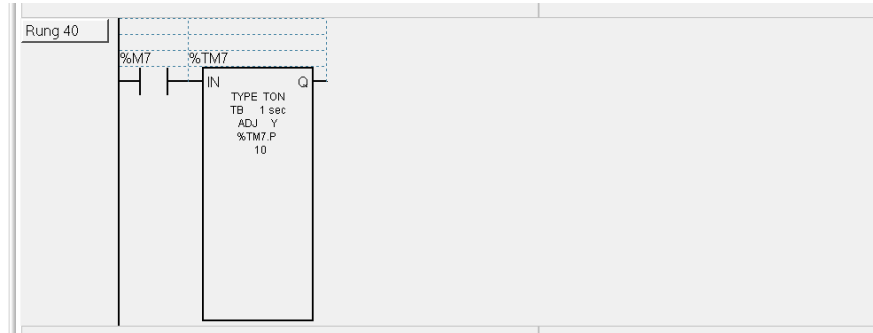
- La transición de la etapa cinco es el temporizador %TM5, igual a 2 segundos.



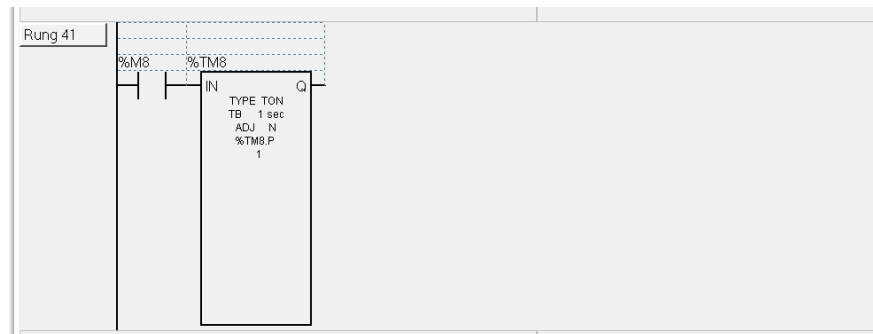
- %TM6 es el temporizador que almacena el tiempo para que cambie de la etapa seis a la siete y es igual 2 segundos.



- El tiempo para que se repita la secuencia se almacena en el temporizador %TM7 y es igual a 10 segundos.

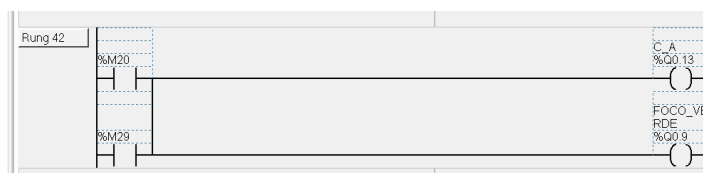


- El tiempo de la etapa de espera se almacena en el temporizador %TM8 y es igual a 1 segundos.



DECLARACIÓN DE LAS SALIDAS Y MANDO MANUAL

- El cambio de estado del cilindro A esta guardado en la memoria %M20 y cuando se active el cilindro se enciende el foco verde.



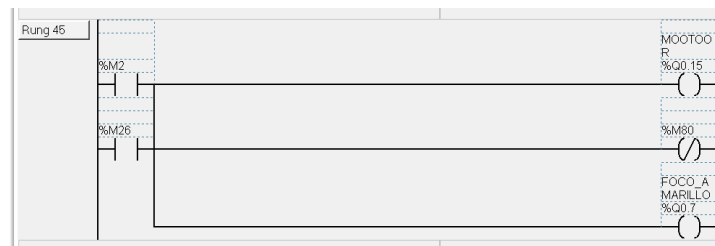
- En modo manual, el cilindro A se acciona mediante la memoria %M29 con un pulsador y con el selector en este modo.



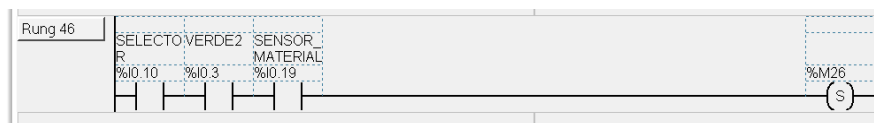
- El cilindro A en modo manual se detiene con el botón PARO.



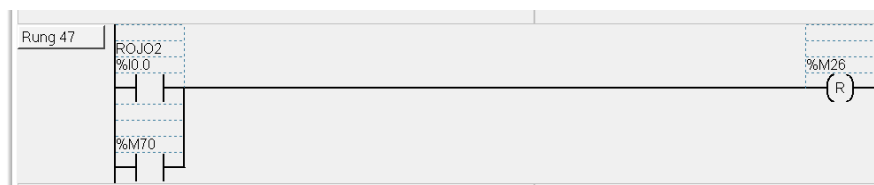
- El motor se enciende en la etapa dos con la activación de la memoria %M2, y se enciende la lámpara de color amarillo. La memoria %M80 es para visualizar al motor desde la pantalla Magelis.



- En la memoria %M26 también se puede encender el motor de modo manual con un pulsador y cuando el selector este en estado manual.



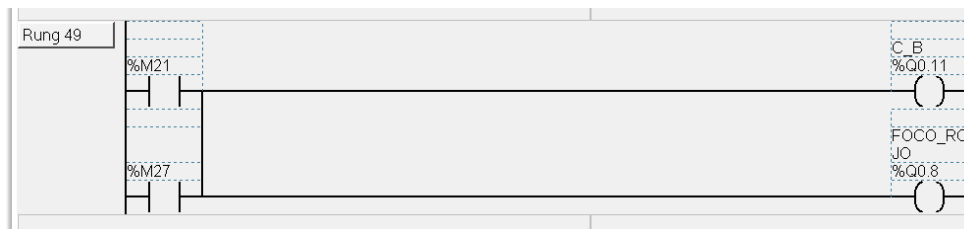
- Con el botón rojo se apaga el motor cuando ese en modo manual.



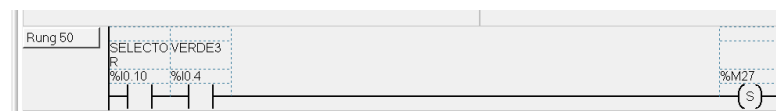
- En la memoria %M90 se guarda el valor que entrega el sensor que detecta si hay o no material, cuando esto sucede el motor se detiene y este cambio se puede visualizar en el HMI con el uso de la misma memoria.



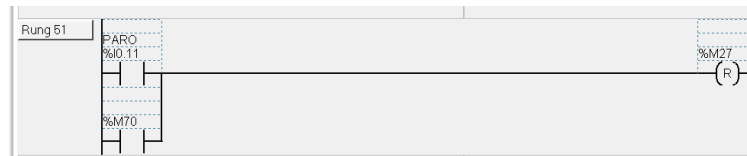
- El cilindro B está controlado con la memoria %M21 debido a que el mismo se enciende en la etapa tres y termina en la etapa siete.



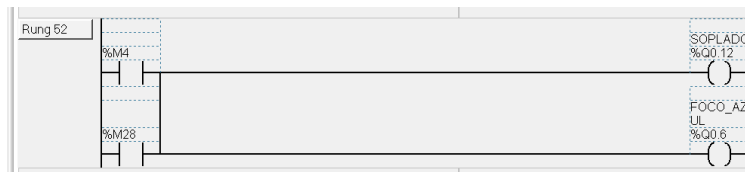
- Con el otro pulsador y con el selector en modo manual se controla el cilindro B también con la memoria %M27.



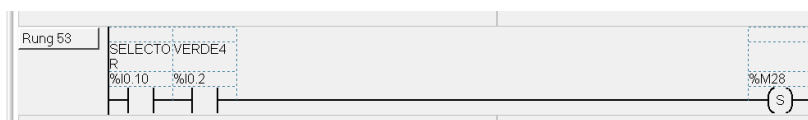
- Con el botón PARO se desactiva al cilindro B cuando está en modo manual.



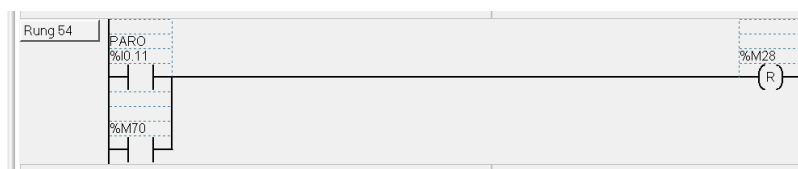
- Con la memoria %M4 se activa el soplado y cuando esto sucede se enciende la lámpara de SOPLADO (color azul).



- El soplado también funciona en modo manual mediante la memoria %M28.



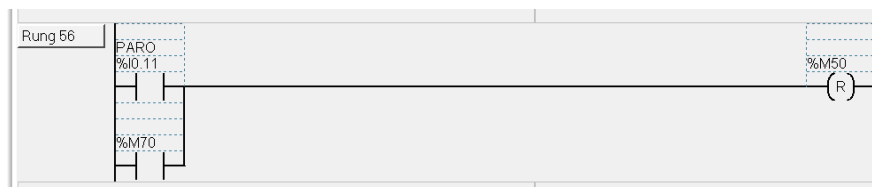
- En modo manual la acción de soplado se termina con el botón PARO.



- En modo manual con el pulsador ROJO1 se enciende la bomba con la memoria %M50



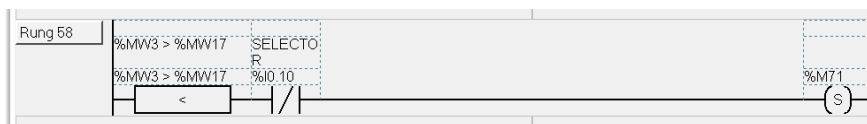
- Con el botón PARO se apaga la bomba en modo manual



- La bomba se maneja desde la memoria %M50 como se mencionó anteriormente.



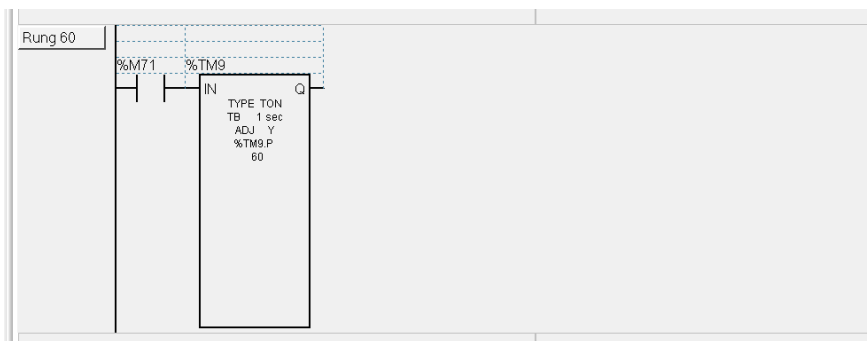
- Encendido de la bomba de agua



- Una vez que termine de contar 60 segundos se apaga la bomba



- El temporizador nueve determina cuanto tiempo pasa encendida la bomba.



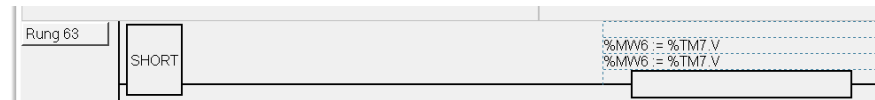
- Se guarda el valor actual del temporizador %TM2 en la memoria word %MW4 para visualizar el tiempo en que está encendido el motor en el HMI.



- El valor actual del temporizador %TM4 se almacena en la memoria word %MW5 para visualizar el tiempo que dura el soplado.



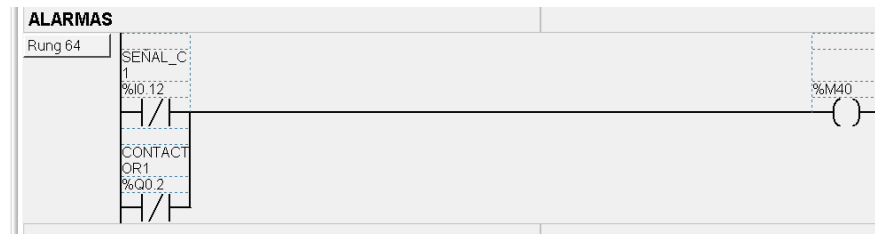
- El tiempo que se demora en comenzar la siguiente secuencia %TM7 se guarda en la memoria word %MW6 y por medio de ésta se la puede visualizar en la pantalla HMI.



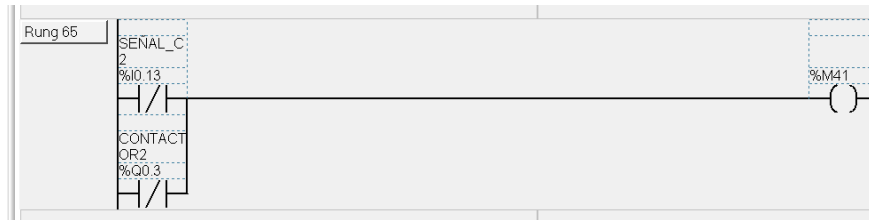
ALARMAS

Para saber si ocurre algún tipo de problema, ya sea físico o de software, se toma las señales de los contactores, el motor y la bomba, y se los asigna a memorias para visualizar estos cambios en el HMI como se muestra a continuación:

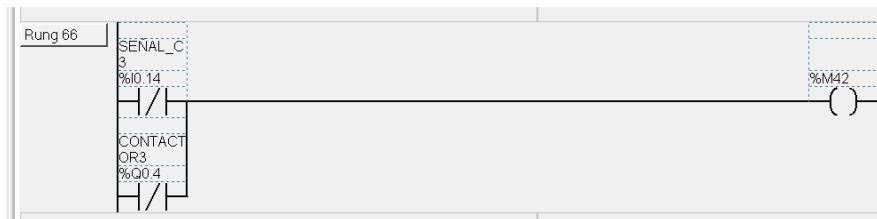
- La alarma del contactor 1 asignado a la memoria %M40.



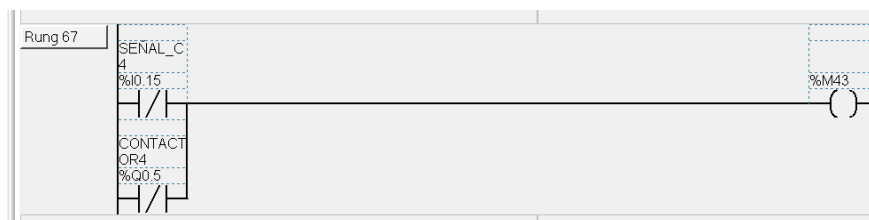
- La alarma del contactor 2 asignado a la memoria %M41.



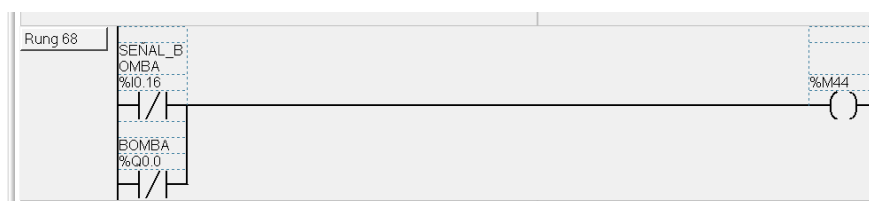
- La alarma del contactor 3 asignado a la memoria %M42.



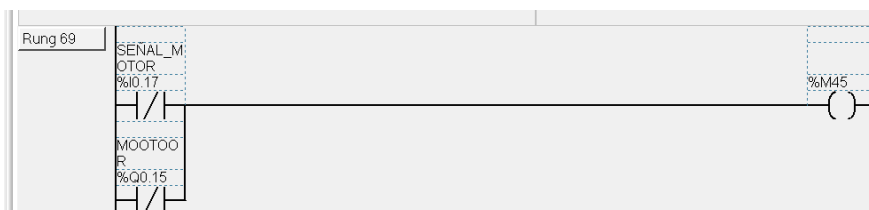
- La alarma del contactor 4 asignado a la memoria %M43.



- La alarma de la bomba asignado a la memoria %M44.

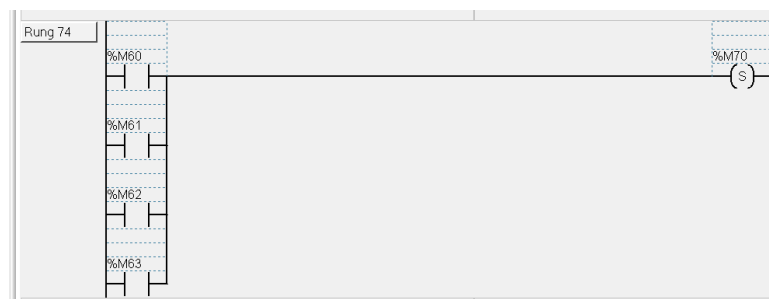
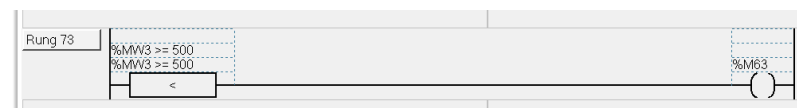
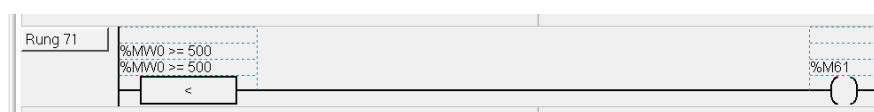
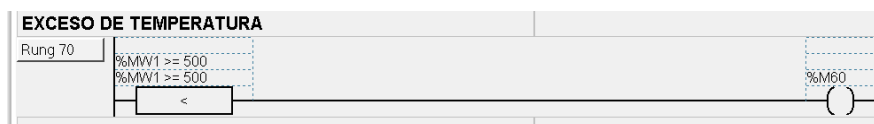


- La alarma del motor asignado a la memoria %M45.



EXCESO DE TEMPERATURA

- Si los valores de las temperaturas en cualquiera de la cuatro zonas sobrepasa los 500 °C se activa la memoria %M70 y todo el proceso se detiene.

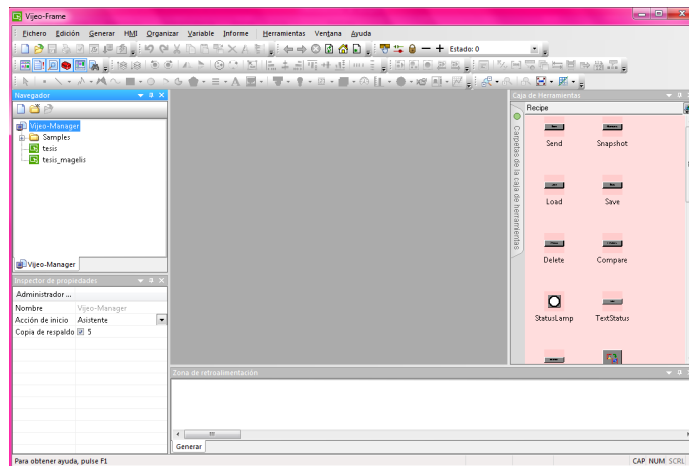


- El PARO desactiva a la memoria %M70.

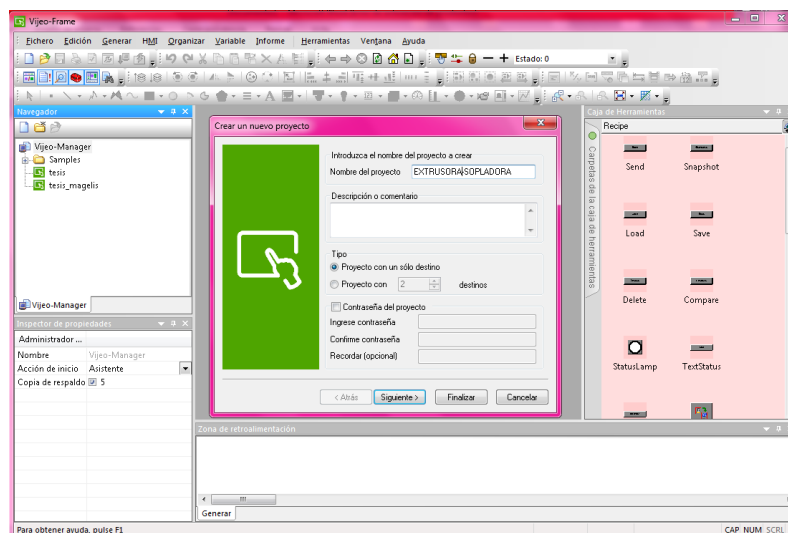


4.2.4 Sistema HMI

El software con el que trabaja este tipo de pantalla y en donde se puede crear la interfaz gráfica es Vijeo Designer y en la siguiente figura se muestra su pantalla principal.



Para crear un nuevo proyecto dar click **Fichero** ~~Crear un nuevo proyecto~~, aparece la ventana que se muestra en la siguiente figura en la cual se tiene que asignar un nombre al proyecto y luego hacer click en **Siguiente**.



