



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y**  
**APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA EN SISTEMAS ELECTRICOS DE**  
**POTENCIA**  
**TESIS DE GRADO**

**TEMA:**

**“REPONTENCIACION DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO MARCA  
MAGIC MP EN LA EMPRESA INPLASTICO CON UNA POTENCIA  
APROXIMADA DE 40 HP, MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE UN  
SISTEMA AUTOMATIZADO CON LA UTILIZACION DE PLC’S E  
INTERFACES HMI, EN EL PERIODO 2013-2014”.**

Tesis de grado previo a la obtención del título de  
Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia

**Autores:**

Avilés Bautista Darwin Federico

Tapia Claudio Edison Fernando

**Director de Tesis:**

Ing. Vicente Quispe

**Asesor Técnico**

Lic. Susana Pallasco

**Latacunga – Ecuador**



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y**  
**APLICADAS**

**COORDINACION DE TRABAJO DE GRADO**

---

**APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

- Avilés Bautista Darwin Federico
- Tapia Claudio Edison Fernando

Con la tesis, cuyo título es: **“REPOTENCIACION DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO MARCA MAGIC MP EN LA EMPRESA INPLASTICO CON UNA POTENCIA APROXIMADA DE 40HP, MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON LA UTILIZACION DE PLC’S E INTERFACES HMI, EN EL PERIODO 2013-2014”**. Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

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

Latacunga, 06 de julio 2015

Para constancia firman:

.....  
Ing. Franklin Medina  
**PRESIDENTE**

.....  
Dr. Marcelo Bautista  
**MIEMBRO**

.....  
Ing. Marcelo Barrera  
**OPOSITOR**

.....  
Ing. Vicente Quispe  
**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**  
**Latacunga – Cotopaxi – Ecuador**

---

**AUTORIA**

Avilés Bautista Darwin Federico y Tapia Claudio Edison Fernando, declaran que el presente trabajo de investigación es original, además no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autores vigentes.

Latacunga, 06 de julio 2015

-----  
Avilés Bautista Darwin Federico  
**C.I. 050337668-3**

-----  
Tapia Claudio Edison Fernando  
**C.I. 050297309-2**



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**  
**Latacunga – Cotopaxi – Ecuador**

---

**AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

Yo Ing. Vicente Quispe con C.C 0502918014, en calidad docente de la Unidad Académica De Ciencias de La Ingeniería Y Aplicadas, carrera Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica De Cotopaxi, tengo a bien **CERTIFICAR**: que los egresados **AVILÉS BAUTISTA DARWIN FEDERICO** con C.I. 050337668-3 y **TAPIA CLAUDIO EDISON FERNANDO** con C.I. 050297309-2 han realizado la tesis de grado con el tema: **“REPOTENCIACION DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO MARCA MAGIC MP EN LA EMPRESA INPLASTICO CON UNA POTENCIA APROXIMADA DE 40 HP, MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON LA UTILIZACION DE PLC’S E INTERFACES HMI, EN EL PERIODO 2013 - 2014”**, considero que dicho proyecto de grado cumple con los requisitos y aportes científicos suficientes para presentar al acto de defensa de tesis ante el tribunal que la comisión de investigación de la unidad de ciencias de la ingeniería y aplicadas de la universidad técnica de Cotopaxi asigne para su correspondiente estudio y calificación.

Por tal motivo faculto a los peticionarios hacer uso del presente certificado como a bien consideren.

Latacunga, abril 30 del 2015

-----  
Ing. Vicente Quispe

C.C 0502918014

Director De Tesis



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**  
**Latacunga – Cotopaxi – Ecuador**

---

**AVAL DEL ASESOR METODOLOGICO**

Yo Lic. Susana Pallasco con C.C 050186287-4, en calidad docente de la Unidad Académica De Ciencias de La Ingeniería Y Aplicadas, carrera Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica De Cotopaxi, tengo a bien **CERTIFICAR:** que los egresados AVILÉS BAUTISTA DARWIN FEDERICO con C.I. 050337668-3 y TAPIA CLAUDIO EDISON FERNANDO con C.I. 050297309-2 han realizado la tesis de grado con el tema: **“REPOTENCIACION DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO MARCA MAGIC MP EN LA EMPRESA INPLASTICO CON UNA POTENCIA APROXIMADA DE 40 HP, MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON LA UTILIZACION DE PLC’S E INTERFACES HMI, EN EL PERIODO 2013 - 20114”**, considero que dicho proyecto de grado cumple con los requisitos y aportes científicos suficientes para presentar al acto de defensa de tesis ante el tribunal que la comisión de investigación de la unidad de ciencias de la ingeniería y aplicadas de la universidad técnica de Cotopaxi asigne para su correspondiente estudio y calificación.

Por tal motivo faculto a los peticionarios hacer uso del presente certificado como a bien consideren.

Latacunga, abril 30 del 2015

-----  
Lic. Susana Pallasco

C.C 050186287-4

Asesor Metodológico

# CERTIFICACION EMPRESA

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mi familia. A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mi madre, a mis tías y a mis adorados abuelitos quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora.

**Darwin Federico Avilés Bautista**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de tesis a mi madre  
a mis hermanos de una manera muy especial,  
por ser mi fuerza y mi gran inspiración  
para llegar hasta el final,  
A mis abuelitos por todo su apoyo moral  
para seguir adelante y lograr mi objetivo trazado  
para ser cada vez mejor,  
a mi familia por nunca dudar de mi capacidad  
y por siempre apoyarme en todo momento  
sin dudar nunca de mí .

**Edison Fernando Tapia Claudio**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios por acompañarme todos los días, a mi madre y demás familiares y a todas las personas que participaron e hicieron posible este proyecto, muchas gracias por su apoyo y enseñanza.

A la Universidad Técnica del Cotopaxi, Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, en especial a la Facultad de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia y sus distinguidos catedráticos y compañeros de estudio.

A todos mis amigos, compañeros y maestros de la Universidad técnica de Cotopaxi que formaron parte de esta aventura, ya que siempre se quedarán en mis recuerdos, especialmente a mi compañero de tesis Edison Tapia por permitirme ser parte de este grandioso proyecto de grado.

Al Ing. Fredy Naranjo por habernos acogido en su prestigiosa empresa INPLASTICO S.A para el desarrollo de nuestro proyecto, al personal de laboratorio de la fábrica, así como también al Ing. Oscar Iza por su asesoramiento técnico y su constante apoyo en la elaboración del proyecto de tesis.

**Darwin Federico Avilés Bautista**

## **AGRADECIMIENTO**

La universidad me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables, y antes de todo esto ni pensaba que fuera posible que algún día siquiera me topara con una de ellas.

Agradezco mucho por la ayuda de mis padres de mis hermanos de mis maestros de mis compañeros y a la universidad en general por lo anterior en conjunto con todos los conocimientos que me han otorgado.

De una manera muy especial al ing. Freddy Naranjo gerente general de INPLASTICO la empresa que nos abrió las puertas a mí y a mi compañero para poder cumplir una gran meta en mi vida, a los amigos que gane en la empresa Klever, Santiago, Xavier y todos aquellos por haberme brindado sus conocimientos muchas gracias.

Al ingeniero Oscar Iza por todos los conocimientos brindados para el desarrollo de este trabajo de grado, que con el tiempo pasó de ser un conocido a un amigo gracias.

A todos mis amigos, compañeros y maestros de la Universidad Técnica de Cotopaxi que formaron parte de esta aventura, ya que siempre se quedarán en mis recuerdos, especialmente a mi compañero de tesis Darwin Avilés por ser parte de este grandioso proyecto de grado.

Gracias a todos por todo.

**Edison Fernando Tapia Claudio**

## INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

AUTORIA.....	iii
CERTIFICACION EMPRESA .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
CAPITULO I .....	4
MARCO TEORICO.....	4
1.1 ANTECEDENTES:.....	4
1.2 MAQUINA SOPLADORA DE POLIETILENO: .....	5
1.2.1. <i>Proceso de extrusión-soplado</i> .....	6
1.3 Partes constitutivas de la máquinas sopladoras.....	7
a.-Tolva de alimentación.....	8
b.- Motor impulsor.....	9
c.-El Tornillo o Husillo de Extrusión.....	10
d.- El cabezal extrusor.....	11
e.- El parison .....	12
f.-El carro .....	13
g.-El perno de soplado.....	14
1.4.-CIRCUITOS ELECTRICOS DE LAS MAQUINAS .....	16
1.4.1.- <i>Circuito principal o de potencia</i> .....	16
1.4.2.- <i>Circuito de mando o maniobra</i> .....	16
1.4.3.- <i>Circuitos auxiliares</i> .....	16
1.5.-ELEMENTOS DE MANDO, MANIOBRA Y PROTECCION .....	17
1.5.1.- <i>Elementos de mando</i> .....	17
a.-PULSADORES.....	18
b.-Relés electromagnéticos .....	19
c.- -Relés de estado solido.....	19

1.5.2.-Aparatos de maniobra .....	20
a.-Interruptores automáticos.....	20
b.-Contactores .....	21
1.6.-ELEMENTOS DE PROTECCION.....	23
1.6.1.-Clasificación de los elementos de protección.....	24
a.-Interruptor diferencial .....	24
b.-El disyuntor magnetotérmico (guardamotor).....	25
c.-Fusibles .....	27
1.7.-DETECTORES AUTOMATICOS Y SENSORES .....	27
a.-Finales de carrera o interruptores de posición. ....	28
B.-Detector de temperatura (termocupla) .....	28
c.- Sensor de presencia o inductivo.....	29
d.- Electroválvulas .....	30
1.8.-MOTORES ELECTRICOS.....	31
1.8.1.-Motores trifásicos de inducción.....	32
1.8.2.-Principios generales .....	32
1.8.3.-Curva característica .....	33
1.9.-CONDUCTORES ELECTRICOS .....	33
1.9.1.-Resistencia del conductor .....	34
1.9.2.-Resistividad ( $\rho$ ).....	35
1.9.3.- Cálculo de la sección del conductor .....	35
1.10.-MAGNITUDES ELECTRICAS .....	36
1.10.1.-Voltaje eléctrico de circuitos .....	36
1.10.2.-Intensidad eléctrica.....	36
a.-Relación de intensidades de corriente .....	36
1.11.-AUTOMATISMOS ELECTRICOS CABLEADOS .....	37
1.11.1.-Estructura de un automatismo eléctrico .....	37

1.12.-CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES PLCs .....	38
1.12.1.- <i>Definición</i> .....	<b>38</b>
1.13.-SISTEMA STEP 7 DE PROGRAMACION DE AUTOMATAS PROGRAMABLES ....	40
1.13.1.- <i>Introduccion</i> .....	<b>40</b>
1.13.2.- <i>Características generales del STEP7</i> .....	<b>40</b>
a.- Identificación de variables .....	<b>41</b>
b.- Operaciones con contactos.....	<b>41</b>
1.14.-INTERFAZ HUMANO-MAQUINA HMI.....	42
1.14.1.- <i>Introducción</i> .....	<b>42</b>
1.14.2.- <i>Panel táctil</i> .....	<b>42</b>
1.14.3.- <i>Descripción del panel de visualización:</i> .....	<b>43</b>
1.14.4.- <i>Características</i> .....	<b>43</b>
1.15.- SOFTWARE DE LA PANTALLA TACTIL WIN CC .....	44
1.15.1.- <i>Introduccion a Simatic Wincc</i> .....	<b>44</b>
CAPITULO II .....	46
2 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS .....	46
2.1 INTRODUCCION .....	46
2.2 CARACTERIZACION DE LA EMPRESA INPLASTICO S.A. ....	46
2.2.1 <i>Origen</i> .....	<b>46</b>
2.3 FILOSOFIA EMPRESARIAL .....	47
2.3.1 <i>Misión</i> .....	<b>47</b>
2.3.2 <i>Visión</i> .....	<b>47</b>
2.4 EXTRUCUTURA ORGANICA .....	48
2.4.1 <i>Organigrama estructural de INPLASTICO</i> .....	<b>48</b>
2.5 SISTEMA ORGANIZACIONAL .....	49
2.6 UBICACION.....	49
2.7 DISEÑO METODOLOGICO .....	49
2.7.1 <i>Metodología utilizada</i> .....	<b>49</b>
2.7.2 <i>Método Experimental.</i> .....	<b>49</b>

2.7.3 Método Analítico .....	50
2.7.3 Método Descriptivo .....	50
2.8. TECNICAS DE INVESTIGACION .....	51
2.8.1 Observación .....	51
2.8.2 Encuesta .....	51
2.9. RESULTADO Y ANALISIS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LOS TRABAJADORES OPERARIOS DE LA MAQUINA SOPLADORA DE POLIETILENO PERTENECIENTE A LA FABRICA INPLASTICO S.A .....	51
2.9.1 Resultados y análisis de la encuesta. ....	52
2.10 VERIFICACION DE LA HIPOTESIS .....	61
2.10.1.- Comprobación de la Hipótesis .....	62
a) Modelo Lógico .....	62
b) Modelo matemático .....	62
2.10.2. Nivel de significación. ....	62
2.10.3. Argumentación .....	62
2.10.3.1. Estadístico de prueba. ....	62
2.10.3.2. Resolución de la formula .....	65
2.10.3.3. Regla de Decisión .....	65
2.11 DESCRIPCION.....	67
2.12. ENUNCIADO.....	67
2.13 RESULTADOS DE LA VERIFICACION.....	67
2.14. DECISION .....	67
2.15. ANALISIS METODOLOGICO .....	68
CAPITULO III.....	70
3.1 PROPUESTA.....	70
3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	70
3.1.1 Titulo .....	70
3.2.2 Presentación.....	70
3.2.3 Justificación de la propuesta .....	72

3.2.4 OBJETIVOS .....	73
3.2.4.1 <i>Objetivo General</i> .....	73
3.2.4.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	73
3.2.5 <i>Descripción de la Investigación</i> .....	74
3.2.6 <i>Alcance de la investigación</i> .....	75
3.2.7 <i>Desarrollo técnico de la propuesta</i> .....	76
3.2.8 <i>Selección de los elementos para la repotenciación mediante la automatización y HMI de la máquina sopladora de polietileno</i> .....	77
3.2.9 <i>Diseño y construcción de la estructura metálica de la máquina sopladora de polietileno</i> .....	78
3.3 CIRCUITO DE FUERZA .....	79
3.3.1 <i>Dispositivos eléctricos comprendidos en el circuito de potencia</i> .....	80
3.3.2 <i>Motores</i> .....	81
3.3.2.1 <i>Motor impulsor de tornillo</i> .....	82
3.3.2.2 <i>Motor impulsor de movimientos</i> .....	82
a.- <i>Dimensionamiento del guardamotor para el motor del impulsor</i> .....	82
b.- <i>Dimensionamiento del guardamotor para del motor impulsor de movimientos</i> .....	83
3.3.2.3 <i>Dimensionamiento de contactores</i> .....	84
3.3.2.4 <i>Dimensionamiento del contactor para el motor impulsor del tornillo</i> ...	84
3.3.2.5 <i>Dimensionamiento del contactor para el motor impulsor de movimientos</i> .....	85
3.3.3 <i>Conductores</i> .....	85
3.3.3.1 <i>Requisitos para el cableado de cuadros eléctricos</i> .....	85
a.- <i>Dimensionamiento del conductor para el motor impulsor del tornillo</i> .....	86
b.- <i>Dimensionamiento del conductor para el motor impulsor de movimiento</i> ....	86
3.3.3.1 <i>Cableado de tableros</i> .....	87

<i>a ) Requisitos para el cableado de tableros eléctricos.</i> .....	<b>87</b>
<i>b ) Elementos de conexión.</i> .....	<b>88</b>
3.3.3.2 <i>Trazado de cableado</i> .....	<b>88</b>
a.- <i>Verificación y prueba del tablero.</i> .....	<b>88</b>
b.- <i>Verificación de la instalación</i> .....	<b>88</b>
c.- <i>Conformidad de la instalación</i> .....	<b>89</b>
d.- <i>Verificación de elementos de conexión</i> .....	<b>89</b>
e.- <i>Comprobación de tensiones de alimentación.</i> .....	<b>89</b>
3.4 <b>CIRCUITO DE CONTROL</b> .....	<b>90</b>
3.4.1 <i>Dispositivos eléctricos y electrónicos utilizados para conformar el tablero de control.</i> .....	<b>91</b>
3.4.1 <i>Controlador lógico programable (PLC).</i> .....	<b>92</b>
3.4.2 <i>Módulos de expansión del plc.</i> .....	<b>93</b>
3.4.3 <i>Placa electrónica de optoacopladores y triac's.</i> .....	<b>93</b>
3.5. <b>SELECCION DE TRANSDUCTORES</b> .....	<b>96</b>
3.5.1 <i>Sensor de Temperatura</i> .....	<b>96</b>
3.6. <b>PLACA ELECTRONICA DE OPTOACOPLADORES Y TRIAC`S</b> .....	<b>98</b>
3.7. <b>FUENTE DE ALIMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL.</b> .....	<b>99</b>
3.8 <b>INTERFACE HUMANO-MAQUINA (HMI).</b> .....	<b>100</b>
3.8.1 <i>WinCC flexible</i> .....	<b>101</b>
3.8.2 <i>Configuración</i> .....	<b>102</b>
3.8.3 <i>Programación en el software WinCC</i> .....	<b>102</b>
3.8.3.1 <i>Ventana de programación WinCC</i> .....	<b>103</b>
3.8.3.2 <i>Pantalla Principal.</i> .....	<b>104</b>
3.8.3.3 <i>Tiempos.</i> .....	<b>104</b>
3.8.3.4 <i>Lista de envases.</i> .....	<b>105</b>

3.8.3.5	<i>Selecciones.</i>	105
3.8.3.6	<i>Contadores.</i>	106
3.8.3.7	<i>Finales de Carrera.</i>	107
3.8.3.8	<i>Estado de Máquina.</i>	107
3.8.3.9	<i>Temperaturas.</i>	108
3.9	SOFTWARE PROGRAMACION (PLC) STEP 7-MicroWIN	109
3.9.1.-	<i>Aspecto general.</i>	109
3.9.2	<i>Introducir órdenes.</i>	110
3.9.2.1	<i>Conexiones elementos NA-NC</i>	110
3.9.3	<i>Operaciones simatic.</i>	112
3.9.3.1	<i>Marcas.</i>	112
3.10	PROGRAMACION DEL PLC	113
3.10.1	<i>Descripción física de la programación del PLC en el software STEP 7.</i>	113
3.11.	ANALISIS TECNICO ECONOMICO	122
3.11.1	<i>Análisis financiero</i>	122
3.11.2	<i>Análisis de costos</i>	122
a.Otros	Gastos	
		124
b.Gastos	totales	
		124
3.11.2.1	<i>Flujo de caja.</i>	126
3.11.2.2	<i>Valor presente neto (VPN)</i>	127
3.11.2.3	<i>Tasa interna de retorno (TIR).</i>	127
3.11.2.4	<i>Evaluación del proyecto</i>	128
3.12	CONCLUSIONES	129
3.13	RECOMENDACIONES:	130
	BIBLIOGRAFIA	131
	Bibliografía Virtual	132

## **INDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1.1 Vista de las partes principales de una máquina de extrusión-soplado marca MAGIC. ....	5
FIGURA 1.2 Proceso de extrusión _soplo.....	8
FIGURA 1.3 Esquema de la tolva de alimentación .....	9
FIGURA 1.4 Impulsor con motor hidráulico.....	10
FIGURA 1.5 Tornillo extrusor y partes complementarias .....	11
FIGURA 1.6 Cabezal de extrusión con canales de entrada en ángulos rectos para la entrega de parison (Blow Molding of Plastics).....	12
FIGURA 1.7 Representación del parison. ....	13
FIGURA 1.8 Representación física del carro .....	14
FIGURA 1.9 Perno de soplado en función del tamaño de la pieza. ....	15
FIGURA 1.10 Circuito de potencia o fuerza .....	17
FIGURA 1.11 Pulsadores de marcha y paro.....	18
FIGURA 1.12 Partes de un relé.....	19
FIGURA 1.13 Relé de estado sólido SSR. ....	20
FIGURA 1.14 Interruptor Automático Magneto térmico .....	21
FIGURA 1.15 Forma física de los contactos principales y auxiliares de un contactor .....	22
FIGURA 1.16 Elementos de protección eléctrica.....	23
FIGURA 1.17 Esquema de un interruptor diferencial .....	25
FIGURA 1.18 Esquema de un disyuntor magnetotérmico .....	26
FIGURA 1.19 Fusibles industriales rápidos .....	27
FIGURA 1.20 Finales de carrera o interruptores de posición.....	28
FIGURA 1.21 Termocupla con bayoneta .....	29
FIGURA 1.22 Sensor de presencia o inductivo.....	29
FIGURA 1.23 Apariencia física y funcionamiento de la electroválvula.....	30
FIGURA 1.24 Motor eléctrico .....	31
FIGURA 1.25 curva característica de par de un motor de inducción.....	33
FIGURA 1.26 Conductores eléctricos.....	34
FIGURA 1.27 Diagrama de un automatismo.....	38
FIGURA 1.28 PLC (Programmable Logic Controller).....	39
FIGURA 1.29 Representación de variables lógicas (a) variable directa (b) variable invertida..	40
FIGURA 1.30 Representación de variables binarias (a) contacto NA (b) contacto NC.....	41

FIGURA 1.31 Operación de selección de una variable de entrada directa (a) Esquema de contactos (b) Lista de instrucciones equivalente.....	41
FIGURA 1.32 Panel de visualización.....	43
FIGURA 1.33 Sistema de visualización WINCC.....	45
FIGURA 3.1 Estructura metálica compuesta por el circuito de potencia y de control.....	79
FIGURA 3.2 Tablero de fuerza.....	81
FIGURA 3.3 Distribución de dispositivos de control.....	90
FIGURA 3.4 Tablero de control.....	91
FIGURA 3.5 PLC Siemens S7-200, CPU 226 AC/DC/Relay.....	93
FIGURA 3.6 Módulo de entradas digitales EM221 DI 8x24 VDC.....	93
FIGURA 3.7 Circuito optoacoplador.....	94
FIGURA 3.8 Termocupla.....	97
FIGURA 3.9 Placa de optoacopladores y triac`s.....	99
FIGURA 3.10 Fuente de alimentación de 24 ac/ dc.....	100
FIGURA 3.11 Pantalla táctil SIMATIC PANEL TP177 A.....	100
FIGURA 3.12 WinCC flexible.....	101
FIGURA 3.13 Ventana principal de programación WinCC.....	103
FIGURA 3.14 Pantalla principal de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.....	104
FIGURA 3.15 Pantalla “Tiempos” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.....	104
FIGURA 3.16 Listado de envases .....	105
FIGURA 3.17 Pantalla “selecciones” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.....	106
FIGURA 3.18 Pantalla “Contadores” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.....	106
FIGURA 3.19 Pantalla “Finales” de Carrera de la HMI de la máquina sopladora de polietileno. .....	107
FIGURA 3.20 Pantalla “estado de la máquina” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno. .....	108
FIGURA 3.21 Pantalla “Zonas Temperaturas” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno. .....	108
FIGURA 3.22 Parámetros y conexiones lógicas con bits.....	110
FIGURA 3.23 Programa principal (arranque y paro).....	111
FIGURA 3.24 Programación sistema escalera.....	111
FIGURA 3.25 Composición de marcas.....	112

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 1.....	52
Tabla 2. 1 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 2 .....	53
Tabla 2. 2 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 3 .....	54
Tabla 2. 3 RESULTADO DE LA PREGUNTA N.- 4 .....	55
Tabla 2. 4 RESULTADO DE LA PREGUNTA N.- 5 .....	56
Tabla 2. 5 RESULTADO DE LA PREGUNTA N.-6.....	57
Tabla 2. 6 RESULTADOS DE LA PREGUNTA N.- 7. ....	58
Tabla 2. 7 RESULTADOS DE LA PREGUNTA N.- 8.....	59
Tabla 2. 8 RESULTADOS DE LA PREGUNTA N.- 9.....	60
Tabla 2. 9 RESULTADOS DE LA PREGUNTA N.- 10 .....	61
Tabla N° 2.11 DATOS DE LA ENCUESTA OBSERVADA .....	63
Tabla N° 2.12 RESULTADOS DE LA FRECUENCIA ESPERADA .....	64
Tabla N° 2.13 CALCULO DEL CHI-CUADRADO. ....	65
TABLA N° 2.14 DISTRIBUCION CHI-CUADRADO .....	66
Tabla 3.1 Elementos utilizados en la construcción de la máquina.....	77
Tabla 3.2. Datos característicos de motor impulsor del tornillo .....	82
Tabla 3.3 Datos característicos del motor impulsor de movimientos.....	82
Tabla 3.4 Conductores eléctricos utilizados .....	85
Tabla 3.5 Características PLC Simatic s7-200 CPU 226 AC/DC/RELAY .....	92
Tabla 3.6 Selección de elemento principal del circuito de control .....	94
Tabla 3.7. Selección del sensor de temperatura .....	97
Tabla 3.8. Tipos de termocuplas.....	98
Tabla 3.9 Materiales utilizados en la automatización de la máquina sopladora de polietileno.....	123
Tabla 3.10 Gastos varios.....	124
Tabla 3.11 Gastos totales.....	124
Tabla 3.12 Flujo de caja.....	125
Tabla 3.13 Resultado de análisis.....	126

## **RESUMEN**

El presente proyecto se enfocó en la repotenciación de una máquina sopladora de plástico en la empresa INPLASTICO S.A., al realizar el estudio de su funcionamiento nació la necesidad de incrementar su productividad optimizando su control y reforzando la seguridad de los operadores y personal de la empresa involucrado en este proyecto.

Este proyecto consta de la repotenciación del sistema de control a través de un PLC S7-200 CPU 226 en tablero de control y el desarrollo de la interfaz HMI.

Para esto se realizó el diseño de una estructura metálica que alojará a los tableros de control y de fuerza montados en la carcasa de la máquina, permitiendo realizar un control eficiente de la máquina en cada una de las zonas integradas.

Se implementó un HMI local, instalado en el tablero de control de mando de la máquina el cual permite monitorear y controlar el proceso de soplado de plástico en sus diferentes etapas y, a su vez supervisar el correcto funcionamiento de la máquina, además modificar ciertos parámetros que influyen en la optimización de la producción, todo esto gracias a las estadísticas de fabricación que nos proporciona el panel operador TP 177A marca siemens, con lo cual se ha conseguido un control eficiente para el funcionamiento de la máquina sopladora desde la pantalla de control, brindando fiabilidad en su operación y mantenimiento, ya que el operario de la máquina sopladora de plástico tenía que regular manualmente los parámetros de control para conseguir exactitud en los tiempos requeridos en su fabricación, teniendo retrasos en el proceso de producción de estos envases de plástico.

Para ejecutar todo el proceso que realiza la máquina sopladora para la elaboración de los envases de plástico, se dispone de un PLC S7-200 de la marca siemens el cual funcionara dependiendo de las señales recibidas de los diferentes sensores y haciendo que los actuadores trabajen durante los procesos. Los sensores y actuadores se encuentran distribuidos en toda la máquina etapa por etapa.

## **ABSTRACT**

This research was focused on the strengthening of a blower machine plastic at the INPLASTICO SA Company, to do the study of its operation it gave the necessity to increase productivity by optimizing its control and strengthening the safety of operators and company personnel involved in this project.

This research consists of the strengthening of the control system through a PLC S7-200 CPU 226 in dashboard and development of the HMI.

For this it did the design of a metal structure that will have the dash boards power, allowing to realize an efficient control of the machine in each of the integrated areas was performed.

A local HMI was installed in the dash board control of the machine which allows to monitor and control the process of plastic blow at different stages and supervise the proper functioning of the machine also modify certain parameters that influence in optimizing production, thanks for manufacturing statistics that provides the operator panel TP 177A siemens brand, which has been achieved efficient control for operating the blower machine from the control screen, providing reliability in its operation and maintenance, as the operator of the plastic blow machine had to regular manually the control parameters to achieve accuracy in the time required in its manufacture, with delays in the production process of these plastic containers.

To carry out the whole process that performs the blow machine for making the plastic containers, it has a PLC S7-200 from Siemens brand which will work depending on the signals received from the various sensors doing work for processes. Sensors are distributed throughout the machine step by step.

## **AVAL DE TRADUCCION**

Yo Lcda. Sonia Jimena Castro Bungacho con C.C 050197472-9, en calidad de docente de la Unidad Académica De Ciencias Administrativas Y Humanísticas, carrera Ingles de la Universidad Técnica De Cotopaxi, tengo a bien **CERTIFICAR**: que los egresados AVILÉS BAUTISTA DARWIN FEDERICO con C.I. 050337668-3 y TAPIA CLAUDIO EDISON FERNANDO con C.I. 050297309-2 han realizado la debida corrección del abstract de la tesis de grado con el tema: **“REPONTENCIACION DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO MARCA MAGIC MP EN LA EMPRESA INPLASTICO CON UNA POTENCIA APROXIMADA DE 40 HP, MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON LA UTILIZACION DE PLC’S E INTERFACES HMI, EN EL PERIODO 2013 - 2014”**, el cual se encuentra bien estructurado por lo cual doy fe del presente trabajo.

Por tal motivo faculto a los peticionarios hacer uso del presente certificado como a bien consideren.

Latacunga, abril 30 del 2015

-----  
Lcda. Sonia Jimena Castro Bungacho

C.C 050197472-9

Docente

# CAPITULO I

## MARCO TEORICO

### 1.1 ANTECEDENTES:

A finales del año 2009 la Empresa INPLASTICO adquiere una sopladora de polietileno Marca “MAGIC MP”, de procedencia Italiana. Sus dimensiones son: dos metros en ancho, dos metros en alto y tres metros en profundidad aproximadamente. Es una máquina grande por lo que la empresa puede producir envases de hasta cinco litros con la máquina en funcionamiento.

En los actuales momentos la máquina se encuentra operable, pero debido a que la mayoría de sus elementos electromecánicos y electrónicos de una generación anterior están deteriorados u obsoletos, la máquina presenta problemas en su operación de manera continua. Todos estos elementos de control y monitoreo están dispuestos en un tablero de control, el mismo que ocupa demasiado espacio por su tamaño y por estar muy alejado de la máquina, genera problemas de operación debido a que el operario no tiene un buen control del proceso.

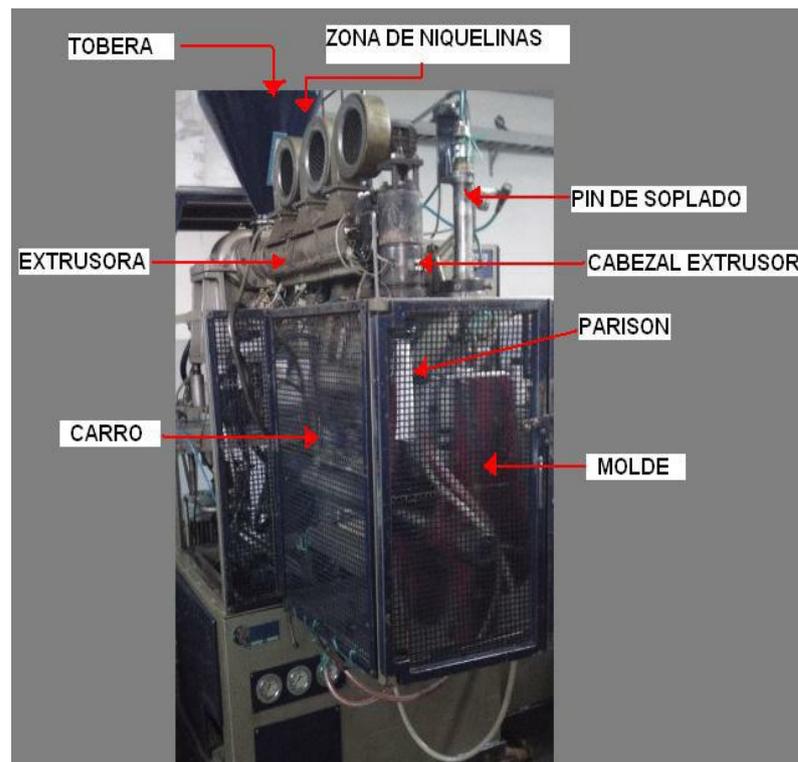
Por estas razones se desea implementar tecnología actual en la automatización de la máquina sopladora mediante el uso de un controlador lógico programable (PLC), elementos eléctricos y electrónicos, que permitan optimizar y tener un mejor control del proceso. Además se implementará una interfaz entre hombre-máquina mediante la utilización de un panel de visualización el cual ayudará al operario a tener un mejor acceso y operación de la máquina, todos estos elementos estarán dentro de un tablero de control moderno y compacto, centralizando su funcionamiento y garantizando fiabilidad.

