



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**“AUTOMATIZACIÓN DE UNA SOPLADORA DE
POLIETILENO MARCA MAGIC MP MODELO MGL5 ND DE
LA EMPRESA N.S. INDUSTRIAS, PARA OPTIMIZAR LOS
PROCESOS, Y REDUCIR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

**ACOSTA ACOSTA DIEGO ARMANDO
IZA MOLINA OSCAR PAÚL**

Latacunga, Julio del 2013

**ESCUELA POLITÉCNICA DE LEJÉRCITO
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

CERTIFICACIÓN

ING. WILSON SÁNCHEZ. (DIRECTOR)

ING. WILSON TRÁVEZ. (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“AUTOMATIZACIÓN DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO MARCA MAGIC MP MODELO MGL5 ND DE LA EMPRESA N.S. INDUSTRIAS, PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS, Y REDUCIR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN”**, realizado por los Señores: ACOSTA ACOSTA DIEGO ARMANDO e IZA MOLINA OSCAR PAÚL, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomendamos su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empaquetado y UN disco compacto.

Autorizando a los Señores ACOSTA ACOSTA DIEGO ARMANDO E IZA MOLINA OSCAR PAÚL lo entreguen a ING. WILSON SANCHEZ, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

Latacunga, 18 de Julio de 2013.

Ing. Wilson Sánchez

DIRECTOR

Ing. Wilson Trávez.

CODIRECTOR

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, ACOSTA ACOSTA DIEGO ARMANDO
IZA MOLINA OSCAR PAÚL

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“AUTOMATIZACIÓN DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO MARCA MAGIC MP MODELO MGL5 ND DE LA EMPRESA N.S. INDUSTRIAS, PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS, Y REDUCIR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 18 de Julio de 2013.

ACOSTA ACOSTA DIEGO A.

CI: 180390348-1.

IZA MOLINA OSCAR P.

CI: 050289173-2

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, ACOSTA ACOSTA DIEGO ARMANDO
IZA MOLINA OSCAR PAÚL

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “**AUTOMATIZACIÓN DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO MARCA MAGIC MP MODELO MGL5 ND DE LA EMPRESA N.S. INDUSTRIAS, PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS, Y REDUCIR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de NUESTRA exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 18 de Julio de 2013.

ACOSTA ACOSTA DIEGO A.

CI: 180390348-1.

IZA MOLINA OSCAR P.

CI: 050289173-2

DEDICATORIA

A mis Padres, Armando y Mercedes, por todo el inmenso amor, por su incansable apoyo, por ese ejemplo de sacrificio y esfuerzo diario. A mis hermanas, por su compañía y apoyo, por las lecciones de vida impartidas. A todos mis amigos/as por estar siempre conmigo apoyándome en todo momento, también son parte de esta alegría. Y a todos aquellos/as, que han quedado en mi corazón, que también fueron partícipes en este sueño hecho realidad.

¡Gracias!

DIEGO ACOSTA.

Lo dedico a mi madre, por ser mi fuerza y mi inspiración para llegar hasta el final

OSCAR IZA.

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso por darme el don de la vida. A todas las personas muy queridas que ya no están conmigo pero estoy seguro me cuidan desde el cielo. A mis padres Armando Y Mercedes; a mis hermanas Mariela y Silvia; que son y serán siempre la inspiración para alcanzar mis metas, por enseñarme que todo se aprende a lo largo del camino y que todo esfuerzo es como un árbol de raíces amargas, pero de frutos muy dulces. Sus esfuerzos, se convirtieron en sus triunfos y ahora son los míos también, LOS AMO.

A nuestros directores del proyecto por su acertada dirección de la tesis a lo largo de este tiempo.

DIEGO ACOSTA.

A mis padres, mis hermanos, mi familia, por brindarme su apoyo y estar siempre conmigo en cada instante de mi vida.

OSCAR IZA

ÍNDICE DE GENERAL

Contenido	Página
PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE GENERAL.....	vii
INDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ANEXOS.....	xxi

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.	MÁQUINAS SOPLADORAS DE POLIETILENO.....	2
1.2.1.	TIPOS DE MAQUINARIAS SOPLADORAS.....	2
1.2.2.	PARTES PRINCIPALES DE LAS DE MQUINAS SOPLADORAS.....	4
a.	El extrusor.....	4
b.	El impulsor.....	5
c.	El tornillo.....	6
d.	El cabezal extrusor.....	7
e.	El pin de soplado.....	8
1.2.3.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO.....	9
a.	Especificaciones Generales.....	9
b.	Especificaciones de la unidad de soplado.....	10
c.	Especificaciones de la unidad de cierre de moldes.....	10
1.3.	DISPOSITIVOS DE CONTROL ELÉCTRICO.....	10
1.3.1.	ELECTROVÁLVULAS Y SU FUNCIONAMIENTO.....	10
1.3.2.	CILINDROS HIDRÁULICOS.....	11
1.3.3.	ACTUADORES.....	12
a.	Los pistones.....	12
b.	Los motores hidráulicos.....	13
1.3.4.	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	14
a.	Refrigeración por compresión.....	14
1.4.	CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC's).....	15
1.4.1.	INTRODUCCIÓN.....	15
1.4.2.	ESTRUCTURA GENERAL DEL PLC.....	16

1.4.3.	FUNCIONES BASICAS DE UN PLC.....	16
a.	Detección.....	17
b.	Mando.....	17
c.	Programación.....	17
1.5.	PLATAFORMAS DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL.....	17
1.5.1.	INTRODUCCIÓN.....	17
1.5.2.	CARACTERISTICAS.....	18
1.5.3.	PANEL OPERADOR TP 177A DE LA MARCA SIEMENS.....	19
a.	Autómatas Siemens.....	20
b.	Puertos del TP 177A.....	20
1.6.	INTERACCIÓN HUMANO - MÁQUINA (HMI).....	21
1.6.1.	DEFINICIÓN DE HMI.....	21
1.6.2.	CARACTERISTICAS DE UNA HMI.....	22
1.6.3.	SOFTWARE (HMI) SIMATIC WINCC FLEXIBLE.....	22
1.6.4.	ELEMENTOS DE WINCC FLEXIBLE.....	23
1.6.5.	COMUNICACIÓN ENTRE EL AUTÓMATA Y EL PANEL OPERADOR.....	25

CAPÍTULO II

DISEÑO Y SELECCIÓN

2.1.	INTRODUCCIÓN.....	26
2.2.	ESQUEMA DE ELEMENTOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN.....	26
2.3.	CIRCUITO DE FUERZA.....	27
2.4.	DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES.....	29
2.4.1.	DIMENSIONAMIENTO DEL FUSIBLE PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO (IC1).....	29
2.4.2.	DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO (ID1).....	30
a.	Conductor del circuito derivado (Id).....	31

2.4.3.	DIMENSIONAMIENTO DEL GUARDAMOTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO.....	32
2.4.4.	DIMENSIONAMIENTO DEL CONTACTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO (IE1).	33
2.4.5.	DIMENSIONAMIENTO DEL FUSIBLE PARA DEL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS (IC2).....	34
2.4.6.	DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS (ID2).	36
2.4.7.	DIMENSIONAMIENTO DEL GUARDAMOTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS (ID2).	37
2.4.8.	DIMENSIONAMIENTO DEL CONTACTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS (IE2).....	38
2.4.9.	DIMENSIONAMIENTO DEL FUSIBLE PARA DEL MOTOR REGULADOR DE VELOCIDAD (IC3).....	39
2.4.10.	DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR PARA EL MOTOR REGULADOR DE VELOCIDAD (ID3).	41
2.4.11.	DIMENSIONAMIENTO DEL GUARDAMOTOR PARA EL MOTOR REGULADOR DE VELOCIDAD (ID3).	42
2.4.12.	DIMENSIONAMIENTO DEL CONTACTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS (IE3).....	43
2.4.13.	RESUMEN DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y CORTE PARA LOS MOTORES DE LA MÁQUINA MAGIC MP.....	44
2.5.	ZONAS DE TEMPERATURA.	44
2.5.1.	PROTECCIONES DE LAS NIQUELINAS DE 2000 W.	45
a.	Corriente de plena carga (In).	45
c.	Protección del circuito derivado (Ic).	47
d.	Dimensionamiento del dispositivo de corte.	48
e.	Protecciones de las niquelinas de 1500, 1000, 500 Wattios.	49
2.5.2.	RESUMEN DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y CORTE PARA LAS NIQUELINAS DE LA MÁQUINA	

MAGIC MP.....	50
2.6. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	50
2.6.1. PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR PRINCIPAL.....	50
a. Conductor del circuito alimentador (Ia).....	52
b. Protección del circuito derivado (Ic).....	53
2.7.1. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL.....	54
2.7.2. CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL PLC.....	55
a. Número de entradas y salidas del Sistema de Control.....	56
2.7.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	58
2.7.4. MÓDULOS DE EXPANSIÓN DEL PLC.....	61
a. Distribución y datos técnicos del módulo de entradas analógicas para termocúplas.....	62
2.7.5. FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	62
2.7.6. PROTECCIÓN DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	64
a. Corriente de plena carga (Ipc).....	64
b. Conductor del circuito derivado (Id).....	64
c. Protección del circuito derivado (Ic).....	65
2.7.7. INTERFACE HUMANO-MÁQUINA (HMI).....	66
2.7.8. COMUNICACIÓN DE LA PANTALLA TÁCTIL.....	67
a. Comunicación con el Sistema de Control.....	67
b. Comunicación con el medio de programación.....	68
2.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y VISUALIZACIÓN.....	69
2.8.1. Introducción al STEP 7 – MICRO/WIN.....	70
2.8.2. PROGRAMA PRINCIPAL.....	73
a. Adquisición y procesamiento de datos.....	73
b. Manejo de Alarmas.....	73
c. Programa Principal.....	74
2.8.3. PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	74

2.8.4.	SIMULACIÓN DEL PROGRAMA.	75
2.9.	INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE WINCC-FLEXIBLE.	76
2.9.1.	PROGRAMA DE LA INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA.	78
a.	Plantilla.	78
b.	Pantalla Principal.	78
c.	Temperaturas.	79
d.	Tiempos.	80
e.	Finales de Carrera.	80
f.	Estado de Máquina.	81
g.	Selecciones.	82
h.	Contadores.	82
i.	Alarmas.	83
2.10.	Diseño del Tablero de Control.	84

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1.	INTRODUCCIÓN.	85
3.2.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE DIFERENTES ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL SISTEMA.	85
3.2.1.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC.	85
3.2.3.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PANEL OPERADOR SIEMENS MODELO TP177 A.	86
3.2.4.	PRUEBAS DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC Y PANEL OPERADOR.	88
3.2.5.	PRUEBAS DE ADQUISICIÓN DE VALORES DE TEMPERATURA.	89
3.2.6.	PRUEBAS DE ELECTROVÁLVULAS.	90
a.	Hidráulicas.	90
b.	Neumáticas.	90
3.2.7.	PRUEBAS DEL MANEJO DEL PROCESO.	90

3.3.	AJUSTE Y CALIBRACIÓN.	94
3.4.	ANÁLISIS FINANCIERO.....	95
3.4.1.	ANÁLISIS DE COSTOS.	95
a.	Materiales utilizados en la automatización de la sopladora de polietileno.	96
b.	Otros materiales.....	97
3.4.2.	FLUJOS DE CAJA.....	98
3.4.3.	VALOR PRESENTE NETO (VPN).	99
3.4.4.	VALOR ABSOLUTO NETO (VAN).	100
3.4.5.	TASA MÍNIMA DE ACEPTACIÓN DE RIESGO (TMAR).....	100
3.4.6.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).	101
3.4.7.	PERÍODO REAL DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI).	102
3.4.8.	RELACIÓN BENEFICIO - COSTO (RBC).	102
3.4.9.	INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FINANCIERO.....	104

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1	CONCLUSIONES.	105
4.2.	RECOMENDACIONES.....	106
	BIBLIOGRAFÍA	108

ÍNDICE DE FIGURAS.

CAPÍTULO I

Figura 1.1. Máquina sopladora de polietileno marca MagicMp.	3
Figura 1.2. Partes constitutivas de las máquinas sopladoras.	4
Figura 1. 3. (a) Extrusora de la Máquina sopladora de polietileno marca MagicMp. y (b) Representación esquemática del extrusor.	5
Figura 1. 4.(a) Impulsor de la máquina sopladora de polietileno marca Magic Mp y (b) Representación esquemática del impulsor.	6
Figura 1. 5.Tornillo Extrusor.....	7
Figura 1. 6. (a) Cabezal extrusor y cuchilla de la máquina sopladora de polietileno marca MagicMp y (b) Representación esquemática.....	8
Figura 1. 7. Pin de soplado.	9
Figura 1. 8. Funcionamiento de una Electroválvula.	11
Figura 1. 9.Cilindro Hidráulico.....	12
Figura 1. 10. Esquema de un pistón oleo hidráulico.	13
Figura 1. 11. Esquema de un motor oleohidráulico.....	13
Figura 1. 12. Ciclo de refrigeración por compresión.	15
Figura 1. 13. PLC de la marca Siemens.	15
Figura 1. 14. Diagrama en bloques de la estructura de un PLC.	16
Figura 1. 15. Paneles Operadores de la marca Siemens.	18
Figura 1. 16. Panel operador de la marca Siemens, modelo TP 177A. ...	19
Figura 1. 17. Puertos del panel operador marca Siemens, modelo TP 177A.	21
Figura 1. 18. Software WinCC Flexible.	23
Figura 1. 19. Área de trabajo principal del software WinCCflexible.	24
Figura 1. 20. Configuración para programación y comunicación entre pantalla TP177 Micro y PLC S7-200.	25

CAPÍTULO II

Figura 2. 1. Diagrama unifilar de elementos de corte y protección.	27
Figura 2. 2. Sistema de control de la máquina.....	55
Figura 2. 3. PLC Siemens S7-200, CPU 226 AC/DC/Relay.....	61
Figura 2. 4. Fuente de alimentación LOGO de Siemens.	64
Figura 2. 5. Vista exterior de la pantalla táctil SIMATIC PANEL TP177 A.	66
Figura 2. 6. Conector DB-9 y descripción de sus pines.	67
Figura 2. 7. Comunicación entre la HMI y el sistema de control PLC S7-200.	68
Figura 2. 8. Comunicación entre la HMI y el sistema de programación PC.	69
Figura 2. 9. Diagrama de flujo general del sistema.....	70
Figura 2. 10. Ventana Principal de Step7-Micro/Win.	71
Figura 2. 11. Programa de control realizado KOP.	72
Figura 2. 12. Datos de Temperaturas.	73
Figura 2. 13. Selección de modo de operación Manual o Automático. ...	74
Figura 2. 14. Exportar un archivo en Step7.	75
Figura 2. 15. Ventana de introducción al software simatic HMI de la marca Siemens.	76
Figura 2. 16. Ventana principal de WinCC-Flexible.	77
Figura 2. 17. Pantalla principal de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.	79
Figura 2. 18. Pantalla “Temperaturas” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.	79
Figura 2. 19. Pantalla “Tiempos” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.	80
Figura 2. 20. Pantalla “Finales” de Carrera de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.	81
Figura 2. 21. Pantalla “estado de la máquina” de la HMI de la	

ÍNDICE DE TABLAS.

CAPÍTULO I

Tabla 1. 1. Comunicación con el panel operador TP 177A.....	20
Tabla 1. 2. Autómatas siemens protocolos/ perfiles utilizados para la comunicación.	20
Tabla 1. 3. Menús y comandos de WInnCC flexible.	24

CAPÍTULO II

Tabla 2. 1. Datos de placa del motor trifásico impulsor del tornillo.	28
Tabla 2. 2. Datos de placa del motor trifásico impulsor de movimientos.	28
Tabla 2. 3. Datos de placa del motor trifásico regulador de velocidad.....	28
Tabla 2. 4. Dimensionamiento del fusible del motor impulsor del tornillo.....	29
Tabla 2. 5. Comparación de características de los fusibles para el motor impulsor del tornillo.	30
Tabla 2. 6. Dimensionamiento del calibre del conductor del circuito derivado del motor impulsor del tornillo.....	31
Tabla 2. 7. Comparación de características de los conductores para el motor impulsor del tornillo.	31
Tabla 2. 8. Dimensionamiento del guardamotor para el motor impulsor del tornillo.	32
Tabla 2. 9. Comparación de características del guardamotor para el motor impulso del tornillo.	33
Tabla 2. 10. Dimensionamiento del contactor para el motor impulsor del tornillo.	33
Tabla 2. 11. Comparación de características del contactor para el motor impulsor del tornillo.	34
Tabla 2. 12. Dimensionamiento del fusible para el motor impulsor de	

movimientos.....	35
Tabla 2. 13. Comparación de características de los fusibles para el motor impulsor de movimientos.....	35
Tabla 2. 14. Dimensionamiento del calibre del conductor del circuito derivado para el motor impulsor de movimientos.....	36
Tabla 2. 15. Comparación de características de los conductores para el motor impulsor de movimientos.	36
Tabla 2. 16. Dimensionamiento del guardamotor para el motor impulsor de movimientos.	37
Tabla 2. 17. Comparación de características del guardamotor para el motor impulsor de movimientos.	37
Tabla 2. 18. Dimensionamiento del contactor para el motor impulsor de movimientos.....	38
Tabla 2. 19. Comparación de características del contactor para el motor impulsor de movimientos.....	39
Tabla 2. 20. Dimensionamiento del fusible para el motor regulador de velocidad.....	40
Tabla 2. 21. Comparación de características de los fusibles para el motor regulador de velocidad.....	40
Tabla 2. 22. Dimensionamiento del calibre del conductor del circuito derivado para el motor regulador de velocidad.	41
Tabla 2. 23. Comparación de características de los conductores para el motor regulador de velocidad.....	41
Tabla 2. 24. Dimensionamiento del guardamotor del motor regulador de velocidad.....	42
Tabla 2. 25. Comparación de características del guardamotor para el motor regulador de velocidad.....	42
Tabla 2. 26. Dimensionamiento del contactor para el motor regulador de velocidad.....	43
Tabla 2. 27. Comparación de características del contactor para el motor regulador de velocidad.....	43

Tabla 2. 28. Resumen de dispositivos de protección y corte de motores.....	44
Tabla 2. 29. Datos nominales de las niquelinas.....	45
Tabla 2. 30. Corriente de plena carga de las niquelinas.....	46
Tabla 2. 31. Dimensionamiento del calibre del conductor de las niquelinas.....	46
Tabla 2. 32. Comparación de características de los conductores para las niquelinas.....	46
Tabla 2. 33. Dimensionamiento del fusible de protección de las niquelinas.....	47
Tabla 2. 34. Comparación de características de los fusibles para protección de las niquelinas.....	47
Tabla 2. 35. Dimensionamiento del relé de estado sólido.....	48
Tabla 2. 36. Comparación de características de relés de estado sólido.....	49
Tabla 2. 37. Resumen de elementos de protección y corte de niquelinas.....	50
Tabla 2. 38. Consumo de la corriente de plena carga del sistema.....	51
Tabla 2. 39. Dimensionamiento del conductor del alimentador principal.....	52
Tabla 2. 40. Comparación de características de los conductores para el alimentador principal.....	52
Tabla 2. 41. Selección del conductor del alimentador principal.....	53
Tabla 2. 42. Dimensionamiento del disyuntor del alimentador principal.....	53
Tabla 2. 43. Selección de la protección térmica del alimentador principal.....	54
Tabla 2. 44. Requerimientos del sistema de control.....	56
Tabla 2. 45. Entradas digitales y su descripción.....	57
Tabla 2. 46. Salidas digitales y su descripción.....	57
Tabla 2. 47. Características PLC Simatic s7-200 CPU 226	

AC/DC/RELAY.	59
Tabla 2. 48. Características PLC Simatic S7-200 CPU 226 DC/DC/DC.....	60
Tabla 2. 49. Consumo de Corriente del Sistema de Control CPU 226 AC/DC/RELAY.	63
Tabla 2. 50. Corriente de plena carga de la fuente del sistema de control.	64
Tabla 2. 51. Dimensionamiento del conductor de la fuente de alimentación del sistema de control.	65
Tabla 2. 52. Comparación de características de los conductores para la fuente de alimentación del sistema de control.	65
Tabla 2. 53. Dimensionamiento del disyuntor.	65

CAPÍTULO III

Tabla 3. 1. Tiempos referenciales del primer envase soplado.....	93
Tabla 3. 2. Temperaturas referenciales.	94
Tabla 3. 3. Lista de materiales utilizados.	96
Tabla 3. 4. Gastos en otros materiales.	97
Tabla 3. 5. Gastos totales en todos los elementos.	97
Tabla 3. 6. Inversión a un año proyectada.....	98
Tabla 3. 7. Proyección del flujo de caja para 5 años.	99
Tabla 3. 8. Rangos de valores para el proyecto.	103
Tabla 3. 9. Rango de valores obtenidos en el análisis financiero.	104

ANEXOS

- ANEXO A:** TABLA DE SELECCIÓN DE FUSIBLE PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO.
- ANEXO B:** TABLA DE SELECCIÓN DE CONDUCTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO.
- ANEXO C:** TABLA DE SELECCIÓN DEL GUARDAMOTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO.
- ANEXO D:** TABLA DE SELECCIÓN DEL CONTACTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO.
- ANEXO E:** TABLA DE SELECCIÓN DE FUSIBLE PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS.
- ANEXO F:** TABLA DE SELECCIÓN DE CONDUCTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS.
- ANEXO G:** TABLA DE SELECCIÓN DEL GUARDAMOTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS.
- ANEXO H:** TABLA DE SELECCIÓN DEL CONTACTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS.
- ANEXO I:** TABLA DE SELECCIÓN DEL FUSIBLE PARA EL MOTOR REGULADOR DE VELOCIDAD.
- ANEXO J:** TABLA DE SELECCIÓN DEL CONDUCTOR PARA EL MOTOR REGULADOR DE VELOCIDAD.
- ANEXO K:** TABLA DE SELECCIÓN DEL GUARDAMOTOR PARA EL MOTOR REGULADOR DE VELOCIDAD.
- ANEXO L:** TABLA DE SELECCIÓN DEL CONTACTOR PARA EL MOTOR REGULADOR DE VELOCIDAD.
- ANEXO M:** TABLA DE SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LAS NIQUELINAS.
- ANEXO N:** TABLA DE SELECCIÓN DEL FUSIBLE DE PROTECCIÓN DE LAS NIQUELINAS.
- ANEXO O:** TABLA DE SELECCIÓN DEL RELE DE ESTADO SÓLIDO

DE LAS NIQUELINAS.

ANEXO P: CARACTERISTICAS PLC S7-200 CPU 226 AC/DC/RELAY.

