



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

AUTOR: ALVAREZ ESPINEL CRISTIAN PATRICIO

**“REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA-
SOPLADORA E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
SUPERVISIÓN DE FORMA LOCAL MEDIANTE UNA
INTERFACE GRÁFICA HMI Y DE FORMA REMOTA VÍA
INTERNET, PARA LA EMPRESA NS INDUSTRIAS DE LA
CIUDAD DE LATACUNGA”**

**DIRECTOR: ING. SÁNCHEZ WILSON
CODIRECTOR: ING. CARVAJAL MIGUEL**

LATACUNGA, SEPTIEMBRE 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

ING. WILSON SÁNCHEZ (DIRECTOR)

ING. MIGUEL CARVAJAL (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA-SOPLADORA E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE FORMA LOCAL MEDIANTE UNA INTERFACE GRAFICA HMI Y DE FORMA REMOTA VÍA INTERNET, PARA LA EMPRESA NS INDUSTRIAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA” realizado por el señor: ALVAREZ ESPINEL CRISTIAN PATRICIO ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

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

Latacunga, Septiembre del 2014.

ING. WILSON SANCHEZ.

DIRECTOR

ING. MIGUEL CARVAJAL.

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, ALVAREZ ESPINEL CRISTIAN PATRICIO

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA-SOPLADORA E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE FORMA LOCAL MEDIANTE UNA INTERFACE GRAFICA HMI Y DE FORMA REMOTA VÍA INTERNET, PARA LA EMPRESA NS INDUSTRIAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA” ha sido desarrollada con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las referencias que constan en las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

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

Latacunga, Septiembre del 2014.

ALVAREZ ESPINEL
CRISTIAN PATRICIO
CI: No.- 0502983562

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, ALVAREZ ESPINEL CRISTIAN PATRICIO

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA-SOPLADORA E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE FORMA LOCAL MEDIANTE UNA INTERFACE GRAFICA HMI Y DE FORMA REMOTA VÍA INTERNET, PARA LA EMPRESA NS INDUSTRIAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA” cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Septiembre del 2014.

ALVAREZ ESPINEL
CRISTIAN PATRICIO
CI: No.- 0502983562

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Santísima Virgen del Cisne que me han dado salud y vida para afrontar con entusiasmo y responsabilidad las oportunidades que me han dado para formarme como un mejor ser humano.

De manera especial a mis queridos Padres y Hermana por su apoyo y cariño incondicional que me brindan en cada momento.

A la empresa NS Industrias por la apertura y el patrocinio ofrecido para el desarrollo del presente proyecto.

A mi director y codirector de tesis por su ayuda y colaboración para alcanzar este objetivo.

Cristian Alvarez

DEDICATORIA

Dedico con mucho cariño a mi querida familia. A mi padre puntal fundamental, que con su apoyo y motivación me ha guiado en el trascurso de esta meta. A mi madre que con su abnegado amor y colaboración me animado en cada etapa, fortaleciéndoseme la valoración del esfuerzo y la dedicación. A mi hermana por brindarme su comprensión, compañía y entusiasmo para lograr culminar con éxitos este proyecto. A mi tía Roció que ha estado siempre pendiente de mí y quererme como un hijo. A mi primo Edgar Bladimir quien me guio desde el inicio en esta innovadora especialidad.

Cristian Alvarez

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT	xxiii
OBJETIVO GENERAL.....	xxiv
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	xxiv
PRESENTACIÓN	xxv

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PARTES CONSTITUTIVAS DEL PROCESO DE EXTRUSADO Y SOPLADO DE ENVASES DE POLIETILENO	2
1.2.1. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA PLÁSTICA DEL ENVASE DE POLIETILENO.....	2

a.	POLÍMEROS.....	3
b.	MOLDE PARA ENVASES PLÁSTICOS.....	4
b.1.	CONSTITUCIÓN DE LOS MOLDES PARA ENVASES PLÁSTICOS...	5
b.2.	MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS MOLDES.....	6
b.3.	MÉTODOS DE ELABORACIÓN DEL MOLDE.....	7
c.	EXTRUSIÓN DE POLÍMEROS.....	7
d.	MOLDE DEL ENVASE PLÁSTICO POR SOPLADO.....	8
1.2.2.	MAQUINARIA EXTRUSORA-SOPLADORA DE ENVASES.....	9
a.	CLASES DE MAQUINARIA EXTRUSORA-SOPLADORA.....	10
b.	PARISON.....	11
c.	EXTRUSOR.....	12
d.	IMPULSOR.....	12
e.	CAÑÓN.....	13
f.	TORNILLO EXTRUSOR.....	14
g.	CABEZAL EXTRUSOR.....	15
h.	CUCHILLA DE CORTE.....	16
i.	CARRO PORTA MOLDE.....	17
j.	MECANISMO DE CIERRE.....	18
k.	SOPLADO.....	19
1.3.	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC.....	20
1.3.1.	CONCEPTO DE CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	20
1.3.2.	ESTRUCTURA INTERNA DEL PLC.....	20
1.3.3.	FUNCIONAMIENTO.....	21
1.3.4.	FUNCIONES ELEMENTALES.....	22
1.3.5.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	23
a.	VENTAJAS.....	23
b.	DESVENTAJAS.....	24
1.3.6.	CLASIFICACIÓN.....	24
a.	COMPACTOS.....	24
b.	MODULARES.....	25

1.3.7. MÓDULOS	26
a. MÓDULOS DE ENTRADAS.....	26
b. MÓDULOS DE SALIDAS	26
1.3.8. COMUNICACIÓN PROFINET	27
1.3.9. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN STEP 7 V12	28
1.4. PANEL DE VISUALIZACIÓN (PANEL VIEW).....	29
1.4.1. SOFTWARE WINCC	30
1.5. INTERFACE HOMBRE-MÁQUINA.....	31
1.5.1. DEFINICIÓN.....	31
1.5.2. CARACTERÍSTICAS DE HMI.....	33
a. INDICACIÓN DEL ESTADO DEL PROCESO	33
b. TRATAMIENTO E INDICACIÓN DE ALARMAS	33
c. EJECUCIÓN DE ACCIONES DE MANDO	34
1.6. SUPERVISIÓN LOCAL Y REMOTA DE PROCESOS INDUSTRIALES	35

CAPÍTULO II

2. PARÁMETROS DE DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS	37
2.1. DISEÑO DEL CIRCUITO DE POTENCIA Y CONTROL	37
2.1.1. CIRCUITO DE POTENCIA	45
a. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROTECCIONES.....	45
b. DIMENSIONAMIENTO DE CONTACTORES.....	53
c. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES	57
2.1.2. CIRCUITO DE CONTROL.....	59
2.2. SELECCIÓN DE TRANSDUCTORES Y ACTUADORES	62
2.2.1. SENSOR DE TEMPERATURA.....	62
2.2.2. SENSOR INDUCTIVO	64
2.2.3. SENSOR MAGNÉTICO	65
2.2.4. SELECCIÓN DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE CONTINUA.....	65

2.3.	SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC	66
2.4.	SELECCIÓN DE MÓDULOS ESPECÍFICOS ADICIONALES DE APLICACIÓN DEL PLC	69
2.5.	SELECCIÓN DEL PANEL DE VISUALIZACIÓN PARA LA SUPERVISIÓN LOCAL DE CAMPO.....	70
2.6.	DISEÑO DEL TABLERO ELÉCTRICO	71
2.6.1.	ANÁLISIS ESTÁTICO DEL TABLERO ELEÉCTRICO.....	74
2.7.	SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA LA SUPERVISIÓN REMOTA VÍA INTERNET.....	82
2.7.1.	WINCC RUN TIME ADVANCED.....	82
2.7.2.	DISPOSITIVO ADICIONAL DEL PLC S7-1200.....	83
2.7.3.	SOFTWARE ESPECÍFICO DE CONTROL REMOTO	84
2.8.	DISEÑO DE LAS FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA SUPERVISOR LOCAL DE CAMPO.....	85
2.8.1.	VENTANA DEL PROCESO	85
2.8.2.	VENTANA DE CONFIGURACIÓN.....	86
a.	TIPO DE CORTE	86
b.	TIPO DE SOPLADO	87
c.	ESTADO DE ELEMENTOS	88
d.	REGISTRO DE ENVASES.....	88
2.8.3.	VENTANAS DE ENVASES.....	89
2.8.4.	VENTANAS DE TIEMPOS	89
2.8.5.	VENTANA DE ALARMAS.....	90
2.9.	DISEÑO DEL ALGORITMO DE CONTROL DEL PLC.....	91
2.10.	DISEÑO DEL SISTEMA SUPERVISOR REMOTO VÍA INTERNET ...	95

CAPÍTULO III

3.	CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....	98
3.1.	MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DE LOS	

SISTEMAS MECÁNICOS	98
3.1.1. CAMBIO DE RETENEDOR DE ACEITE DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD DEL TORNILLO EXTRUSOR.....	98
3.1.2. REPARACIÓN DEL PIN DE SOPLADO Y CAMBIO DEL PIN DE LA CUCHILLA DE CORTE	99
3.1.3. ENGRASAMIENTO DE LOS SISTEMAS MÓVILES.....	100
3.1.4. CAMBIO DE SENTIDO DE LA BANDEJA DE DESCARGA DEL ENVASE.....	100
3.2. CONTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....	102
3.3. IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL	103
3.4. CONTRUCCIÓN DEL CABLE PARA COMUNICACIÓN ETHERNET CON INTERFAZ RJ 45 PARA RED COMUNICACIÓN...	104
3.5. MONTAJE E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS	107
3.5.1. MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DE FUERZA Y CONTROL.....	107
3.5.2. MONTAJE DEL PANEL DE OPERADOR.....	111
3.5.3. CABLEADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE FUERZA Y CONTROL.....	113
3.5.4. MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL EN LA MÁQUINA EXTRUSORA-SOPLADORA.....	114
3.5.5. MONTAJE DE SENSORES.....	116
3.6. IMPLEMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA LA SUPERVISIÓN REMOTA.....	119

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS	120
4.1. PRUEBAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO Y NEUMÁTICO.....	120
4.1.1. SISTEMA HIDRÁULICO	120
4.1.2. SISTEMA NEUMÁTICO	120
4.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC	121
4.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HMI EN	

	PANEL DE VISUALIZACIÓN	123
4.4.	PRUEBAS DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC Y EL PANEL DE VISUALIZACIÓN	124
4.5.	PRUEBAS DE SENSORES Y ACTUADORES.....	124
4.6.	PRUEBAS GENERALES DE OPERATIVIDAD DE LA MÁQUINA	125
4.7.	CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA PARA UN NORMAL FUNCIONAMIENTO	128
4.8.	PRUEBAS DE CONTROL REMOTO VÍA INTERNET	128
4.9.	ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO.....	130
4.9.1.	VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	132
4.9.2.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	134

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
5.1.	CONCLUSIONES.....	136
5.2.	RECOMENDACIONES.....	138
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
	ANEXOS.....	142

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

TABLA 1.1	MÓDULOS ESPECÍFICOS PLC SIEMENS S7-1200	27
-----------	---	----

CAPÍTULO II

TABLA 2.1	DATOS DE LA BOMBA HIDRÁULICA	38
TABLA 2.2	DATOS DEL MOTOR ELÉCTRICO DEL TORNILLO EXTRUSOR	39
TABLA 2.3	CARACTERÍSTICAS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA	40
TABLA 2.4	AGRUPAMIENTO DE NIQUELINAS EN LAS ZONAS DE LA EXTRUSORA.....	41
TABLA 2.5	ELECTROVÁLVULAS HIDRÁULICAS INSTALADAS.....	43
TABLA 2.6	ELECTROVÁLVULAS NEUMÁTICAS INSTALADAS.....	44
TABLA 2.7	CARACTERÍSTICAS DEL CONTROL DE TEMPERATURA DE LA CUCHILLA DE CORTE.....	45
TABLA 2.8	POTENCIA INSTALADA	46
TABLA 2.9	CARACTERÍSTICAS INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO PRINCIPAL.....	47
TABLA 2.10	CARACTERÍSTICAS DEL INTERRUPTOR TERMAGNÉTICO (40QF1).....	48
TABLA 2.11	CORRIENTES DE LAS ZONAS DE CALENTAMIENTO.....	49
TABLA 2.12	CARACTERÍSTICAS DEL INTERRUPTOR TERMAGNÉTICO (50QF1, 50QF2, 50QF3, 50QF4, 50QF5)	50
TABLA 2.13	CARACTERÍSTICAS DEL INTERRUPTOR TERMAGNÉTICO (50QF6).....	51
TABLA 2.14	CARACTERÍSTICAS DEL RELÉ TÉRMICO (30FR1)	53
TABLA 2.15	CARACTERÍSTICAS DEL CONTACTOR (30KM1).....	54
TABLA 2.16	CARACTERÍSTICAS DEL CONTACTOR (50KM1, 50KM2, 50KM3, 50KM4, 50KM5).....	56
TABLA 2.17	CARACTERÍSTICAS DEL CONTACTOR (50KM6).....	57

TABLA 2.18	CODIFICACIÓN DE COLORES DE LOS CABLES	59
TABLA 2.19	ANÁLISIS DE ELEMENTOS DE CONTROL	59
TABLA 2.20	TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURA	63
TABLA 2.21	TIPOS DE TERMOCUPLAS	63
TABLA 2.22	ESPECIFICACIONES DEL SENSOR INDUCTIVO	64
TABLA 2.23	CARACTERÍSTICAS FUENTE PHOENIX 24 VDC – 5A	66
TABLA 2.24	ENTRADAS DEL PROCESO	67
TABLA 2.25	SALIDAS DEL PROCESO	68
TABLA 2.26	TIPOS DE CPU DE LA SERIE S7-1200.....	69
TABLA 2.27	MÓDULOS DE SEÑALES DIGITALES DEL S7-1200	70
TABLA 2.28	CARACTERÍSTICAS KTP 400 COLOR PN	71
TABLA 2.29	MANDOS PARA EL PANEL DE OPERADOR.....	73

CAPÍTULO IV

TABLA 4.1	TABLA TIEMPOS DE TRABAJO.....	127
TABLA 4.2	TABLA DE COSTOS DE LOS EQUIPOS.....	130
TABLA 4.3	COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	133
TABLA 4.4	COSTOS DE PRODUCCIÓN, CULMINADO EL PROYECTO.....	133
TABLA 4.5	GANANCIA MEJORANDO EL CICLO DE TRABAJO.....	134
TABLA 4.6	CÁLCULO DEL VAN.....	134
TABLA 4.7	COSTOS DEL TIR	135

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1.1.	PROCESO DE EXTRUSODO-SOPLADO	3
FIGURA 1.2.	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	4
FIGURA 1.3.	CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE DE ENVASES PLÁSTICOS	5
FIGURA 1.4.	INSERTOS METÁLICOS	6
FIGURA 1.5.	EXTRUSIÓN DE POLÍMEROS	8
FIGURA 1.6.	MOLDEO POR SOPLADO	9
FIGURA 1.7.	MÁQUINA EXTRUSORA-SOPLADORA ACTUAL	9
FIGURA 1.8.	EXTRUSORA INTERMITENTE	10
FIGURA 1.9.	EXTRUSORA CONTINÚA TIPO RUEDA	11
FIGURA 1.10.	EXTRUSORA CONTINÚA TIPO SHUTTLE	11
FIGURA 1.11.	PARISON	12
FIGURA 1.12.	EXTRUSOR	12
FIGURA 1.13.	IMPULSOR	13
FIGURA 1.14.	CAÑÓN	13
FIGURA 1.15.	ZONAS DE CAÑÓN	14
FIGURA 1.16.	PARTES DEL TORNILLO EXTRUSOR	14
FIGURA 1.17.	PARTES DEL CABEZAL EXTRUSOR	15
FIGURA 1.18.	DADO Y CENTRO	16
FIGURA 1.19.	CUCHILLA SIMPLE	17
FIGURA 1.20.	CARRO PORTA MOLDE	17
FIGURA 1.21.	MECANISMO DE CIERRE	18
FIGURA 1.22.	SOPLADO	19
FIGURA 1.23.	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	20
FIGURA 1.24.	DIAGRAMA DE BLOQUES DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC	22
FIGURA 1.25.	CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) COMPACTO	25

FIGURA 1.26.	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) MODULAR S7-300	25
FIGURA 1.27.	INTERFAZ PROFINET S7 1200	28
FIGURA 1.28.	STEP 7 V12 COMPONENTE DE TIA PORTAL	29
FIGURA 1.29.	TIA PORTAL WINCC.....	31
FIGURA 1.30.	SIEMENS KTP 400 SIEMENS	32
FIGURA 1.31.	INTERFAZ CONTROL MÁQUINA EXTRUSORA- SOPLADORA INPLASTICO	32
FIGURA 1.32.	INDICADORES DEL ESTADO DEL PROCESO	33
FIGURA 1.33.	INDICADOR DE ALARMAS HMI	34
FIGURA 1.34.	PANEL DE MANDO.....	34
FIGURA 1.35.	PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN.....	35