## 1.2 MAQUINA SOPLADORA DE POLIETILENO:

BARONA, Yilmer (2011) menciona que “el sistema de soplado es un proceso de manufactura que sirve para el moldeo de termoplásticos, mediante una extrusora en forma horizontal o vertical. El material se encuentra en forma granulada o en polvo, ingresa por la tolva hacia el husillo o tornillo sin fin, este lo hace pasar por diferentes resistencias eléctricas para convertirlo en una masa moldeable, al final del recorrido compacta la masa para quitarle el aire y lo por ultimo lo homogeniza o si usa un pigmento dispersara de manera uniforme el color.” pág. 39

Básicamente las máquinas de soplado mostrado en la fig. 1.1 está pensado para su uso en la fabricación de productos de plástico huecos; una de sus ventajas principales es su capacidad para producir formas huecas sin la necesidad de tener que unir dos o más partes moldeadas separadamente.

**FIGURA 1.1** VISTA DE LAS PARTES PRINCIPALES DE UNA MAQUINA DE EXTRUSION-SOPLADO MARCA MAGIC



**Fuente:** Investigación de campo

ALE, Damian (2015) menciona que “una extrusora dispone de un sistema de alimentación del material, un sistema de fusión- plastificación del mismo, el sistema de bombeo y presurización, que habitualmente generará también un efecto de mezclado y finalmente, el dispositivo para dar lugar al conformado del material fundido.” pág. 104.

La manera en la que se traslada el precursor al molde de soplado también puede ser diferente en los distintos procesos. A pesar de todo lo anterior, los pasos básicos del proceso son iguales:

- a) Fundir el material.
- b) Obtener el precursor.
- c) Introducir el precursor hueco en el molde de soplado.
- d) Insuflar aire dentro del precursor que se encuentra en el molde.
- e) Enfriar la pieza moldeada.
- f) Retirar la pieza del molde.

### ***1.2.1. Proceso de extrusión-soplado***

LEON, Jaqueline. (2014) menciona que “en el proceso de extrusión, por lo general, el polímero se alimenta en forma sólida y sale de la extrusora en estado fundido. En algunas ocasiones el polímero se puede alimentar fundido, procedente de un reactor. En este caso la extrusora actúa como una bomba, proporcionando la presión necesaria para hacer pasar al polímero a través de la boquilla. En otras ocasiones se extruyen los materiales sólidos, como es el caso del procesado de fibras en el que se requieren elevadas orientaciones en el material. Para el caso más corriente de la extrusión de un polímero inicialmente sólido que funde en el proceso, la extrusora, y en concreto una de husillo único, puede realizar seis funciones principales.” pág. 103

El proceso de extrusión y soplado consiste básicamente en:

- Transporte del material sólido hacia la zona de fusión
- Fusión o plastificación del material
- Transporte o bombeo y presurización del fundido
- Mezclado
- Desgasificado
- Conformado

RUBIO, Jorge (2009) recalca que “esta es la técnica más extensamente utilizada para el procesamiento de los termoplásticos. La extrusión puede tener dos finalidades. Primero, es una manera de conformar ciertas figuras de manera continua. Segundo, al procesar polímeros que posteriormente utilizarán otros procesos, la extrusión proporciona un mezclador excelente para los aditivos; por ejemplo, negro de carbón, rellenos, etc. Un mecanismo de tornillo formado de uno o de un par de tornillos, obliga pasar el termoplástico caliente, ya sea sólido o líquido, así como los aditivos, a través de la abertura de un dado extrusor para producir formas sólidas, películas, hojas, tubos, tuberías e incluso bolsas de plástico.” pág. 31

El equipo además consta de una unidad de soplado y un molde de soplado. A continuación se explican todas aquellas partes del equipo diferentes de las estudiadas en temas previos como son el cabezal de extrusión para la obtención del precursor, el perno de soplado y el molde de soplado.

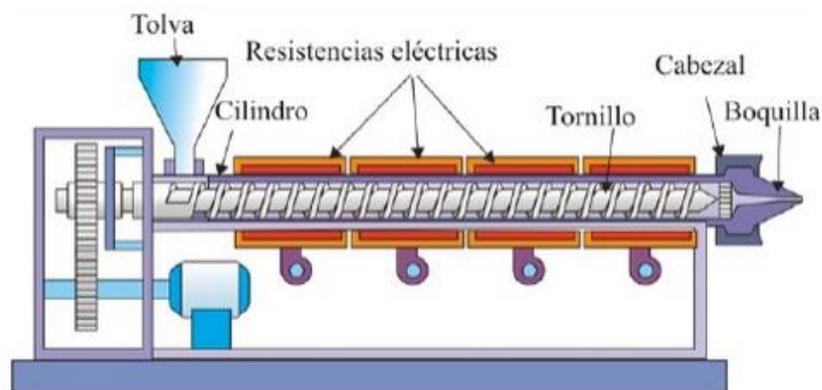
### **1.3.- PARTES CONSTITUTIVAS DE LAS MAQUINAS SOPLADORAS:**

TELLO, Víctor (2005) muestra como está constituida una maquia sopladora de polietileno describiendo a continuación cada una de las partes del cual está conformada esta maquia. Cap. 3, 2005

“Las máquinas sopladoras básicamente está formado por la tolva de alimentación, tornillo de extrusión, cabezal de extrusión, sistema de calentamiento (resistencias), sistema de movimiento (motor, reductor)”

En la figura 1.2 se indica cada una de las partes que conforman el proceso de extrusión-soplo.

**FIGURA 1.2 PROCESO DE EXTRUSION -SOPLO**



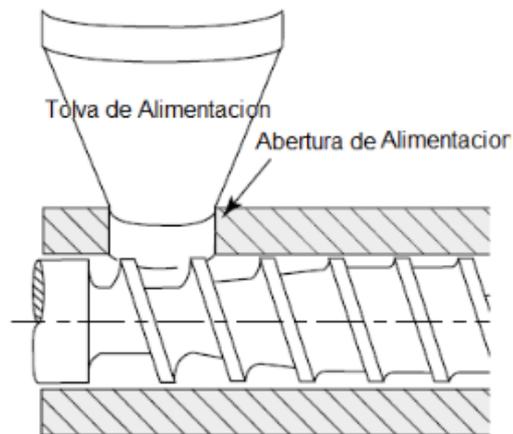
**Fuente:** [https://es.scribd.com/doc/253833387/38/BIBLIOGRAFIA-RECOMENDADA\(2015\)](https://es.scribd.com/doc/253833387/38/BIBLIOGRAFIA-RECOMENDADA(2015))

#### **a.-Tolva de alimentación**

FERRET, Juan (2008) menciona que “la tolva de alimentación está conectada a la garganta de alimentación y a la camisa. Esta contiene a los pellets de plástico o a los compuestos que se vayan a utilizar para luego enviarlos a través de la garganta de alimentación. La tolva debe ser diseñada para permitir un flujo estable a través de la misma, se recomienda utilizar secciones circulares para la fabricación de la tolva para lograr alcanzar mejor estabilidad en el flujo, sin embargo para casos en los cuales el material es demasiado grande se suelen utilizar tolvas con secciones distintas pero con ayuda en el proceso para hacer pasar el material por la garganta.”pág. 12

La tolva es el componente del extrusor donde se almacena el material a utilizar y mostrado en la fig. 1.3. El material debe ser el suficiente para que se tenga una alimentación constante al sistema y este se mantenga trabajando de manera ininterrumpida.

**FIGURA 1.3 ESQUEMA DE LA TOLVA DE ALIMENTACION**



**Fuente:** FERRET, Juan, “Tesis de grado: Rehabilitación, Operación y Mantenimiento de una Extrusora de compuestos de Polímeros”, ECUADOR 2008, pág. 12

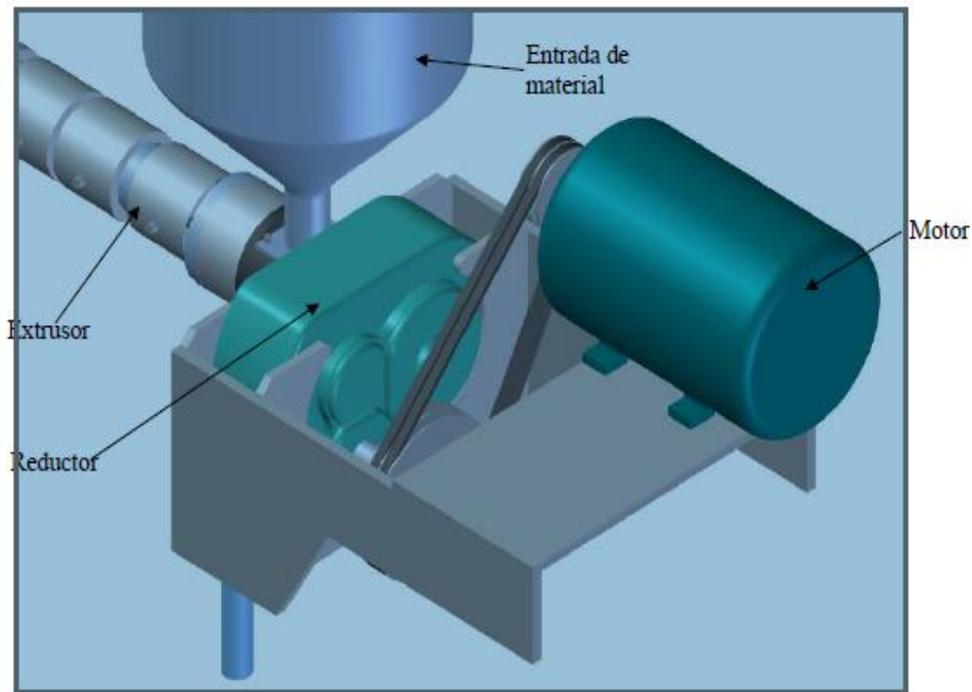
Como elemento de seguridad se coloca, por lo regular, una trampa magnética en la parte inferior, la cual evita que partículas metálicas que estén mezcladas con el material entren al sistema, pudiendo dañar el tornillo o el barril.

#### **b. El Motor impulsor.**

El impulsor mostrado en la figura 1.4 es el elemento encargado de mover el tornillo extrusor dentro del cañón. Está compuesto de un motor y un acople lo suficientemente grandes para proporcionar un movimiento circular de velocidad variable, con altos niveles de esfuerzo y presiones. El motor puede ser de dos tipos: eléctrico o hidráulico.

Para proporcionar la velocidad y torque deseada para este tipo de máquina generalmente se utiliza el motor hidráulico, sabiendo de que este tipo de motor está conformado por un sin número de piezas lo que implica un mayor mantenimiento.

**FIGURA 1. 4 IMPULSOR CON MOTOR HIDRAULICO**



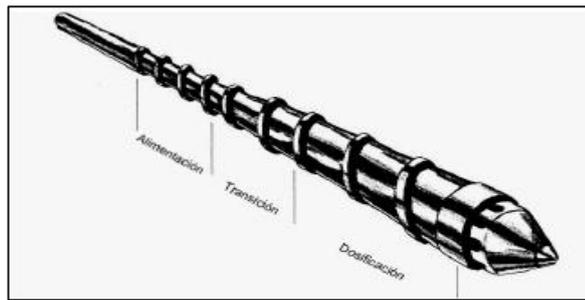
**Fuente:** <http://www.venezuelaenplastico.com.ve/extrusion.htm> (2005)

### **c.-El Tornillo o Husillo de Extrusión**

CUADROS, Ángel (2011) nos dice que “su función es transportar el material plástico desde la tolva hacia la boquilla a velocidad constante, en dicho transporte, el termoplástico se funde y se homogeniza.” pág. 70

Se puede decir que una parte esencial dentro del sistema de extrusión, es el tornillo de extrusión. Básicamente, el husillo está dividido en tres zonas, como se puede ver en la Figura 1.5, aunque esto puede variar de acuerdo a la aplicación para la cual se utilizará el husillo. Las zonas son: zona de transporte, zona de transición o compresión y la zona de dosificación.

**FIGURA 1. 5** TORNILLO EXTRUSOR Y PARTES COMPLEMENTARIAS



**Fuente:**[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/tello\\_c\\_vr/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/capitulo_3.html)  
#(2005)

- **Zona de alimentación:** En esta zona el polímero entra en forma de pellets al canal, mientras que el tornillo gira. Como el husillo tiene una forma de hélice, esto hace que el material se mueva hacia el frente y pueda avanzar a las zonas siguientes.
- **Zona de transición o compresión:** Esta zona el canal empieza a reducirse, en otras palabras, el diámetro interior del husillo se incrementa. Mientras pasa por esta zona, la resina se comprime y se calienta hasta su punto de fusión.
- **Zona de dosificación:** En esta zona la profundidad del canal es mínima, aquí se logra calentar de manera homogénea el material. Mediante la reducción de área se hace el efecto de una bomba, con lo que el material es obligado a salir de manera constante y sin turbulencia. Aquí también se busca realizar una buena mezcla del material.

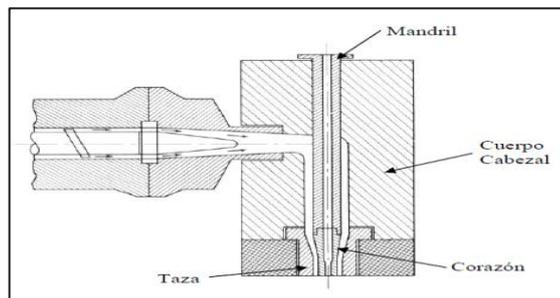
#### **d.- El cabezal extrusor**

CUADROS, Ángel (2011) menciona que “el cabezal de la extrusora es la pieza situada entre el husillo y la boquilla. El cabezal se puede quitar y poner de la máquina con gran facilidad, lo que permite la sustitución o reparación del plato rompedor y el paquete de mallas. Debido a esto, el cabezal se une directamente al cilindro o cañón por medio de tornillos y tuercas atornilladas directamente en la brida.” pag. 27

El cabezal de extrusión mostrado en la fig. 1.6 tiene como función generar la forma final del parison, la cual es un tubo hueco con las medidas requeridas para el tipo de envase a producir.

También sirve para cambiar la dirección del plástico, es decir cuando sale del extrusor, el plástico viaja de manera horizontal, al pasar por el cabezal, la dirección cambia y se mueve de manera vertical. Está formado por el plato rompedor y el ensamble del paquete de pantalla, así como el mandril el cual incluye un sistema de control de espesor.

**FIGURA 1. 6** CABEZAL DE EXTRUSION CON CANALES DE ENTRADA EN ANGULOS RECTOS PARA LA ENTREGA DE PARISON (BLOW MOLDING OF PLASTICS)



**Fuente:**[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/tello\\_c\\_vr/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/capitulo_3.html)  
#(2005)

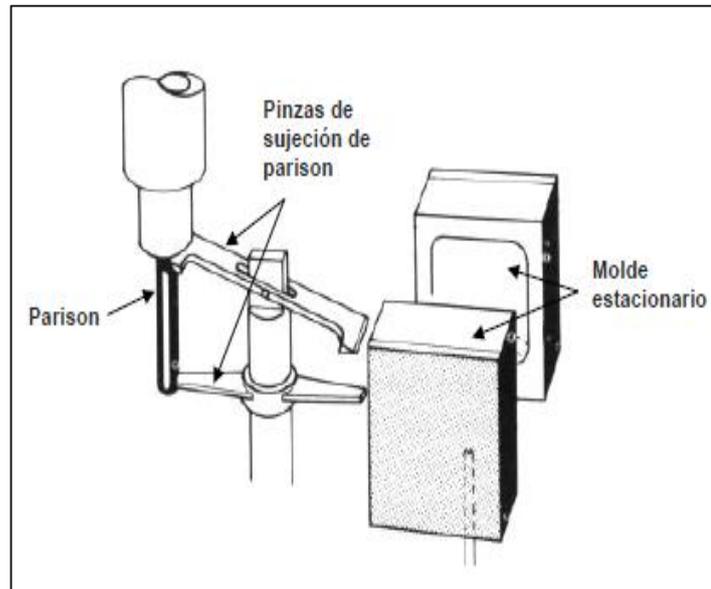
#### **e.- El parison**

El parison hace referencia a la preforma del material que proviene del extrusor, este con dimensiones predeterminadas y regularmente en forma tubular.

ROSALES, Eduardo (2003) menciona que “el plástico caliente se hace pasar por una serie de canales internos que forman una especie de tubo por medio de un tornillo sin fin que empuja al plástico fundido de un extremo a otro. Este tubo de plástico caliente es lo que se llama parison , y es lo que formará el plástico de la botella que saldrá al final del proceso.”pág. 1

En la figura 1.7 se muestra claramente este material fundido en forma de tubo que se dispone a ingresar en las partes internas del molde para dar origen al envase de plástico mediante su soplado.

**FIGURA 1.7 REPRESENTACION DEL PARISON.**



**Fuente:**

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/tello\\_c\\_vr/capitulo\\_3.html#\(2005\)](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/capitulo_3.html#(2005))

#### **f.-El carro**

TELLO, Victor (2005) menciona que “el carro es el elemento de la máquina cuya función es transportar al plástico en sus diferentes etapas para conformar las botellas, en él va montado el molde y los sujetadores de botellas. La importancia del carro radica en que debido a que en él se encuentra montado el molde, debe realizar movimientos de vaivén a distancias relativamente grandes y con precisión milimétrica. Dentro de las consideraciones, en el momento de seleccionar el tipo de carro que satisface las necesidades, se deben tomar en cuenta varios factores dependiendo del proceso, de la velocidad o ciclo de la máquina, del número de párison, del tamaño de las botellas, etc.” cap. 3, pág. 22

En la figura 1.8 se muestra la representación física del carro en el cual reposa el molde y realiza los diferentes movimientos que se requiere para la fabricación de los envases de plástico.

**FIGURA 1. 8 REPRESENTACION FISICA DEL CARRO**



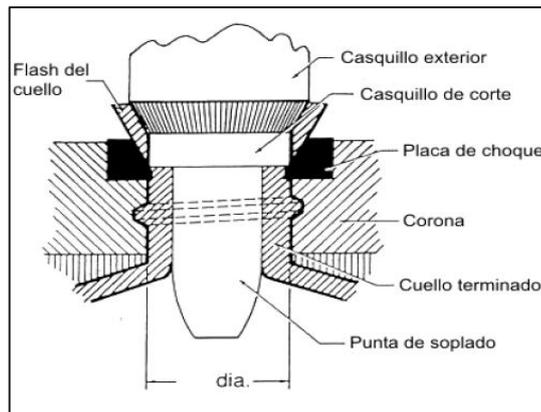
**Fuente:** Investigación de campo

#### **g.-El perno de soplado**

Este perno es el encargado de soplar aire comprimido al parison que está metido dentro de las paredes del molde para que los envases tomen la forma deseada. Dentro de este perno de soplado pasan dos conductos del aire comprimido para inflar el parison dentro del molde y el circuito de enfriamiento que evita que el material se adhiera al perno de soplado.

En la figura 1.9 se puede observar de forma gráfica el perno de soplado el cual es una parte fundamental en la elaboración de los envases de plástico ya que mediante el aire comprimido que emite este dispositivo dentro del molde da forma al envase terminado.

**FIGURA 1. 9** PERNO DE SOPLADO EN FUNCION DEL TAMAÑO DE LA PIEZA.



**Fuente:**[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/tello\\_c\\_vr/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/capitulo_3.html)  
#(2005)

Normalmente, la presión del aire que se emplea para soplar los precursores está comprendida entre 250 y 1000 kg/cm. En ocasiones si se utiliza una presión de aire demasiado grande puede ocurrir que el precursor se agujeree, mientras que si la presión es demasiado baja el precursor no reproduce con exactitud la forma del molde.

En general se puede decir que interesa una presión de aire de soplado elevada para que se pueda conseguir un tiempo de soplado mínimo (resultando velocidades de producción más elevadas) y piezas terminadas que reproduzcan fielmente la superficie del molde. Este aire de soplado puede provocar tensiones y enfriamiento en la zona del plástico sobre la que actúa.

Por último el perno de soplado debe tener la longitud adecuada. Si es demasiado largo puede ocurrir que el aire se “enfoque” contra una zona caliente del plástico determinada, provocando defectos en ésta zona.

Para producir cuellos de botella moldeadas por soplado de elevada calidad, se han desarrollado pernos que comprimen el material en esta zona del molde. En estos procesos, el perno de soplado se introduce dentro del precursor caliente, comprimiendo en exceso el plástico dentro del cuello, llenando el interior de los canales del molde, y formando una superficie lisa en su interior.

## **1.4.-CIRCUITOS ELECTRICOS DE LAS MAQUINAS**

ROLDAN, José (2012) menciona que los circuitos eléctricos que tiene una máquina, por muy compleja que esta sea, podremos distinguir tres tipos de circuitos.”pág. 34

Circuitos eléctricos principales de una máquina:

- Circuito principal o de potencia
- Circuito de mando o maniobra
- Circuitos auxiliares

### ***1.4.1.- Circuito principal o de potencia***

Este circuito corresponde a los aparatos y conductores por los que circula la intensidad que alimenta a los receptores, es decir, que a través suyo se transporta la energía hacia los receptores.

### ***1.4.2.-Circuito de mando o maniobra***

Estos circuitos son los encargados de la maniobra de los elementos auxiliares a través de los cuales se manda y controla a los receptores.

En este circuito están los captadores y receptores.

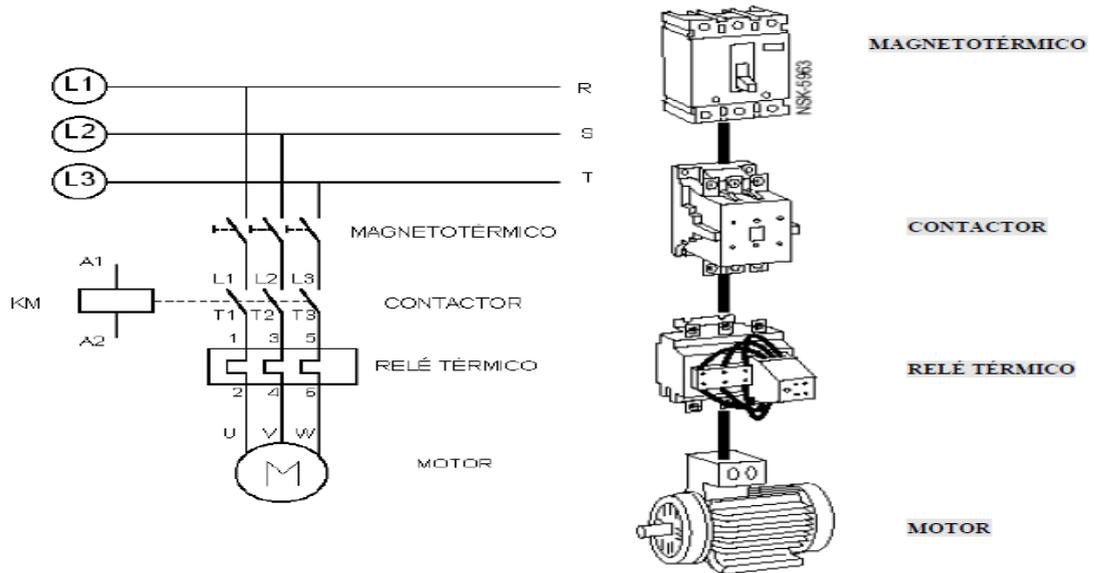
### ***1.4.3.-Circuitos auxiliares***

La informática ha revolucionado el campo de los circuitos eléctricos haciéndolos más flexibles y fáciles, así como conocer la situación de los mismos a tiempo real y las causas que han dado origen a un problema.

VILCHES, Enrique (2011) nos describe como está constituido un “motor alimentado por contactor accionado mediante interruptor y protección por relé térmico.”

En la figura 1.10 se muestra el circuito de fuerza que básicamente se compone por su alimentación, equipos de protección y control, y equipos a controlar(motor eléctrico).

**FIGURA 1.10** CIRCUITO DE POTENCIA O FUERZA



FUENTE: VILCHES, Enrique, “contactores y actuadores”2011, pag 12

L1, L2, L3 Corresponden con las tres fases R, S y T de la corriente alterna trifásica que alimenta el circuito.

En cuanto al motor se trata de un motor asincrónico trifásico, que deberá estar conectado en “estrella”, según sea necesario.

Es conveniente indicar las letras o números correspondientes a los terminales de cada mecanismo.

## **1.5.-ELEMENTOS DE MANDO, MANIOBRA Y PROTECCION**

### ***1.5.1.-Elementos de mando***

OCAMPO, Guillermo (2010) considera que “los elementos de mando son aquellos dispositivos que envían señales (órdenes de mando) al controlador para que, de acuerdo con ellas, este ejecute sus algoritmos de control y coordine el correspondiente funcionamiento de los actuadores. Estos

dispositivos son de baja potencia, siendo los más comunes los pulsadores, los conmutadores y los relés.” pág. 33

SALAZAR, Rene (2010) menciona que “los circuitos de control son aquellos que reciben y procesan la información de cualquier sistema industrial sobre las condiciones del mismo. Esta información representa hechos tales como, posiciones mecánicas de partes móviles, temperaturas en diferentes lugares, presiones existentes en tubos, ductos y cámaras, caudales, fuerzas ejercidas sobre dispositivos de detección, velocidades rpm, tipos de materiales, etc..”pág. 6

Un circuito de control básicamente tiene la capacidad de tomar toda esta información empírica y combinarla con la que le suministra el operador para poder controlar equipos eléctricos.

#### **a.-PULSADORES**

Un pulsador es un tipo particular de interruptor que mantiene cerrados sus contactos mientras se mantenga oprimido el accionador. Un pulsador consta básicamente de un botón accionador. Los contactos de salida pueden ser normalmente abiertos (NO) o usualmente cerrados (NC). En la figura 1.11 se muestra un modelo de pulsado

**FIGURA 1.11 PULSADORES DE MARCHA Y PARO**



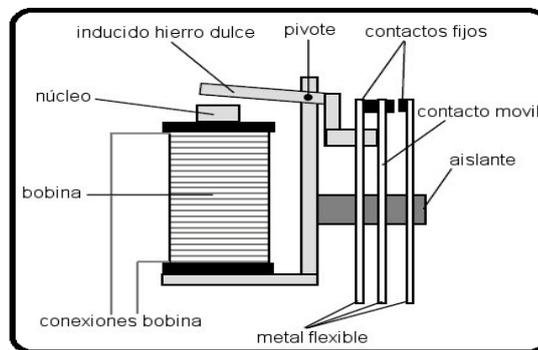
**Fuente:** <http://mejoreslinks.masdelaweb.com/pulsadores-de-marcha-y-paro/>

## b.-Relés electromagnéticos

Un relé electromagnético es un dispositivo interruptor accionado por un electroimán. Esto permite controlar una potencia mucho mayor (en los contactos) con un consumo de potencia muy reducido (en la bobina). En su forma más sencilla consta de una bobina tipo solenoide y una armadura a la que van acoplados los contactos.

En condiciones de reposo, un resorte mantiene la armadura separada del núcleo de la bobina. Al excitarse la bobina, la armadura es atraída por el núcleo permitiendo la conmutación de los contactos. La figura 1.12 muestra un relé y su correspondiente símbolo.

**FIGURA 1.1 2 PARTES DE UN RELE**



**Fuente:**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9#mediaviewer/File:Rele\\_partes.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9#mediaviewer/File:Rele_partes.jpg)

## c.- -Relés de estado solido

DURAN, José (2012) menciona que “estos dispositivos permiten transformar una magnitud eléctrica en otra magnitud física, como fuerza, movimiento. Estos relés se basan en materiales semiconductores y presentan aislamiento óptico entre la entrada (parte del mando) y la salida (parte de maniobra). No tienen bobinas, ni contactos metálicos, ni elementos mecánicos, sino que las funciones respectivas las realizan exclusivamente componentes electrónicos. También se les conoce como relés estáticos.”  
pág. 24

**FIGURA 1.1 3** Relé de estado sólido SSR.



**Fuente:** <http://www.electricasbc.com/articulo/contenido/15-reles-de-estado-solido>

### ***1.5.2.-Aparatos de maniobra***

OCAMPO, Guillermo (2010) menciona que en” las instalaciones eléctricas se pueden distinguir dos ambientes diferentes que influyen en las características de los dispositivos de maniobra requeridos en la instalación: residencial e industrial.” pág. 40

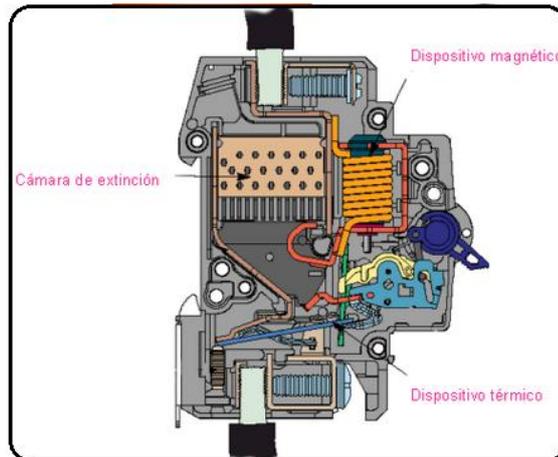
SOTO, Pilar (2003) menciona que “los cuadros de maniobra y control están constituidos por el agrupamiento de varios dispositivos eléctricos o electrónicos cuyo objetivo es realizar el mando de una instalación de acuerdo con los parámetros de funcionamiento de la misma.” pág. 1

En cualquiera de los casos hay dos funciones particulares a cumplir: conexión y protección. Para la conexión puede considerarse dos aparatos interruptor y contactor.

#### **a.-Interruptores automáticos**

Comprende por un circuito magnético y un circuito térmico mostrado en la figura 1.14, el cual corta el suministro de corriente ante sobre intensidades y cortocircuitos.

**FIGURA 1.14** Interruptor Automático Magneto térmico



**Fuente:**

[https://www.uam.es/personal\\_pas/patricio/trabajo/segainvex/electronica/proyectos/curso\\_instrumentacion/electricidad.pdf](https://www.uam.es/personal_pas/patricio/trabajo/segainvex/electronica/proyectos/curso_instrumentacion/electricidad.pdf) 2007 pág. 28

Estos interruptores se fabrican considerando el número de polos que cortan cuando se produce una apertura, los calibres más usuales son; 1.5 – 3 – 3.5 – 5 – 7.5 – 10 – 15 – 20 – 25 – 30 – 35 – 40 – 45 – 50 y 63 A

### **b.-Contactores**

SALAZAR, Rene (2010) menciona que “un contactor electromagnético es un esencialmente un relevador de control grande que está diseñado para abrir y cerrar un circuito de potencia, posee una bobina que activa a un conjunto de contactos, los cuales se emplean para controlar motores (desde ½ HP hasta varios cientos de HP)”, pág. 11

Además, son dispositivos utilizados para el control de cargas de elevada potencia. Los contactores mostrados en la figura 1.15, disponen de dos tipos de contactos:

- Contactos principales
- Contactos auxiliares.

Los primeros están destinados a abrir y cerrar circuitos de potencia, los segundos se disponen para abrir y cerrar circuitos de mando, de menor corriente eléctrica que los de potencia.

**FIGURA 1.15** FORMA FISICA DE LOS CONTACTOS PRINCIPALES Y AUXILIARES DE UN CONTACTOR



**Fuente:** RODRIGUEZ, Julio; “Contactores y Relevadores” 2004, pág. 22

Los contactores requieren de ciertos parámetros eléctricos para su respectivo uso como es:

- Tipo de accionamiento
- Voltaje nominal
- Intensidad nominal
- Voltaje de la bobina

Siendo la intensidad nominal la calculada en los sistemas de control donde los dispositivos eléctricos alteran esta variable.

$$I_c = 1,15 \cdot I_n(A) \quad (Ec. 2)$$

**Dónde:**

**I<sub>c</sub>**= intensidad del contactor

**1.15**= 15% intensidad incrementada

**I<sub>n</sub>**= intensidad nominal



Los dispositivos de protección deben de ser los adecuados con respecto al sistema que va a controlar. Los más comunes son;

- **Sobreintensidades o sobrecargas:** son corrientes elevadas, superiores a la corriente nominal **In** que se prolongan por un tiempo definido, estas corrientes pueden ser provocadas por fallos de aislamiento o consumos excesivos de las cargas.
- **Cortocircuitos:** es la conexión franca (directa) de los dos polos de un circuito generador generados por accidentes o descuidos
- **Defecto de aislamiento:** es la unión entre partes conductoras no activas o masas, con partes conductoras activas sometidas a voltaje.
- **Sobretensiones:** son producidas por fallos, por lo general en el generador el cual induce un voltaje superior a su tensión nominal, lo que perjudica a las cargas que se encuentran conectadas al generador. otros inconvenientes se presentan por descargas atmosféricas, generadas por las tormentas.