ANEXO Q CARACTERISTICAS:

- MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES EM221 DI 8X24 VDC.
- MÓDULO DE SALIDAS DIGITALESEM222 8 SALIDAS DIGITALES A RELÉ.
- MÓDULOS DE ENTRADAS ANALÓGICAS EM231 PARA TERMOCUPLAS.

ANEXO R: TABLA DE SELECCIÓN DE CONDUCTOR DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

ANEXO S: MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA SOPLADORA DE POLIETILENO.

ANEXO T: MANUAL DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA SOPLADORA DE POLIETILENO.

ANEXO U: PROGRAMACION PLC S7-200.

ANEXO V: PLANOS ELECTRICOS.

RESUMEN

El presente proyecto surge por la necesidad de optimizar su funcionamiento con la finalidad de incrementar su productividad y brindar seguridad al personal.

En el inicio la maquina estuvo inoperativa casi en su totalidad por el cual se diseñó e implementó un sistema de control y 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.

El sistema de extrusión y soplado están controlados en conjunto por un controlador lógico programable, 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 diferentes envases.

SUMMARY

This project arises from the need to optimize their performance in order to increase productivity and provide safety to employees.

At the beginning the machine was almost completely inoperative by which designed and implemented a monitoring and control system using a touch panel display in order to centralize the process, providing reliability for its operation and maintenance.

The centralized power stage and industrial control in a fully functional board, complying with standards.

The extrusion blow system are controlled jointly by a PLC that after being scheduled to solenoid actuated pneumatic and hydraulic motors, also in solid state relays that control the temperature of the material being used for the preparation of packaging.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES.

1.1. INTRODUCCIÓN.

En la última década la industria del plástico ha desarrollado un notable crecimiento, el mismo que ha ido a la par de un desarrollo tecnológico bastante acelerado, por consecuencia, reemplazando los equipos de operaciones manuales por equipos automáticos, en los cuales su proceso se lo realiza de manera altamente confiable, y sin la mayor participación del hombre, estas máquinas automáticas han desarrollado una industria en donde se ha podido establecer la creación de un producto de alta calidad, reduciendo al mínimo la generación de desperdicios durante su elaboración, además permitiendo su producción en un corto tiempo, y por tanto logrando una alta producción. Esto ha empujado a la industria al estudio de alternativas, a fin de poder automatizar los equipos que a pesar de no contar con los últimos cambios tecnológicos generan un buen servicio, pues en la recuperación de éstos equipos con un perfil que posea la capacidad de competir con los actuales, permitirá un ahorro significativo, tanto en materia prima desperdiciada, y tiempo de fabricación, evitando la adquisición de nuevos equipos, puesto que la simple automatización de éstos, garantiza cubrir las necesidades de la industria.

En la producción de envases de plástico, se pueden usar muchos tipos de materiales tales como el polietileno Tereftalato (PET), polietileno de Alta Densidad (PEAD), policloruro de vinilo (PVC), polietileno de Baja Densidad (PEBD), polipropileno (PP), poliestireno (PS), para producir una amplia variedad de modelos utilizados como envases en la industria del plástico. El

beneficio que se puede obtener de una industria capaz de producir una amplia variedad de tamaños y estilos de envases son obvios, particularmente desde el punto de vista de la comercialización.

Ya que la demanda de envases nunca decrecerá, debido al uso frecuente de éstos y al aumento de los estándares de vida, significa que incrementarán su demanda proporcionalmente a escala mundial.

1.2. MÁQUINAS SOPLADORAS DE POLIETILENO.

Las máquinas de extrusión-soplado de plástico son equipos dedicados a hacer objetos huecos de material termoplástico, con posibilidad de tener paredes con curvas entrantes y salientes, como lo son las botellas. Estas máquinas fueron inventadas alrededor de la década de 1930 y comenzaron a desarrollarse principalmente en Alemania a mediados de la década de 1950, y es allí donde actualmente se encuentran la mayor parte de fabricantes a nivel mundial. A diferencia del proceso de inyección-soplado de plástico que es muy utilizado para botellas como las de aguas gaseosas o envases transparentes, el proceso de extrusión-soplado de plástico es más utilizado para fabricar envases con distintas formas y grosores de pared, con diseños más planos, con posibilidad de hacer envases con agarrador y con capacidad de variar su tamaño sin necesidad de cambiar el molde.

1.2.1. TIPOS DE MAQUINARIAS SOPLADORAS.

Los tipos de maquinaria para la fabricación de botellas dependen del material a utilizar, cantidad de botellas por unidad de tiempo (ciclo) que se desea obtener, tamaño de la botella, exactitud en las medidas, etc. Además éstas dependen directamente del proceso a utilizarse.

Uno de los procesos utilizado en la fabricación de botellas es el de extrusión soplado el cual puede ser de tipo *shuttle*. En la figura 1.1 se puede observar una máquina de extrusión soplado de simple parison destinada para la fabricación de envases de plástico.

El proceso *tipo shuttles* el más versátil de todos, existe un amplio rango de tamaño de máquinas y fabricantes de ellas, puede fabricarse más de una botella a la vez (multiparison), el cuello es muy exacto y los cambios de presentación en la máquina pueden realizarse relativamente rápido. Se trata de un extrusor que forma uno o varios parisons y un molde que se mueve para tomar el parison y llevarlo a una estación de soplado, básicamente.

El **parison** hace referencia a la preforma del material que proviene del extrusor, con dimensiones predeterminadas y regularmente de formatubular.



Figura 1.1. Máquina sopladora de polietileno marca MagicMp.

Fuente: Investigación de campo.

1.2.2. PARTES PRINCIPALES DE LAS DE MÁQUINAS SOPLADORAS.¹

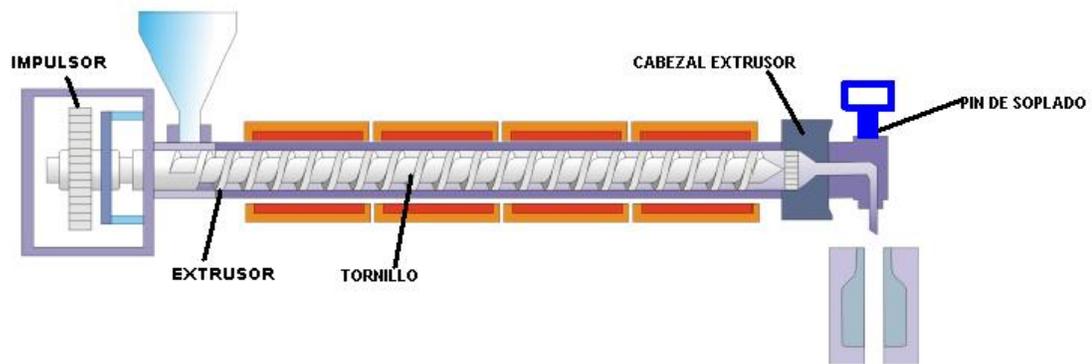


Figura 1.2.Partes constitutivas de las máquinas sopladoras.

- El extrusor.
- El impulsor.
- El tornillo.
- El cabezal extrusor.
- El pin de soplado.

a. El extrusor.

Es el que transporta y plastifica (funde) todos los granos o pellets de resina y los hace fluir, después forma un tubo hueco llamado parison. Ver figura 1.3

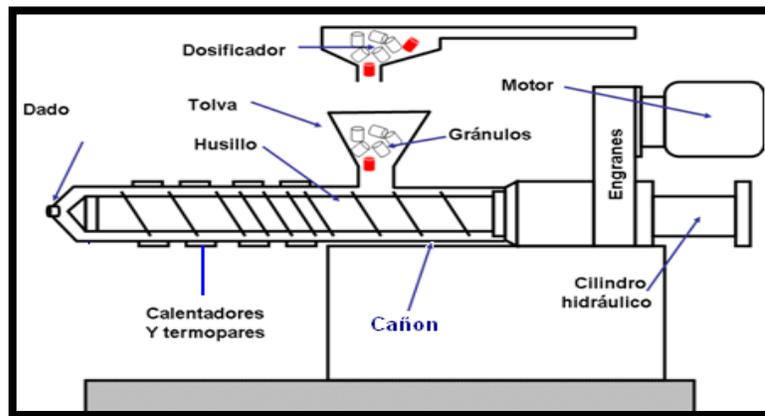
Está conformado básicamente por cuatro elementos principales: el impulsor, el cañón, el tornillo, el cabezal extrusor.

¹Tello, V.R. (2005). *Diseño de una máquina sopladora automática para hacer botellas de alta densidad (HDPE)*. Recuperado desde http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/portada.html



(a) Extrusora de la Máquina sopladora de polietileno marca MagicMp.

Fuente: Investigación de campo.



(b) Representación esquemática del extrusor.

Figura 1. 3. (a) Extrusora de la Máquina sopladora de polietileno marca MagicMp. y(b) Representación esquemática del extrusor.

b. El impulsor.

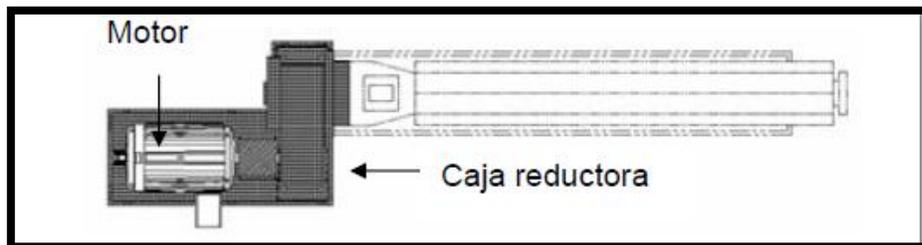
El impulsor mostrado en la figura 1.4, es el elemento cuya función es mover el tornillo extrusor dentro del cañón. Está compuesto de un motor hidráulico o mecánico, con un acople lo suficientemente grandes para proporcionar un

movimiento circular de velocidad variable, con altos niveles de esfuerzo y presiones.



(a) Impulsor de la máquina sopladora de polietileno marca MagicMp.

Fuente: Investigación de campo.



(b) Representación esquemática del impulsor

(c)

Figura 1. 4. (a) Impulsor de la máquina sopladora de polietileno marca MagicMp y (b) Representación esquemática del impulsor.

c. El tornillo.

El tornillo es el elemento móvil del cañón cuya función es transportar la resina de un extremo a otro. Junto con el cilindro del cañón hacen la función

de plastificación o fundición del plástico para formar el parison. El tornillo mostrado en la figura 1.5 generalmente tiene tres secciones longitudinales: alimentación, transición y sección de dosificación.

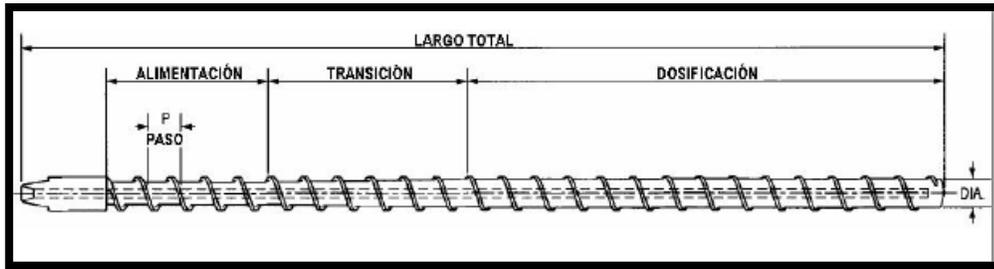


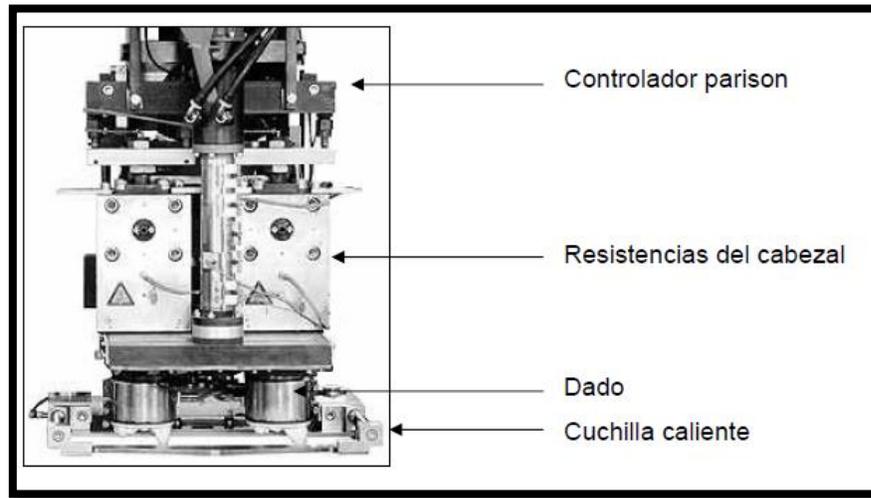
Figura 1. 5.Tornillo Extrusor.

d. El cabezal extrusor.

El cabezal extrusor figura 1.6 es el elemento que va unido a la salida del cañón y su función es dar la forma al parison, así como controlar el grosor de la pared de la manga de plástico la cual va a formar el producto terminado.



(a) Cabezal extrusor y cuchilla de la máquina sopladora de polietileno marca MagicMp.



(b) Representación esquemática.

Figura 1. 6. (a) Cabezal extrusor y cuchilla de la máquina sopladora de polietileno marca MagicMp y (b)Representación esquemática.

e. El pin de soplado.

Se le llama al sistema de este tipo de máquina, éste sopla aire comprimido al parison que está metido dentro de las paredes del molde para que después tome la forma de éste.

El pin de soplado se puede observar en la figura 1.7. Dentro del pin de soplado pasan dos conductos, el del aire comprimido para inflar el parison dentro del molde, y el del circuito de enfriamiento que va a dar hasta la punta de soplado.

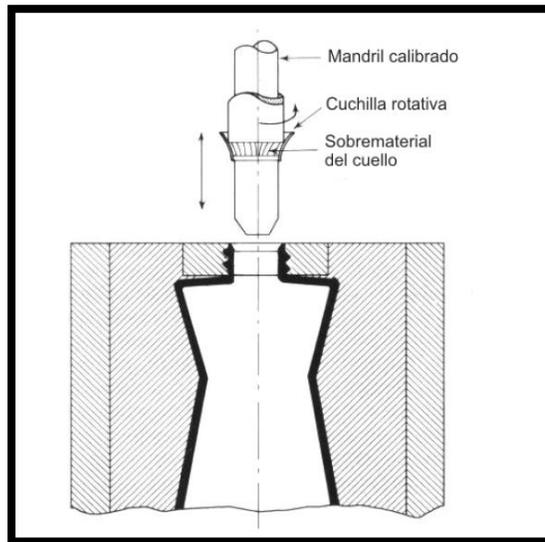


Figura 1. 7. Pin de soplado.

1.2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE UNA SOPLADORA DE POLIETILENO.²

Las especificaciones o características técnicas proporcionadas por el fabricante son aquellas correspondientes al funcionamiento o prestaciones de la máquina, a continuación se nombra las características más importantes dadas por los fabricantes de inyectores de plástico.

a. Especificaciones Generales.

- Potencia del motor eléctrico (HP).Potencia máxima instalada (KW).

²Tello, V.R. (2005). *Diseño de una maquina sopladora automática para hacer botellas de alta densidad (HDPE)*. Recuperado desde http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/portada.html

b. Especificaciones de la unidad de soplado.

- Diámetro del husillo (mm), Relación L/D del husillo.
- Velocidad máxima de rotación del husillo (rpm).
- Potencia instalada del calentamiento del cilindro de plastificación (Kw).
- Potencia del motor hidráulico o eléctrico que acciona el husillo (HP).
- Par máximo del husillo (N-m o Kgf-m).
- Número de zonas de calentamiento del cilindro.

c. Especificaciones de la unidad de cierre de moldes.

- Fuerza de cierre en el molde (TN o KN).
- Mínimo y máximo espesor (altura) del molde (mm).
- Carrera de la platina móvil (mm).
- Distancia entre columnas.

1.3. DISPOSITIVOS DE CONTROL ELÉCTRICO.

1.3.1. ELECTROVÁLVULAS Y SU FUNCIONAMIENTO.³

Diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presóstatos o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

El gráfico de la figura 1.8, muestra el funcionamiento de este tipo de válvula.

³Fundación Wikimedia.inc. (2013). *Electroválvula.Wikipedia.[versión electrónica].Fundación Wikimedia.inc.* Recuperado desde <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Electrov%C3%A1lvula&action=edit§ion=1>

- A- Entrada.
- B- Diafragma.
- C- Cámara de presión.
- D- Conducto de vaciado de presión.
- E- Solenoide.
- F- Salida.

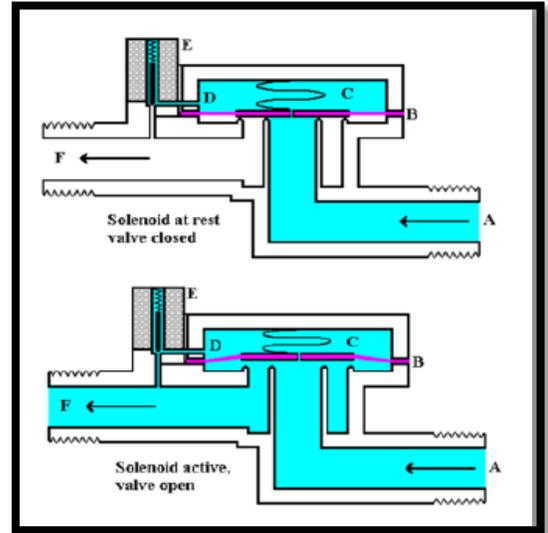


Figura 1. 8.Funcionamiento de una Electroválvula.

1.3.2. CILINDROS HIDRÁULICOS.⁴

Obtienen la energía de un fluido hidráulico presurizado, que es típicamente algún tipo de aceite. El cilindro hidráulico como se aprecia en la figura 1.9, consiste básicamente en dos piezas: un cilindro barril y un pistón o émbolo móvil conectado a un vástago. La cabeza por donde se introduce el pistón, que tiene una perforación por donde sale el vástago.

⁴ Fundación Wikimedia.inc. (2013). *Electroválvula.Wikipedia*. [Versión electrónica]. fundacionWikimedia. Recuperado desde http://es.wikipedia.org/wiki/Cilindro_hidr%C3%A1ulico

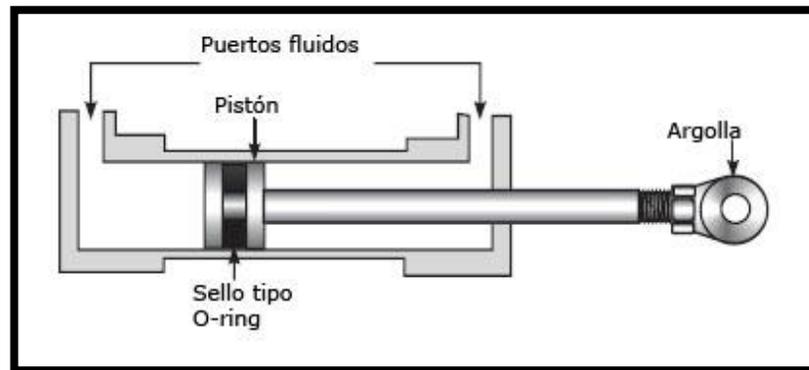


Figura 1. 9.Cilindro Hidráulico.

1.3.3. ACTUADORES.

Los actuadores hidráulicos son los dispositivos finales de un circuito, son aquellos que realizarán las funciones de actuación dentro de la máquina bajo el mando de las válvulas ya mencionadas, los actuadores hidráulicos son:

a. Los pistones.

Son utilizados cuando la energía hidráulica debe convertirse en un desplazamiento lineal de una fuerza, existe una variedad de pistones (de simple efecto, de doble efecto, diferenciales entre otros) y su diferencia radica en el trabajo para el cual están destinados, sin embargo, su principio de funcionamiento es común para todos. La figura 1.10 muestra su esquema.

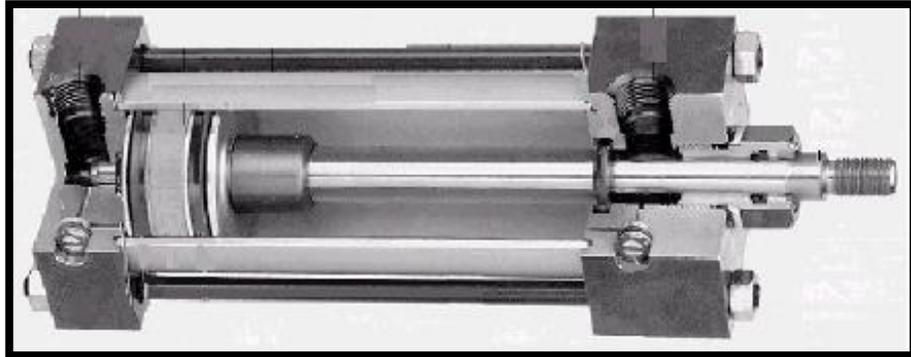


Figura 1. 10.Esquema de un pistón oleo hidráulico.

b. Los motores hidráulicos.

Son aquellos que están encargados de convertir la energía hidráulica en mecánica, esta se refleja en el movimiento rotacional en un eje, tiene muchas ventajas ya que se puede regular fácilmente su velocidad, y poseen un alto torque de trabajo. Esquema mostrado en la figura 1.11.

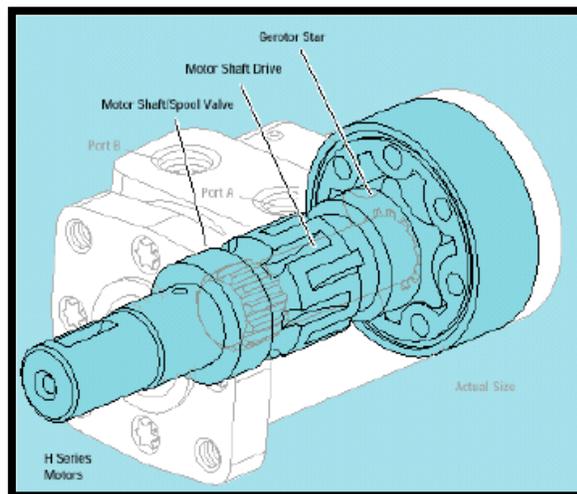


Figura 1. 11.Esquema de un motor oleohidráulico.

1.3.4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.⁵

La reducción de temperatura se realiza extrayendo energía del cuerpo, generalmente reduciendo su energía térmica, lo que contribuye a reducir la temperatura de este cuerpo. La refrigeración implica transferir la energía del cuerpo que pretendemos enfriar a otro, aprovechando sus propiedades termodinámicas, entre otras formas.

Usar un proceso que requiera una aportación externa de energía en forma de trabajo, como el ciclo de Carnot.

a. Refrigeración por compresión.