CAPÍTULO I

FIGURA 2.1.	BOMBA HIDRÁULICA	38
FIGURA 2.2.	MOTOR ELÉCTRICO DEL TORNILLO EXTRUSOR	39
FIGURA 2.3.	VARIADOR DE FRECUENCIA	39
FIGURA 2.4.	NIQUELINAS DEL EXTRUSOR	41
FIGURA 2.5.	CONTROLADOR DE TEMPERATURA (PIRÓMETRO).....	42
FIGURA 2.6.	ÉMBOLO HIDRÁULICO INSTALADO	42
FIGURA 2.7.	ELECTROVÁLVULAS HIDRÁULICAS INSTALADAS	42
FIGURA 2.8.	ÉMBOLOS NEUMÁTICOS INSTALADOS	44
FIGURA 2.9.	ELECTROVÁLVULAS NEUMÁTICAS INSTALADAS	44
FIGURA 2.10.	CONTROLADOR DE TEMPERATURA DE LA CUCHILLA DE CORTE.....	45
FIGURA 2.11.	CIRCUITO DE CONTROL DE FASE OPTOTRIAC TRIAC.....	60
FIGURA 2.12.	SENSOR INDUCTIVO	64
FIGURA 2.13.	SENSOR MAGNÉTICO	65

FIGURA 2.14.	DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL	72
FIGURA 2.15.	DISEÑO DEL PANEL DE OPERADOR	72
FIGURA 2.16.	DISEÑO DEL TABLERO CON TODOS LOS ELEMENTOS DE CONTROL	74
FIGURA 2.17.	PESO TOTAL DE TODOS LOS EQUIPOS.....	75
FIGURA 2.18.	VECTOR GRAVEDAD DEL ESTUDIO ESTÁTICO.....	75
FIGURA 2.19.	PUNTOS DE APOYO DEL TABLERO ELÉCTRICO.....	76
FIGURA 2.20.	MASA DISTRIBUIDA	76
FIGURA 2.21.	MALLADO DEL TABLERO ELÉCTRICO	77
FIGURA 2.22.	TENSIONES DE VON MISES DEL TABLERO ELÉCTRICO	77
FIGURA 2.23.	FACTOR DE SEGURIDAD DEL TABLERO ELÉCTRICO	79
FIGURA 2.24.	DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE	79
FIGURA 2.25.	CARGA, FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR.....	81
FIGURA 2.26.	ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN	81
FIGURA 2.27.	SWITCH INDUSTRIAL ETHERNET	83
FIGURA 2.28.	TEAM VIEWER.....	84
FIGURA 2.29.	VENTANA DE PROCESO	85
FIGURA 2.30.	VENTANA DE CONFIGURACIÓN	86
FIGURA 2.31.	VENTANA DEL TIPO DE CORTE	87
FIGURA 2.32.	VENTANA DEL TIPO DE SOPLADO.....	87
FIGURA 2.33.	VENTANAS DE ESTADO DE ELEMENTOS	88
FIGURA 2.34.	VENTANA DE REGISTRO DE ENVASES.....	88
FIGURA 2.35.	VENTANAS DE ENVASES.....	89
FIGURA 2.36.	VENTANAS DE TIEMPOS.....	90
FIGURA 2.37.	VENTANA DE ALARMA	90
FIGURA 2.38.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO DE CONTROL	91

FIGURA 2.39.	PROGRAMA PRINCIPAL Y SUBRUTINAS	92
FIGURA 2.40.	SUBRUTINA TIEMPOS Y TIPOS DE ENVASES.....	93
FIGURA 2.41.	SUBRUTINA ALARMAS Y AVISOS.....	93
FIGURA 2.42.	SUBRUTINA DE VARIABLES PARA MOVIMIENTO DE OBJETOS EN EL HMI	94
FIGURA 2.43.	SUBRUTINA AUXILIAR DE INTERCAMBIO PARA UN SOLO CORTE	94
FIGURA 2.44.	SUBRUTINA MANUAL	94
FIGURA 2.45.	SUBRUTINA AUTOMÁTICO	95
FIGURA 2.46.	SUBRUTINA CERO MÁQUINA	95
FIGURA 2.47.	DESARROLLO SCADA MÁQUINA EXTRUSORA SOPLADORA	96
FIGURA 2.48.	TEAM VIEWER ID DE PC	97
FIGURA 2.49.	SUPERVISIÓN REMOTA VÍA INTERNET DESDE OTRA PC.....	97

CAPÍTULO III

FIGURA 3.1.	RETENEDOR DE ACEITE DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD.....	99
FIGURA 3.2.	ÉMBOLOS NEUMÁTICOS	100
FIGURA 3.3.	ENGRASAMIENTO DE LOS SISTEMAS MÓVILES.....	100
FIGURA 3.4.	SENTIDO ANTERIOR DE LA BANDEJA DE DESCARGA	101
FIGURA 3.5.	SENTIDO ACTUAL DE LA BANDEJA DE DESCARGA	101
FIGURA 3.6.	TABLERO DE CONTROL VISTA FRONTAL.....	102
FIGURA 3.7.	TABLERO DE CONTROL VISTA LATERAL.....	102
FIGURA 3.8.	PLACA DE CONTROL DISEÑADA EN CIRCUIT MAKER.....	103
FIGURA 3.9.	PLACA DE CONTROL CONSTRUIDA	103

FIGURA 3.10.	CABLE TP ESTÁNDAR SIMATIC 4 HILOS APANTALLADO.....	104
FIGURA 3.11.	CONECTOR IE FAST CONNECT RJ45 PULG 6GK1901-1BB10.....	104
FIGURA 3.12.	CORTE DEL CABLE TP	105
FIGURA 3.13.	CORTE DEL AISLANTE DEL CABLE TP	105
FIGURA 3.14.	ENCAJE DEL CABLE TP EN EL CONECTOR RJ45.....	105
FIGURA 3.15.	CONTACTO DE LOS CABLES CON LOS TOPES DEL CONECTOR RJ45	106
FIGURA 3.16.	BLOQUEO DEL CONECTOR RJ45.....	106
FIGURA 3.17.	AJUSTAR EL MECANISMO DE BLOQUEO DEL CONECTOR RJ45.....	106
FIGURA 3.18.	MODELO EN SOLIDWORKS DE DISTRIBUCIÓN DE RIELES DIN Y CANALETAS	107
FIGURA 3.19.	DISTRIBUCIÓN DE RIELES DIN Y CANALETAS	108
FIGURA 3.20.	DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DEL ARMARIO.....	108
FIGURA 3.21.	DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE FUERZA	109
FIGURA 3.22.	DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL.....	110
FIGURA 3.23.	DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL PANEL DE OPERADOR.....	111
FIGURA 3.24.	DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA EL CONTROL DE LAS ZONAS DE TEMPERATURA.....	112
FIGURA 3.25.	CABLEADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE FUERZA Y CONTROL.....	113
FIGURA 3.26.	CAJA DE BORNERAS PARA LAS TERMOCUPLAS.....	114
FIGURA 3.27.	CAJA DE BORNERAS PARA SENSORES INDUCTIVOS	114
FIGURA 3.28.	MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL EN LA	

	MÁQUINA EXTRUSORA- SOPLADORA.....	115
FIGURA 3.29.	CONEXIÓN DE MOTORES Y ELECTROVÁLVULAS A LOS BORNES DEL TABLERO DE CONTROL.....	115
FIGURA 3.30.	MONTAJE DE LAS TERMOCUPLAS	116
FIGURA 3.31.	MONTAJE DE LOS SENSORES INDUCTIVOS PARA POSICIONAR EL CARRO.....	116
FIGURA 3.32.	MONTAJE DE LOS SENSORES INDUCTIVOS PARA LA APERTURA Y CIERRE DEL MOLDE	117
FIGURA 3.33.	MONTAJE DE LOS SENSORES PARA EL FRENADO DEL CARRO	117
FIGURA 3.34.	MONTAJE DEL SENSOR DEL PIN DE SOPLADO	118
FIGURA 3.35.	MONTAJE DE SENSOR EN LA CERCA DEL PROCESO	118
FIGURA 3.36.	MONTAJE DEL MÓDULO SWITCH 1277	119
FIGURA 3.37.	TOPOLOGÍA ESTRELLA DE LA RED.....	119

CAPÍTULO IV

FIGURA 4.1.	PRUEBA DE CONTROL DE ELECTROVÁLVULA HIDRÁULICA Y NEUMÁTICA.....	120
FIGURA 4.2.	ARRANQUE DEL PLC.....	121
FIGURA 4.3.	ESTADOS DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC.....	121
FIGURA 4.4.	ERRORES DE COMUNICACIÓN	122
FIGURA 4.5.	CONEXIÓN EXITOSA	122
FIGURA 4.6.	CONEXIÓN ONLINE CON EL PLC	123
FIGURA 4.7.	COMUNICACIÓN CON LA KTP 400 COLOR.....	123
FIGURA 4.8.	COMUNICACIÓN ENTRE PLC Y LA KTP 400	124
FIGURA 4.9.	SENSORES ACTIVOS.....	124
FIGURA 4.10.	VARIABLES DEL ALGORITMO DE CONTROL.....	125
FIGURA 4.11.	ENVASE GALÓN LECHERO 3785 CC.....	127
FIGURA 4.12.	RUN TIME DEL PROCESO.....	128

FIGURA 4.13.	ID Y CONTRASEÑA DE LA PC DEL RUN TIME	129
FIGURA 4.14.	CONTROL REMOTO VÍA INTERNET DESD E OTRA PC	129
FIGURA 4.15.	ACCESO AL ALGORITMO DE CONTROL DESDE OTRA PC.....	130

RESUMEN

El presente proyecto tiene influencia en el área mecánica, eléctrica, control, redes digitales industriales y programación lo cual engloba la Mecatrónica, el mismo que consiste en repotenciar una máquina extrusora sopladora de envases de polietileno; rediseñando el circuito de potencia y centralizando su control de soplado y extrusión mediante la implementación de un PLC Siemens S7 1200 CPU 1212, que comanda una secuencia de funcionamiento accionando, electroválvulas neumáticas e hidráulicas y motores; suprimiendo todo el sistema de control electromecánico obsoleto que tenía la mencionada máquina, ya que dicho control era causa de muchos problemas al momento de operación de la máquina, y que el operador tenía que variar de forma manual los temporizadores de soplado, lo que no garantizaba exactitud en los tiempos.

Para el control de temperatura de las seis diferentes zonas del tornillo extrusor se empleó pirómetros independientes en cada una de ellas; también se optimizó el funcionamiento de la máquina implementando más parámetros de tiempos, logrando un mejor trabajo del sistema neumático e hidráulico, reducción de los tiempos muertos en la producción, aumento de índices de productividad, brindar mayor seguridad tanto al operador como a la máquina, la optimización del material de desecho logrando un desarrollo sostenible conjugando una actividad económica rentable que satisfaga una necesidad de la sociedad preservando y respetando al medio ambiente. Además la implementación de un sistema de supervisión de forma local mediante una interface gráfica HMI que complementa el control con el PLC, siendo el sistema de supervisión y control moderno, robusto y amigable para el usuario, que poseen las máquinas de tecnología de punta; incluyendo la incorporación de supervisión remota vía internet, con lo que se puede acceder a parámetros, dar soporte de alguna falla que se presente, y ver el estado de la máquina en tiempo real, sin la necesidad que el técnico esté presente en la máquina sino simplemente lo realice vía internet, para lo cual al interface gráfico HMI se accede desde internet, dicho proyecto se realizó en la empresa NS industrias de la ciudad de Latacunga.

Palabras clave: Ingeniería Mecatrónica / Industrias-control automático / Máquinas extrusoras sopladoras–control local / Máquinas extrusoras sopladoras–control remoto /

ABSTRACT

This project has an influence on the mechanical area, electrical, control, and industrial digital networks which includes programming Mechatronics, the same consisting of a blower repowering packaging polyethylene extruder; redesigning the circuit and centralizing control of extrusion blow through the implementation of a PLC Siemens S7 1200 CPU 1212, which commands a sequence of operating performance, pneumatic and hydraulic valves and motors; deleting all obsolete electromechanical control system that had said machine, and that such control was the cause of many problems when operating the machine, and the operator had to manually change the timers blow, which did not guarantee accuracy in time. For the control of six different temperature zones of the extruder screw independent in each pyrometers are used; the machine operating parameters implementing more time and improving work pneumatic and hydraulic system, reducing production downtime, increased productivity rates, provide greater security to both the operator and the machine is also optimized, optimization of waste material achieving sustainable development combining a profitable economic activity that satisfies a need of society while preserving and respecting the environment. Besides the implementation of a monitoring system locally via a graphical interface that complements HMI with PLC control, with the monitoring system and modern, robust and user-friendly control which machines have technology; including the incorporation of remote monitoring via the Internet, which you can access parameters, support for any failure to present, and view the status of the machine in real time, without the need for the technician to be present in the machine but simply perform via internet, for which the HMI graphic interface is accessed from the internet, the project was carried out in the NS business industries in the city of Latacunga.

Keywords: Mechatronics Engineering / Industries-automatic control / blow-controlling Extruders local / Extruders blow-remote control /

OBJETIVO GENERAL

- Repotenciar una máquina extrusora-sopladora e implementar un sistema de supervisión y control de forma local mediante una interface gráfica HMI y de forma remota vía internet, para la empresa NS industrias de la ciudad de Latacunga.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los ciclos de funcionamiento de la máquina extrusora sopladora.
- Realizar mantenimiento correctivo de los sistemas mecánicos, neumático e hidráulicos.
- Diseñar el sistema de potencia y control de la máquina, con sus respectivos elementos.
- Sustituir en control electromecánico obsoleto por el control centralizado mediante PLC.
- Diseñar el algoritmo de control que se implementara en el PLC
- Diseñar el interface gráfica HMI que se implementara en el Panel De Visualización para la supervisión local en el nivel de campo.
- Implementar la supervisión remota vía internet.
- Realizar pruebas globales de funcionamiento de la máquina.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto describe la repotenciación de una máquina extrusora-sopladora e implementación de un sistema de supervisión de forma local mediante una interface gráfica HMI y de forma remota vía internet, para la empresa NS INDUSTRIAS de la ciudad de Latacunga

En el capítulo I, contiene una descripción general de las partes constitutivas del proceso de extrusado y soplado de envases de polietileno, que permiten tener una idea de cuál sería el ideal para este caso, además descripción de los elementos y componentes que forman parte del sistema control y supervisión.

En el capítulo II, se describe el diseño del sistema eléctrico, del algoritmo de control del PLC, del sistema de supervisión local y remota; la selección de componentes a ser utilizados, además el software utilizado para el diseño de cada uno de ellos.

En el capítulo III, se detalla la construcción y montaje de los circuitos de potencia y control, la implementación de los equipos de control, la implementación de la supervisión remota.

En el capítulo IV, se refiere a las pruebas de funcionamiento de los sistemas neumáticos e hidráulicos, algoritmo de control del PLC, sistema supervisor local y remoto, y análisis técnico económico del proyecto.

En el capítulo V, se muestra las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción.

La industria ecuatoriana del plástico se ha convertido en un importante sector de la economía nacional, que cuenta con aproximadamente 500 empresas, generando alrededor de 15,000 empleos directos y 60,000 empleos indirectos, ya que es parte importante de otras cadenas productivas derivadas. Pero para poder evolucionar productivamente, tienen que sobrellevar políticas económicas implantadas por los gobiernos tanto en maquinaria como en insumos para la producción, el capital económico de mantenimiento industrial, el continuo crecimiento de más industrias ofertantes que tratan de cubrir la demanda del producto cada vez más exigente en calidad, precio, normas sanitarias, cuidado con el medio ambiente y seguridad física del operario.

Por lo que NS Industrias, una empresa líder en la producción de envases plásticos del centro del país va siempre a la par del avance tecnológico, por lo que vio la necesidad de automatizar la máquina de extrusado-soplado de envases plásticos, la forma de producir un producto de mejor calidad, con menos tiempo de fabricación, aumentando la seguridad del personal que opera la maquinaria y respetando normas ambientales.

Optimizar los recursos de la máquina extrusora sopladora que antiguamente empleaba tecnología obsoleta con alto consumo energético, poca eficiencia y riesgo de accidentes con el operador; incurría en un alto nivel de pérdidas económicas, de calidad, de seguridad del operador y de la protección del medio ambiente; con la implementación de un sistema centralizado de control por PLC adicionalmente la supervisión local mediante el sistema HMI, permite conseguir un sistema de extrusado y soplado de envases plásticos de gran exactitud aprovechando los recursos de la misma, que permita el aumento de índices de productividad, bajar los tiempos muertos, brindar mayor seguridad

tanto al operador como a la máquina, la optimización del proceso, del material de desecho y permitirá enlazar el nivel de campo del proceso con el nivel de gestión mediante el control remoto vía internet que actualmente juega un papel importante al momento de brindar soporte al proceso industrial, obteniendo principalmente un desarrollo sostenible con el medio ambiente.

El desarrollo del presente proyecto pretende incentivar a empresarios nacionales a renovar su tecnología para ser un país más competitivo ante un mundo totalmente industrializado y que apuesten no solo en tecnología sino también en los profesionales técnicos de alta calidad que pueden generar dicha tecnología en nuestro mismo país.