### ***1.6.1.-Clasificación de los elementos de protección***

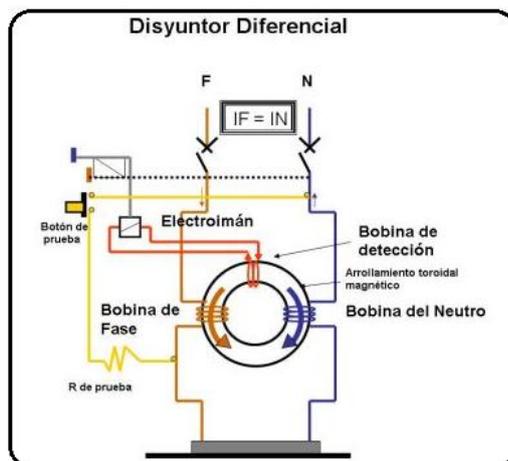
REYES, (2008) Menciona que estos dispositivos “reaccionan ante sobreintensidades ligeramente superiores a la nominal, asegurando una desconexión en un tiempo lo suficientemente corto para no perjudicar ni a la red ni a los receptores asociados con él.” pag. 28

Los elementos de sistema de control que se enlistan a continuación son un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Por lo general, se usan sistemas de control industrial en procesos de producción industriales para controlar equipos o máquinas.

#### **a.-Interruptor diferencial**

Este interruptor mostrado en la figura 1.17 detecta corrientes de fuga a tierra en instalaciones eléctricas, denominadas también corrientes de defecto.

**FIGURA 1. 17 ESQUEMA DE UN INTERRUPTOR DIFERENCIAL.**



**Fuente:**

[https://www.uam.es/personal\\_pas/patricio/trabajo/segainvex/electronica/proyectos/curso\\_instrumentacion/electricidad.pdf](https://www.uam.es/personal_pas/patricio/trabajo/segainvex/electronica/proyectos/curso_instrumentacion/electricidad.pdf) 2007 pág. 9

Cada circuito debe tener una térmica diferente, la térmica que se asigna depende del consumo del circuito, hay casos especiales donde un solo artefacto tendrá un consumo muy alto.

Para obtener el valor de la intensidad se tomará la siguiente fórmula:

$$I = P/E * \cos \phi \tag{Ec. 1}$$

Coseno de phi es una constante que tiene el valor 0.9

El valor de la intensidad se lo multiplica por el coeficiente de simultaneidad para obtener como resultado final la intensidad que consumirá finalmente el circuito.

Las térmicas se pueden conseguir de las siguientes capacidades de intensidad:

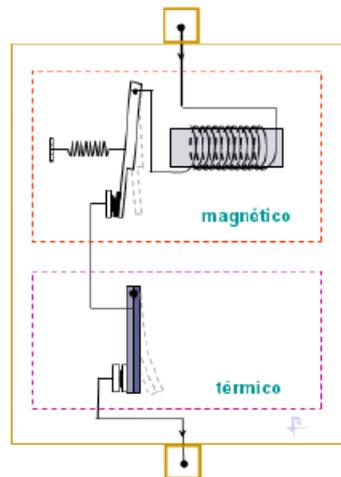
5 o 6 A, 10 A, 15 o 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A, 63 A, 80 A, 100 A

**b.-El disyuntor magnetotérmico (guardamotor)**

PENTIUM, (2007) menciona que es el “elemento de protección de las instalaciones eléctricas que protege contra cortocircuitos y sobre intensidades.”pág. 25

Este elemento mostrado en la figura 1.18 es una combinación de un relé magneto-térmico con un interruptor en el mismo dispositivo, funciona como guarda-motor para motores de poca potencia. Este dispositivo me permite conectar y desconectar con carga.

**FIGURA 1.18** ESQUEMA DE UN DISYUNTOR MAGNETO TERMICO.



**Fuente:**

[https://www.uam.es/personal\\_pas/patricio/trabajo/segainvex/electronica/proyectos/curso\\_instrumentacion/electricidad.pdf](https://www.uam.es/personal_pas/patricio/trabajo/segainvex/electronica/proyectos/curso_instrumentacion/electricidad.pdf) 2007 pág. 25

Estos interruptores automáticos son protección de motores y están diseñados para el acoplamiento de un contactor, de un relé térmico y un fusible.

**Para la selección de las protecciones contra sobrecargas se debe considerar:**

La corriente nominal, de arranque y de funcionamiento en régimen estacionario del motor. Para el cálculo de la corriente de sobrecarga los fabricantes recomiendan un ajuste del 25 % de corriente nominal del motor.

$$I = 1,25 \cdot I_n(A) \quad (Ec. 3)$$

**Dónde:**

**Ic**= intensidad de corriente

**1.25**= 25% intensidad incrementada

**In**= intensidad nominal

### c.-Fusibles

Constan de hilos o láminas de cobre o plomo que suelen ir protegidos en capsulas aislantes de vidrio, plástico o cerámica. Su función es cortar sobreintensidades no admisibles y cortacircuitos, su valor viene grabado por el fabricante que es la intensidad nominal que puede circular por el elemento de protección. (**In**).

#### - Fusibles gL o gG (de propósito general rápidos)

Los dispositivos mostrados en la figura 1.19 son creados para receptores que no produzcan picos elevados de corriente por ejemplo: tipo resistivo.

**FIGURA 1.19 FUSIBLES INDUSTRIALES RAPIDOS**



**Fuente:**

[https://www.google.com.ec/?gfe\\_rd=cr&ei=8JJVJvKOM\\_K8gffq4HIDg#q=fusible](https://www.google.com.ec/?gfe_rd=cr&ei=8JJVJvKOM_K8gffq4HIDg#q=fusible)

### 1.7.-DETECTORES AUTOMATICOS Y SENSORES

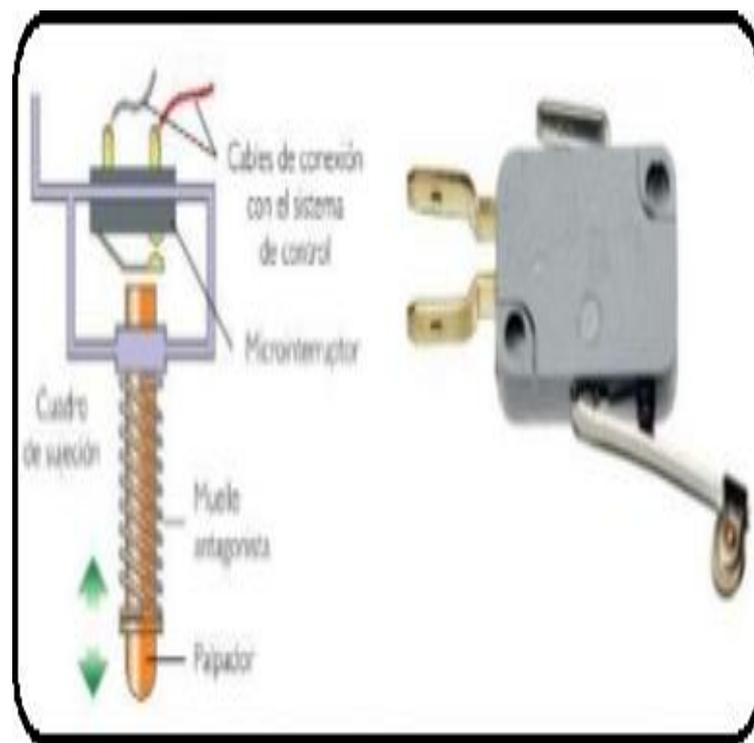
**DURAN J; MARTINEZ H; GAMIZ J; DOMINGO J; GRAU A; Automatismos eléctricos e industrial; (2012)** Los detectores automáticos y sensores permiten la conexión, desconexión y mando en general de instalaciones eléctricas sin intervención directa de un operario, pag 52.

El objetivo de estos dispositivos es enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito eléctrico en tiempos o posiciones administradas por el operador para cumplir con un objetivo de trabajo.

### a.-Finales de carrera o interruptores de posición.

Permiten controlar la posición de piezas, brazos u órganos móviles de máquinas y establecen el límite hasta donde dichas piezas pueden llegar, internamente están formados por pulsadores que son accionados mecánicamente a través de una palanca por la pieza móvil que hay que controlar. Permiten la puesta en marcha, parada cambio de velocidad, etc. de máquinas diversas. Pueden ser pulsadores NA o NC como se muestran en la figura 1.20.

**FIGURA 1.20** FINALES DE CARRERA O INTERRUPTORES DE POSICION



**Fuente:** <http://www.slideshare.net/JavierCaniparoli/sensores-de-final-de-carrera>

### b.-Detector de temperatura (termocupla)

Son dispositivos que permiten medir la temperatura de un recinto, depósito etc., o detectar si esta excede un cierto valor, denominado umbral. Generalmente se utilizan en sistemas de control que permiten realizar una regulación de dicha temperatura, esta se muestra en la figura 1.21.

**FIGURA 1.21** TERMOCUPLA CON BAYONETA.



**Fuente:** <http://termocuplas.com.co/web/product/termocupla-con-bayoneta/>

**c.- Sensor de presencia o inductivo**

VILCHES, Enrique (2007) menciona que “el detector inductivo es un fin de carrera que trabaja exento de roces y sin contactos, no está expuesto a desgastes mecánicos y en general es resistente a los efectos del clima. su empleo es especialmente indicado allí donde se requieren elevadas exigencias, precisión en el punto de conexión, duración, frecuencia de maniobra, y velocidad de accionamiento.” pág. 7

Los sensores de presencia mostrado en la figura 1.22 tienen como finalidad determinar la existencia de un objeto en un intervalo de distancia especificado. Se suelen basar en el cambio provocado en alguna característica del sensor debido a la proximidad del objeto.

**FIGURA 1.22** SENSOR DE PRESENCIA O INDUCTIVO.

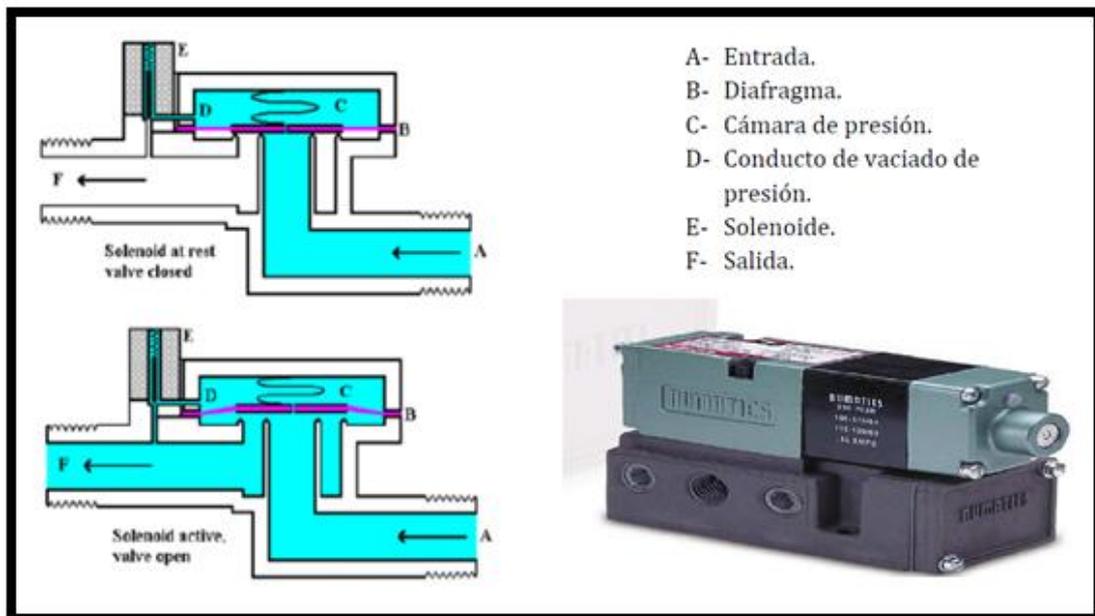


**Fuente:** VILCHES, Enrique, “contactores y actuadores”2011, pag 7

#### d.- Electroválvulas

Una electroválvula es un elemento que incorpora un conjunto de un electroimán y una válvula mecánica. Dicho conjunto, que se acciona mediante un controlador eléctrico o electrónico. En la figura 1.23 se puede visualizar la estructura física de una electroválvula la cual permite o impide el paso de un fluido.

**FIGURA 1.23** APARIENCIA FISICA Y FUNCIONAMIENTO DE LA ELECTROVÁLVULA



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>

#### - Actuadores electro hidráulicos

Ofrecen en su salida acciones mecánicas (fuerza, posición, velocidad, etc.) a partir de una tensión o corriente eléctrica. Emplean un fluido (aceite o agua, generalmente) para proporcionar la acción de control obteniendo fuerzas y pares de fuerza de gran potencia.

#### - Actuadores electro neumáticos

Parecidos a los actuadores electrohidráulicos, utilizan el aire a presión como fluido para proporcionar la acción de control. Tanto los actuadores electro

neumáticos como los electrohidráulicos se utilizan ampliamente e la industria como base para válvulas de control de líquidos y gases.

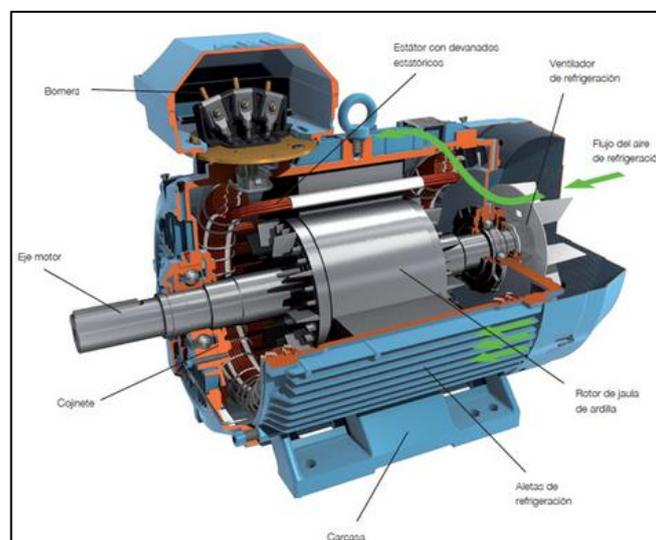
## 1.8.-MOTORES ELECTRICOS

OCAMPO, Guillermo (2010) menciona que los principales accionadores utilizados en los automatismos eléctricos son los motores eléctricos rotatorios. Un motor de este tipo es una máquina destinada a suministrar energía mecánica de rotación a partir de una fuente de una fuente de energía eléctrica.” pag.15

LOPEZ, José (2013) menciona que “un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas.” pág. 2

Los motores eléctricos mostrados en la figura 1.24 son máquinas rotatorias compuestas por un estator y un rotor, los cuales generan energía mecánica gracias a la interacción de los flujos eléctricos y magnéticos que producen la fuerza o par de torsión del motor.

**FIGURA 1.24 MOTOR ELECTRICO**



**Fuente:** <https://www.google.com.ec/search?q=motores+trifasicos+de+induccin&biw>

### ***1.8.1.-Motores trifásicos de inducción.***

El motor de inducción, conocido también como motor asincrónico, es probablemente la máquina rotatoria más utilizada, tanto en aplicaciones industriales como domésticas. Las razones para la gran popularidad de los motores de inducción de jaula de ardilla son en su mayoría de tipo económico, pues comparados con equivalentes de corriente directa, resultan de menor tamaño, de menor precio y prácticamente no requieren mantenimiento.

### ***1.8.2.-Principios generales***

El típico motor de inducción trifásico tiene un estator conformado por un conjunto de tres bobinados, separados entre sí 120 grados mecánicos. Su configuración puede hacerse en triángulo o en estrella y debe ser alimentado por un voltaje trifásico. En cambio, en los motores típicos el rotor está conformado por un devanado único y cerrado, construido con barras conductoras en una configuración conocida como jaula de ardilla.

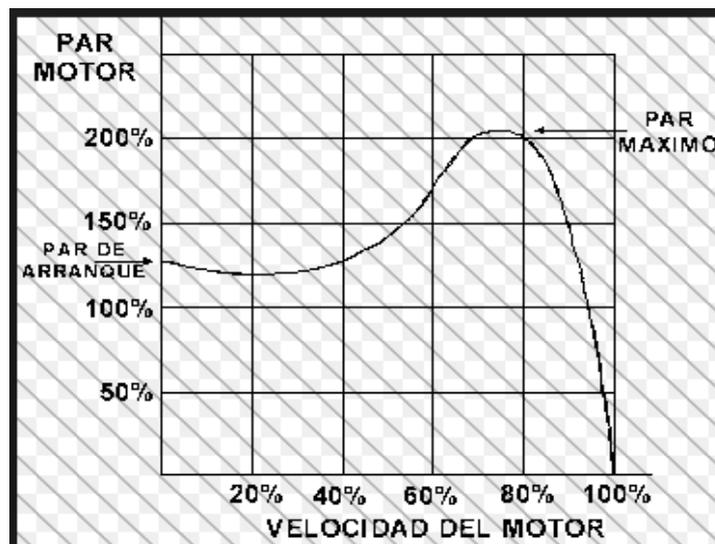
La presencia de corrientes trifásicas en los bobinados del estator produce un campo magnético de valor constante que gira alrededor del rotor a una velocidad conocida como velocidad sincrónica, pues resulta directamente proporcional a la frecuencia del voltaje de alimentación e inversamente proporcional al número de polos del estator. Para una frecuencia de 60Hz, la máxima velocidad sincrónica posible es 3600RPM.

El campo giratorio del estator es cortado por las barras conductoras del rotor induciendo en ellas tensión alterna. Puesto que el bobinado del rotor es cerrado, circulan en el corrientes causadas por la tensión inducida. Las corrientes del rotor generan a su vez un campo magnético que tienden a alinearse con un campo magnético del estator, o que produce el movimiento del rotor, en el mismo sentido del campo giratorio.

### 1.8.3.-Curva característica

La relación entre el par y la velocidad, conocida como característica mecánica, no resulta lineal como en los motores de corriente directa. En un motor el par de arranque varía entre 1,25 y 1,50 veces el par nominal de plena carga, en tanto que la corriente de arranque puede variar entre 5 y 6 veces la corriente de plena carga. A diferencia de los motores de corriente directa, el máximo valor de par no ocurre en el momento del arranque. En la figura 1.25 se representa la característica mecánica de un motor de inducción.

**FIGURA 1.25 CURVA CARACTERISTICA DE PAR DE UN MOTOR DE INDUCCION**



**Fuente:**<https://www.google.com.ec/search?q=curva+caracteristica+de+par+de+un+motor+de+inducion&biw>

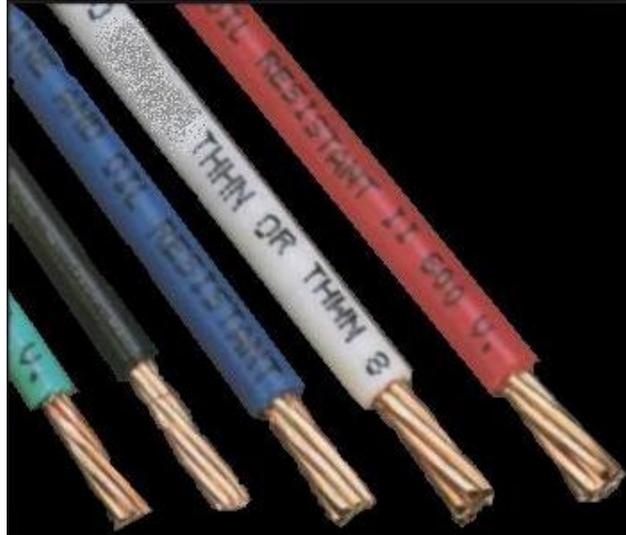
## 1.9.-CONDUCTORES ELECTRICOS

ROLDAN, José (2012) considera que el conductor eléctrico es el medio a través del cual se transporta la energía eléctrica y como tal es un elemento imprescindible en toda instalación eléctrica, del tipo que sea. .” pág. 63

Los metales empleados en conductores para cables eléctricos para baja tensión son el cobre y el aluminio.

Los conductores de cobre mostrados en la figura 1.26 son los más usados tradicionalmente por su buena conductividad y mejores características mecánicas y ductibilidad

**FIGURA 1.26 CONDUCTORES ELECTRICOS**



**Fuente:** <https://www.google.com.ec/search?q=conductores+electricos>

### ***1.9.1.-Resistencia del conductor***

Todo material, en función de su composición, presenta una oposición al paso de los electrones a través de la resistencia eléctrica R, cuya unidad de medida es el Ohm ( $\Omega$ ). la resistencia se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$R_c = \rho \frac{L}{S} (\Omega) \quad (\text{Ec. 4})$$

**Donde:**

L=Longitud del conductor, en metros (m)

S= Sección del conductor, en  $\text{mm}^2$

$\rho$  =Coeficiente de resistividad propio del metal conductor

### 1.9.2.-Resistividad ( $\rho$ )

Corresponde a la resistencia propia de cada uno de los cuerpos conductores por unidad de longitud, sección y el coeficiente de resistividad propio de cada material.

$$\rho = \frac{Rc.S}{L} (\Omega. mm^2) \quad (Ec. 5)$$

### 1.9.3.- Cálculo de la sección del conductor

Para el cálculo de la sección de los conductores intervienen muchos aspectos que tienen mucha influencia en el resultado.

**Su fórmula es:**

a) En redes monofásicas

$$S = \frac{2.P.L.\rho}{\Delta U.U} \quad (1) \quad (Ec. 6)$$

$$S = \frac{2.P.I.\cos\theta.\rho}{\Delta U.U} \quad (2) \quad (Ec. 7)$$

b) En redes trifásicas

$$S = \frac{P.L.\rho}{\Delta U.U} \quad (1) \quad (Ec. 8)$$

$$S = \frac{\sqrt{3}.L.I.\cos\theta.\rho}{\Delta U} \quad (2) \quad (Ec. 9)$$

**Dónde:**

$\Delta U$ - Caída de voltaje en V.

P-Potencia

L- Longitud en m.

$\rho$ - Coeficiente de resistencia del material conductor.

S- Sección del conductor en mm<sup>2</sup>

U- Tensión en V.

I-Intensidad en A

(1)- En función de la potencia

(2)-En función de la intensidad.

## 1.10.-MAGNITUDES ELECTRICAS

### 1.10.1.-Voltaje eléctrico de circuitos

JOSE LUIS DURAN, HERMINIO MARTINEZ, JUAN GAMIZ, JOAN DOMINGO, ANTONI GRAU (*Automatismos eléctricos e industriales; p. 42, 2012*) mencionan que para que circule una corriente eléctrica a través de un material es necesario que exista una diferencia de potencial eléctrico entre sus extremos. Esto es semejante al desnivel que se debe producir en una tubería que para por su interior discurra una determinada corriente de agua.

### 1.10.2.-Intensidad eléctrica

La intensidad de corriente como la cantidad de electrones que circula por un material en un segundo. La unidad que utiliza para medirla es el amperio (A).

$$I = \frac{V}{R} (A) \quad (Ec. 10)$$

La intensidad eléctrica se denomina de forma común corriente eléctrica o, simplemente, corriente. Teniendo en cuenta que para identificar plenamente una cierta intensidad eléctrica se debe conocer su magnitud y su sentido de circulación, es decir, su valor y su signo.

#### a.-Relación de intensidades de corriente

Según sea monofásica o trifásica la tensión alterna de suministro, para determinar la intensidad que circula por un conductor en régimen de trabajo permanente se puede emplear las expresiones siguientes:

$$\text{Monofásica:} \quad I = \frac{P}{U \cdot \cos\theta} (A) \quad (Ec. 11)$$

$$\text{Trifásica} \quad I = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\theta} (A) \quad (Ec. 12)$$

Dónde:

I es la intensidad en amperios (A)

P es la potencia en vatios (W)

U es la tensión en voltios

### ***B.-Magnitudes eléctricas para circuitos electrónicos (optoacopladores y triac`s)***

Los optoacopladores y triac`s son dispositivos semiconductres que están diseñados para controlar y soportar picos de potencia que se originan por la conmutación de las cargas, para ello se utiliza las siguientes formulas con el fin de calcular los magnitudes de corriente, resistencia y voltaje que poseerán estos dispositivos.

$$\text{- Voltaje pico} \quad V_{in(pk)} = V_L \sqrt{2} \quad (\text{Ec. 13})$$

$$\text{- Resistencia mínima} \quad R_{c(min)} = \frac{V_{in(pk)}}{I_{TSM}} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$\text{- Resistencia máxima.} \quad R_{c(max)} = \frac{V_{IH}-V_{TM}}{I_{GT}} \quad (\text{E. 15})$$

$$\text{-Resistencia Interna} \quad R_{in} = \frac{V}{I_{FT(max)}} \quad (\text{E. 16})$$

## **1.11.-AUTOMATISMOS ELECTRICOS CABLEADOS**

**GUILLERMO L. OCAMPO C. (Automatismos eléctricos; p. 57, 2010)**

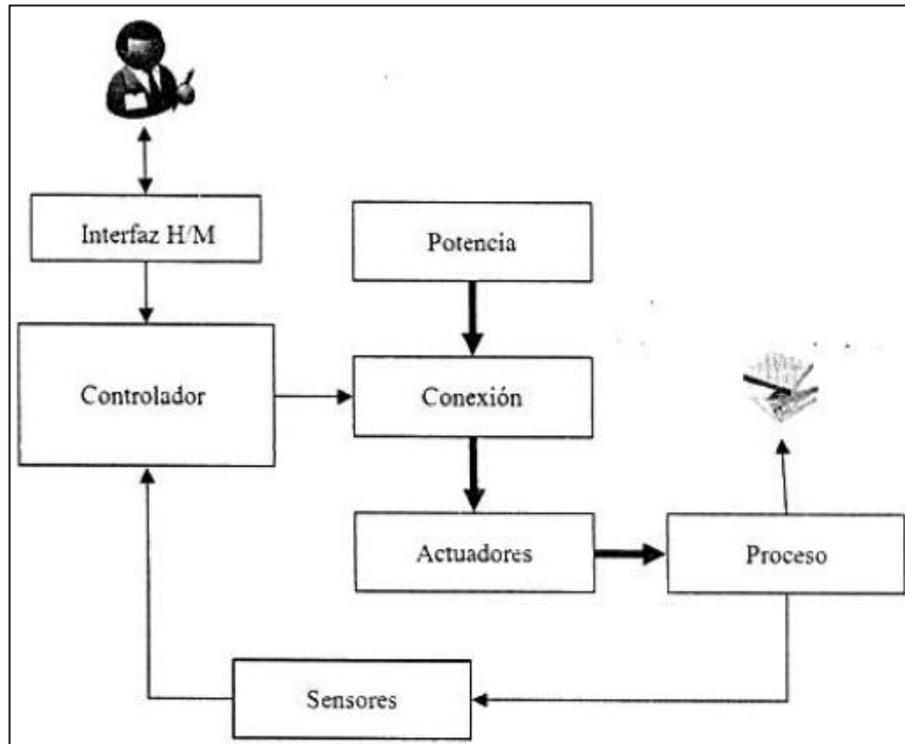
menciona que la tecnología cableada, ha sido y es aun utilizada en los automatismos eléctricos industriales, aunque quede relegada a sistemas de cierta potencia o de poca complejidad, ya que frente a la lógica programada presenta algunos inconvenientes como: imposibilidad de realizar funciones complejas de control, mayor peso y volumen, escasa flexibilidad en caso de necesitase modificaciones.

### ***1.11.1.-Estructura de un automatismo eléctrico***

En la figura 1.27 se muestra la estructura en bloques de un automatismo de carácter general. Dependiendo del tipo de actuadores utilizado y de la clase de

potencia requerida así como del tipo de controlador implementado, puede hablarse de diferentes clases de automatismos: eléctricos, neumáticos, hidráulicos, con lógica cableada, con lógica programada, etc.

**FIGURA 1.27** DIAGRAMA DE UN AUTOMATISMO.



**Fuente:** Automatismos eléctricos. Guillermo L. Ocampo C. 2010

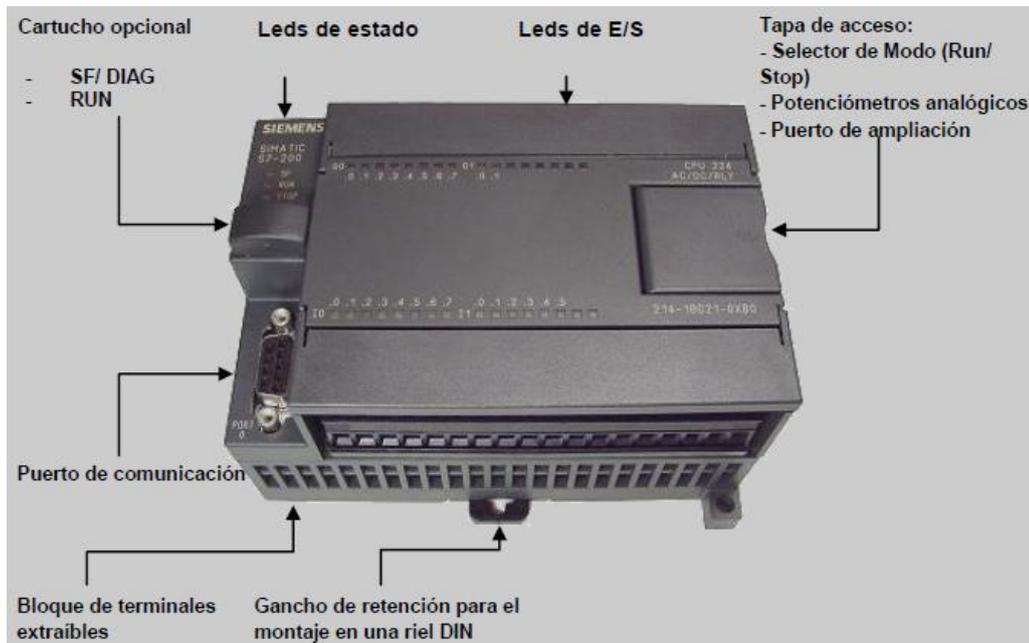
## 1.12.-CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES PLCs

### 1.12.1.- Definición

**ENRIQUE MANDADO PEREZ, JORGE MARCOS ACEVEDO, CELSO FERNANDEZ SILVA, JOSE IGNACIO ARMESTO QUIROGA (2009)** dice que los controladores lógicos programables realizan operaciones lógicas mediante la toma de decisiones de salto entre estados internos de un registro o de un contador realimentados.

Estos controladores lógicos mostrados en la figura 1.28 ejecutan el algoritmo correspondiente a un sistema combinatorial o secuencial sin necesidad de utilizar una unidad operativa capaz de realizar operaciones lógicas.

**FIGURA 1.28** PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)



**Fuente:** <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/pages/s7200.aspx>

Según PEREZ, Juan; PINEDA, Manuel (2008) menciona que de forma general se puede describir un autómatas programable como un conjunto de bloques, que asociados y comunicados tienen una configuración analógica a la de un PC, estos son:

- a.- CPU
- b.- Memoria
- c.- Fuente de alimentación
- d.- Módulos auxiliares
- e.- Programadora

## 1.13.-SISTEMA STEP 7 DE PROGRAMACION DE AUTOMATAS PROGRAMABLES

### 1.13.1.-Introduccion

Según MANDADO, Enrique; ACEVEDO, Jorge; FERNANDEZ, Celso; ARMESTO, Jose (2009) “la programación de un autómata programable o PLC (programable logic controller) consiste en el establecimiento de una secuencia ordenada de instrucciones que resuelven una determinada tarea de control. Dicha secuencia establece la relación entre las distintas variables lógicas y constituye el programa del autómata programable.” **pag 103**

La existencia de múltiples sistemas de programación diferente e incompatible entre sí, propicio el desarrollo de un sistema de programación normalizado por parte de la Comisión Electrotécnica Internacional conocido por las siglas IEC. En la actualidad coexiste el sistema de programación normalizado. Por ello, a continuación se describe uno de los sistemas de programación con mayor implantación industrial STEP 7 en Siemens.

### 1.13.2.-Características generales del STEP7

El lenguaje de STEP7 se caracteriza por representar las variables lógicas mediante la bobina de un relé y los contactos asociados con él. Dichos contactos pueden ser normalmente abiertos (abiertos cuando el relé esta desactivado y cerrados en caso contrario) o normalmente cerrados (cerrados cuando el relé este desactivado y abiertos cuando en caso contrario). En la figura 1.29 se representan los símbolos correspondientes al contacto normalmente abierto (variable directa) y normalmente cerrado (variable invertida). Dichas representaciones son las establecidas en la norma DIN 40713-6.

**FIGURA 1.29** Representación de variables lógicas (a) variable directa (b) variable invertida



**Fuente:** Enrique Pérez, Jorge Acevedo, Celso Silva, José Quiroga (2009) pag 103

**a.- Identificación de variables**

A cada contacto se le asigna una variable cuya identificación es igual a una variable de entrada y de salida. En la figura 1.30 se representan los símbolos asociados a los contactos correspondientes de variables.