El método convencional de refrigeración, y el más utilizado, es por compresión, mostrado en la figura 1.12, mediante energía mecánica se comprime un gas refrigerante, al condensar éste gas emite el calor latente que antes, al evaporarse, había absorbido el mismo refrigerante a un nivel de temperatura inferior. Para mantener este ciclo se emplea energía mecánica, generalmente mediante energía eléctrica.

Un ciclo simple comprende cuatro procesos fundamentales:

⁵JoomlArt.com. (2013). *Sistemas de refrigeración aire acondicionado: compresión y absorción*. Recuperado desde.
<http://www.caloryfrio.com/200712282796/aire-acondicionado/bomba-de-calor-reversible/sistemas-de-refrigeracion.html>

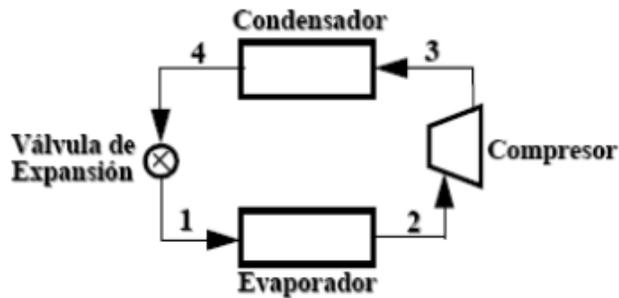


Figura 1. 12. Ciclo de refrigeración por compresión.

1.4. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC's).

1.4.1. INTRODUCCIÓN.⁶

Un PLC figura 1.13 se puede definir como un sistema basado en un microprocesador.

La importancia de conocer estos dispositivos radica en su gran aplicabilidad en las diferentes áreas de la industria.

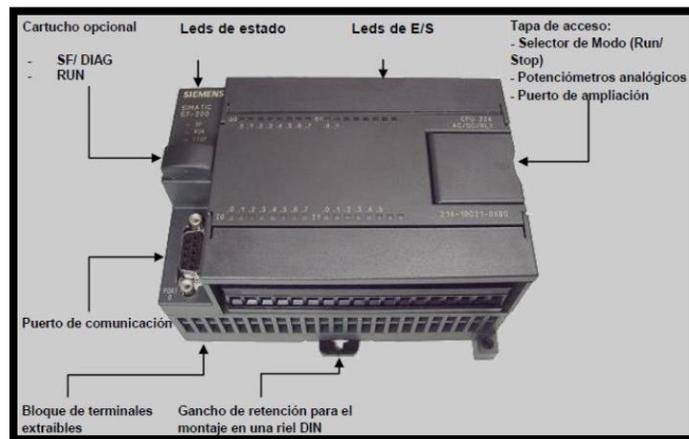


Figura 1. 13. PLC de la marca Siemens.

⁶ Unicrom.com. (2002).El PLC (Control Lógico Programable). Recuperado desde: <http://personal3.iddeo.es/joseor/plcs.htm#Definición:>

1.4.2. ESTRUCTURA GENERAL DEL PLC.⁷

Las unidades principales de un PLC y la forma como están interconectadas se muestran en la Figura 1.14.

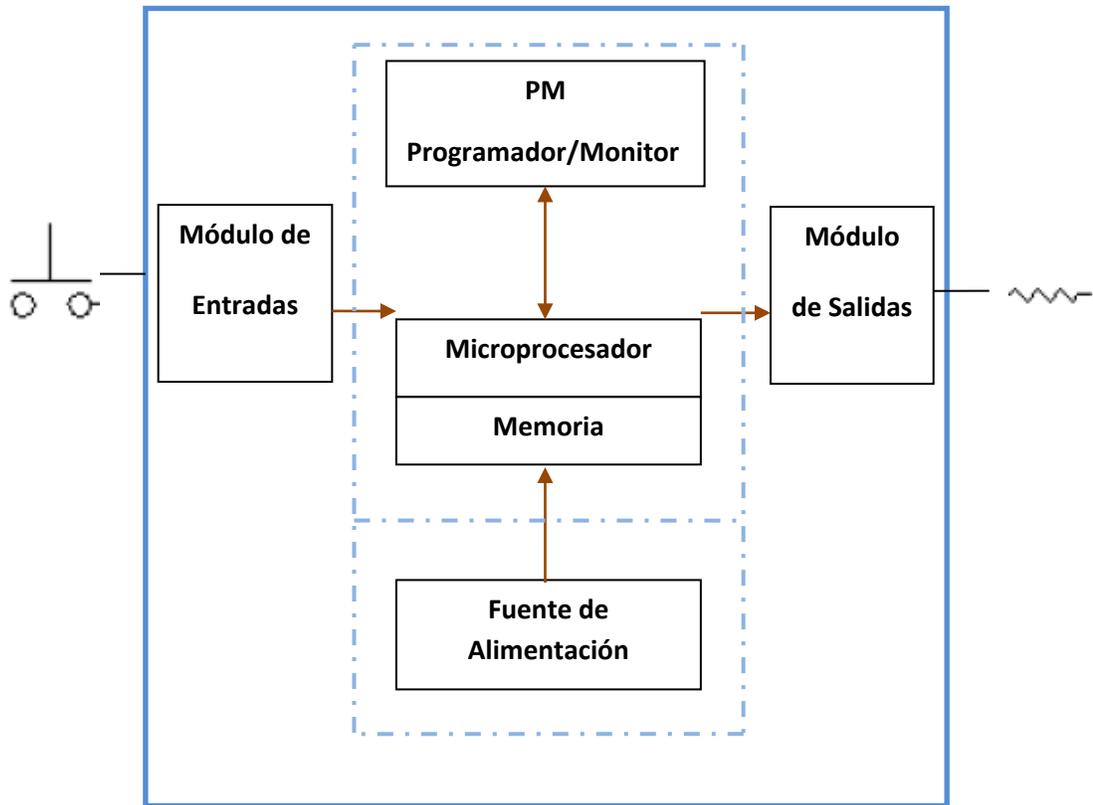


Figura 1. 14. Diagrama en bloques de la estructura de un PLC.

1.4.3. FUNCIONES BASICAS DE UN PLC.

El autómatas programable debe realizar multitud de funciones y muchas de ellas simultáneamente, las funciones más clásicas son:

⁷ Vázquez, F. (2004) *Introducción a los Controladores Lógicos Programable (PLC)*. Recuperado desde: <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0434t.pdf>

a. Detección.

Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

b. Mando.

Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores.

c. Programación.

Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la máquina.

1.5. PLATAFORMAS DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL.

1.5.1. INTRODUCCIÓN.⁸

Estos paneles mostrados en la figura 1.15, permitirán obtener todo tipo de información sobre las condiciones de trabajo de la máquina, elementos discretos (pulsadores, pilotos), valores de temperatura, velocidad, presión, gráficas, mensajes de texto, alarmas, etc. además, en función de dicha información, permitirán al usuario (si su nivel de acceso se lo permite), dar órdenes a la máquina, realizando modificaciones en los parámetros manejados por el PLC tales como, modificación de los valores de temporizadores y contadores, cambios de niveles de prensado, puestas en marcha y parada de motores y electroválvulas, etc.

⁸ Rockwell Automation, Inc.(2012).*Paneles operadores de visualización*. Recuperado desde:

<http://www.rockwellautomation.com/news/commentary.html>



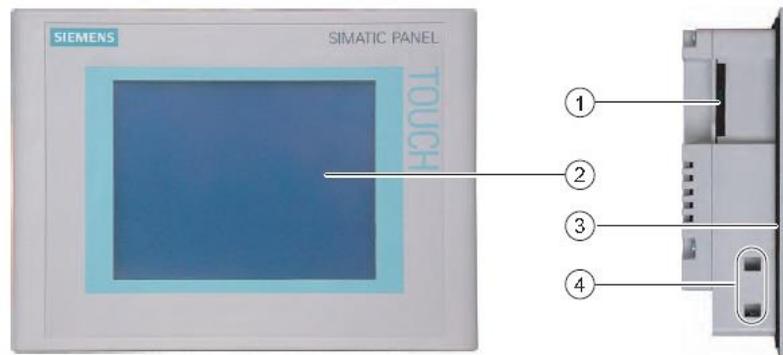
Figura 1. 15. Paneles Operadores de la marca Siemens.

1.5.2. CARACTERÍSTICAS.

- La aplicación de las plataformas de visualización y control a nivel industrial se debe a la necesidad de estandarizar el monitoreo y control de sistemas a distancia, PLC's y otros mecanismos de control.
- El uso de sistemas PLC ofrecen integración con sistemas HMI/SCADA, y muchos de ellos utilizan protocolos de comunicaciones abiertos, que han permitido masificar este tipo de sistemas y ponerlos al alcance de todo tipo de industrias.
- Los paneles de operación no solo son dispositivos de visualización sino también son empleados para enviar información al controlador que los maneje.
- Los Paneles Operadores, son pantalla de operador, en la cual se pueden recibir datos del controlador para su despliegue en pantalla, se pueden enviar datos al controlador para su procesamiento, o ambas.

1.5.3. PANEL OPERADOR TP 177A DE LA MARCA SIEMENS.⁹

Los paneles de la gama 177 constituyen un avance de los paneles de operador ya conocidos de la gama 170. Los nuevos paneles TP 177A, T permiten utilizar de forma aún más eficiente los proyectos basados en textos o gráficos para realizar tareas de manejo y visualización simples o medianas en máquinas e instalaciones.



1. Ésta abertura responde a necesidades constructivas, no es una ranura para una tarjeta de memoria.
2. Display/ pantalla táctil.
3. Junta de montaje
4. Escotadura para mordazas de fijación.

Figura 1. 16. Panel operador de la marca Siemens, modelo TP 177A.

a. Comunicación con el TP 177A.

Los paneles de operador TP 177A, TP 177B y OP 177B se caracterizan por su breve tiempo de puesta en marcha, el gran tamaño de su memoria

⁹Siemens, A.G. Edición 08.(2008). *SIMATIC HMI Panel de operador TP 177A, TP 177B, OP 177B*. NÜRNBERG ALEMANIA.

detrabajo y su elevado rendimiento,habiéndose optimizado para proyectos basados en WinCC flexible.

Tabla 1. 1.Comunicación con el panel operador TP 177A.

Acoplamiento	TP 177A
Cantidad en el MPI/PROFIBUS DP	4 (en el mismo bus)

a. Autómatas Siemens.

La tabla siguiente muestra los autómatas Siemens utilizables, así como los correspondientes protocolos y perfiles.

Tabla 1. 2. Autómatas siemens protocolos/ perfiles utilizados para la comunicación.

Autómata	Protocolo/perfil	TP 177A
SIMATIC S7-200	PPI	sí
	MPI 1)	sí
SIMATIC S7-300/400	MPI	sí
	PROFIBUS DP hasta 1,5 Mbaudios	sí
	PROFIBUS DP hasta 12 Mbit/s	no

b. Puertos del TP 177A.

La figura siguiente muestra las interfaces disponibles en el panel de operador TP 177A.

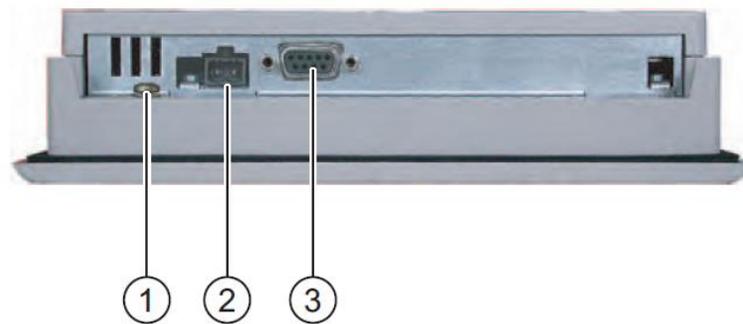


Figura 1. 17. Puertos del panel operador marca Siemens, modelo TP 177A.

1. Conexión a masa para equipotencialidad.
2. Conexión para la fuente de alimentación.
3. Interfáz RS-422/485 (IF 1B)

1.6. INTERACCIÓN HUMANO -MÁQUINA (HMI).

1.6.1. DEFINICIÓN DE HMI.

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Humano Máquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI (en adelante HMI) o de monitoreo y control de supervisión.

Las señales del procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

1.6.2. CARACTERÍSTICAS DE UNA HMI.

- Tiene la habilidad de obtener y mostrar datos del proceso en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, textos o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- Permiten junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente del panel de visualización.
- Posee la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre-establecido.
- Incorporan protocolos para comunicarse con los dispositivos de campo más conocidos.
- Tienen herramientas para crear bases de datos dinámicas.
- Permiten crear y animar pantallas en forma sencilla.
- Incluyen gran cantidad de librería de objetos para representar dispositivos de uso en la industria como: motores, tanques, indicadores, interruptores, etc.

1.6.3. SOFTWARE (HMI) SIMATIC WINCC FLEXIBLE.

Permite crear y editar proyectos para instalaciones con paneles de operador de la gama de Micro Panels, La funcionalidad de la edición WinCCflexible "Micro" se ha adaptado exactamente a los equipos mencionados.

En el proyecto se necesita cubrir y contar con información visible en tiempo real por lo que es necesario el crear HMI's, que brinden las siguientes funciones:

Visualización de los parámetros que se requiere para el buen funcionamiento de la máquina sopladora de plástico.

Indicación y gestión de alarmas (tiempo en el que se produjo y confirmación de aceptación). Esta función permitirá detectar y corregir rápidamente tales eventos.

Visualización de los tiempos en la elaboración de cada tipo de envase.

Facilidad de comunicación entre el panel operador y el autómatas.

Por tal motivo se ha elegido para realizar el HMI en SIMATIC WinCCflexible, innovador software HMI ejecutable en Windows.

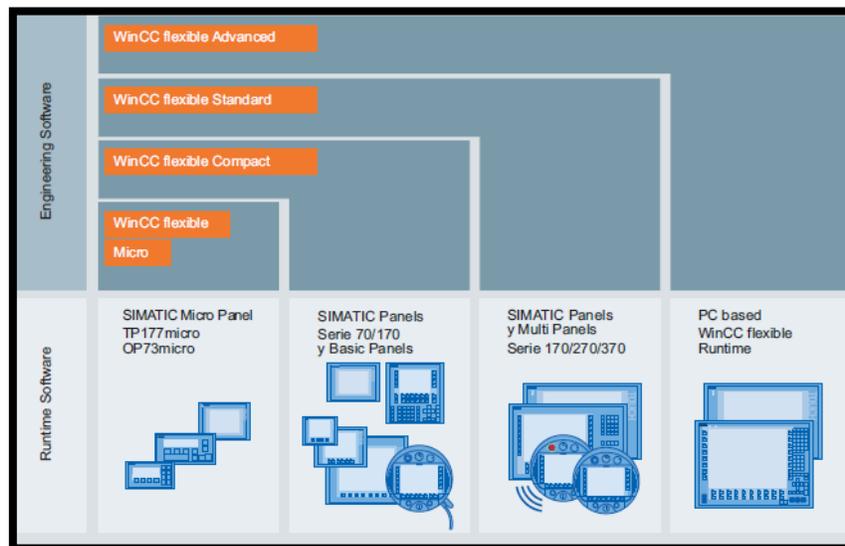


Figura 1. 18.Software WinCC Flexible.

1.6.4. ELEMENTOS DE WINCC FLEXIBLE.

Al crear un proyecto, las barras de herramientas aparecen por defecto en el margen superior de la pantalla. La posición de las barras de herramientas está acoplada al usuario que inició la sesión en Windows. Si ha desplazado las barras de herramientas con el ratón, al iniciar WinCC flexible se

restablecerán las posiciones que tenían dichas barras cuando se cerró la sesión por última vez.

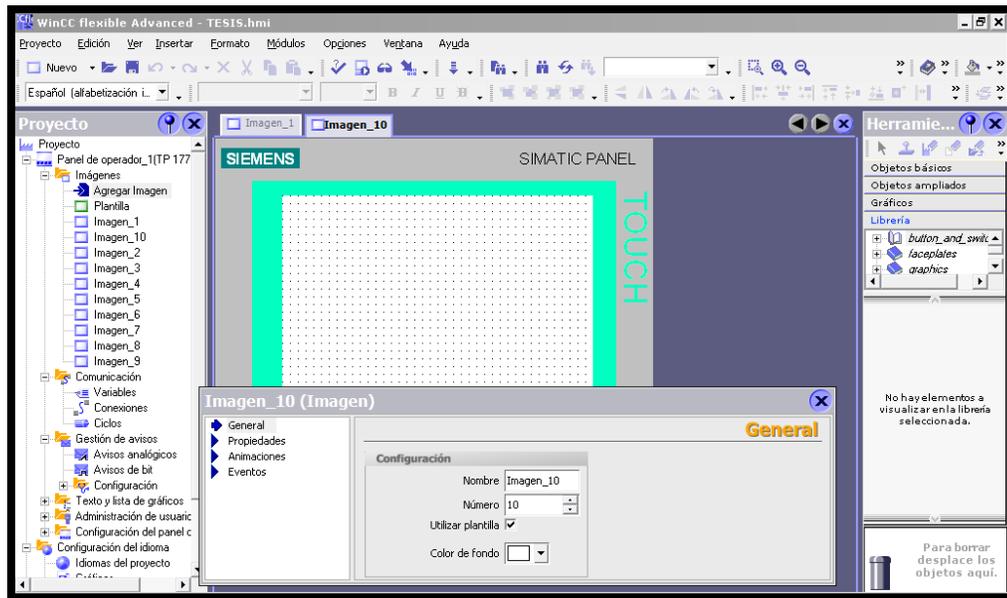


Figura 1. 19.Área de trabajo principal del software WinCCflexible.

Tabla 1. 3.Menús y comandos de WinCC flexible.

menú	Descripción breve
"Proyecto"	Contiene comandos para administrar proyectos.
"Edición"	Contiene comandos para operar con el portapapeles y funciones de búsqueda.
"Ver"	Contiene comandos para abrir y cerrar los distintos elementos, así como ajustes para zoom y niveles. Desde el menú "Ver" es posible abrir de nuevo un elemento cerrado.
"Insertion"	Contiene comandos para insertar objetos nuevos.
"Formato"	Contiene comandos para disponer y formatear objetos de imagen.
"Herramientas"	Contiene, entre otros, comandos para cambiar el idioma de la interfaz de usuario y para modificar la configuración estándar de WinCC flexible.
"Ventana"	Contiene comandos para administrar diversas vistas en el área de trabajo, por ejemplo, para saltar de una vista a otra.
"Ayuda"	Contiene comandos para acceder a las funciones de ayuda.

1.6.5. COMUNICACIÓN ENTRE EL AUTÓMATA Y EL PANEL OPERADOR.

Desde WinCC Flexible se selecciona el tipo de comunicación que va tener la pantalla y el autómata, para ello seleccionar Conexiones del árbol de Proyecto Se debe seleccionar tanto la velocidad (importante que tanto la pantalla como el autómata estén configurados a la misma velocidad) como las direcciones de la pantalla y el autómata, el número de maestros (en este caso solo 1) y la red.

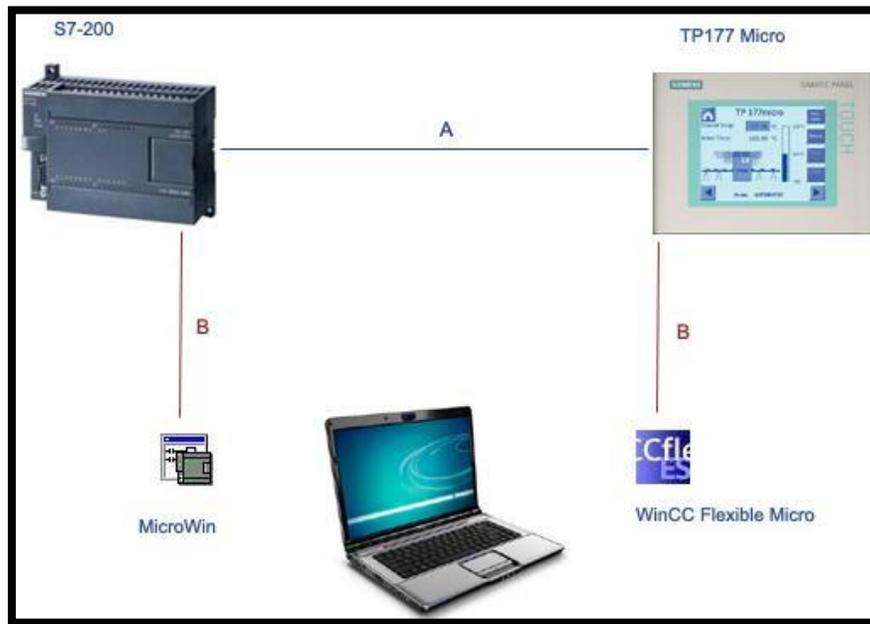


Figura 1. 20. Configuración para programación y comunicación entre pantalla TP177 Micro y PLC S7-200.

CAPÍTULO II

DISEÑO Y SELECCIÓN.

2.1. INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo tiene como finalidad mostrar la información técnica necesaria para el diseño y selección de elementos eléctricos para la automatización. Así como también efectuar un respectivo análisis donde se consideren varios factores principalmente eléctricos, tomando en cuenta algunos parámetros y condiciones de operación, y que a su vez garanticen el diseño.

El control de la máquina se realizó mediante un programa cargado en el PLC, el cual actúa dependiendo de las señales enviadas por los diferentes sensores y actuadores que se encuentran distribuidos en de toda la máquina etapa por etapa. Estos 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.

2.2. ESQUEMA DE ELEMENTOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN.

De manera general, el esquema que se usó para dimensionar los elementos de corte y protección de motores y de otras cargas presentes en el tablero, está formado por los siguientes elementos:

- **CIRCUITO ALIMENTADOR.**
 - Protección del alimentador (I_B).
 - Conductor del alimentador (I_A).

- **CIRCUITOS DERIVADOS.**
 - Protección del circuito derivado ($I_{C1, C2, C3}$).
 - Conductor del circuito derivado ($I_{D1, D2, D3}$).
 - Elemento de corte del circuito derivado ($I_{E1, E2, E3}$).
 - Accionamiento.
 - Motor.