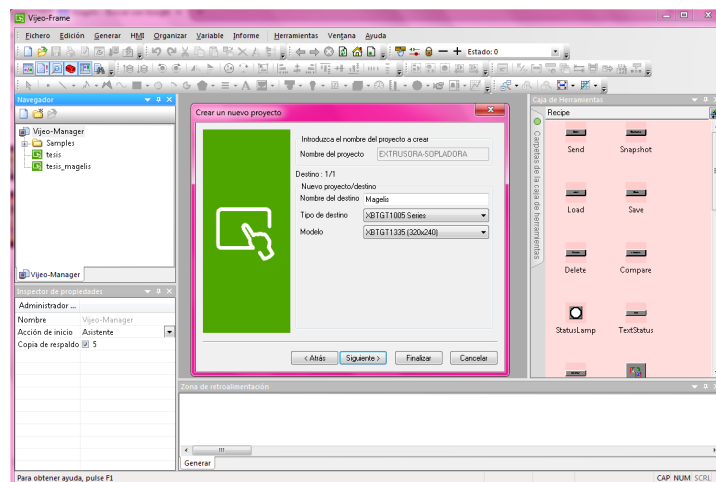
La siguiente pantalla pide configurar el nombre del destino, definir el tipo, es decir, a que familia de Magelis pertenece y el modelo específico de la misma, luego hacer click en **Siguiente**.

Para la configuración del HMI se tiene:

Nombre del destino: Magelis debido al modelo de la pantalla.

Tipo: XBTGT1005 Series

Modelo: XBTGT1335 (320x240).



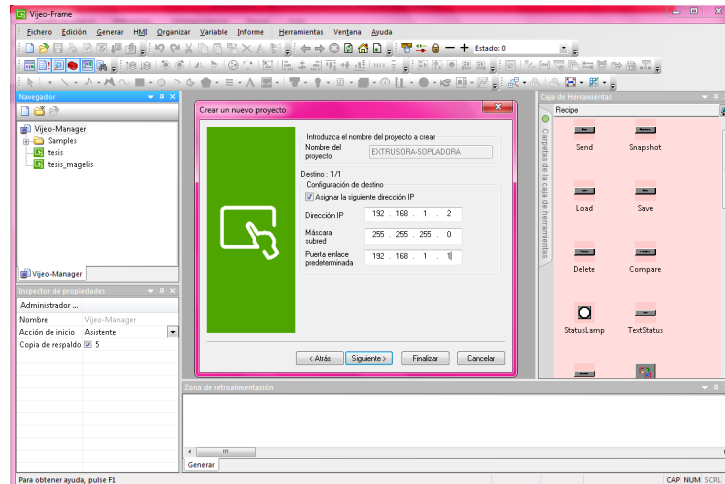
En esta ventana si tiene conexión Ethernet definir la dirección IP , la máscara de subred y la puerta de enlace de la máquina de destino, es decir, de la pantalla. Tener en cuenta que dicha dirección debe estar en la misma red del PLC y de la computadora, al terminar dar click en **Siguiente**.

Para la configuración del HMI se tiene:

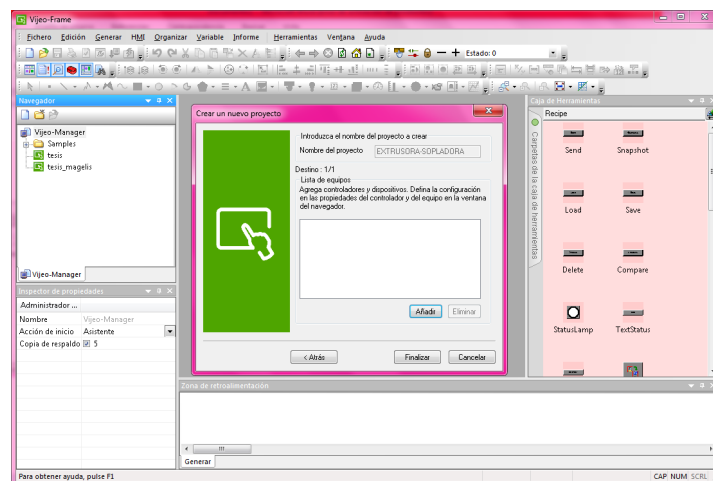
Dirección IP de la pantalla: 192.168.1.2

Máscara de subred: 255.255.255.0

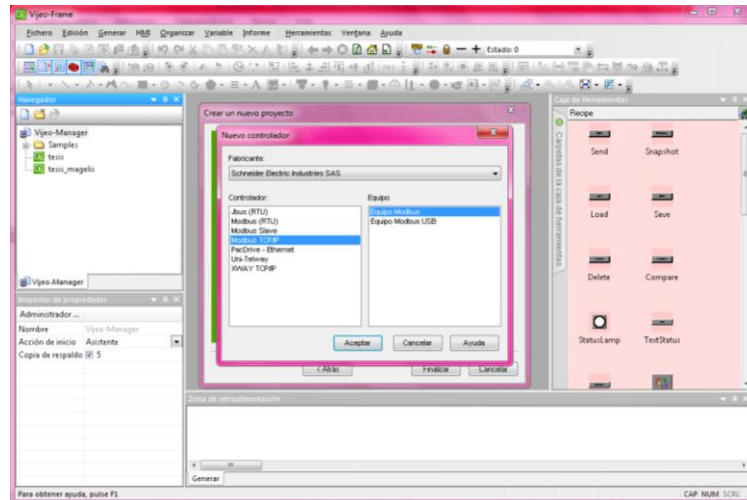
Puerta de enlace: 192.168.1.1



En la siguiente ventana agregar los controladores y dispositivos que se necesiten haciendo click en **Añadir**.



Elegir el equipo de destino con el que se va a comunicar el autómeta seleccionando el fabricante, además del controlador que se refiere al protocolo de comunicación que se va a utilizar, al terminar hacer click en **Siguiente**.

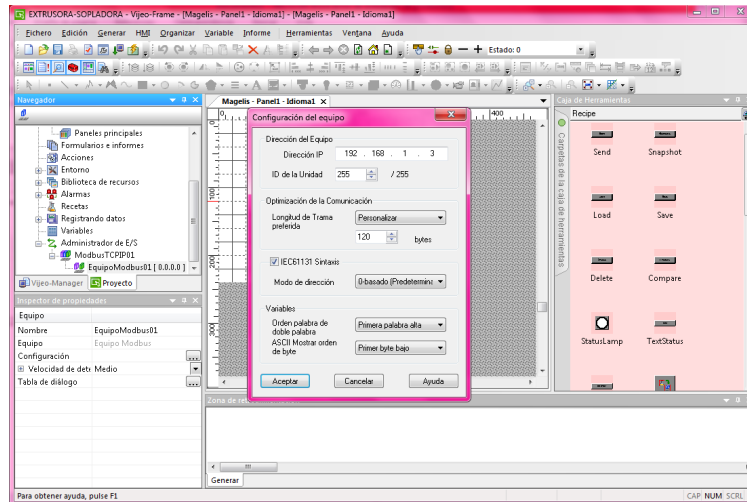


En la ventana del navegador desplegar el árbol **Administrador de E/S**, para configurar la dirección del equipo que se refiere a la dirección del PLC, hacer click derecho en ese nodo y seleccionar **Configuración**. Hay diferentes campos de configuración según el controlador y el equipo que han sido seleccionados.

Para la configuración del HMI se tiene:

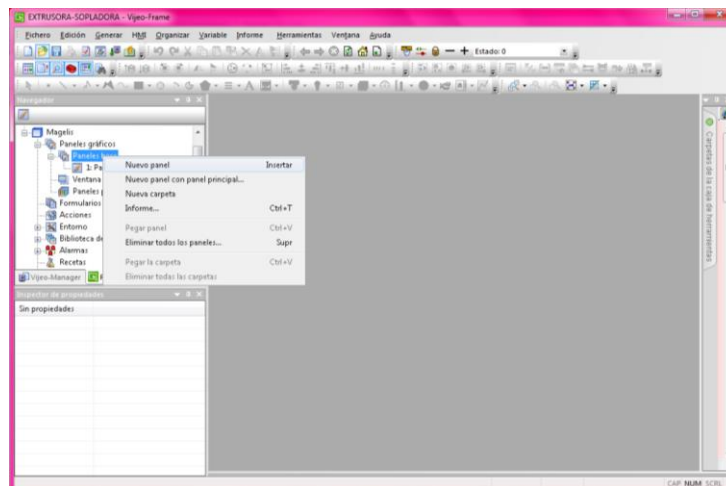
Dirección IP del PLC: 192.168.1.3

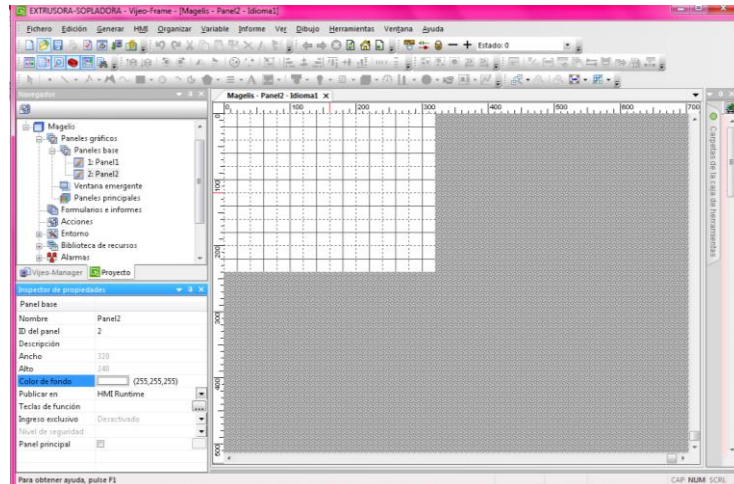
Se selecciona el Protocolo IEC 61131 debido a que este permite la estandarización de los autómatas programables y los periféricos incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar.



Para desarrollar la interfaz se utilizan paneles; un panel es una ventana en la cual se pueden colocar objetos como interruptores, lámparas, o dibujar elementos y se convierte en la pantalla que aparecerá en la máquina de destino.

Para crear un panel hacer click derecho en **Paneles base** → **Nuevo panel** y en la parte inferior izquierda se tiene la ventana donde se pueden modificar sus propiedades.





Para comunicarse con autómatas y otros dispositivos conectados a la máquina de destino es necesario crear variables y asignarle la dirección del dispositivo, éstas pueden ser externas, que están vinculadas a la dirección de un dispositivo o internas, que no están asociadas a ningún equipo y se emplean para operaciones internas de Vijeo Designer. Hay seis tipos de variables disponibles que son: discreto, entero, flotante, cadena, bloque entero, bloque flotante y estructuras que contienen múltiples variables agrupadas.

Para crear una variable en la parte del navegador hacer doble click en el ícono de **Variables** → ícono **Nueva variable** y en esta última ventana hay que configurar algunos campos como el nombre, el tipo de variable y si es externa la dirección de memoria del dispositivo.

En la siguiente figura están descritas y configuradas todas la variables utilizadas.

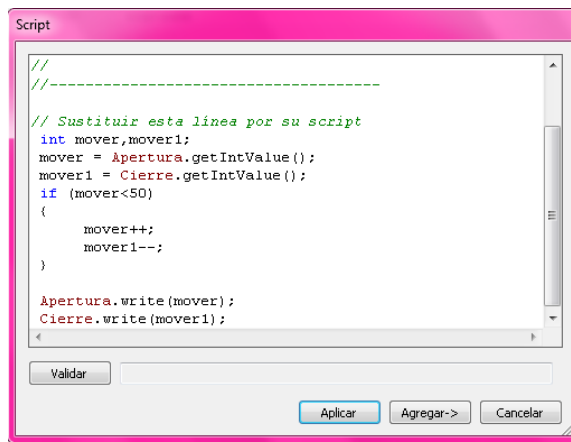
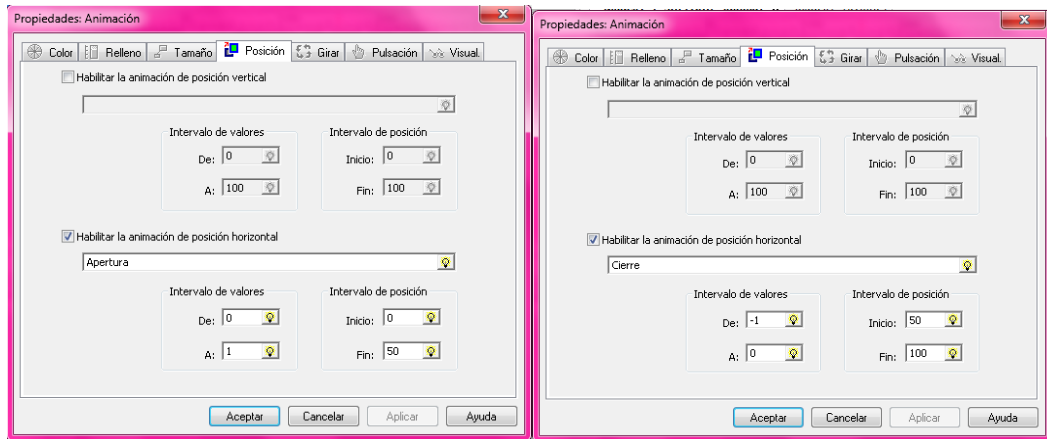
Magelis - Editor de variables X							
	Nombre	Tipo de datos	Origen de datos	Grupo de escan...	Dirección de di...	Grupo de alarm...	Grupo de regist...
1	ABRIR_MOLDE	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M7	Desactivado	Ninguno
2	Apertura	Integer	Interno				Ninguno
3	BOTELLAS_BUENAS	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW6	Desactivado	Ninguno
4	BOTELLAS_MALAS	DINT	Externo	EquipoModbus01	%MW7	Desactivado	Ninguno
5	CA_MOLDE	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M21	Desactivado	Ninguno
6	CONTACTOR1	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M33	Desactivado	Ninguno
7	CONTACTOR2	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M36	Desactivado	Ninguno
8	CONTACTOR3	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M38	Desactivado	Ninguno
9	CONTACTOR4	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M32	Desactivado	Ninguno
10	Cierre	Integer	Interno				Ninguno
11	FALTA_MATERIAL	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M90	Desactivado	Ninguno
12	LLAVE	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M8	Desactivado	Ninguno
13	MOTOR	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M2	Desactivado	Ninguno
14	MOTOR_ESPERA	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M80	Desactivado	Ninguno
15	PARO	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M10	Desactivado	Ninguno
16	SB_MOLDE	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M20	Desactivado	Ninguno
17	SOPLADO	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M4	Desactivado	Ninguno
18	START	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M9	Desactivado	Ninguno
19	TERMO1	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW1	Desactivado	Ninguno
20	TERMO2	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW0	Desactivado	Ninguno
21	TERMO3	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW2	Desactivado	Ninguno
22	TERMO4	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW3	Desactivado	Ninguno
23	TIEMPO_MOTOR	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW4	Desactivado	Ninguno
24	TIEMPO_NUEVABOTELLA	DINT	Externo	EquipoModbus01	%MW6	Desactivado	Ninguno

25	TIEMPO_SOPLADO	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW5	Desactivado	Ninguno
26	VALOR_MAXIMO_E1	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW11	Desactivado	Ninguno
27	VALOR_MAXIMO_E2	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW13	Desactivado	Ninguno
28	VALOR_MAXIMO_E3	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW15	Desactivado	Ninguno
29	VALOR_MAXIMO_E4	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW17	Desactivado	Ninguno
30	VALOR_MINIMO_E1	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW10	Desactivado	Ninguno
31	VALOR_MINIMO_E2	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW12	Desactivado	Ninguno
32	VALOR_MINIMO_E3	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW14	Desactivado	Ninguno
33	VALOR_MINIMO_E4	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW16	Desactivado	Ninguno
34	alerta_bomba	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M44	Desactivado	Ninguno
35	alerta_motor	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M45	Desactivado	Ninguno
36	alerta_resistencia1	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M41	Desactivado	Ninguno
37	alerta_resistencia2	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M42	Desactivado	Ninguno
38	alerta_resistencia3	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M43	Desactivado	Ninguno
39	alerta_resistencia4	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M40	Desactivado	Ninguno
40	bomba	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M50	Desactivado	Ninguno
41	exceso_temperatura	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M70	Desactivado	Ninguno
42	nivel	Integer	Interno				Ninguno

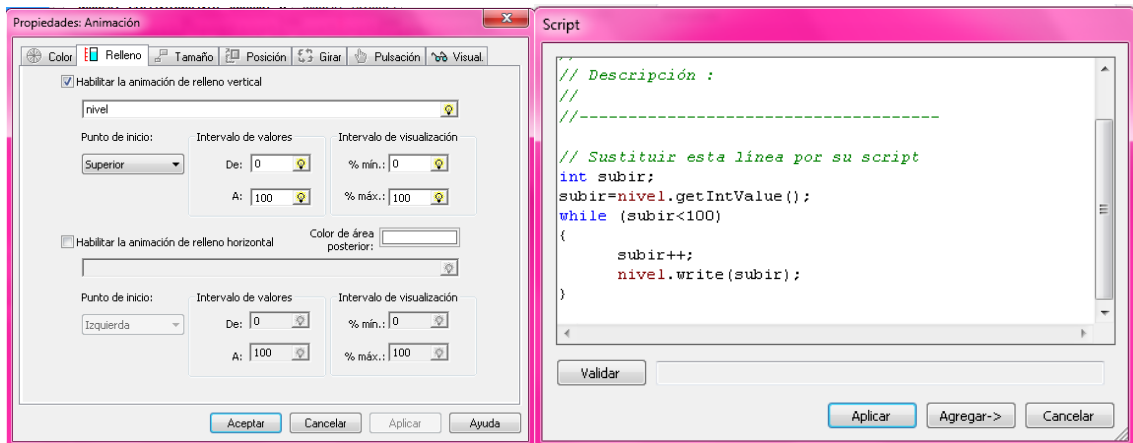
Si se necesita simular alguna operación dentro de la interfaz, la configuración de acciones será útil. En la siguiente figura se describen las acciones utilizadas.

Acciones				
	Disparador	Propiedad	Enclavamiento	Acciones
1	Condicional	Cuando es verdadero, CA_MOLDE	CA_MOLDE	script-molde
2	Condicional	Cuando es verdadero, MOTOR	MOTOR	precursor
3	Condicional	Si es falso, SB_MOLDE	CA_MOLDE	Script

1. Para visualizar la apertura y cierre del molde.



2. Para simular el movimiento del precursor



En la tabla que se muestra a continuación, se describen las memorias del PLC asociadas con las memorias que han sido utilizadas para el HMI, esto implica la animación o control de los objetos que están en la misma.

Tabla IV. I ASIGNACIÓN DE MEMORIAS DEL PLC CON RELACIÓN AL HMI

PARÁMETRO	PLC	HMI	
	MEMORIA	NOMBRE VARIABLE	DIRECCIÓN
Enc/Apag Resistencias Etapa 1	%M36	CONTACTOR2	%M36
Enc/Apag Resistencias Etapa 2	%M38	CONTACTOR3	%M38
Enc/Apag Resistencias Etapa 3	%M32	CONTACTOR4	%M32
Enc/Apag Resistencias Etapa 4	%M33	CONTACTOR1	%M33
Indicador del estado del motor	%M80	MOTOR_ESPERA	%M80
Indicador valor temperatura Etapa 1	%MW1	TERMO1	%MW1
Indicador valor temperatura Etapa 2	%MW0	TERMO2	%MW0
Indicador valor temperatura Etapa 3	%MW2	TERMO3	%MW2
Indicador valor temperatura Etapa 4	%MW3	TERMO4	%MW3
Indicador tiempo del motor	%TM2.V = %MW4	TIEMPO_MOTOR	%MW4
Tiempo de soplado	%TM4.V = %MW5	TIEMPO_SOPLADO	%MW5
Tiempo para la siguiente botella	%TM7.V = %MW6	TIEMPO_NUEVABOTELLA	%MW6
Alerta resistencia 1	%M41	ALERTA_RESISTENCIA1	%M41
Alerta resistencia 2	%M42	ALERTA_RESISTENCIA2	%M42
Alerta resistencia 3	%M43	ALERTA_RESISTENCIA3	%M43
Alerta resistencia 4	%M40	ALERTA_RESISTENCIA4	%M40
Alerta de la bomba	%M44	ALERTA_BOMBA	%M44
Alerta del motor	%M45	ALERTA_MOTOR	%M45
Alerta de exceso de temperatura	%M70	EXCESO_TEMPERATURA	%M70
Alerta de falta de material	%M90	FALTA_MATERIAL	%M90
Valor mínimo de temperatura de la etapa 1	%MW10	VALOR_MINIMO_E1	%MW10
Valor máximo de temperatura de la etapa 1	%MW11	VALOR_MAXIMO_E1	%MW11
Valor mínimo de temperatura de la etapa 2	%MW12	VALOR_MINIMO_E2	%MW12
Valor máximo de temperatura de la etapa 2	%MW13	VALOR_MAXIMO_E2	%MW13
Valor mínimo de temperatura de la etapa 3	%MW14	VALOR_MINIMO_E3	%MW14
Valor máximo de temperatura de la etapa 3	%MW15	VALOR_MAXIMO_E3	%MW15

Valor mínimo de temperatura de la etapa 4	%MW16	VALOR_MINIMO_E4	%MW16
Valor máximo de temperatura de la etapa 4	%MW17	VALOR_MAXIMO_E4	%MW17

Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Para la máquina extrusora se tiene cinco paneles, cada uno consta de un menú que permite ir de un panel a otro según las necesidades del proceso.