**FIGURA 1.30** Representación de variables binarias (a) contacto NA (b) contacto NC

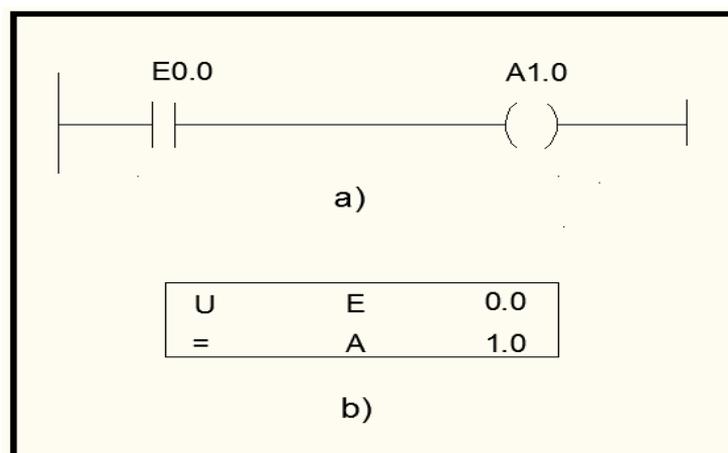


**Fuente:** Enrique Pérez, Jorge Acevedo, Celso Silva, José Quiroga (2009) pag 103

**b.- Operaciones con contactos**

Las funciones lógicas se representan mediante un circuito de contactos conectado en serie con la variable de salida generada por el, tal como se indica en la figura 1.31. El cierre de dicho circuito de contactos hace que se active la variable de salida correspondiente

**FIGURA 1.31** Operación de selección de una variable de entrada directa (a) Esquema de contactos (b) Lista de instrucciones equivalente.



**Fuente:** Enrique Pérez, Jorge Acevedo, Celso Silva, José Quiroga (2009) pag 103

## **1.14.-INTERFAZ HUMANO-MAQUINA HMI**

### ***1.14.1.-Introducción***

Según **ENRIQUE MANDADO PEREZ, JORGE MARCOS ACEVEDO, CELSO FERNÁNDEZ SILVA, JOSE IGNACIO ARMESTO QUIROGA (2009)** Cuando la máquina que se controla mediante un autómata programable es sencilla, el usuario no debe tener que proporcionarle información ni recibirla de ella. Pero cuando la máquina debe interaccionar con el operador, como por ejemplo para realizar la gestión de alarmas o es compleja, el sistema electrónico de control debe proporcionar al usuario la posibilidad de:

- Modificar parámetros,
- Observar el estado de determinadas variables, etc.

Para ello se dota al autómata programable de un periférico que sirve de unidad de acoplamiento (interfaz) entre el usuario y la máquina. Dicho periférico suele recibir el nombre de HMI. pag 93

Existen varias formas de realizar una unidad HMI, entre las cuales cabe citar las pantallas táctiles y los paneles con computador industrial que se describe brevemente a continuación.

### ***1.14.2.-Panel táctil***

Los paneles táctiles conocidos por las siglas TP (acrónimo Touch Panel) utilizan una pantalla grafica que posee elementos sensores sensibles al tacto. De esta forma la pantalla realiza la función d entrada y de salida y se elimina el teclado.

Las pantallas táctiles pueden poseer diferentes características en lo referente a las dimensiones de la pantalla, capacidad grafica de la misma, interfaces integradas, etc. En cada aplicación se debe elegir el tipo de panel táctil adecuado.

### ***1.14.3.- Descripción del panel de visualización:***

La tecnología touch simplifica la interfaz de usuario entre operario y máquina. Una aplicación industrial pueden operar más rápida, sencilla e inequívocamente mediante monitores táctiles, organizándose así las secuencias operativas con mayor eficiencia y menores tiempos de capacitación para el operario de máquina. Tanto en la industria liviana como en la industria pesada, esta pantalla táctil (touch) mostrada en la figura 1.32 se emplean en distintas aplicaciones industriales.

**FIGURA 1.32** PANEL DE VISUALIZACION



**Fuente:**[http://www.automation.siemens.com/salesmaterialas/brochure/es/brochure\\_panels\\_es.pdf](http://www.automation.siemens.com/salesmaterialas/brochure/es/brochure_panels_es.pdf).

### ***1.14.4.- Características***

- a) Visualización gráfica del estado de ciclo.
- b) Modo de servicio.
- c) Visualización de entradas – salidas.
- d) Forzado manual de salidas.
- e) Cambio de fecha y hora del PLC.
- f) Control de contraste.
- g) Pantalla de limpieza.
- h) Acceso con contraseña.

Esta función permite eliminar las partículas que podrían acumularse en la zona inferior del evaporador. La válvula de purga ubicada en el punto más bajo del

equipo se abre a intervalos programados durante un corto tiempo, haciendo un barrido del evaporador.

- **j) Niveles en Generador de Vapor**

Permite ajustar los niveles de agua desmineralizada dentro del evaporador. Los niveles máximo y mínimo comandan la parada y arranque de la bomba de carga de agua y el nivel de seguridad activa la alarma por bajo nivel inhabilitando de la calefacción.

- **k) Medición de Conductividad**

Permite establecer valores máximo y mínimo de activación y desactivación de la alarma por “Alta Conductividad”.

- **l) Descarte de Vapor Puro**

Al encender el generador y hasta que el mismo alcance su régimen de trabajo, se abre la válvula de descarte haciendo un barrido inicial. Esta función también se activa toda vez que el generador se repone de la alarma por “Alta Conductividad”.

- **ll) Presión de Generación de Vapor Puro**

Esta variable permite ajustar el valor de presión de vapor puro a la cual se estabilizará el sistema.

## **1.15.- SOFTWARE DE LA PANTALLA TACTIL WIN CC**

### ***1.15.1.-Introduccion a Simatic Wincc***

SIMATIC WinCC es un sistema de supervisión sobre PC ejecutable bajo Microsoft Windows 95 y Windows NT.

La idea del WinCC es realizar una serie de pantallas en las que mostrar datos relevantes como digo de nuestro proceso. Pero puede servir para más cosas como pueden ser:

- Almacenar variables de proceso a lo largo del tiempo
- Realizar pautas
- Controlar la máquina (movimientos, cambios de modo etc).
- Representación de alarmas y avisos

En la figura 1.33 se puede observar una el icono del software se utiliza para la programación de las pantallas táctiles (touch).

**FIGURA 1.33** Sistema de visualización WINCC



**Fuente:** <http://www.automatas.org/siemens/wincc.htm>

WinCC está concebido para la visualización y manejo de procesos, líneas de fabricación, máquinas e instalaciones. El volumen de funciones de este moderno sistema incluye la emisión de avisos de eventos en una forma adecuada para la aplicación industrial, el archivo de valores de medida y recetas y el listado de los mismos.

Con su potente acoplamiento al proceso, especialmente con SIMATIC, y su seguro archivo de datos, WinCC hace posible unas soluciones de alto nivel para la técnica de conducción de procesos.

## **CAPITULO II**

### **2 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

#### **2.1 INTRODUCCION**

En este capítulo se realiza un análisis de los datos obtenidos de la encuesta realizada a los trabajadores operarios de las máquinas sopladoras encargadas de producir envases de plástico de la fábrica INPLASTICO S.A. Con lo cual se pretende afirmar la necesidad de realizar la repotenciación de la máquina sopladora de polietileno marca MAGIC MP en dicha fábrica para su debido funcionamiento y producción.

En este capítulo también se detalla la caracterización de la empresa INPLASTICO S.A. y la información recopilada a través de las encuestas realizadas a los trabajadores de la empresa.

#### **2.2 CARACTERIZACION DE LA EMPRESA INPLASTICO S.A.**

##### ***2.2.1 Origen***

La empresa se crea en febrero de 1985 por su propietario Ing. Váhalo Naranjo Santander quien inicio la empresa con el envasado y elaboración de refrescos denominados “BEBAS”.

Al ver una necesidad de elaborar los envases para los refrescos se adquiere la primera máquina sopladora de envases plásticos; mediante el desarrollo de la industria láctea se crea la empresa “N.S. INDUSTRIAS” la cual empezó a elaborar los primeros envases plásticos en un máximo de dos litros y en limitada forma para las industrias lácteas, con el transcurso de los años la empresa obtuvo

una producción de envases de un máximo de cinco litros con una gama de formas y gran cantidad de producción, la empresa se ha caracterizado por ser muy competitiva con sus productos ofreciendo así un muy buen servicio a sus clientes, además, se está incrementando el área de fajillado y termo encogible con lo que garantizará una mejor atención y superior presentación en los envases plásticos.

## **2.3 FILOSOFIA EMPRESARIAL**

### ***2.3.1 Misión***

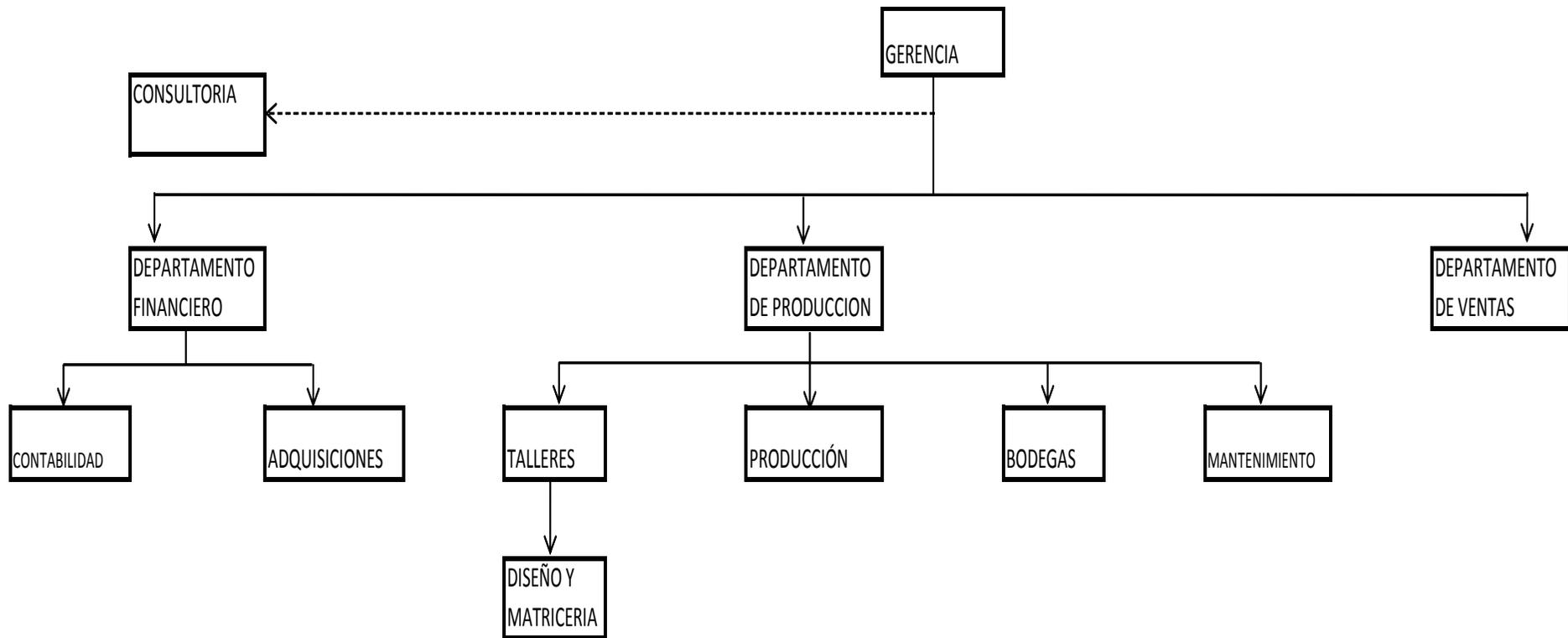
“Fabricar productos plásticos con altos estándares de calidad, en un ambiente de trabajo idóneo para el personal y con la innovación tecnológica adecuada, para satisfacer las necesidades de nuestros clientes”.

### ***2.3.2 Visión***

“Ser una empresa líder en la elaboración de productos plásticos, a través de la innovación tecnológica para así garantizar la satisfacción de nuestros clientes”.

## 2.4 EXTRUCUTURA ORGANICA

### 2.4.1 Organigrama estructural de INPLASTICO



## 2.5 SISTEMA ORGANIZACIONAL

El sistema de organización es el siguiente:

- **Gerente:** Freddy Naranjo
- **Secretaria:** Evelyn Naranjo
- **Jefe de personal:** Tomas Panchi
- **Jefe de matricería:** Santiago Guanoluisa

## 2.6 UBICACION

Su sede principal se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Av. Eloy Alfaro Km. 2, antiguas instalaciones de CALZACUERO y su extensión está situada en la Provincia de Pichincha, Cantón Cayambe, Sector Nápoles, Parroquia Ayora, Panamericana Norte s/n Km. 1.

## 2.7 DISEÑO METODOLOGICO

### *2.7.1 Metodología utilizada*

Se realizó un estudio analítico y descriptivo con el objetivo de establecer la necesidad de repotenciar la máquina sopladora de polietileno marca MAGIC MP en la fábrica INPLASTICO, para conseguir que la máquina trabaje eficientemente.

Para concretar con la información necesaria se utilizó un cuestionario para los trabajadores operarios de la máquina a repotenciar perteneciente a la fábrica INPLASTICO.

### *2.7.2 Método Experimental.*

HAYMAN, citando a CAMPBELL y STANLEY nos dice, que "el método experimental consta de dos elementos: manipulación y descripción. Se provoca una reacción en un grupo, habitualmente alumnos de investigación educacional, y se determinan los efectos. La manipulación, es decir, la

manera como se controlan ciertos aspectos de una situación se denomina por lo común "tratamiento", qué es lo que constituye la variable independiente principal en los estudios experimentales: el tratamiento es la causa primera cuyos efectos hay que determinar. "Van Dalen y Meyer, emplean la misma división de los tres métodos y, al describirlos, demuestran que confunden el histórico con el descriptivo.

### ***2.7.3 Método Analítico***

**RAMON RUIZ LIMON (2007) "HISTORIA Y EVOLUCION DEL PENSAMIENTO CIENTIFICO"** menciona que el método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

### ***2.7.3 Método Descriptivo***

**PILAR COLAS BRAVO 2011 "LOS METODOS DESCRIPTIVOS"** menciona que los métodos descriptivos tienen como principal objetivo describir sistemáticamente hechos y características de una población dada o área de interés de forma objetiva y comprobable. Su papel en la ciencia es importante debido a que proporcionan datos y hechos que pueden ir dando pautas que posibilitan la configuración de teorías.

Las tareas que en el marco del desarrollo del conocimiento pueden desempeñar, pueden sintetizarse en: a) identificar fenómenos relevantes, b) sugerir variables causantes de la acción, c) registrar conductas que en otros momentos podrían revelarse como afecto d) abordar áreas de estudio que no pueden ser tratadas por medio de estrategias experimentales.

## **2.8. TECNICAS DE INVESTIGACION**

### ***2.8.1 Observación***

**GRICELDA M. 2013 “TECNICAS DE LA INVESTIGACION DE CAMPO”** La observación consiste en la percepción sistemática y dirigida a captar los aspectos más significativos de los objetos, hechos, realidades sociales y personas en el contexto donde se desarrollan normalmente.

### ***2.8.2 Encuesta***

La investigación por encuesta es considerada como una rama de la investigación social científica orientada a la valoración de poblaciones enteras mediante el análisis de muestras representativas de la misma (Kerlinger, 1983). De acuerdo con Garza (1988) la investigación por encuesta “... se caracteriza por la recopilación de testimonios, orales o escritos, provocados y dirigidos con el propósito de averiguar hechos, opiniones actitudes,” (p. 183).

Como instrumento de investigación se utilizó un cuestionario de 10 preguntas, en el que constan interrogantes sobre la necesidad y la importancia de repotenciar la máquina sopladora de polietileno marca MAGIC MP con una potencia aproximada de 40 HP, cuyo beneficio se reflejara en el eficiente control de la misma.

## **2.9. RESULTADO Y ANALISIS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LOS TRABAJADORES OPERARIOS DE LA MAQUINA SOPLADORA DE POLIETILENO PERTENECIENTE A LA FABRICA INPLASTICO S.A**

El objetivo primordial de la encuesta ejecutada es establecer la factibilidad del proyecto con tema “repotenciación de la máquina sopladora de polietileno maraca MAGIC MP con una potencia aproximada de 40 HP, mediante la utilización de PLC’s e interfaces HMI en la fábrica INPLASTICO”.

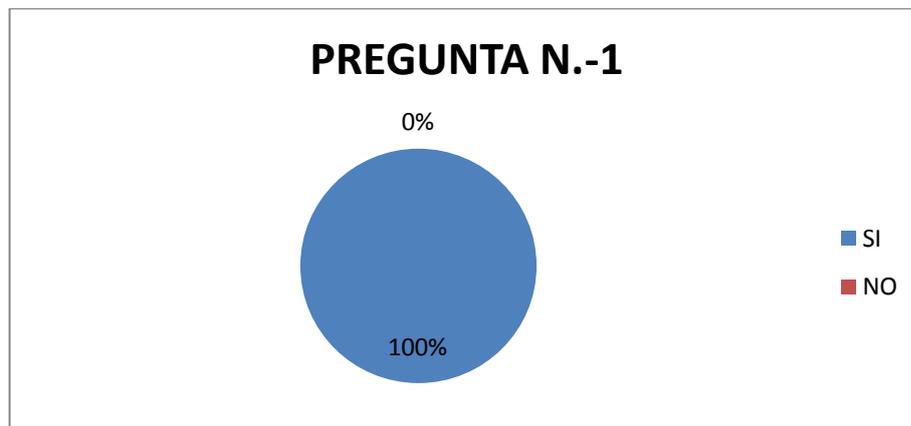
### 2.9.1 Resultados y análisis de la encuesta.

2.9.1.1 *Pregunta N° 1* ¿Cree usted que se facilitarían las actividades diarias con la implementación de un sistema de control automatizado a una máquina sopladora de polietileno?

**Tabla 2. 1 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 1**

PREGUNTA N.- 1	CANTIDAD TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	32	100%
NO	0	0%
TOTAL	32	100%

GRAFICO 2. 1



**FUENTE:** Trabajadores operarios de INPLASTICO S.A

**ELABORADO POR:** Los postulantes

#### **Interpretación**

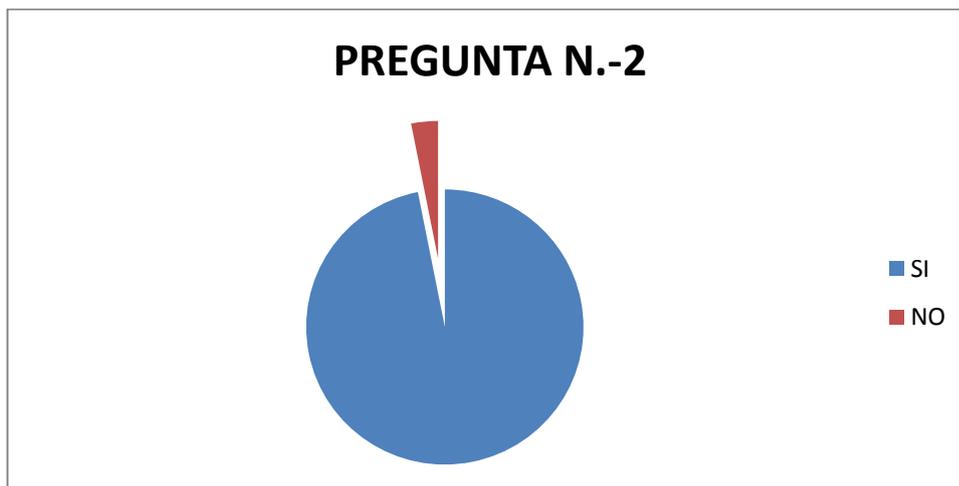
El resultado se puede visualizar en el gráfico 2.1 en cuestión planteada, manifiesta que todo el personal de trabajo perteneciente a la fábrica INPLASTICO, representada por el 100% concretan que se facilitarían las actividades diarias con la implementación de un sistema de control automatizado a la máquina sopladora de polietileno.

**2.9.1.2 Pregunta N° 2** ¿Considera usted que las empresas eficientes deberían de tener procesos y maquinaria automatizada?

**Tabla 2. 2 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 2**

PREGUNTA N.- 2	CANTIDAD TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	31	96,88%
NO	1	3,13%
TOTAL	32	100%

GRAFICO 2. 2



**FUENTE:** Trabajadores operarios de INPLASTICO S.A.

**ELABORADO POR:** Los investigadores

### **Interpretación**

El resultado se puede visualizar en el gráfico 2.2 en cuestión planteada, manifiesta que 31 trabajadores encuestados perteneciente a la fábrica INPLASTICO, representada por el 97% de trabajadores concretan que las empresas eficientes deberían de tener procesos y maquinaria automatizada.

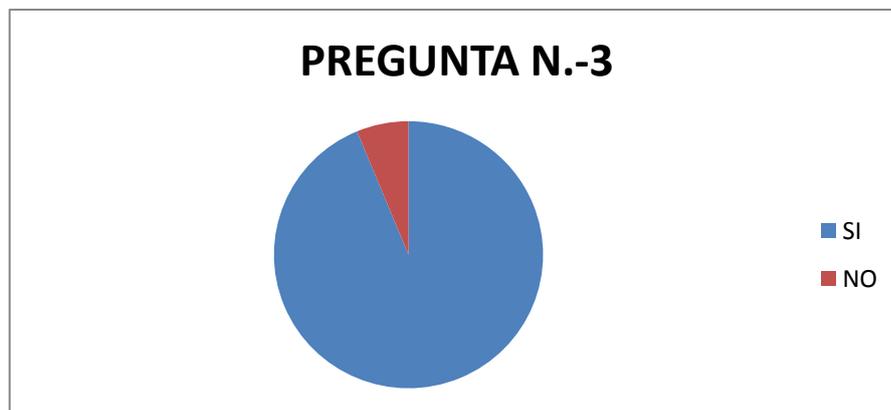
Por la información obtenida se concluye que es indispensable la automatización de la máquina sopladora en la fábrica INPLASTICO.

**2.9.1.3 Pregunta N° 3** ¿Considera usted que una interfaz HMI (hombre-máquina) trabaje de una forma apropiada para la ejecución de mandos en una máquina sopladora de polietileno?

**Tabla 2. 3 RESULTADO DE LA PREGUNTA N° 3**

PREGUNTA N.- 3	CANTIDAD TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	30	93,75%
NO	2	6,25%
TOTAL	32	100%

**GRAFICO 2. 3**



**FUENTE:** Trabajadores operarios de INPLASTICO S.A.

**ELABORADO POR:** Los postulantes

**Interpretación:**

El resultado se puede visualizar en el gráfico 2.3 en cuestión planteada, manifiesta que 30 trabajadores encuestados perteneciente a la fábrica INPLASTICO, representada por el 94% de trabajadores concretan que mediante el sistema una interfaz HMI el control de la máquina sería la apropiada para su correcto funcionamiento y operación.

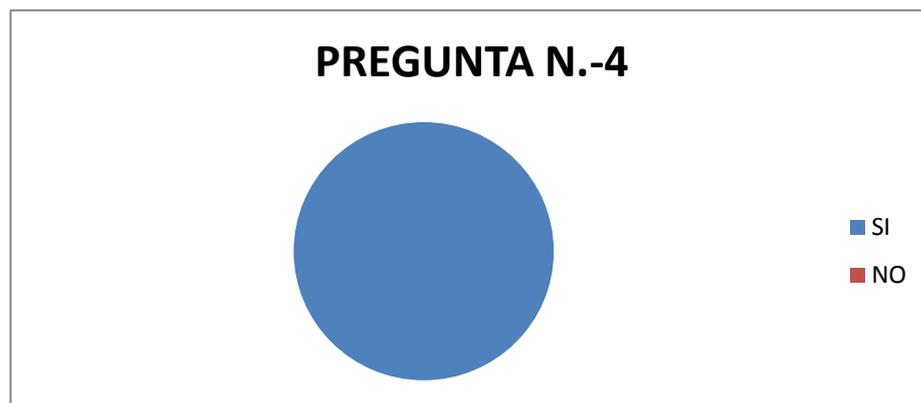
Por la información obtenida se concluye que es necesario la aplicación de una interfaz HMI en la máquina sopladora de la fábrica INPLASTICO.

**2.9.1.4 Pregunta N° 4** ¿Considera usted que una máquina aumentaría su nivel de productividad si cuenta con un controlador Lógico programable (Plc's), para el mejor control de la misma?

**Tabla 2. 4 RESULTADO DE LA PREGUNTA N.- 4**

PREGUNTA N.- 4	CANTIDAD TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	32	100,00%
NO	0	0,00%
TOTAL	32	100%

GRAFICO 2. 4



**FUENTE:** Trabajadores operarios de INPLASTICO S.A.

**ELABORADO POR:** Los postulantes

**Interpretación:**

El resultado se puede visualizar en el gráfico 2.4 en cuestión planteada, manifiesta que todo el personal de trabajo perteneciente a la fábrica INPLASTICO, representada por el 100% concretan que la máquina sopladora aumentaría su nivel de productividad si cuenta con un controlador Lógico programable (Plc's), para el mejor control de la misma.

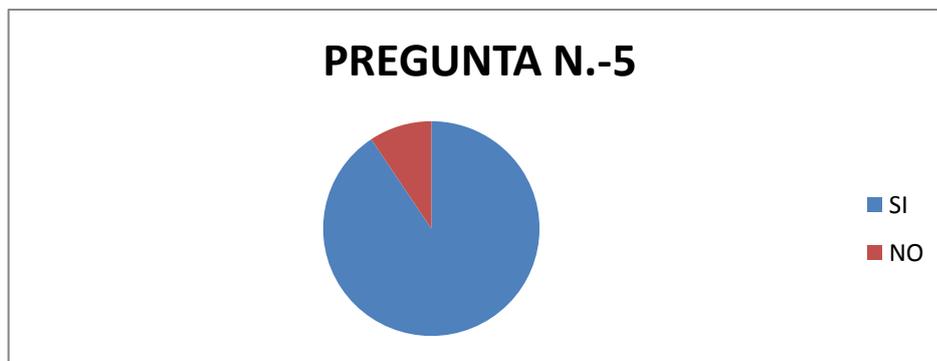
Por la información obtenida se concluye que la máquina requiere un controlador Lógico programable (Plc's), para el mejor control de la misma.

**2.9.1.5 Pregunta N° 5** ¿Considera usted que el uso de un panel de visualización ayudara al monitoreo y control de las variables del sistema automatizado junto con otros mecanismos de control?

**Tabla 2.5 RESULTADO DE LA PREGUNTA N.- 5**

PREGUNTA N.- 5	CANTIDAD TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	29	90,63%
NO	3	9,38%
TOTAL	32	100%

**GRAFICO 2. 5**



**FUENTE:** Trabajadores operarios de INPLASTICO S.A.

**ELABORADO POR:** Los postulantes.

### **Interpretación**

El resultado se puede visualizar en el gráfico 2.5 en cuestión planteada, manifiesta que 29 trabajadores encuestados perteneciente a la fábrica INPLASTICO, representada por el 91% de trabajadores concretan que un panel de visualización ayudara al monitoreo y control de las variables del sistema automatizado junto con otros mecanismos de control

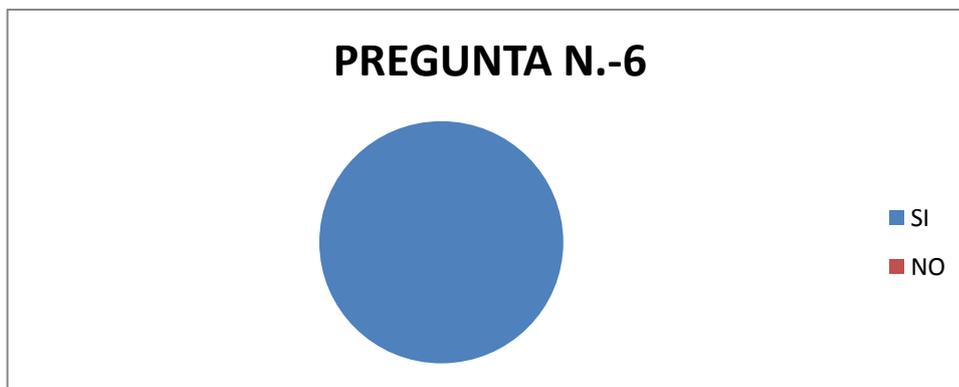
Por la información obtenida se concluye que es el complemento necesario que requiere la máquina sopladora para su respectivo control.

**2.9.1.6 Pregunta N° 6** ¿Considera usted que la implementación de la automatización mediante los dispositivos de control y el interfaz HMI mencionados anteriormente facilitara la utilización y control de la maquinaria?

**Tabla 2. 6 RESULTADO DE LA PREGUNTA N.-7**

PREGUNTA N.- 6	CANTIDAD TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	32	100,00%
NO	0	0,00%
TOTAL	32	100%

**GRAFICO 2. 6**



**FUENTE:** Trabajadores operarios de INPLASTICO S.A.

**ELABORADO POR:** Los postulantes

### **Interpretación**

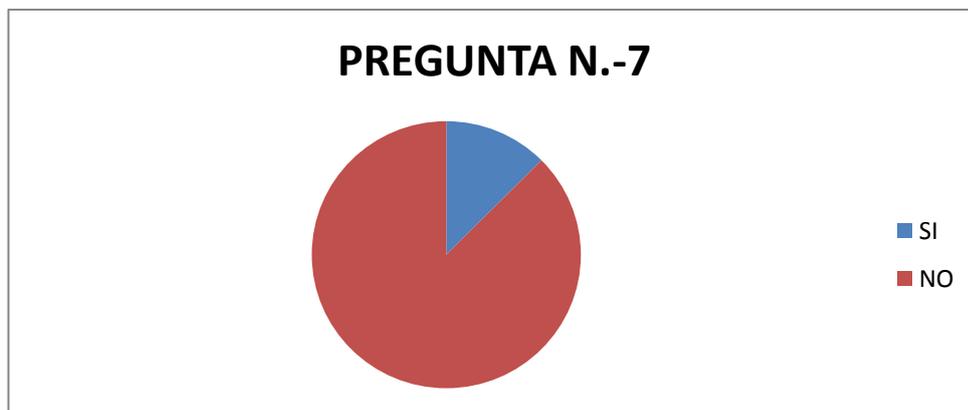
El resultado se puede visualizar en el gráfico 2.6 en cuestión planteada, manifiesta que todo el personal de trabajo perteneciente a la fábrica INPLASTICO, representada por el 100% concretan que los dispositivos de control y el interfaz HMI mencionados anteriormente facilitarían la utilización y control de la maquinaria.

**2.9.1.7 Pregunta N° 7** ¿Considera usted que el estado de control eléctrico de la máquina sopladora de polietileno, está en condiciones apropiadas que facilite a su mantenimiento?

**Tabla 2.7 RESULTADOS DE LA PREGUNTA N.- 8**

PREGUNTA N.- 7	CANTIDAD TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	4	12,50%
NO	28	87,50%
TOTAL	32	100%

**GRAFICO 2. 7**



**FUENTE:** Trabajadores operarios de INPLASTICO S.A.

**ELABORADO POR:** Los postulantes

### **Interpretación**

El resultado se puede visualizar en el gráfico 2.7 en cuestión planteada, manifiesta que 28 trabajadores encuestados perteneciente a la fábrica INPLASTICO, representada por el 88% de trabajadores concretan que estado de control eléctrico de la máquina sopladora de polietileno, no se encuentra en condiciones apropiadas que facilite a su mantenimiento.

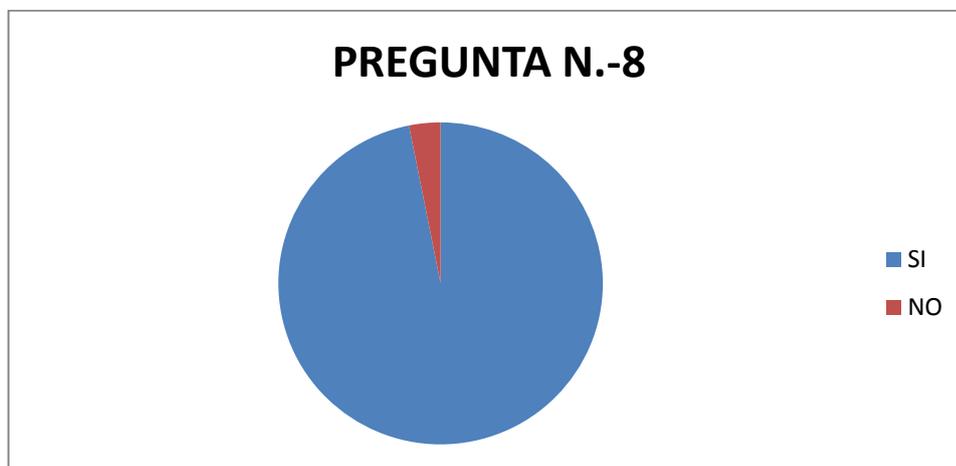
Por la información obtenida se concluye que la máquina sopladora de polietileno requiere de un control eléctrico eficiente.