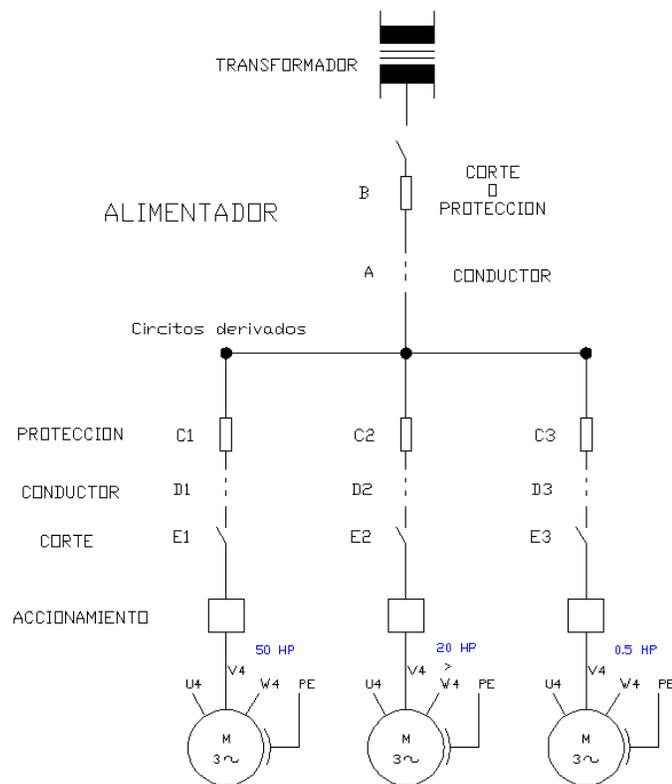


Figura 2. 1. Diagrama unifilar de elementos de corte y protección.

2.3. CIRCUITO DE FUERZA.

En este capítulo se analizó el dimensionamiento de los alimentadores y equipos de protección en base a los recursos existentes.

La máquina sopladora de polietileno cuenta con tres motores trifásicos, se detalla a continuación su placa de características.

Tabla 2. 1. Datos de placa del motor trifásico impulsor del tornillo.

MOTOR SMEM	POTENCIA (hp/kW)	VOLTAJE (V)	FRECUENCIA (Hz)	FACTOR DE POTENCIA (cos ϕ)	CORRIENTE NOMINAL (Amp)
Motor impulsor del tornillo	50/37	440	60	0.88	64.7

Tabla 2. 2. Datos de placa del motor trifásico impulsor de movimientos.

MOTOR SMEM	POTENCIA (hp/kW)	VOLTAJE (V)	FRECUENCIA (Hz)	FACTOR DE POTENCIA (cos ϕ)	CORRIENTE NOMINAL (Amp)
Motor impulsor de movimientos	20/15	440/720	60	0.85	26.5/16

Tabla 2. 3. Datos de placa del motor trifásico regulador de velocidad.

MOTOR SIEMENS	POTENCIA (hp)	VOLTAJE (V)	FRECUENCIA (Hz)	FACTOR DE POTENCIA (cos ϕ)	CORRIENTE NOMINAL (Amp)
Motor regulador de velocidad	0.5	440	60	0.74	0,85

Si bien éstos mantendrán, su protección y control se implementó con nuevos elementos mejorando de esta manera su operatividad.

Los motores son trifásicos los cuales tienen un control ON-OFF para el sistema hidráulico; el motor de la tabla 2.1 tiene un tipo de accionamiento estrella-triángulo, mientras que los motores de la tabla 2.2 y tabla 2.3 tienen su tipo de accionamiento que es de arranque directo.

Para medir la temperatura de del tornillo extrusor y el cabezal se usaron sensores de temperatura cuyas señales podrán ser interpretadas por el controlador. Además para el control de temperaturas se utilizara relés de estado sólido (SSR).

2.4. DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES.

2.4.1. DIMENSIONAMIENTO DEL FUSIBLE PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO (I_{C1}).

Este motor es el encargado de mover el tornillo extrusor, el cual arrastra el material a lo largo de las zonas de temperatura para su posterior extrusión en forma de manga a través del cabezal extrusor.

Para el dimensionamiento se tomó los datos del motor de la tabla 2.1.

Para la protección de estos circuitos es importante reconocer qué tipo de arranque tiene el motor y qué tipo de motor se va a usar. Como elementos de protección se usó fusibles para fallas por cortocircuito y guarda motores para protección contra sobrecargas.

Tabla 2. 4. Dimensionamiento del fusible del motor impulsor del tornillo.

DIMENSIONAMIENTO DEL FUSIBLE		
In	Dimensionamiento teórico	Corriente estándar del Fusible
(A)	$I_{C1} = 1,1 * I_n$ (A)	(A)
64,7	74,17	80

Tabla 2. 5. Comparación de características de los fusibles para el motor impulsor del tornillo.

CARACTERÍSTICAS DE LOS FUSIBLES		
PARÁMETROS	MARCA SIEMENS	MARCA TELEMECANIQUE
Max. Pot. Disipada (W)	16	20
Costo (USD)	50,25	37,50
Poder de corte (KA)	120	130
Tensión nominal (V)	400	400
Tapas	Aisladas	Desnudas

El fusible se seleccionó de la tabla 2.5 en base a las características dadas por los fabricantes es de la marca Siemens. Ver anexo A.

El tipo de fusible a seleccionar es NH (cuchillas).

Alto poder de ruptura (APR) Tamaño (000)

Función:

- Categoría “a” (accompanied fuses) fusibles de acompañamiento.

Objeto a proteger:

- Objeto “M”: Aparatos de conexión.

La combinación de ambas letras nos da múltiples tipos de fusibles.

- Tipo aM: Fusibles de acompañamiento de motor, es decir, para protección de motores contra cortocircuitos y por tanto deberán ser protegido el motor contra sobrecargas con un dispositivo como podría ser el relé térmico para lo cual se usará un guardamotor.

2.4.2. DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO (I_{D1}).

Este motor es el encargado de mover el tornillo extrusor tabla 2.1, el cual arrastra el material a lo largo de las zonas de temperatura para su posterior extrusión en forma de manga a través del cabezal extrusor.

a. Conductor del circuito derivado (I_d).

Se trabajó con tres conductores (sistema trifásico) más tierra y se estandarizó el calibre del conductor.

$$I_d = 1.25xI_n \quad \text{Ec. 2.1}$$

Tabla 2. 6. Dimensionamiento del calibre del conductor del circuito derivado del motor impulsor del tornillo.

CIRCUITO DERIVADO		Conductor
I_n	$I_d = 1,25 * I_n$	4 AWG
(A)	(A)	
64,7	78,75	(85A)

Tabla 2. 7. Comparación de características de los conductores para el motor impulsor del tornillo.

CARÁCTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES		
PARÁMETROS	MARCA CABLEC	MARCA PHELP DODGE
Tipo de aislamiento	THHW	THHW
Costo/m (USD)	6,00	7,50
Resistencia ($\Omega/100m$)	0,08795	0,08497
Capacidad (A)	80	85

Como se podrá observar en la tabla 2.7 se realizó un análisis, y el conductor que se ajusta a nuestro requerimiento es de la marca phelpdodge. Por lo tanto el conductor se seleccionó con las siguientes características. Ver Anexo B.

Cable de cobre tipo THHW-600V
 Asilado con poli cloruro de vinilo (PVC)
 Temperatura de fusión 75°
 Capacidad de corriente= 85amperios.

2.4.3. DIMENSIONAMIENTO DEL GUARDAMOTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO.

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

Para el dimensionamiento del guardamotor se consideró la corriente de sobrecarga, la cual está estimada a un 25% de la corriente a plena carga (I_n).

Tabla 2. 8. Dimensionamiento del guardamotor para el motor impulsor del tornillo.

DIMENSIONAMIENTO DEL GUARDAMOTOR			
I_n	Dimensionamiento teórico	Corriente estándar del Guardamotor	Voltaje nominal
(A)	$I_{sc} = 1,25 * I_n$ (A)	(A)	(V)
64,7	78,75	80	220

Se consideró dos marcas de guardamotores para su respectivo análisis.

Tabla 2.9. Comparación de características del guardamotor para el motor impulso del tornillo.

CARACTERÍSTICAS DE LOS GUARDAMOTORES		
PARÁMETROS	MARCA WEG	MARCA SIEMENS
Frecuencia de trabajo (Hz)	50/60	60
Costo (USD)	68,59	74,82
Corriente nominal máxima (A)	65	100
Numero de polos	3	3

Como se puede observar en la tabla 2.9 el guardamotor que se ajustó a nuestra necesidad es de la marca Siemens con las siguientes características. Ver Anexo C.

Modelo 3UA58

CLASE 10.

2.4.4. DIMENSIONAMIENTO DEL CONTACTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DEL TORNILLO (I_{E1}).

El contactor es un dispositivo designado a cerrar o interrumpir la corriente en uno o más circuitos eléctricos que normalmente funcionan como mando a distancia en lugar de ser operado manualmente.

Como dispositivo de corte se usó un contactor.

Tabla 2. 10. Dimensionamiento del contactor para el motor impulsor del tornillo.

DIMENSIONAMIENTO DEL CONTACTOR			
In	Dimensionamiento teórico	Corriente estándar del Contactor	Voltaje Bobina del Contactor
(A)	$I_c = 1,15 \cdot I_n(A)$	(A)	(V)
64,7	72,45	80	220

Se seleccionó dos tipos diferentes de marcas de contactores para su respectivo análisis.

Tabla 2. 11. Comparación de características del contactor para el motor impulsor del tornillo.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTACTORES		
PARÁMETROS	MARCA SIEMENS	MARCA TELEMECANIQUE
Duración al arco voltaico (ms)	10-15	16-18
Costo (USD)	200,20	189,60
Facilidad de montaje en riel din	SI	NO
Vida útil mecánica (millones)(ciclos de maniobra)	30	25
Temperatura ambiente admisible °C	-25 a +60	-30 a +75

Se procedió a la selección según el análisis de la tabla 2.11 y el contactor que se ajusta a nuestro requerimiento es de la marca Siemens debe cumplir con las siguientes características. Ver Anexo D.

Tipo: AC-3 motor jaula de ardilla. Arranque y parada de motor a plena carga.

2.4.5. DIMENSIONAMIENTO DEL FUSIBLE PARA DEL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS (I_{C2}).

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 2.2

Para la protección de estos circuitos es importante reconocer qué tipo de arranque tiene el motor y qué tipo de motor se va a usar. Como elementos de

protección se usó fusibles para fallas por cortocircuito y guarda motores para protección contra sobrecargas.

Tabla 2. 12. Dimensionamiento del fusible para el motor impulsor de movimientos.

DIMENSIONAMIENTO DEL FUSIBLE		
In	Dimensionamiento teórico	Corriente estándar del Fusible
(A)	$I_c = 1,1 * I_n$ (A)	(A)
26,5	30,47	32

Tabla 2. 13. Comparación de características de los fusibles para el motor impulsor de movimientos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS FUSIBLES		
PARÁMETROS	MARCA SIEMENS	MARCA TELEMECANIQUE
Max. Pot. Disipada (W)	12	12,4
Costo (USD)	50,25	37,50
Poder de corte (KA)	120	130
Tensión nominal (V)	400	400
Tapas	desnudas	Aisladas

El fusible se seleccionó en base a las características de la tabla 2.13 es de la marca siemens. Ver anexo E.

Tipo D02, para fusibles de 2 a 32 A.

Función.

- Categoría “a” (accompanied fuses) fusibles de acompañamiento.

Objeto a proteger.

- Objeto “M”: Aparatos de conexión.

La combinación de ambas letras nos da múltiples tipos de fusibles.

- Tipo aM: Fusibles de acompañamiento de motor, es decir, para protección de motores contra cortocircuitos y por tanto deberán ser protegido el motor contra sobrecargas con un dispositivo como podría ser el relé térmico para lo cual se usara un guardamotor.

2.4.6. DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS (I_{D2}).

Se trabajó con tres conductores (sistema trifásico) más tierra y se estandarizó el calibre del conductor del conductor.

$$I_d = 1.25xI_n \quad \text{Ec. 2.1}$$

Tabla 2. 14. Dimensionamiento del calibre del conductor del circuito derivado para el motor impulsor de movimientos.

CIRCUITO DERIVADO		Conductor
I_n	$I_d = 1,25 * I_n$	AWG
(A)	(A)	10
26,50	33,13	(50A)

Tabla 2. 15. Comparación de características de los conductores para el motor impulsor de movimientos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES		
PARÁMETROS	MARCA CABLEC	MARCA PHELP DODGE
Tipo de aislamiento	THHW	THHW
Costo (USD) (c/m)	1,50	1,85
Espesor de aislamiento (mm)	1,00	1,52
Capacidad (A)	65	50

Como se puede observar en la tabla 2.15 el conductor que se ajusta a nuestra requerimiento es de la marca helpdodge. Por lo tanto el conductor que se seleccionó tiene las siguientes características. Ver Anexo F.

Cable de cobre tipo THHW-600V

Asilado con poli cloruro de vinilo (PVC)

Temperatura de fusión 90°

Capacidad de corriente= 50 amperios.

2.4.7. DIMENSIONAMIENTO DEL GUARDAMOTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS (I_{D2}).

Como este motor arranca a pleno voltaje se protegerá con guardamotor.

Tabla 2. 16. Dimensionamiento del guardamotor para el motor impulsor de movimientos.

DIMENSIONAMIENTO DEL GUARDAMOTOR		
In	Dimensionamiento teórico	Margen estándar del Guardamotor
(A)	$I_c = 1,25 * I_n(A)$	(A)
26,50	33,13	28-40

Se consideró dos marcas de guardamotors para su respectivo análisis.

Tabla 2. 17. Comparación de características del guardamotor para el motor impulsor de movimientos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS GUARDAMOTORES		
PARAMETROS	MARCA ABB	MARCA SIEMENS
Frecuencia de trabajo (Hz)	50/60	60
Costo (USD)	75,67	60,96
Corriente nominal máxima (A)	35-40	20-40
Numero de polos	3	3

Como se puede observar en la tabla 2.17 el guardamotor que se ajusta a nuestro requerimiento es de la marca Siemens. Por lo tanto el guardamotor se seleccionó con las siguientes características. Ver Anexo G.

Modelo 3UR1146

CLASE 10

2.4.8. DIMENSIONAMIENTO DEL CONTACTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS (I_{E2}).

El contactor es un dispositivo designado a cerrar o interrumpir la corriente en uno o más circuitos eléctricos que normalmente funcionan como mando a distancia en lugar de ser operado manualmente.

Como dispositivo de corte se usó un contactor.

Tabla 2. 18. Dimensionamiento del contactor para el motor impulsor de movimientos.

DIMENSIONAMIENTO DEL CONTACTOR			
I_{pc}	Dimensionamiento teórico	Corriente estándar del Contactor	Voltaje Bobina del Contactor
(A)	$I_c = 1,15 * I_n(A)$	(A)	(V)
26,50	30,48	40	220

Se seleccionó dos tipos diferentes de marcas de contactores para su respectivo análisis.

Tabla 2. 19. Comparación de características del contactor para el motor impulsor de movimientos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTACTORES		
PARÁMETROS	MARCA SIEMENS	MARCA TELEMECANIQUE
Duración al arco voltaico (ms)	5-10	10-15
Costo (USD)	100	95,60
Facilidad de montaje en riel din	SI	NO
Vida útil mecánica (millones)(ciclos de maniobra)	25	22
Temperatura ambiente admisible °C	-25 a +60	-30 a +75

Se procedió a la selección según el análisis de la tabla 2.19 y el contactor que se ajusta a nuestro requerimiento es de la marca Siemens debe cumplir con las siguientes características. Ver Anexo H.

Tipo: AC-3 motor jaula de ardilla. Arranque y parada de motor a plena carga.

2.4.9. DIMENSIONAMIENTO DEL FUSIBLE PARA DEL MOTOR REGULADOR DE VELOCIDAD (I_{C3}).

La función de este motor es la regular la velocidad a la que gira el tornillo extrusor abriendo o cerrando una válvula de paso que esta acoplada directamente al eje del motor.

Se procedió a la selección de las protecciones del motor cuyas características se observan en la tabla 2.3.

Para la protección de estos circuitos es importante reconocer qué tipo de arranque tiene el motor y qué tipo de motor se va a usar. Como elementos de protección se usó fusibles para fallas por cortocircuito y guarda motores para protección contra sobrecargas.

Tabla 2. 20. Dimensionamiento del fusible para el motor regulador de velocidad.

DIMENSIONAMIENTO DEL FUSIBLE		
In	Dimensionamiento teórico	Corriente estándar del Fusible
(A)	$I_c = 1,1 * I_n(A)$	(A)
0,85	0,9	1

Tabla 2. 21. Comparación de características de los fusibles para el motor regulador de velocidad.

CARACTERÍSTICAS DE LOS FUSIBLES		
PARÁMETROS	MARCA SIEMENS	MARCA TELEMECANIQUE
Tensión asignada (U_n)	400-500	400
Costo (USD)	10,25	7,50
Intensidad asignada (I_n)	0,5-25	1-20
Poder asignado de corte (KA)	20	30
Cartucho portafusible	Si	No

El fusible se seleccionó en base a las características de la tabla 2.21 es de la marca siemens. Ver anexo I.

- Tipo CI0, de 8,5 x 31,5 mm, para fusibles de 1 a 25 A.

Función.

- Categoría “a” (accompanied fuses) fusibles de acompañamiento.

Objeto a proteger.

- Objeto “M”: Aparatos de conexión.

La combinación de ambas letras nos da.

- Tipo aM: Fusibles de acompañamiento de motor, es decir, para protección de motores contra cortocircuitos y por tanto deberán ser protegido el motor contra sobrecargas con un dispositivo como podría ser el relé térmico para lo cual se usara un guardamotor.

2.4.10. DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR PARA EL MOTOR REGULADOR DE VELOCIDAD (I_{D3}).

Se trabajó con tres conductores (sistema trifásico) más tierra.

$$I_d = 1.25xI_n \quad \text{Ec. 2.1}$$

Tabla 2. 22. Dimensionamiento del calibre del conductor del circuito derivado para el motor regulador de velocidad.

CIRCUITO DERIVADO		Conductor
I_n	$I_d = 1,25 * I_n$	18 AWG
(A)	(A)	
0,85	1,06	(10A)

Tabla 2. 23. Comparación de características de los conductores para el motor regulador de velocidad.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES		
PARÁMETROS	MARCA CABLEC	MARCA ELECTROCABLES
Tipo de aislamiento	TF	TF
Costo (USD/m)	0,65	0,75
Espesor de aislamiento (mm)	0,70	0,76
Capacidad (A)	18	18

Como se puede observar en la tabla 2.23 el conductor que se ajusta a nuestra necesidad es de la marca Electrocables Por lo tanto el conductor que se seleccionó con las siguientes características. Ver Anexo J.

2.4.11. DIMENSIONAMIENTO DEL GUARDAMOTOR PARA EL MOTOR REGULADOR DE VELOCIDAD (I_{D3}).

Como este motor arranca a pleno voltaje se protegió con guardamotor.

Tabla 2. 24. Dimensionamiento del guardamotor del motor regulador de velocidad.

DIMENSIONAMIENTO DEL GUARDAMOTOR		
In	Dimensionamiento teórico	Margen estándar del Guardamotor
(A)	$I_c = 1,25 * I_n(A)$	(A)
0,85	1,06	0,32-1,25

Se consideró dos marcas de guardamotors para su respectivo análisis.

Tabla 2. 25. Comparación de características del guardamotor para el motor regulador de velocidad.

CARACTERISTICAS DE LOS GUARDAMOTORES		
PARAMETROS	MARCA ABB	MARCA SIEMENS
Frecuencia de trabajo (Hz)	50/60	60
Costo (USD)	55,67	30,96
Corriente nominal máxima (A)	35-40	20-40
Numero de polos	2-4	1-4

Como se puede observar en la tabla 2.25 el guardamotor que se ajusta a nuestra necesidad es de la marca Siemens. Por lo tanto el guardamotor que se seleccionó es de la marca siemens con las siguientes características. Ver Anexo K.

2.4.12. DIMENSIONAMIENTO DEL CONTACTOR PARA EL MOTOR IMPULSOR DE MOVIMIENTOS (I_{E3}).

El contactor es un dispositivo designado a cerrar o interrumpir la corriente en uno o más circuitos eléctricos que normalmente funcionan como mando a distancia en lugar de ser operado manualmente.

Como dispositivo de corte se usó un contactor.

Tabla 2. 26. Dimensionamiento del contactor para el motor regulador de velocidad.

DIMENSIONAMIENTO DEL CONTACTOR			
In	Dimensionamiento teórico	Corriente estándar del Contactor	Voltaje Bobina del Contactor
(A)	$I_c = 1,15 * I_n(A)$	(A)	(V)
0,85	0,99	9	220

Se consideró dos tipos diferentes de marcas de contactores para su respectivo análisis.

Tabla 2. 27. Comparación de características del contactor para el motor regulador de velocidad.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTACTORES		
PARÁMETROS	MARCA SIEMENS	MARCA TELEMECANIQUE
Tiempo de funcionamiento (ms) cierre	9,1 -23,2	9,0-22
Costo (USD)	36,35	26,45
Facilidad de montaje en riel din	SI	NO
Vida útil mecánica (millones)(ciclos de maniobra)	6	8
Temperatura ambiente admisible °C	-25 a +60	-30 a +75

Se procedió a la selección según el análisis de la tabla 2.27 de la marca Siemens y debe cumplir con las siguientes características. Ver Anexo L.

Tipo: AC3 motor jaula de ardilla. Arranque y parada de motor a plena carga.

2.4.13. RESUMEN DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y CORTE PARA LOS MOTORES DE LA MÁQUINA MAGIC MP.

A continuación se resume los elementos de protección y corte para los motores presentes en la máquina sopladora Magic MP.

Tabla 2. 28. Resumen de dispositivos de protección y corte de motores.

MOTOR	POTENCIA (Hp)	CORRIENTE NOMINAL (A)	CONDUCTOR (AWG)	PROTECCIÓN		CORTE	
				FUSIBLE (A)	G. MOTOR (A)	CONTACTOR (A)	BOBINA (V)
				Motor impulsor del tornillo	50	50,67	4
Motor impulsor de movimientos	20	21,04	10	32	28-40	40	220
Motor regulador de velocidad	0,5	0,68	18	1	032-1,25	9	220

2.5. ZONAS DE TEMPERATURA.

Existen ocho zonas de temperatura instaladas a lo largo del tornillo y cabezal extrusor, cada una de ellas con niquelinas en forma de abrazadera que funcionan a 240 VAC.

A continuación se muestran especificaciones de estas niquelinas.

Tabla 2. 29. Datos nominales de las niquelinas.

ZONA DE TEMPERATURA	POTENCIA	VOLTAJE
	(W)	(V)
A	2000	220
B	2000	220
C	2000	220
D	2000	220
E	1500	220
F	1000	220
G	1000	220
H	500	220

A continuación se dimensionó las protecciones para las niquelinas instaladas en la máquina sopladora.

2.5.1. PROTECCIONES DE LAS NIQUELINAS DE 2000 W.

Este grupo está formado por las 4 niquelinas instaladas a lo largo del tornillo extrusor.

a. Corriente de plena carga (I_n).

Potencia aparente.

$$S = 2000 \text{ W}$$

Intensidad Nominal.

$$I_n = \frac{2.00kVA}{\sqrt{3} * 220}$$

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * VL}$$

Ec. 2.2

$$I_n = 8,33 \text{ Amperios}$$

Tabla 2. 30. Corriente de plena carga de las niquelinas.