- Panel1: PRESENTACIÓN



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura IV. 2 PANTALLA DE PRESENTACIÓN DEL HMI

- Panel 2: RANGO DE TEMPERATURAS

Este panel permite ingresar los rangos de temperaturas, es decir un valor mínimo y máximo para cada etapa de extrusión que va a depender del material con el que vaya a trabajar la máquina.

RANGOS DE TEMPERATURAS (RT)				
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4
VALOR MÍNIMO	123	123	123	123
VALOR MÁXIMO	123	123	123	123
	INICIO	EC	PS	MC

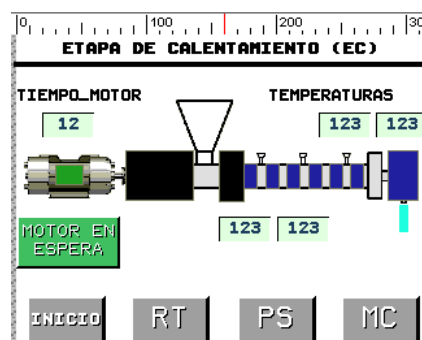
Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura IV. 3 PANTALLA DE RANGOS DE TEMPERATURA

- Panel3: ETAPA DE CALENTAMIENTO

En este panel se puede visualizar el diagrama de la extrusora con sus elementos como el motor, que indica si está en estado de reposo o en funcionamiento, las resistencias eléctricas que cambian de color azul a rojo cuando están apagadas o encendidas respectivamente.

Además se puede visualizar el valor en grados Celsius de las cuatro etapas de extrusión y el tiempo que en el cual el motor está encendido.

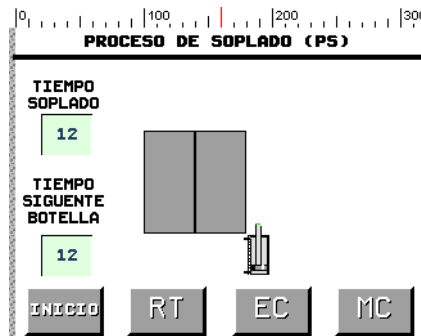


Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura IV. 4 PANTALLA DE ETAPA DE CALENTAMIENTO DEL HMI

- Panel4: PROCESO DE SOPLADO

En este panel se puede visualizar la apertura y cierre del molde tal cual sucede en el proceso real, además del tiempo que dura el soplado y el tiempo que hay que esperar para hacer una nueva botella, es decir, el tiempo en que comienza la siguiente secuencia.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura IV. 5 PANTALLA DEL PROCESO DE SOPLADO DEL HMI

- Panel5: MATENIMIENTO CORRECTIVO

El panel de Mantenimiento correctivo es de suma importancia porque muestra si existe alguna avería en las resistencias, en el motor o en la bomba mediante lámparas indicadoras. Además existe una alerta cuando la temperatura sobrepasa los 500 °C y cuando no existe material en la tolva de alimentación, este última alerta produce el paro en el motor.



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

Figura IV. 6 PANTALLA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL HMI

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Puestas a punto y pruebas del nuevo sistema

Al concluir la repotenciación, y la respectiva programación de los diferentes sistemas de la máquina para elaborar objetos de plástico, se procede a comprobar el funcionamiento óptimo cada sistema para saber el porcentaje de mejoría que se ha alcanzado.

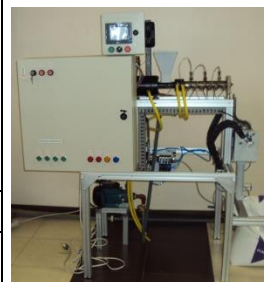
SISTEMA MECÁNICO

Al poner en marcha el sistema mecánico se observa que:

- La estructura de aluminio es 100% estable, resiste el peso de todos los elementos de la máquina y tiene una mínima vibración.
- Debido al cambio completo del husillo de la extrusora, se observa una mejoría notable en cuanto a la extrusión del plástico se refiere, y a la salida continua de la misma.

TABLA V. I FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA MECÁNICO REPOTENCIADO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO					
REALIZADO POR:	PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:	OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO	"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN	RIOBAMBA - ECUADOR	
FABRICANTE	XXX		SECCIÓN	XXX	
MODELO	XXX		CÓDIGO	XXX	
MARCA	XXX				
ESTADO			REPOTENCIADO		
ITEM	ESTADO TÉCNICO	BUENO	REGULAR	PORCENTAJE	
1	Estructura de la máquina	X		100%	
2	Husillo de la extrusora	X		95%	
ESTADO TÉCNICO					
BUENO (90<=X>=100)%		97.5%			
REGULAR (75<=X>=89)%					
MALO (50<=X>=74)%					
MUY MALO (X< 50%)					



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

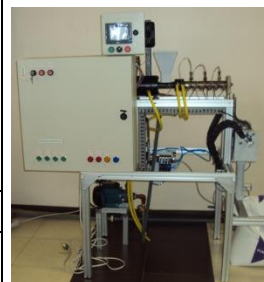
SISTEMA NEUMÁTICO

Al poner en marcha el sistema neumático se observa que:

- Los cilindros del molde lo cierran con mayor fuerza con respecto a los anteriores, impidiendo la abertura del mismo al momento del soplado, sin embargo no se ha alcanzado el porcentaje de mejora esperado.
- El cilindro de la base ya no presenta fuga en la parte frontal, el sistema de lubricación ha mejorado la salida del vástago.
- La boquilla de soplado ha mejorado en el aspecto de que brinda un soplado uniforme al objeto de plástico, dándole un mejor acabado.
- Las mangueras neumáticas no presentan fugas en el sistema.
- Los reguladores de caudal han mejorado el sistema de cierre del molde, ya no es tan brusco, de igual manera al subir el molde lo hace suavemente, y el filtro regulador ha ayudado a controlar la presión de aire en la boquilla de soplado.
- Las válvulas electroneumáticas trabajan eficientemente y a su vez pueden ser controladas por el plc sin ningún problema.

TABLA V. II FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA NEUMÁTICO REPOTENCIADO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO					
REALIZADO POR:	PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:	OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO	"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN	RIOBAMBA - ECUADOR	
FABRICANTE	XXX		SECCIÓN	XXX	
MODELO	XXX		CÓDIGO	XXX	
MARCA	XXX				
ESTADO			REPOTENCIADO		
ITEM	ESTADO TÉCNICO	BUENO	REGULAR	PORCENTAJE	
1	Molde	X		100%	
2	Cilindros del molde		X	78%	
3	Cilindro de la base	X		95%	
4	Boquilla de soplado	X		100%	
5	Mangueras neumáticas	X		100%	
6	Válvulas electroneumáticas	X		100%	
7	Reguladores de caudal	NUEVO		100%	
8	Filtro regulador	NUEVO		100%	
9	Racores neumáticos	NUEVO		100%	
ESTADO TÉCNICO					
BUENO (90<=X<=100)%		97%			
REGULAR (75<=X<=89)%					
MALO (50<=X<=74)%					
MUY MALO (X< 50%)					




Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

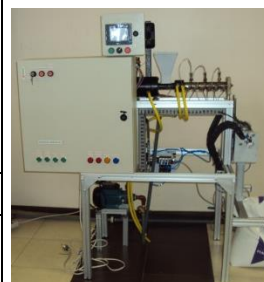
SISTEMA ELÉCTRICO

Al poner en marcha el sistema eléctrico se observa que:

- El tablero tiene mayor espacio para colocar los elementos de forma ordenada, así como también posee diferentes canaletas para guiar los cables y que no estén desordenados.
- Las luces indicadoras funcionan eficientemente, de igual manera los pulsadores.
- El variador de frecuencia instalado también es óptimo, y permite el normal arranque del motor.
- El plc sin duda, es el elemento principal en el tablero de control, ya que comanda a todos los demás y su entorno de programación es fácil y amigable, no ha presentado problemas y trabaja correctamente.
- Al reemplazar los termoreguladores por módulos analógicos se ha estabilizado la activación de los contactores que inician el calentamiento a las resistencias, además es posible visualizar e introducir los rangos de temperatura mediante la interfaz gráfica de la pantalla Magelis.
- La fuente de alimentación de 24V ha sido de vital importancia porque ha permitido la activación de los diferentes elementos.
- La implementación del sensor ha sido óptima, pues indica en qué momento el material se está terminando, lo que alerta al operario de forma anticipada.

TABLA V. III FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO REPOTENCIADO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO					
REALIZADO POR:	PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:	OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO	"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN	RIOBAMBA - ECUADOR	
FABRICANTE	XXX		SECCIÓN	XXX	
MODELO	XXX		CÓDIGO	XXX	
MARCA	XXX				
ESTADO			REPOTENCIADO		
ITEM	ESTADO TÉCNICO	BUENO	REGULAR	PORCENTAJE	
1	Tablero de Control	X		100%	
2	Luces indicadoras	X		100%	
3	Pulsadores	X		100%	
4	Variador de frecuencia	X		100%	
5	PLC	X		100%	
6	Módulos analógicos	X		100%	
7	Contactores	X		100%	
8	Motor eléctrico	X		100%	
9	Breaker general y del motor	X		100%	
10	Fuente de alimentación	NUEVO		100%	
11	Pantalla Magelis	NUEVO		100%	
12	Sensor capacitivo	NUEVO		100%	
13	Relé de 24V	NUEVO		100%	
BUENO (90<=X>=100)%		100%			
REGULAR (75<=X>=89)%					
MALO (50<=X>=74)%					
MUY MALO (X< 50%)					




Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

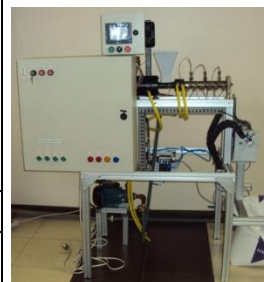
SISTEMA DE EXTRUSIÓN

Al poner en marcha el sistema de extrusión se observa que:

- Al realizar el diseño y construcción de una nueva boquilla del cabezal, se ha comprobado que al salir el parison ya no se pega, y sale de manera uniforme tal como se desea, además el sistema de centrado mediante prisioneros es óptimo para complementar esta acción. Además se cuenta con un sistema regulable, que se utiliza en caso de que se desee aumentar o disminuir el grosor del parison.
- Al limpiar el interior del cañón se observa que ya no existen impurezas en el plástico extruido, cabe mencionar que éste debe ser vaciado por completo cada vez que se concluya el proceso.
- Las resistencias se calientan adecuadamente, sobre todo el segundo par, ya que recibe calor por conducción del primer y tercer par de resistencias y tiende a incrementar su temperatura más rápido que las demás.
- Las termocuplas trabajan adecuadamente y brindan datos de temperatura muy aproximados a los reales, deben estar correctamente ajustadas para que las temperaturas no se disparen y muestren datos erróneos.
- Al implementar una tolva al sistema, se evita el desperdicio de material, así como la alimentación continua del material al cañón.

TABLA V. IV FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DE EXTRUSIÓN REPOTENCIADO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO					
REALIZADO POR:	PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:	OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO	"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN	RIOBAMBA - ECUADOR	
FABRICANTE	XXX		SECCIÓN	XXX	
MODELO	XXX		CÓDIGO	XXX	
MARCA	XXX				
ESTADO			REPOTENCIADO		
ITEM	ESTADO TÉCNICO	BUENO	REGULAR	PORCENTAJE	
1	Boquilla del cabezal	X		100%	
2	Resistencias	X		100%	
3	Cañón Extrusor	X		100%	
4	Termocuplas	NUEVO		100%	
5	Tolva de alimentación	NUEVO		100%	
ESTADO TÉCNICO					
BUENO (90<=X>=100)%		100%			
REGULAR (75<=X>=89)%					
MALO (50<=X>=74)%					
MUY MALO (X< 50%)					



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

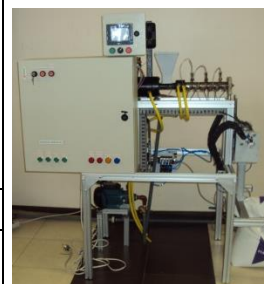
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Al poner en marcha el sistema de enfriamiento se observa que:

El intercambiador de calor al someterse al sistema de enfriamiento mediante el flujo de agua ya no alcanza una gran temperatura, y por ende se evita que el plástico se derrita antes de llegar a la zona de transporte y se entorpezca el proceso de extrusión.

TABLA V. V FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO REPOTENCIADO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO					
REALIZADO POR:	PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:	OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO	"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN	RIOBAMBA - ECUADOR	
FABRICANTE	XXX		SECCIÓN	XXX	
MODELO	XXX		CÓDIGO	XXX	
MARCA	XXX				
ESTADO			REPOTENCIADO		
ITEM	ESTADO TÉCNICO	BUENO	REGULAR	PORCENTAJE	
1	Manguera	X		100%	
2	Tubería de agua	NUEVO		100%	
3	Bomba eléctrica	NUEVO		100%	
ESTADO TÉCNICO					
BUENO (90<=X<=100)%		100%			
REGULAR (75<=X<=89)%					
MALO (50<=X<=74)%					
MUY MALO (X< 50%)					



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

CABLEADO DEL SISTEMA

- Al reemplazar todo el cableado de la máquina anterior se aprecia que no existen cortocircuitos y todos los elementos funcionan correctamente.
- Al cambiar los cables de las resistencias, se advierte una mejora en la conexión de las mismas, pues a pesar de ser resistente al calor el cable se pela y su deterioro total podría ocasionar cortocircuitos.


TABLA V. VI FICHA TÉCNICA DEL CABLEADO DEL SISTEMA REPOTENCIADO

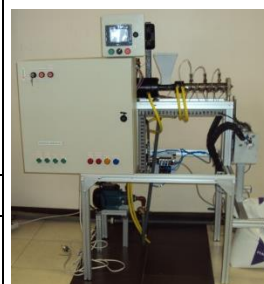
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO					
REALIZADO POR:	PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:	OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO	"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"	UBICACIÓN	RIOBAMBA – ECUADOR		
FABRICANTE	XXX	SECCIÓN	XXX		
MODELO	XXX	CÓDIGO	XXX		
MARCA	XXX				
ESTADO		REPOTENCIADO			
ITEM	ESTADO TÉCNICO	BUENO	REGULAR	PORCENTAJE	
1	Cableado de las resistencias	NUEVO		100%	
2	Cableado del tablero de control	NUEVO		100%	
ESTADO TÉCNICO					
BUENO (90<=X>=100)%		100%			
REGULAR (75<=X>=89)%					
MALO (50<=X>=74)%					
MUY MALO (X< 50%)					

Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

5.1.1 Estado general de la máquina después de la repotenciación

TABLA V. VII FICHA TÉCNICA DEL ESTADO GENERAL DE LA MÁQUINA REPOTENCIADA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO					
REALIZADO POR:	PAMBABAY IVONNE PUMALEMA JOSSELYN		FECHA:	OCTUBRE, 2014	
MÁQUINA-EQUIPO	"MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO"		UBICACIÓN	RIOBAMBA-ECUADOR	
FABRICANTE	XXX	SECCIÓN	XXX		
MODELO	XXX	CÓDIGO	XXX		
MARCA	XXX				
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
PESO		ALTURA		ANCHO	
MANUALES:		PLANOS:		REPUESTOS:	
SI () NO (X)		SI () NO (X)		SI () NO (X)	
ITEM	ESTADO TÉCNICO	BUENO	REGULAR	PORCENTAJE	
1	Estado del Sistema Mecánico	X		97.5%	
2	Estado del Sistema Neumático	X		97%	
3	Estado del Sistema Eléctrico	X		100%	
4	Estado del Sistema de Extrusión	X		100%	
5	Estado del Sistema de Enfriamiento	X		100%	
6	Cableado del sistema	X		100%	
ESTADO TÉCNICO					
BUENO (90<=X<=100)%		99.1%			
REGULAR (75<=X<=89)%					
MALO (50<=X<=74)%					
MUY MALO (X< 50%)					



Fuente: Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)

5.2 Cuadro comparativo entre el sistema anterior y el sistema repotenciado

TABLA V. VIII CUADRO COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA ANTERIOR Y EL SISTEMA REPOTENCIADO







ITEM	ESTADO TÉCNICO	SISTEMA ANTERIOR	SISTEMA REPOTENCIADO
1	Estado del Sistema Mecánico	50%	97.5%
2	Estado del Sistema Neumático	73.3%	97%
3	Estado del Sistema Eléctrico	64%	100%
4	Estado del Sistema de Extrusión	80%	100%
5	Estado del Sistema de Enfriamiento	40%	100%
6	Cableado del sistema	40%	100%
TOTAL		57.9%	99.1%







Fuente: *Ivonne de los A. Pambabay R., Josselyn I. Pumalema H. (Autores)*








5.3 Elaboración de botellas de plástico

La siguiente tabla muestra los datos de las primeras pruebas que se hicieron una vez finalizada la repotenciación de la máquina, de modo manual; la tolva llena de materia prima permite producir 19 botellas que representa el 85% del material, de las cuales 17 obtuvieron la forma deseada, y 2 presentaron algún tipo de error como agujeros, mal formaciones, entre otros. El 15% restante corresponde al material que se deja fluir al inicio del proceso con el fin de que la extrusora elimine residuos de material del proceso anterior, además de rebabas y material mal plastificado. Los datos tomados son a una frecuencia del

motor de 60 Hz, una presión de soplado de 5 psi y un tiempo de soplado de 45 segundos.

N°	Temp1 (°C)	Temp2 (°C)	Temp3 (°C)	Temp4 (°C)	Tiempo del motor (seg)	Foto de la Botella
1	182	223	227	234	25	
2	172	214	215	235	20	
3	220	229	227	241	21	
4	199	228	230	238	20	
5	176	205	205	215	20	
6	185	209	216	217	20	

7	188	209	208	220	20	
8	190	209	213	218	20	
9	190	209	207	215	20	
10	188	208	209	220	20	
11	189	209	213	225	20	
12	189	209	209	220	20	

13	187	207	208	215	20	
14	189	210	207	213	20	
15	188	209	207	213	20	
16	182	209	219	223	20	
17	190	209	219	223	20	
18	188	208	205	223	20	
19	186	209	219	216	20	

Las pruebas tomadas en modo automático resultaron mejor en cuanto a la forma final de las botellas, se observa que de las 15 botellas elaboradas, 14 obtienen la forma deseada, y 1 tienen una falla leve, sin embargo este es un error aceptable ya que, básicamente la máquina en sí no se utilizará para producir con fines de lucro, sino más bien para la práctica de los estudiantes de la FIE.

Los datos tomados son a una frecuencia del motor de 60 Hz, una presión de soplado de 8 psi, un tiempo de soplado de 50 segundos y un tiempo del motor de 21 segundos.