**2.9.1.8 Pregunta N° 8** ¿Considera usted que con la automatización de la máquina sopladora de polietileno se aumentara la vida útil de la misma?

**Tabla 2. 8 RESULTADOS DE LA PREGUNTA N.- 8**

PREGUNTA N.- 8	CANTIDAD TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	31	96,88%
NO	1	3,12%
TOTAL	32	100%

**GRAFICO 2. 8**



**FUENTE:** Trabajadores operarios de INPLASTICO S.A.

**ELABORADO POR:** Los postulantes

### **Interpretación**

El resultado se puede visualizar en el gráfico 2.8 en cuestión planteada, nos manifiesta que 31 trabajadores encuestados pertenecientes a la fábrica INPLASTICO, representada por el 97% de trabajadores concretan que con la automatización de la máquina sopladora de polietileno se aumentara la vida útil de la misma.

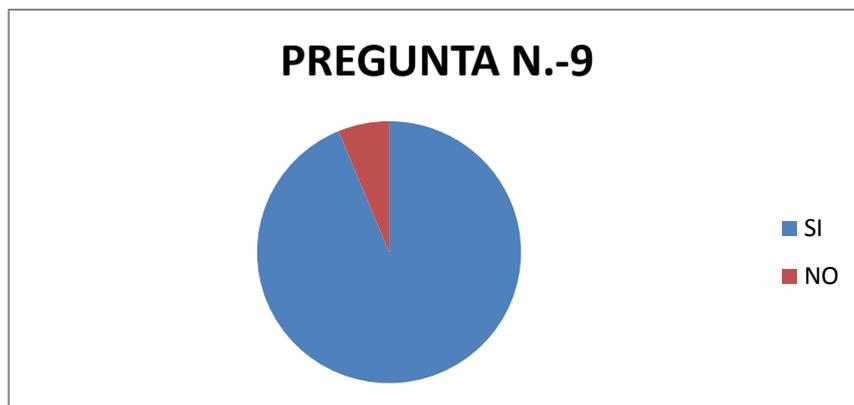
Por la información obtenida se concluye que la máquina sopladora de polietileno aumentaría su vida útil gracias a la automatización.

**2.9.1.9 Pregunta N° 9** ¿Considera usted que un sistema automatizado para una máquina sopladora se lograra minimizar el desperdicio de material, con el cual se podrá incrementar su producción?

**Tabla 2. 9 RESULTADOS DE LA PREGUNTA N.- 9**

PREGUNTA N.- 9	CANTIDAD TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	30	93,75%
NO	2	6,25%
TOTAL	32	100%

GRAFICO 2. 9



**FUENTE:** Trabajadores operarios de INPLASTICO S.A.

**ELABORADO POR:** Los postulantes

### **Interpretación**

El resultado se puede visualizar en el gráfico 2.9 en cuestión planteada, nos manifiesta que 30 trabajadores encuestados perteneciente a la fábrica INPLASTICO, representada por el 94% de trabajadores concretan que un sistema automatizado lograra minimizar el desperdicio de material que genera la máquina por su ineficiente control y automatización.

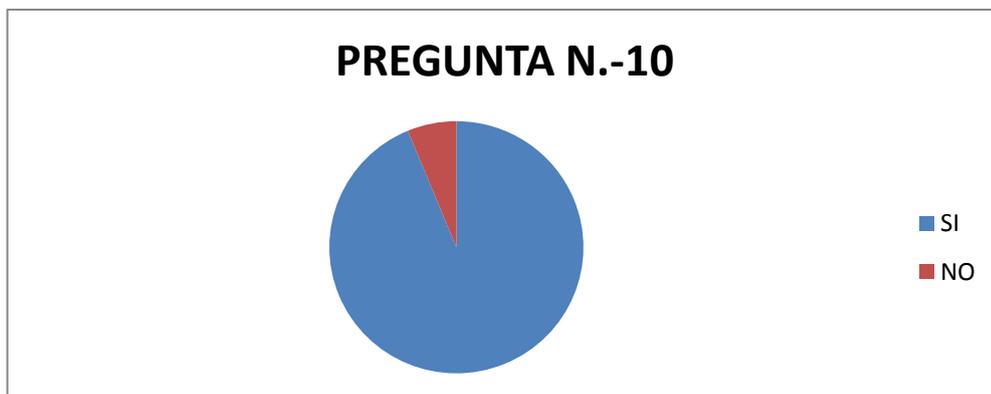
Por la información obtenida se concluye que la máquina sopladora lograra minimizar el desperdicio de material q genera la máquina en la actualidad, razón por la cual es indispensable la automatización a implementar.

**2.9.1.10 Pregunta N° 10** ¿Cree usted que un sistema de tipo automatizado reducirá el espacio físico laborable, el cual podrá ser utilizado para realizar otra actividad dentro del área de producción de plástico?

**Tabla 2. 10 RESULTADOS DE LA PREGUNTA N.- 9**

PREGUNTA N.- 10	CANTIDAD TRABAJADORES	PORCENTAJE
SI	30	93,75%
NO	2	6,25%
TOTAL	32	100%

GRAFICO 2. 10



**FUENTE:** Trabajadores operarios de INPLASTICO S.A.  
**ELABORADO POR:** Los postulantes

### **Interpretación**

El resultado se puede visualizar en el gráfico 2.10 en cuestión planteada, nos manifiesta que 30 trabajadores encuestados perteneciente a la fábrica INPLASTICO, representada por el 94% de trabajadores concretan que un sistema automatizado lograra minimizar el desperdicio de material que genera la máquina por su ineficiente control y automatización.

Por la información obtenida se concluye este tipo automatizado reducirá el espacio físico laborable, el cual podrá ser utilizado para realizar otra actividad dentro del área de producción de plástico.

## 2.10 VERIFICACION DE LA HIPOTESIS

### *2.10.1.- Comprobación de la Hipótesis*

Para realizar el presente trabajo de investigación se planteó las siguientes hipótesis:

#### **a) Modelo Lógico**

El diseño e implementación de un sistema automatizado para una sopladora de polietileno, perfeccionara el funcionamiento de la máquina sopladora de polietileno mediante la utilización de plc's e interfaces HMI.

**ho**= El diseño e implementación de un sistema automatizado para una sopladora de polietileno, **NO** perfeccionara el funcionamiento de la máquina sopladora de polietileno mediante la utilización de plc's e interfaces HMI.

**ha**= El diseño e implementación de un sistema automatizado para una sopladora de polietileno, **SI** perfeccionara el funcionamiento de la máquina sopladora de polietileno mediante la utilización de plc's e interfaces HMI.

#### **b) Modelo matemático**

**Hipótesis nula ho**= Respuestas observadas = Respuestas Esperadas

**Hipótesis alternativa ha**= Respuestas observadas  $\neq$  Respuestas Esperadas.

### *2.10.2. Nivel de significación.*

La probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es falsa es de 5%, es decir, el nivel de confianza es del 95%.

### *2.10.3. Argumentación*

#### *2.10.3.1. Estadístico de prueba.*

Para la verificación de la hipótesis se tomó la fórmula del Chi cuadrado, se utilizó la encuesta como técnica de investigación escogiendo seis preguntas como muestra en la tabla 2.11.

**TABLA 2.11**

**DATOS DE LA ENCUESTA OBSERVADA**

<b>Items</b>	<b>Pregunta</b>	<b>SI (fo)</b>	<b>NO (fo)</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	1	32	0	32
<b>2</b>	2	31	1	32
<b>3</b>	3	30	2	32
<b>4</b>	4	32	0	32
<b>5</b>	5	29	3	32
<b>6</b>	6	32	0	32
<b>7</b>	8	31	1	32
<b>8</b>	9	30	2	32
<b>9</b>	10	30	2	32
<b>TOTAL</b>		<b>277</b>	<b>11</b>	<b>288</b>

**FUENTE:** Encuestas  
**ELABORADO:** Investigadores

Aplicando la fórmula de la frecuencia esperada

$$fe = \frac{tf * tc}{tg}$$

**Ec. 2.1**

**Dónde:**

- fe**= frecuencia esperada
- tf**= total filas
- tc**= total columnas
- tg**= total general

De las nueve preguntas se obtuvo el cálculo de la frecuencia esperada y se detalla en la **Tabla 2.12**

**TABLA 2.12**

**RESULTADOS DE LA FRECUENCIA ESPERADA**

Ítems	N° Pregunta	SI ( <i>fe</i> )	NO ( <i>fe</i> )	TOTAL
1	1	31	1	32
2	2	31	1	32
3	3	31	1	32
4	4	31	1	32
5	5	31	1	32
6	6	31	1	32
7	8	31	1	32
8	9	31	1	32
9	10	31	1	32

**FUENTE: Encuestas**  
**ELABORADO: Investigadores**

Aplicando la fórmula de Chi-cuadrado

$$X_c = \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

**Ec. 2.2**

**Dónde:**

**Xc**= Valor a calcularse de Chi-cuadrado

**f<sub>o</sub>** = frecuencia observada

**f<sub>e</sub>** = frecuencia esperada

### 2.10.3.2. Resolución de la fórmula

<b>TABLA N° 2.13</b>						
<b>CALCULO DEL CHI-CUADRADO</b>						
$Xc = \frac{(fo - fe)^2}{fe}$						
		<i>fo</i>	<i>fe</i>	<i>(fo - fe)</i>	<i>(fo - fe)<sup>2</sup></i>	$\frac{(fo - fe)^2}{fe}$
Pregunta 1	SI	32	30,8	1,2	1,5	0,05
Pregunta 1	NO	0	1,2	-1,2	1,5	1,22
Pregunta 2	SI	31	30,8	0,2	0,0	0,00
Pregunta 2	NO	1	1,2	-0,2	0,0	0,04
Pregunta 3	SI	30	30,8	-0,8	0,6	0,02
Pregunta 3	NO	2	1,2	0,8	0,6	0,49
Pregunta 4	SI	32	30,8	1,2	1,5	0,05
Pregunta 4	NO	0	1,2	-1,2	1,5	1,22
Pregunta 5	SI	29	30,8	-1,8	3,2	0,10
Pregunta 5	NO	3	1,2	1,8	3,2	2,59
Pregunta 6	SI	32	30,8	1,2	1,5	0,05
Pregunta 6	NO	0	1,2	-1,2	1,5	1,22
Pregunta 8	SI	31	30,8	0,2	0,0	0,00
Pregunta 8	NO	1	1,2	-0,2	0,0	0,04
Pregunta 9	SI	30	30,8	-0,8	0,6	0,02
Pregunta 9	NO	2	1,2	0,8	0,6	0,49
Pregunta 10	SI	30	30,8	-0,8	0,6	0,02
Pregunta 10	NO	2	1,2	0,8	0,6	0,49
					<b>X<sup>2</sup>c</b>	<b>8,13</b>

**ELABORADO:** Investigadores

### 2.10.3.3. Regla de Decisión

Si  $X^2c > X^2p$  rechazo H0 y acepto H1

#### Grados de libertad

Aplicando la fórmula para el calcular el grado de Libertad

$$gl = (nr - 1) * (nc - 1)$$

**Ec. 2.3**

**Dónde:**

**gl**= grado de libertad

**nr** = Número de filas

**nc** =Número de columnas

$$gl = (9 - 1) * (2 - 1)$$

$$gl = 8$$

Con un nivel de significación de 5% y 5 grado de libertad  $X^2_p = 813$

**Tabla N° 2.14** Distribución chi-cuadrado

N0	X <sup>2</sup> 0,005	X <sup>2</sup> 0,01	X <sup>2</sup> 0,025	X <sup>2</sup> 0,05	X <sup>2</sup> 0,95	X <sup>2</sup> 0,975	X <sup>2</sup> 0,99	X <sup>2</sup> 0,995
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,759
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,698	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,647	2,179	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,299
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	31,999	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997

**FUENTE:** <http://cristina92sm.files.wordpress.com/2011/05/tabla-chi-cuadrado.jpg>

## **2.11 DESCRIPCION.**

El valor de  $X^2_c = 149,07 > X^2_p = 11,07$  y de conformidad a lo establecido en la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir, El diseño e implementación de un sistema automatizado para una sopladora de polietileno, **SI** perfeccionara el funcionamiento de la máquina sopladora de polietileno mediante la utilización de plc's e interfaces HMI.

De manera que la hipótesis que se ha planteado es factible, ya que ha permitido ser una parte primordial de este trabajo investigativo, que ha llegado a ser comprobada satisfactoriamente por medio del Método de Chi-cuadrado.

## **2.12. ENUNCIADO**

El diseño e implementación de un sistema automatizado para el control de una máquina sopladora de polietileno, mejorara el rendimiento de la máquina en mención facilitando su control al operador y mejorando su capacidad de producción.

## **2.13 RESULTADOS DE LA VERIFICACION**

Para la verificación de la hipótesis, se utilizó una técnica de investigación como es la realización de las encuestas.

En este caso se ha tomado como población a todo el personal de la empresa INPLASTICO S.A. y por ser una población muy reducida no amerito muestreo y se aplicó a la totalidad.

## **2.14. DECISION**

Gracias a los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a la población en la empresa INPLASTICO S.A., se pudo llegar a la conclusión que la repotenciación de la máquina sopladora de polietileno mediante el diseño e implementación de un sistema automatizado, es muy importante para eliminar las averías y las pérdidas de tiempo de producción y mejorar de una manera óptima el funcionamiento de la máquina.

Por lo tanto se verifico la hipótesis planteada.

Esto servirá para que la Empresa N.S. Industrias continúe produciendo sus productos plásticos mediante un proceso de calidad, como también, favorecerá a que la maquinaria extienda su vida útil para seguir brindando ganancias a la Empresa.

## **2.15. ANALISIS METODOLOGICO**

El siguiente análisis metodológico tiene por objeto identificar los problemas y avances de la máquina permitiendo formular estrategias de transformación y perfeccionamiento de la máquina.

La implementación de un sistema de control automatizado a la máquina sopladora de polietileno facilitará las actividades diarias del operador como también ayudará a una mejor producción de envases plásticos.

La mayoría de las empresas eficientes cuentan con maquinaria de primer orden, para esto se puede introducir el sistema de control automatizado prolongando la vida útil de la sopladora de polietileno.

El deseo central como investigadores, es que la máquina sopladora de polietileno prolongue su vida útil y que la empresa siga produciendo, para que así continúe ofreciendo sus productos a sus clientes como también siga brindando trabajo a la sociedad que lo necesita.

También se desea incentivar el desarrollo tecnológico de las empresa, para que sus procesos sean más eficientes y representativos, claro todo esto se puede lograr mediante la implementación de elementos eléctricos de alta gama tecnológica para así poder aumentar tanto la vida útil como el nivel productividad de la máquina.

Al tener una máquina sopladora de polietileno en buenas condiciones, se facilitará el mantenimiento preventivo como correctivo, considerando que también de esta forma se mejora el estado de la máquina ya que se puede aprovechar al máximo la nueva tecnología y no quedar estancados en un mundo de tecnología obsoleta. De

esta forma se puede desarrollar la tecnología en el país ya que es una parte muy importante para que las empresas puedan entrar o sobresalir en un mercado tan competitivo con el que se cuenta hoy en día, para este caso se trabajaría con tecnología actual que son de vital importancia y empleados en varios campos de la industria actual que ayudan a mejorar la competitividad de la empresa.

## **CAPITULO III**

### **3.1 PROPUESTA**

### **3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### ***3.1.1 Titulo***

“REPOTENCIACION DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO MARCA MAGIC MP EN LA EMPRESA INPLASTICO CON UNA POTENCIA APROXIMADA DE 40 HP, MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON LA UTILIZACIÓN DE PLC’S E INTERFACES HMI, EN EL PERIODO 2013-2014”.

#### ***3.2.2 Presentación***

En este capítulo se efectuará la descripción de la repotenciación de una máquina sopladora de polietileno marca MAGIC MP en la empresa INPLASTICO con una potencia aproximada de 40 hp, mediante la implementación de un sistema automatizado con la utilización de plc’s e interfaces HMI, constituida por diferentes partes importantes que se mencionan: primero el acoplamiento de una carcasa acorde a la máquina sopladora de polietileno, segundo el circuito de potencia que está constituido por los motores y la parte de fuerza de la máquina, el circuito de control de la máquina sopladora de polietileno y control de la misma, como tercer punto se tiene el dimensionamiento de conductores y protecciones por

último se tiene la programación del PLC para el automatismo de la máquina, los motores estarán acoplados al circuito de fuerza como también las niquelinas del tornillo extrusor, la selección de conductores y protecciones se lo realizará de acuerdo a la corriente que consume las diferentes cargas instaladas, para verificar el buen funcionamiento de la máquina se instalara diferentes instrumentos de medida como amperímetros y pirómetros.

Para esto se ha conformado 6 fases de realización de una automatización, las distintas fases en las que se divide la confección del automatismo eléctrico son:

**EL DISEÑO Y LA FUNCIONALIDAD:** se corresponde con el estudio meticulouso de las funciones básicas que debe realizar el automatismo. En esta fase se concreta con precisión el comportamiento del automatismo y clarificar con nitidez todas y cada una de las operaciones que éste debe solventar para la máquina sopladora de polietileno marca MAGIC MP.

**EL DIMENSIONAMIENTO DE DISPOSITIVOS:** en esta fase se debe elegir el conjunto de dispositivos apropiados para realizar el automatismo. Con este propósito se debe calcular la potencia eléctrica que debe aceptar cada uno de los elementos del automatismo, dimensionar los cables de alimentación a los tableros de potencia como de control y el cableado de las señales del PLC de la máquina, proveer la vida útil de los mecanismos utilizados, analizar cuidadosamente las características de las señales usadas en la interconexión de los diferentes módulos y proveer los elementos necesarios de seguridad como de protección.

**EL ESQUEMA ELECTRICO:** el objetivo principal de esta fase es la confección del esquema eléctrico del automatismo. Este debe ser completo y se ha confeccionado con una notación clara y comprensible en la que estén representados todos los componentes perfectamente conectados y referenciados.

**EL CUADRO ELECTRICO:** En esta fase se debe abordar la mecanización del cuadro eléctrico y la ubicación en su interior de los diferentes elementos que componen el automatismo. Previamente se ha debido realizar el esquema de cableado que contempla, entre otras cosas, la identificación, la trayectoria y las diferentes secciones de los conductores y, también, se ha confeccionado los diferentes planos de ubicación de componentes y de mecanización del cuadro eléctrico.

**EL ENSAYO Y LA PRUEBA:** en esta fase será conveniente actuar con un plan de trabajo previamente establecido que contemple la entrada en funcionamiento, progresiva y en secuencia, en las diferentes partes del automatismo. Cada parte deberá ser probada de forma aislada, y en las condiciones de trabajo más realistas, antes de interactuar simultáneamente con el resto. Esta fase debe servir, además, para corregir las posibles anomalías o realizar los ajustes pertinentes antes de la entrada en servicio del automatismo.

**LA PUESTA EN SERVICIO:** solo si el automatismo funciona de forma satisfactoria en la fase de prueba, podremos abordar la fase de puesta en servicio. La puesta en servicio del automatismo debe ir acompañada, siempre, de un manual de operación.

### ***3.2.3 Justificación de la propuesta***

El motivo del presente trabajo de investigación es “repotenciación de una sopladora de polietileno marca magic mp en la empresa INPLASTICO con una potencia aproximada de 40 hp, mediante la implementación de un sistema automatizado con la utilización de plc’s e interfaces HMI, mismo que sea eficiente para así adaptarse a las necesidades de funcionamiento de la empresa, posee un

eficiente circuito de fuerza y de control y lo más importante es incentivar a los estudiantes a la investigación y aplicación de este tipo de automatismos eléctricos.

El circuito de potencia de la máquina se basa en un circuito eléctrico nuevo que consta con elementos de alta gama tecnológica que posee una gran eficiencia respecto a un sistema electromecánico que posee poca eficiencia en el funcionamiento. La automatización de la máquina es fundamental, ya que mediante una adecuada automatización se logrará un mejor control de la máquina sopladora de polietileno mediante las HMI para con ello ahorrar energía e incrementar su autonomía tanto en el control como en su operación. La automatización para el control y operación de la máquina sopladora de polietileno es rentable con respecto a la maquinaria electromecánica, debido a que sus acciones son realizadas automáticamente con un mejor control y con mayor eficiencia

### **3.2.4 OBJETIVOS.**

#### ***3.2.4.1 Objetivo General.***

- Realizar la repotenciación de la máquina sopladora de polietileno mediante el uso de un PLC y un panel operador siemens para controlar los procesos de elaboración de productos de plástico con rangos de calibración de temperatura según el tipo de envase a fabricar y el tipo de materia prima (polietileno) a ser usado.

#### ***3.2.4.2 Objetivos Específicos***

- Desarrollar un programa de control (algoritmo) que permita automatizar el proceso de manera eficiente y sobre todo de fácil manejo para el operador.

- Controlar en tiempo real del proceso de fabricación de envases mediante un Interfaz Hombre-Máquina que se logra con la implementación de la pantalla de visualización (TOUCH PANEL).
- Conseguir una fabricación de envases eficiente, reduciendo el tiempo que interviene el operario en dicho proceso y reduciendo los desperdicios ocasionados por el control ineficiente que posee actualmente.

### ***3.2.5 Descripción de la Investigación.***

Este proyecto trata acerca de la automatización de una máquina sopladora de plástico y la implementación de un HMI local para la empresa INPLASTICO. El presente proyecto surge por la necesidad de optimizar su funcionamiento con la finalidad de incrementar su productividad y brindar seguridad al personal.

El operario de la máquina sopladora de plástico antes tenía que regular manualmente los temporizadores para el proceso del soplado, esto no garantizaba la exactitud de los tiempos requeridos, además el control de temperatura y el tablero de potencia se encontraban casi obsoletos; por lo tanto se realizó lo siguiente:

Se diseñó e implementó un sistema de supervisión mediante la utilización de un panel táctil de visualización industrial con la finalidad de centralizar el proceso, brindando fiabilidad a su operación y mantenimiento.

Se centralizó la etapa de potencia y control industrial en un tablero completamente funcional, cumpliendo con estándares internacionales.

El sistema de extrusión y soplado están controlados en conjunto por un PLC que luego de ser programado acciona a electroválvulas neumáticas e hidráulicas, motores, también a relés de estado sólido que controlan la temperatura del material que es utilizado para la elaboración de los envases.

Se implementó un sistema automático que corta el material sobrante de cada envase, eliminando así la manipulación del producto terminado y disminuyendo el grado de contaminación de los envases.

### ***3.2.6 Alcance de la investigación.***

Mediante el sistema automatizado y las interfaces HMI se obtiene un funcionamiento eficiente de la máquina sopladora de polietileno y con ello se produce una mejor eficiencia energética, además este proyecto permite experimentar el funcionamiento de las HMI, PLC's para así complementar los fundamentos teóricos que se imparten en las aulas.

Para la repotenciación del sistema de control se ha visto la necesidad de utilizar un Controlador Lógico Programable (PLC), el cual, además de controlar todas las operaciones de la máquina, le dará mayor robustez al sistema de control frente a las perturbaciones eléctricas generalmente encontradas en un ambiente industrial. Para el nuevo sistema también se ha previsto la instalación de una pantalla táctil, a fin tener un mejor control de la máquina.

Para el control de temperatura de las zonas de calentamiento, se ha previsto utilizar pirómetros que permitirán tener un mejor control de la temperatura ya que son elementos idóneos para realizar las mediciones de temperaturas sin contacto, estos mecanismos son una herramienta segura para medir la temperatura con precisión.

Conocer los parámetros de funcionamiento de los motores de CA.

Visualizar y entender el acoplamiento del circuito de fuerza con el circuito de control.

Conocer el funcionamiento del PLC's en conjunto con la pantalla táctil para una buena operación de la máquina.

Conocer, identificar y operar adecuadamente los elementos de fuerza y control que tiene la máquina para su correcto funcionamiento.

Conocer el comportamiento del bloque de electroválvulas

### ***3.2.7 Desarrollo técnico de la propuesta***

Es necesario mencionar que cualquier proyecto puede ser repetido a cualquier escala, sin afectar los resultados siempre y cuando las interferencias sean mínimas. Con esta certeza, para el movimiento del tornillo extrusor tenemos un motor de 20 HP para el movimiento del mismo, para el movimiento del carro con el molde se tiene un motor de 7,5 HP.

Para encender el sistema de la máquina se tiene un breaker principal de 100 A trifásico con tierra, para el control de mandos se tiene el selector tipo llave que activa la bobina del contactor que permite la activación del transformador 220V / 110V que permite el paso de la corriente para el tablero de mando y control. Se instalaron medidores de magnitudes de corriente como son los amperímetros CA para así poder saber cuánta corriente circula a las zonas de temperatura.

Para la protección del PLC se tiene una placa de optoacopladores que ayudara a la protección y acoplamiento de las salidas del plc.

El control de la máquina se realizó mediante un programa cargado en el PLC, el cual actúa dependiendo de las señales enviadas tanto como a las entradas y a las salidas del mismo.

Estas señales enviadas por los sensores y actuadores comunican al PLC el estado de la máquina, la etapa del ciclo en la que se encuentra, el estado de las protecciones, para dar paso o no a su funcionamiento.

**3.2.8 Selección de los elementos para la repotenciación mediante la automatización y HMI de la máquina sopladora de polietileno.**

**Tabla 3.1** Elementos utilizados en la construcción de la máquina

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION
1	1	u	Breaker 3 polos de 100 A
2	3	u	Breaker de 2 polos de 10A
3	1	u	Breaker de 2polos de 16 A
4	1	u	Breaker de 2polos de 6 A
5	6	u	Portafusibles
6	6	u	Fusibles rápidos
7	6	u	Relés de estado solido
8	2	u	Potenciómetros 500 Kohm
9	1	u	Breaker 1 polo de 4 A
10	2	u	Breaker de 2 polos de 4 A
11	10	m	Canaletas
12	5	m	Riel din
13	3	m	Cable #18 flexible
14	1	m	Cable #14 (20 metros)
15	1	m	Cable #12 (20 metros)
16	1	m	Cable #10 (20 metros)
17		u	Cable para temperatura (10metros)
18	1	m	Cable #2 (3 metros)
19	20	u	Fundas de terminales
20	20	u	Marquillas
21	1	u	PLC siemens Logo S7
22	1	u	Pantalla táctil
23	1	u	Transformador 110/12V 3A
24	2	u	Fuentes de 24 VDC
25	2	u	Placa de optoacopladores y triacs
26	10	u	Topes de borneras
27	2	u	Contactador 9 <sup>a</sup>
28	1	u	Contactador de 30 A
29	1	u	Contactador de 40 A
30	1	u	Guardamotor de 11 - 17 A
31	1	u	Guardamotor de 22- 27 A marca LG
32	1	u	Bloque de electroválvulas
33	2	u	Sensores inductivos
34	3	u	Sensores magnéticos
35	1	m	manguera #6
36	1	m	manguera #8
37	1	m	manguera #10
38	1	u	módulos de entradas analógicas
39	2	u	módulos de entradas digitales
40	1	u	módulo de salidas digitales
41	5	u	selectores de 3 Posiciones
42	6	u	selectores de 2 Posiciones
43	2	u	Pulsadores verdes
44	2	u	pulsadores rojos
45	5	u	cajas de 15x15 cm
46	2	u	ventiladores 110 VAC
47	6	u	termocuplas tipo K
48	1	u	construcción de la carcasa
49	1	u	torre de alarmas
50	1	u	placa impresa del panel de control

**Elaborado por:** Grupo de Investigación

### ***3.2.9 Diseño y construcción de la estructura metálica de la máquina sopladora de polietileno.***

El diseño y construcción de la estructura metálica de la máquina sopladora se elaboró de acuerdo a las dimensiones tomadas de la misma para su correcto montaje y acople en ella.

Esta estructura está compuesta por el circuito de potencia y el circuito de control, diseñadas y ubicadas en zonas estratégicas donde el operador tenga facilidad en el control de la máquina sopladora de polietileno y no tenga ningún inconveniente en la supervisión de proceso de fabricación de los envases de plástico.

#### **Datos de la estructura de la máquina:**

- Lado frontal: 1.55 metros de largo y 1 metro de alto

Consta con una puerta de 86 cm de largo y 1 metro de ancho con una curvatura, también se tiene el tablero de mandos manuales que se encuentra ubicado en la parte frontal con una dimensión de 45 cm de ancho.

- Lado izquierdo: 1.50 metros de largo y 1 metro de alto

Consta con una puerta de 70 cm de ancho y 1 metro de alto, alado se encuentra ubicado el tablero de potencia el cual esta dimensionado de 80 cm de ancho y 1 m de alto y 23 cm de profundidad en el cual se encuentra ubicados todos los elementos de fuerza de nuestro circuito.

- Lado derecho: 1.50 metros de largo y 1 metro de alto

Consta de una puerta de 70 cm de ancho y 1 metro de alto, también se encuentra ubicado el tablero de control el cual tiene las siguientes dimensiones, 30 cm de ancho 1 metro de alto y 45 cm de profundidad.

- Lado de atrás: 56 cm de ancho y 1 metro de alto.

**FIGURA 3.1** Estructura metálica compuesta por el circuito de potencia y de control



**Elaborado por:** Grupo de Investigación

### **3.3 CIRCUITO DE FUERZA**

El circuito de fuerza de la máquina sopladora de polietileno está conformado por dos motores eléctricos con una potencia aproximada de 40hp, los cuales son la parte fundamental de la máquina, ya que mediante estos se consigue los diferentes movimientos y procesos que esta requiere para elaborar su producto.

Por tanto, se vio la necesidad de implementar una protección en cada uno de estos equipos en base a las características mostrados en la placa de funcionamiento de cada uno de ellos.

La protección que se implementó a estos equipos fueron guardamotores y contactores, se analizó el dimensionamiento de estos dispositivos para poseer un funcionamiento óptimo de los motores.

### *3.3.1 Dispositivos eléctricos comprendidos en el circuito de potencia.*

1. Bornera principal de red trifásica 220 VAC
2. Guardamotor de la bomba general del sistema hidráulico
3. Guardamotor de la bomba del impulsor del tornillo extrusor
4. Contactor trifásico de la bomba general del sistema hidráulico
5. Contactor trifásico de la bomba del impulsor del tornillo extrusor
6. Interruptores termomagnéticos de cada zona de temperatura
7. Transformador de 220VAC/110VAC
8. Fusibles rápidos de cada zona de temperatura
9. Relés de estado sólido Zona A
10. Relés de estado sólido Zona B
11. Relés de estado sólido Zona C
12. Relés de estado sólido Zona D
13. Relés de estado sólido Zona E
14. Relés de estado sólido Zona F

En la **Figura 3.1** se puede observar los dispositivos enlistados anteriormente, los cuales fueron instalados secuencialmente en el tablero de fuerza de la máquina sopladora de polietileno, todo esto de acuerdo a los planos eléctricos preestablecidos.

## TABLERO DE FUERZA DE LA MAQUINA SOPLADORA DE POLIETILENO MARCA MAGIC MP

FIGURA 3.2 TABLERO DE FUERZA



**Elaborado por:** Grupo de Investigación

### ***3.3.2 Motores***

Los motores instalados en los diferentes procesos de la máquina sopladora de polietileno son la carga más representativa del sistema eléctrico como son:

- Motor impulsor de tornillo
- Motor impulsor de movimientos

Cada uno de ellos cumplen con cierta función dentro del proceso de extrusión y soplado para lograr el proceso de fabricación de los envases de plástico requeridos.

En la **Tabla 3.2**, **Tabla 3.3** se puede apreciar las características de funcionamiento de cada uno de los motores eléctricos, y de acuerdo a ello se procede a realizar el dimensionamiento de sus protecciones como son los guardamotors y contactores.

### 3.3.2.1 Motor impulsor de tornillo

**Tabla 3.2.** Datos característicos de motor impulsor del tornillo

<b>Motor impulsor del tornillo</b>			
voltaje nominal (v)	Intensidad nominal (A)	Frecuencia (Hz)	Potencia (kW)
220	32	60	11,190

### 3.3.2.2 Motor impulsor de movimientos

**Tabla 3.3** Datos característicos del motor impulsor de movimientos

<b>Motor impulsor de movimientos</b>			
voltaje nominal (v)	Intensidad nominal (A)	Frecuencia (Hz)	Potencia (kW)
220	12	60	4,103

#### a.- Dimensionamiento del guardamotor para el motor del impulsor

Los guardamotors son dispositivos de protección para instalaciones eléctricas y aplicaciones con motores. Combinan control y protección del motor en un solo dispositivo.