1.2. Partes constitutivas del proceso de extrusado y soplado de envases de polietileno.

1.2.1. Generalidades de la Industria Plástica del Envase de Polietileno.

El proceso de Extrusado–Soplado, está pensado básicamente para la fabricación de productos plásticos huecos como las botellas, bidones, contenedores de una amplia variedad de tamaños y forma destinados al envasado, almacenamiento, transporte o bien para llevar líquidos u otras sustancias, sin la necesidad de tener que unir dos o más partes moldeadas separadamente y la ventaja que es proceso sencillo y económico.

Dentro del proceso de extrusión-soplado constan de una extrusora con un sistema plastificador (cilindro-tornillo), que deben permitir obtener un fundido uniforme a la velocidad adecuada, además de un cabezal que proporcione un precursor (o parison) de forma tubular, con la sección transversal deseada, posteriormente su colocación en un molde hembra refrigerado, seguido la acción de soplarlo con aire para expandir el plástico fundido contra la superficie del molde y el enfriamiento del mismo, creando así el producto final. Para un mejor entendimiento, se detalla cada etapa del proceso en la Figura 1.1.

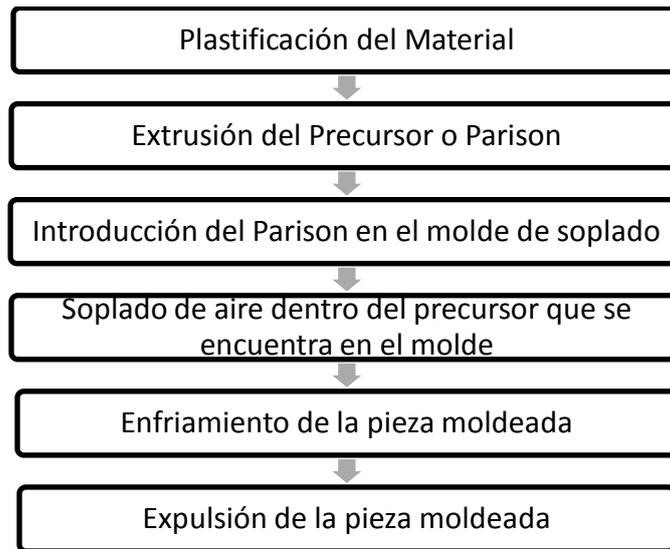


Figura 1.1. Proceso de Extrusado-Soplado.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

a. Polímeros.1

Existen muchos tipos de polímeros o de resinas plásticas con diferentes usos en la industria de extrusión-soplado, siendo los más conocidos los termoplásticos y los termoestables. Los termoplásticos pueden dividirse en lineales y ramificados. Los termoplásticos lineales son aquellos con moléculas cuyas uniones son muy cerradas, a diferencia de los ramificados cuyas moléculas no lo son.

Las resinas utilizadas en la industria de extrusión-soplado de plástico poseen características especiales que le darán sus propiedades al producto final y además el equipo deberá cumplir con ciertos parámetros, a manera de obtener un rendimiento óptimo entre el material, la maquinaria y la energía utilizados para transformar un grano de resina de plástico en un elemento útil.

Las resinas más común y utilizadas en la industria de botellas es el polietileno de alta densidad HDPE (figura 1.2), un material sólido en forma de gránulos, termoplástico, blanquecino, transparente y translucido. Las

¹ Amores J. & Ramírez E. (s.f). Diseño e implementación de un sistema de supervisión de una máquina sopladora de plástico mediante un panel de visualización para la empresa NS Industrias. Recuperado el 26 de Febrero del 2014, desde <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6411/1/T-ESPEL-0895.pdf>

secciones gruesas son traslucidas pero con apariencia de cera y con el uso de colorantes se pueden obtener una variedad de productos de todos los colores.



Figura 1.2. Polietileno de alta densidad (HDPE).

Fuente: Investigación de campo.

Este polímero se caracteriza por:²

- Excelente resistencia térmica y química.
- Muy buena resistencia al impacto.
- Es sólido, incoloro, translúcido, casi opaco.
- Muy buen procesamiento por los métodos termoplásticos, como inyección y extrusión.
- Es flexible, aún a bajas temperaturas.
- Es tenaz.
- Es más rígido que el polietileno de baja densidad.
- Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.
- Es muy ligero.
- Su densidad es igual o menor a 0.952 g/cm³.
- No es atacado por los ácidos, resistente al agua a 100°C y a la mayoría de los disolventes ordinarios.

b. Molde para envases Plásticos.

El molde es la herramienta conformada por un conjunto de piezas acopladas, en donde se aprisiona el parison (plástico fundido en forma de tubo hueco), para posteriormente con el soplado éste se expanda hacia la cavidad con la figura modelada en el molde.

² EFS. (2011). Materiales para la inyección y extrusión. Recuperado el 28 de Febrero del 2014, desde <http://www.efsplasticos.cl/pag/materiales-para-inyeccion-y-extrusion.php>

b.1. Constitución de los moldes para envases plásticos.

Los moldes para envases plásticos se construyen en función de la forma de la pieza que se quiere obtener, por lo general son moldes partidos. Para el diseño del mismo se debe de considerar, conductos de enfriamiento, adornos, insertos metálicos, espesor de las paredes que no sean muy delgadas para evitar la ruptura de las mismas, conicidad de las paredes (relación entre tronco de cono recto y su altura), evitar bordes y salientes agudos, las paredes se deben reforzar con salientes suaves, redondamientos y en paredes largas el fondo por donde se inicia el llenado sea más grueso que la parte superior, para facilitar el desmolde y evitar la concentración de tensiones, como se indica en la figura 1.3.

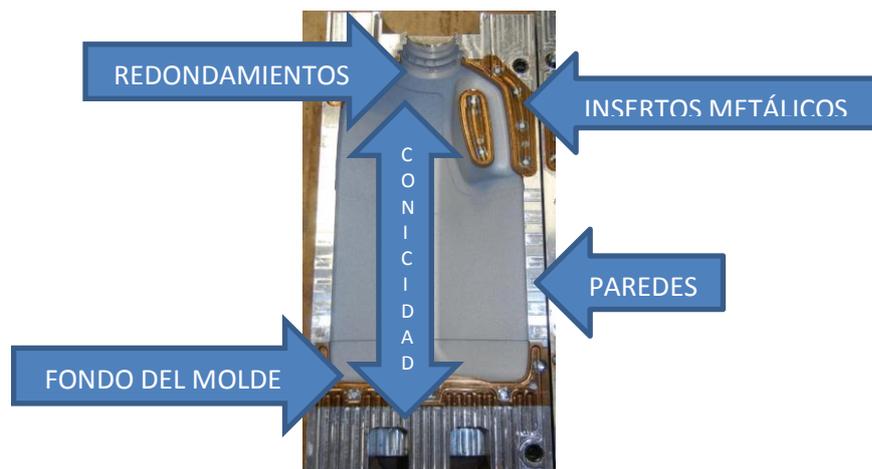


Figura1.3. Características del molde de envases plásticos.

Fuente: Investigación de campo.

Para producir agujeros, roscas interiores, espárragos, adornos, soportes, etc. en la pieza a moldear se requiere de pasadores desmontables o insertos (Figura1.4), en lugar de construir en el mismo molde, por la dificultad de construcción por mecanizado y se deberá de tener cuidado en el anclaje de los mismos mediante ranuras, recalcados o agujeros y se debe de evitar masas de metal excesivamente grandes.



Figura 1.4. Insertos metálicos.

Fuente: Investigación de campo.

b.2. Materiales para la construcción de los moldes

En la construcción de moldes de plásticos, como cuerpo del molde se utilizar acero debido a las cargas severas a que son sometidos, además se requiere alta precisión en los acabados y que deben cumplir con las siguientes características:³

- Poder ser troquelado en frío.
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la temperatura
- Resistencia a la abrasión
- Aptitud para el pulido
- Tener deformación reducida
- Buena conductividad térmica
- Buena resistencia Química
- Tratamiento térmico sencillo.

Además en el molde se emplea otros materiales que son utilizados como cuerpo en vez del acero, insertos, o partes del molde como son:⁴

- Duraluminio, material de baja densidad, alta conductividad térmica, resistencia química, empleado para el cuerpo de cavidades del molde,
- Aleaciones Berilio/Cobre/Cobalto, gran resistencia a la, se utilizan para los insertos del cuello y base de los contenedores

³ Calderón R. (s.f). Propuesta de un programa de mantenimiento general para moldes en el departamento e inyección en la empresa Induplastic s. a. Recuperado el 1 de Marzo del 2014, desde http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1537_IN.pdf

⁴ Amores J. & Ramírez E. (s.f). Diseño e implementación de un sistema de supervisión de una máquina sopladora de plástico mediante un panel de visualización para la empresa NS Industrias. Recuperado el 26 de Febrero del 2014, desde <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6411/1/T-ESPEL-0895.pdf>

- Bronce, tiene buena conductividad térmica, es utilizado para hacer el cuerpo del molde, sin embargo su uso se restringe por tener valores muy pequeños de esfuerzo a la compresión.
- Latón, moldes utilizados para carreras cortas, es un material con buena conductividad térmica y resistencia, se puede soldar y maquinar.
- Aleaciones con alto grado de zinc, recomendado para moldes de partes muy grandes por su buena conductividad térmica. Tienen la desventaja de ser susceptibles a la corrosión, pese a que el zinc forma una fuerte capa protectora que la evita.

b.3. Métodos de elaboración del molde.

Los métodos utilizados en la construcción del molde en la empresa NS Industrias son:

- Mecanizado. Dividido en dos fases, el desbaste cuyo objetivo es eliminar la mayor cantidad de material posible y el mecanizado de acabado el mismo que tiene el mayor costo en la construcción y cuyo objetivo es generar las superficies finales del molde, siendo el factor que más influye sobre el comportamiento del plástico.
- Electroerosión. En este proceso se aprovecha el desgaste producido por descargas eléctricas breves y consecutivas empleando electrodos de grafito y cobre, cuyo proceso va formando las cavidades del molde.

c. Extrusión de Polímeros.⁵

La extrusión de polímeros es un proceso industrial mecánico, en donde se realiza una acción de prensado, moldeado del plástico, que por flujo continuo con presión y empuje, se lo hace pasar por un molde encargado de darle la forma deseada. El polímero fundido (o en estado ahulado) es

⁵Ramos. (2002). Extrusión de plásticos, principios básicos. México: *Limusa*.

forzado a pasar a través de un dado también llamado boquilla, por medio del empuje generado por la acción giratoria de un husillo (tornillo de Arquímedes) que gira concéntricamente en una cámara a temperaturas controladas llamada cañón, con una separación milimétrica entre ambos elementos. El material polimérico es alimentado por medio de una tolva en un extremo de la máquina y debido a la acción de empuje se funde, fluye y mezcla en el cañón y se obtiene por el otro lado con un perfil geométrico preestablecido (Figura1.5).

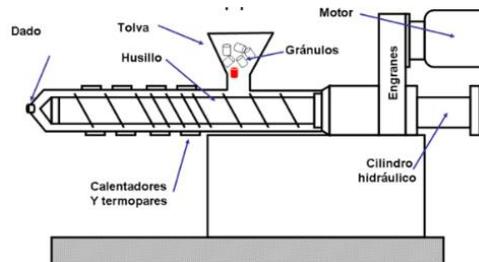


Figura 1.5. Extrusión de Polímeros.⁶

d. **Moldeo del envase Plástico por Soplado.**

El moldeo por soplado es un proceso empleado para fabricar productos huecos como es el caso de los envases plásticos gracias a la expansión del material por presión que ejerce el aire en las paredes del parison (si hablamos de extrusión-soplado) dentro del molde.

Este proceso se compone de varias fases, la primera es la obtención del material a soplar, después viene la fase de soplado que se realiza en el molde una vez cerrado el mismo (Figura 1.6), seguidamente se enfría la pieza y por último se expulsa. Para facilitar el enfriamiento de la pieza los moldes están provistos de un sistema de refrigeración así se incrementa el nivel productivo y evita que el producto se pegue al molde.

⁶ Ramos. (2002). Extrusión de plásticos, principios básicos. México: Limusa.

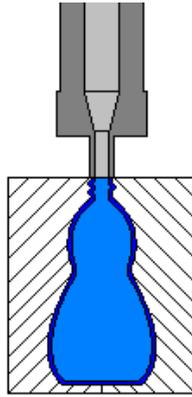


Figura 1.6. Moldeo por Soplado.⁷

1.2.2. Maquinaria Extrusora-Sopladora de envases.

Las máquinas de extrusión-soplado de plástico son equipos con el objetivo de hacer objetos huecos de material termoplástico como es el caso de los envases plásticos, que se caracterizan en tener paredes con curvas entrantes y salientes. La mayor parte de los fabricantes de estas máquinas a nivel mundial se encuentran en Alemania ya que allí fueron inventadas alrededor de la década de 1930 y comenzaron a desarrollarse principalmente a mediados de la década de 1950 hasta los tiempos actuales donde estas máquinas son completamente automáticas (Figura1.7).

La principal ventaja del proceso de extrusión-soplado de plástico a diferencia de la inyección son las distintas formas y grosores de pared, con diseños más planos, con posibilidad de hacer envases con asa o agarrador y con capacidad de variar su tamaño sin necesidad de cambiar el molde.



Figura 1.7. Maquina Extrusora-Sopladora actual.⁸

⁷ Anguita R. (1977). Extrusión de Plásticos. Madrid: H. Blume.

⁸ Máquinas sopladoras de botellas. (s.f). Recuperado el 2 de Marzo del 2014, desde <http://www.sopladorasdebotella.info>

a. **Clases de Maquinaria Extrusora-Sopladora.⁹**

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 y en el presente proyecto se basa solo al tipo de máquina Extrusoras-Sopladoras, por lo que existen básicamente dos formas diferentes de proceso de fabricación de botellas: extrusión intermitente y extrusión continua.

- El proceso de extrusión intermitente (Figura 1.8) se encuentra el tipo cabezal acumulador y tornillo reciprocante, utilizados para máquinas multiparison o de tamaños muy grandes.

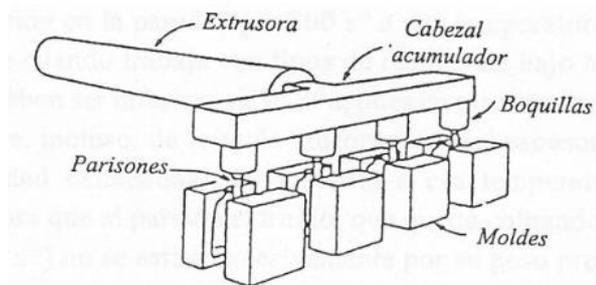


Figura 1.8. Extrusora Intermitente.¹⁰

- El proceso más utilizado es el de extrusión continua, que se puede dividir en:

El proceso tipo rueda (Figura 1.9) para producciones muy grandes (10 millones de botellas de un solo tipo sin hacer cambios), fabricación de botellas de gran tamaño, el cuello es soplado al igual que el cuerpo, no posee mucha versatilidad, el desperdicio es muy alto, es de un solo parison controlado.

⁹ Robert. (2001). Curso de soplado de plástico. México: Mission Hills

¹⁰ Robert. (2001). Curso de soplado de plástico. México: Mission Hills

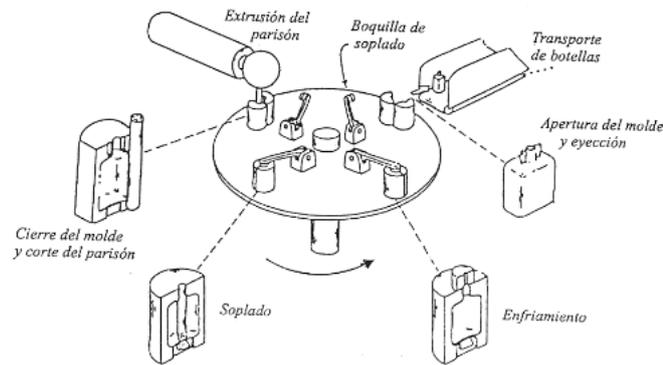


Figura 1.9. Extrusora Continua tipo Rueda.¹¹

El proceso tipo shuttle (Figura 1.10) es el más versátil de todos, 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, con un molde que se mueve para tomar el parison y llevarlo a una estación de soplado, el cual es utilizado para el presente proyecto con un solo parison.



Figura 1.10. Extrusora Continua tipo Shuttle.

Fuente: Investigación de campo.

b. Parison.

El polímero caliente se hace pasar por una serie de canales internos que forman una especie de tubo y por medio de un tornillo sin fin se empuja al polímero fundido de un extremo a otro, haciéndole pasar por el cabezal extrusor con el objeto de conseguir un tubo de plástico caliente que es el llamado parison como se muestra en la figura 1.11, para después este es

¹¹ Robert. (2001). Curso de soplado de plástico. México: Mission Hills

encerrado por el molde, ser soplado y adopta la forma final del envase que saldrá al final del proceso.