Los rangos de temperatura de las resistencias son:

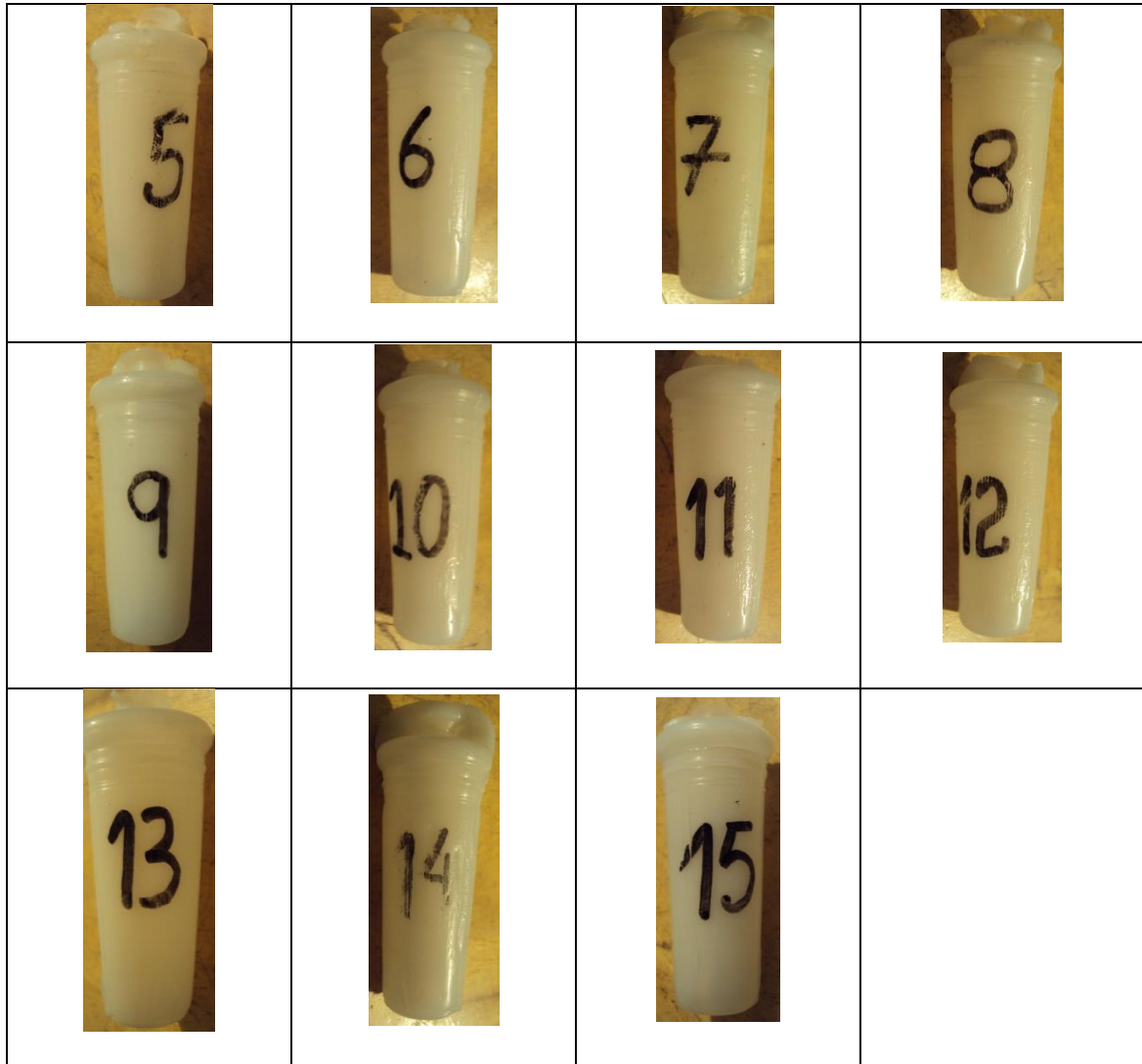
Primera etapa: 208 – 210 °C

Segunda etapa: 228 – 230 °C

Tercera etapa: 248 – 250 °C

Cuarta etapa: 258 – 260 °C





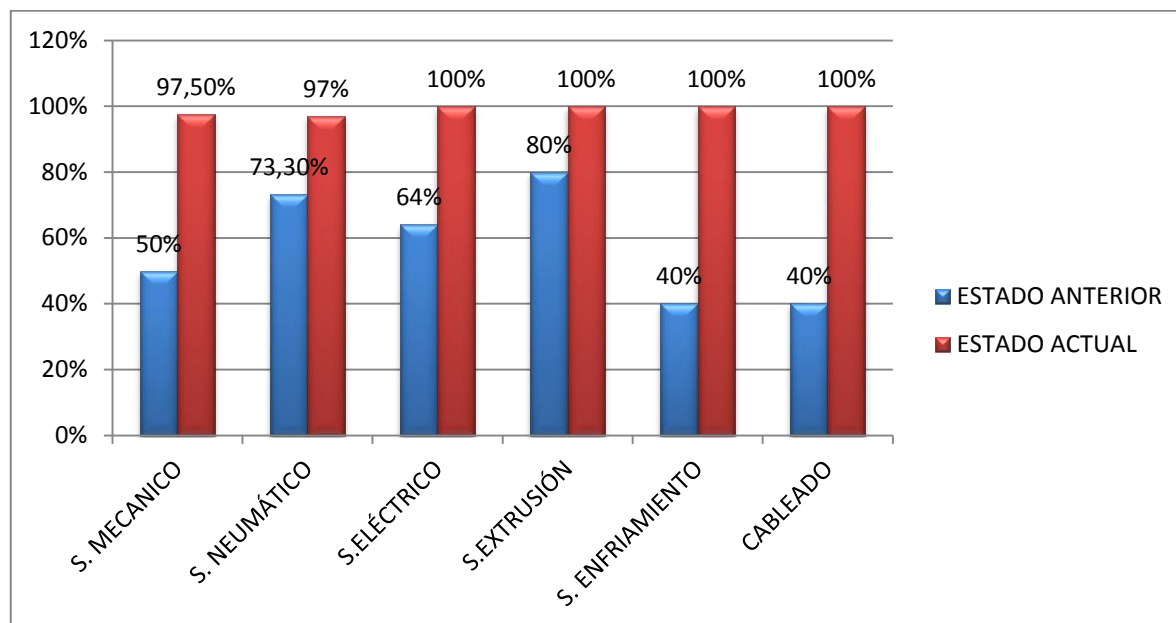
5.4 Comprobación de la hipótesis

Hipótesis: La repotenciación de la máquina para elaborar objetos de plástico mediante un control automatizado, mejorará la producción, demostrada a través del estado técnico de la máquina.

H₀ (Hipótesis Nula): El estado técnico de la máquina es igual, antes y después de haberla repotenciado y automatizado.

H₁ (Hipótesis Alternativa): El estado técnico de la máquina no es igual, antes y después de haberla repotenciado y automatizado.

En el siguiente diagrama de barras se observa, la comparación del estado técnico anterior y el estado técnico actual de los diferentes sistemas de la máquina.



Para el sistema mecánico, se observa que su estado técnico anterior era de 50% debido a la estructura inestable y al husillo mal diseñado que poseía; y el 97.5% representa el estado actual del mismo, lo que quiere decir que gracias al diseño y construcción de una nueva estructura para la máquina y un nuevo husillo se ha mejorado el estado técnico del sistema mecánico.

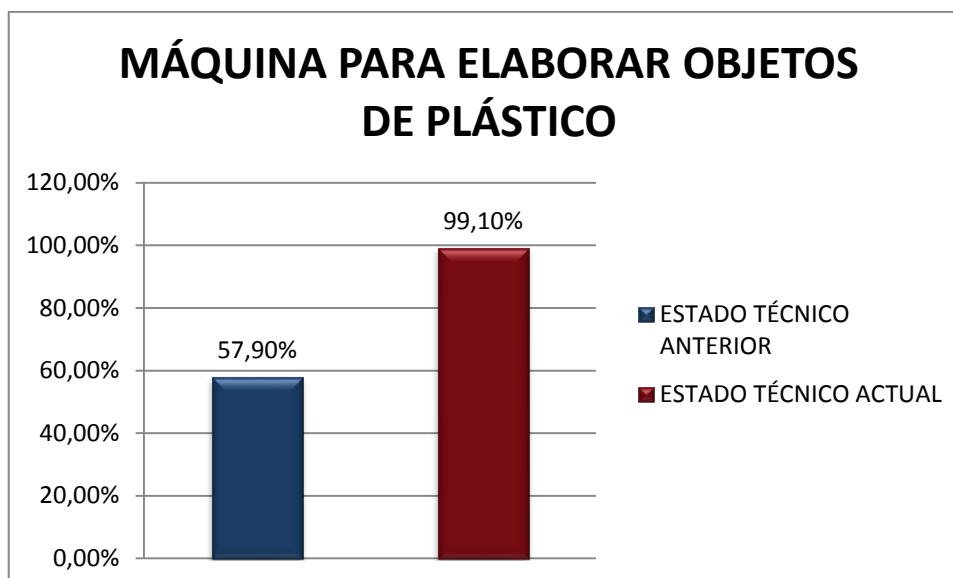
En el sistema neumático, el 73.3% representa su estado técnico anterior, basado la revisión de los cilindros de la base y del molde que no tenían la fuerza necesaria para cerrarlo, las válvulas electroneumáticas dañadas, la boquilla de soplado pequeña e ineficiente, y el hecho de no poseer un filtro regulador ni reguladores de caudal en los cilindros. El 97% representa el estado actual del sistema neumático, debido a la sustitución de los cilindros por unos con mayor área y por ende mayor fuerza, al reemplazo de las válvulas

dañadas por unas nuevas, al reemplazo de la boquilla de soplado por una de mayor longitud y al aumento de reguladores y filtro para las válvulas.

En el sistema eléctrico se observa un estado técnico anterior de 64%, esto se debe al tablero de control con tamaño inadecuado para la máquina, y a sus componentes inservibles como el relé programable Zelio, el variador inhabilitado, luces y pulsadores dañados, y termoreguladores como medio para controlar la temperatura; al mejorar todos estos elementos y reemplazar los dañados, así como sustituir los termoreguladores por módulos de entradas analógicas y sobre todo al reemplazo del relé programable por un PLC, se ha alcanzado un 100% en el estado técnico del sistema eléctrico de la máquina.

El sistema de enfriamiento anterior alcanza un 40% en vista que solo poseía mangueras de agua desgastadas, sin una bomba de agua adecuada para llevar a cabo este proceso, con el aumento de la bomba y el reemplazo de las mangueras se ha alcanzado el 100% en el estado técnico actual del sistema de enfriamiento.

Para el cableado de la máquina también se le ha asignado un 40% debido al mal estado de los conductores, al reemplazarlos por completo se ha llegado al objetivo del 100% en su estado actual.



En la figura se observa el diagrama de barras de comparación entre el estado técnico anterior y el actual de la máquina.

El 57.9% corresponde al estado técnico anterior, este parámetro se ha calculado en base a las diferentes fichas técnicas elaboradas de los sistemas: mecánico, eléctrico, neumático, de extrusión, de calentamiento y cableado de la máquina anteriores, realizando una revisión técnica de cada elemento correspondiente a los diferentes sistemas, en la que se ha tomado la decisión de reutilizar al elemento o reemplazarlo por uno nuevo como se ha mencionado anteriormente.

El 99.1% corresponde al estado técnico actual de la máquina, el cual se ha obtenido una vez finalizada la repotenciación; estos parámetros se han establecido en base al funcionamiento actual que presenta la máquina, y a que tan eficientes son al momento de realizar su trabajo tanto individualmente como al trabajar en conjunto con los demás elementos; este porcentaje indica que la repotenciación mediante un control automatizado ha sido satisfactoria, y que se

han obtenido resultados que influirán de manera positiva en la elaboración de botellas de plástico.

Con los resultados de la tabla, se deduce que la repotenciación de la máquina ha aumentado su estado técnico en un 41.2%, debido al mejoramiento de cada uno de los sistemas de la máquina y de sus respectivos componentes, rechazando de esta forma la hipótesis nula y quedando comprobada la hipótesis planteada.

Cabe recalcar que la parte que mayor problema presentó fue el sistema mecánico, debido a que se tuvo que diseñar un nuevo husillo, boquilla del cabezal y una nueva estructura de la máquina; la mejoría de ésta, así como de los demás sistemas de la máquina se ven reflejados en la elaboración de botellas de plástico, obteniendo la forma deseada del molde, y ya que se trata de un proceso automatizado, el tiempo de respuesta será mucho más rápido y el producto final tendrá las características de calidad deseadas.

CONCLUSIONES

1. Al realizar pruebas con polietileno de alta densidad, se determina que debido a sus características de moldeabilidad, buena resistencia tanto térmica como química y bajo costo se acopla adecuadamente al proceso de extrusión-soplado, y es muy utilizado en la elaboración de botellas, juguetes, envases, artículos para el hogar, entre otros.
2. Con la elaboración de la ficha del estado técnico anterior de la máquina se determinó que al obtener un 57.9% de rendimiento, la mayoría de sus elementos requerían una reparación media, por lo que la repotenciación fue necesaria y oportuna.
3. Para determinar la secuencia del proceso, el método graficet resultó adecuado, ya que permite describir en forma gráfica y ordenada cada etapa del trabajo que realiza la máquina, y su interpretación resulta sencilla para el estudiante.
4. La automatización del proceso utilizando un controlador lógico programable fue indispensable y de gran ayuda, ya que le brinda al operario seguridad, a la vez que permite optimizar recursos reduciendo costos y tiempos de producción.
5. La implementación de una interfaz gráfica permite estar al tanto del trabajo en tiempo real de la máquina, alertando al operario sobre posibles daños o errores que se presenten en el desarrollo normal del proceso por medio de alarmas.

6. Concluida la repotenciación, se alcanzó un 41.2% de mejora sobre el estado técnico anterior de la máquina, dando como resultado el 99.1%, lo que demuestra que la misma se encuentra en óptimas condiciones para producir botellas de plástico y además, se ha demostrado la hipótesis planteada.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir las instrucciones del manual de usuario antes de operar la máquina, así como también brindarle el mantenimiento preventivo y correctivo oportuno para su correcto funcionamiento a corto y largo plazo.
2. El uso pertinente de equipos de seguridad como: guantes resistentes a altas temperaturas, mascarilla y gafas, evitará que el operario corra algún tipo de riesgo o accidente que afecte su integridad física.
3. No exceder la temperatura de fusión del material con el que se trabaje, para evitar que se degrade antes de salir del cabezal de la extrusora y que los residuos aparezcan en el producto final.
4. Procurar que el trabajo con la máquina sea en lugares con ventilación, ya que el plástico fundido, sobre todo si llegara a quemarse, emana un olor que con el tiempo puede resultar perjudicial a la salud de las personas que la operen o se encuentren alrededor de ella.

RESUMEN

Se realizó la repotenciación de una máquina que elabora objetos de plástico (polietileno de alta densidad), mediante el proceso de extrusión-soplado por medio de un control automatizado, con la finalidad de mejorar el estado técnico de la misma, se vea reflejado en la producción de botellas y, a la vez, sirva para prácticas estudiantiles en la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH.

La máquina consta de una bancada de aluminio estructural, un tablero comandado por un plc que controla el proceso de forma manual y automática, un extrusor, un sistema de soplado para darle forma a la botella y, una pantalla como interfaz para visualizar datos reales del trabajo de la máquina.

Para la repotenciación se rediseñó: la estructura, el tablero de control cambiando el relé programable por un plc y el cableado eléctrico y neumático; se agregó un sistema de enfriamiento, se mejoró el sistema de extrusión cambiando el husillo y, en el sistema de soplado se reemplazó cilindros y boquilla.

Se aplicaron métodos inductivo y analítico, con técnicas graficet para el diseño del proceso y el análisis comparativo de la ficha técnica anterior y actual de la máquina, observándose que el rendimiento anterior era de 57.9% mientras que el actual, con la repotenciación efectuada, alcanzó un rendimiento de 99.1%, logrando mejorar su eficiencia pudiéndose verificar al haber obtenido el producto final (botella plástica) con características de calidad deseadas.

SUMMARY

Repowering of a machine that makes plastic items (HDPE) by the extrusion process was carried out – blown by an automated control, in order to improve the technical condition of the same, reflected in the production of bottles and serve for student internships in the School of Computing and Electronics ESPOCH.

The machine consists of a bank of structural aluminum, a board controlled by a PLC which controls the process of manually and automatically, extruder, a blowing system to shape the bottle and a screen like interface for viewing real job data machine.

For repowering will redesign: the structure, the control panel by changing the programmable relay for plc and electrical wiring and pneumatic cooling system is added, the system was improved by changing the exclusion spindle and blowing system cylinders and nozzle replaced.

Inductive and analytical methods were applied to grafcet techniques for process design and comparative analysis of past and current summary of the machine, noting that past performance was 57.9% while the current carried the repowering reached yield of 99.1%, resulting in improved efficiency and can be verified to have obtained the final product (plastic bottle) with desired quality characteristics.

GLOSARIO

Alcanfor: Sustancia semisólida, cristalina y cerosa, con penetrante olor acre.

Asta natural: Plástico natural flexible que no se corroe, no se oxida y se dobla sin romperse.

Bidones: Recipiente hermético utilizado para almacenar y transportar líquido.

Conducción: Proceso de transmisión de calor basado en el contacto directo de los cuerpos, haciendo que el calor fluya del cuerpo con mayor calor al cuerpo con menor calor.

Convección: Una de las formas de transferencia de calor producida únicamente por un fluido que puede ser líquido o gaseoso.

Corrosión: Deterioro de un cuerpo a causa de un ataque electroquímico por su entorno.

Crammer: Tipo de tornillo de alimentación para tolvas.

Ductilidad: Propiedad de aquellos materiales que, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sin llegar a romperse.

Elastómeros: Polímeros sólidos que poseen notables propiedades elásticas.

Ethernet: Estándar de redes de área local para la conexión entre dos computadoras, o una computadora con otro dispositivo compatible, para que puedan compartir información.

Extrudado: Material sometido al proceso de extrusión.

Fenol-formaldehído: Resina sintética termoestable, obtenida como producto de la reacción de los fenoles con el formaldehído.

Fieltro: Textil no tejido en forma de lámina que presenta un revestimiento que le proporciona propiedades como impermeabilidad y resistencia al desgarro.

Gutapercha: Tipo de goma parecida al caucho, translúcida, sólida y flexible, fabricada a base del látex.

Martensítico: Acero inoxidable altamente aleado con cromo y otros elementos.

Parison: Masa tubular sin forma antes de ser moldeada a su forma definitiva.

Parkesita: Resina artificial resultante de la disolución de dos elementos, conocida como celuloide.

Piroxilina: Materia explosiva, de bajo contenido en nitrógeno, soluble en mezclas de éter, alcohol y acetona.

Solidworks: Programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de manejar.

Vijeo designer: Software de configuración HMI dedicado a la programación de Magelis.

Zelio: Relé programable compacto diseñado para pequeñas aplicaciones de automatismos.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA PARA SELECCIÓN DE CILINDROS

Fuerza de empuje actuando el aire en toda el área del pistón						Fuerza a restar por el área del vástago del pistón en el retroceso					
Diámetro del cilindro (mm)	Área del pistón (mm ²)	Fuerza de empuje en newtons a varias presiones (bar)				Diámetro vástago del pistón (mm)	Área del vástago del pistón (mm ²)	Fuerza de retroceso a varias presiones (newtons)			
		1,0	5,0	7,0	10,0			1,0	5,0	7,0	10,0
6	28	2,8	14,1	19,8	28,3	4	13	1,3	6,3	8,8	12,6
8	50	5,0	25,1	35,2	50,2	6	28	2,8	14,1	19,8	28,3
10	79	7,9	39,3	55,0	78,5	8	50	5,0	25,1	35,2	50,2
12	113	11,3	56,5	79,1	113,0	10	79	7,9	39,3	55,0	78,5
14	154	15,4	76,9	107,7	153,9	12	113	11,3	56,5	79,1	113,0
16	201	20,1	100,5	140,7	201,0	16	201	20,1	100,5	140,7	201,0
20	314	31,4	157,0	219,8	314,0	20	314	31,4	157,0	219,8	314,0
25	491	49,1	245,3	343,4	490,6	25	491	49,1	245,3	343,4	490,6
32	804	80,4	401,9	562,7	803,8	32	804	80,4	401,9	562,7	803,8
40	1.257	125,6	628,0	879,2	1.256,0	40	1.257	125,6	628,0	879,2	1.256,0
50	1.963	196,3	981,3	1.373,8	1.962,5						
63	3.117	311,6	1.557,8	2.181,0	3.115,7						
80	5.027	502,4	2.512,0	3.516,8	5.024,0						
100	7.854	785,0	3.925,0	5.495,0	7.850,0						
125	12.272	1.226,6	6.132,8	8.585,9	12.265,6						
160	20.106	2.009,6	10.048,0	14.067,2	20.096,0						
200	31.416	3.140,0	15.700,0	21.980,0	31.400,0						

ANEXO 2

**PARÁMETROS PARA LA PROGRAMACIÓN
DEL VARIADOR**

Parámetro	Descripción	Opciones	Dato Ingresado
P0003	Nivel de acceso de usuario	1. Estándar 2. Extendido 3. Experto	1
P0010	Parámetro de puesta en marcha	0. Preparado 1. Guía básica 30. Ajustes de fábrica	Para configurar los datos poner en 1. Cuando esté listo para arrancar poner en 0.
P0100	Entrada de frecuencia	0. Europa [kW], 50 Hz 1. Norte América [hp], 60 Hz 2. Norte América [kW], 60 Hz	1
P0304	Tensión nominal del motor	Tensión nominal en [V] de la placa de características	230
P0305	Corriente nominal del motor	Corriente nominal en [A] de la placa de características	1.8
P0307	Potencia nominal del motor	Potencia nominal en [kW/hp] de la placa de características	0.20
P0310	Frecuencia nominal del motor	Frecuencia nominal en [Hz] de la placa de características	60
P0311	Velocidad nominal del motor	Velocidad nominal en [rpm] de la placa de características	1770
P0700	Selección fuente de órdenes	0. Ajuste por defecto de fábrica 1. BOP (teclado) 2. Terminal 5. USS	2
P0970	Reposición a valores de fábrica	0. Deshabilitado 1. Borrado parámetros	0
P1000	Selecc. Consignia de frecuencia	0. Sin consignia principal 1. Consignia MOP 2. Consignia analógica 3. Frecuencia fija 5. USS	3
P1080	Frecuencia mínima	Frecuencia mínima en [Hz] a la que arrancará el motor	59
P1082	Frecuencia máxima	Frecuencia máxima en [Hz] a la que funcionará el motor	60
P1120	Tiempo de aceleración	Tiempo en [s] utilizado por el motor para acelerar desde el punto muerto hasta la frecuencia máxima	10
1121	Tiempo de deceleración	Tiempo en [s] utilizado por el motor para desacelerar desde	10

		la frecuencia máxima hasta el punto muerto	
P3900	Fin de la puesta en servicio rápida	<ol style="list-style-type: none">0. Sin puesta en marcha rápida (sin cálculos de motor)1. Inicio puesta en marcha rápida con borrado de ajustes de fábrica2. Inicio puesta en marcha rápida3. Inicio puesta en marcha rápida sólo para los datos del motor	0