Estos dispositivos se utilizan principalmente para encender o apagar el motor manualmente y para protegerlo ante cortocircuitos, sobrecargas y fallos de fase.

### **Parámetros que se consideró para la selección de las protecciones contra**

- voltaje
- potencia
- La corriente nominal de arranque

### **DESARROLLO**

Para el dimensionamiento del guardamotor se consideró la corriente de sobrecarga, la cual está estimada a un 1.25% de la corriente a plena carga durante su funcionamiento.

De acuerdo a la **Tabla 3.2** tiene:

### **Corriente a plena carga del motor del impulsor de tornillo**

$$I = 1,25 * I_n \text{ (A)}$$

$$I = 1,25 * 32 \text{ (A)}$$

$$I = 40 \text{ (A)}$$

b.- Dimensionamiento del guardamotor para del motor impulsor de movimientos.

Este motor es el encargado de mover la bomba principal, la cual suministra la presión hidráulica necesaria para los movimientos principales de la máquina como la apertura y cierre del molde, avance y regreso del carro, subir y bajar el pin; por medio de pistones hidráulicos.

Se procedió a la selección de las protecciones del motor cuyas características se observan en la **Tabla 3.3**

Corriente a plena carga del motor del impulsor de movimiento.

## DESARROLLO

$$I = 1,25 \cdot I_n \text{ (A)}$$

$$I = 1,25 \cdot 12 \text{ (A)}$$

$$I = 15 \text{ (A)}$$

### 3.3.2.3 Dimensionamiento de contactores

Los contactores utilizados para el control de los motores cumplen con las siguientes características para su correcto funcionamiento.

- Tipo de accionamiento: Electromagnético
- Voltaje nominal : 220 Vac
- Intensidad nominal : 50 A
- Voltaje de la bobina : 220 Vac
- Marca: Cutler - Hamer

### 3.3.2.4 Dimensionamiento del contactor para el motor impulsor del tornillo.

Para la selección de este contactor se considera un sobre dimensionamiento de 1,15% de la corriente nominal que consume el motor para que este pueda trabajar con normalidad en el momento de arranque, los valores característicos de este motor se detallan en la **Tabla 3.2**.

#### - Cálculo de corriente para la selección de contactor

$$I = 1,15 \cdot I_n \text{ (A)}$$

$$I = 1,15 \cdot 32 \text{ (A)}$$

$$I = 36,8 \text{ (A)}$$

### 3.3.2.5 Dimensionamiento del contactor para el motor impulsor de movimientos.

Para la selección de este contactor se considera un sobre dimensionamiento de 1,15% de la corriente nominal que consume el motor para que este pueda trabajar con normalidad en el momento de arranque, los valores característicos de este motor se detallan en la **Tabla 3.3**.

#### - Cálculo de corriente para la selección de contactor

$$I = 1,15 * I_n \text{ (A)}$$

$$I = 1,15 * 12 \text{ (A)}$$

$$I = 13,8 \text{ (A)}$$

### 3.3.3 Conductores

La norma NEC en la sección 430-22, establece que el conductor que alimenta a un solo motor de corriente alterna, debe tener una capacidad no menor del 1,25% de la corriente nominal del motor.

**Tabla 3.4** conductores eléctricos utilizados

CALIBRE AWG ó MCM	SECCION mm <sup>2</sup>	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	ESPESOR AISLAMIENTO mm.	ESPESOR CHAQUETA mm.	DIAMETRO EXTERIOR mm.	PESO TOTAL Kg/Km	CAPAC. DE CORRIENTE para 1 conductor al aire libre Amp.	CAPAC. DE CORRIENTE para 3 conductores en conduit Amp.	TIPO CABLE
18	0,823	1 x 1,02	0,38	0,1	1,98	10,94	15	10	TFN
16	1,31	1 x 1,29	0,38	0,1	2,25	16,48	20	15	TFN
14	2,08	1 x 1,63	0,38	0,1	2,59	23,17	35	25	THHN
12	3,31	1 x 2,05	0,38	0,1	3,01	34,16	40	30	THHN
10	5,26	1 x 2,59	0,51	0,1	3,81	55,04	55	40	THHN
8	8,34	1 x 3,26	0,76	0,13	5,04	91,22	80	55	THHN

**FUENTE:** <http://electrocable.com/productos/cobre/THHN.html>

#### 3.3.3.1 Requisitos para el cableado de cuadros eléctricos

Básicamente, los requisitos que debe cumplir un conductor eléctrico utilizado para el cableado de cuadros eléctricos son básicamente tres en los cuales servirán de guía para establecerlos en la repotenciación:

La intensidad admisible en régimen permanente este es un punto muy importante que debe tener en cuenta ya que es la corriente eléctrica que soporta de forma continua el conductor sin superar su temperatura de trabajo. Está en estrecha relación con la sección del conductor, esto es, cuanto mayor es la sección del conductor, mayor será la intensidad que este podrá conducir sin sufrir calentamiento, para esto se debe tener muy en cuenta la sección del conductor.

La temperatura máxima de operación es la temperatura máxima que puede soportar el conductor sin perder sus cualidades de aislamiento. Este parámetro está relacionado con la intensidad admisible en régimen permanente y con el propio valor de temperatura ambiente que rodea el conductor.

La naturaleza de aislante el material aislante que cubre el conductor debe estar en consonancia con las características ambientales de su entorno. Aspectos tales como el exceso de humedad o de temperatura, la presencia de productos corrosivos las vibraciones o tensiones mecánicas, etc.

**a.- Dimensionamiento del conductor para el motor impulsor del tornillo**

Para la elección del conductor de acuerdo a la **Tabla 3.4** del se tiene:

**DESARROLLO**

$$I_a = 1,25 * I_{pc}$$

$$I_a = 1,25 * 38A$$

$$I_a = 47,5A$$

El conductor seleccionado es AWG No. 10 que soporta 55 Amperios, con aislamiento THHN

**b.- Dimensionamiento del conductor para el motor impulsor de movimiento.**

Para la elección del conductor de acuerdo a la **Tabla 3.4** del se tiene:

**DESARROLLO**

$$I_a = 1,25 * I_{pc}$$

$$I_a = 1,25 * 15,3A$$

$$I_a = 19,125A$$

El conductor seleccionado es AWG No. 14 que soporta 25 Amperios, con aislamiento THHN

### ***3.3.3.1 Cableado de tableros***

La operación de cableado persigue la finalidad de conectar entre si los diferentes elementos de un cuadro eléctrico e implementar el circuito eléctrico de un automatismo de acuerdo con el esquema perfectamente confeccionado.

#### ***a ) Requisitos para el cableado de tableros eléctricos.***

Los requisitos que deben cumplir un conductor eléctrico utilizado para el cableado de cuadros eléctricos son:

#### **La intensidad admisible en régimen permanente.**

Es la corriente eléctrica que soporta en forma continua el conductor sin superar su temperatura de trabajo.

- La temperatura máxima de operación. Es la temperatura máxima que puede soportar el conductor sin perder sus
- Cualidades de aislamiento. Este parámetro está relacionado con la intensidad admisible en régimen permanente y con el propio valor de temperatura.

-

#### **Identificación de elementos en los tableros eléctricos**

La identificación del cableado y los aparatos que forman el cuadro eléctrico se convierte en indispensable cuando el circuito eléctrico adquiere una misma complejidad. Esto obliga, ya que de buen principio, a confeccionar el esquema eléctrico empleando referencias para identificar los elementos que éste incluye

### ***b ) Elementos de conexión***

Junto con los conductores y las canaletas, en la operación de cableado se utiliza otros materiales útiles para conectar e identificar elementos. Entre estos, destacan:

- bornes
- regletas,
- identificadores de cables (marquillas)
- terminales

#### ***3.3.3.2 Trazado de cableado***

El método de cableado que habitualmente se sigue se basa en la utilización sistemática de las referencias de los bornes de los aparatos que están consignadas en el esquema de circuitos. Este procedimiento se traduce a un ahorro de tiempo dado la rapidez de la ejecución,

- Claridad
- Fácil de interpretación
- Eficacia durante la explotación (modificaciones, reparación de averías, etc.)

#### **a.-Verificación y prueba del tablero**

Para garantizar la operatividad del tablero eléctrico se realiza las oportunas verificaciones y ensayos que tiendan a asegurar que la instalación de los equipos que conforman el cuadro ha sido realizada correctamente y que estos funcionan bajo las condiciones eléctricas y ambientales para los que se diseñaron.

#### **b.-Verificación de la instalación**

El correcto funcionamiento de la instalación pasa por observar cuidadosamente el conjunto de operaciones que a continuación se describen:

### **c.-Conformidad de la instalación**

Esta operación se lo realiza siempre con el cuadro eléctrico desconectado de la alimentación para lo que, previamente se debe desconectar los aparatos seccionadores más próximos a la zona de trabajo.

- Se comprobó físicamente que la instalación coincide con el esquema de circuitos confeccionado, verificando la continuidad de las conexiones de alimentación, maniobra, tierra, etc. y la ausencia de cortocircuitos, cruce o derivaciones a otras redes o a tierra.
- Se Comprobó si el material eléctrico instalado es conforme con las prescripciones establecidas y que no presenta ningún daño visible que pueda afectar a la seguridad.
- Se Comprobó la existencia de medidas de protección contra choques eléctricos por contactos o derivados.

### **d.-Verificación de elementos de conexión**

En los materiales utilizados para la conexión se comprobó que estos estén fijados a sus soportes sin que puedan aflojarse por si mismo. También se comprobó que los conductores posean la sección correspondiente sin posibilidad de deslizarse de su ubicación y que el contacto quede perfectamente asegurado sin dañar a los cables. Asimismo, se evitara la existencia de bordes cortantes que puedan dañar los conductores, el desgarrar de sus cubiertas aislantes y los esfuerzos mecánicos o dobleces que puedan deformarlos permanentemente.

### **e.-Comprobación de tensiones de alimentación**

Mediante un multímetro aseguramos de que:

- El autómata reciba voltaje.
- la fuente de alimentación tenga el voltaje de entrada y salida correcta.
- En el transformador, el voltaje del primario y secundario sea correcta.

- En los magneto térmicos y fusibles tengan el mismo voltaje antes que después.
- Los contactores que están asociados tengan el mismo voltaje antes que después.
- Los contactores y relés que reciben voltaje en su bobina realmente estén enclavados.
- los indicadores luminosos indiquen correctamente cuando deben ejecutarse algún mando.

### 3.4 CIRCUITO DE CONTROL

Los equipos y aparatos que se manipulan con frecuencia se instalaron en un lugar, tal que, resulte cómoda la intervención y vigilancia del operador. Esto todavía es más evidente cuando se trata de equipos de medida y visualización instalados, de accionamiento manual, de parada y emergencia. Como son:

- Pulsadores y Selectores O aquellos utilizados para establecer los parámetros de control de proceso.

**Figura 3.3** Se muestra la composición de elementos de mando distribuidos equitativamente.



**Elaborado por:** Grupo de Investigación

### ***3.4.1 Dispositivos eléctricos y electrónicos utilizados para conformar el tablero de control.***

1. Borneras de entrada de corriente alterna
2. Relés auxiliares de 12 Vdc
3. Placa electrónica de optoacopladores y triacs.
4. Fuente de voltaje de 12 Vdc y 24Vdc
5. Fuente de 24Vdc Marca siemens para alimentar a la pantalla.
6. Módulo de entrada de termoculpas.
7. PLC S7 200 CPU 226

En la **Figura 3.4** se puede observar los dispositivos enlistados anteriormente, los cuales fueron instalados secuencialmente basados en planos eléctricos preestablecidos.

**FIGURA 3.4** Tablero de control



**Elaborado por:** Grupo de Investigación

### 3.4.1 Controlador lógico programable (PLC).

El controlador lógico programable se determinó en base a los requerimientos que se muestra en la **Tabla 3.5**, los cuales son necesarios para el control de este tipo de proceso de fabricación de envases de plástico.

**Tabla 3.5** Características PLC Simatic s7-200 CPU 226 AC/DC/RELAY.

ELEMENTOS	MODELO	NUMERO	PRECIO C/U (USD)	PRECIO TOTAL (USD)	OBSERVACIONES
PLC	SIMATIC S7-200				
	CPU 226 DC/DC/DC	1	380	380	14 ENTRADAS 10 SALIDAS
TARJETAS DE ENTRADAS Y SALIDAS	16x24 VDC digitales	4	340	1360	----
	4 +/- 10VDC	3	220	660	----
FUENTE DE ALIMENTACION	SITOP	1	280	280	ENTRADA 120/230- 500VAC SALIDA 24VDC10A
PANEL OPERADOR	OP7/DP PARA S7	1	780	780	
SENSORES	INDUCTIVOS	18	54	972	DISTANCIA DE REACCIÓN 5mm ROSCAM18 20-265 VAC + 20 320VDC 300mA
RELES		31	6,2	192,2	CONTACTOS HASTA 250 VAC 6A
ELEMENTOS DE CONEXIÓN	----	-----	-----	200	CABLE. BORNERAS. ETC
				<b>TOTAL</b>	<b>4824,2</b>

En la **Figura 3.5** se muestra el controlador lógico programable PLC Siemens S7-200, CPU 226 AC/DC/Relay , el cual cumple con las características mencionadas en la **Tabla 3.5**

**FIGURA 3.5** PLC Siemens S7-200, CPU 226 AC/DC/Relay



**Elaborado por:** Grupo de Investigación

### ***3.4.2 Módulos de expansión del plc.***

Una vez seleccionado el PLC, el cual se puede expandir sus entradas y salidas, se implementó un módulo al controlador lógico programable (PLC). Esto con el fin de cumplir con los requerimientos del sistema para su debido control.

**FIGURA 3.6** Módulo de entradas digitales EM221 DI 8x24 VDC.



**Elaborado por:** Grupo de Investigación

### ***3.4.3 Placa electrónica de optoacopladores y triac's***

**DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL** El circuito de control tiene como función principal aislar las salidas del plc y el circuito de potencia, para esto a continuación se realiza la selección del dispositivo con mayor grado de

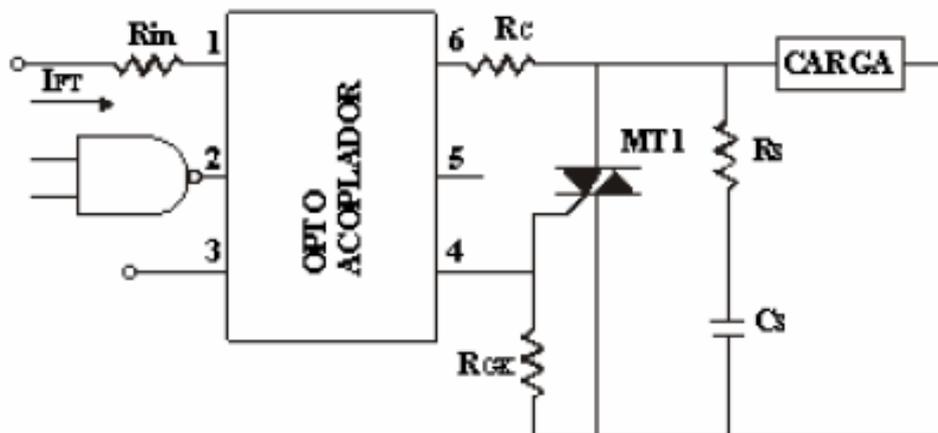
confiabilidad. Se escogerán dos dispositivos electrónicos diferentes para realizar el análisis de selección (Tabla 3.6).

**Tabla 3.6** Selección de elemento principal del circuito de control.

PARAMETROS	OPTOACOPLADORES	RELES
Resistencia física	3	7
Características de alimentación	5	5
Costo	5	5
Fiabilidad	7	3
Tiempo de respuesta	8	2
Nivel de ruido	8	2
<b>PUNTUACIÓN</b>	<b>36</b>	<b>24</b>

De acuerdo a la tabla 3.6 se eligió realizar el circuito mediante la utilización de optoacopladores y triacs. El dispositivo semiconductor de potencia debe ser elegido de tal modo que soporte los picos de potencia originados en la conmutación de estas cargas, que con frecuencia suelen ser elevados.

**FIGURA 3.7** Circuito optoacoplador



**Elaborado por:** Grupo de Investigación

**Cálculos:** Para el diseño se tomarán en cuenta el optoacoplador MOC3020 con opción a ser reemplazado por el MOC 3021 y el triac BTA08 600C.

La resistencia denominada RC en el circuito de la **figura 3.7**, limita la corriente a través del optoacoplador. El máximo valor de la corriente permitida, es decir, la corriente de pico ITSM, determina el valor mínimo de RC. Considerando una tensión de red de 110V, cabe esperar un pico de tensión VIN (pk).

$$V_{in(pk)} = 110\sqrt{2}$$

$$V_{in(pk)} = 155.56 V$$

Con lo cual, se obtiene el valor de RC (min)

$$R_{c(min)} = \frac{V_{in(pk)}}{ITSM}$$

$$R_{c(min)} = \frac{155.56V}{100mA}$$

$$R_{c(min)} = 1555.5$$

El valor ITSM = 100 mA se obtiene en las hojas de características. El valor máximo de RC se calcula de forma que permita el paso de la corriente de disparo del triac IGT, asegurando entre los extremos de este, la tensión máxima de pico en estado de conducción, VTM y para la tensión por encima de la cual no se produce el disparo del dispositivo VIH. En las características dadas para el Optoacoplador MOC3020 y para el Triac BTA08 se tiene que: VIH = 40V, VTM = 2.5V y que IGT = 5-50mA. Por lo tanto

$$R_{c(max)} = \frac{V_{IH} - V_{TM}}{IGT}$$

$$R_{c(max)} = \frac{(40 - 2.5)V}{50mA}$$

$$R_{c(max)} = 750 \Omega$$

Por lo tanto el valor máximo de Rc sería 750 en el caso de que el voltaje en los extremos del triac mínimo fuera de 40V. En este diseño el voltaje en los extremos del triac es 155.56V.

$$RC(max) = \frac{VIH - VTM}{IGT}$$

$$RC(max) = \frac{(155.56 - 2.5)V}{50mA}$$

$$RC(max) = 3061.2 \Omega$$

Para el cálculo de la resistencia de entrada al optoacoplador se toma el valor de la corriente máxima (IFT) que soporta éste por lo tanto:

$$Rin = \frac{V}{IFT(max)}$$

$$Rin = \frac{12V}{30 mA}$$

$$Rin = 400\Omega$$

$$Rin = \frac{V}{IFT(min)}$$

$$Rin = \frac{12V}{15mA}$$

$$Rin = 800\Omega$$

### 3.5. SELECCION DE TRANSDUCTORES

#### 3.5.1 Sensor de Temperatura

Esta etapa comprende la selección del sensor de temperatura a utilizar, a continuación se realiza un análisis de ventajas y desventajas entre dos dispositivos que cumplen funciones similares, pero poseen diferentes características.

**Tabla 3.7.** Selección del sensor de temperatura

SENSOR DE TEMPERATURA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TERMOCUPLAS	Económicas y robustas	No tienen una alta precisión ( $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ )
	Fáciles de encontrar en el mercado	No pueden extenderse a mas de 10 ó 20 mts
	Cubren amplios rangos de temperatura	Su vida útil se reduce considerablemente al ser expuestas a altas temperaturas
RTD	Alta precisión, de hasta $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	Un poco más costosas que los termopares
	Ideal para bajas temperaturas	Trabajan en un rango de temperatura limitado (máximo $700^{\circ}\text{C}$ )
	Puede ser extendido fácilmente hasta 30 mts. con cable de cobre común	Frágiles, no utilizables en lugares donde haya mucha vibración

Con base a la información de la tabla anterior se utilizará una Termocupla como sensor de temperatura. Termocupla es un dispositivo que convierte una magnitud física en una señal eléctrica. Está constituida por dos alambres metálicos diferentes que unidos, desarrollan una diferencia de potencial eléctrico entre sus extremos libres que es aproximadamente proporcional a la diferencia de temperaturas entre estas puntas y la unión.

**FIGURA 3.8** Termocupla



**Elaborado por:** Grupo de Investigación

La siguiente tabla muestra los diferentes tipos de termocuplas de acuerdo a su rango de medición.

**Tabla 3.8.** Tipos de termocuplas

SIMBOLO	TIPO DE METALES		TEMPERATURA DE UTILIZACION
	( + )	( - )	
T	COBRE	Cobre Niquel	200 °C a 350 °C
J	HIERRO	Cobre Niquel	40 ° C a 750 °C
E	NIQUEL CROMO	Cobre Niquel	150°C a 800°C
K	NIQUEL CROMO	Niquel Aleado	150°C a 1100°C
N	NIQUEL SILICIO CROMO	Niquel Silicio	150°C a 1100°C

Como se puede ver en la tabla 3.8 las termocuplas disponibles para la aplicación del proyecto son tipo T, J y K. Siendo las tipo J y K las más utilizadas en el campo de extrusión y soplado de termoplásticos. Por lo tanto las termocuplas que se utilizarán son del tipo K la cual posee un rango de temperaturas de -150°C a 1100 °C

### **3.6. PLACA ELECTRONICA DE OPTOACOPLADORES Y TRIAC`S**

Esta placa es un circuito de control que se adquirió con el objeto de proteger las salidas del PLC conjuntamente con el circuito de fuerza.

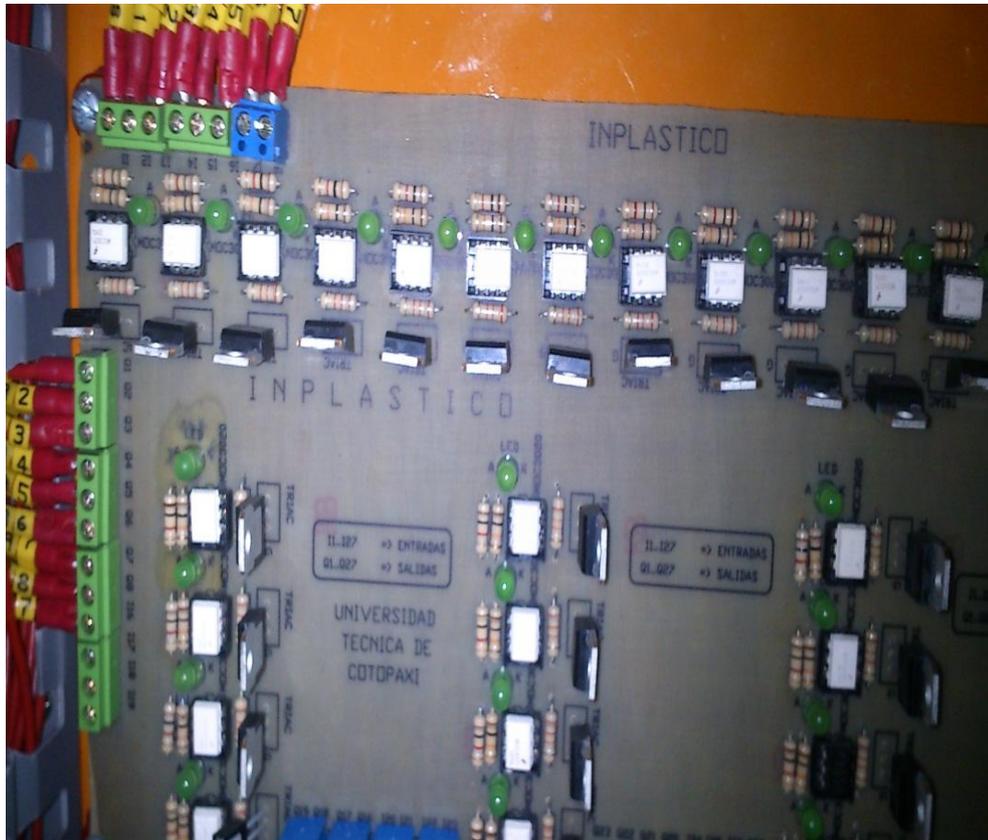
Esta tarjeta electrónica está compuesta de los diferentes dispositivos:

- optoacoplador MOC3020
- triac BTA08 600C
- Resistencias RC

El dispositivo semiconductor de potencia debe ser elegido de tal modo que soporte los picos de potencia originados en la conmutación de estas cargas, que con frecuencia suelen ser elevados.

En la **Figura 3.9** se muestra la placa electrónica conformada por los dispositivos enlistados anteriormente la cual tiene la capacidad de trabajar con mayores voltajes y corrientes con relación a las salidas del PLC.

**FIGURA 3.9** Placa de optoacopladores y triacs



**NOTA:** Circuito electrónico adquirido para el control de la máquina.

### **3.7. FUENTE DE ALIMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL.**

El PLC S7-200 CPU226 posee su propia fuente de 5 VDC para los módulos de ampliación, pero no provee suficiente corriente a 24 CDC para las diferentes entradas y salidas del sistema.

Por tal razón se tuvo la necesidad de adquirir una fuente de alimentación que provea los requerimientos de las entradas y salidas.

En la **Figura 3.10** se muestra la fuente de 8A implementada en el sistema de control para lograr abastecer de corriente en los circuitos.

**FIGURA 3.10 Fuente de alimentación de 24 AC/ DC**

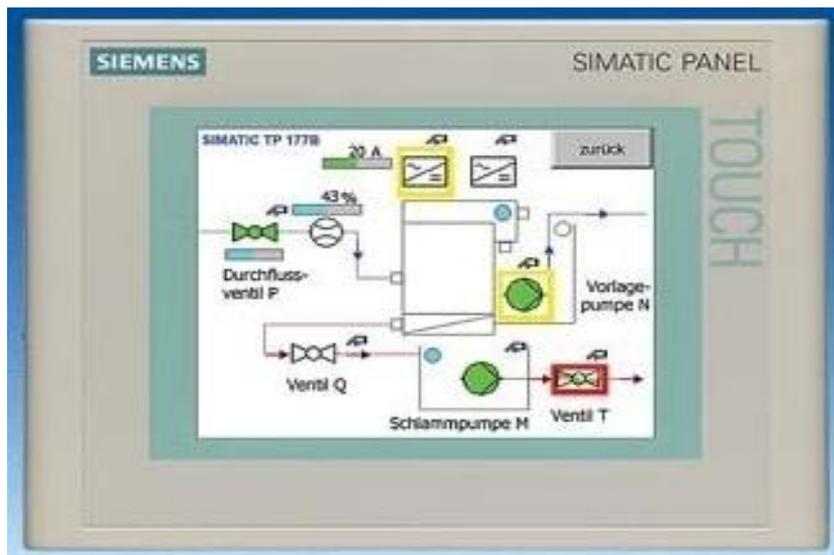


**Elaborado por:** Grupo de Investigación

### **3.8 INTERFACE HUMANO-MAQUINA (HMI).**

La interfaz SIMATIC HMI permite la interacción entre la persona y la máquina, está optimizada para satisfacer sus necesidades específicas de interfaz hombre-máquina utilizando interfaces abiertas y estandarizadas de hardware y software, que permiten una fácil integración en sus sistemas de automatización.

**FIGURA 3.11 Pantalla táctil SIMATIC PANEL TP177 A.**



**Elaborado por:** Grupo de Investigación

A continuación se describen las principales características de esta interface.

- Pantalla tipo LCD táctil.
- Área de pantalla 6”.
- Resolución de 320 x 240 píxeles.
- Pantalla monocromática.
- Pantalla táctil de unidad de entrada tipo resistivo.
- 2 MB de memoria de programa.
- Interfaces de comunicación PPI/DP/MPI, RJ-45, USB.
- Alimentación 24 VDC.
- Consumo constante de corriente de 300 mA.

### ***3.8.1 WinCC flexible***

El software de ingeniería WinCC flexible permite la configuración homogénea de todos los paneles SIMATIC hasta los puestos de visualización basados en PC.

**FIGURA 3.12** WinCC flexible



**Elaborado por:** Grupo de Investigación

### ***3.8.2 Configuración***

La configuración se realiza con la innovadora herramienta de ingeniería SIMATIC WinCC flexible 2005 (Compact o superior).

SIMATIC WinCC flexible representa el perfeccionamiento consecuente de la probada familia ProTool. Los proyectos creados con ProTool se pueden migrar cómodamente a WinCC. A la hora de poner en práctica proyectos OP17, debido a la innovada tecnología de displays, el proyectista tiene que realizar las correspondientes adaptaciones después de la conversión.

Sin embargo, para ello cuenta con el apoyo de WinCC flexible. Si WinCC flexible se abre directamente desde el Administrador SIMATIC, se puede acceder, durante la configuración del panel, directamente a los datos en STEP 7. Esto evita redundancias en la entrada y gestión de datos.

### ***3.8.3 Programación en el software WinCC***

WinCC es un aplicación software IHMI (Integrated Human Machine Interface) que integra el software de controlador de planta en el proceso de automatización. Los componentes de WinCC permiten integrar sin problemas aplicaciones nuevas o ya existentes.

WinCC combina la arquitectura de las aplicaciones de Windows con la programación entornos gráficos, e incluye varios elementos destinados al control y supervisión de procesos.

El entorno de ingeniería de proyectos de WinCC engloba:

**Dibujos** - para diseñar representaciones de planta

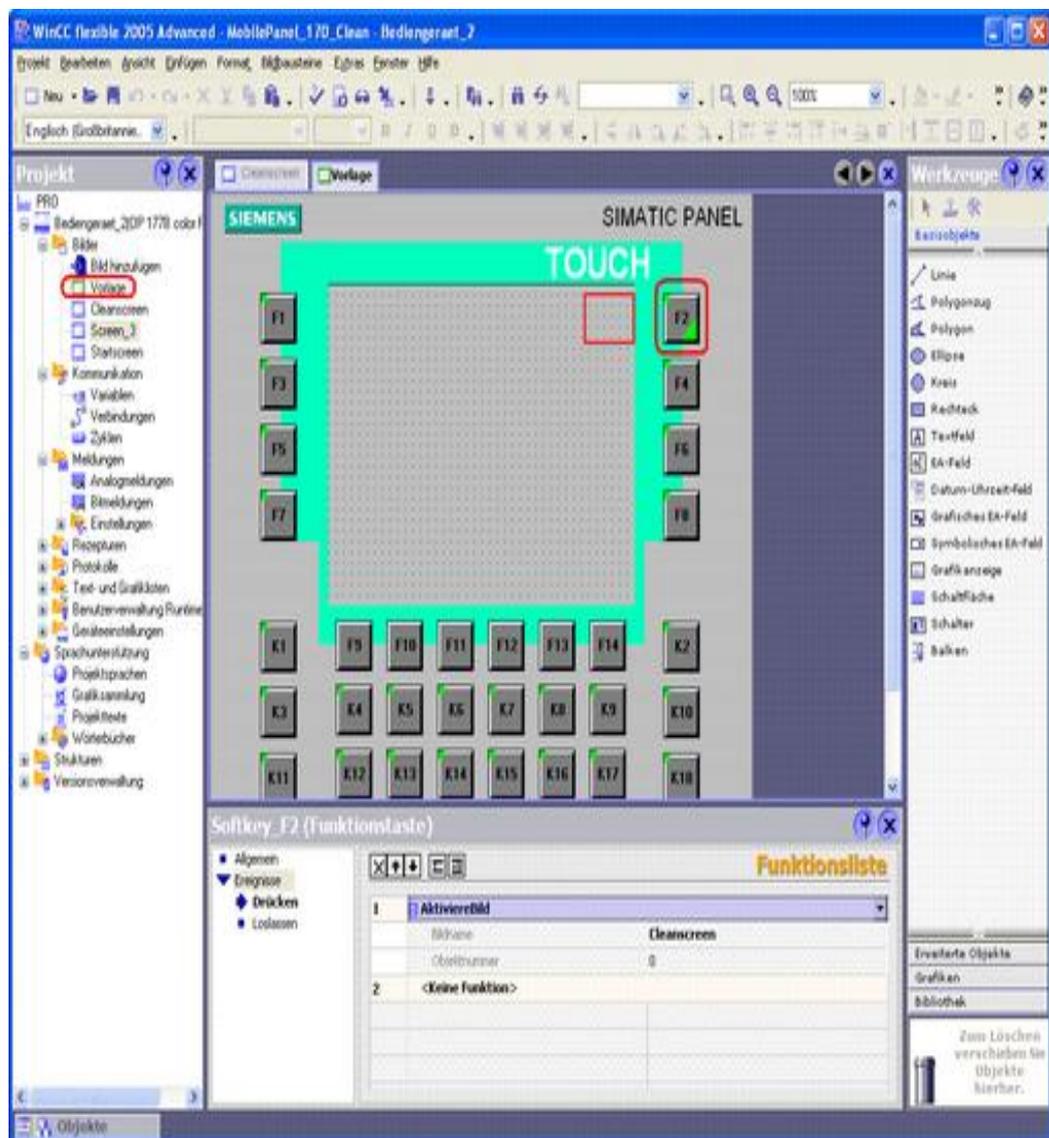
**Estructura de archivos**– para guardar datos/eventos marcados con fecha y hora en una base de datos SQL

**Generador de informes**– para generar informes sobre los datos solicitados  
**Administración de datos**– para definir y recopilar datos de toda la planta

### 3.8.3.1 Ventana de programación WinCC

Permite crear imágenes en distintas ventanas con el objeto que los operarios puedan interactuar con la aplicación directamente en la máquina o desde un centro de control.