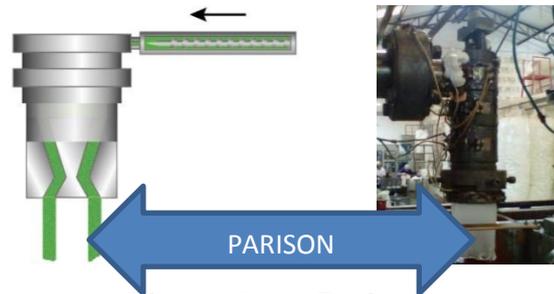


Figura 1.11. Parison.

Fuente: Investigación de campo.

c. Extrusor.

En el moldeo por extrusión-soplado, el extrusor es el elemento más importante de la máquina, cuyo objetivo es el transportar y plastifica el polímero (granos o pellets de resina) desde la tolva, a través de la cámara de calentamiento, hasta la boca de descarga, en una corriente continua formando un tubo hueco llamado parison. Como la abertura de la boca de la matriz del parison tiene la forma del producto que se desea obtener, el proceso es continuo. Además el extrusor está conformado básicamente por cuatro elementos principales: el impulsor, el cañón, el tornillo y el cabezal extrusor como se muestra en la figura 1.12.

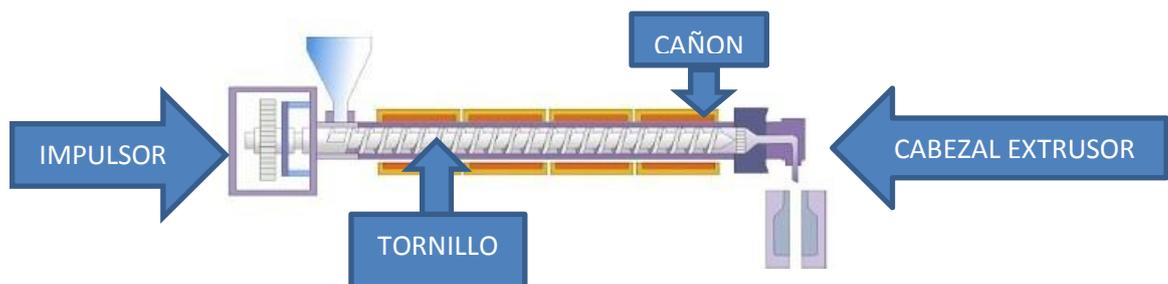


Figura 1.12. Extrusor.¹²

d. Impulsor

El impulsor es el componente cuya función es mover el tornillo extrusor dentro del cañón. Está constituido de un motor que puede ser de dos tipos: eléctrico o hidráulico y una caja reductora lo suficientemente grande para

¹² APEX. (2014). Recuperado el 6 de Marzo del 2014, desde <http://blowmolding.org/>

proporcionar un movimiento circular de velocidad variable y con un excelente torque. (Figura 1.13)

El motor eléctrico debe tener la gran capacidad de aplicar torque y trabajara velocidades lentas y motor hidráulico ha sido utilizado debido a que puede trabajar a velocidades bajas y posee gran capacidad de torque, pero con alto nivel de mantenimiento y el riesgo de tener una rotura de mangueras hidráulicas con aceite a altas presiones (1500 – 2000 psi).

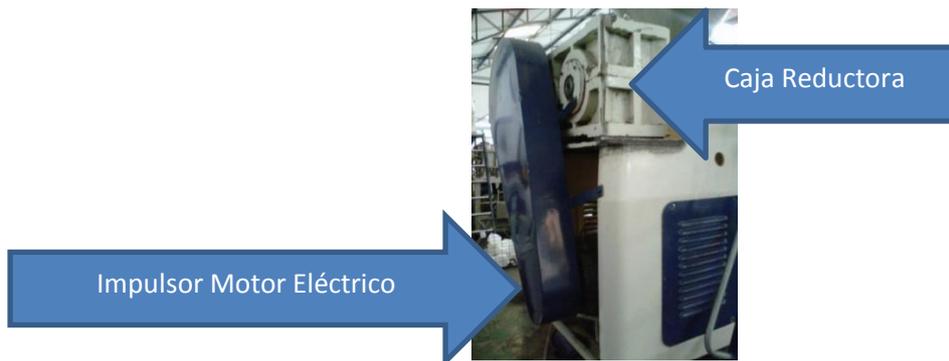


Figura 1.13. Impulsor.

Fuente: Investigación de Campo.

e. Cañón.

Es el elemento externo en forma de tubo hueco que rodea al tornillo extrusor, el mismo que cumple dos funciones, la primera en transportar los granos de polietileno desde la torva de carga hasta el cabezal extrusor mediante el tornillo extrusor y la segunda función de difundir el calentamiento de los granos hasta su fundición, por medio del calor generado por resistencias eléctricas (Figura 1.14).

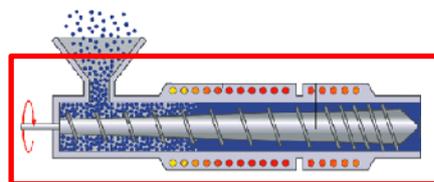


Figura 1.14. Cañón.¹³

¹³ Materiales de uso técnico. (s.f). Recuperado el 8 de Marzo del 2014, desde http://elodltecnologia.blogspot.com/2013_03_01_archive.html

Además para el control de la temperatura del cañón existen en el mismo termocuplas conectadas a dispositivos controladores de temperatura llamados pirómetros agrupadas en zonas cuya función es mantener la temperatura constante de cada zona de trabajo, haciendo funcionar las resistencias cuando la temperatura está por debajo del Set Point y se apague cuando la temperatura está por encima del Set Point (Figura 1.15).

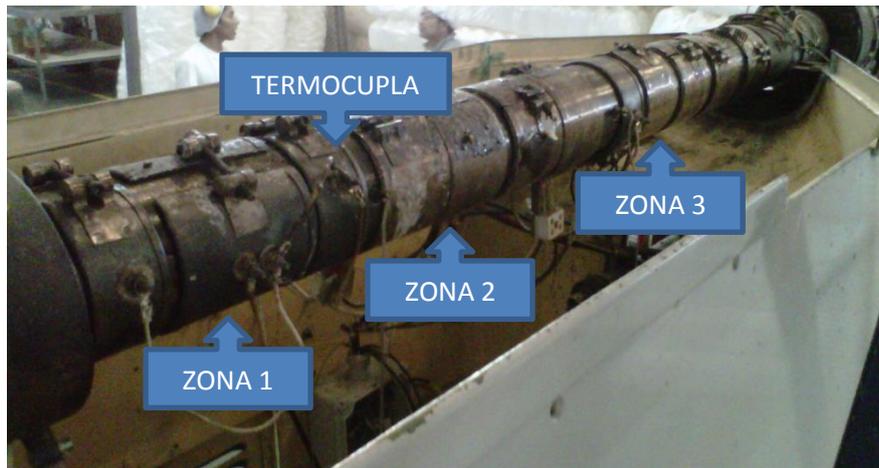


Figura 1.15. Zonas de Cañón.

Fuente: Investigación de campo.

f. **Tornillo Extrusor.**

Es el elemento giratorio del cañón cuya función es transportar y fundir los granos de plástico para posteriormente formar el parison. La forma y dimensión son elementos básicos para el buen desempeño de la máquina ya que determinan la capacidad de plastificación (Kg/h). Del diámetro del tornillo dependerá cuánto plástico es posible transportar de un extremo a otro.

El tornillo consta de tres secciones longitudinales (Figura 1.16):

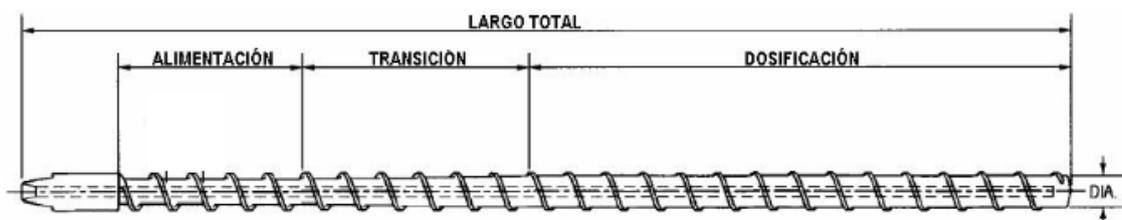


Figura 1.16. Partes del Tornillo Extrusor.¹⁴

¹⁴ Robert. (2001). Curso de soplado de plástico. México: Mission Hills.

- Sección de alimentación. Es aquella donde entra el grano polietileno con el colorante o aditivo para mezclar homogéneamente.
- Sección de transición. Es aquella donde se calienta, presuriza y mezcla el plástico.
- Sección de dosificación. La cual proporciona una cantidad correcta y homogénea de plástico fundido para la formación del parison.

g. **Cabezal Extrusor.**¹⁵

Es aquel elemento que está conectado con la salida del cañón cuya función es dar la forma de tubo a él o los parisons si el cabezal fuera multiparison, además es el encargado de controlar el grosor de la pared. Cuando el cabezal multiparison posee diversos conductos que divide el flujo de plástico fundido en el número de parisons que se van a necesitar.

El cabezal extrusor (Figura 1.17) está constituido por:

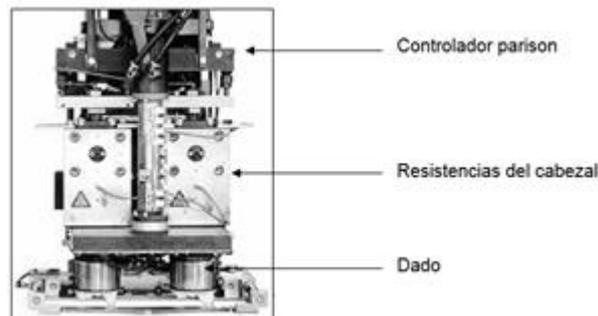


Figura 1.17. Partes del cabezal extrusor.¹⁵

- Controlador de parison. Es aquel que controla el grosor de pared del parison, mediante un elemento interno llamado torpedo.
- Resistencia del cabezal. Cuya función es el de mantener caliente al flujo de resina plastificada.
- El herramental inferior. Es aquel donde sale finalmente el plástico y le proporciona la forma final al parison. Está compuesto de dos elementos: el dado y el centro. El dado es un elemento estático con

¹⁵ Manual de operación sopladora Hesta HLS 730. Pág. 6-6.

forma contrapuesta al centro que es un elemento móvil de forma cónica en cuya parte externa fluye el plástico. Dependiendo de la forma, el dado y centro pueden ser convergentes o divergentes. (Figura 1.18).

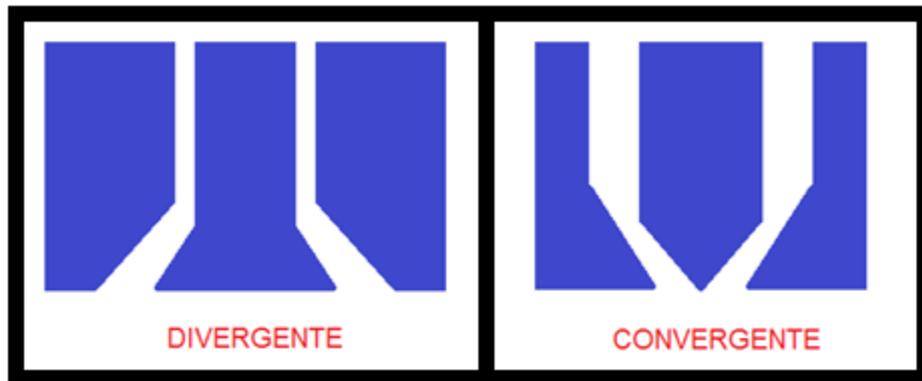


Figura 1.18. Dado y centro

Elaborado por: Cristian Alvarez

h. Cuchilla de Corte.

Es el elemento que corta al parison dándole el largo correcto y por lo tanto el tamaño de la botella a producir. La cuchilla de corte se ubica debajo del cabezal extrusor por debajo del dado y del centro.

El tipo de cuchillas depende del tipo de material, la velocidad de extrusión, el número de parisons y el costo, por lo que se divide de la siguiente forma:

- Cuchillas Calientes. Utilizada para materiales que se pegan a cualquier superficie como el polipropileno, por lo que la cuchilla afilada y caliente al rojo vivo no permite que el material se quede pegado.
- Cuchillas Frías. Es aquella cuchilla que se encuentra a temperatura ambiente y logra cortar el parison sin que el plástico se pegue.
- Cuchilla Simple. Es aquella que realiza un movimiento horizontal hacia delante y hacia atrás, cortando el parison a su paso; puede ser cuchilla caliente o fría, en el presente proyecto se emplea este tipo de cuchilla como se muestra en la figura 1.19.

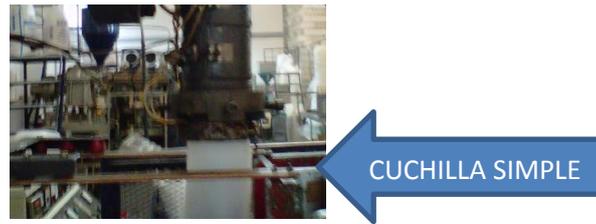


Figura 1.19 Cuchilla Simple.

Fuente: Investigación de campo.

- Cuchilla Doble. Son dos cuchillas que se mueven en sentidos contrarios, cortando cada una la mitad del parison con un movimiento muy rápido, empleadas en máquinas con velocidades de extrusión muy rápidas.
- Cuchilla de corte de movimiento circular. Es aquella que tiene forma de lanza, con filo de los dos lados; tiene un movimiento horizontal de 180° con pivote en un extremo, por lo que para cortar el parison realiza un solo movimiento hacia la derecha o izquierda.

i. **Carro porta Molde.**

Es aquel elemento que tiene la función de transportar el parison de la etapa de extrusión a la etapa de soplado, en él va montado el molde del envase a ser producido como se muestra en la figura 1.20.



Figura 1.20. Carro porta molde.

Fuente: Investigación de campo.

El tipo de carro para la maquina va dependiendo del proceso, de la velocidad del ciclo, del número de parisons, del tamaño de las botellas, por lo que existen tres tipos de carro:

- De movimiento inclinado u horizontal. El carro toma el parison que sale del extrusor y lo lleva hacia la etapa de soplado, además el extrusor en este tipo de máquina con dicho movimiento del carro, el extrusor permanece estático.
- De movimiento completamente cargado. El extrusor completo se mueve hacia arriba, cuando la cuchilla hace el corte del parison y el molde se posiciona para tomarlo, de manera que el parison que sale por encima del corte de la cuchilla no se pegue al del molde.

j. **Mecanismo de Cierre.**

Este mecanismo realiza el cierre del molde sobre el parison para que después sea soplado. El cierre comúnmente empleado es efectuado mediante la acción directa de un pistón hidráulico por cada lado del molde, la fuerza que se ejerce entre las caras de las placas del molde es llamada fuerza de Cierre (Figura 1.21).

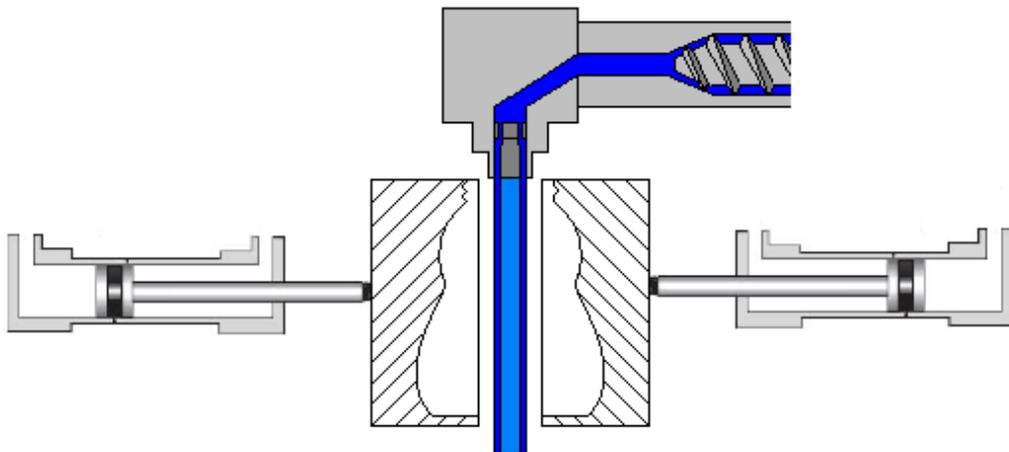


Figura 1.21. Mecanismo de Cierre.¹⁶

¹⁶ Feedscrews. (2014). Recuperado el 10 de Marzo del 2014, desde <http://www.feedscrews.com/listnews/36>

k. **Soplado.**

Soplado es aquel sistema de la maquinaria que sopla aire comprimido al interior del parison al parison que está metido dentro de las paredes del molde para que después tome la forma de éste (Figura 1.22).