ANEXO 3

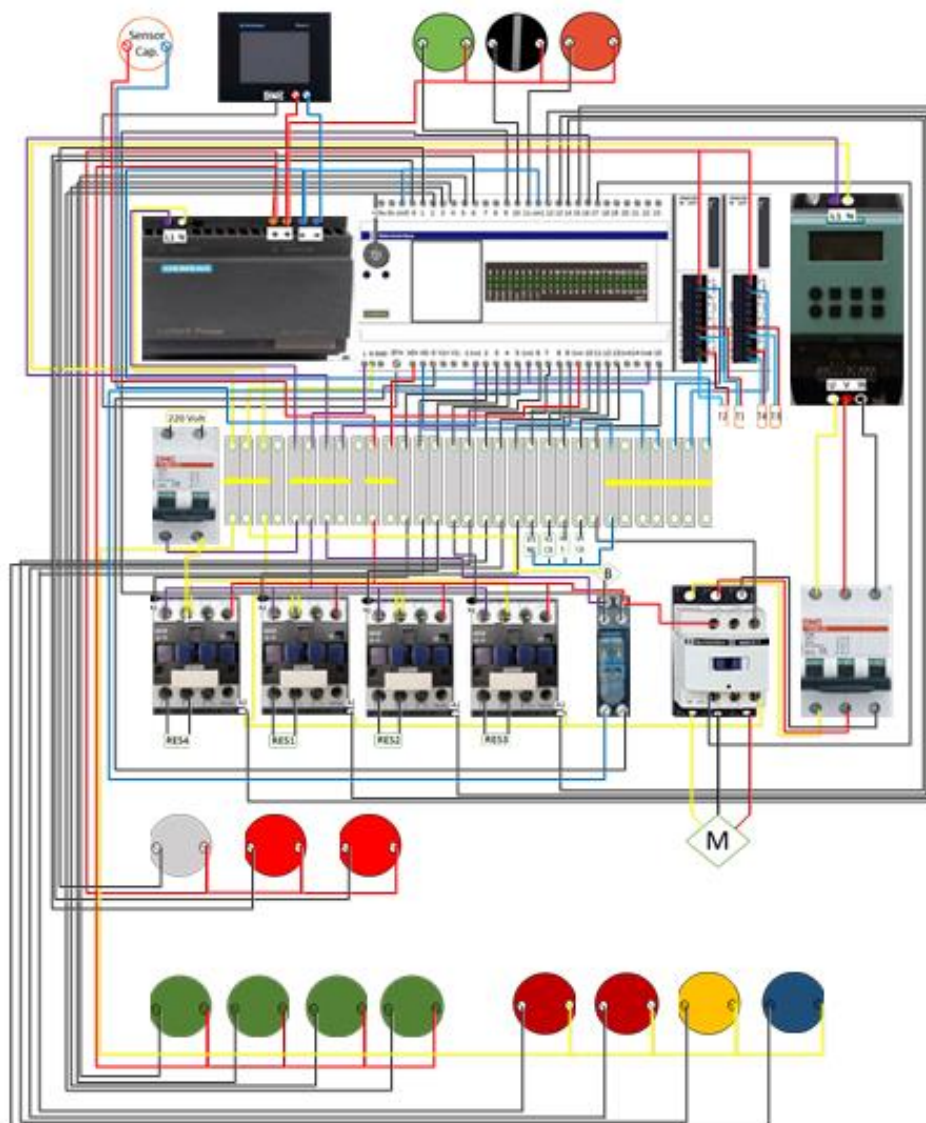
TABLA DE CALIBRE DE CONDUCTORES

ELECTROCABLES

CALIBRE AWG ó MCM	SECCION mm ²	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	ESPESOR AISLAMIENTO mm.	DIAMETRO EXTERIOR mm.	PESO TOTAL Kg/Km	CAPAC. DE CORRIENTE para 1 conductor al aire libre Amp.	TIPO CABLE	ALTERNAT. DE EMBALAJE.
24	0,205	7 x 0,20	0,51	1,63	5,14	---	FXT	A,E
22	0,324	11 x 0,20	0,51	1,78	7,62	---	FXT	A,E
20	0,519	17 x 0,20	0,76	2,47	9,98	5	FXT	A,E
18	0,823	12 x 0,30	0,76	2,72	13,43	7	TFF	A,E
16	1,310	19 x 0,30	0,76	3,02	18,93	10	TFF	A,B
14	2,08	30 x 0,30	1,14	4,17	32,30	25	TW-F	A,B
12	3,31	25 x 0,41	1,14	4,67	46,50	30	TW-F	A,C
10	5,26	40 x 0,41	1,14	5,26	67,90	40	TW-F	A,D
8	8,37	7 x (17x0,30)	1,52	7,31	119,70	60	TW-F	A,B,E
6	13,30	7 x (27x0,30)	1,52	8,38	174,50	80	TW-F	A,E
4	21,15	7 x (24x0,41)	1,52	9,80	269,90	105	TW-F	A,E
2	33,62	7 x (18x0,60)	1,52	11,55	402,90	140	TW-F	A,E
1	42,36	7 x (21x0,60)	2,03	13,62	521,30	165	TW-F	A,D,E
1/0	53,49	19 x (10x0,60)	2,03	15,09	648,90	195	TW-F	D,E,Z
2/0	67,43	19 x (13x0,60)	2,03	16,23	830,20	225	TW-F	D,E,Z
3/0	85,01	19 x (16x0,60)	2,03	17,86	1003,40	260	TW-F	D,E,Z
4/0	107,20	19 x (20x0,60)	2,03	19,49	1251,20	300	TW-F	D,E,Z
250	127,00	37 x (12x0,60)	2,41	22,23	1498,00	350	TW-F	Z
300	152,00	37 x (15x0,60)	2,41	23,53	1826,00	375	TW-F	Z
350	177,00	37 x (17x0,60)	2,41	24,73	2031,00	420	TW-F	Z
400	203,00	37 x (20x0,60)	2,41	26,42	2325,00	455	TW-F	Z
500	253,00	37 x (25x0,60)	2,41	28,97	2746,00	515	TW-F	Z
600	304,00	37 x (30x0,60)	2,79	32,03	3287,00	575	TW-F	Z
700	355,00	37 x (34x0,60)	2,79	33,74	3804,00	630	TW-F	Z
750	380,00	37 x (37x0,60)	2,79	34,96	4110,00	655	TW-F	Z
800	405,00	37 x (39x0,60)	2,79	35,74	4326,00	680	TW-F	Z
900	456,00	37 x (44x0,60)	2,79	37,62	4812,00	730	TW-F	Z
1000	507,00	37 x (49x0,60)	2,79	39,39	5298,00	780	TW-F	Z

ANEXO 4

CONEXIONES DEL TABLERO DE CONTROL



SIMBOLOGÍA Y REFERENCIAS

- V1 NC** Válvula 1 no conectada
- V2 CB** Válvula 2 - cilindro B (cilindros del molde)
- V3 S** Válvula 3 - soplado
- V4 CA** Válvula 4 - cilindro A (cilindro de la base)
- M** Motor
- B** Bomba
- Res1** Resistencia 1
- Res2** Resistencia 2
- Res3** Resistencia 3
- Res4** Resistencia 4
- T1** Termocupla 1
- T2** Termocupla 2
- T3** Termocupla 3
- T4** Termocupla 4
- Sensor Cap.** Sensor Capacitivo
- Eth** Conexión ethernet
- Línea 220V
- Línea 220V
- Conexión 24V (positivo)
- Conexión 24V (negativo)
- Señal plc
- Cable ethernet
- Conexión motor U
- Conexión motor V
- Conexión motor W
- Conexión termocuplas (positivo)
- Conexión termocuplas (negativo)

ANEXO 5

DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS

DIAGRAMA DE ENTRADAS

24V

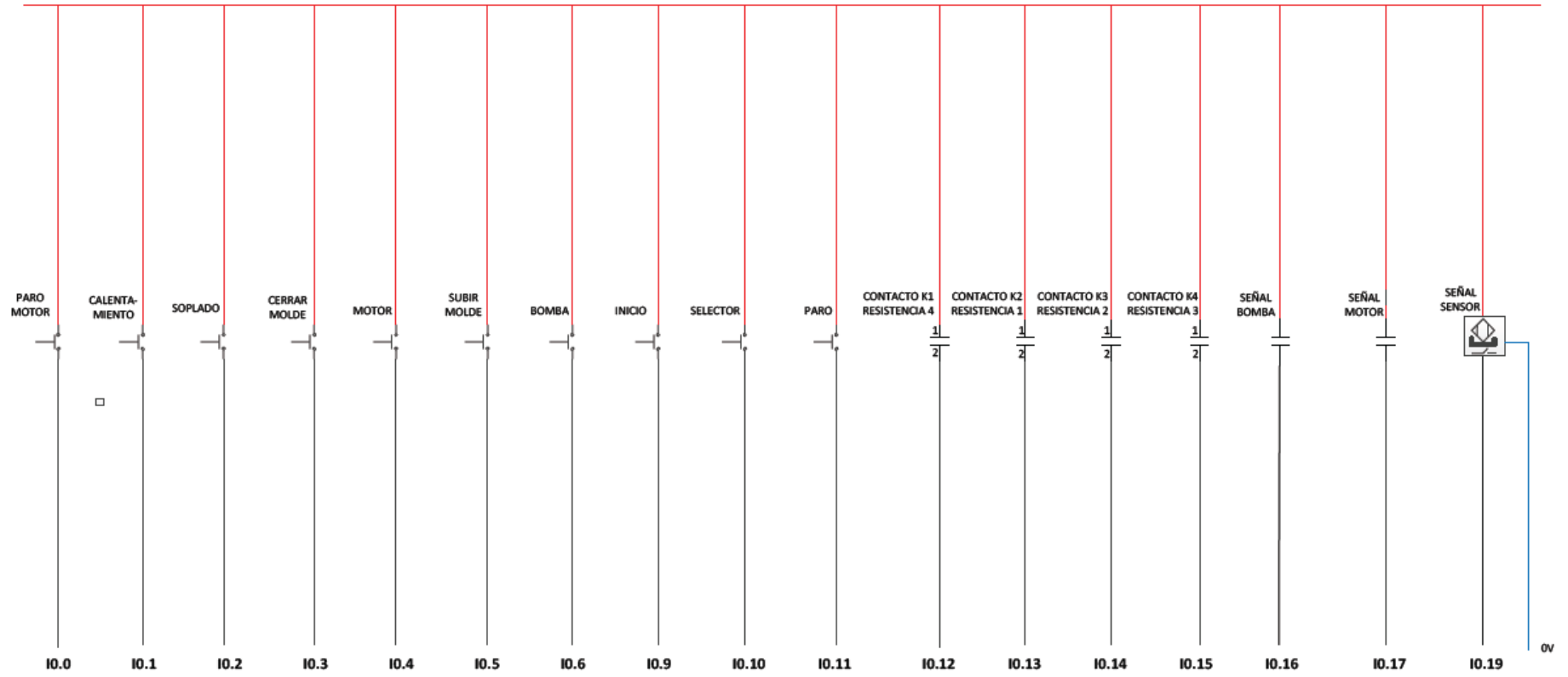
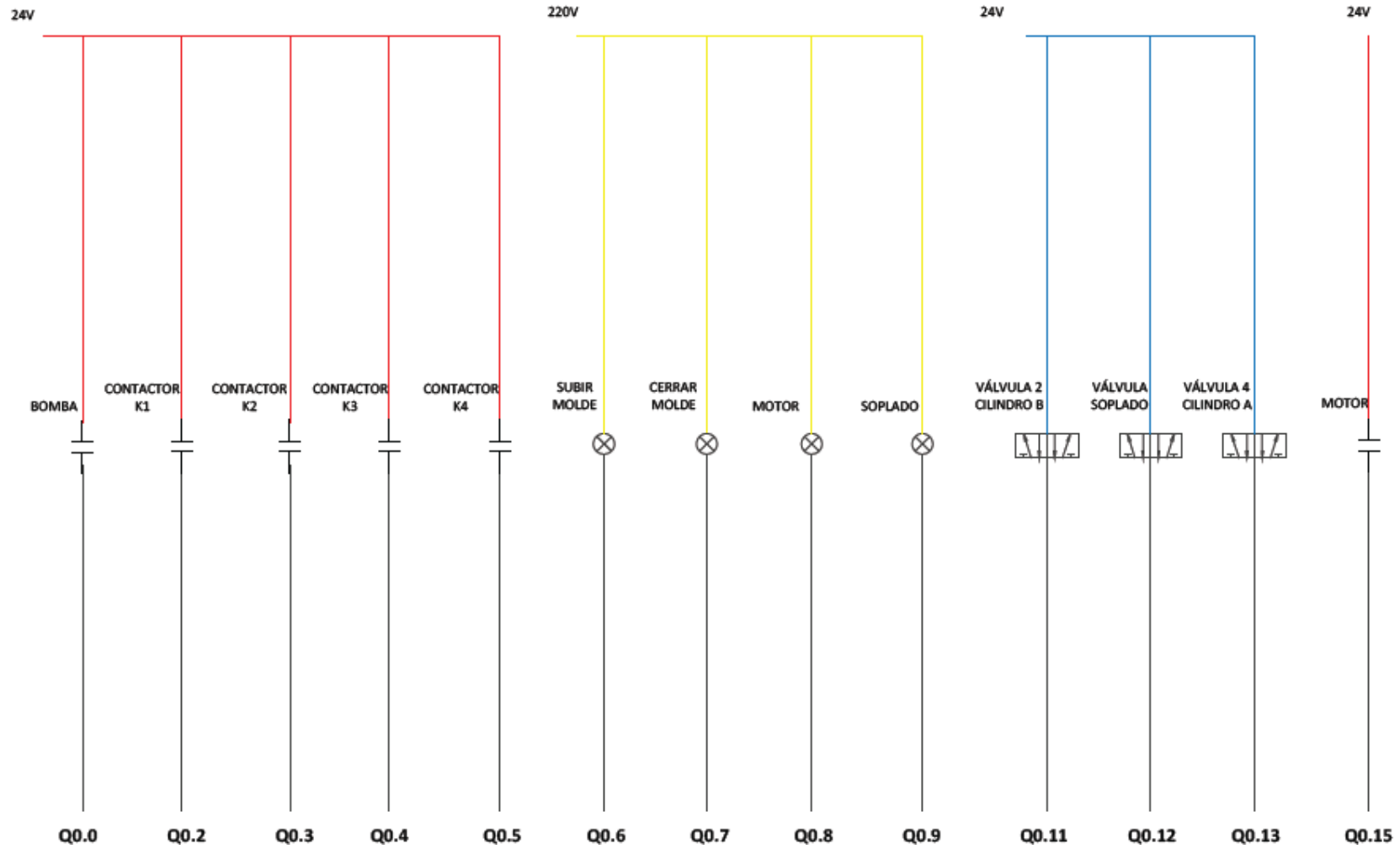
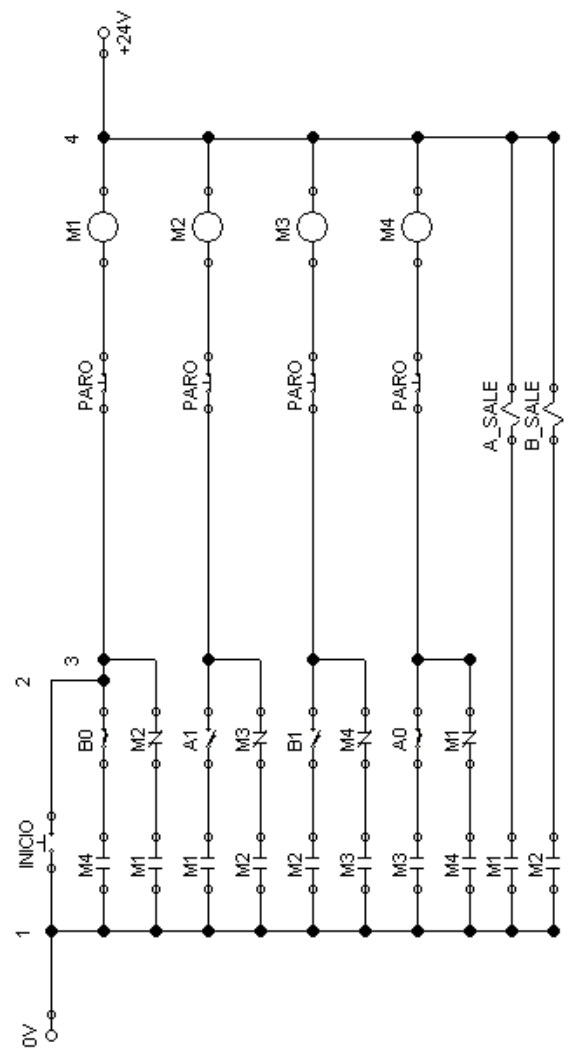
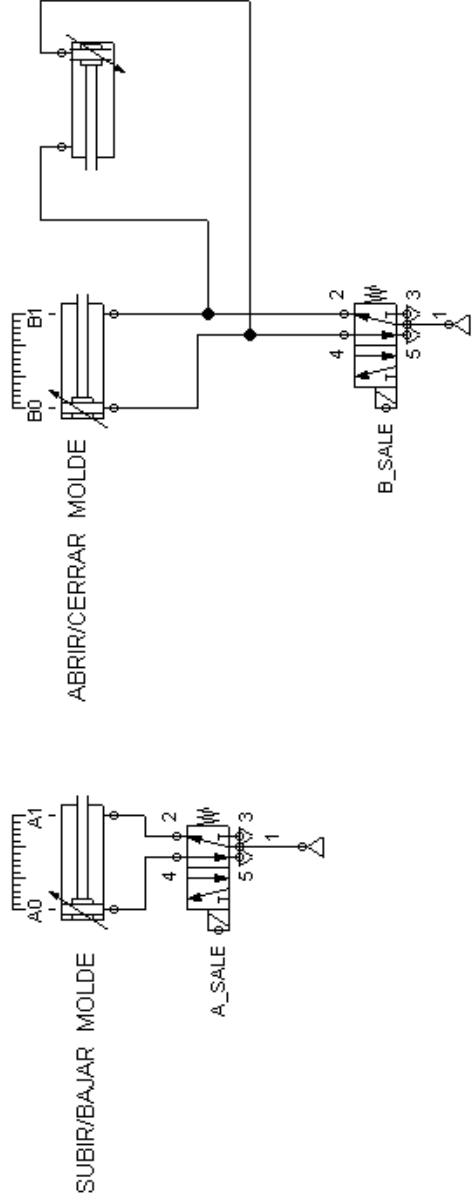