FIGURA 3.13 Ventana principal de programación WinCC



Elaborado por: Grupo de Investigación

### 3.8.3.2 Pantalla Principal.

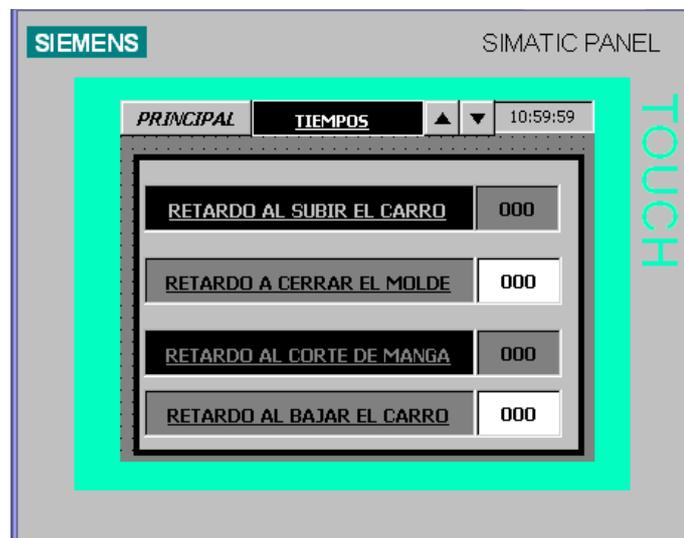
La pantalla principal está constituida por diferentes parámetros que permiten configurar la máquina sopladora de polietileno, estos parámetros contiene accesos en diferentes ventanas con el fin de monitorear y controlar el proceso de soplado de plástico en sus diferentes etapas.



FIGURA 3.14 Pantalla principal de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

### 3.8.3.3 Tiempos.

En esta ventana la pantalla presenta los parámetros de tiempos los cuales se cargan automáticamente de acuerdo al tipo de envase que se haya seleccionado, ya que cada tipo de envase posee diferente tiempo debido a su capacidad.

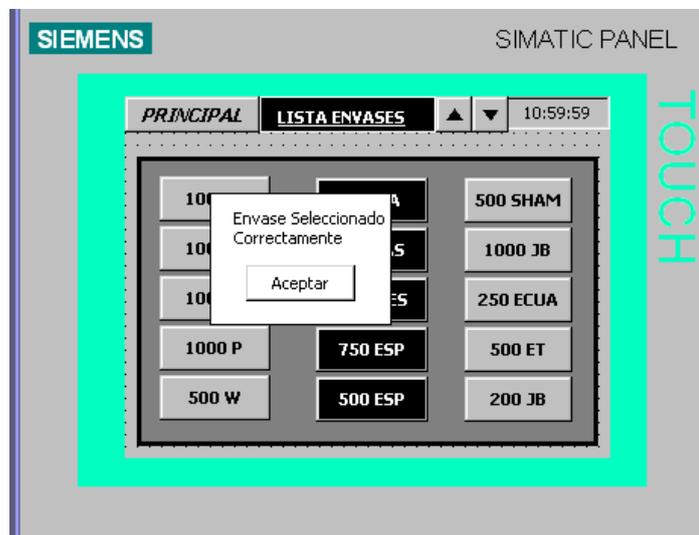




**FIGURA 3.15** Pantalla “Tiempos” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

#### 3.8.3.4 Lista de envases.

La pantalla presenta diferentes tipos de envases que usualmente se fabricarán, estos envases han sido configurados de acuerdo a su capacidad en centímetros cúbicos, lo cual facilitará la selección del tipo de envase que se desea fabricar.

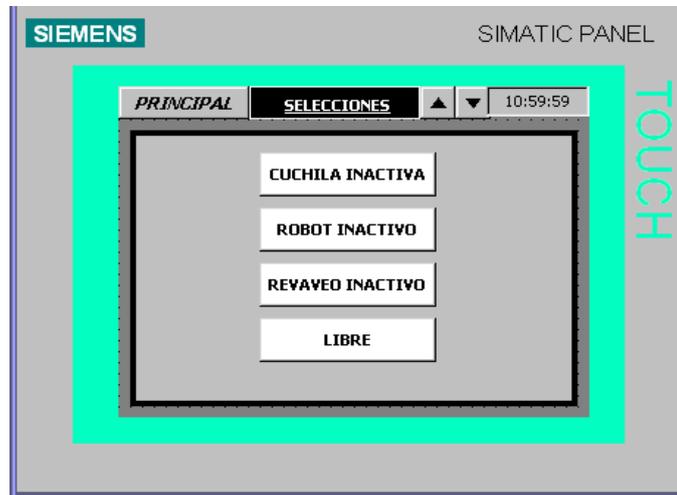


**FIGURA 3.16** Listado de envases

#### 3.8.3.5 Selecciones.

Para la fabricación de los envases la pantalla presenta parámetros adicionales, los cuales facilitarán su elaboración de acuerdo al tipo de envases que se elija, los

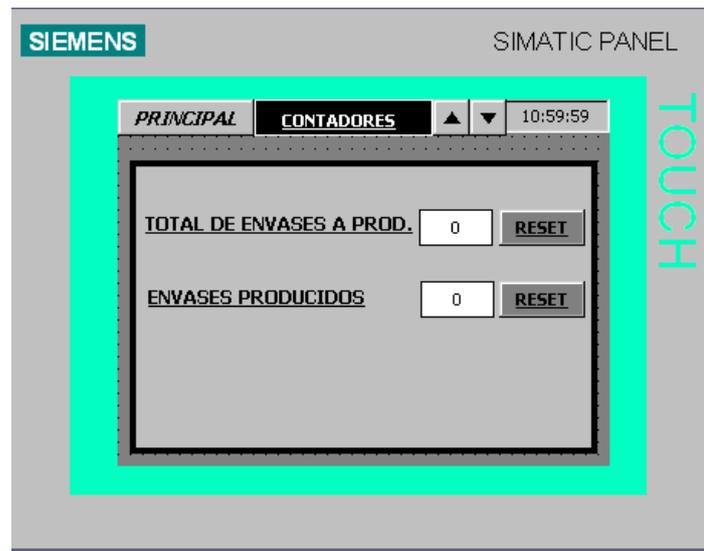
parámetros que serán opcional para el operador pueden ser: cuchilla inactiva, robot inactivo, rebabeo inactivo.



**FIGURA 3.17** Pantalla “selecciones” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

### 3.8.3.6 Contadores.

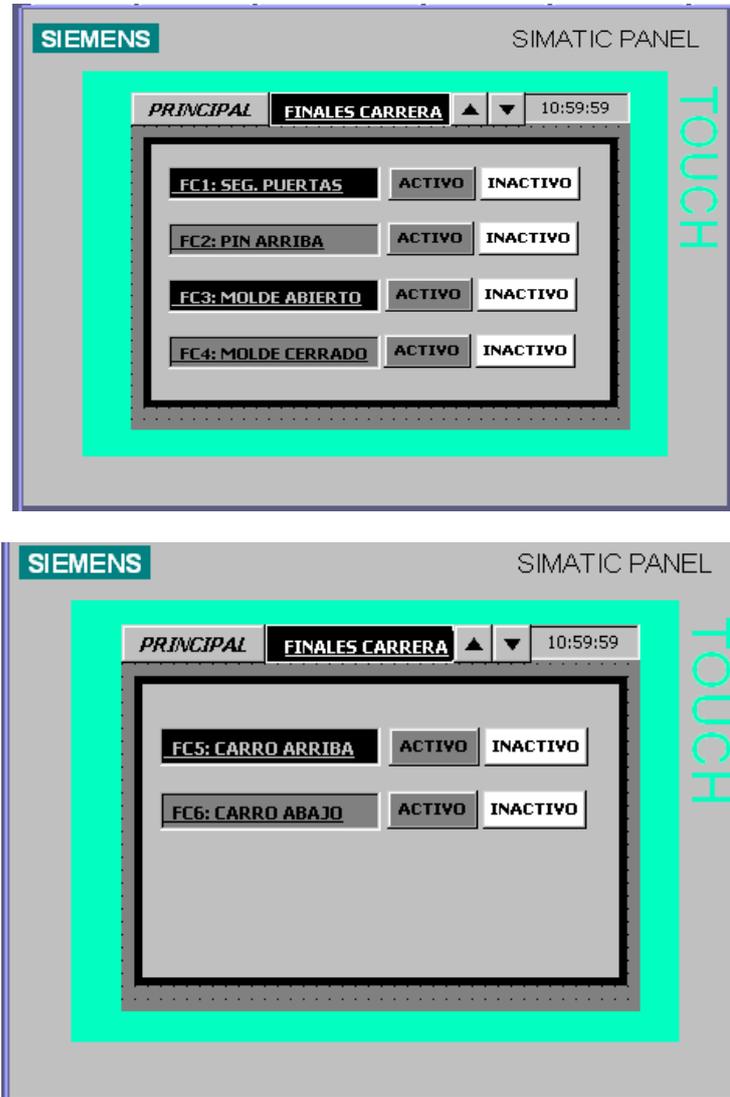
La opción contadores ayuda a contabilizar los envases que el operario requiere fabricar por periodos o a su vez un total de fabricación desde su inicio de elaboración.



**FIGURA 3.18** Pantalla “Contadores” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

### 3.8.3.7 Finales de Carrera.

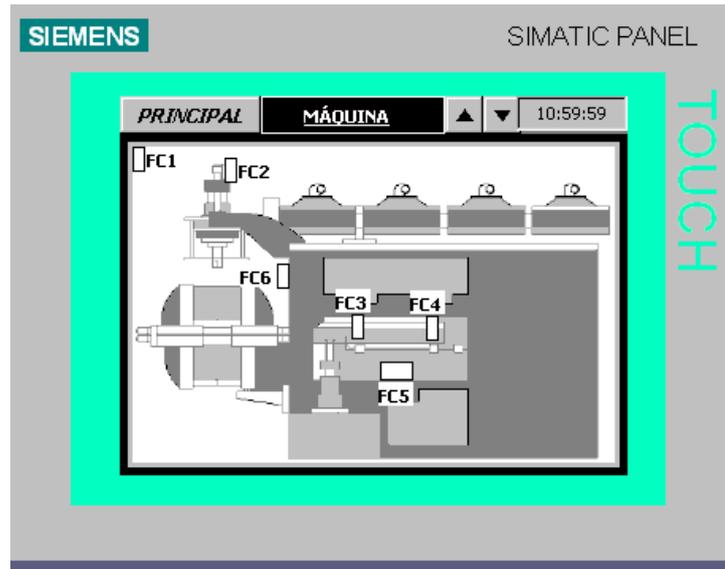
En esta ventana el operario podrá supervisar el correcto funcionamiento de la máquina visualizando el estado de los diferentes finales de carrera instalados en las distintas partes de la máquina.



**FIGURA 3.19** Pantalla “Finales” de Carrera de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

### 3.8.3.8 Estado de Máquina.

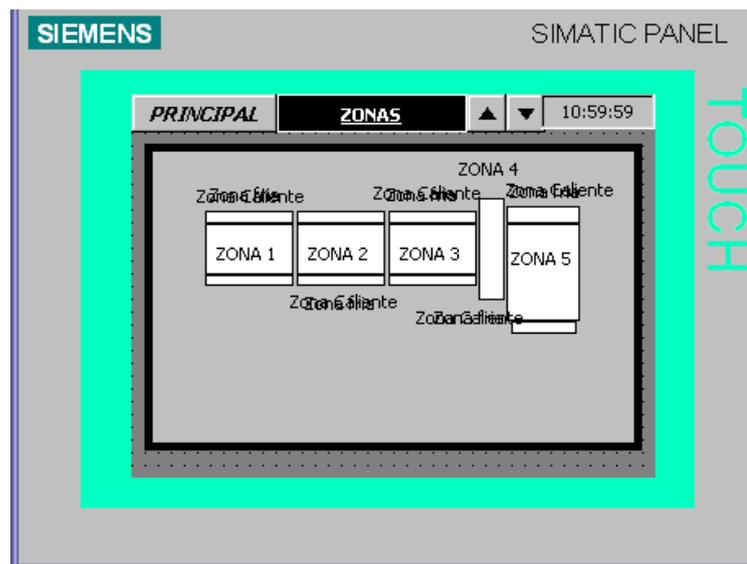
Esta pantalla está diseñada para que el operador pueda visualizar la posición en que se encuentra la máquina, entradas y salidas del PLC. Y de esta manera pueda tener una mejor apreciación de posibles daños en caso de una falla.



**FIGURA 3.20** Pantalla “estado de la máquina” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

### 3.8.3.9 Temperaturas.

En esta pantalla se observa el estado de las temperaturas actuales de las zonas, y además permite editarlos de acuerdo a los requerimientos del proceso. Para una mejor ilustración consta de barras que indican el comportamiento de las temperaturas.



**FIGURA 3.21** Pantalla “Zonas Temperaturas” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

En esta pantalla se puede activar o desactivar las diferentes zonas de calentamiento de la máquina, además permite configurar valores de Set Point (S.P), y visualizar la temperatura de cada zona.

### **3.9 SOFTWARE PROGRAMACION (PLC) STEP 7-MicroWIN**

A continuación se explicará algunas de las opciones del software utilizado para “programar” el autómata.

El software de programación STEP 7 Micro/Win ofrece herramientas que permiten ahorrar mucho tiempo, lo que redundará en un enorme ahorro de costos durante el trabajo cotidiano. El software de programación se maneja de forma análoga a las aplicaciones estándar de Windows. Micro/Win está dotado de todas las herramientas necesarias para programar la serie completa de PLCs S7-200.

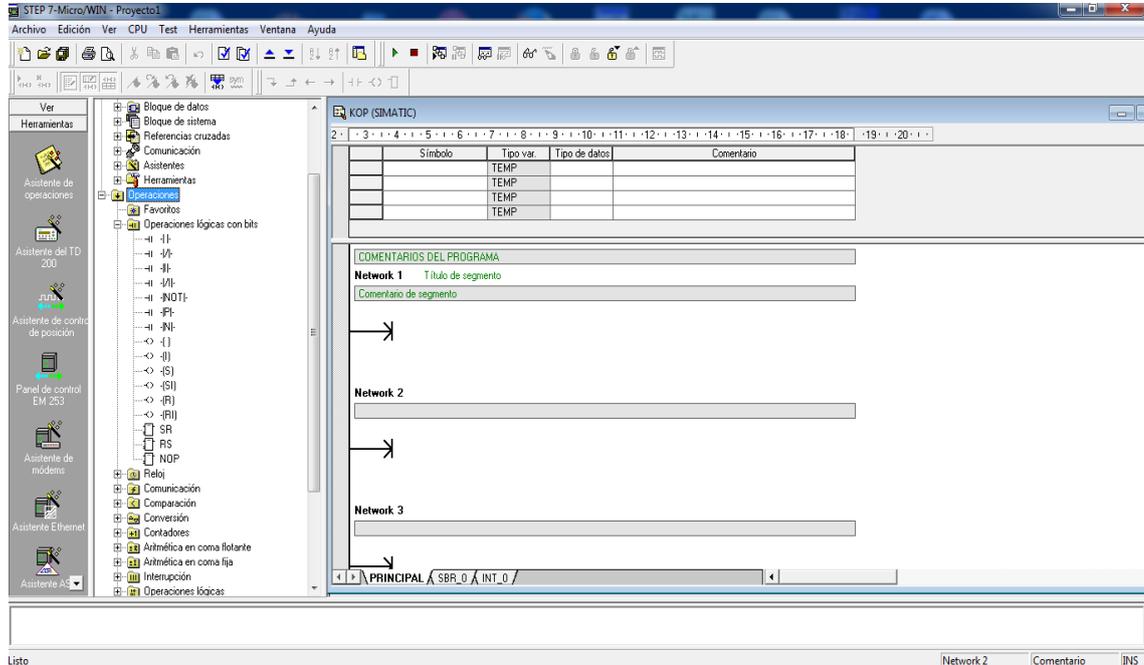
#### ***3.9.1.- Aspecto general***

Como se desprende de la figura, la pantalla se divide en 4 partes principales (además de los menús e iconos de acceso rápido):

- **Barra de navegación:** permite acceder a las opciones más comunes de forma rápida.
- **Árbol de operaciones:** en donde se sitúan todas las órdenes de programación aceptadas por el autómata.
- **Ventana de resultados:** en la que se visualiza el estado de la compilación del programa, errores, etc.
- 
- **Ventana de programación:** situada a la parte derecha y dividida por Networks (líneas de programación). En este lugar elaboraremos el programa que ha de gobernar al PLC.

### 3.9.2 Introducir órdenes

El programa presenta varias maneras de introducir contactos, bobinas o cuadros:



**FIGURA 3.22** Parámetros y conexiones lógicas con bits

- Desde el árbol de direcciones, abriendo las diferentes carpetas existentes dentro de Operaciones.
- O bien a través de los iconos que aparecen como marcados en el dibujo como:
  - 1(contactos) → para insertar entradas
  - 2 (bobinas) → para insertar salidas
  - 3(cuadros) → para insertar funciones ya programadas (contadores, temporizadores, etc...).

#### 3.9.2.1 Conexiones elementos NA-NC

La naturaleza de los elementos que se utiliza en el montaje influye en gran manera en el diseño del programa. Por ejemplo, un sencillo circuito con un botón de marcha que accione un elemento y otro de paro que los desactive.



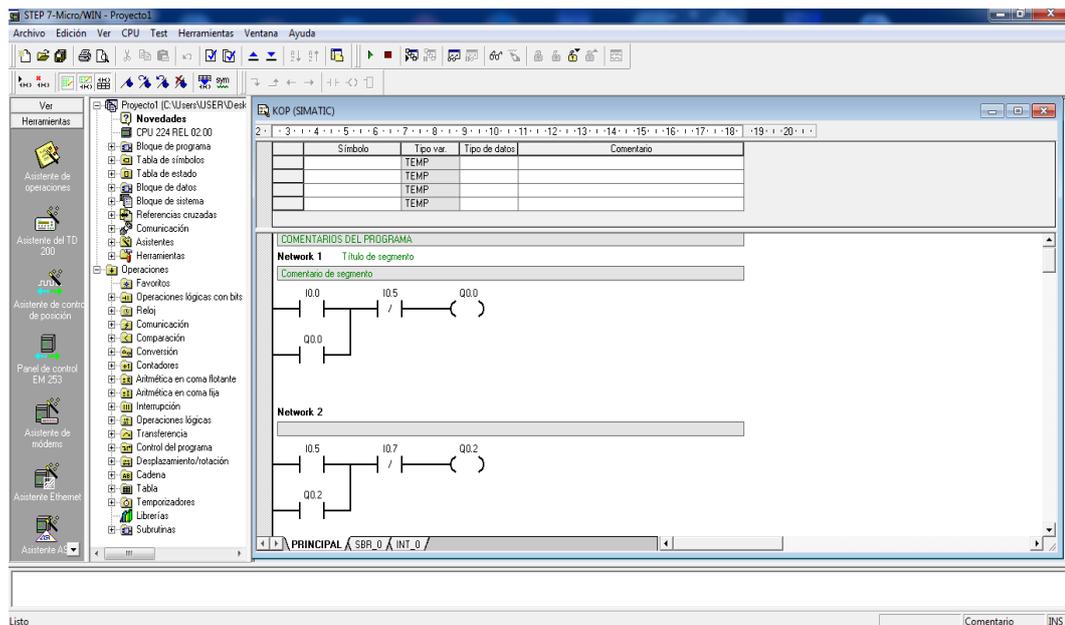
**FIGURA 3.23** Programa principal (arranque y paro)

Según el dibujo anterior, dependiendo de la naturaleza del botón de paro se utiliza una programación u otra.

- **Paro NA.** Debe programarlo cerrado para que permita el paso de la corriente en su estado de reposo e interrumpa la circulación en el momento que se accione.
- **Paro NC.** Se programara abierto, pues será su propia naturaleza la que cierre el contacto durante el estado de reposo, mientras que al presionarlo los contactos se separan impidiendo el paso de corriente.

Una vez introducido el elemento seleccionado, debe darle nombre: para ello debe colocar en los interrogantes situados en la parte superior del elemento y teclear la estructura explicada con anterioridad para entradas y salidas (el resto de elementos serán explicados más adelante).

Para realizar combinaciones (serie, paralelo, mixto.....) de funciones/elementos debe utilizar “**las líneas**”, que permiten realizar ramificaciones a partir de una única línea.



**FIGURA 3.24** Programación sistema escalera

### 3.9.3 Operaciones simatic

#### 3.9.3.1 Marcas

Hasta ahora solamente se había hablado de entradas (I) y salidas (Q). Añadimos un nuevo término llamado **Marca**, cuyo identificador de operando es : **M**.

Al igual que las entradas y salidas, junto con el identificador de operando necesita de un parámetro. Este tiene exactamente la misma estructura que las entradas y salidas.

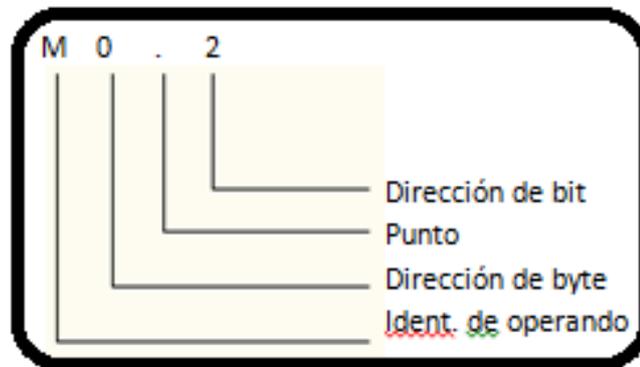


FIGURA 3.25 Composición de marcas

#### Consideraciones:

- Las marcas se utilizan como la memoria de una calculadora de bolsillo, para guardar resultados intermedios.
- Las marcas se utilizan cuando el resultado intermedio de un segmento debe procesarse en otros segmentos o para guardar estados sucesivos evaluados.
- En PLC's, las marcas se utilizan como salidas: su efecto es similar a los relés o contactores auxiliares utilizado en la técnica convencional. una marca puede utilizarse todas las veces que se desee como contacto NA o NC.
- Si se corta la alimentación se pierde el estado de la marca.

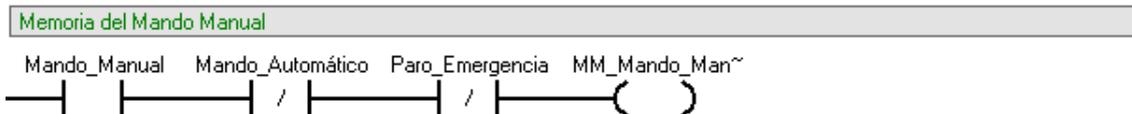
### 3.10 PROGRAMACION DEL PLC.

Antes de realizar el programa de control de la sopladora, es necesario conocer los distintos elementos utilizados, como la designación y nombre de las entradas, salidas, memorias, temporizadores y contadores que se emplearán durante la programación en Step7.

El programa principal incorpora la secuencia general del programa de control para el proceso; pudiendo trabajar la máquina en dos modos: Manual o Automático. A continuación se muestra la programación del PLC..

#### 3.10.1 Descripción física de la programación del PLC en el software STEP 7

##### Network 1 MEMORIAS MANDO MANUAL Y AUTOMATICO

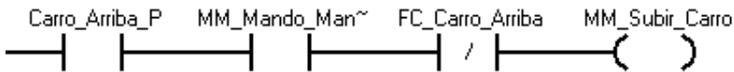


Símbolo	Dirección	Comentario
Mando_Automático	I0.1	
Mando_Manual	I0.0	
MM_Mando_Manual	M1.3	
Paro_Emergencia	I0.3	

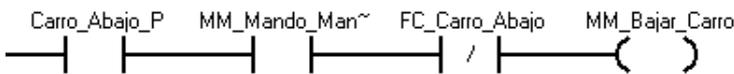
##### Network 2



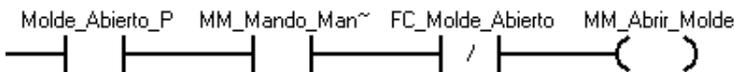
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Seguridad_Puertas	I2.6	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Mando_Automático	I0.1	
Mando_Manual	I0.0	
Paro_Emergencia	I0.3	

**Network 4** TRABAJO DE LA MAQUINA EN MOD0 MANUAL

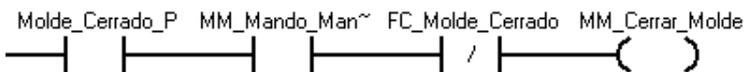
Símbolo	Dirección	Comentario
Carro_Arriba_P	I1.0	
FC_Carro_Arriba	I2.0	
MM_Mando_Manual	M1.3	
MM_Subir_Carro	M0.0	

**Network 5**

Símbolo	Dirección	Comentario
Carro_Abajo_P	I1.1	
FC_Carro_Abajo	I2.1	
MM_Bajar_Carro	M0.1	
MM_Mando_Manual	M1.3	

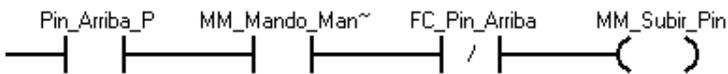
**Network 6**

Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Molde_Abierto	I2.2	
MM_Abrir_Molde	M0.2	
MM_Mando_Manual	M1.3	
Molde_Abierto_P	I1.2	

**Network 7**

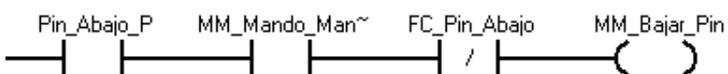
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Molde_Cerrado	I2.3	
MM_Cerrar_Molde	M0.3	
MM_Mando_Manual	M1.3	
Molde_Cerrado_P	I1.3	

### Network 8



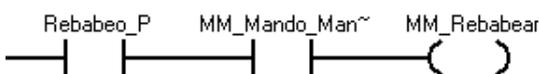
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Pin_Arriba	I2.4	
MM_Mando_Manual	M1.3	
MM_Subir_Pin	M0.4	
Pin_Arriba_P	I1.4	

### Network 9



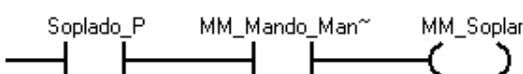
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Pin_Abajo	I2.5	
MM_Bajar_Pin	M0.5	
MM_Mando_Manual	M1.3	
Pin_Abajo_P	I1.5	

### Network 10



Símbolo	Dirección	Comentario
MM_Mando_Manual	M1.3	
MM_Rebabeo	M0.6	
Rebabeo_P	I0.7	

### Network 11



Símbolo	Dirección	Comentario
MM_Mando_Manual	M1.3	
MM_Soplar	M0.7	
Soplado_P	I0.5	

### Network 12



Símbolo	Dirección	Comentario
Cuchilla_P	I0.6	
MM_Activar_Cuchilla	M1.0	
MM_Mando_Manual	M1.3	

### Network 13



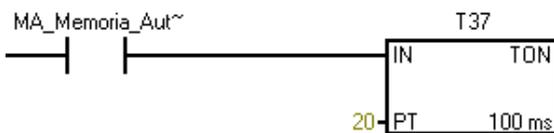
Símbolo	Dirección	Comentario
Brazo_P	I1.6	
MM_Brazo_Robot	M1.1	
MM_Mando_Manual	M1.3	

### Network 14



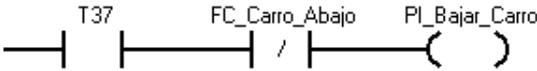
Símbolo	Dirección	Comentario
MM_Mando_Manual	M1.3	
MM_Pinzas_Robot	M1.2	
Pinzas_P	I1.7	

### Network 16 PUNTO DE INICIO



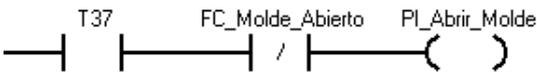
Símbolo	Dirección	Comentario
MA_Memoria_Automat...	M3.3	

### Network 17



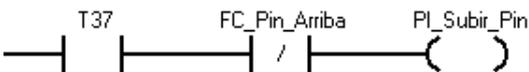
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Abajo	I2.1	
PI_Bajar_Carro	M4.0	

### Network 18



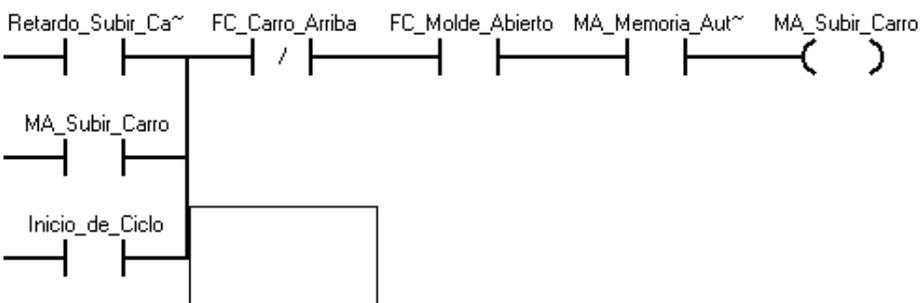
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Molde_Abierto	I2.2	
PI_Abrir_Molde	M4.1	

### Network 19



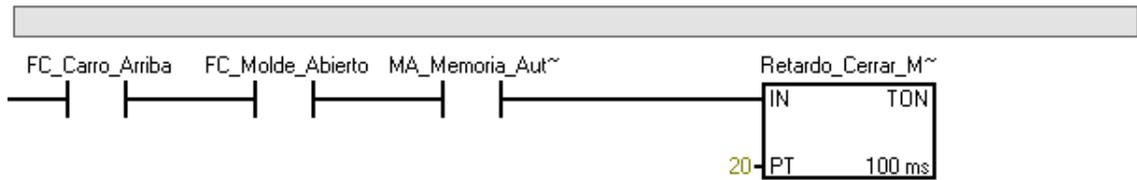
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Pin_Arriba	I2.4	
PI_Subir_Pin	M4.2	

### Network 21 INICIO DE CICLO AUTOMATICO



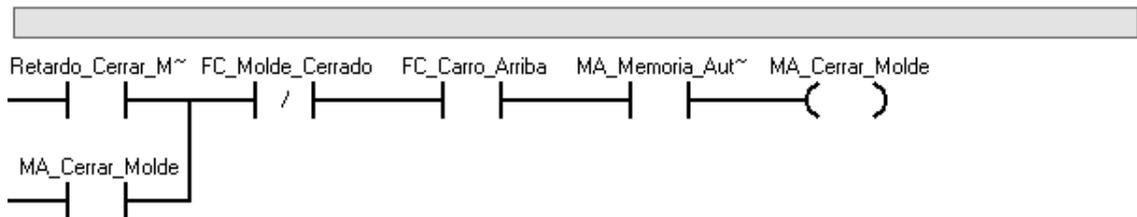
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Arriba	I2.0	
FC_Molde_Abierto	I2.2	
Inicio_de_Ciclo	I0.2	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
MA_Subir_Carro	M2.0	
Retardo_Subir_Carro	T38	

### Network 22



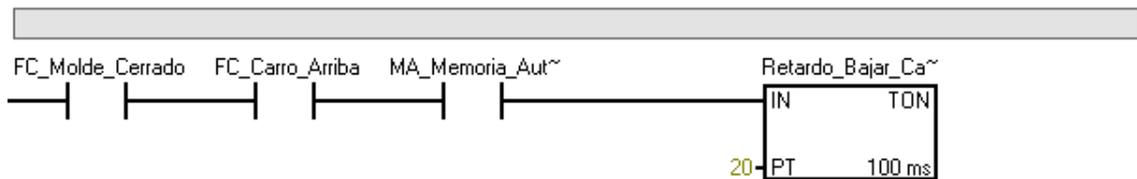
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Ariba	I2.0	
FC_Molde_Abierto	I2.2	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Retardo_Cerrar_Molde	T39	

### Network 23



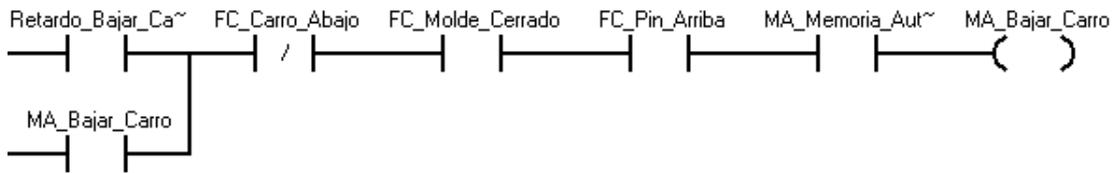
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Ariba	I2.0	
FC_Molde_Cerrado	I2.3	
MA_Cerrar_Molde	M2.3	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Retardo_Cerrar_Molde	T39	