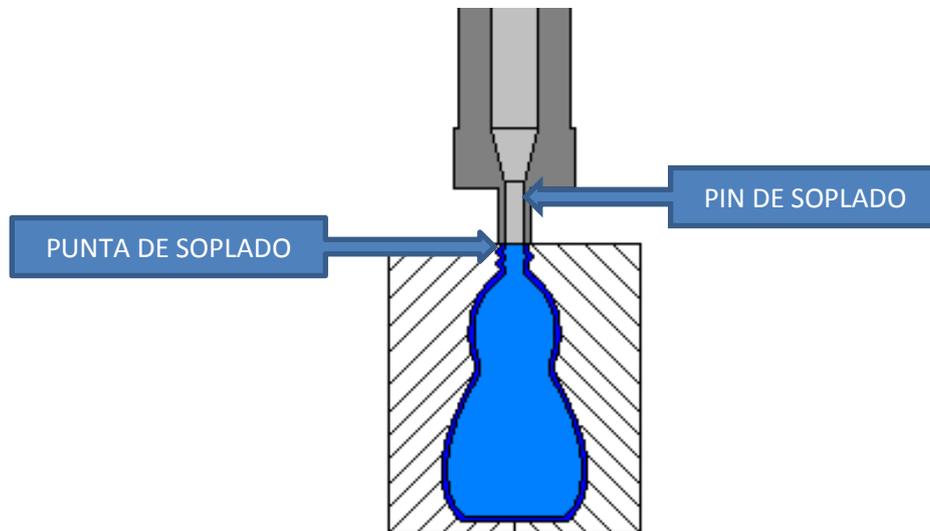


Figura 1.22. Soplado.¹⁷

El sistema de soplado de una máquina de extrusión-soplado se compone de:

- Pin de soplado. Simplemente es un pin donde pasan dos conductos, el uno de ellos con aire comprimido para inflar el parison dentro del molde, y el otro el circuito de enfriamiento que va a dar hasta la punta de soplado, para evitar que el parison se pegue a la punta.
- Punta de soplado. El diámetro externo de la punta de soplado tiene una relación directa con el diámetro interno de la botella, por lo que para aumentar o disminuir el diámetro interno de una botella, basta con aumentar o disminuir el diámetro externo de la punta de soplado. Generalmente las puntas de soplado están fabricadas con materiales como el bronce, acero inoxidable y acero al carbono.

¹⁷ Feedscrews. (2014). Recuperado el 10 de Marzo del 2014, desde <http://www.feedscrews.com/listnews/36>

1.3. Controlador Lógico Programable PLC.

1.3.1. Concepto de Controlador Lógico Programable (PLC).¹⁸

Un controlador lógico programable (PLC) figura 1.23, es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Los PLC's operan de manera secuencial y cíclica, es decir, una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienza a ejecutar su primera instrucción.



Figura 1.23. Controlador Lógico Programable (PLC).¹⁹

1.3.2. Estructura Interna del PLC.²⁰

Los Controladores Lógicos Programables está principalmente compuesto por:

- El CPU o unidad central de procesamiento, interpreta las señales de entrada y ejecuta acciones de control en base al programa almacenado en la memoria, comunicando las acciones de decisión como señales de salida.
- El suministro de alimentación, el cual convierte de VCA a VCC para alimentar el procesador y los circuitos en los módulos de entrada y salida.

¹⁸ PLC. (s.f). Recuperado el 13 de Marzo del 2014, desde http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo4.pdf

¹⁹ S7-1200. (2012). Manual de Sistema S7 1200. Alemania.

²⁰ Bolton W. (2001). Ingeniería de control (2a. ed.). México: AlfaOmega.

- El dispositivo de programación, el cual es requerido para ingresar el programa en la memoria del procesador.
- La unidad de memoria, que es donde el programa es almacenado para ser usado para tomar acciones de control por el microprocesador y también es donde se almacenan los datos desde la entrada sin procesar hasta la salida.
- Las secciones de entradas y salidas, de donde el procesador recibe información de dispositivos externos (entradas) y comunica información a dispositivos externos (salidas).
- La interface de comunicación, es usado para recibir y transmitir datos a otro dispositivo, como una computadora, otro PLC o un Panel de Visualización.

1.3.3. Funcionamiento.

El autómata repite un ciclo repetitivo llamado SCAN (Figura 1.24), que consiste en los siguientes pasos:

1. Al encender el procesador ejecuta un auto-chequeo de encendido y bloquea las salidas. A continuación, si el chequeo ha resultado correcto, el PLC entra en el modo de operación normal.
2. Lee el estado de todas las entradas y almacena dichos estados.
3. Ejecuta las operaciones del programa grabado en la memoria, siguiendo el orden de segmentos en que se han grabado.
4. Escribe el resultado de las operaciones en las salidas.
5. Una vez escritas todas las salidas (activando o desactivando según el resultado de las operaciones del programa) vuelve al paso 2.

Este ciclo de Scan se realiza indefinidamente hasta que pasar el PLC a modo STOP.



Figura 1.24. Diagrama de Bloques de funcionamiento del PLC.

Elaborado por:Cristian Alvarez.

1.3.4. Funciones Elementales.

Las funciones más elementales que tienen los controladores lógicos programables son:

- **Detección.** El PLC detecta señales del proceso de diferentes tipos tanto discretas como analógicas.
- **Mando.** Elaborar y enviar las acciones al proceso mediante los accionadores y preaccionadores.
- **Dialogo hombre máquina.** Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- **Programación.** Permite programar una secuencia de control para un proceso o una máquina, mediante un lenguaje de programación, el más comúnmente usado es el ladder, por ejemplos los Controladores Lógicos Programables de Siemens.

Además cuentan con otras funciones que facilitan las automatizaciones en el control y supervisión de los procesos, tales como:

- Redes de comunicación. Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real.
- Sistemas de supervisión. También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial, mediante una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.
- Control de procesos continuos. Además de un control de eventos discretos, se incorpora funciones que permiten el control de procesos continuos con módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.
- Entradas - Salidas distribuidas. Módulos de entrada y salida que puedan estar distribuidos por la instalación no necesariamente junto a la unidad central del autómata y se comunican a él mediante un cable de red.
- Buses de campo. Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus sensores y actuadores; consultando cíclicamente el estado de ellos.

1.3.5. Ventajas y Desventajas.

a. Ventajas.

- Flexible a modificaciones ya que no es necesario cambiar el cableado o añadir elementos externos como temporizadores o relés auxiliares.
- Mínimo espacio de ocupación en el armario de control.
- Menor costo de mano de obra de la instalación, ya que se evita de instalar una serie de elementos de lo antiguamente se hacía con el control industrial.
- Economía de mantenimiento, ya que aumenta la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden detectar e indicar posibles averías.
- Posibilidad de operar varias máquinas con un mismo autómata.

- Menor tiempo de instalación y puesta en funcionamiento del proceso al reducir el tiempo de cableado.
- Si el tiempo de vida útil de la máquina se termina por algún motivo, el autómatas sigue siendo útil para que controle otra máquina o sistema de producción con la debida modificación de la programación para el proceso actual.

b. **Desventajas.**

Las desventajas en realidad son pocas ya que es un elemento muy útil en la automatización y centralización de procesos.

- Exige un técnico con conocimiento de programación en controladores lógicos programables, el cual realiza el programa de control del proceso.
- La inversión inicial es mayor en relación con los elementos usuales como los relés, temporizadores, etc., aunque ello es relativo a la cantidad y tipo de entradas y salidas del proceso que el PLC va a controlar, además del nivel de complejidad del mismo.

1.3.6. Clasificación.

En la actualidad se están marcando dos tendencias de tipos de PLC's según el aspecto físico de los mismos, que son:

a. **Compactos.**

Son aquellos que en un solo bloque se encuentran sus elementos, tales como fuente, CPU, entradas/salidas, interfaces, etc. Tienen la ventaja de ser generalmente más baratos y su principal desventaja es que no siempre es posible ampliarlos como se muestra en la figura 1.25.



Figura 1.25. Control Lógico Programable (PLC) Compacto.²¹

b. **Modulares.**

Son aquellos donde los distintos elementos se presentan en módulos ampliables con grandes posibilidades de configuración. El tener en un mismo bloque la CPU, la memoria, las interfaces y la fuente es una estructura muy usual, y en bloques separados las unidades de entrada-salida que se pueden ampliar según las necesidades del proceso, por ejemplo el Siemens S7-300 como se muestra en la figura 1.26.



Figura 1.26. Controlador Lógico Programable (PLC) Modular S7-300.²²

²¹ Manual Schneider Electric.

²² S7-1200. (2012). Manual de Sistema S7 300. Alemania.

1.3.7. Módulos

a. Módulos de Entradas

Adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores, tales como sensores, finales de carrera, pulsadores, etc.

Según el tipo de entrada se diferencia dos tipos módulos:

- Módulos Analógicos. Empleados cuando la entrada es una medida variable por ejemplo: temperatura, presión, etc. Posee un conversor Analógico/Digital, que convierte la señal analógica a digital. Dichos módulos tienen rangos de tensión e intensidad, por ejemplo de 0 a 10V, 0 a +- 10V, 4 a 20 mA, etc.
- Módulos Digitales. Son las más utilizados, trabaja con señales ON/OFF, es decir la presencia o no de una tensión, que puede ser continua o alterna. Con elementos tales como finales de carrera, termostatos, pulsadores, etc.

b. Módulos de Salidas

En dichos módulos es donde van conectados los actuadores e igual que los entradas pueden ser analógicas o digitales.

- Módulos Analógicos. Dispone de un conversor Digital/Analógico, es utilizado cuando el actuador que se debe activar es analógico, por ejemplo una servo-válvula, un variador de velocidad, etc.
- Módulos Digitales. Esta clase de salida viene de tres tipos que soportan corrientes entre 0,5 y 2 A. Existen salida a triac para corriente alterna, a relé para corriente continua o alterna y a transistor exclusivamente para corriente continua.

Además se tiene módulos específicos para termopares, termocuplas, pesajes, y de comunicación, tal como en los módulos del PLC Siemens S7-1200 que de detalla en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1. Módulos Específicos PLC Siemens S7-1200.²³

Módulos de señal de temperatura	
6ES7231-5PD30-0XB0	SM1231 Módulo de señal de 4 entradas analógicas para sensores tipo RTD
6ES7231-5PF30-0XB0	SM1231 Módulo de señal de 8 entradas analógicas para sensores tipo RTD
6ES7231-5QD30-0XB0	SM1231 Módulo de señal de 4 entradas analógicas para sensores tipo Termocupla
6ES7231-5QF30-0XB0	SM1231 Módulo de señal de 8 entradas analógicas para sensores tipo Termocupla
Módulos de Pesaje	
7MH4960-2AA01 ¹⁾	SIWAREX WP231 Módulo electrónico de pesaje para PLC SIMATIC S7-1200
7MH4960-2AK01 ¹⁾	SIWATOOL: Software para configuración y parametrización del módulo de pesaje SIWAREX WP231
Módulos de Comunicación	
6GK7243-5DX30-0XE0	CM1243-5 Módulo de comunicación Profibus DP para SIMATIC S7-1200. Conexión como Maestro Profibus DP, soporta hasta 16 esclavos DP
6GK7242-5DX30-0XE0 ¹⁾	CM1242-5 Módulo de comunicación Profibus DP para SIMATIC S7-1200. Conexión como Esclavo Profibus DP
6ES7241-1CH31-0XB0	CM1241 Módulo de comunicación RS485. Incorpora los protocolos Modbus RTU y USS
6ES7241-1AH30-0XB0 ¹⁾	CM1241 Módulo de comunicación RS232. Incorpora protocolo Modbus RTU. Soporta configuración Freeport
6GK7242-7KX30-0XE0 ¹⁾	CP1242-7 Modem GSM/GPRS Quadband para SIMATIC S7-1200. Requiere como accesorio la Antena ANT 794-4MR GSM
6NH9860-1AA00 ¹⁾	Antena ANT 794-4MR GSM Quadband. Apta para instalación en intemperie. Incluye cable de conexión de 5m de longitud y accesorios de montaje

1.3.8. Comunicación Profinet.²³

Se toma como ejemplo y el PLC Siemens S7-1200, el cual incorpora este interfaz de comunicación y es con el PLC que se va a trabajar en el presente proyecto.

La interfaz PROFINET (Figura 1.27) permite la programación y la comunicación con los Basic Panels SIMATIC HMI para la visualización, con controladores adicionales para la comunicación de CPU a CPU y con equipos de otros fabricantes para ampliar las posibilidades de integración. Está formada por una conexión RJ45 inmune a perturbaciones con función Autocrossover, que admite conexiones Ethernet y alcanza una velocidad de transmisión de datos de hasta 10/100 Mb/s. Con el acreditado estándar de TCP/IP, la interfaz PROFINET integrada puede usarse tanto para la programación como para la comunicación con equipos HMI y otros controladores.

²³ S7-1200. (2012). Manual de Sistema S7 1200. Alemania



Figura 1.27. Interfaz PROFINET S7 1200.²⁴

1.3.9. Software de Programación STEP 7 V12.

²⁵

STEP 7 V12 (Figura 1.28) es el componente de software para programación y configuración del TIA Portal, ofrece un entorno confortable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como controladores (S7-1200, S7-300, S7-400,) y dispositivos HMI.

STEP 7 proporciona lenguajes de programación estándar, que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control, como son:

- KOP (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico. Su representación se basa en esquemas de circuitos.
- FUP (diagrama de funciones) es un lenguaje de programación que se basa en los símbolos lógicos gráficos empleados en el álgebra booleana.
- SCL (Lenguaje de Control Estructurado) es un lenguaje de programación de alto nivel basado en texto.

²⁴ Folleto S7-1200. Alemania.

²⁵ S7-1200. (2012). Manual de Sistema S7 1200. Alemania

Al crear un bloque lógico, se debe seleccionar el lenguaje de programación que empleará dicho bloque. El programa de usuario puede emplear bloques lógicos creados con cualquiera de los lenguajes de programación.

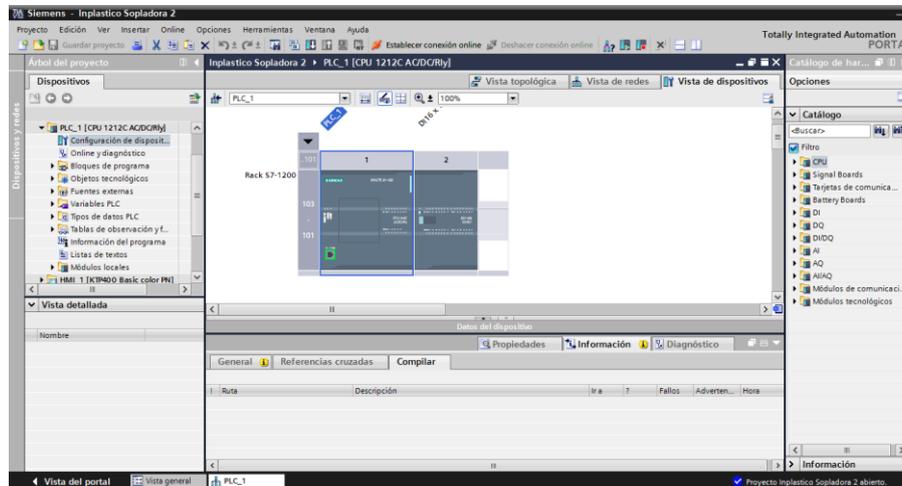


Figura 1.28. STEP 7 V12 componente de TIA PORTAL.

Fuente: Investigación de Campo.

1.4. Panel de Visualización (Panel View).

En el mundo de la industria actual, es necesario disponer de interfaces de comunicación entre el hombre y la máquina, que permite al operario controlar y supervisar en todo momento el estado en tiempo real de la información de la máquina, como condiciones de trabajo, manipulación de elementos discretos (pulsadores, interruptores), variables físicas (temperatura, velocidad, presión), gráficas de estados, mensajes de texto, alarmas, etc.; además en función de dicha información, permitirán al usuario la modificación de los parámetros manejados por el PLC, temporizadores, contadores, y cambios en las salidas discretas o análogas del PLC.

Estos equipos se dividen en varios grupos según sus prestaciones, como son:

- Visualizadores de mensajes provistos de un número mínimo de pulsadores y una pequeña pantalla.
- Visualizador gráfico (a color o B/N) con pulsadores y un número mayor de botones que el visualizador de mensajes.

- Paneles programables táctiles de última generación dotados de memoria suficiente para almacenar programas de grandes dimensiones, que permiten la visualización de todo tipo de imágenes, consiguiendo presentaciones en pantalla prácticamente iguales a las obtenidas en el monitor del PC utilizando scadas.

Estos paneles de visualización están comúnmente conectado al PLC, pero en la actualidad, también disponen de salidas de todo tipo como: conexión de impresoras, conexión en red entre paneles, salidas serie y paralelo, conexión a bus de datos, ethernet, memorias flash, e incluso un PLC con entradas y salidas.

Los softwares de programación son específicos según cada fabricante, y los estandarizan para toda la línea de pantalla de cada fabricante, dichos softwares son muy sencillos de manejarlos y de realizar los programas ya que utilizan la plataforma Windows, como ejemplo uno de ellos

1.4.1. Software WinCC.²⁶

WinCC (Figura 1.29) es el software para todas las aplicaciones HMI desde la más simple con Basic Panels hasta soluciones SCADA en sistemas multiusuario basadas en PC. Forma parte de Totally Integrated AutomationPortal (TIA Portal) ofreciendo un entorno único para programar y configurar soluciones de control, visualización y accionamiento.