DIAGRAMA DE SALIDAS



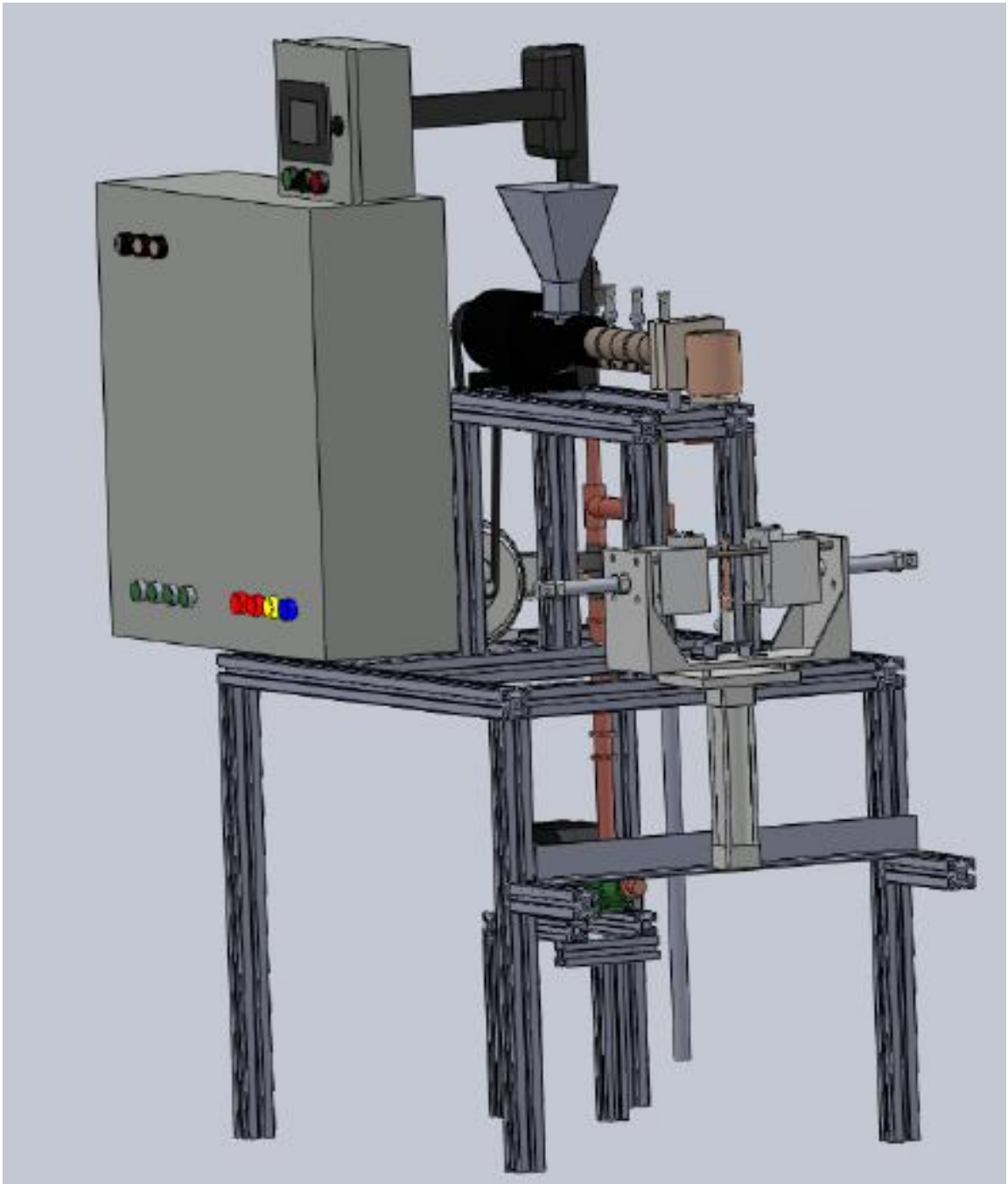
ANEXO 6

ESQUEMA NEUMÁTICO



ANEXO 7

DISEÑO DE LA MÁQUINA EN SOLIDWORK



ANEXO 8

ESQUEMA LADDER

ANEXO 9

**CURVA CARACTERÍSTICA DEL
INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO**

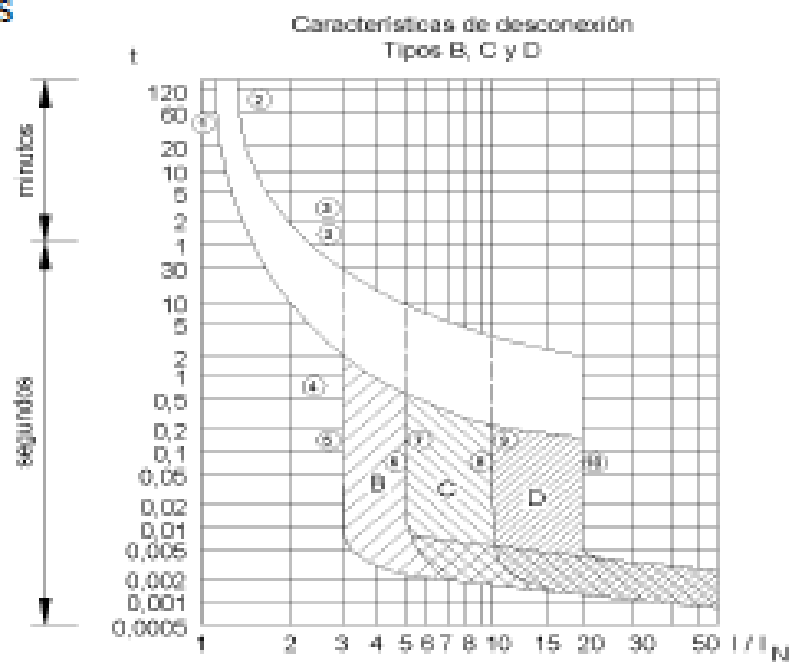
Márgenes de disparo instantáneo

Tipo	Margen inferior	Margen superior
B	$3 I_n$	$5 I_n$
C	$5 I_n$	$10 I_n$
D	$10 I_n$	$20 I_n$
Tiempo límite	$t \geq 0,1 \text{ s}$	$t \leq 0,1 \text{ s}$

Curva B: protección de líneas de gran longitud

Curva C: protección de líneas con consumos de iluminación.

Curva D: protección de equipos con intensidades de arranque altas



BIBLIOGRAFÍA

1. **BARZALLO, D.** Repotenciación y automatización de una máquina pulidora, abrillantadora con rodillo de ámbar utilizando plc, para la empresa ANDICUEROS. Tesis Ing. Elec. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica., 2013. 262 p.
2. **BELTRÁN, M. y MARCILLA, A.** Tecnología de polímeros., Alicante, Universidad de Alicante., 2012. pp. 288-299
3. **CALLISTER, W.** Ciencia e ingeniería de los materiales., Traducido al español por Pere Molera., 2da ed. Barcelona, Reverté., 1996. p. 480
4. **CREUS, A.** Neumática e hidráulica., 2da. ed. s.l., Marcombo., 2012. 234 p.
5. **ENRIQUEZ, G.** Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas., México, D.F.Limusa., 2004. pp. 67-72
6. **GUILLÉN, A.** Introducción a la neumática., s.l., Marcombo., 1988. v. 156 p.
7. **GÓMEZ, J. y GUTIÉRREZ, J.** Diseño de una extrusora para plásticos., Tesis Technol. Mec. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnologías., 2007. 121 p.
8. **HERNÁNDEZ, R.** Metodología de la investigación., 5ta ed., México, Mc Graw Hill., 2010. pp. 90-115

9. **ROSATO, D. et al.** Blow molding handbook., s.l., Hanser Gardner., 2004.
628 p.

10. **SÁNCHEZ, J.** Dispositivos electrónicos de potencia., Mexicali, UABC.,
2002. p 53.

11. **SAVGORODNY, V.** Transformación de plásticos., Barcelona, Gustavo
Gili., 1973. 468 p.

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

12. ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPO

<https://es.scribd.com/doc/201609013/ANALISIS-DEL-ESTADO-TECNICO-ACTUAL-DEL-EQUIPO-pptx>

RECUPERADO EL 25 DE SEPTIEMBRE DE 2014

13. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DE EXTRUSIÓN, DISEÑO DEL CABEZAL Y CORTADOR DE PARISON

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/capitulo3.pdf

RECUPERADO EL 25 DE AGOSTO DE 2014

14. EXTRUSION DE MATERIALES PLÁSTICOS II

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/extrusion-de-materiales-plasticos-ii.html>

RECUPERADO EL 12 DE AGOSTO DE 2014

15. MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS

<http://www.motortico.com/biblioteca/MotorTico/2011%20JUN%20-%20Alimentacion%20de%20Motores%20Trifasicos%20con%20Red%20Monofasica.pdf>

RECUPERADO EL 03 DE SEPTIEMBRE DE 2014

16. PROCESO DE EXTRUSIÓN DEL PLÁSTICO

<http://www.empaquesplasticos.com.mx/epmwbp1d.htm>

RECUPERADO EL 16 DE AGOSTO DE 2014

17. REPOTENCIACIÓN DE MAQUINARIA

http://www.metalactual.com/revista/23/maquinaria_repotenciacion.pdf

RECUPERADO EL 14 DE AGOSTO DE 2014

18. TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/>

RECUPERADO EL 13 DE AGOSTO DE 2014



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

**“REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ELABORAR
OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL
AUTOMATIZADO”**

MANUAL DE USUARIO

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Presentado por:

IVONNE DE LOS ÁNGELES PAMBABAY RAMÍREZ

JOSSELYN IVONNE PUMALEMA HEREDIA

Riobamba – Ecuador

2014

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento detalla el funcionamiento de la máquina extrusora-sopladora de Polietileno de alta densidad (HDPE) y permite al usuario conocer su estructura, los pasos y recomendaciones que debe seguir al manipularla con el fin de que su experiencia con la máquina sea gratificante.

2. GENERALIDADES DEL SISTEMA

La máquina extrusora cuenta con diferentes sistemas que cumplen una función determinada, así tenemos el *sistema eléctrico*, que es el cableado de todo el tablero de control de la máquina, el cual está comandado por un PLC Telemecanique CAE40DRF que es el que permite que el proceso sea tanto manual como automático, brindándole al usuario mayor comodidad al momento de operar la máquina. A su vez se tiene un *sistema de extrusión*, el cual es de vital importancia pues procesa y prepara al polímero con el que se esté trabajando para luego dar paso al proceso de soplado con el que se finaliza el trabajo de elaboración de la botella de HDPE, este último proceso está dentro del *sistema neumático*, ya que se insufla aire a presión por medio de la boquilla de soplado, además los cilindros que suben/bajan, abren/cierran el molde son neumáticos controlados por válvulas electroneumáticas. Se cuenta también con un *sistema mecánico* que corresponde a la bancada de la máquina, al diseño del husillo y boquilla de la extrusora. Finalmente se tiene un *sistema de enfriamiento*, que es el encargado de hacer circular agua cerca de la garganta de alimentación con el fin de que el material no se pegue a las paredes del cilindro y por el intercambiador de calor para evitar que el calor pase por la cadena al eje del motor.

3. SEGURIDADES

Las normas básicas de seguridad industrial se deben aplicar al momento de operar la máquina, es decir, utilizar los equipos de protección necesarios para evitar riesgos que perjudiquen tanto la integridad física del operario como el trabajo óptimo de la máquina, a continuación se nombran algunas pautas para evitar incidentes.

a. Datos de la máquina

DATOS GENERALES					
DIMENSIONES DEL EQUIPO		DIMENSIONES DEL TABLERO DE CONTROL		OTROS	
Ancho Total:	600 mm	Ancho Total:	200 mm	Vibración:	Leve
Altura Total:	1430 mm	Altura Total:	600 mm		
ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS					
ENERGÍA Energía de alimentación principal 220V AC, 2 fase, 60 Hz Energía de control 220V AC					
POTENCIA Potencia de 120 W en las resistencias del sistema camisa-tornillo extrusor. Potencia de 432 W en la resistencia del cabezal del extrusor Potencia de ¼ HP en el motor eléctrico Potencia de 370 W en la bomba eléctrica					
SISTEMA DE CALENTAMIENTO Posee 4 zonas de calentamiento. Las 3 zonas primeras corresponden al sistema extrusor (husillo) y 1 zona correspondiente al cabezal de la extrusora. Para sensar la temperatura de cada zona se utiliza termocuplas tipo J.					

b. Sistema eléctrico

Voltaje de trabajo de la máquina

Se debe tener en cuenta que toda la máquina trabaja con 220V a excepción de las válvulas electroneumáticas que sus bobinas son a 24Vdc, por lo que si se desea incorporar algún elemento al sistema se debe cerciorar que cumpla con este parámetro.

Pantalla Magelis (HMI)

La manipulación de la Interfaz no es complicada, sin embargo debido a que posee una pantalla táctil también se debe tener cierto cuidado al momento de trabajar con ella.

Sensor capacitivo

El incremento de este elemento básicamente sirve como alarma, que indica que el material en la tolva se está terminando, por ende produce un *paro en la máquina* hasta que se atienda esta petición.

Motor eléctrico

Evitar introducir cualquier objeto extraño a la cadena del motor, ya que podría trabarse y el husillo también se vería afectado; así como también asegurarse que el cable puenteado en los pines 3 y 6 del variador de frecuencia no esté flojo, pues esto podría evitar el arranque del motor.

c. Sistema extrusor

Temperatura de la extrusora de plástico

- En vista que se trabaja con resistencias que llegan hasta 500°C, el uso de guantes especiales es indispensable, pues se puede provocar daños a la salud del operario si llegara a tener contacto con la misma.
- Así mismo, al observar el parison (plástico derretido en forma tubular) salir del cabezal de la extrusora no se debe tener contacto físico con él, sino esperar que baje al molde y se cumpla el proceso de soplado, ya que las quemaduras con plástico caliente son altamente peligrosas para la piel.
- También no se debe tener contacto físico con la lana de vidrio ubicada sobre la extrusora, pues esta posee partículas de vidrio diminutas que se incrustan en la piel y provocan una picadura extensa.

d. Sistema Neumático

Los reguladores de caudal ubicados en los cilindros son de gran importancia pues gracias a ellos se evita el cierre brusco del molde, lo que previene accidentes al operario y desgaste en las paredes del molde; evitar manipularlos después de su calibración final.

e. Sistema mecánico

La estructura fue previamente diseñado en un software CAD -SolidWorks - que fue de vital ayuda para la construcción de la misma y la colocación de cada uno de sus elementos en respectivo orden y además muy bien balanceados para evitar la inestabilidad de la máquina.

f. Sistema de enfriamiento

- El recipiente asignado para el agua que va a circular por el sistema de tuberías debe estar siempre lleno, ya que si la bomba trabaja sin el fluido puede sobrecargarse y sufrir daños.

- Las mangueras deben estar correctamente ajustadas al cañón, para evitar la fuga de agua o la mala circulación de la misma.

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En el tablero de control se cuenta con diferentes pulsadores respectivamente etiquetados que cumplen funciones determinadas que se mencionan a continuación:

Tabla IV. I Descripción de los pulsadores del tablero de control

ETIQUETA	COLOR	FUNCIÓN
INICIO	Verde	Inicia el proceso automático
PARO	Rojo	Interrumpe cualquier acción que se esté ejecutando en el proceso.
MANUAL/AUTOMÁTICO	Negro	Selecciona si se desea trabajar en modo manual o automático
OFF/ON CALENTAMIENTO	Negro	Inicia el calentamiento de las resistencias
BOMBA	Rojo	Enciende la bomba para iniciar el flujo de agua
PARO MOTOR	Rojo	Finaliza la acción del motor cuando está trabajando en modo manual.

MANDO MANUAL		
SUBIR MOLDE	Verde	Sube el molde
CERRAR MOLDE	Verde	Cierra el molde
MOTOR	Verde	Activa al motor, para desactivarlo se pulsa el botón PARO MOTOR
SOPLADO	Verde	Inicia el proceso de soplado, puede desactivarse después del tiempo que se considere necesario con el botón PARO

Tabla IV. II Descripción de las lámparas del tablero de control

ETIQUETA	COLOR	FUNCIÓN
SUBIR MOLDE	Rojo	Indica cuando el molde está arriba, al trabajar tanto en modo manual como automático
CERRAR MOLDE	Rojo	Indica cuando el molde está cerrado, al trabajar tanto en modo manual como automático
MOTOR	Amarillo	Indica cuando el motor está activado, al trabajar tanto en modo manual como automático

SOPLADO	Azul	Indica cuando se está cumpliendo el proceso de soplado, al trabajar tanto en modo manual como automático
---------	------	--

g. Descripción del funcionamiento de la máquina

Para poner en marcha la máquina extrusora se deben cumplir los siguientes pasos:

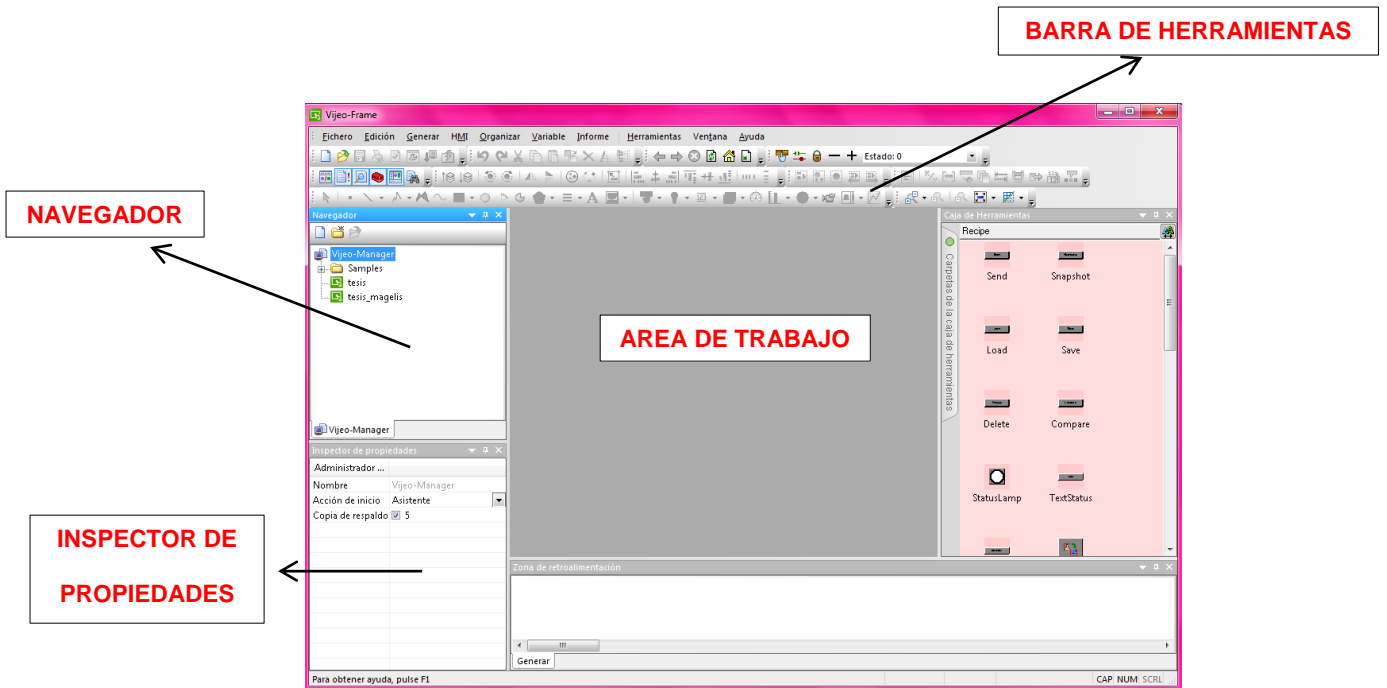
- El encendido de la máquina se lo realiza al conectar el enchufe a la red de 220V.
- Seguidamente se procede a activar el breaker de protección de todo el sistema de control, al tiempo en el que se observará que el plc, la fuente de poder, el variador de frecuencia y la pantalla Magelis se encienden también.
- La etapa de calentamiento es independiente del proceso que realiza la máquina y debido a que las resistencias se demoran aproximadamente unos 40 minutos hasta que alcancen la temperatura deseada, en primer lugar se debe encender con la llave en estado “ON” esta etapa, que produce que los contactores se enclaven.
- Durante el proceso de calentamiento se puede visualizar en el HMI el incremento del valor de la temperatura de las cuatro etapas en orden, así como un cuadro verde titilando con la leyenda “MOTOR EN ESPERA”.

- Cualquier percance que se presente con respecto al fallo de las resistencias, la bomba, el motor, el exceso de temperatura o la falta de material se visualizarán en el último panel del HMI.
- Una vez que las niquelinas hayan llegado a su respectivo set point los contactores comienzan a desenclavarse, cuando se observe que las cuatro han llegado a su temperatura ideal se procede a activar el breaker de protección del motor.
- La máquina tiene la opción de trabajar tanto en modo manual como automático, lo cual se puede elegir con el selector ubicado en el gabinete donde está la Magelis.
- Al seleccionar el estado manual se cumplen los siguientes pasos:
 - ✓ Abrir el paso de aire.
 - ✓ Pulsar el botón “SUBIR MOLDE”.
 - ✓ Pulsar el botón “MOTOR”, esperar que el parison llegue a la boquilla de soplado.
 - ✓ Pulsar el botón “CERRAR MOLDE” e inmediatamente pulsar el botón “PARO MOTOR”, esperar 2 segundos y pulsar el botón “SOPLADO”, esperar 50 segundos.
 - ✓ Pulsar el botón “PARO”, se escuchará que el soplado termina y, a su vez el molde baja y se abre.
 - ✓ Sacar la botella de la boquilla de soplado una vez finalizado el proceso.
- Al seleccionar el estado automático se cumplen los siguientes pasos:
 - ✓ Abrir el paso de aire.