### Network 24



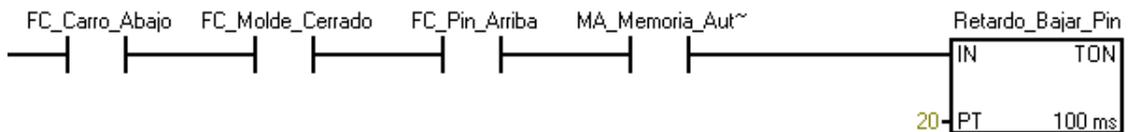
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Ariba	I2.0	
FC_Molde_Cerrado	I2.3	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Retardo_Bajar_Carro	T41	

### Network 25



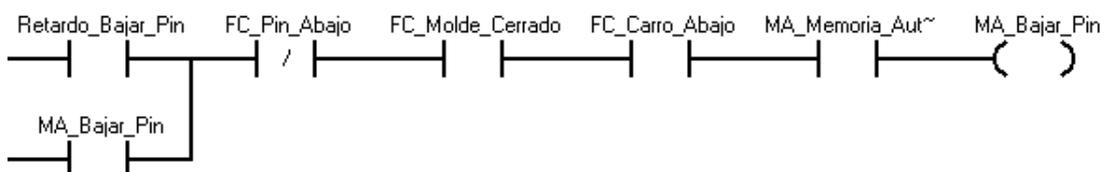
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Abajo	I2.1	
FC_Molde_Cerrado	I2.3	
FC_Pin_Ariba	I2.4	
MA_Bajar_Carro	M2.1	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Retardo_Bajar_Carro	T41	

### Network 26



Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Abajo	I2.1	
FC_Molde_Cerrado	I2.3	
FC_Pin_Ariba	I2.4	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Retardo_Bajar_Pin	T42	

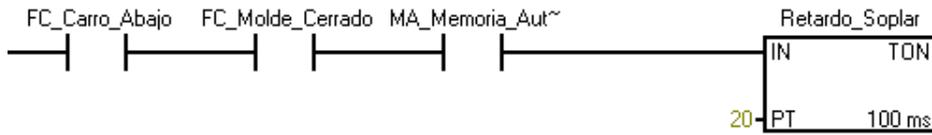
### Network 27



Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Abajo	I2.1	
FC_Molde_Cerrado	I2.3	
FC_Pin_Abajo	I2.5	
MA_Bajar_Pin	M2.5	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Retardo_Bajar_Pin	T42	

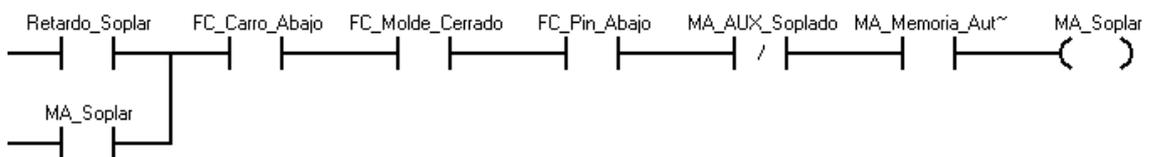
### Network 28

#### SOPLADO



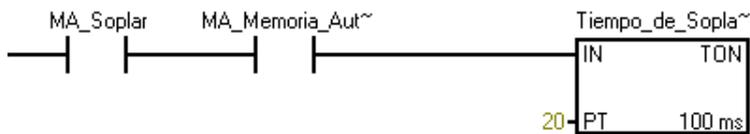
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Abajo	I2.1	
FC_Molde_Cerrado	I2.3	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Retardo_Soplar	T43	

### Network 29



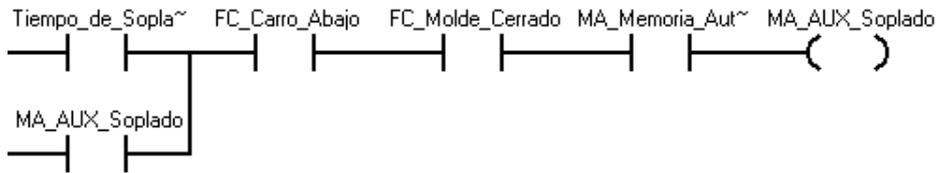
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Abajo	I2.1	
FC_Molde_Cerrado	I2.3	
FC_Pin_Abajo	I2.5	
MA_AUX_Soplado	M3.4	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
MA_Soplar	M2.7	
Retardo_Soplar	T43	

### Network 30



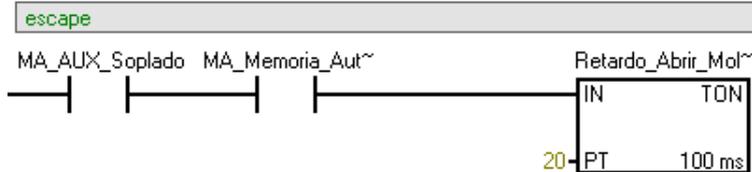
Símbolo	Dirección	Comentario
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
MA_Soplar	M2.7	
Tiempo_de_Soplado	T45	

### Network 31



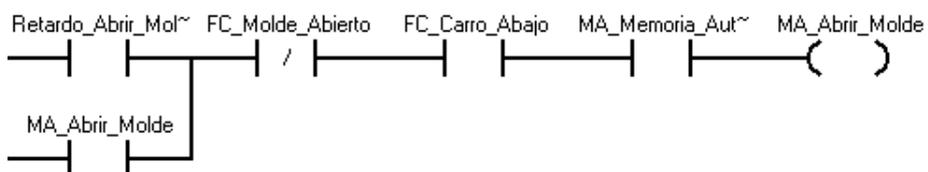
Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Abajo	I2.1	
FC_Molde_Cerrado	I2.3	
MA_AUX_Soplado	M3.4	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Tiempo_de_Soplado	T45	

### Network 32



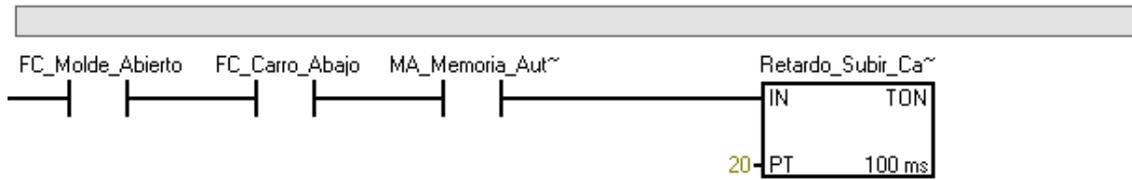
Símbolo	Dirección	Comentario
MA_AUX_Soplado	M3.4	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Retardo_Abrir_Molde	T44	

### Network 33



Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Abajo	I2.1	
FC_Molde_Abierto	I2.2	
MA_Abrir_Molde	M2.2	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Retardo_Abrir_Molde	T44	

### Network 34



Símbolo	Dirección	Comentario
FC_Carro_Abajo	I2.1	
FC_Molde_Abierto	I2.2	
MA_Memoria_Automat...	M3.3	
Retardo_Subir_Carro	T38	

## 3.11. ANALISIS TECNICO ECONOMICO.

### 3.11.1 *Análisis financiero*

El análisis financiero busca obtener algunas medidas y relaciones que faciliten la toma de decisiones, se utilizan ciertas herramientas y técnicas con varios fines, entre los cuales se puede mencionar los siguientes:

- Obtener una idea de la situación financiera futura de la empresa INPLASTICO, así como de las condiciones generales de la misma y de sus resultados que se conseguirán a continuación para ver la factibilidad del proyecto.

### 3.11.2 *Análisis de costos*

Este análisis está basado en la comparación de costo totales de construcción-automatización de la máquina con los costos de fabricación del producto final, esto con el objetivo de establecer una idea de cuan factible llegara a ser la elaboración de este proyecto para la fábrica INPLASTICO, En las tablas que se muestran a continuación se detallan los costos que intervienen en la elaboración de este proyecto.

- a. Materiales utilizados en la automatización de la máquina sopladora de polietileno.
- b. Tabla Lista de materiales utilizado

**Tabla 3.9** Materiales utilizados en la automatización de la máquina sopladora de polietileno

<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>V.UNITARIO</b>	<b>V.TOTAL</b>
1	BREAKER DE 3POLOS DE 100 AMPERIOS	84,04	84,04
3	BREAKERS DE 2 POLOS DE 10 AMPERIOS	13,17	39,51
1	BREAKER DE 2 POLOS DE 16 AMPERIOS	13,17	13,17
1	BREAKER DE 2 POLOS DE 6 AMPERIOS	13,17	13,17
6	PORTAFUSIBLES	5,5	33
6	FUSIBLES RAPIDOS	0,8	4,8
6	RELES DE ESTADO SOLIDO	50	300
1	BREAKER DE 1 POLO DE 4 AMPERIOS	5	5
2	BREAKERS DE 2 POLOS DE 4 AMPERIOS	8,5	17
10	METROS DE CANALETAS	1,15	11,5
5	METROS DE RIEL DIN	4,5	22,5
3	METROS CABLE # 18 FLEXIBLE	0,16	0,48
20	METROS CABLE SOLIDO # 14	0,3	6
20	METROS CABLE SOLIDO # 12	0,47	9,4
20	METROS CABLE SOLIDO # 10	0,74	14,8
10	METROS PARA CABLE DE TEMPERATURA	2,5	25
3	METROS CABLE # 2 THHN	4,95	14,85
20	FUNDAS DE TERMINALES	2	40
20	FUNDAS DE MARQUILLAS	1,8	36
1	PLC SIEMENS S7 200 CPU 226	350	350
1	PANTALLA TACTIL SIEMENS TP 177	800	800
1	TRANSFORMADOR DE 110/ 12 v	4,8	4,8
1	FUENTE DE 24 VDC	100	100
1	PLACA DE OPTOACOPLADORES Y TRIACS	80	80
10	TOPES DE BORNERAS	0,25	2,5
1	CONTACTOR DE 30 AMPERIOS	24,5	24,5
1	CONTACTOR DE 40 AMPERIOS	37,5	37,5
1	GUARDAMOTOR DE 11-17 A	11,5	11,5
1	GUARADAMOTOR 22-27 A MARCA LG	21,25	21,25
1	MODULO DE ENTRADA ANALOGICA	150	150
5	SELECTOR DE 3 POSICIONES	4,5	22,5
6	SELECTORES DE 2 POSICIONES	4,5	27
2	PULSADORES VERDES	2,8	5,6
2	PULSADORES ROJOS	2,8	5,6
1	PARO DE EMERGENCIA	27	27
1	CAJA 15X15	6,5	6,5
2	VENTILADORES 110VAC	28,5	57
6	TERMOCUPLAS TIPO K	5	30
1	TORRE DE ALARMAS	180	180
1	PLACA IMPRESA DE ACERO INOXIDABLE	250	250
<b>TOTAL</b>			<b>2883,47</b>

a. **Otros Gastos**

**Tabla 3.10** Gastos varios

2	CAPACITACION-MANO DE OBRA	600	1200
2	VIAJES E IMPREVISTOS	100	200
2	SERVICIOS PROFESIONALES, CONSTRUCCION ESTRUCTURA METALICA-(MATERIAL)	400	800
<b>TOTAL</b>			<b>2200</b>

**GASTOS TOTALES**

En la tabla 3.10 se muestran los gastos totales tanto de materiales eléctricos como otros gastos como estudio y servicios profesionales.

**Tabla 3.11** Gastos totales

2	GASTOS MATERIAL ELECTRICO	2883.47
2	GASTOS VARIOS	2200
<b>TOTAL</b>		<b>5083.47</b>

Todos los gastos concluyen una inversión de 5083,47 dólares, con lo cual se procederá a realizar el flujo de caja para establecer la viabilidad del proyecto de construcción-automatización de la máquina sopladora de polietileno.

**DATOS HISTORICOS DE LA FABRICACION DEL ENVASE 1000 N**

En la tabla 3.12 se muestra los gastos que se toman en cuenta para la elaboración de los envases plásticos, en este caso se tomó los datos históricos de fabricación del envase 1000 N.

**Tabla 3.12** Detalle de los envases de fabricación 1000 N históricos

<b>FABRICACION DE ENVASES HISTORICOS</b>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO \$</b>
Materia prima(saco polímero) 25 kg	40
Mano de obra	60
Consumo de energía por unidad	9.54
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>100</b>

<b>TIEMPO DE FABRICACION</b>	<b>4 HORAS</b>
<b>CANTIDAD DE ENVASES</b>	550

MANO DE OBRA POR LAS 4 HORAS DE FABRICACION	
DESCRIPCION	COSTO \$
OPERARIO	3
TECNICO	3
SECRETARIA	3
DESPACHADOR	3
CONTROL DE CALIDAD	3
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>

VENTAS ENVASES	
DESCRIPCION	COSTO \$
ENVASE POR UNIDAD	0,19
<b>COSTO TOTAL POR</b>	<b>104,5</b>

AÑO 2009-2014	
GANANCIAS ADQUIRIDA	
POR SACO (4 HORAS)	4,5
POR SACO (POR DIA 4 SACOS)	18
POR SACO (ANUAL)	4320

### DATOS ACTUALES DE FABRICACION DEL ENVASE 1000 N

En la tabla 3.13 se muestra los gastos que se toman en cuenta para la elaboración de los envases plásticos, en este caso tomamos los nuevos datos del envase 1000 N, el cual nos ayuda a comprobar nuestra rentabilidad en el proyecto.

**Tabla 3.13 Detalle de producción de envases 1000 N actual**

FABRICACION ACTUAL DE ENVASES	
DESCRIPCION	COSTO \$
Materia prima(saco polímero) 25 Kg	60
Mano de obra	69
Consumo de energía por unidad	7.16
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>129</b>

<b>TIEMPO DE FABRICACION</b>	<b>3 HORAS</b>
CANTIDAD DE ENVASES	620

MANO DE OBRA POR LAS 4 HORAS DE FABRICACION	
DESCRIPCION	COSTO \$
OPERARIO	4
TECNICO	5
SECRETARIA	5
DESPACHADOR	4
CONTROL DE CALIDAD	5
TOTAL	23

VENTAS ENVASES	
DESCRIPCION	COSTO \$
ENVASE POR UNIDAD	0.22
COSTO TOTAL POR	136,4

### 3.11.2.1 Flujo de caja.

A continuación se realizó una proyección estimada de 2 años para así conseguir el flujo de caja de la empresa durante este periodo y con el objetivo de establecer la factibilidad de este proyecto.

Tomando datos estadísticos de la empresa se procederá a realizar el flujo de caja en el periodo de 2 años, considerando un 0,18% de inflación anual, con ello se establecerá las ganancias respectivas sabiendo que se tiene una inversión inicial de 5083,47 dólares.

- Proyección de flujo de caja para 2 años

**Tabla 3.12 Flujo de caja**

AÑO 2015		AÑO 2016	
<b>GANANCIAS ADQUIRIDA</b>		<b>GANANCIAS ADQUIRIDA</b>	
POR SACO (3 HORAS)	7,4	POR SACO (3 HORAS)	7,4
POR SACO (POR DIA 4 SACOS)	29,6	POR SACO (POR DIA 4 SACOS)	29,6
POR SACO (ANUAL)	7104	POR SACO (ANUAL)	7116,78
		INFLACION ANUAL	0.18 %

### 3.11.2.2 Valor presente neto (VPN)

En este proyecto industrial es muy importante analizar la posible rentabilidad del proyecto y sobre todo si es viable o no, ya que se invirtió un capital y se espera obtener una rentabilidad a lo largo de los años. Esta rentabilidad debe ser mayor al menos que una inversión con poco.

En este caso se hace una estimación de los ingresos de la empresa durante cinco años, para que el proyecto sea rentable el VPN tendrá que ser superior a cero, lo que significará que se recuperará la inversión inicial y tendremos más capital que si lo hubiera puesto a renta fija.

La fórmula es:

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci}}{(1+D)^i}$$
$$VPN = -5083.47 + \frac{7104}{(1+0.1276)^1} + \frac{7116,78}{(1+0.1276)^2}$$

$$VPN = 6813,82$$

Se obtiene el Valor Actual Neto (VAN) a una tasa definida.

$K_0$  = Inversión inicial

$F_{ci}$  = Flujo de caja en el año  $i$

$D$  = Tasa de descuento real utilizada

$i$  = Numero de periodo de vida del proyecto.

### 3.11.2.3 Tasa interna de retorno (TIR).

La tasa interna de retorno es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los *flujos netos de efectivo* dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje. También es conocida como Tasa crítica de rentabilidad cuando se compara con la tasa mínima de rendimiento requerida (tasa de descuento) para un proyecto de inversión específico.

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fci}{(1+TIR)^i}$$

$$VPN = -5083,47 + \frac{7104}{(1+TIR)^1} + \frac{7116,78}{(1+TIR)^2}$$

$$TIR = 18\%$$

#### 3.11.2.4 Evaluación del proyecto

##### Interpretación

De acuerdo a las **tablas 3.15** se obtuvo los siguientes resultados, concluyendo que la inversión que se empleó para este proyecto es totalmente factible, el mismo que se logrará recuperar en el primer año de operación de la máquina sopladora de polietileno.

**Tabla 3.13** Resultado de análisis

VPN	TIR	FACTIBILIDAD
6813,82	18%	SI

### 3.12 CONCLUSIONES

- La repotenciación de la máquina sopladora de polietileno se realizó mediante el uso de un PLC y un panel operador siemens (TOUCH PANEL), los cuales cumplieron con todos los parámetros requeridos para que la máquina pueda trabajar adecuadamente y fabricar los envases de plástico.
- Se desarrolló un algoritmo de control migrado al PLC siemens S7-200 CPU 226 que permitió la automatización el proceso de ejecución de la máquina facilitando un fácil manejo al operario.
- Se implementó la pantalla de visualización (SIMATIC) para uso industrial mediante un interfaz hombre máquina de fácil control y en tiempo real.
- Con la repotenciación de la máquina se obtuvo un control y consumo eficiente de energía eléctrica al remplazar todos los dispositivos eléctricos obsoletos que se encontraban en malas condiciones.
- Mediante el sistema HMI implementado se realizó la instalación de una torre de alarmas con el objetivo de identificar cualquier falla de una manera instantánea presentada en la ejecución de la máquina, reduciendo el tiempo de reparación y evitando que la máquina presente paros innecesarios.
- La inversión que se empleó para este proyecto es totalmente factible, el mismo que se lograra recuperar en el primer año de operación de la máquina sopladora de polietileno con un porcentaje del TIR de 18%.

### **3.13 RECOMENDACIONES:**

- Capacitar al personal de mantenimiento y de operación involucrados directa o indirectamente en la manipulación y control de la máquina sopladora de polietileno con el propósito de evitar malas acciones que puedan tomar, dificultado el buen funcionamiento de la máquina y poniendo en riesgo al personal.
- Se recomienda tener un control periódico de la máquina sopladora de polietileno, ya que existen factores que pueden alterar al transcurrir el tiempo de funcionamiento como puede ser la temperatura incrementando el consumo de electricidad y reduciendo la vida útil de los equipo y dispositivos eléctricos.
- En el caso de manipular la programación se recomienda que sea un personal con conocimientos técnicos de los equipos empleados en la automatización debido a que una alteración del programa migrado al PLC puede alterar todo el proceso de fabricación de envases de plástico.
- Realizar un reajuste periódico de contactos tanto del tablero de control como de fuerza debido a que la vibración de la máquina hace que se aflojen tornillos y tuercas de los tableros mencionados provocando puntos calientes los cuales hacen que se quemen los contactos y se paralice la operación de la máquina.

## BIBLIOGRAFIA

- ALE, Damián, “Extrusión”, 27 enero 2015, pág. 104.
- BARONA, Yilmer, “Diseño e implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas sopladoras e inyectora-sopladora de la empresa otorgo Ltda.”, SANTIAGO, Cali, 2011, pág. 39.
- CUADROS, Ángel, “Tesis de grado: Reconstrucción y reconversión de una máquina de extrusión soplado para el laboratorio de procesamiento de plástico”, MEXICO, 2011
- ENRIQUE MANDADO PÉREZ, JORGE MARCOS ACEVEDO, CELSO FERNÁNDEZ SILVA, JOSÉ IGNACIO ARMESTO QUIROGA.( controladores lógicos programables PLC’S 2009)
- FERRET, Juan, “Tesis de grado: Rehabilitación, Operación y Mantenimiento de una Extrusora de compuestos de Polímeros”, ECUADOR 2008, pág. 12
- JOSE LUIS DURAN, HERMINIO MARTINEZ, JUAN GAMIZ, JOAN DOMINGO, ANTONI GRAU (Automatismos eléctricos e industriales; p. 42, 2012)
- JUAN PEREZ CRUZ, MANUEL PINEDA SANCHES. (Autómatas programables 2008)
- LEON, Jaqueline, “Manual de extrusión” , Nov 28 2014, pág. 103
- LOPEZ, José “Motores eléctricos” (2013)
- OCAMPO C. Guillermo L. (Automatismos eléctricos; p. 33, 2010)
- PENTIUM, “Electricidad” 2007, pág. 28
- REYES, “Elementos de protección y mando” (2008) pág. 28
- RODRIGUEZ, Julio “Contactores y Relevadores” 2004, pág. 12
- ROLDAN VILORIA José (Seguridad en las instalaciones eléctricas; p. 34, 2012)
- ROSALES, Eduardo, “Tesis de grado: Proceso de selección, aceptación y calibración de una máquina de extrusión-soplado de plástico para una industria manufacturera de botellas”, GUATEMALA 2003, pág. 1

- RUBIO, Jorge, “Tesis de grado: Diseño construcción y prueba de una extrusora horizontal de tornillo sencillo para polietileno”, BUCARAMANGA, 2009
- SALAZAR, Rene, “Sistemas de control”, MEXICO 2010, pág. 6
- SCHNEIDER ELECTRIC, Manual y catálogo del electricista” (2007), pág. 7
- SOTO, Pilar “Montaje e instalación de cuadros de maniobra y control” 2003, pág. 1
- TELLO CARRERA Víctor Raúl. (Diseño de una sopladora automática para hacer botellas de alta densidad; cap. 3, 2005)
- VILCHES, Enrique, “contactores y actuadores”2011, pág. 7
- YEBRA, Juan, “Sistemas Eléctricos de Distribución”, REVERTE, Barcelona, 2009, pág. 2.

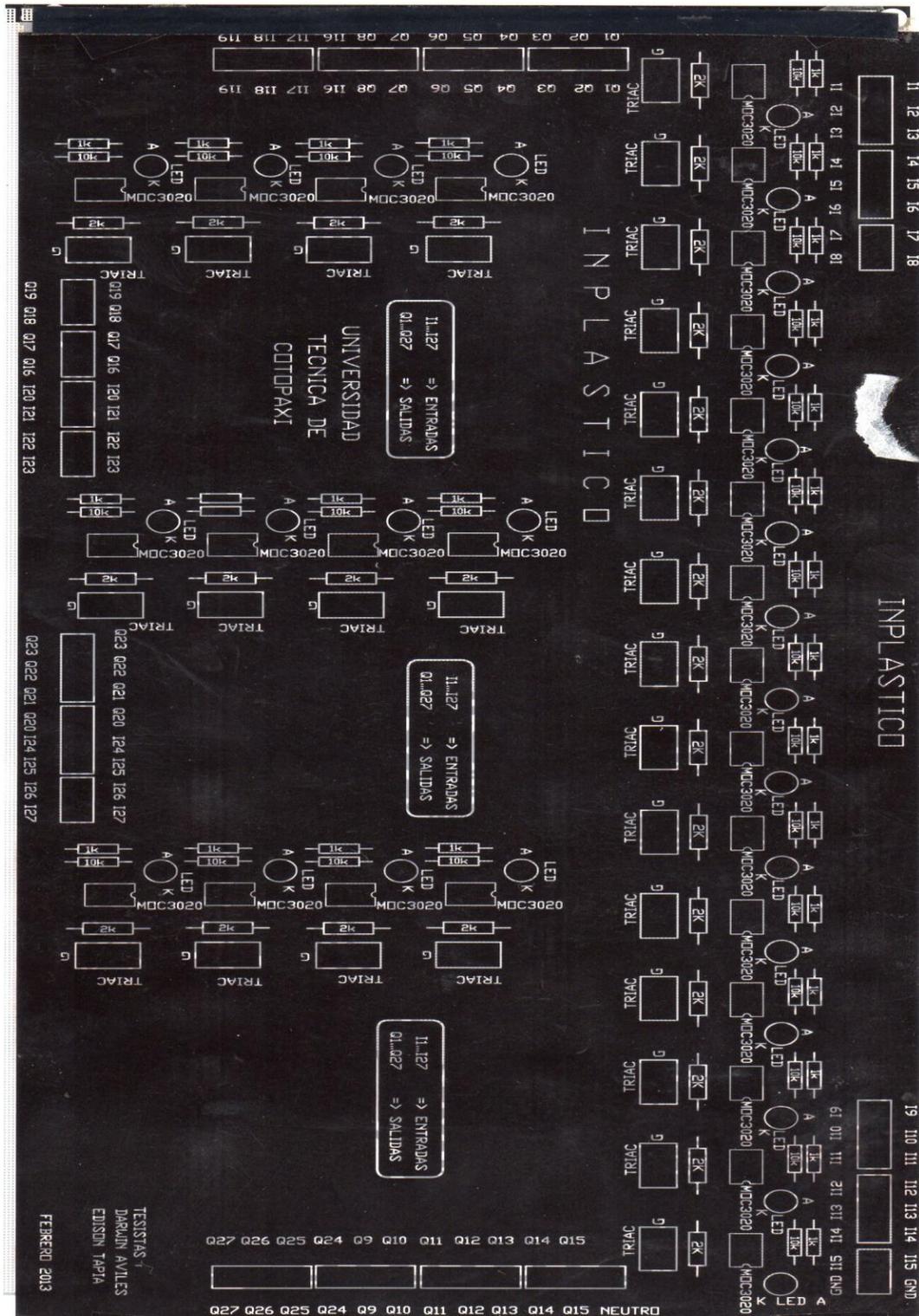
### **Bibliografía Virtual**

- [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/tello\\_c\\_vr/portada.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/portada.html)
- <http://www.venezuelaenplastico.com>
- <https://www.google.com.ec/search?q=CONTACTOR&biw=1366&bih>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9#mediaviewer/File:Rele\\_partes.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9#mediaviewer/File:Rele_partes.jpg)
- <http://www.electricasbc.com/articulo/contenido/15-reles-de-estado-solido>
- <https://www.google.com.ec/search?q=Magnetot%C3%A9rmicos+o+interruptores+autom>
- <http://www.slideshare.net/Jomicast/rels-y-contactores>
- <https://www.google.com.ec/search?q=disyuntor+magnetot%C3%A9rmico&bi>
- <https://www.google.com.ec/search?q=interruptor+diferencial&biw>
- <https://www.google.com.ec/search?q=disyuntor+magnetot%C3%A9rmico&biw>
- [https://www.google.com.ec/?gfe\\_rd=cr&ei=8JJVJvKOM\\_K8gffq4HIDg#q=fusible](https://www.google.com.ec/?gfe_rd=cr&ei=8JJVJvKOM_K8gffq4HIDg#q=fusible)

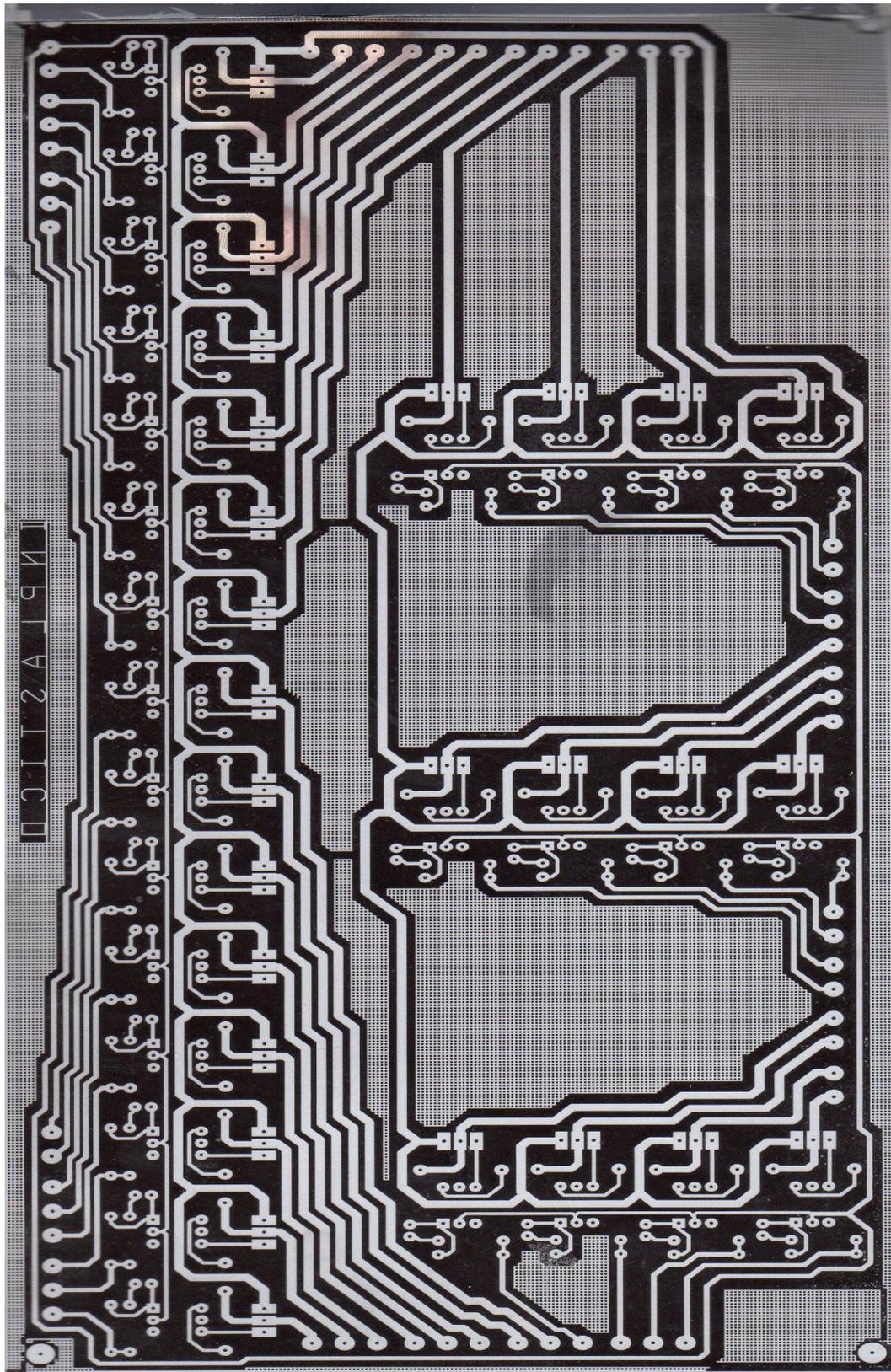
- <http://termocuplas.com.co/web/product/termocupla-con-bayoneta/>
- <http://www.slideshare.net/lonely113/sensores-inductivos-8801776>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>
- <https://www.google.com.ec/search?q=motores+trifasicos+de+induccion&biw>
- <https://www.google.com.ec/search?q=curva+caracteristica+de+par+de+un+motor+de+induccion&biw>
- <https://www.google.com.ec/search?q=conductores+electricos>
- <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/pages/s7200.aspx>
- <https://www.google.com/search?q=plc&biw=1366&bih=624&source>
- [http://www.automation.siemens.com/salesmaterialas/brochure/es/brochure\\_panels\\_es.pdf](http://www.automation.siemens.com/salesmaterialas/brochure/es/brochure_panels_es.pdf).
- <http://www.automatas.org/siemens/wincc.htm>
- pdf tmd-----  
<http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/3250/1/TME01004.pdf>
- partes de la máquina. ALE DAMIAN---
- <https://es.scribd.com/doc/253833387/38/BIBLIOGRAFIA-RECOMENDADA>
- jaque----- <http://es.scribd.com/doc/248512684/Manual-de-Extrusion#scribd>

# ANEXOS

ANEXO N.- 1 PLACA DE OPTO ACOPLADORES.



ANEXO N.- 2 DISEÑO DE LA PLACA DE OPTO ACOPLADORES.



### ANEXO N.-3 FOTOS E IMÁGENES DE LA MAQUINA

- Estructura de la maquina sopladora de polietileno marca MAGIC MP.



- Tablero de potencia de la maquina sopladora de polietileno marca MAGIC MP.



- **Tablero de elementos de control de la maquina sopladora de polietileno**



- **Tablero de control de la maquina sopladora de polietileno**



- Zona de pirómetros y temperaturas de la maquina



- Montaje del sistema repotenciado de la maquina



#### ANEXO N.-4 PLANOS ELECTRICOS