Posee algunas ventajas como:

- Interfaz de configuración innovadora y basada en los últimos avances en tecnología de software
- Completas librerías para objetos definibles.
- Herramientas inteligentes para configuración gráfica y tratamiento de datos masivos

La eficiencia de configuración aumenta una vez más, particularmente si otros componentes TIA, como controladores SIMATIC S7, forman parte de la

²⁶ TIA PORTAL. (2012). Manual WinCC Basic. Alemania.

solución de automatización, que evita la necesidad de introducir varias veces los mismos datos y se garantiza la homogeneidad en la gestión de datos.

Los editores de software del TIA Portal tienen un diseño unificado y un tipo de navegación común. La configuración de un hardware, la programación de la lógica, la parametrización de un convertidor de frecuencia o el diseño de una pantalla HMI: cada entorno dispone de editores con un mismo diseño orientado a un uso intuitivo, con el consiguiente ahorro de tiempo y costes. Las funciones, propiedades y librerías se muestran automáticamente de forma más intuitiva según la actividad que se desee realizar.

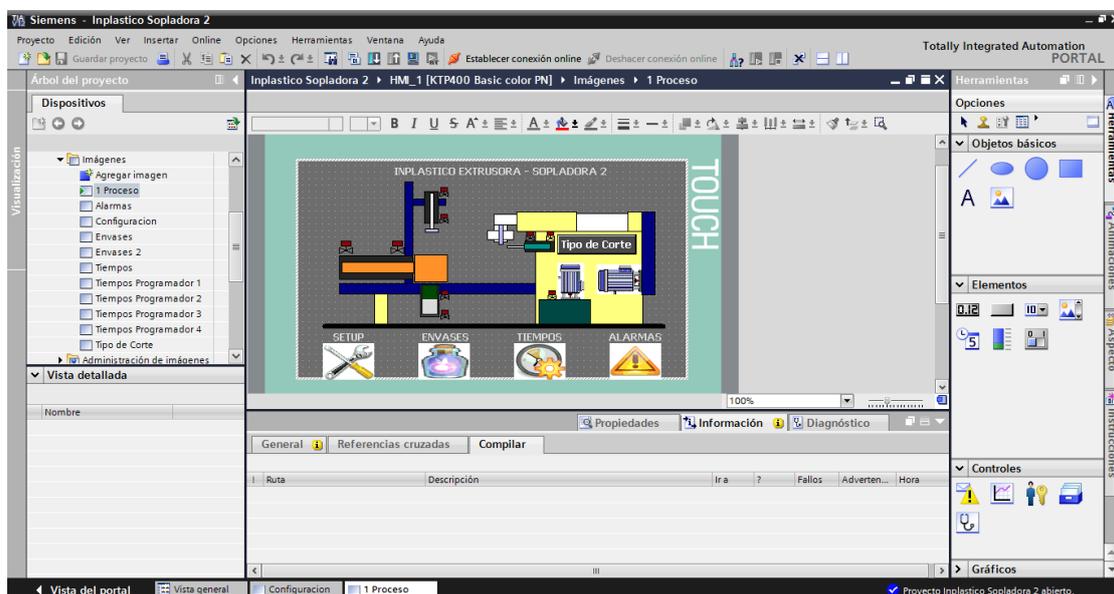


Figura 1.29. TIA PORTAL WinCC.

Fuente: Investigación de campo.

1.5. Interface Hombre-Máquina.

1.5.1. Definición.

Interface Hombre Maquina (HMI) permite la interacción entre un humano y una máquina, las cuales varían ampliamente, desde paneles de control para plantas industriales hasta botones de entrada en un celular. Una interfaz hombre maquina es la que permite que el usuario u operador del sistema de control o supervisión, interactué en tiempo real con los procesos.

Dos componentes son necesarios en una interfaz hombre máquina: ²⁷

- Primero está la entrada, un usuario humano (operador) necesita de algún medio para decirle a la máquina que hacer, hacerle peticiones o ajustarla, por ejemplo un Panel View (Figura 1.30)

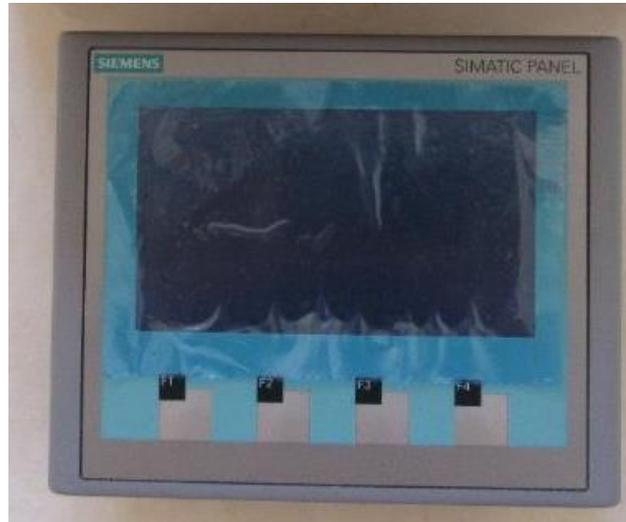


Figura 1.30. Siemens KTP 400 Siemens.

Fuente: Investigación de Campo.

- Segundo la interfaz (Figura 1.31) requiere de una salida, que le permita a la maquina mantener al usuario actualizado acerca del progreso de los procesos, o la ejecución de comandos en un espacio físico.

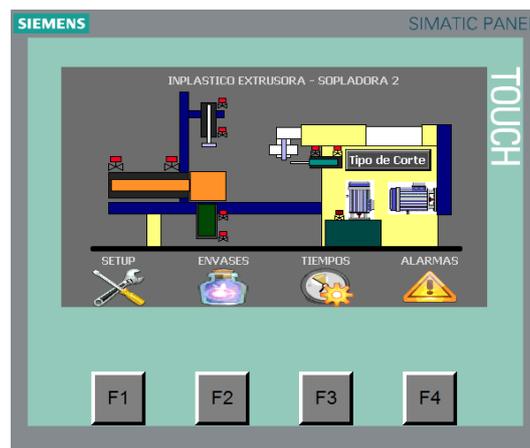


Figura 1.31. Interfaz Control Maquina Extrusora-Sopladora Inplastico.

Fuente: Investigación de Campo.

²⁷ Wisegeel. (2014). Recuperado el 17 de Marzo del 2014, desde <http://www.wisegeek.com/what-is-human-machine-interface.htm>

Una adecuada interfaz hombre maquina busca, en primer lugar obtener el estado del proceso de un vistazo. Se persigue entonces:²⁸

- Captar la situación en forma rápida.
- Crear condiciones para la toma de decisiones correctas.
- Que los equipos se utilicen en forma óptima y segura.
- Garantiza la confiabilidad al máximo.
- Cambiar con facilidad los niveles de actividades del operador.

1.5.2. Características de HMI.¹⁴

Los aspectos esenciales que se realizan en la comunicación hombre maquina son:

- a. **Indicación del estado del proceso:** Permite monitorear en tiempo real el estado actual de los elementos activos y pasivos del proceso, tales como motores, electroválvulas, sensores, lámpara, etc. Para ello se pueden utilizar elementos convencionales como animaciones de luces o leds, como se observa en la figura 1.32.



Figura 1.32. Indicadores del Estado del Proceso.

Fuente: Investigación de Campo.

- b. **Tratamiento e indicación de alarmas:** Buscan informar al operador de una situación anormal en el proceso, dichos alarmas se pueden representar de la siguiente forma:

²⁸ Interface Hombre- Máquina. (s.f). Recuperado el 17 de Marzo del 2014, desde <http://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/SW%20para%20aplicaciones%20Industriales%20I/Teoria/3%20Interfaz%20Hombre-maquina.pdf>

- En la propia pantalla, mediante símbolos que aparecen intermitentemente, cambios repetidos de color en el nombre de alguna variable o grupo, intermitencia de textos, mensajes etc., como se indica en la figura 1.33.
- Mediante el uso de videos específicos.
- Mediante indicación sonora.



Figura 1.33. Indicador de alarmas HMI.

Fuente: Investigación de campo.

- c. **Ejecución de acciones de mando:** Permite el cambio de estado en los elementos del proceso, cambio de valores de parámetros; empleando técnicas convencionales como: pulsadores, interruptores, potenciómetros, pantallas táctiles, etc. (Figura 1.34). Las características del puesto de mando deben buscar comodidad para el operador, temperatura estable, muebles cómodos y funcionales, buena iluminación.



Figura 1.34. Panel de Mando.

Fuente: Investigación de Campo.

1.6. Supervisión local y remota de procesos industriales.

Las exigencias de rendimiento, calidad y flexibilidad en los procesos industriales actuales, hacen necesario introducir nuevas tecnologías de control y supervisión de los procesos, con el objetivo de reducir el número de paradas innecesarias, la predicción de situaciones anómalas o la actuación rápida y eficaz de forma que se asegure la continuidad de la producción.

La tendencia actual de los procesos industriales en muchas fábricas, están aplicando la pirámide de la automatización, son cuatro niveles que se muestra en la Figura 1.35.



Figura 1.35. Pirámide de automatización.²⁹

Por lo tanto cada nivel tiene una función específica y comparte su información con todos los niveles, mediante la comunicación que existe entre ellos permitiendo un continuo monitoreo del proceso.

- El nivel de campo se encuentra los actuadores y sensores del proceso.
- El nivel de proceso, se encuentran los PLC, variadores de frecuencia, con el complemento de la paneles de visualización que poseen el HMI que permite al operador controlar y supervisar de

²⁹ Control y Automatización. (s.f). Recuperado el 25 de Marzo del 2014, desde <http://www.schneider-electric.com.co/sites/colombia/es/productos-servicios/automatizacion-control>

forma local el proceso de la máquina, y alertar de alguna eventualidad en el mismo para su inmediata atención por el personal de mantenimiento.

- El nivel de planta en donde permite el tener una supervisión de todos los procesos o máquina de una determinada industria, teniendo a la disposición registros como de producción actuales, planificación de mantenimiento basándose en el tiempo que está produciendo de las máquina que tengan acceso pero con la gran ventaja de ya no estar presente junto a la máquina sino de vía remota, empleando comunicación por ejemplo vía internet, y la característica que más sobresale, la posibilidad de que en algún eventual daño donde el personal de mantenimiento no se encuentre en la fábrica, pueda brindar su apoyo desde cualquier lugar ya que puede acceder al proceso desde una computadora con internet, aumentando los tiempo de producción, eliminando tiempos prolongados de para en un determinado proceso o máquina.
- Y el ultimo nivel que es el de empresa o gestión que permite ya sea al propio gerente o jefe de producción, gestionar los índices de producción que está teniendo el proceso o la máquina y pronosticar la futura producción y la ganancia que podrá tener la empresa, con los datos que está obteniendo del proceso supervisado.

CAPITULO II

2. PARÁMETROS DE DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS

Para el funcionamiento de la máquina extrusora-sopladora del presente proyecto, se implementara un PLC para el control del proceso, en complemento con un interface gráfico HMI mediante un Panel De Visualización, que supervise el estado de los elementos de la máquina, selección los envases a producir, funciones de la máquina, parámetros de tiempos que se requieren para la obtención el Parison y alarmas de falla que informen al operador de algún posible error durante el proceso.

Además se podrá reducir aún más los tiempos de producción cuando se desee cambiar los parámetros de producción, dar soporte de alguna falla que se presente sin la necesidad que el técnico esté presente en la máquina, por lo que se publica el interface gráfico HMI al internet logrando conseguir un control remoto y este se pueda modificar desde cualquier lugar con acceso a la Web.

2.1. Diseño del Circuito de potencia y control.

En el presente capitulo se dimensionara los elementos de protección para los actuadores existen en la máquina-sopladora número dos de la empresa NS Industrias, así mismo como la lógica de control de los mismos, en base a los elementos existentes.

En la máquina existen los siguientes actuadores:

- Una bomba hidráulica (Figura 2.1) instalada la misma que se mantendrá, pero sus elementos de protección y control se los sustituirán.



Figura 2.1. Bomba Hidráulica.

Fuente: Investigación de campo.

En la Tabla 2.1 se muestra los datos nominales de dicha bomba.

Tabla 2.1. Datos de la bomba hidráulica.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Bomba Hidráulica	
Marca	EP
Voltaje	220 VAC
Corriente Nominal	31 A
Frecuencia	60 Hz
Potencia	12 HP/9 KW
Fases	3~

- Un motor eléctrico (Figura 2.2) instalado, el cual genera movimiento para el tornillo extrusor, además el motor posee para su control de velocidad un variador de frecuencia (Figura 2.3).



Figura 2.2. Motor eléctrico del tornillo extrusor.

Fuente: Investigación de campo.

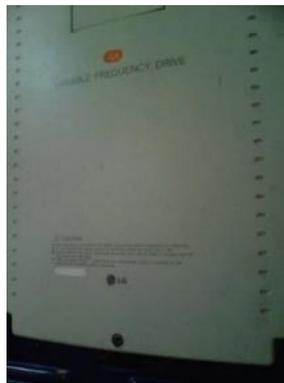


Figura 2.3. Variador de frecuencia.

Fuente: Investigación de campo.

En la Tabla 2.2, se muestra los datos del motor eléctrico del tornillo extrusor.

Tabla 2.2. Datos del motor eléctrico del tornillo extrusor.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Motor Eléctrico del Tornillo Extrusor	
Marca	US Electric Motors
Voltaje	230 VAC
Corriente Nominal	49.4 A
Frecuencia	60 Hz
Potencia	20 HP/ 15 KW
Fases	3~

En la Tabla 2.3 y ANEXO B9, se muestra las características del variador de frecuencia.

Tabla 2.3. Características del variador de frecuencia.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Variador de Frecuencia	
Marca	LG
Modelo	SV 150iS5 - 2NU
Potencia	20 HP / 15 KW
Voltaje de Entrada	200 - 230 VAC
Frecuencia de Entrada	50 – 60 Hz
Corriente de Salida	60 A
Frecuencia de Salida	0 – 400 Hz
Voltaje de Salida	200 - 230 VAC

El variador de frecuencia permite controlar la velocidad de giro del tornillo extrusor mediante un potenciómetro externo y dicha variación de frecuencia se visualiza en un panel propio del variador de frecuencia, dichos elementos se mantendrán ya que la potencia del variador satisface la potencia del motor de 20 HP, pero sus elementos de protección serán sustituidos.

- Para el calentamiento de la extrusora, se emplea niquelinas conectadas a 220 VAC (Figura 2.4).

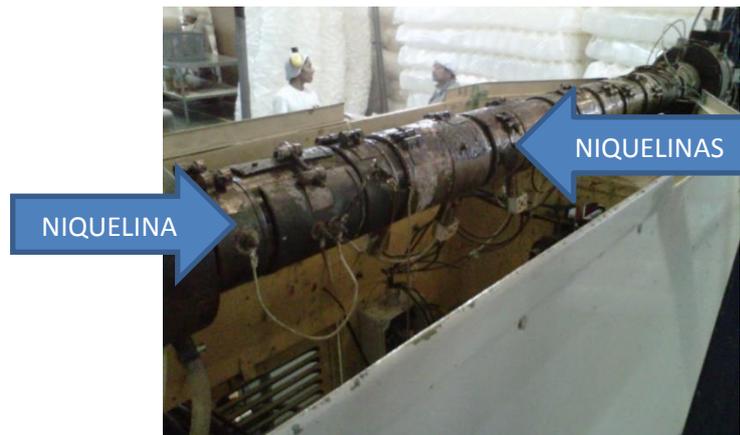


Figura 2.4. Niquelinas y del extrusor.

Fuente: Investigación de campo.

Las niquelinas para el calentamiento del extrusor se reagrupan en seis zonas, como se muestra en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Agrupamiento de niquelinas en las zonas de la extrusora.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Zonas	Numero de Niquelinas	Corriente de Niquelina	Potencia de Niquelina	Potencia Total
1	4	2.73 A	600 W	2400 W
2	4	2.73 A	600 W	2400 W
3	4	2.73 A	600 W	2400 W
4	4	2.73 A	600 W	2400 W
5	4	2.73 A	600 W	2400 W
6	1	2.73 A	600 W	600 W

Para medir la temperatura en el cañón extrusor y en el cabezal se usarán sensores de temperatura cuyas señales puedan ser entendidas por los controladores de temperatura (pirómetros) instalados (Figura 2.5), dichos elementos se mantendrán y para el control de las niquelinas se empleara contactores que serán nuevos así mismo como las protecciones.



Figura 2.5. Controlador de Temperatura (Pirómetro).

Fuente: Investigación de campo.

- Para el movimiento del carro y molde la máquina emplea un sistema hidráulico de émbolos instalados (Figura 2.6), los cuales son comandados por electroválvulas hidráulicas instaladas (Figura 2.7), además el sistema dispone de una electroválvula que abre el flujo a todo el sistema, dichos elementos se mantendrán pero sus elementos de protección y control serán nuevos.



Figura 2.6. Émbolos hidráulicos instalados.

Fuente: Investigación de campo.