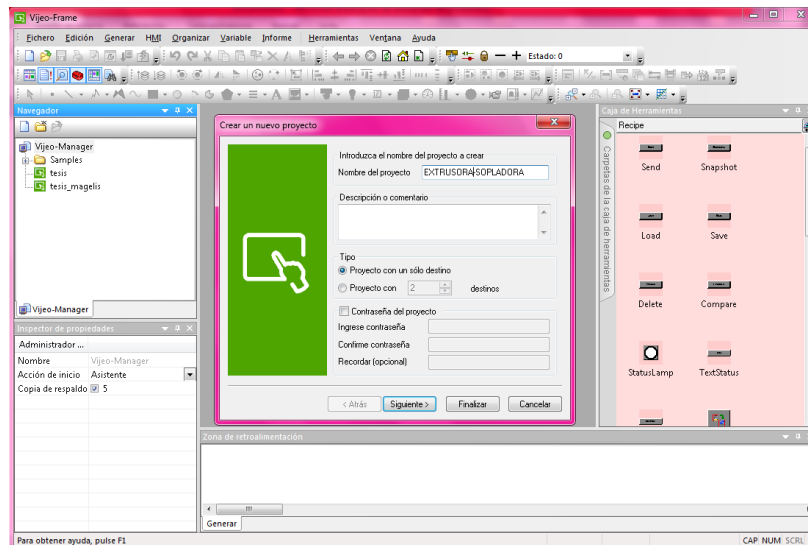
- ✓ Pulsar el botón “INICIO”.
- ✓ Esperar a que el proceso de extrusión y soplado se realice, considerando que el motor está encendido 21 segundos y el soplado dura 50 segundos.
- ✓ Sacar la botella de la boquilla de soplado una vez finalizado el proceso.
- ✓ Esperar 10 segundos para que se repita el proceso.
- ✓ Presionar el botón “PARO” si se desea interrumpir el proceso o finalizarlo.
- Una vez cumplido el proceso y para apagar la máquina se procede a:
 - ✓ Encender el motor en modo manual para que la extrusora se vacíe y evitar que restos de material quemado salgan en las botellas obtenidas en trabajos posteriores de la máquina.
 - ✓ Colocar en “OFF” la llave y seguidamente pulsar el botón “PARO”.
 - ✓ Desactivar el breaker del motor.
 - ✓ Desactivar el breaker general.
 - ✓ Cerrar el paso de aire.
 - ✓ Desconectar el enchufe de la red de 220V.

h. Programación de la interfaz gráfica.

El software con el que trabaja este tipo de pantalla y en donde se puede crear la interfaz gráfica es Vijeo Designer y en la siguiente figura se muestra su pantalla principal.



Para crear un nuevo proyecto dar click **Fichero** **Crear un nuevo proyecto**, aparece la ventana que se muestra en la siguiente figura en la cual se tiene que asignar un nombre al proyecto y luego hacer click en **Siguiente**.



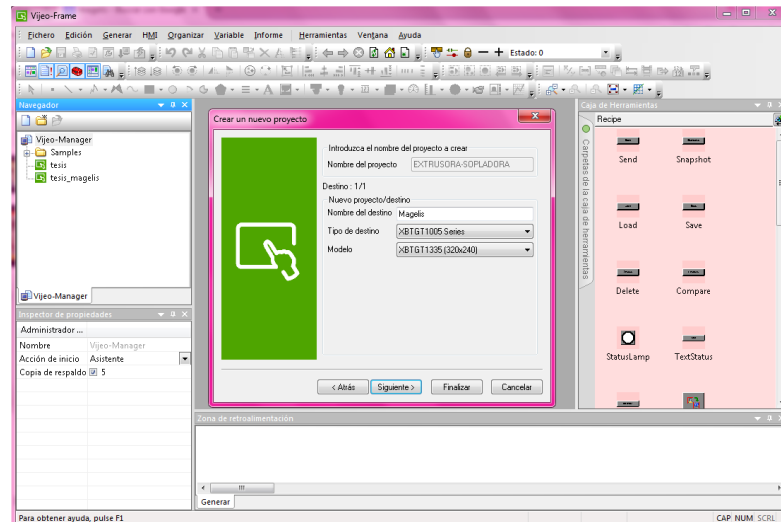
La siguiente pantalla pide configurar el nombre del destino, definir el tipo, es decir, a que familia de Magelis pertenece y el modelo específico de la misma, luego hacer click en **Siguiente**.

Para la configuración del HMI se tiene:

Nombre del destino: Magelis debido al modelo de la pantalla.

Tipo: XBTGT1005 Series

Modelo: XBTGT1335 (320x240).



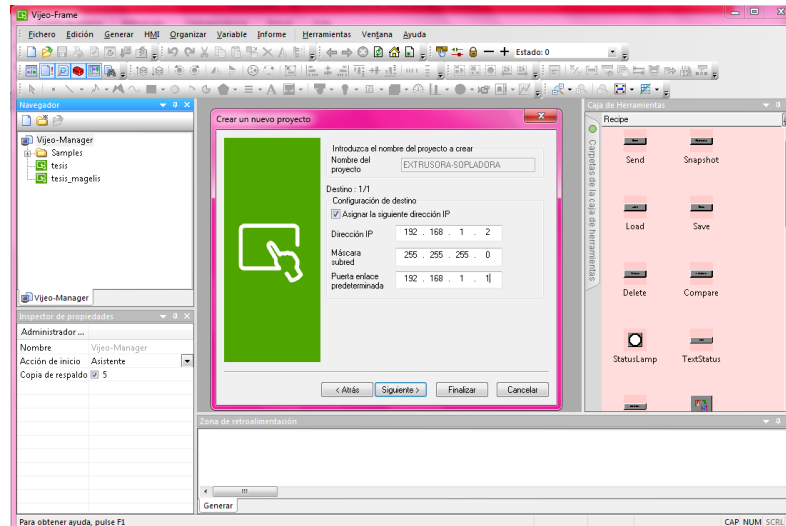
En esta ventana si tiene conexión Ethernet definir la dirección IP , la máscara de subred y la puerta de enlace de la máquina de destino, es decir, de la pantalla. Tener en cuenta que dicha dirección debe estar en la misma red del PLC y de la computadora, al terminar dar click en **Siguiente**.

Para la configuración del HMI se tiene:

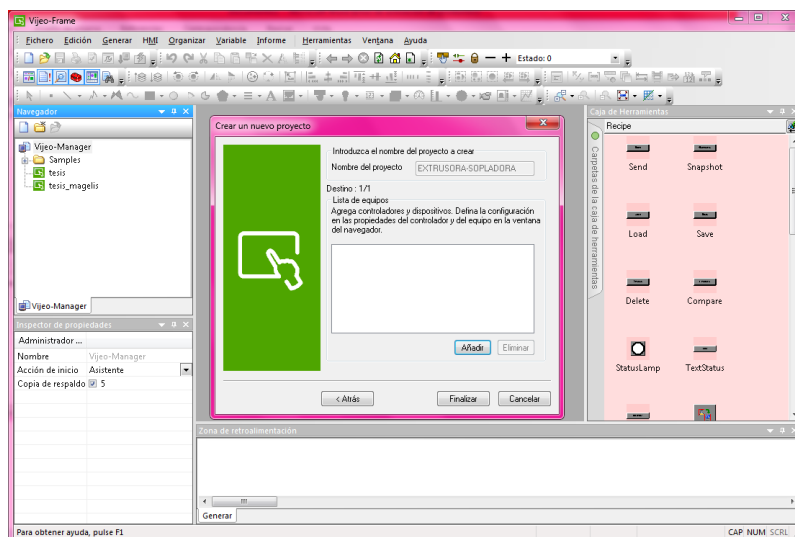
Dirección IP de la pantalla: 192.168.1.2

Máscara de subred: 255.255.255.0

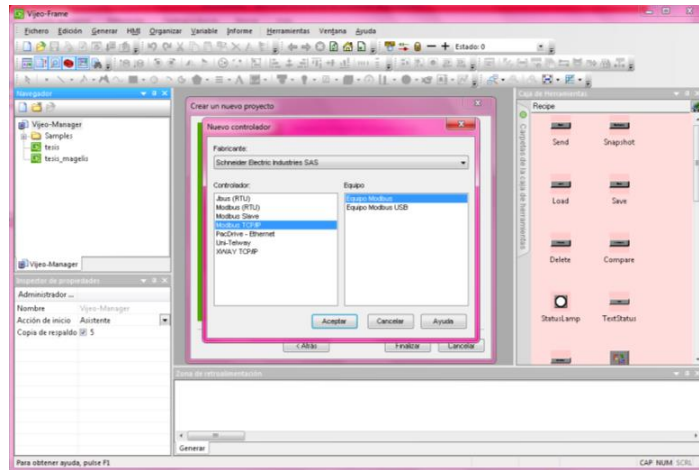
Puerta de enlace: 192.168.1.1



En la siguiente ventana agregar los controladores y dispositivos que se necesiten haciendo click en **Añadir**.



Elegir el equipo de destino con el que se va a comunicar el autómata seleccionando el fabricante, además del controlador que se refiere al protocolo de comunicación que se va a utilizar, al terminar hacer click en **Siguiente**.

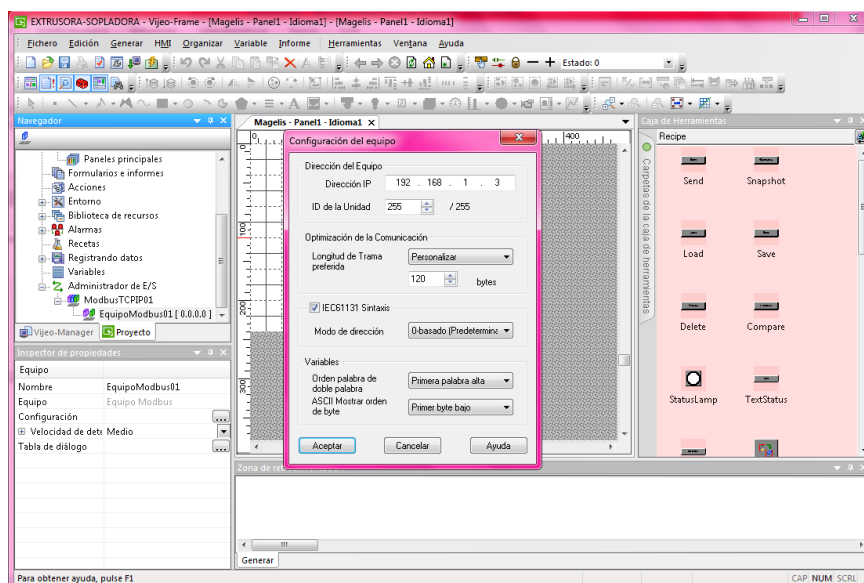


En la ventana del navegador desplegar el árbol **Administrador de E/S**, para configurar la dirección del equipo que se refiere a la dirección del PLC, hacer click derecho en ese nodo y seleccionar **Configuración**.

Para la configuración del HMI se tiene:

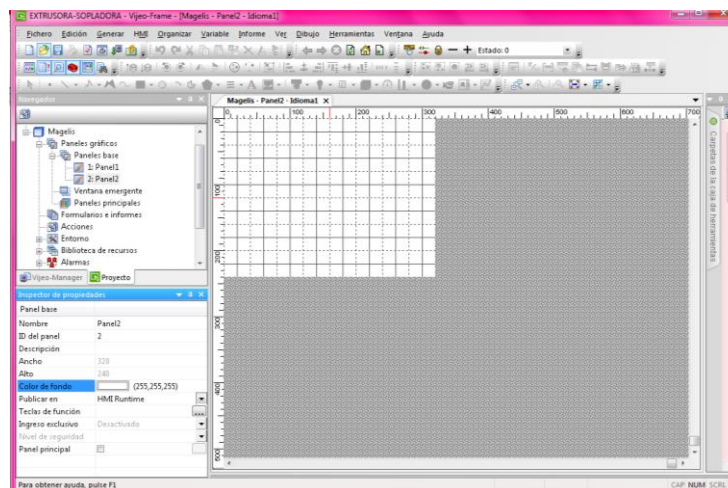
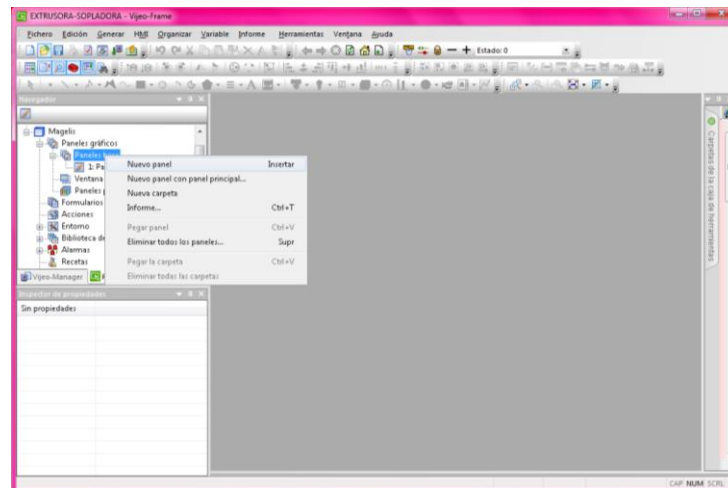
Dirección IP del PLC: 192.168.1.3

Se selecciona el Protocolo IEC 61131 debido a que este permite la estandarización de los autómatas programables y los periféricos incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar.



Para desarrollar la interfaz se utilizan paneles; un panel es una ventana en la cual se pueden colocar objetos como interruptores, lámparas, o dibujar elementos y se convierte en la pantalla que aparecerá en la máquina de destino.

Para crear un panel hacer click derecho en **Paneles base** → **Nuevo panel** y en la parte inferior izquierda se tiene la ventana donde se pueden modificar sus propiedades.



Para comunicarse con autómatas y otros dispositivos conectados a la máquina de destino es necesario crear variables y asigarle la dirección del dispositivo,

éstas pueden ser externas, que están vinculadas a la dirección de un dispositivo o internas, que no están asociadas a ningún equipo y se emplean para operaciones internas de Vijeo Designer. Hay seis tipos de variables disponibles que son: discreto, entero, flotante, cadena, bloque entero, bloque flotante y estructuras que contienen múltiples variables agrupadas.

Para crear una variable en la parte del navegador hacer doble click en el ícono de **Variables** → ícono **Nueva variable** y en esta última ventana hay que configurar algunos campos como el nombre, el tipo de variable y si es externa la dirección de memoria del dispositivo.

En la siguiente figura están descritas y configuradas todas la variables utilizadas.

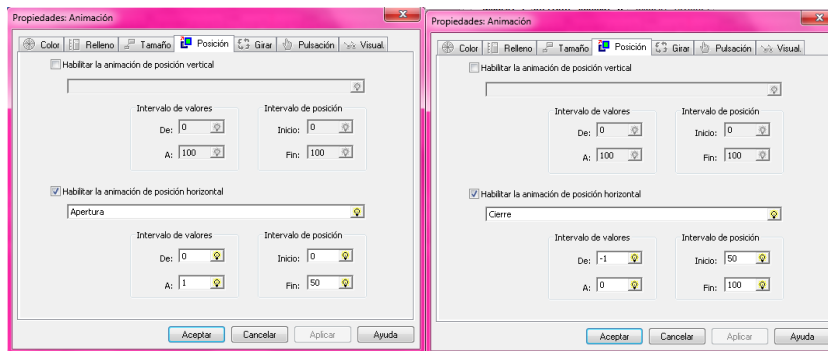
	Nombre	Tipo de datos	Origen de datos	Grupo de escan...	Dirección de di...	Grupo de alarm...	Grupo de regist...
1	ABRIR_MOLDE	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M7	Desactivado	Ninguno
2	Apertura	Integer	Interno			Desactivado	Ninguno
3	BOTELLAS_BUENAS	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW6	Desactivado	Ninguno
4	BOTELLAS_MALAS	DINT	Externo	EquipoModbus01	%MW7	Desactivado	Ninguno
5	CA_MOLDE	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M21	Desactivado	Ninguno
6	CONTACTOR1	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M33	Desactivado	Ninguno
7	CONTACTOR2	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M36	Desactivado	Ninguno
8	CONTACTOR3	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M38	Desactivado	Ninguno
9	CONTACTOR4	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M32	Desactivado	Ninguno
10	Cierre	Integer	Interno			Desactivado	Ninguno
11	FALTA_MATERIAL	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M90	Desactivado	Ninguno
12	LLAVE	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M8	Desactivado	Ninguno
13	MOTOR	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M2	Desactivado	Ninguno
14	MOTOR_ESPERA	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M80	Desactivado	Ninguno
15	PARO	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M10	Desactivado	Ninguno
16	SB_MOLDE	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M20	Desactivado	Ninguno
17	SOPLADO	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M4	Desactivado	Ninguno
18	START	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M9	Desactivado	Ninguno
19	TERMO1	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW1	Desactivado	Ninguno
20	TERMO2	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW0	Desactivado	Ninguno
21	TERMO3	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW2	Desactivado	Ninguno
22	TERMO4	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW3	Desactivado	Ninguno
23	TIEMPO_MOTOR	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW4	Desactivado	Ninguno
24	TIEMPO_NUEVABOTELLA	DINT	Externo	EquipoModbus01	%MW6	Desactivado	Ninguno

25	TIEMPO_SOPLADO	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW5	Desactivado	Ninguno
26	VALOR_MAXIMO_E1	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW11	Desactivado	Ninguno
27	VALOR_MAXIMO_E2	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW13	Desactivado	Ninguno
28	VALOR_MAXIMO_E3	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW15	Desactivado	Ninguno
29	VALOR_MAXIMO_E4	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW17	Desactivado	Ninguno
30	VALOR_MINIMO_E1	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW10	Desactivado	Ninguno
31	VALOR_MINIMO_E2	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW12	Desactivado	Ninguno
32	VALOR_MINIMO_E3	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW14	Desactivado	Ninguno
33	VALOR_MINIMO_E4	Integer	Externo	EquipoModbus01	%MW16	Desactivado	Ninguno
34	alerta_bomba	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M44	Desactivado	Ninguno
35	alerta_motor	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M45	Desactivado	Ninguno
36	alerta_resistencia1	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M41	Desactivado	Ninguno
37	alerta_resistencia2	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M42	Desactivado	Ninguno
38	alerta_resistencia3	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M43	Desactivado	Ninguno
39	alerta_resistencia4	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M40	Desactivado	Ninguno
40	bomba	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M50	Desactivado	Ninguno
41	exceso_temperatura	BOOL	Externo	EquipoModbus01	%M70	Desactivado	Ninguno
42	nivel	Integer	Interno			Desactivado	Ninguno

Si se necesita simular alguna operación dentro de la interfaz, la configuración de acciones será útil. En la siguiente figura se describen las acciones utilizadas.

	Disparador	Propiedad	Enclavamiento	Acciones
1	Condicional	Cuando es verdadero, CA_MOLDE	CA_MOLDE	script-molde
2	Condicional	Cuando es verdadero, MOTOR	MOTOR	precursor
3	Condicional	Si es falso, SB_MOLDE	CA_MOLDE	Script

3. Para visualizar la apertura y cierre del molde.



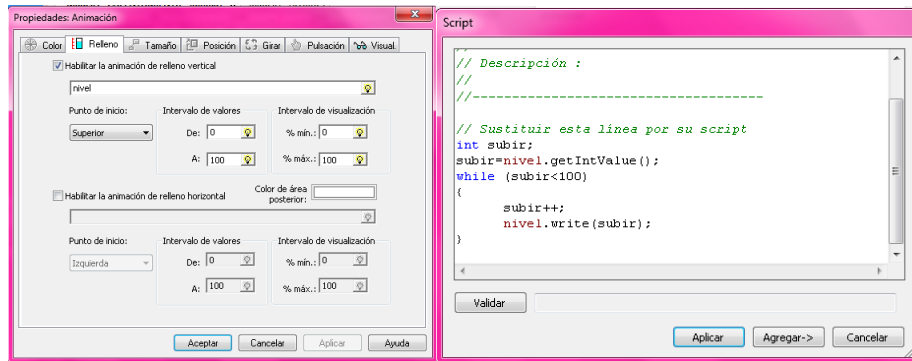
```

Script

//
//-----
// Sustituir esta línea por su script
int mover,mover1;
mover = Apertura.getIntValue();
mover1 = Cierre.getIntValue();
if (mover<50)
{
    mover++;
    mover1--;
}
Apertura.write(mover);
Cierre.write(mover1);

```

4. Para simular el movimiento del precursor



En la tabla que se muestra a continuación, se describen las memorias del PLC asociadas con las memorias que han sido utilizadas para el HMI, esto implica la animación o control de los objetos que están en la misma.

Tabla IV. III Asignación de memorias del PLC con relación al HMI

PARÁMETRO	PLC	HMI	
	MEMORIA	NOMBRE VARIABLE	DIRECCIÓN
Enc/Apag Resistencias Etapa 1	%M36	CONTACTOR2	%M36
Enc/Apag Resistencias Etapa 2	%M38	CONTACTOR3	%M38
Enc/Apag Resistencias Etapa 3	%M32	CONTACTOR4	%M32
Enc/Apag Resistencias Etapa 4	%M33	CONTACTOR1	%M33
Indicador del estado del motor	%M80	MOTOR_ESPERA	%M80
Indicador valor temperatura Etapa 1	%MW1	TERMO1	%MW1
Indicador valor temperatura Etapa 2	%MW0	TERMO2	%MW0
Indicador valor temperatura Etapa 3	%MW2	TERMO3	%MW2
Indicador valor temperatura Etapa 4	%MW3	TERMO4	%MW3
Indicador tiempo del motor	%TM2.V = %MW4	TIEMPO_MOTOR	%MW4
Tiempo de soplado	%TM4.V = %MW5	TIEMPO_SOPLADO	%MW5
Tiempo para la siguiente botella	%TM7.V = %MW6	TIEMPO_NUEVABOTELLA	%MW6
Alerta resistencia 1	%M41	ALERTA_RESISTENCIA1	%M41
Alerta resistencia 2	%M42	ALERTA_RESISTENCIA2	%M42
Alerta resistencia 3	%M43	ALERTA_RESISTENCIA3	%M43

Alerta resistencia 4	%M40	ALERTA_RESISTENCIA4	%M40
Alerta de la bomba	%M44	ALERTA_BOMBA	%M44
Alerta del motor	%M45	ALERTA_MOTOR	%M45
Alerta de exceso de temperatura	%M70	EXCESO_TEMPERATURA	%M70
Alerta de falta de material	%M90	FALTA_MATERIAL	%M90
Valor mínimo de temperatura de la etapa 1	%MW10	VALOR_MINIMO_E1	%MW10
Valor máximo de temperatura de la etapa 1	%MW11	VALOR_MAXIMO_E1	%MW11
Valor mínimo de temperatura de la etapa 2	%MW12	VALOR_MINIMO_E2	%MW12
Valor máximo de temperatura de la etapa 2	%MW13	VALOR_MAXIMO_E2	%MW13
Valor mínimo de temperatura de la etapa 3	%MW14	VALOR_MINIMO_E3	%MW14
Valor máximo de temperatura de la etapa 3	%MW15	VALOR_MAXIMO_E3	%MW15
Valor mínimo de temperatura de la etapa 4	%MW16	VALOR_MINIMO_E4	%MW16
Valor máximo de temperatura de la etapa 4	%MW17	VALOR_MAXIMO_E4	%MW17

Para la máquina extrusora se tiene cinco paneles, cada uno consta de un menú que permite ir de un panel a otro según las necesidades del proceso.