POTENCIA	In a 240 VAC
2000	8,33

b. Conductor del circuito derivado (Id).

Se trabajó con dos conductores (Fase y Neutro).

Tabla 2. 31. Dimensionamiento del calibre del conductor de las niquelinas.

CIRCUITO DERIVADO		Conductor
In	$I_d = 1,25 * I_n$	14 AWG
(A)	(A)	
8,33	9,58	(15A)

Tabla 2. 32. Comparación de características de los conductores para las niquelinas.

CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES		
PARAMETROS	MARCA CABLEC	MARCA ELECTROCABLES
Tipo de aislamiento	TF	TF
Costo (USD/m)	0,55	0,60
Espesor de aislamiento (mm)	1	1,05
Capacidad (A)	18	15

Como se puede observar en la tabla 2.32 el conductor que se ajusta a nuestro requerimiento es de la marca Electrocables. Por lo tanto el conductor que se seleccionó con las siguientes características. Ver Anexo M.

c. Protección del circuito derivado (Ic).

Para la protección de las niquelinas se usó solo fusibles para fallas por cortocircuito.

Tabla 2. 33. Dimensionamiento del fusible de protección de las niquelinas.

Dimensionamiento del Fusible		
In	Dimensionamiento teórico	Corriente estándar del Fusible
(A)	$I_c = 1,1 \cdot I_n$ (A)	(A)
8,33	12,5	15

Tabla 2. 34. Comparación de características de los fusibles para protección de las niquelinas.

CARACTERISTICAS DE LOS FUSIBLES		
PARAMETROS	MARCA SIEMENS	MARCA SCHNEIDER
Max. Pot. Disipada (W)	16	16
Costo (USD)	12,45	10,50
Poder de corte (KA)	20	21
Tensión nominal (V)	220	220

El fusible se seleccionó en base a las características de la tabla 2.34 es de la marca siemens. Ver anexo N.

Tipo CI2, para fusibles de 10 y 100 A.

Función.

- Categoría “g” (accompanied fuses) fusibles de acompañamiento.

Objeto a proteger.

- Objeto “G”: Aparatos de conexión.

Tipo gG/gL: Es un cartucho limitador de la corriente empleado fundamentalmente en la protección de circuitos sin puntas de corriente importantes, tales como circuitos de alumbrado, calefacción, etc.

d. Dimensionamiento del dispositivo de corte.

Como dispositivo de corte se utilizó relés de estado sólido SSR, el cual es elemento que permite aislar eléctricamente el circuito de entrada o mando y el circuito de salida.

El SSR ofrece mejores prestaciones con respecto al relé electromecánico como vemos a continuación:

- Ofrece una frecuencia de conmutación elevada
- Vida de trabajo óptima.
- Funcionamiento silencioso.
- No ocasiona arcos ni rebotes.
- Gran resistencia a choques y vibraciones.

Por las razones expuestas el relé de estado sólido es el más indicado para nuestra aplicación, donde se necesitó mantener una temperatura lo más exacta posible.

Tabla 2. 35. Dimensionamiento del relé de estado sólido.

Dimensionamiento del Relé de estado Sólido			
I_{pc}	Dimensionamiento teórico	Corriente estándar del SSR	Entrada por Tensión
(A)	$I_c = 1,15 \cdot I_n(A)$	(A)	(VDC)
8,33	9,56	10	3-32

Tabla 2. 36. Comparación de características de relés de estado sólido.

CARACTERISTICAS DE LOS RELES DE ESTADO SÓLIDO		
PARAMETROS	MARCA FOTEK	MARCA OMRON
Voltaje de operación (VDC)	3-32	12-30
Costo (USD)	25,20	28,50
Temperatura de operación (°C)	-20 ~+ 80	30 ~+ 80
Tiempo de respuesta	ON < 10ms , OFF < 10ms	ON < 15ms , OFF < 15ms
Tensión nominal (V)	220	220

Como se puede observar en la tabla 2.36 el relé de estado sólido que se ajusta a nuestro requerimiento es de la marcaFotek. Por lo tanto éste se seleccionaó con las características. Ver Anexo O.

e. Protecciones de las niquelinas de 1500, 1000, 500 Wattios.

Este grupo está formado por las 4 niquelinas instaladas a lo largo del cabezal extrusor.

El dimensionamiento de las protecciones de este grupo de niquelinas tiene la misma metodología que el procedimiento realizado para las niquelinas de 2000 W, de modo que los resultados serán resumidos en la Tabla 2.37.

2.5.2. RESUMEN DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y CORTE PARA LAS NIQUELINAS DE LA MÁQUINA MAGIC MP.

Tabla 2. 37.Resumen de elementos de protección y corte de niquelinas.

ZONAS	POTENCIA (W)	CORRIENTE NOMINAL (A)	CONDUCTOR (AWG)	PROTECCIÓN	SSR	
				FUSIBLE	RELÉ	ENTRADA
				(A)	(A)	(VDC)
A	2000	8,33	12	15	10	3-32
B	2000	8,33	12	15	10	3-32
C	2000	8,33	12	15	10	3-32
D	2000	8,33	12	15	10	3-32
E	1500	6,96	12	15	10	3-32
F	1000	4,16	14	10	10	3-32
G	1000	4,16	14	10	10	3-32
H	500	2,8	14	5	10	3-32

2.6. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.

2.6.1. PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR PRINCIPAL.

Este es el elemento que protege todo el sistema de control y fuerza de la máquina, que presenta el mayor consumo de energía y potencia. Debido a que por éste elemento circula toda la corriente necesaria para el funcionamiento óptimo de la máquina, procedente de los motores que

accionan las bombas hidráulicas, niquelinas, y el consumo del tablero de control. La protección se seleccionó de acuerdo al siguiente análisis:

Tabla 2. 38.Consumo de la corriente de plena carga del sistema.

CARGA	I_{pc} (A)
Motor Impulsor del Tornillo	63
Motor Impulsor de Movimientos	26,5
Motor regulador de Velocidad	0,85
Niquelinas 2000 W	33,32
Niquelinas 1500 W	6,96
Niquelinas 1000 W	8,33
Niquelinas 500 W	2,8
Fuente de Alimentación del sistema de control	1,3
TOTAL:	143.14

a. **Conductor del circuito alimentador (Ia).**

Tabla 2. 39. Dimensionamiento del conductor del alimentador principal.

ALIMENTADOR	Conductor
$I_a = 1,25 * (I_{pc \text{ Max}}) + \sum I_{pc \text{ restantes}}$	AWG
(A)	
167,14	2/0 (189A)

Tabla 2. 40. Comparación de características de los conductores para el alimentador principal.

CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTORES		
PARAMETROS	MARCA CABLEC	MARCA ELECTROCABLES
Tipo de aislamiento	THHN	THHN
Costo (USD/m)	1,50	1,85
Espesor de aislamiento (mm)	1,15	1,27
Capacidad (A)	198	195

Como se puede observar en la tabla 2.40 el conductor que se ajusta a nuestro requerimiento es de la marca Electrocables. Por lo tanto el conductor que se seleccionó con las siguientes características.

Tabla 2. 41. Selección del conductor del alimentador principal.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Espesor de Chaqueta (mm)	Diametro Externo aprox. (mm)	Peso total kg / km	Capacidad de Corriente (A)**
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos					
12	3,31	19	0,38	0,1	3,23	35,56	30
10	5,261	19	0,51	0,1	4,09	56,67	40
8	8,367	19	0,76	0,13	5,40	92,68	55
6	13,3	19	0,76	0,13	6,34	141,29	75
4	21,15	19	1,02	0,15	8,09	226,31	95
2	33,62	19	1,02	0,15	9,59	347,70	130
1	42,4	19	1,02	0,18	10,55	433,51	150
1/0	53,49	19	1,27	0,18	12,05	552,01	170
2/0	67,44	19	1,27	0,18	13,17	686,45	195
3/0	85,02	19	1,27	0,18	14,43	855,03	225
4/0	107,2	19	1,27	0,18	15,85	1066,71	260

b. Protección del circuito derivado (Ic).

Tabla 2. 42. Dimensionamiento del disyuntor del alimentador principal.

Dimensionamiento del Disyuntor		
I _{pc}	Dimensionamiento teórico	Corriente estándar del Disyu.
(A)	I _c = 1,5*I _{pc} (A)	(A)
167,14	180,54	200

Se seleccionó del mercado una protección termomagnética (breaker) de la marca Siemens tipo QJ2, cuyas características se muestran en la tabla 2.43.

Tabla 2. 43.Selección de la protección térmica del alimentador principal.

Tabla de selección				
Marco	Corriente nominal A	Interruptor tipo completo	No. Catálogo	Peso Aprox. Kg
QJ2	70	QJ23B070	4000 1346	2,0
3 polos	100	QJ23B100	4000 1347	
240 V.c.a.	150	QJ23B150	4000 1348	
	200	QJ23B200	4001 5363	
	225	QJ23B225	4000 1350	

2.7. CIRCUITO DE CONTROL.

2.7.1. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL.

Por las razones expuestas, para el diseño del nuevo 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 de monitorear variables críticas, modificar el valor de parámetros definidos y facilitar al operador la detección y visualización de fallas en la máquina.

Para el control de temperatura de las zonas de calentamiento, se ha previsto utilizar módulos de termocuplas.

A fin de optimizar recursos, para este proyecto se utilizó la instrumentación y demás dispositivos de mando y control ya existentes en la máquina.

En la figura 2.2, se ilustra en forma de bloques, la implementación del nuevo sistema de control de la máquina sopladora de polietileno.



Figura 2. 2. Sistema de control de la máquina.

2.7.2. CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL PLC.

Para el dimensionamiento y selección del PLC se consideró los siguientes puntos:

- La información del sistema anterior.
- Los requerimientos del nuevo sistema de control.
- La instrumentación disponible.
- El número de entradas y salidas requeridas.
- Reservas para posibles incorporaciones o modificaciones futuras.

En lo que respecta a los requerimientos del nuevo sistema de control se estableció lo siguiente:

- Superar las deficiencias detectadas en el antiguo sistema de control.
- Facilitar el ajuste y manipulación de las variables involucradas.
- Proporcionar un sistema de aviso de texto en pantalla que indique a los operadores las fallas o valores fuera de los niveles permisibles.

a. Número de entradas y salidas del Sistema de Control.

Tabla 2. 44. Requerimientos del sistema de control.

ENTRADAS DIGITALES	SALIDAS DIGITALES	SALIDAS ANALÓGICÁS	ENTRADAS ANALÓGICAS
28	28	8	12

Tabla 2. 45. Entradas digitales y su descripción

ENTRADAS DIGITALES Y SU DESCRIPCIÓN							
MODULO 0		MODULO 1		MODULO 2		MODULO 3	
Input	Descripción	Input	Descripción	Input	Descripción	Input	Descripción
I0.0	Cuchilla adentro	I1.0	Pin arriba	I2.0	Pin arriba	I3.0	Fotocélula
I0.1	Automático	I1.1	Pin abajo	I2.1	Puertas	I3.1	Carro abajo
I0.2	Cuchilla afuera	I1.2	Manual	I2.2	Soplado del Pin	I3.2	Transf. abierto
I0.3	Star ciclo	I1.3	Rebabeador afuera	I2.3	Molde abierto	I3.3	Transf. cerrado
I0.4	Carro abajo	I1.4	Rebabeador adentro	I2.4	Molde cerrado	I3.4	Transf. cerrado
I0.5	Carro arriba	I1.5	Emergencia	I2.5	Carro arriba	I3.5	Rebabeador atrás
I0.6	Molde abierto	I1.6	Reestablecer energía	I2.6	Freno de cerrar molde	I3.6	Soplado rebabeador
I0.7	Molde cerrado	I1.7	Control bomba hidráulica	I2.7	Baja presion	I3.7	Transf. abierto

Tabla 2. 46. Salidas digitales y su descripción.

SALIDAS DIGITALES Y SU DESCRIPCIÓN							
MODULO 0		MODULO 1		MODULO 2		MODULO 3	
Output	Descripción	Output	Descripción	Output	Descripción	Output	Descripción
Q0.0	Salir cuchilla	Q1.0	Abrir molde	Q2.0	Abrir transf.	Q3.0	Freno del molde cerrado
Q0.1	Entrar cuchilla	Q1.1	Cerrar molde	Q2.1	Cerrar Molde	Q3.1	-----
Q0.2	-----	Q1.2	-----	Q2.2	-----	Q3.2	-----
Q0.3	Luces	Q1.3	-----	Q2.3	-----	Q3.3	Aire controlado de la cuchilla
Q0.4	-----	Q1.4	Soplado del Pin	Q2.4	Refrigeracion aceite	Q3.4	-----
Q0.5	Morset	Q1.5	Pin abajo	Q2.5	Control extrusora	Q3.5	Soplado de baja presión
Q0.6	Carro abajo	Q1.6	Baja presión	Q2.6	Velocidad (+)	Q3.6	-----
Q0.7	Carro arriba	Q1.7	Salir rebabeador	Q2.7	Velocidad (-)	Q3.7	Soplado rebabeador

2.7.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.

Para la selección del Controlador Lógico Programable se realizó un estudio cuantitativo de las señales de entradas y salidas para la implementación del nuevo sistema de control de la máquina con el fin de satisfacer los requerimientos analizados anteriormente.

Se realizó un análisis de diferentes tipos de PLC`s pero de una misma marca para determinar las características de esta manera seleccionar el más óptimo que ajuste a nuestras necesidades.

a. Comparación de características de los PLC´s de la marca Siemens.

Tabla 2. 47.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
TOTAL				4824,2	

Tabla 2. 48.Características PLC Simatic S7-200 CPU 226 DC/DC/DC.

ELEMENTOS	MODELO	NUMERO	PRECIO C/U (USD)	PRECIO TOTAL (USD)	OBSERVACIONES
PLC	SIMATIC S7-200	1	380	380	14 ENTRADAS 10 SALIDAS
	CPU 226 DC/DC/DC				
TARJETAS DE ENTRADAS Y SALIDAS	16x24 VDC digitales	3	340	1020	N/A
	8x24 VDC	1		100	N/A
	4 +/- 10VDC	4	220	880	N/A
FUENTE DE ALIMENTACION	SITOP	1	280	280	ENTRADA 120/230- 500VAC SALIDA 24VDC10A
PANEL OPERADOR	OP7/DP PARA S7	1	780	780	
RELES	-----	22	6.2	136,4	CONTACTOS HASTA 250 VAC 6A
ELEMENTOS DE CONEXIÓN	-----			200	CABLE. BORNERAS. ETC
TOTAL				3776,4	

Como se puede observar en la tabla 2.47 el PLC que se ajusta a nuestro requerimiento es de la marca SIEMEN S7-200 CPU 226 AC/DC/Relay. Por lo tanto éste se seleccionó con las siguientes características. Ver Anexo P. La Facilidad de programación, por contar con conocimientos previos de esta familia de PLCs.

- Manejo de operaciones de lógica booleana, operaciones con contadores y temporizadores, operaciones con contadores rápidos, operaciones de aritmética.
- Fácil comunicación con otros equipos inteligentes.
- Diseño compacto y de flexible configuración.

- Soporte de cartuchos de memoria.
- Software de programación basado en Windows.
- Bloque de datos mejorado.

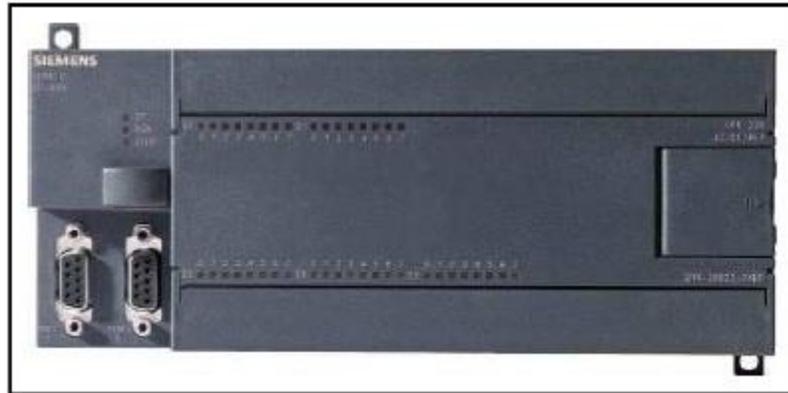


Figura 2.3. PLC Siemens S7-200, CPU 226 AC/DC/Relay.

2.7.4. MÓDULOS DE EXPANSIÓN DEL PLC.

Debido a que la capacidad física de PLC seleccionado no satisface en su totalidad los requerimientos del sistema de control, se hizo necesaria la adquisición de los siguientes módulos de expansión de la marca Siemens. Ver Anexo Q.

- Un módulo de entradas digitales EM221 DI 8x24 VDC.
- Tres módulos de salidas digitales EM222 8 salidas digitales a relé.
- Tres módulos de entradas analógicas EM231 para termocuplas.

a. Distribución y datos técnicos del módulo de entradas analógicas para termocúplas.

Cada zona de calentamiento ubicada a lo largo del tornillo y del cabezal extrusor posee una termocupla tipo J, para sensar la temperatura del cañón extrusor para la fundición del polietileno.

Para adquirir los datos de temperatura de las ochotermocuplas, se instalaron tres módulos de ampliación EM231 Termopar, con cuatro entradas analógicas configurables para siete tipos diferentes de termocuplas.

La información de los módulos EM231 son leídos por el PLC para procesarlos, ya que requieren de un ajuste de ganancia y offset, para el control de temperatura de las zonas.

2.7.5. FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

El PLC S7-200 CPU226 provee alimentación de 5 VDC para los módulos de ampliación, pero no provee suficiente corriente a 24 CDC para las diferentes entradas y salidas del sistema. Es por eso que se realizó el siguiente análisis para poder adquirir una fuente de alimentación que provea los requerimientos antes mencionados.

Tabla 2. 49. Consumo de Corriente del Sistema de Control CPU 226 AC/DC/RELAY.

Consumo del Sistema		5VDC/1000mA	24 VDC/400mA
CANTIDAD	EQUIPO	mA	mA
1	CPU 226, 24 Entradas		24 x 4 = 96
1	CPU 226, 16 Salidas		16 x 15 = 240
1	EM 221, 8 Entradas digitales		8 x 4 = 32
3	EM 222, 8 Salidas digitales		3 x 8 x 9 = 216
3	EM 231, Entrada termopar		2 x 60 = 160
1	EM 221, DI 8 X 24 DC. Alimentación necesaria de 5 VDC	1 x 30 = 30	
3	EM 222, 8 DO A Relay. Alimentación necesaria de 5 VDC	3 x 40 = 120	
3	EM 231, Entrada termopar. Alimentación necesaria de 5 VDC	3 x 20 = 60	
Consumo Total		210	744

Este análisis nos muestra que el PLC S7-200, CPU 226 puede abastecer 1A con una tensión de 5 VDC, por lo cual puede abastecer sin ningún problema a los módulos de ampliación, ya que estos requieren de 210 mA.

Por otro lado, para alimentar las señales de entrada y salida de los módulos adicionales no es suficiente con la fuente integrada de 24 VDC de la CPU 226 (0.4 A), es necesario una fuente externa.

Se implementó una fuente LOGO de 1.2 A de la marca Siemens, por motivos de expansión y para que no exista limitaciones de corriente de alimentación.



Figura 2. 4. Fuente de alimentación LOGO de Siemens.

2.7.6. PROTECCIÓN DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

A continuación se describe el cálculo de la protección para esta fuente de alimentación para el PLC, módulos de ampliación y relés auxiliares de control.

a. Corriente de plena carga (I_{pc}).

Tabla 2. 50. Corriente de plena carga de la fuente del sistema de control.

I_{pc} a 220 VAC
1,2 A

b. Conductor del circuito derivado (I_d).

Se trabaja con dos conductores (Fase y Neutro).

Tabla 2. 51. Dimensionamiento del conductor de la fuente de alimentación del sistema de control.

CIRCUITO DERIVADO		Conductor
I_{pc}	$I_d = 1,25 * I_{pc}$	18 AWG
(A)	(A)	
1,2	1,5	(10A)

Tabla 2. 52. Comparación de características de los conductores para la fuente de alimentación del sistema de control.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES		
PARÁMETROS	MARCA CABLEC	MARCA ELECTROCABLES
Tipo de aislamiento	THHW	THHW
Costo (USD/m)	0,65	0,75
Espesor de aislamiento (mm)	0,7	0,73
Capacidad (A)	18	18

Como se puede observar en la tabla 2.52 el conductor que se ajusta a nuestra necesidad es de la marca Electrocables. Por lo tanto el conductor se seleccionó con las siguientes características. Ver Anexo R.

c. Protección del circuito derivado (I_c).

Tabla 2. 53. Dimensionamiento del disyuntor.

Dimensionamiento del Disyuntor		
I_{pc}	Dimensionamiento teórico	Corriente estándar del Disy.
(A)	$I_c = 1,5 * I_{pc}(A)$	(A)
1,2	1,5	2

La protección fue dimensionada considerando la capacidad máxima de la fuente (1,2 A), es por eso que con un margen de protección del 20 %, se seleccionó un disyuntor de 2 A.

2.7.7. INTERFACE HUMANO-MÁQUINA (HMI).

Para la visualización y modificación de variables como temperatura de las zonas calientes, tiempos de retardo en el proceso, habilitación o deshabilitación de funciones de la máquina, entre otras; fue necesario una interfaz humano máquina (HMI) de fácil uso y amigable para el operador. De esta forma se implementó el HMI mediante una pantalla táctil, SIMATIC PANEL TP177 A Monocromático de la marca Siemens.



Figura 2. 5. Vista exterior de la pantalla táctil SIMATIC PANEL TP177 A.

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.

2.7.8. COMUNICACIÓN DE LA PANTALLA TÁCTIL.

Las comunicaciones que debe realizar esta interfaz gráfica es con el sistema de control, en este caso el PLC S7-200 y con el medio de programación de la pantalla, por ejemplo un computador.

a. Comunicación con el Sistema de Control.

La comunicación con el sistema de control se implemento mediante un cable STP (UTP aislado) conectado a las interfaces RS-485 de la pantalla y del PLC.

Los pines del conector DB-9 usados fueron: Pin1(Tierra), Pin3(Señal B RS-485) y Pin8(Señal A RS-485). Esta conexión fue punto a punto entre ambos puertos de comunicación.