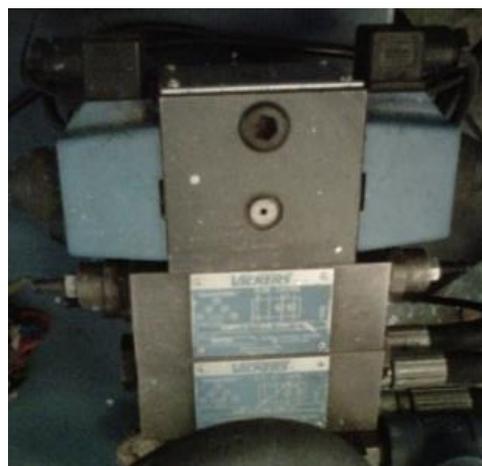


Figura 2.7. Electroválvulas hidráulicas instaladas.

Fuente: Investigación de campo.

En la Tabla 2.5 se detalla las características de las electroválvulas mencionadas.

Tabla 2.5. Electroválvulas hidráulicas instaladas.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Función	Actuador	Marca	Características	Voltaje	Corriente	Frecuencia
Subir y bajar carro.	Pistón doble efecto.	Vickers	Válvula 4/3, con retorno por muelle, centro cerrado.	220 VAC	0.45 A	60 Hz
Abrir y cerrar molde.	Pistón doble efecto.	Vickers	Válvula 4/3, con retorno por muelle, centro cerrado.	220 VAC	0.45 A	60 Hz
Frenado carro arriba.	Control de frenado del carro.	Northman	Válvula 4/2, con retorno por muelle	220 VAC	0.45 A	60 Hz
Frenado carro abajo.	Control de frenado del carro.	Northman	Válvula 4/2, con retorno por muelle	220 VAC	0.45 A	60 Hz
Abrir y cerrar el paso de flujo al sistema Hidráulico.	Alimenta de presión al sistema hidráulico	MPM	Solenoides de válvula	220 VAC	0.45 A	60 Hz

- Para el movimiento de la cuchilla de corte y del pin de soplado se emplea un sistema neumático de émbolos instalados (Figura 2.8), los cuales son comandados por electroválvulas neumáticas instaladas (Figura 2.9), además el sistema dispone de una electroválvula que abre el flujo de aire para el soplado del parison, dichos elementos se mantendrán pero sus elementos de protección y control serán sustituidos.



Figura 2.8. Émbolos neumáticos instalados.

Fuente: Investigación de campo.



Figura 2.9. Electroválvulas neumáticas instaladas.

Fuente: Investigación de campo.

En la Tabla 2.6 se detalla las características de las electroválvulas mencionadas.

Tabla 2.6. Electroválvulas neumáticas instaladas.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Función	Actuador	Marca	Características	Voltaje	Corriente	Frecuencia
Subir y bajar cuchilla de Corte	Pistón doble efecto.	Micro	Se utilizará una válvula 5/2 NA con retorno por muelle	220 VAC	25 mA	60 Hz
Subir y bajar pin de soplado	Pistón doble efecto.	Micro	Se utilizará una válvula 5/2 NA con retorno por muelle	220 VAC	25 mA	60 Hz
Soplado	Control ON/OFF de soplado.	Micro	Se utilizará una válvula 3/2 NC con retorno por muelle	220 VAC	25 mA	60 Hz

- Para el calentamiento de la cuchilla de corte la maquina posee un controlador de temperatura instalado (Figura 2.10), el cual posee su protección propia interna, el cual se mantendrá.



Figura 2.10. Controlador de temperatura de la cuchilla de corte.

Fuente: Investigación de campo.

En la Tabla 2.7 se detalla las características de dicho elemento.

Tabla 2.7 Características del Control de Temperatura de la Cuchilla de Corte.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Control de Temperatura de la Cuchilla de Corte	
Marca	ATTRAK
Voltaje	220 VAC
Corriente	0.83 A
Frecuencia	60 Hz

En base a los elementos que posee la máquina, se realizó el esquema eléctrico de potencia de dichos elementos, el cual se puede apreciar en el ANEXO A.

2.1.1. Circuito de Potencia.

a. Dimensionamiento de las Protecciones.

Interruptores termomagnéticos (Breaker)

Es un aparato que tiene la capacidad de abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un

determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con finalidad de no causar daños a los equipos eléctricos que se desea proteger.

Interruptor termomagnético general.

Para el dimensionamiento del interruptor termomagnético principal se considera los elementos de carga que más corriente consumen, al momento de operación de la máquina extrusora sopladora, los cuales se detalla en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8. Potencia Instalada.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Equipo	Número de Elementos	Corriente Nominal	Total
Niquelinas	21	2.73 A	57.33 A
Motor del tornillo extrusor.	1	49.4 A	49.4 A
Bomba hidráulica	1	31 A	31 A
Electroválvulas hidráulicas	5	0.45 A	2.25 A
Electroválvulas neumáticas	3	25 mA	75 mA
Corriente Total			140.1 A

La corriente total de consumo que tendrá la máquina extrusora-sopladora es de:

$$I_n = 140.1 A$$

Por criterio de seguridad se calcula el 25% de la corriente nominal para la protección.

$$I_{Breaker(10 QF1)} = 1.25 * I_n \quad \text{EC2.1}$$

$$I_{Breaker(10 QF1)} = 1.25 * 140.1 A$$

$$I_{Breaker(10 QF1)} = 175.1 A$$

En la máquina extrusora-sopladora posee un breaker principal instalado, de características que se detalla en la Tabla 2.9 y en el ANEXO B1; cuya capacidad de corriente es de 160 A, dicha corriente se encuentra entre la corriente total de consumo de 140.1 A y la corriente con el factor de seguridad de 175.1 A, dicho elemento se va a mantener por tres razones:

- La primera que la corriente de trabajo de la bomba hidráulica no debe rebasar la corriente de 26 A con una presión máxima de 1000 psi, por presión de seguridad que maneja el sistema hidráulico así mismo el motor del tornillo extrusor su corriente de trabajo es de 24 A con carga, está no revesa ni mitad de su corriente nominal de 49.4 A.
- La segunda causa que en operación todas las zonas de calentamiento no permanecen constantemente prendidas, ya que temperatura es una variable con una variación lenta disminuyendo el consumo total.
- Y la tercera causa el optimizar al máximo los elementos que posee la máquina, consiguiendo minimizar en gastos del proyecto.

La corriente de trabajo que consume la máquina es alrededor de 60 A, lo cual es un 42 % de la corriente total calculada en condiciones de carga máxima.

Cabe recalcar que este elemento se debe cambiar, cuando la misma vaya a trabajar al máximo de su presión hidráulica y con otro tipo de polímero que aumente la carga en el tornillo extrusor, para que no exista problema.

Tabla 2.9. Características Interruptor Termomagnético Principal.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Interruptor termomagnético instalado.	
Marca	General Electric
Modelo	Record Plus FD 160
Voltaje	230/240 VAC
Curva	C
In	160 A
Frecuencia	50/60 Hz
Fases	3

Interruptor termomagnético del motor del tornillo extrusor.

Para la selección de la protección contra sobrecargas del motor mediante el interruptor termomagnético, para su selección se debe considerar, la corriente nominal, de arranque y de funcionamiento en régimen estacionario del motor.

Por criterio de seguridad se toma el 25% de la corriente nominal del motor que los fabricantes recomiendan, de lo cual se obtiene:

$$I_{n_{Motor\ 40M1}} = 49.4\ A \quad \text{EC.2.2.}$$

$$I_{Breaker(40\ QF1)} = 1.25 * I_{n_{Motor\ 40M1}}$$

$$I_{Breaker(40\ QF1)} = 1.25 * 49.4\ A = 61.75\ A$$

Para la selección del interruptor termomagnético, debe cumplir con las siguientes características:

- Voltaje: 220/240 VAC.
- Corriente nominal $\geq 61,75\ A$.
- Tipo de accionamiento: Electromecánico.

Se selecciona un interruptor termomagnético disponible en el mercado de 63 A amperios, sus características se puede ver en la tabla 2.10 y en el ANEXO B2.

Tabla 2.10. Características del interruptor termomagnético (40QF1).

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Interruptor termomagnético.	
Marca	General Electric
Voltaje	230/240 VAC
Curva	C
In	63 A
Frecuencia	50/60 Hz
Fases	3

Interruptor termomagnético de los grupos de niquelinas.

Las niquelinas están agrupadas en seis zonas, con sus respectivas corrientes por zonas, como se aprecia en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11. Corrientes de las zonas de calentamiento.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Número de Zonas	Corriente
1	2.73 A
2	10.92 A
3	10.92 A
4	10.92 A
5	10.92 A
6	10.92 A

La relación entre el pico de corriente en la conmutación y la corriente nominal de las niquelinas es 1, pero para la selección de la protección contra sobrecargas mediante el interruptor termomagnético por zonas, se maneja el mismo criterio de seguridad del 25% de la corriente nominal por zona, de lo cual se obtiene:

Zona 2, 3, 4, 5, 6.

Como se observa en la Tabla 2.11, las corrientes de dichas zonas son iguales, por lo tanto el cálculo es igual

$$I_{n_{zona\ 3}} = 10.92\ A$$

$$IBreaker_{(50\ QF1,\ 50\ QF2,\ 50\ QF3,\ 50\ QF4,\ 50\ QF5)} = 1.25 * I_{n_{zona\ 1}} \quad \text{EC.2.3}$$

$$IBreaker_{(50\ QF1,\ 50\ QF2,\ 50\ QF3,\ 50\ QF4,\ 50\ QF5)} = 1.25 * 10.92\ A$$

$$IBreaker_{(50\ QF1,\ 50\ QF2,\ 50\ QF3,\ 50\ QF4,\ 50\ QF5)} = 13.65\ A$$

Para la selección del interruptor termomagnético, debe cumplir con las siguientes características:

- Voltaje: 220/240 VAC.
- Corriente nominal $\geq 13.65\ A$.
- Tipo de accionamiento: Electromecánico.

Se selecciona un interruptor termomagnético disponible en el mercado de 16 A amperios, sus características se puede ver en la tabla 2.12 y en el ANEXO B3.

Tabla 2.12. Características del interruptor termomagnético (50QF1, 50QF2, 50QF3, 50QF4, 50QF5).

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Interruptor termomagnético.	
Marca	Siemens
Voltaje	230/240 VAC
Curva	C
In	16 A
Frecuencia	50/60 Hz
Fases	3

Zona 1.

$$I_{n_{zona\ 1}} = 2.73\ A$$

$$I_{Breaker(50\ QF6)} = 1.25 * I_{n_{zona\ 1}}$$

EC.2.4.

$$I_{Breaker(50\ QF6)} = 1.25 * 2.73\ A$$

$$I_{Breaker(50\ QF6)} = 3.41\ A$$

Para la selección del interruptor termomagnético, debe cumplir con las siguientes características:

- Voltaje: 220/240 VAC.
- Corriente nominal $\geq 2.41\ A$.
- Tipo de accionamiento: Electromecánico.

Se selecciona un interruptor termomagnético disponible en el mercado de 10 A amperios, sus características se puede ver en la tabla 2.13 y en el ANEXO B4.

Tabla 2.13. Características del interruptor termomagnético (50QF6).**Elaborado por: Cristian Alvarez.**

Interruptor termomagnético.	
Marca	Siemens
Voltaje	230/240 VAC
Curva	C
In	10 A
Frecuencia	50/60 Hz
Fases	3

Dimensionamiento del relé térmico de la bomba hidráulica.

El relé térmico es un aparato diseñado para la protección de motores contra sobrecargas, fallo de alguna fase y diferencias de carga entre fases. Incorpora dos contactos auxiliares un normalmente abierto NO y un normalmente cerrado NC, para su uso en el circuito de mando, además dispone de un botón regulador-selector de la intensidad de protección, un botón de prueba (STOP), y otro para RESET.

Si el motor sufre una avería y se produce una sobre-intensidad, unas bobinas calefactoras consiguen que una lámina bimetálica, constituida por dos metales de diferente coeficiente de dilatación, se deforme, desplazando en este movimiento una placa de fibra, hasta que se produce el cambio o conmutación de los contactos.

El relé térmico actúa en el circuito de mando, con dos contactos auxiliares y en el circuito de potencia, a través de sus tres contactos principales.

Para su selección se debe considerar, la corriente nominal, de arranque y de funcionamiento en régimen estacionario la bomba.

Por criterio de seguridad se toma el 25% de la corriente nominal de la bomba, de lo cual se obtiene:

$$\begin{aligned}
 I_{n_{Bomba\ Hidr\acute{a}ulica\ 30M1}} &= 31\ A \\
 I_{Rele\ Termico_{(30\ FR1)}} &= 1.25 * I_{n_{Bomba\ Hidr\acute{a}ulica\ 30M1}} \quad \mathbf{EC.2.5.} \\
 I_{Rele\ Termico_{(30\ FR1)}} &= 1.25 * 31\ A \\
 I_{Rele\ Termico_{(30\ FR1)}} &= 38,75\ A
 \end{aligned}$$

Para la selecci3n del rel3 t3rmico, 3l mismo debe cumplir con las siguientes caracter3sticas:

- Voltaje: 220/240 VAC.
- Tres fases.
- Corriente de trabajo que este entre 38,75 A.

Se selecciona un interruptor termomagn3tico instalado en la m3quina, que se encuentra en 3ptimas condiciones de funcionamiento, pero dicho rel3 t3rmico cumple con las dos primeras caracter3sticas excepto con el rango de corriente que es de 22 a 32 A, pero el mismo se mantendr3 por razones de seguridad de la bomba del sistema hidr3ulico y por seguridades de construcci3n de la m3quina, debido que la presi3n hidr3ulica de trabajo no debe rebasar los 1000 Psi, ya que caso contrario una presi3n excesiva dañara los elementos mec3nicos que el sistema hidr3ulico manipula, por lo que al mantener este rel3 t3rmico impedir3 que el operario rebase la presi3n m3xima de trabajo abriendo inmediatamente al circuito de control de la bomba cuando la corriente rebase los 26 A para 1000 Psi, en la Tabla 2.19 se detalla las caracter3sticas del rel3 t3rmico a ser utilizado y en el ANEXO B5.

Tabla 2.14. Características del relé térmico (30FR1).**Elaborado por: Cristian Alvarez.**

RELÉ TÉRMICO.	
Marca	Siemens
Voltaje	690 VAC
Corriente	22-32 A
Potencia	15 KW
Frecuencia	50/60 Hz
Fases	3
Contactos	1 NC – 1NO

b. Dimensionamiento de Contactores.

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia,, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se le aplique tensión a la bobina.

Para la selección del contactor debe cumplir con las siguientes características:

- Tipo de voltaje de la bobina: AC o DC.
- Tipo de voltaje de la instalación de potencia: AC o DC.
- Corriente nominal.
- Tipo de accionamiento: Electromecánico, electromagnéticos, neumáticos, hidráulicos, estáticos.
- Numero de polos.
- Tipo de contactor: De potencia o de control.

Para la selección del contactor de potencia por criterio de seguridad se toma el 25%, de la intensidad nominal a plena carga, obteniendo lo siguiente:

Contactor bomba del sistema hidráulico.

$$I_{n_{Bomba\ Hidráulica\ 30M1}} = 31\ A$$

$$I_{Contactor(30KM1)} = 1.25 * I_{n_{Bomba\ Hidráulica\ 30M1}} \quad \text{EC.2.6}$$

$$I_{Contactor(30KM1)} = 1.25 * 31\ A$$

$$I_{Contactor(30KM1)} = 38,75\ A$$

Para la selección del contactor, debe cumplir con las siguientes características:

- Voltaje y Frecuencia de la Bobina: 220 VAC – 60 Hz.
- Voltaje de instalación de la potencia: 220 VAC – 60 Hz.
- Corriente nominal \geq 38,75 A.
- Número de polos: 3 fases.
- Tipo de accionamiento: Electromagnético.
- Tipo de contactor: De potencia.

Por lo que se selecciona un contactor disponible en el mercado de 50 A, sus características se pueden ver en la Tabla 2.15 y en el ANEXO B6.

Tabla 2.15. Características del contactor (30KM1).

Elaborado por: Cristian Alvarez.

CONTACTOR.	
Marca	Siemens
Modelo	3RT 1035-1A
Voltaje de Potencia	230 VAC – 60 Hz
Corriente Nominal	50 A
Fases	3
Potencia	15 Hp
Bobina	220 VAC – 60 Hz

Contactor de los grupos de niquelinas.

Ya que en la zona 2, 3,4, 5, 6 la corriente de trabajo es de 10.92 A en cada una, se realiza el cálculo para la primera zona, y se generaliza para las cuatro siguientes.

$$I_{n_{Zona\ 3}} = 10.92\ A$$

$$I_{Contactor(50KM1, 50KM2, 50KM3, 50KM4, 50KM5)} = 1.25 * I_{n_{Zona\ 3}} \quad \mathbf{EC2.7.}$$

$$I_{Contactor(50KM1, 50KM2, 50KM3, 50KM4, 50KM5)} = 1.25 * 10.92\ A$$

$$I_{Contactor(50KM1, 50KM2, 50KM3, 50KM4, 50KM5)} = 13.65\ A$$

Para la selección del contactor, debe cumplir con las siguientes características:

- Voltaje y Frecuencia de la Bobina: 220 VAC – 60 Hz.
- Voltaje de instalación de la potencia: 220 VAC – 60 Hz.
- Corriente nominal $\geq 13.65\ A$.
- Número de polos: 3 fases.
- Tipo de accionamiento: Electromagnético.
- Tipo de contactor: De potencia.