- Panel1: PRESENTACIÓN



Para ingresar cuadros de textos dar click en la letra **A** que está en color azul en la barra de herramientas, crear el cuadro con las dimensiones que se deseen y

escribir la leyenda, en el inspector de propiedades se puede cambiar el color del texto, el tipo de letra, etc.

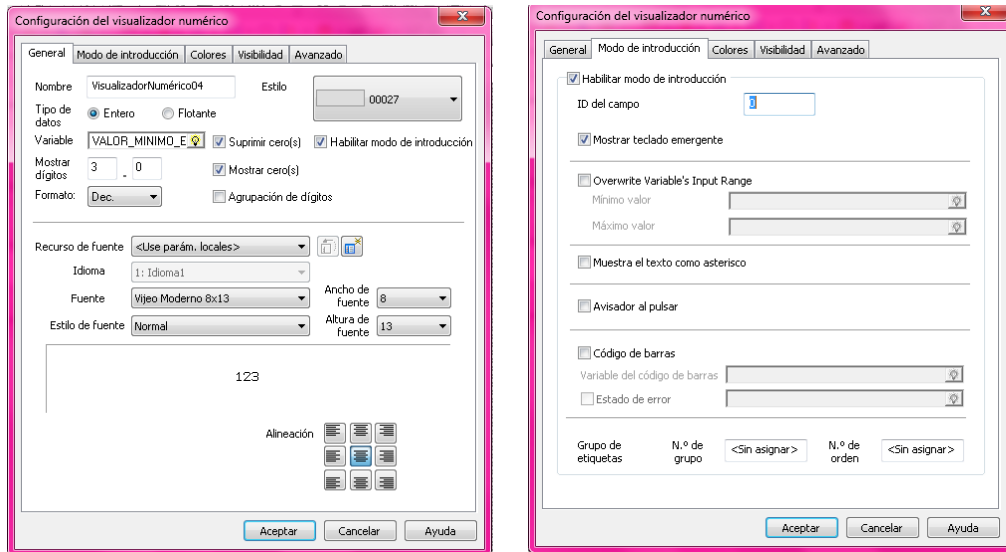
Para importar imágenes hacer click en el cuadro *imagen* que está en la barra de herramientas.

- Panel 2: RANGO DE TEMPERATURAS

Este panel permite ingresar los rangos de temperaturas, es decir un valor mínimo y máximo para cada etapa de extrusión que va a depender del material con el que vaya a trabajar la máquina.

RANGOS DE TEMPERATURAS (RT)				
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4
VALOR MINIMO	123	123	123	123
VALOR MAXIMO	123	123	123	123
INICIO	EC	PS	MC	

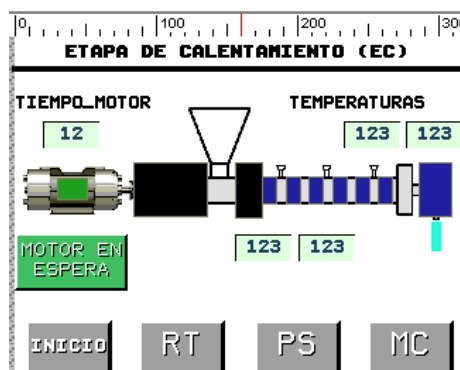
Para realizar tareas como escribir se debe crear visualizadores numéricos de la barra de herramientas y en la pestaña *modo de introducción* activar teclado emergente, y estar asociado a la variable creada correspondiente a la variable utilizada en el PLC para esa acción. Ejm: Valor mínimo de la etapa 1



- Panel3: ETAPA DE CALENTAMIENTO

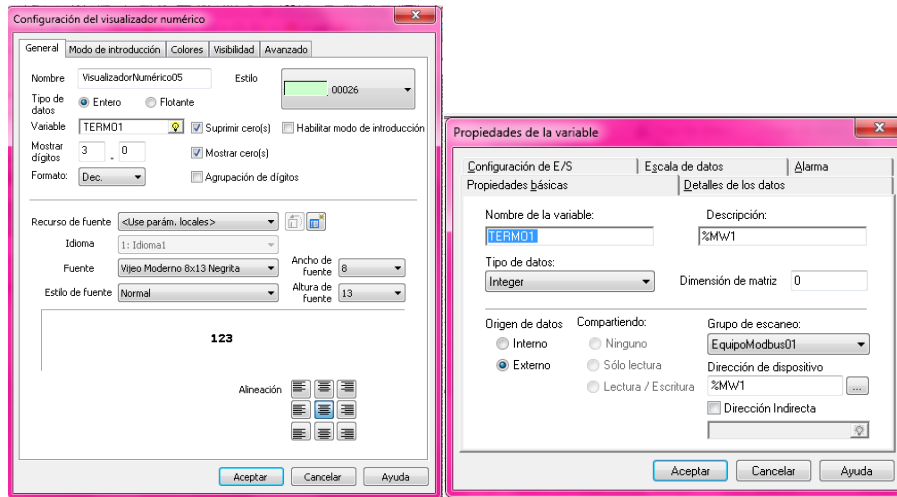
En este panel se puede visualizar el diagrama de la extrusora con sus elementos como el motor, que indica si está en estado de reposo o en funcionamiento, las resistencias eléctricas que cambian de color azul a rojo cuando están apagadas o encendidas respectivamente.

Además se puede visualizar el valor en grados Celsius de las cuatro etapas de extrusión y el tiempo que en el cual el motor está encendido.

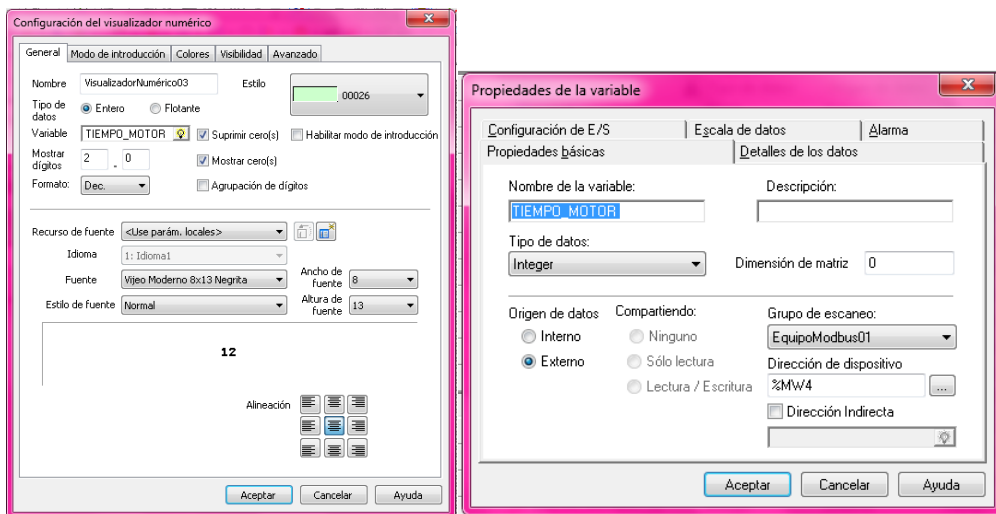


Para poder visualizar valores numéricos hacer click en *visualizador numérico* desde la barra de herramientas y asociarlo a la variable creada que esta

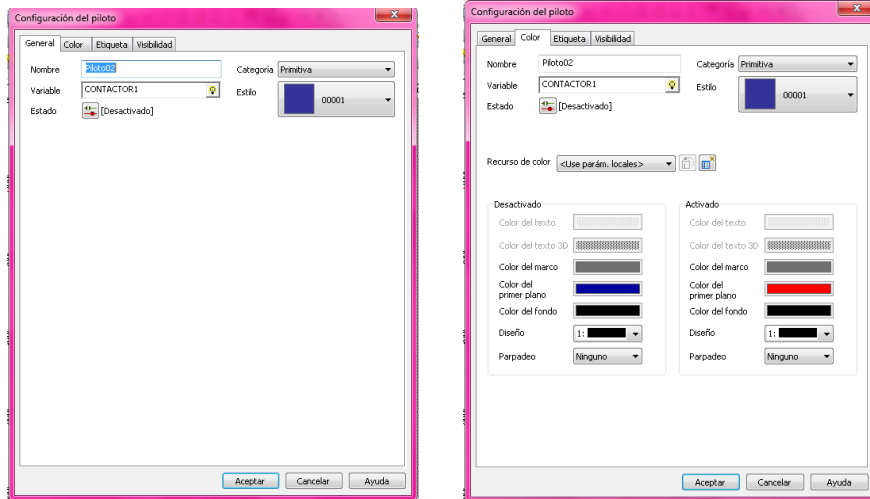
relacionada con la memoria utilizada en el PLC. Ejm: Valor de temperatura de la primera etapa



Ejm: Tiempo que el motor está encendido en el modo automático.

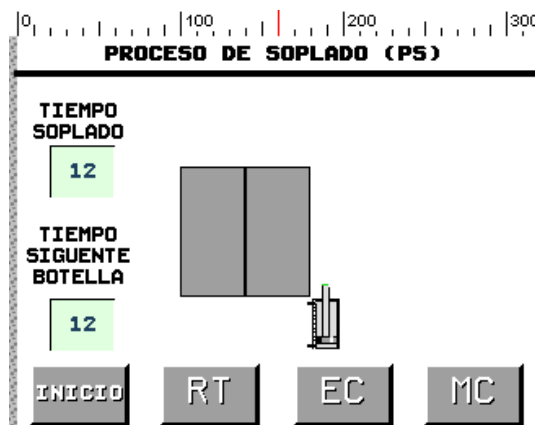


Para simular el cambio de estado de las resistencias eléctricas hacer click en *piloto* desde la barra de herramientas, asociarla a la variable relacionada con la memoria utilizada en el PLC, se puede cambiar su apariencia, y en la pestaña *color* definir los colores para los estados activado y desactivado. Ejm: Cambio de estado del par de resistencias de la primera etapa.



- Panel4: PROCESO DE SOPLADO

En este panel se puede visualizar la apertura y cierre del molde tal cual sucede en el proceso real, además del tiempo que dura el soplado y el tiempo que hay que esperar para hacer una nueva botella, es decir, el tiempo en que comienza la siguiente secuencia.



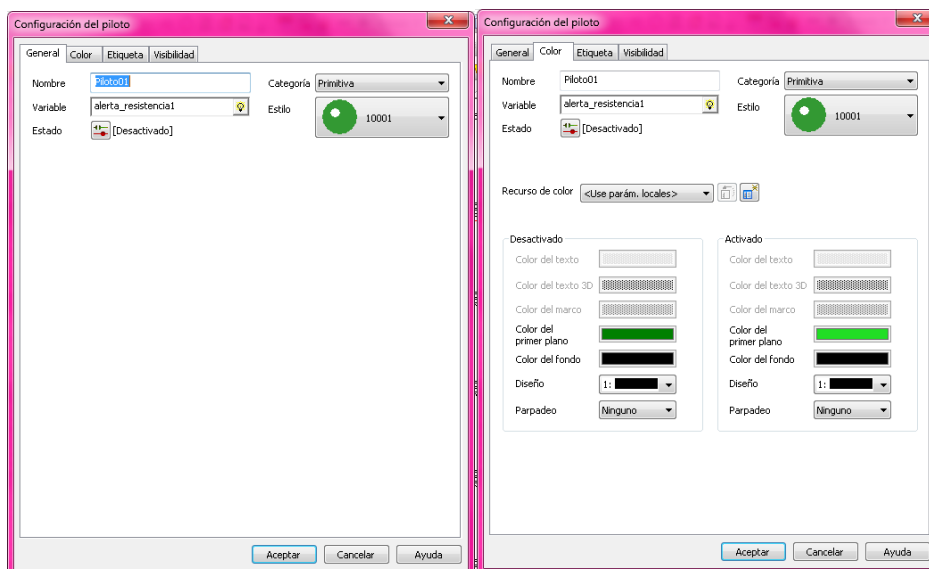
- Panel5: MATENIMIENTO CORRECTIVO

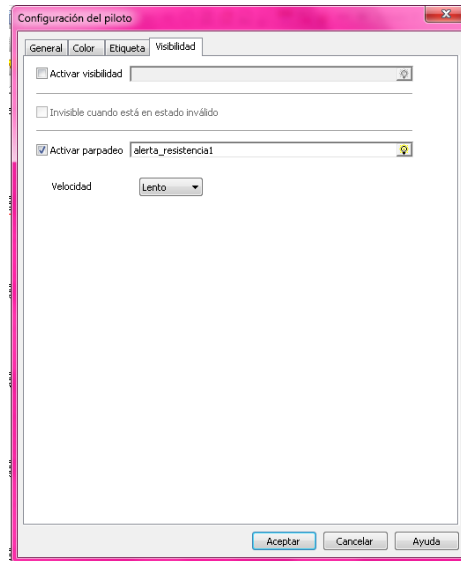
El panel de Mantenimiento correctivo muestra si existe alguna avería en las resistencias, en el motor o en la bomba mediante lámparas indicadoras. Además existe una alerta cuando la temperatura sobrepasa los 500 °C y

cuando no existe material en la tolva de alimentación, este última alerta produce el paro en el motor.

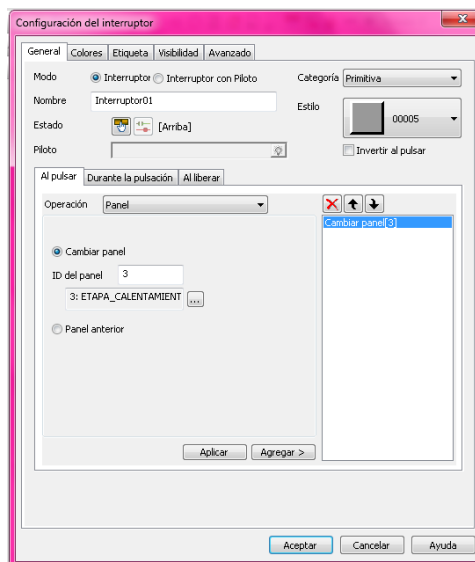


Para colocar una luz piloto que parpadee hacer click en *piloto*, en la pestaña *color* definir los colores para los estados activado y desactivado y en la pestaña *visibilidad* activar la opción *activar parpadeo* y definir la variable y la velocidad de parpadeo, recordar que el objeto debe estar asociado a una variable que está relacionada con la memoria que se está utilizando en el PLC. Ejm: Alarma de la resistencia 1.





Para crear el menú de cada panel hacer click en *interruptor* que está en la barra de herramientas en la pestaña *operación* escoger *panel* y escribir el panel al que quiere moverse desde ese botón y hacer click en *agregar*. Ejm: Botón EC para ir al panel de ETAPA DE CALENTAMIENTO.



5. RECOMENDACIONES

- Asegurarse que el enchufe se conecte a la red de 220V, si se conecta a la red de 110V no sufre ningún daño, pero no tendrá el voltaje suficiente para ponerse en marcha.
- Seguir los pasos indicados anteriormente para iniciar el proceso, sobre todo al trabajar en mando manual, pues el orden en el que se pulsan los botones debe ser correcto, caso contrario no se obtendrá los resultados deseados.
- La etapa de calentamiento tarda aproximadamente unos 40 a 50 minutos, hasta que la temperatura del cabezal alcance su set point, esta condición es suficiente para que la maquina pueda trabajar y hacer las botellas, caso contrario el plástico saldrá duro y no se cumplirá un buen proceso de soplado, además se puede dañar el husillo.
- Cada vez que se finalice el proceso se recomienda dejar que todo el plástico existente en la extrusora salga y ésta quede completamente vacía, con la finalidad de que la próxima vez que se trabaje el plástico existente no se queme y salgan residuos del mismo en las botellas del nuevo proceso.
- Revisar que las conexiones de toda la máquina no estén flojas.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

**“REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ELABORAR
OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL
AUTOMATIZADO”**

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Presentado por:

IVONNE DE LOS ÁNGELES PAMBABAY RAMÍREZ

JOSSELYN IVONNE PUMALEMA HEREDIA

Riobamba – Ecuador

2014

MANUAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO

SÍNTOMA	CAUSA	SOLUCIÓN
MOTOR ELÉCTRICO NO ARRANCA	*No existe materia prima (plástico) en la tolva	*Colocar materia prima en la tolva, a una altura mínima de la del sensor.
	*No arranca el variador de frecuencia	* Comprobar que la programación del variador esté acorde con los datos del motor.
	*Breaker del motor apagado	* Encender el breaker del motor
	*Cables sueltos	* Utilizar un multímetro para verificar el voltaje y la continuidad de los cables.
	*Material no plastificado en la camisa	*Comprobar que la temperatura de las resistencias haya llegado a su set point respectivo.
	*Problemas en el contactor	* Revisar que el contactor esté bien conectado y que el PLC este enviando señal para enclavarlo.
EN LOS PINES DE 24 VCD DE LA FUENTE NO HAY VOLTAJE	*El fusible se quemó.	*Cambiar de fusible, de 1 A hasta 5 A.
	*Conexiones en mal estado	*Revisar continuidad con el multímetro entre la fuente y los pines de 24 Vdc.
	*La fuente se quemó	*Revisar internamente el fusible y cambiarlo, o cambiar de fuente.
LA MATERIA PRIMA NO SE PLASTIFICA BIEN	*Las resistencias están apagadas	*Comprobar que el voltaje de alimentación sea el necesario para encenderlas. *Comprobar que lo contactores de las resistencias estén enclavados y envíen señal. *Verificar que los datos ingresados con respecto a las temperaturas de las resistencias en la pantalla del HMI estén dentro del rango especificado.
	*Las resistencias no llegan a su set point	*Verificar que estén correctamente conectadas.
	*Los valores que entregan las termocuplas varían constantemente.	*Ajustar bien las termocuplas a sus bases respectivas

	*El cable de asbesto está roto	*Sustituir el cable por uno nuevo
LAS VÁLVULAS NO FUNCIONAN CORRECTAMENTE	*Bobina dañada	* Revisar con un multímetro el voltaje de alimentación 24 Vdc. *Revisar que exista continuidad en la bobina
	*No reciben la presión necesaria	*La presión óptima que recibe el sistema son 100 psi.
	*Fugas de aire	*Revisar que no exista averías en las mangueras de aire
MOLDE SE CIERRA O SUBE MUY RÁPIDO	*Reguladores mal calibrados	* Calibrar bien los reguladores de las válvulas y los cilindros, tener en consideración que los reguladores de los extremos abren al molde, y los del medio lo cierran.
EL PARISON TIENE IMPUREZAS	*Plástico quemado en la extrusora	*Vaciar todo el plástico del interior de la camisa y la boquilla cada vez que se finalice el proceso y revisar que la temperatura no sobrepase el límite de temperatura del material que se está utilizando.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**MÁQUINA PARA ELABORAR OBJETOS DE PLÁSTICO MEDIANTE UN CONTROL AUTOMATIZADO**

PARTE	DESCRIPCIÓN	TIEMPO
EXTRUSORA	*Limpieza interna de camisa y cabezal	DESPUÉS DE CADA PRÁCTICA
	*Revisión de cables conectores	MENSUAL
	*Limpieza de tolva	MENSUAL
	*Revisión de husillo	SEMESTRAL
PANEL DE CONTROL	*Revisión de la conexión interna del cableado.	SEMESTRAL
CILINDROS NEUMÁTICOS	*Revisión de anillos de junta	TRIMESTRAL
	*Lubricación del vástago	SEMANAL
ELECTROVÁLVULAS	*Revisión interna	SEMESTRAL
MANGUERAS DE AIRE	*Revisión	MENSUAL
TUBERÍA DE AGUA	*Limpieza interna	SEMESTRAL
MOTOR	*Revisión	SEMESTRAL
BOMBA	*Revisión	SEMESTRAL