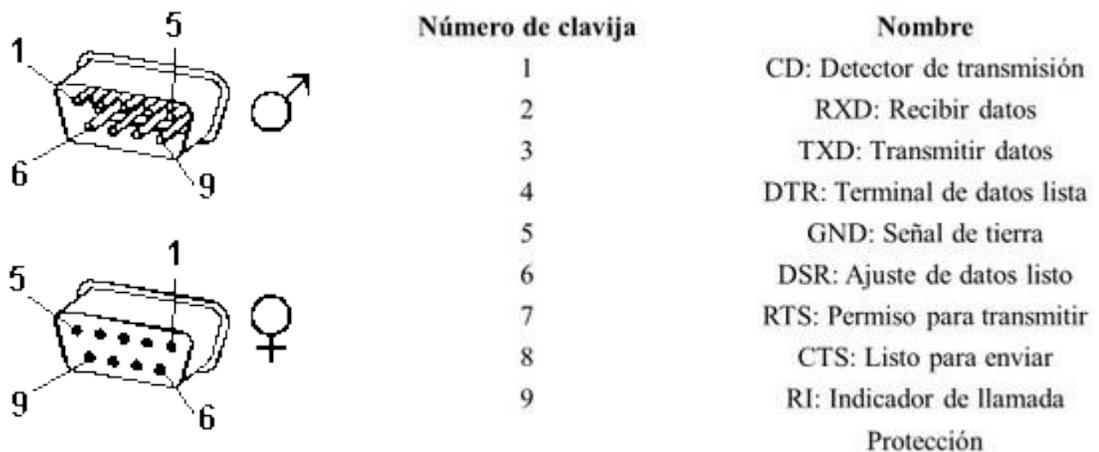


Figura 2. 6. Conector DB-9 y descripción de sus pines.

El PLC fue programado para comunicarse mediante el protocolo PPI (Punto a Punto) a una velocidad de 187.5 kbps por el puerto 0 RS-485.

La siguiente figura muestra todos los modos posibles de comunicación para esta pantalla táctil. El diagrama resaltado fue la conexión implementada en este proyecto.

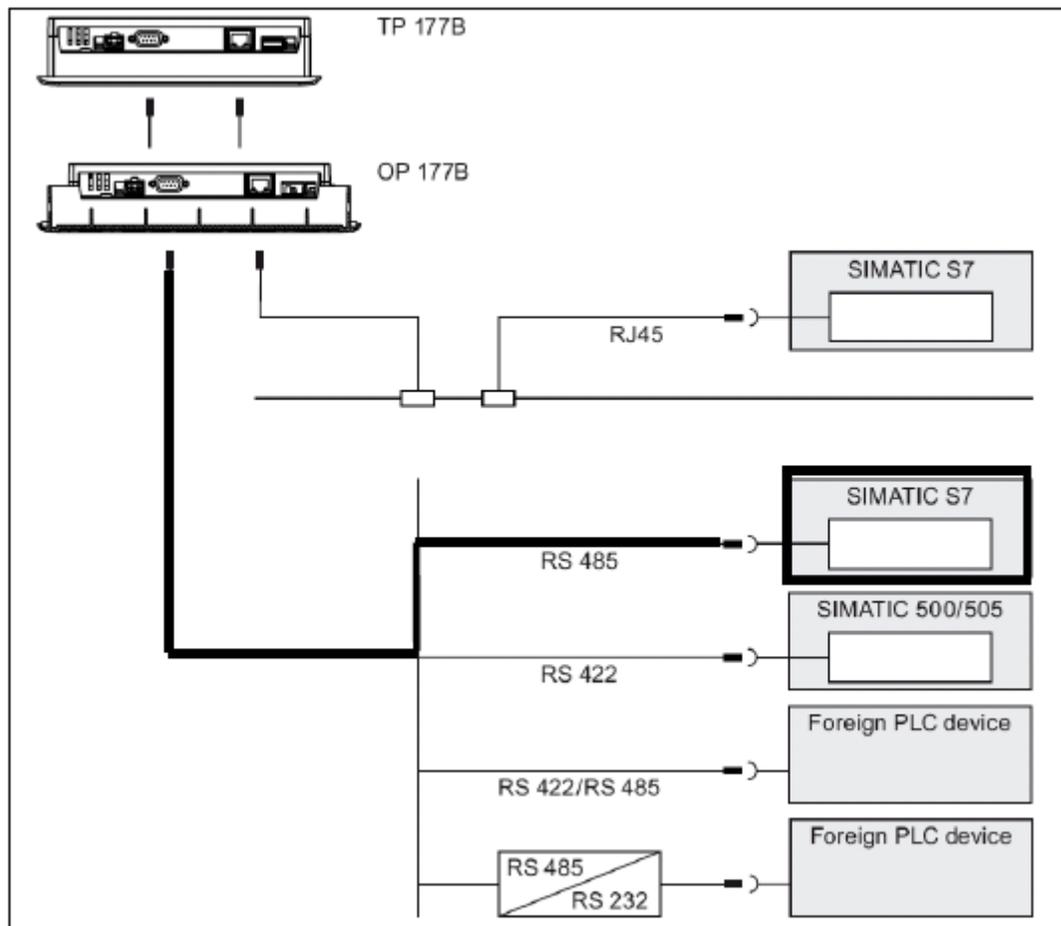


Figura 2. 7. Comunicación entre la HMI y el sistema de control PLC S7-200.

b. Comunicación con el medio de programación.

La programación de la pantalla táctil fue a través del computador, usando la interfaz USB, mediante un cable USB Host to Host.

Para realizar una buena comunicación y descargar el proyecto creado en WinCC Flexible a la pantalla táctil, es muy importante considerar las versiones, tanto de la pantalla táctil, del software de programación WinCC Flexible y el medio o cable de programación que se vaya a emplear, caso contrario será imposible ver el funcionamiento del proyecto en la HMI.

La siguiente figura ilustra las conexiones posibles entre el HMI y el medio de programación de la computadora, permitiendo transferir la imagen y datos del proyecto. El sistema que se utilizó en este proyecto es el que se encuentra resaltado.

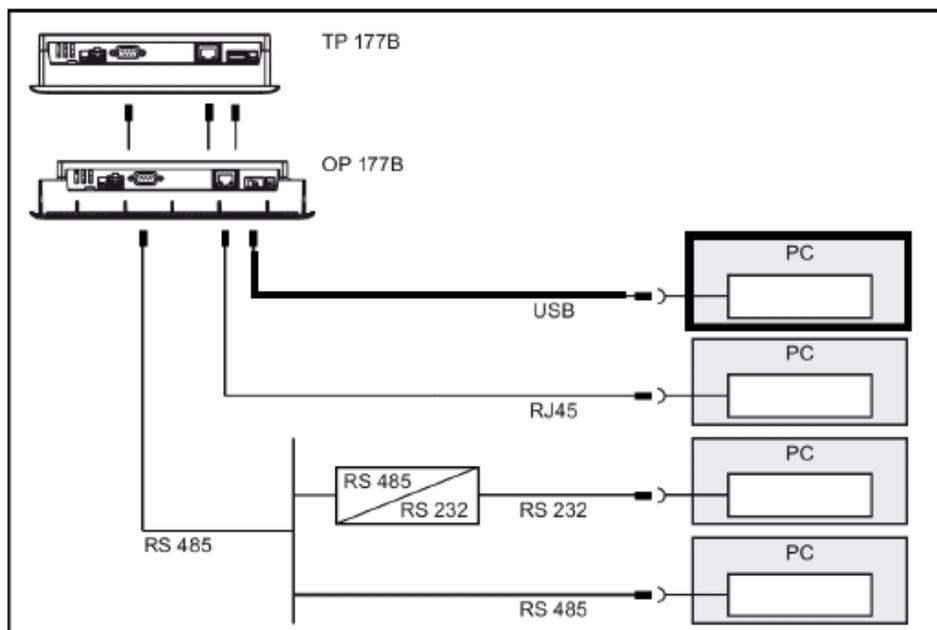
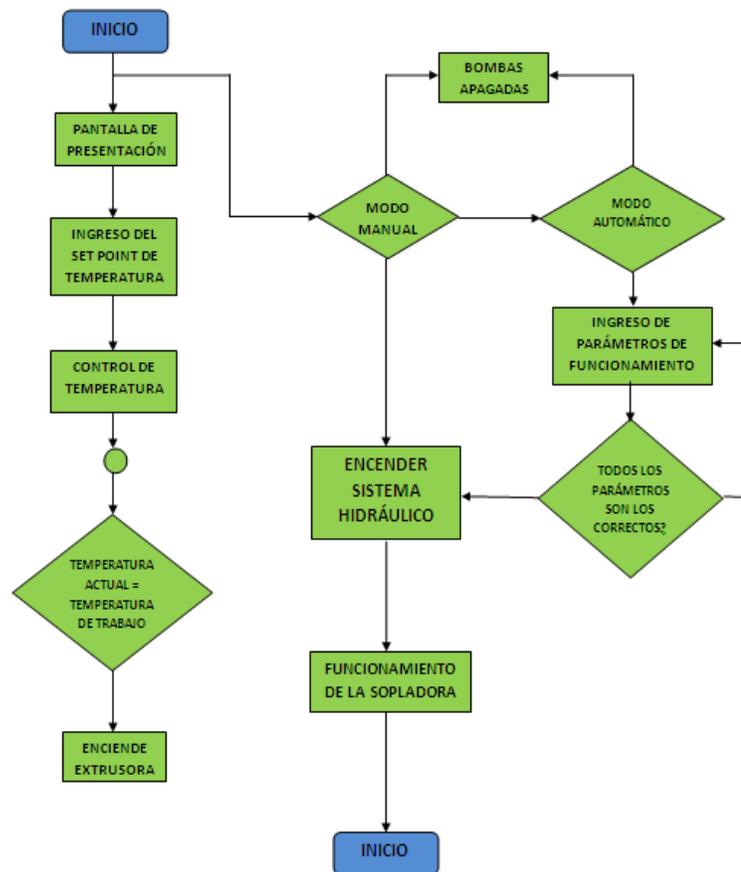


Figura 2. 8.Comunicación entre la HMI y el sistema de programación PC.

2.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y VISUALIZACIÓN

A continuación se describirá el sistema de control implementado en el PLC así como el programa creado para la interfaz gráfica. La figura 2.9 muestra un diagrama de flujos del proceso.



2.8.1. Introducción al STEP 7 – MICRO/WIN.

El Step 7 – Micro/Win es un software en un ambiente de Windows, para programar PLCs Siemens de la gama S7-200.

Al igual que otros programas posee tres ventanas principales:

- Barra de Navegación.
- Árbol de operaciones.
- Editor de Programa.

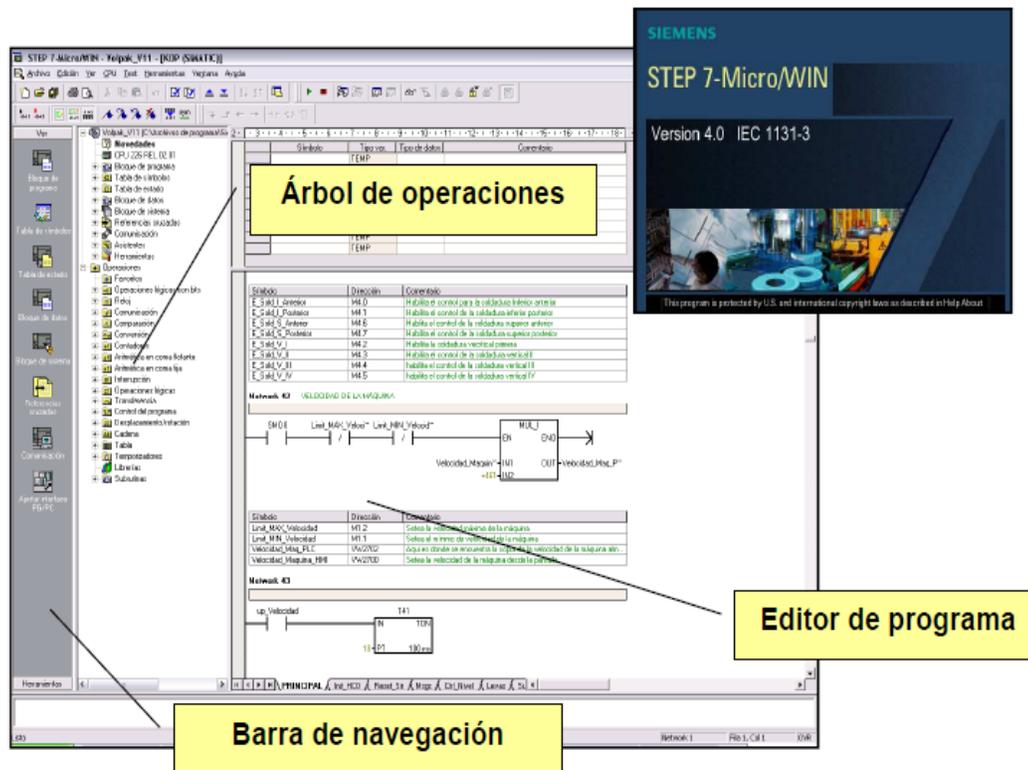


Figura 2. 10. Ventana Principal de Step7-Micro/Win.

En el árbol de operaciones se visualizan todos los objetos del proyecto y las operaciones para crear el programa de control.

El editor de programa contiene el programa principal, subrutinas e interrupciones y una tabla de variables locales.

Step7-Micro/Win permite implementar proyectos en tres modos diferentes: esquema de contactos (KOP), lista de instrucciones (AWL) y diagrama de funciones (FUP). El programa de control fue desarrollado en el modo KOP, debido a la factibilidad y previo conocimiento.

Los programas KOP tienen la barra de alimentación energizada que se encuentra a la izquierda. Los contactos cerrados permiten que la corriente

circule por ellos hasta el siguiente elemento, en tanto que los contactos abiertos bloquean el flujo de energía.

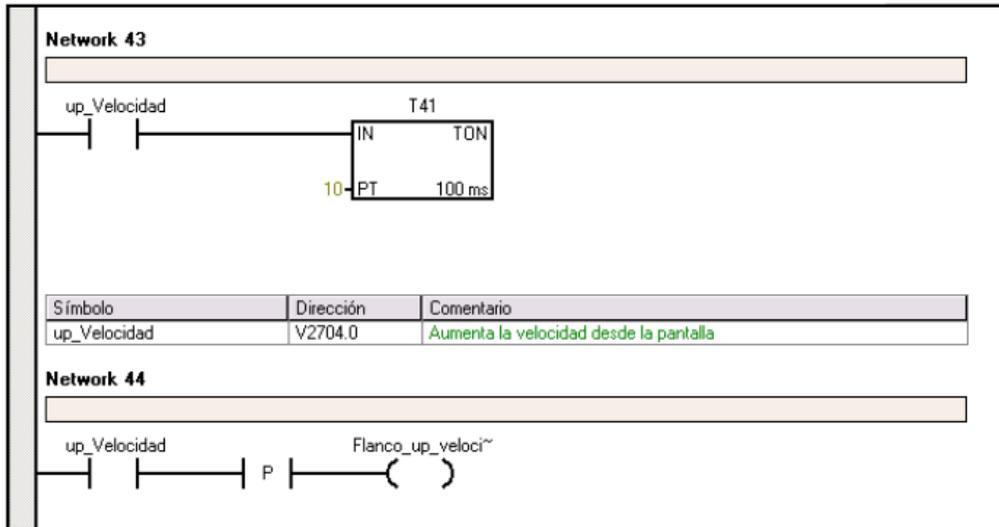


Figura 2. 11. Programa de control realizado KOP.

La lógica de este software se divide en segmentos (“NETWORKS”). El programa se ejecuta circularmente un segmento tras otro, de izquierda a derecha y luego de arriba hacia abajo. La figura 2.11 muestra un ejemplo de un programa realizado en KOP. Las operaciones se representan mediante símbolos gráficos que incluyen tres formas básicas.

Los contactos representan condiciones lógicas de entrada, tales como interruptores, botones o condiciones internas.

Las bobinas representan condiciones lógicas de salida, tales como lámparas, arrancadores de motor, relés interpuestos o condiciones internas de salida.

Los cuadros de funciones representan operaciones adicionales, tales como temporizadores, contadores u operaciones aritméticas.

2.8.2. PROGRAMA PRINCIPAL.

Es la etapa del programa que se ejecuta durante todo el proceso y es un ciclo repetitivo que tiene asignado las siguientes acciones:

a. Adquisición y procesamiento de datos

Para poder visualizar de manera real los datos análogos de temperatura que entregan las termocuplas como se observa en la figura 2.12, tenemos que guardarlos, luego transformarlos a reales y de esta manera se podrán visualizar los valores verdaderos de las temperaturas.

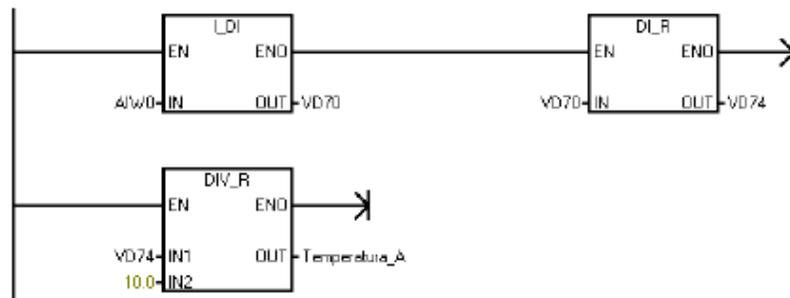


Figura 2. 12. Datos de Temperaturas.

b. Manejo de Alarmas.

Para diseñar el programa, todos los eventos irregulares posibles que puedan darse en el proceso, es por esta razón que al no cumplir las variables declaradas con las condiciones dadas en el software, se activarán las luces, una sirena y el mensaje en la pantalla de avisos de la HMI indicadores de alarmas.

c. Programa Principal.

El programa principal incorpora la secuencia general del programa de control para el proceso; pudiendo trabajar la máquina en dos modos: Manual o Automático. La figura 2.13. Muestra esta parte del programa.

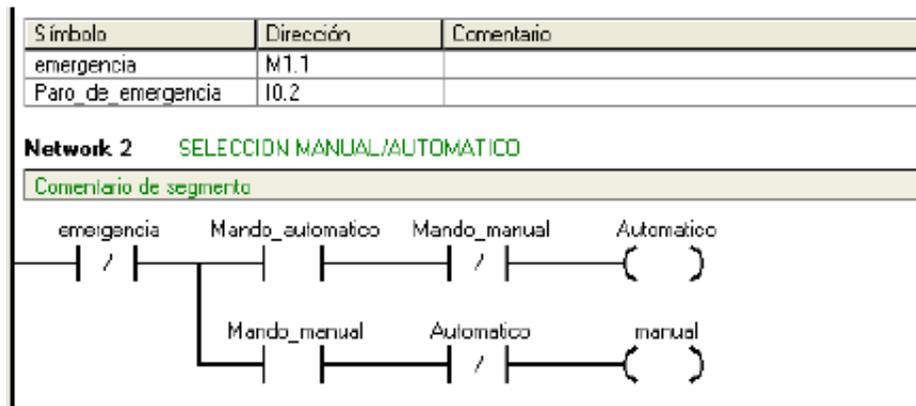


Figura 2. 13. Selección de modo de operación Manual o Automático.

En modo automático, las acciones de control sobre los parámetros del proceso, se ejecutan desde el PLC; La figura 2.9 Muestra el diagrama de flujo general del programa donde se realiza el procesamiento de la información.

2.8.3. PROGRAMACIÓN 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.

2.8.4. SIMULACIÓN DEL PROGRAMA.

La simulación del programa es de gran ayuda para verificar el cumplimiento de cada una de las etapas del proceso de extrusión y soplado de polietileno, además permitió comprobar si las variables manejadas en cada etapa del proceso sean las establecidas en el diseño.

La simulación del programa se realizó en el software PC_SIMU y S7_200 donde el proceso de conexión es el siguiente:

Una vez escrito el programa en el software Step7, se utilizará la opción “Exportar”, y se exportará el archivo a una carpeta cualquiera.

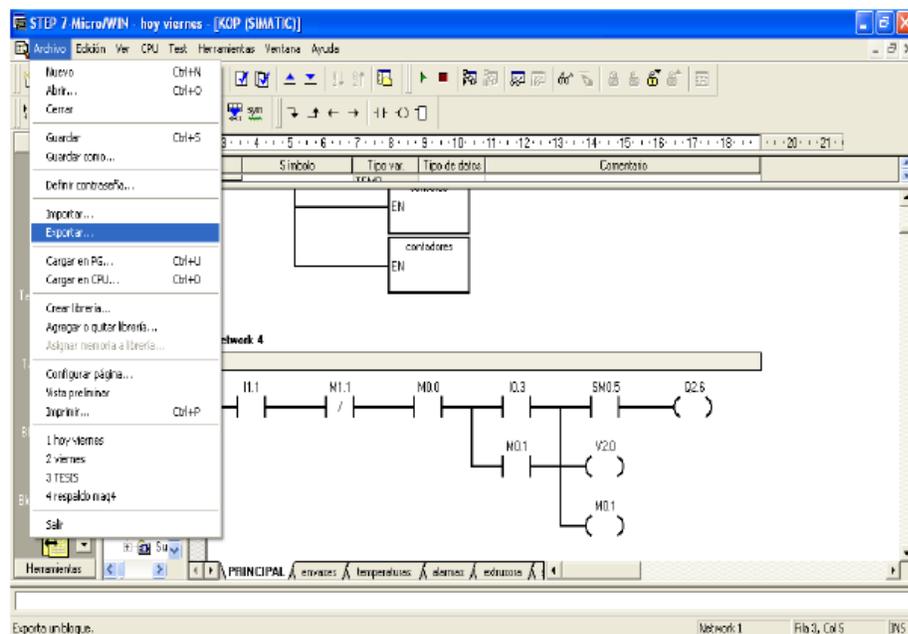


Figura 2. 14. Exportar un archivo en Step7.

Una vez exportado el archivo, se cargó en el software S7_200. En este programa se realizó configuraciones como seleccionar el tipo de CPU, se activaron módulos de expansión digitales y análogos de acuerdo al estado real de nuestra aplicación.

2.9. INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE WINCC-FLEXIBLE.



Figura 2. 15. Ventana de introducción al software simatic HMI de la marca Siemens.

Un sistema HMI representa la interfaz entre el humano (operador) y el proceso (máquina/instalación). El autómata posee el verdadero control sobre el proceso.

Por lo tanto existe una interfaz entre el operador y WinCC-Flexible (en el panel operador) y una interfaz entre WinCC-Flexible y el autómata.

WinCC-Flexible es el software HMI para conceptos de automatización del ámbito industrial de Siemens.

Al crear un proyecto en WinCC-Flexible o al abrir uno ya existente, aparece la estación de trabajo de WinCC-Flexible en la pantalla del equipo de configuración.

En la ventana de proyecto se representa la estructura del proyecto y se visualiza su estructura.



Figura 2. 16. Ventana principal de WinCC-Flexible.

WinCC-Flexible incluye un editor específico para cada tarea de configuración. Por ejemplo, la interfaz gráfica de usuario de los paneles de operador se configura en el editor “Imágenes”. Para configurar los avisos se emplea por ejemplo el editor “Avisos de Bit”. Todos los datos de configuración que pertenecen a un mismo proyecto se almacenan en la base de datos del proyecto.

2.9.1. PROGRAMA DE LA INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA.

La interfaz gráfica se desarrolló en el software WinCC-Flexible de Siemens, el programa que se utiliza para crear las HMI de pantallas táctiles y/o computadores, dependiendo de la versión del mismo.

Para la máquina Sopladora de Polietileno Magic MP se crearon algunas imágenes.

Una imagen es la pantalla que va a observar el operador en la interfaz gráfica para que pueda interactuar con ella.

A continuación se describe las ventanas y las funciones empleadas para el programa de la HMI.

a. Plantilla.

La plantilla constituye la imagen de fondo que va a aparecer en todas las demás ventanas de la HMI.

En esta ventana se puede configurar, la ventana de avisos, que aparece en cualquier instante que se presente una falla programada o un error del sistema, en cualquier imagen en la que se esté trabajando.

b. Pantalla Principal.

Esta ventana constituye el inicio de la interfaz gráfica, desde ésta se puede seleccionar cada opción para configurar la máquina. Un gráfico de fondo muestra las opciones de la máquina Sopladora de Polietileno, de tal modo que al presionar sobre alguna de ellas se ingresan a otra ventana que presenta más opciones.

Dentro de esta pantalla principal existen las opciones que se muestran en la siguiente figura 2.17.

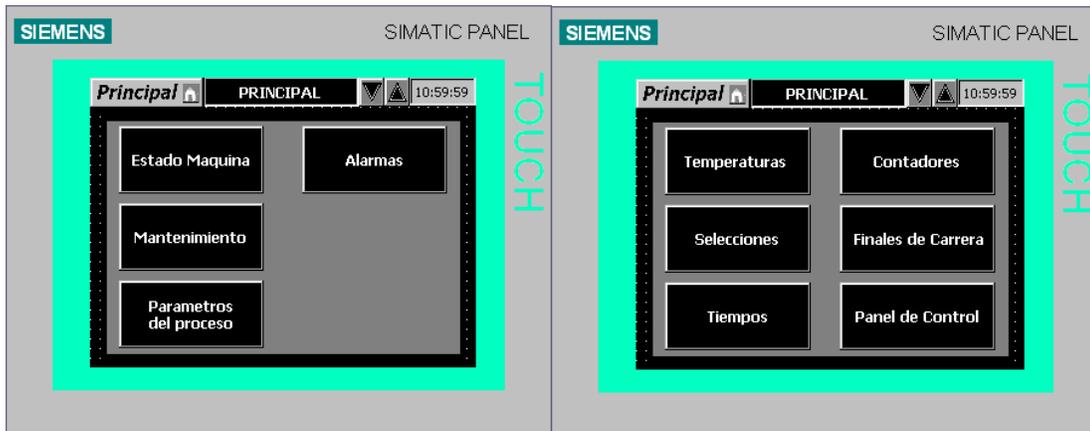


Figura 2. 17. Pantalla principal de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

c. Temperaturas.

Dentro de la pantalla principal se encuentra la opción “Temperaturas”. Al seleccionar esta opción se accede a una pantalla como la que se muestra en la figura 2.18.

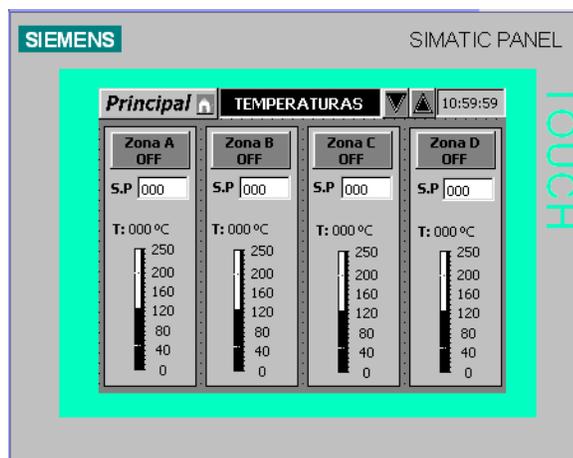


Figura 2. 18. Pantalla “Temperaturas” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

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.

d. Tiempos.

Esta pantalla permite configurar tiempos de retardo en diferentes puntos del proceso de la máquina. Son siete opciones a configurar según los requerimientos del envase a producir. Esta pantalla se muestra en la figura 2.19.

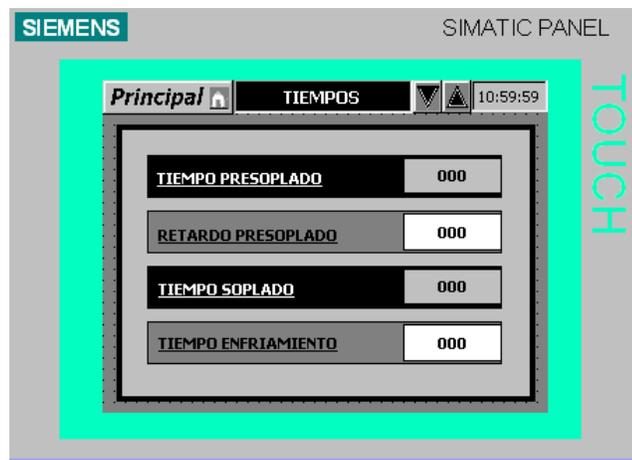


Figura 2. 19. Pantalla “Tiempos” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

e. Finales de Carrera.

En esta pantalla se muestra el estado de cada uno de los finales de carrera, para que el operador tenga una exactitud en el monitoreo de la máquina.

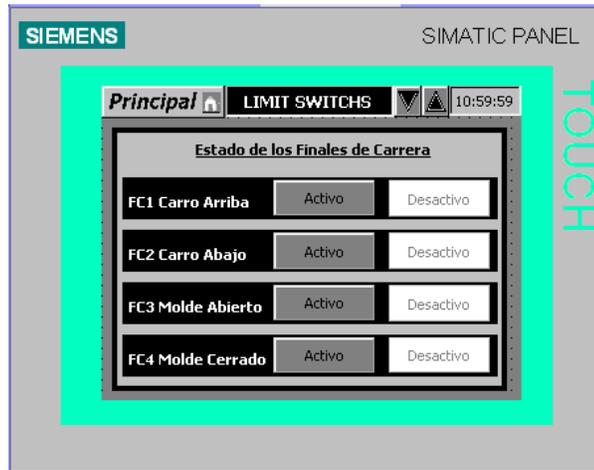


Figura 2. 20. Pantalla “Finales” de Carrera de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

f. Estado de Máquina.

Esta pantalla fue 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.

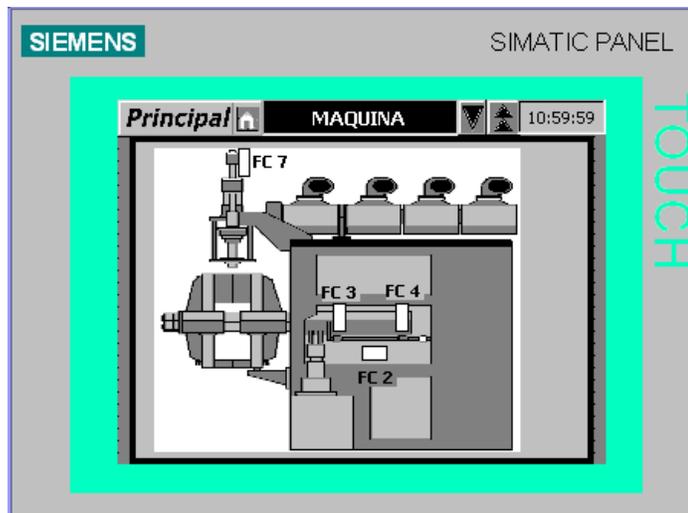


Figura 2. 21. Pantalla “estado de la máquina” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

g. Selecciones.

En esta pantalla el operador se eligen opciones adicionales de la máquina como el control de manga; rebabeo, tipo de corte, etc. Funciones que pueden o no estar activadas de acuerdo al tipo de envase a producir.

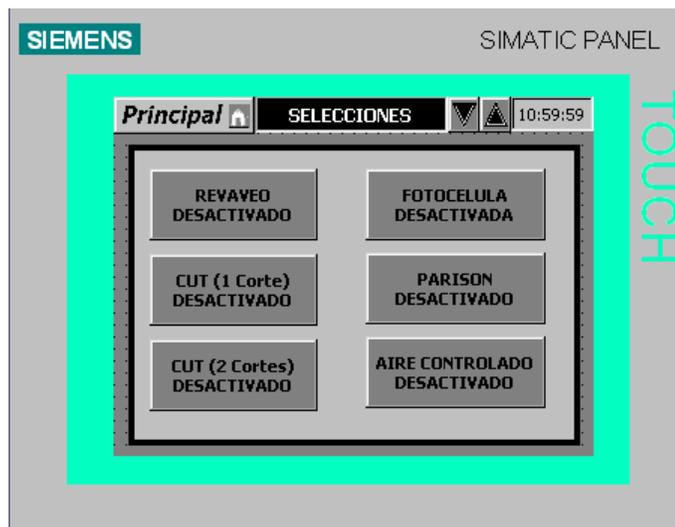


Figura 2. 22. Pantalla “selecciones” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

h. Contadores.

El operador podrá en esta ventana, ingresar el número de envases a producir por bulto; así como visualizar el número de envases que se ha producido y el total de envases que ha producido la máquina durante toda su etapa de trabajo. Además se puede escoger la opción de alarma para que suene un aviso cuando se ha producido lo ingresado.

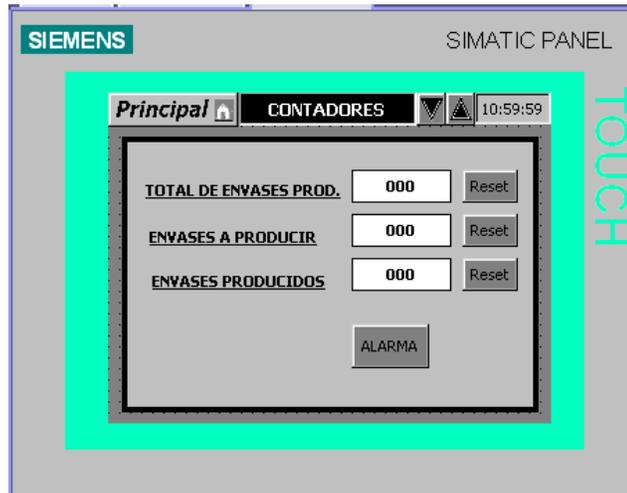


Figura 2. 23. Pantalla “Contadores” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

i. Alarmas.

En esta ventana se puede observar detalles de fallas que ocurran durante el proceso de producción dando una idea al técnico de donde puede estar la falla para corregirla.

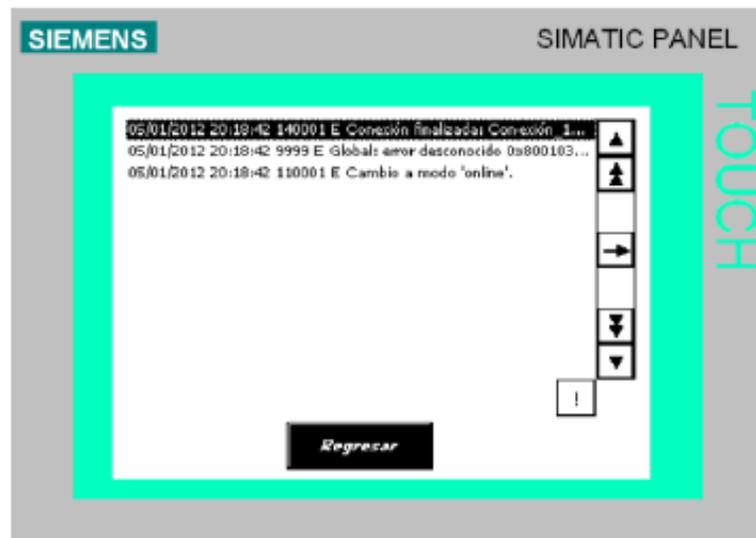


Figura 2. 24. Pantalla “Alarmas” de la HMI de la máquina sopladora de polietileno.

2.10. Diseño del Tablero de Control.

Se diseñó con el propósito que el operador tenga acceso a controlar la máquina tanto de forma manual como automática y visualizar el estado del proceso de extrusión y soplado de envases plásticos a través de la pantalla.

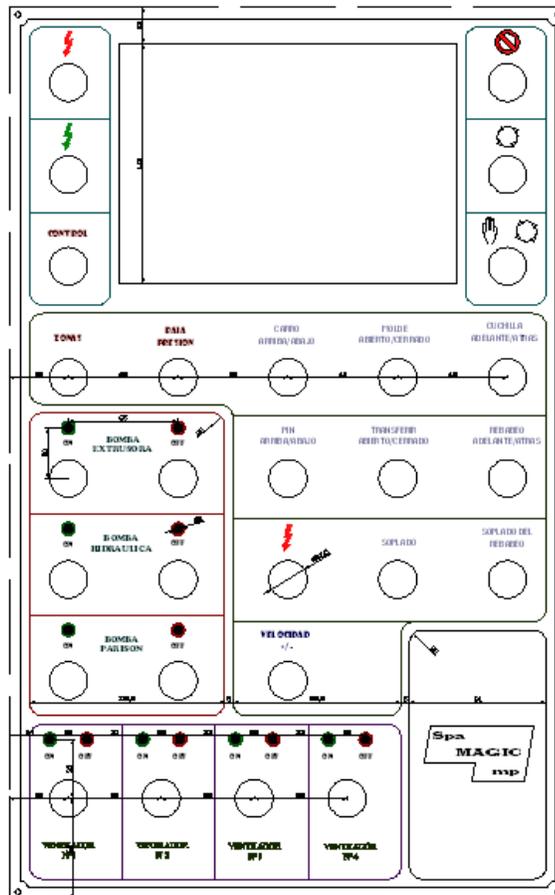


Figura 2. 25. Diseño de la placa del tablero de control para la máquina sopladora de polietileno de la marca Magic MP.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS.

3.1. INTRODUCCIÓN.

Para comprobar el correcto funcionamiento de todos los elementos que se requirió para la automatización se realizaron diferentes pruebas que se detallan en el presente capítulo. Estas pruebas fueron necesarias ya que todos los elementos que se utilizaron se encontraban instalados en máquina sopladora de polietileno, que había sido importada anteriormente y no se encontraban en normal funcionamiento.

3.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE DIFERENTES ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL SISTEMA.

3.2.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC.

El PLC que se seleccionó para el presente proyecto es un S7 200 CPU 226 AC/DC/RELAY con alimentación 120 VAC y salidas a relé. Para poder conocer la versión de un PLC abrimos el programa STEP 7, ventana CPU / Tipo y damos un clic en el botón leer CPU como se muestra en la figura 3.1.

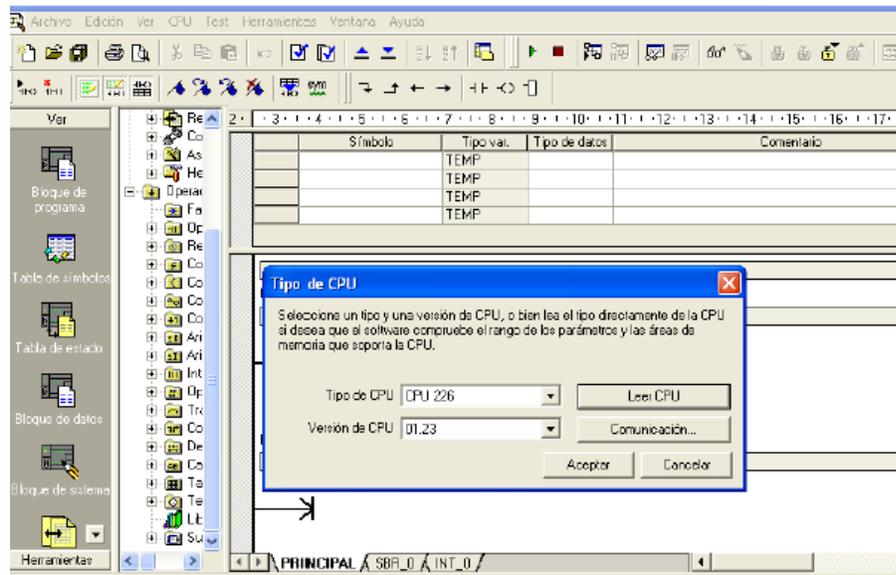


Figura 3. 1. Lectura de la versión de un PLC S7 200.

Al realizar las pruebas de conexión de entradas y salidas, todas estas funcionaban correctamente incluso con señales forzadas, por lo que se decidió seguirlo utilizando y colocarlo definitivamente en el gabinete destinado para el circuito de control y potencia

3.2.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PANEL OPERADOR SIEMENS MODELO TP177 A.

Primero se realizó la conexión de alimentación como indicaba el manual del usuario, el panel operador funcionó se muestra la ventana de la interfaz humano-maquina en la figura 3.2

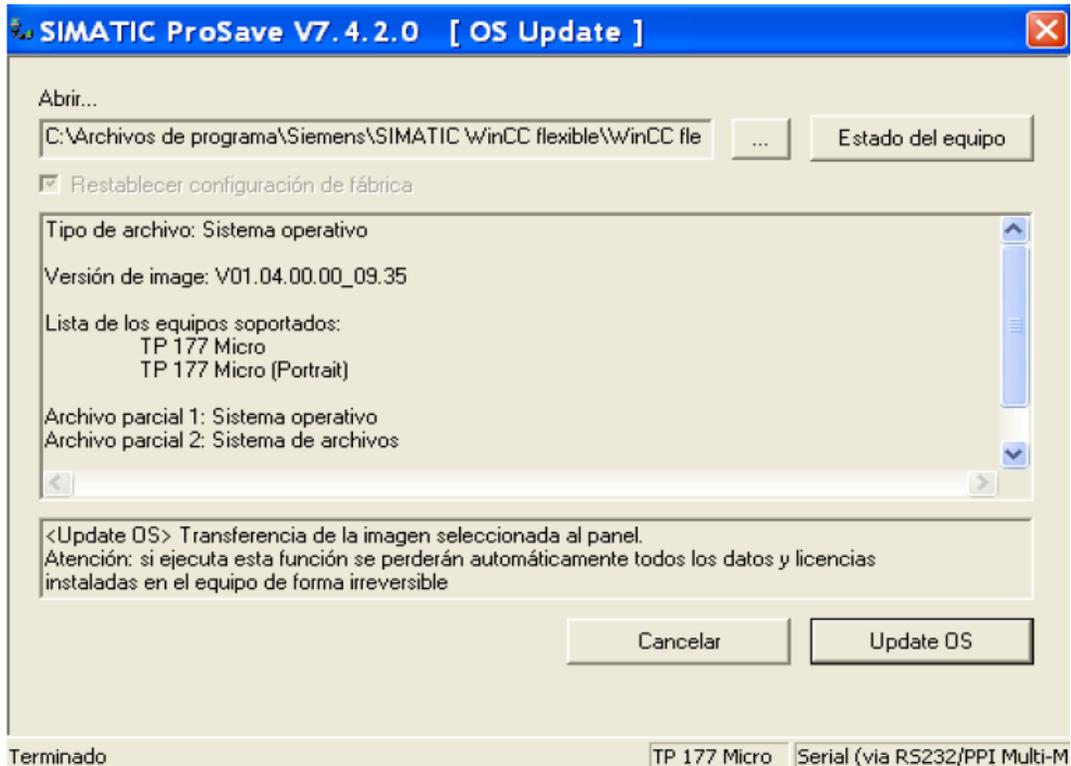


Figura 3. 2. Actualización de SOS del panel operador TP177A.

Para cargar un programa a al apantalla se tuvo que actualizar el sistema operativo (SOS) del panel operador de la marca Siemens TP177A, ya que el programa con el cual se trabajó es Winn CC flexible 2008.

3.2.4. PRUEBAS DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC Y PANEL OPERADOR.

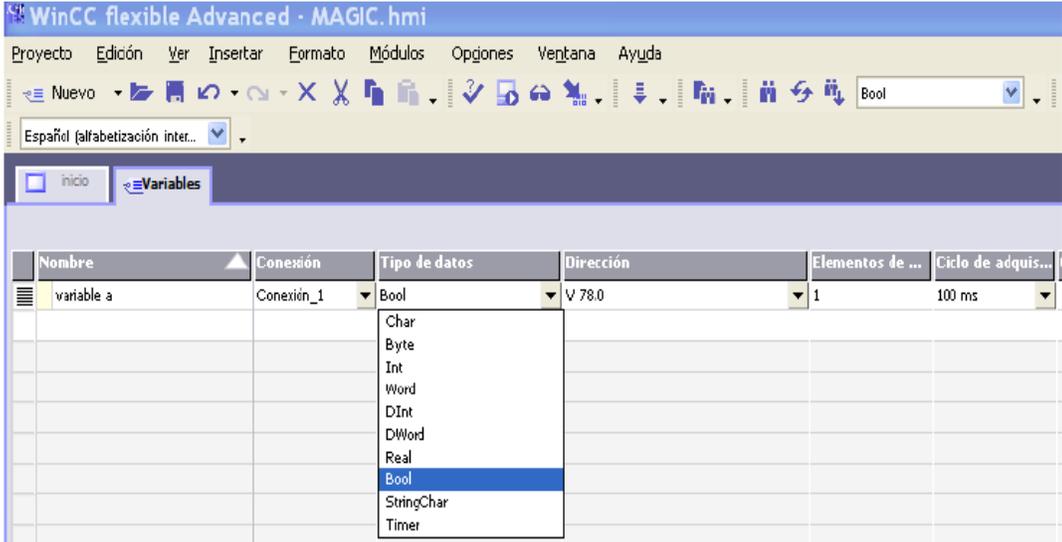


Figura 3. Manejo de variables en WinnCC flexible.

Siempre deben trabajar tanto el controlador como el panel a la misma velocidad de transferencia en este caso a 9,6 Kbps o también a 19,2 Kbps, además que el tiempo de retardo para una variable tipo booleana sea de 100 ms máximo 500ms.

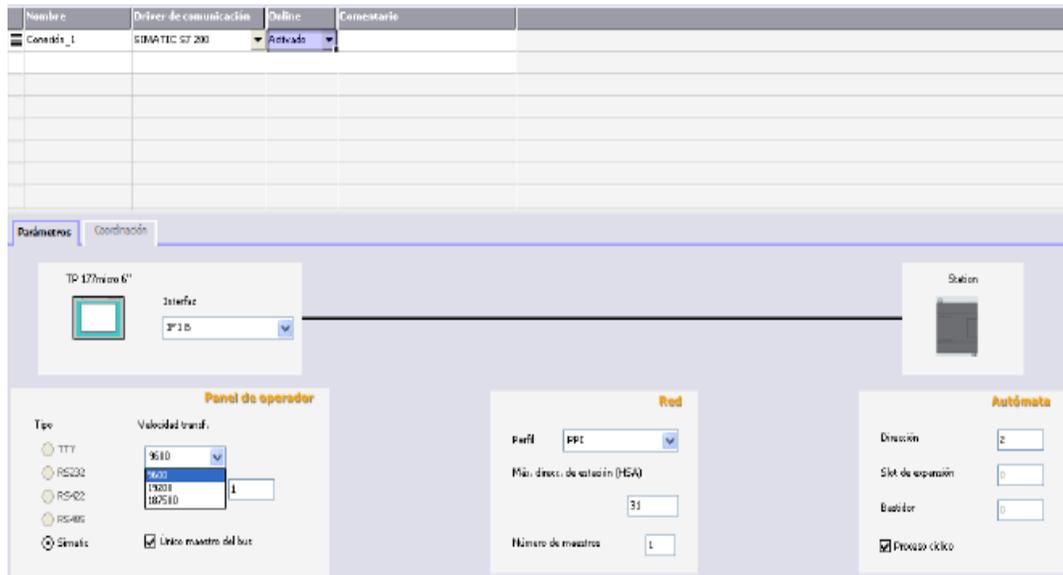


Figura 3. 4. Configuración de velocidad de transferencia de datos.

3.2.5. PRUEBAS DE ADQUISICIÓN DE VALORES DE TEMPERATURA.

Para esta prueba primero se realizó una prueba de funcionamiento del módulo EM231 de termocuplas, energizándolo con una fuente de 24 VDC posteriormente conectamos las termocuplas tipo J realizando la calibración como indica en el manual del Step 7. Con el modulo utilizado $1^{\circ}\text{C} = 100$ en la entrada analógica del PLC, por lo que se procedió a realizar la división para 10 y ya se podía visualizar la temperatura real, la cual fue comprobada con un termómetro por infrarrojos que marcaba valores similares.

3.2.6. PRUEBAS DE ELECTROVÁLVULAS.

a. Hidráulicas.

La activación de sus bobinas se las realizó con la red de 120 Vac y funcionó correctamente y luego con 110 Vac con el circuito de optoacopladores y triac igualmente funcionaron sin novedades.

b. Neumáticas.

El único problema con estas electroválvulas fue que presentaban fugas de aire, pero fue solucionado con el cambio de sellos tipo "O". La activación de sus bobinas se las realizó de manera similar a las electroválvulas hidráulicas y funcionaron correctamente.

3.2.7. PRUEBAS DEL MANEJO DEL PROCESO.

Se realizaron las pruebas de funcionamiento del tablero de control para verificar que el sistema de la maquina sopladora funcione en condiciones normales. De éstas se obtuvieron los siguientes resultados: En el tablero principal se activó el control de temperatura de cada zona y en el panel operador en la ventana de temperaturas se escribió de valor del Set Point que correspondía a cada una. Realizado esto se esperó que se calienten hasta el valor establecido y se procedió a encender la bomba del impulsor del tornillo extrusor lo cual funcionó correctamente en vacío.



Figura 3. 5. Encendido del tablero principal.

En el modo manual del tablero (figura 3.5) se realizó el encendido y apagado de la bomba hidráulica que alimenta a las electroválvulas y se procedió a comprobar de la siguiente manera:

- Apertura y cierra el molde
- Subir y bajar el carro

Todo funcionó correctamente. Abriendo la válvula de paso de aire en modo manual se realizó las siguientes pruebas:

- Subir y bajar el pin de soplado
- El paso de aire de soplado.
- Cuchilla Abierto/Cerrado.

- Rebabeador inferior.

El avance y regreso de un brazo que sirve para llevar el envase hacia una banda transportadora.

Apertura y cierra de pinzas que sujetan al envase mientras es rebabeado

Todas estas pruebas fueron satisfactorias por lo que se procedió a probar en modo automático el proceso en vacío, pero primero colocando los respectivos tiempos en el panel operador.

- Retardo al presoplado
- Tiempo de presoplado
- Tiempo de soplado
- Tiempo de aire de escape
- Retardo a bajar el carro
- Retardo a cerrar el molde
- Retardo al corte de parison

El funcionamiento en este modo se realizó con éxito, por lo que se procedió a colocar el material y probar ya de forma real.



Figura 3. 6. Soplado del envase de galón.

La figura 3.6 muestra el primer envase soplado que pertenecía al molde de 1 galón con los tiempos referenciales de la tabla 3.1.

Tabla 3. 1. Tiempos referenciales del primer envase soplado.

DESCRIPCIÓN	TIEMPOS (seg)
Retardo de presoplado	0.1
Tiempo de presoplado	0.1
Tiempo de soplado	5
Tiempo de aire de escape	2
Retardo a bajar el carro	0.1
Retardo a cerrar el molde	2
Retardo al corte de parison	0.1

3.3. AJUSTE Y CALIBRACIÓN.

Para los valores de temperaturas que se deben introducir para cada una de las ocho zonas de temperatura se tomó en cuenta que el rango de temperatura para extrusión y soplado que está en un rango de 150°C a 200°C en el trayecto del tornillo y que el parison debe estar a 150°C al momento que es tomado por el molde.



Figura 3. 7. Ventana de calibración de las temperaturas de cada zona.

La tabla 3.2 muestra los valores de temperaturas para operación segura.

Tabla 3. 2. Temperaturas referenciales.

ZONA	TEMPERATURA (°C)
A	196
B	196
C	196
D	185
E	185
F	190
G	180
H	180

3.4. ANÁLISIS FINANCIERO.

Es el proceso de colocar cifras en dólares en los diferentes costos y beneficios de una actividad. Al utilizarlo, se estima el impacto financiero acumulado de la realización del proyecto.

3.4.1. ANÁLISIS DE COSTOS.

El análisis financiero para la automatización de la máquina sopladora de polietileno, es importante debido a que se está optimizando recursos para obtener buenos resultados y poder sobresalir ante la competencia, teniendo en cuenta todos los gastos, para saber cuánto es la inversión y cómo lograr recuperarla en tiempos establecidos. Cabe mencionar que algunos elementos se realizaron un mantenimiento para volver a ocuparlos y otros se fueron adquiridos. En las tablas siguientes, se muestran los costos de cada uno de los elementos que intervienen en la automatización, que se considerarán como las inversiones del proyecto.

a. Materiales utilizados en la automatización de la sopladora de polietileno.

Tabla 3. 3.Lista de materiales utilizados.

Nº	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Total
1	Fusible tipo NH, marca Siemens,160 Amp,aM	3	unid.	50,25	150,75
2	Conductor # 4 AWG marcaPhelp Dodge	20	mt	3,5	70
3	Guardamotor marca Siemens, 80 Amp	1	unid.	74,82	74,82
4	Contactador marca Siemens, 80 Amp	1	unid.	200,2	200,2
5	Fusible tipo DO3, marca Siemens,100 Amp, aM	1	unid.	50,25	50,25
6	Conductor # 10AWG, marcaPhelp Dodge	20	mt	1,85	37
7	Guardamotor marca Siemens, 40 Amp	1	unid.	60,96	60,96
8	Contactador marca Siemens, 80 Amp	1	unid.	100	100
9	Fusible tipo CI00, marca Siemens, 4 Amp, aM	3	unid.	10,25	30,75
10	Conductor #18 AWG, marca Electrocables	30	mt	0,75	22,5
11	Guardamotor marca Siemens 1 Amp	1	unid.	30,96	30,96
12	Contactador marca Siemens, 9Amp	1	unid.	36,35	36,35
13	Conductor # 14 AWG, marca electrocables	15	mt	1,05	15,75
14	Fusible tipo CI2, marca Scheneider, 15 Amp,gG/gL	3	unid.	10,5	31,5
15	Relé de estado sólido	5	unid.	50	250
16	PLC Siemens S7-200 CPU 226	1	unid.	380	380
17	Módulo de entradas digitales EM221 DI 8x24 VDC	1	unid.	84,2	84,2
18	Módulo de Salidas Digitales EM222 8 salidas digitales a relé	3	unid.	100	300
19	Módulo de entradas analógicas EM231	3	unid.	100	300
20	Fuente logo marca Siemens, 1.2 Amp	1	unid.	125	125
21	Panel Operador marca Siemens Modelo TP 177A	1	unid.	600	600
22	Fundas de terminales tipo ojo	5	unid.	2	10
23	Canaletas	20	unid.	3	60
24	Portafusibles	1	unid.	3,2	3,2
25	Marquillas	20	unid.	1,8	36
26	Placa optoacopladores y triac	4	unid.	150	600
27	Selectores de 3 posiciones, marca Siemens	4	unid.	35,4	141,6
28	Selectores de 2 posiciones, marca Siemems	7	unid.	30	210

(Continuación) Tabla 3. 3.Lista de materiales utilizados.

Nº	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unit.	Total
29	Pulsantes de color verde marca Camsco	5	unid.	18	90
30	Pulsantes de color rojo marca Camsco	3	unid.	18	54
31	Pulsantes de color amarillo marca Camsco	1	unid.	18	18
32	Paro de emergencia	1	unid.	35,7	35,7
33	Torre de alarmas	1	unid.	150	150
34	Placa de acero inoxidable para la botonera	1	unid.	350	350
35	Borneras	4	unid.	15	60
36	Riel din	4	unid.	4,5	18
37	Caja metalica para el control 40x50x15	1	unid	250	250
38	Type	10	unid.	2,5	25
				TOTAL	5062,49

b. Otros materiales.

Tabla 3. 4.Gastos en otros materiales.

Nº	DESCRIPCION	Cantidad	Precio unitario	Precio total (USD)
1	Servicios profesionales estudio, diseño	2	800	1600
2	Gastos varios	1	300	300
			TOTAL	1900

El gasto total es la suma de todos los elementos tanto mecánicos, eléctricos y otros materiales, como se ve en la tabla 3.4.

Tabla 3. 5. Gastos totales en todos los elementos.

GASTOS MECANICOS	600
GASTOSO ELECTRICOS	4462,49
OTROS GASTOS OTROS MATERIALES	1900
TOTAL	6962,49

Con estos datos tenemos una inversión total de: **6962,49 DÓLARES AMERICANOS.**

Para elaborar un flujo de caja se realizó una proyección estimada para 5 años considerando los siguientes datos como se observa en la tabla 3.5.

Tabla 3. 6.Inversión a un año proyectada.

Materiales Directos (mecánicos, eléctricos y otros)	6962,49
Mano de obra directa automatización	1400
Costos indirectos	1000
INVERSION INICIAL	9362,49

En la tabla 3.6 se muestra la proyección de la inversión de un año teniendo en cuenta los materiales de mecanizado de los moldes, el pago a los trabajadores y otros costos indirectos.

3.4.2. FLUJOS DE CAJA.

Para realizar los flujos de caja en proyecto se estimó los siguientes puntos:

- La ganancia estimada para el primer año considerando datos históricos de la empresa se prevé será de 35000 dólares americanos.
- Para los siguientes años se estima un incremento del 2% en constes directos en indirectos de inversión.
- En las ventas el propósito es incrementar en un 15% anual.
- Considerando todos estos parámetros se realizó el flujo de caja como se muestra en la tabla 3.7.

Tabla 3. 7.Proyección del flujo de caja para 5 años.

DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Inversión	9362,49	10467,00	10676,34	10889,87	11107,66	11329,82
Ventas	-----	35000,00	40250	46287,5	53230,63	61215,22
Ganancias	9362,49	24533,00	29573,66	35397,63	42122,96	49885,40

3.4.3. VALOR PRESENTE NETO (VPN).

Es el valor presente neto de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el período de evaluación del proyecto, son las ganancias que puede reportar el proyecto, con un valor positivo si el saldo entre beneficios y gastos va a ser favorable para el proyecto y con un valor negativo en el caso contrario.

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci}}{(1+D)^i} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$K_0 =$ Inversión inicial

$F_{ci} =$ Flujo de caja en el año i

$D =$ Tasa de descuento real utilizada

$i =$ Numero de periodos de vida del proyecto

$$VPN = -9362,49 + \frac{24533}{(1+0,1581)^1} + \frac{29573,66}{(1+0,1581)^2} + \frac{35397,63}{(1+0,1581)^3} + \frac{42122,96}{(1+0,1581)^4} + \frac{49885,40}{(1+0,1581)^5}$$

VPN= 104024,876

3.4.4. VALOR ABSOLUTO NETO (VAN).

El proyecto representa el valor adicional restado la tasa de rendimiento requerida, es decir que el proyecto es factible ejecutarlo en este momento, ya que, generará una ganancia de \$ **104024,876** libre de la tasa de rendimiento y si se posterga la ejecución del mismo al cabo de 5 años el proyecto ascenderá a un costo de \$ 11567,45 debido al valor del dinero en el tiempo

3.4.5. TASA MÍNIMA DE ACEPTACIÓN DE RIESGO (TMAR).

La tasa de rendimiento requerida fue tomada en base al riesgo país, inflación y tasa de interés pasiva, en todas las anteriores se debe utilizar el valor anual, el valor de la tasa de rendimiento requerida se muestra a continuación:

TMAR = (inflación + tasa de interés pasiva + riesgo país)%

TMAR = 4.77% + 4.53% + 8.26%

TMAR = 17.56%

3.4.6. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

Se define como aquella tasa de descuento que reduce a cero el Valor Presente Neto. La TIR representa el porcentaje máximo de ganancia que se aspira obtener, si se ejecuta el proyecto en las mejores condiciones.

Analíticamente la TIR se determina como:

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci}}{(1+TIR)^i} \quad \text{Ec. 3.2}$$

Para el cálculo de la TIR se va utilizar el valor total de la inversión y los flujos netos de efectivo y lo obtenemos por medio de EXCEL con la función TIR de lo que resulta.

$$VPN = -9362,49 + \frac{24533}{(1+TIR)^1} + \frac{29573,66}{(1+TIR)^2} + \frac{35397,63}{(1+TIR)^3} + \frac{42122,96}{(1+TIR)^4} + \frac{49885,40}{(1+TIR)^5}$$

TIR= 75,4%

La tasa interna de retorno es del 75,4%, que es el porcentaje máximo de ganancia que se aspira obtener en las mejores condiciones. El TIR es mayor que la tasa de rendimiento requerida (TMAR) de la inversión, y por esta razón se consideró que el proyecto es viable.

3.4.7. PERÍODO REAL DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI).

Es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento considerada. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^{PRI} \frac{F_{ci}}{(1+TIR)^i} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Para obtener el valor del PRI se le van ⁷adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.

a. Recuperación de la inversión.

De acuerdo al flujo de caja proyectado anteriormente se puede concluir que la empresa “NS INDUSTRIAS” recuperará su inversión inicial en un período de **“8 meses y 10 días”**.

3.4.8. RELACIÓN BENEFICIO - COSTO (RBC).

Se determina como la relación entre el valor presente neto de los beneficios VPNB y el valor presente neto de los costos VPNC.

En la determinación del VPNC hay que sumar al valor de los costos anuales descontados, el valor de la inversión inicial sin descontar, como se muestra a continuación:

$$RBC = \frac{VPNB}{VPNC} + \frac{189564,20}{9362,49} \quad \text{Ec. 3.4}$$

□

$$RBC = 15,85$$

La relación beneficio costo es mayor equivalente a 15,85 por lo que fue muy conveniente para el proyecto. Esta razón indica que por cada dólar invertido en el sistema de refrigeración se recupera 15,85 dólares de ingreso.

En la tabla 3.8 se muestra los valores límites para que un proyecto sea económicamente viable.

Tabla 3. 8. Rangos de valores para el proyecto.¹⁰

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN, \$	VPN > 0
TIR, %	TIR > D
PRI, años	PRI < n
RBC	RBC > 1

En la tabla 3.9. Se muestra los valores obtenidos en el análisis financiero que se realizó al proyecto, determinando que es económicamente viable.

¹⁰Van Horne, James C. *Administración Financiera*. Novena Edición. México: Prentise Hall Hispanoamérica.

Tabla 3. 9. Rango de valores obtenidos en el análisis financiero.

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN, \$	104024,876 > 0
TIR, %	75,4% > 17,56 %
PRI, años	8 meses 10 días < 5 Años
RBC	15,85 > 1

3.4.9. INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FINANCIERO.

El VAN obtenido es de \$ 104024,876 permitiéndonos tener un criterio de decisión positivo, lo que ratifica la viabilidad del proyecto; teniendo una TIR del 75,4%, y esta a su vez es mayor que el TMAR = 17,56% de la inversión, por lo que se considera que el proyecto es viable.

Los datos alcanzados y comprobando con los límites de aceptación se llega a la conclusión que el proyecto es totalmente viable siendo de gran beneficio para la empresa N.S industrias.

El periodo de recuperación es de 8 meses y 10 días, esto permite prever que se recuperará la inversión a corto plazo, siendo esto de gran beneficio y satisfacción para la empresa N.S industrias, lo que promueve a desarrollar nuevos proyectos de automatización.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 CONCLUSIONES.

Una vez finalizado el proyecto se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- ✓ La automatización de la máquina sopladora de polietileno mediante el uso de un PLC y un panel operador siemens cumplió todos los objetivos, además con una un rango calibración de temperaturas según los tipos de envases a elaborar y el tipo de polietileno a ser usado.
- ✓ El tiempo muerto del envase es aproximadamente 2,8 segundos, mejorando así el tiempo de producción en 1,7 segundos, el mismo que fue comparado con otra máquina similar que produce el mismo envase de galón.
- ✓ Se migró el programa de control del PLC Siemens S5 hacia el nuevo controlador que fue un PLC de la familia siemens S7-200 CPU 226 AC/DC/relay, también se realizó la implementación de nuevas líneas de programación.
- ✓ Se logró desarrollar un algoritmo de control que permitió automatizar el proceso de manera sencilla y sobre todo de fácil manejo para el operador.

- ✓ Se implementó la pantalla de visualización para uso industrial mediante un interfaz hombre máquina de fácil control y en tiempo real.
- ✓ Con la automatización se logró eliminar el tiempo que el operario realizaba el corte del material sobrante (rebabas) de los envases, de esta manera se disminuyó el tiempo de elaboración de envases.
- ✓ Con la implementación del proyecto mejoró el funcionamiento y disminuyó la parte manual durante el proceso de elaboración de envases de la maquinaria, la cual se encontraba en condiciones físicamente crítica.
- ✓ Se redujo la manipulación del envase durante el proceso y por ende los desperdicios que se producían, de esta manera se fabrica un producto con mejor acabado generando un producto de calidad.
- ✓ Mediante el HMI local implementado y la utilización de una torre de alarmas se redujo el tiempo de reparación por alguna falla de la máquina.

4.2. RECOMENDACIONES.

- ✓ Se recomienda colocar un variador de velocidad para hacer posible el giro del tornillo extrusor, se eliminaría el sistema hidráulico que existe actualmente haciendo posible el ahorro de energía.
- ✓ Capacitar constantemente personal de mantenimiento y de operación involucrados directa o indirectamente en la utilización de la máquina sopladora de polietileno, sobre sus riesgos y peligros, con el fin de que se pueda realizar unas correctas acciones seguridad personal, monitoreo, mantenimiento preventivo y correctivo del sistema.

- ✓ Se recomienda tener un conocimiento de seguridad industrial para tomar las precauciones necesarias cuando se trabaja en un ambiente industrial ya que pueden presentarse riesgos en el proceso de producción.
- ✓ En el caso de realizar proyectos de automatización con HMI se recomienda utilizar el software de la misma marca del PLC ya que permite conectarse a una red industrial con los mismos recursos.
- ✓ En caso requerir un cambio en la programación tanto del PLC como del panel operador se recomienda que sea un personal con conocimientos técnicos de los equipos empleados en la automatización implementada.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS DE TEXTOS.

- [1] Porras,Alejandroy Antonio,Montanero, (1990)*Autómatas Programables*. Primera Edición. México:Editorial McGraw-Hill.
- [2] Harper, Gilberto E. (2005).*El ABC Del Alumbrado Y Las Instalaciones Eléctricas En Baja Tensión*, Segunda Edición.EdirtorialLimusa
- [3] Van Horne, James C. *Administración Financiera*. Novena Edición.Mexico: Prentise Hall Hispanoamérica.
- [4] Martínez, V. (2001).*Automatización Industrial Moderna*.Colombia:Editorial Bogotá.
- [5] Piedrafita, R. (2001). *Ingeniería de la automatización industrial.:* Segunda Edicion. México: Editorial Alfaomega.
- [6] Roldán, V. J. y Mitchell, L. (1999). *Cálculo y construcción de Circuitos con contactores*. Primera Edición. Chile: Editorial Paraninfo

MANUALES Y DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

- [7] Siemens, A.G. Edición 08.(2008). *SIMATIC HMI Panel de operador TP 177A, TP 177B, OP 177B*. NÜRNBERG ALEMANIA.

REFERENCIAS DE PÁGINAS WEB

- [8] Concepto de supervisión industrial. Referencia electrónica. RecuperadaEnero15,2011,desde <http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/10574/5.00.pdf>

- [9] Procesos industriales SCADA. Referencia electrónica. Recuperada Enero 17, 2011, desde <http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>.
- [10] Importancia de la supervisión en tiempo real. Referencia electrónica. Recuperada Enero 18, 2011. Disponible en: <http://www.instrumentacionycontrol.net/es/cursos-sistemas-scada/168almacenamiento-de-datos-y-sistemas-de-supervision.html>
- [11] Modesti, M. (s.f.) *Actuadores Dispositivos Neumáticos* disponible en URL: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>.
- [12] ELECTROSA (s.f.) *Control industrial*. Disponible en URL: <http://electrosa-ecuador.es.tl/Camsco.htm> [consulta 04 de Julio 2012].
- [13] Tello, V.R. (2005). *Diseño de una maquina sopladora automática para hacer botellas de alta densidad (HDPE)*. Recuperado desde http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/portada.html
- [14] Unicrom.com. (2002). *El PLC (Control Lógico Programable)*. Recuperado desde: <http://personal3.iddeo.es/joseor/plcs.htm#Definición>:
- [15] Vázquez, F. (2004) *.Introducción a los Controladores Lógicos Programable (PLC)*. Recuperado desde: <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0434t.pdf>

ANEXOS

LATACUNGA, 18 de Julio de 2013.

ELABORADO POR:

Sr.DIEGO ARMANDO ACOSTA ACOSTA.

C.I. 180390348-1

Sr.OSCAR PAÚL IZA MOLINA.

C.I. 050289173-2

APROBADO POR:

ING. WILSON SÁNCHEZ.

DIRECTOR CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICADO POR:

DR. RODRIGO VACA CORRALES

SECRETARIO ACADÉMICO