Por lo que se selecciona un contactor disponible en el mercado de 32 A, y como se mencionó anteriormente este mismo tipo de contactor se empleara para las zonas 2, 3, 4 y 5, cuyas características se pueden ver en la Tabla 2.16 y en el ANEXO B7.

Tabla 2.16. Características del contactor (50KM1, 50KM2, 50KM3, 50KM4, 50KM5)

Elaborado por: Cristian Alvarez.

CONTACTOR.	
Marca	LG
Modelo	GMC 32
Voltaje de Potencia	230 VAC – 60 Hz
Corriente Nominal	32 A
Fases	3
Potencia	7.5 KW
Bobina	220 VAC – 60 Hz

Zona 1:

$$I_{n_{Zona\ 1}} = 2.73\ A$$

$$I_{Contactor(50KM6)} = 1.25 * I_{n_{Zona\ 1}}$$

$$I_{Contactor(50KM6)} = 1.25 * 2.73\ A$$

$$I_{Contactor(50KM6)} = 3.41\ A$$

EC2.8.

Para la selección del contactor, debe cumplir con las siguientes características:

- Voltaje y Frecuencia de la Bobina: 220 VAC – 60 Hz.
- Voltaje de instalación de la potencia: 220 VAC – 60 Hz.
- Corriente nominal $\geq 3.41\ A$.
- Número de polos: 3 fases.
- Tipo de accionamiento: Electromagnético.
- Tipo de contactor: De potencia.

Por lo que se selecciona un contactor disponible en el mercado de 32 A, sus características se pueden ver en la Tabla 2.17 y en el ANEXO B8.

Tabla 2.17. Características del contactor (50KM6).

Elaborado por: Cristian Alvarez.

CONTACTOR.	
Marca	Telemecanique
Modelo	LC1D1810
Voltaje de Potencia	230 VAC – 60 Hz
Corriente Nominal	32 A
Fases	3
Potencia	7.5 Hp
Bobina	220 VAC – 60 Hz

c. Dimensionamiento de Conductores.

El dimensionamiento de los conductores para las cargas del sistema como lo son los motores y las cargas resistivas, se las calcula en base a la corriente nominal más un 25%, considerado como un factor de seguridad, en este diseño la caída de tensión no es tomada en cuenta ya que son distancia cortas.

La selección del calibre de cable según la tabla que se encuentra en el ANEXO C.

Conductores para el circuito de fuerza.

Bomba hidráulica:

$$I_{n_{Bomba\ Hidráulica\ 30M1}} = 31\ A$$

$$I = 1.25 * I_{n_{Bomba\ Hidráulica\ 30M1}} \quad \text{EC.2.9.}$$

$$I = 1.25 * 31\ A$$

$$I = 38,75\ A$$

Se selecciona un conductor flexible AWG No. 8 que soporta 40 amperios, con aislamiento THW (Termoplástico resistente al calor y retardo de flama).

Motor del tornillo extrusor:

$$\begin{aligned}
 I_{n_{Motor\ 40M1}} &= 49.4\ A \\
 I &= 1.25 * I_{n_{Motor\ 40M1}} && \text{EC.2.10.} \\
 I &= 1.25 * 49.4\ A \\
 I &= 61.75\ A
 \end{aligned}$$

Se selecciona un conductor flexible AWG No. 4 que soporta 70 amperios, con aislamiento THW (Termoplástico resistente al calor y retardo de flama).

Zonas de temperatura:

Se dimensiona el conducto para una zona, y el mismo se generalizara para las demás 5 zonas.

$$\begin{aligned}
 I_{n_{zona}} &= 10.92\ A \\
 I &= 1.25 * I_{n_{zona}} && \text{EC.2.11.} \\
 I &= 1.25 * 10.92\ A \\
 I &= 13.65\ A
 \end{aligned}$$

Se selecciona un conductor flexible AWG No. 14 que soporta 15 amperios, con aislamiento THW (Termoplástico resistente al calor y retardo de flama).

Conductores para el circuito de control.

Para los circuito de control tanto para 220 VAC como para 24 VDC, se emplea un conductor flexible AWG No. 18 que soporta 5 amperios, con aislamiento THW (Termoplástico resistente al calor y retardo de flama), ya que el consumo de corriente en los circuito de control no es elevado a comparación que los de potencia.

En el cableado de todo el circuito eléctrico tanto de potencia como de control se emplea una codificación de colores, lo cual beneficia al personal de mantenimiento identificar a que circuito pertenece cada cable del tablero, si al de potencia o al de control y además identificar que voltaje está circulando por el mismo, en la Tabla 2.18, se muestra dicha codificación de colores.

Tabla 2.18. Codificación de colores de los cables.**Elaborado por: Cristian Alvarez.**

POTENCIA 220 VAC	
R	Rojo Oscuro
S	Negro
T	Blanco
220 VAC	Plomo
24 VDC	Verde
ALIMENTACIÓN 24 VDC	
Positivo	Rojo Claro
Negativo	Azul

2.1.2. Circuito de Control.

El circuito de control que se implementa en la máquina extrusora tiene el objetivo de aislar el circuito de potencia de las salidas del PLC, consiguiendo de esta manera proteger las salidas del PLC de algún eventual daño en el control de los actuadores que pueda afectar a las salidas del PLC.

En estos tipos de circuitos se puede realizar de dos maneras, mediante relés auxiliares o mediante optoacopladores, en la Tabla 2.19 se realiza un análisis por ponderaciones (0 a 10), de cuál es el elemento a ser empleado en este circuito de control.

Tabla 2.19. Análisis de elementos de control.**Elaborado por: Cristian Alvarez.**

PARAMETROS	OPTOACOPLADORES	RELES
Resistencia y fiabilidad	7	3
Alimentación	6	4
Costo	5	5
Tiempo de respuesta	7	3
Ruido Generado	9	1
Espacio Físico	6	4
PUNTUACIÓN	40	20

De acuerdo a la tabla 2.19 se eligió los optoacopladores, como dispositivo como aislamiento entre potencia y control.

Por lo tanto se empleara un circuito de control de fase optotriac triac (Figura 2.11) por cada carga, por lo tanto se fabrica una placa electrónicas con dicho circuito dimensionado.

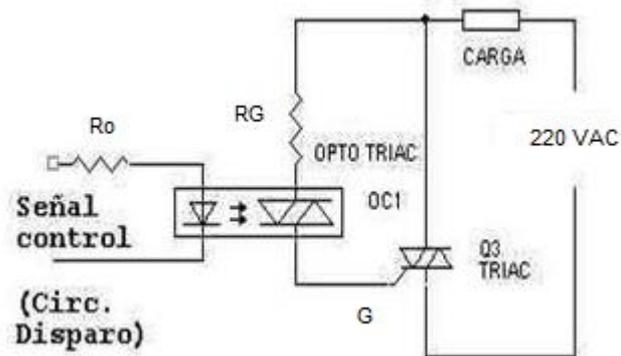


Figura 2.11. Circuito de control de fase optotriac triac.

Fuente: Investigación de campo.

En la figura 2.11 se aprecia que adicional del optotriac, se tiene un triac que es un semiconductor y que actúa como interruptor de estado sólido permitiendo conectar y desconectar la carga; pero para poder realizar dicha acción necesita una señal de control, por lo que al terminal llamado compuerta (G) del triac llega la señal enviada por el triac del optoacoplador, lógicamente cuando la señal de control este activada.

Dicho circuito se va a dimensionar para los parámetros de voltaje y corriente que posee el circuito de control y de potencia de la máquina, eligiendo el dispositivo semiconductor de potencia (TRIAC) que soporte los picos de potencia originados en la conmutación de estas cargas, el optoacoplador, y el dimensionamiento de las resistencia Ro y RG.

Cálculos:

Para el diseño se tomarán en cuenta el optoacoplador MOC3020 y el triac BTA08 600C, que se detalla en el ANEXO D1 y en el ANEXO D2 respectivamente.

El valor máximo de RG se calcula de forma que permita el máximo paso de la corriente de disparo del triac IGT.

$$RG_{max} = \frac{\sqrt{2} * V_{in} - V_{TM} - V_{GT}}{I_{GTmax}} \quad \text{EC.2.12.}$$

Donde:

$$V_{TM} = 3 V; V_{GT} = 1.3 V; I_{GTmax} = 50 mA; V_{in} = 220 V$$

Obteniendo:

$$RG_{max} = \frac{\sqrt{2} * V_{in} - V_{TM} - V_{GT}}{I_{GTmax}}$$

$$RG_{max} = \frac{\sqrt{2} * 220V - 3 V - 1.3V}{50 mA}$$

$$RG_{max} = 6.14 K\Omega$$

El valor mínimo de RG se calcula de forma que permita el mínimo paso de la corriente de disparo del triac IGT.

$$RG_{min} = \frac{\sqrt{2} * V_{in} - V_{TM} - V_{GT}}{I_{GTmin}}$$

Donde:

$$V_{TM} = 3 V; V_{GT} = 1.3 V; I_{GTmin} = 25 mA; V_{in} = 220 V$$

Obteniendo:

$$RG_{min} = \frac{\sqrt{2} * V_{in} - V_{TM} - V_{GT}}{I_{GTmin}}$$

$$RG_{min} = \frac{\sqrt{2} * 220V - 3 V - 1.3V}{25mA}$$

$$RG_{min} = 12.27 K\Omega$$

La resistencia RG debe estar entre 6.14 a 12.27 KΩ según los cálculos para obtener una buena corriente de disparo dentro de los rangos, por lo tanto se

selecciona una resistencia de 10 K Ω que se encuentra disponible en| el mercado.

Para el cálculo de la resistencia de entrada al optoacoplador R_o , se toma el valor de la corriente máxima (I_{FT}) que soporta éste por lo tanto:

$$R_o = \frac{V_C - V_F}{I_{FT}} \quad \text{EC.2.13.}$$

Donde:

$$V_C = 25 V; V_F = 1.5 V; I_{FT} = 10 mA$$

Obteniendo:

$$R_o = \frac{V_C - V_F}{I_{FT}}$$

$$R_o = \frac{24 V - 1.5 V}{10 mA}$$

$$R_o = 2.2 K\Omega$$

Se escoge la resistencia de 2 K Ω que se encuentra disponible en| el mercado, para obtener la corriente de trabajo del led.

2.2. Selección de transductores y actuadores.

2.2.1. Sensor de temperatura.

En el proceso es fundamental medir la temperatura en sus diferentes zonas, para poder medir dicha variable existen varios tipos de sensores, los cuales se especifica sus características en la Tabla 2.20.

Tabla 2.25 Tipos de sensores de temperatura.**Elaborado por: Cristian Alvarez.**

Tipo	Ventaja	Desventaja	Rango
Termistor	Dos alambres para medir ohmios. Económico.	No es lineal. Rango limitado. Frágil.	-50 a 20°C
	Muy sensible a pequeños cambios de temperatura.	Requiere fuente de corriente.	
RTD	Muy estable y preciso. Muy lineal que la termocupla. Medición de temperatura más estable.	Caro. Requiere fuente de corriente. Tiempo de respuesta lento. Frágiles, no utilizables en lugares donde haya mucha vibración	-200 a 600°C
Termocupla	No hay problemas de resistencia del cable. Respuesta más rápida. Simple y resistente. Económico.	No es lineal. Bajo voltaje de salida. Menos estable y repetible. Baja sensibilidad.	-200 a 1700 °C
	Alta temperatura de operación.		

Se selecciona la termocupla, ya que en este tipo de sensor tiene un amplio rango de medición de temperatura, es más robusto y resistente y es el costo es más económico. Además dentro de las termocuplas existen varios tipos por el rango de temperatura, las mismas que se detallan en la Tabla 2.21.

Tabla 2.21. Tipos de termocuplas.**Elaborado por: Cristian Alvarez.**

SIMBOLO	TIPO DE METALES	Rango
T	Cobre / Cobre Níquel	-200°C a +350 °C
J	Hierro / Cobre Níquel	-40°C a +750 °C
E	Níquel Cromo / Cobre Níquel	-200°C a +800 °C
K	Níquel Cromo / Níquel Aleado	-150°C a +1100 °C
N	Níquel Silicio Cromo / Níquel Silicio	-150°C a +1100 °C

El tipo de termocupla que se selecciona es la tipo K por su amplio rango de temperatura que va desde -150°C a $+1100^{\circ}\text{C}$.

2.2.2. Sensor inductivo.

Se necesita de sensores inductivos (Figura 2.12) en el proceso, para saber la posición del carro, del molde, del pin de soplado, y para el sistema de frenado del carro.

Estos sensores no necesitan de un contacto físico con algún objeto para activarlo como lo es un final de carrera, sino que a la presencia de un objeto metálico este mandará una señal, esto beneficia en tiempos de productividad ya que al no tener contacto físico con el elemento a ser sentido no hay desgaste como en un final de carrera, evitando paradas para reemplazar estos sensores.



Figura 2.12. Sensor inductivo.

Fuente: Investigación de campo.

Para este proceso se necesitan sensores que cubran las siguientes características, que se detallan en la Tabla 2.22 y en el ANEXO E1.

Tabla 2.22. Especificaciones del sensor inductivo.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Características	
Voltaje de energización	24 VDC
Distancia de sensado	5 mm
Tipo	PNP (Salida Positiva)
Contacto	Normalmente Abierto (NO)

2.2.3. Sensor magnético.

Se necesita un sensor de estas características, para ser colocado en la puerta del cerco protector de la máquina, el cual avisa al PLC que no está cerrada la puerta y para del proceso, evitando que alguna persona ingrese al área de trabajo y pueda sufrir daño.

Dicho sensor magnético (Figura 2.13) colocado en una de las puertas detecta los campos magnéticos que provocan los imanes colocados en la otra puerta. El principal es el llamado interruptor Reed; consiste en un par de láminas metálicas de materiales ferromagnéticos metidas en el interior de una cápsula que se atraen en presencia de un campo magnético, cerrando el circuito.

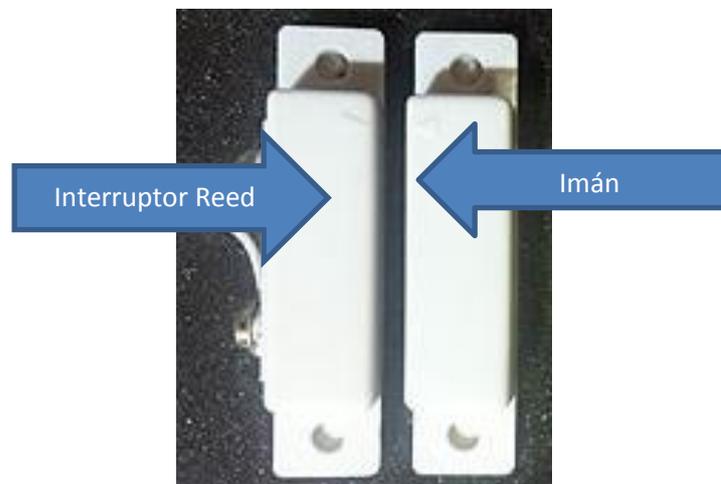


Figura 2.13. Sensor magnético.

Fuente: Investigación de campo.

2.2.4. Selección de la fuente de alimentación de corriente continua

Para la selección de la fuente se tomara en cuenta los elementos tales como sensores, luces indicadoras, torre, baliza luminosa y relés que son alimentados con corriente continua, con estos parámetros se selecciona un módulo marca Phoenix de 24 VDC – 5A, sus principales características se muestran en la Tabla 2.23, para más especificaciones revisar ANEXO F1.

Tabla 2.23. Características fuente phoenix 24 VDC – 5A.**Elaborado por: Cristian Alvarez.**

Fuente de voltaje	Características
Marca	Phoenix
Modelo	TRIO-PS/1AC/24DC/5
Tensión nominal de entrada	100 V AC ... 240 V AC
Corriente nominal de entrada	1,65 A (120 V AC)
	0,9 A (230 V AC)
Frecuencia de Entrada	45 Hz ... 65 Hz
Tensión nominal de salida	24 V DC \pm 1 %
Corriente nominal de salida	5 A

2.3. Selección del controlador lógico programable PLC.

El PLC será el elemento encargado de controlar todas las operaciones del proceso de extrusión y soplado de plástico, centralizando el control, dando mayor robustez, seguridad y flexibilidad al sistema de control, a comparación del control industrial que anterior se manejaba.

Para la selección del PLC, hay que tomar en cuenta los parámetros del proceso que el mismo va a controlar, como tipos y número de entrada/salida, alimentación, capacidad de módulos adiciones, conexión con paneles de operador (Panel View) y el tipo de comunicación.

Por lo tanto para controlar el proceso de extrusión y soplado deben cubrir las siguientes especificaciones:

- Alimentación de 220 VAC.
- Memoria de trabajo mayor o igual a 50 Kb.
- Módulos de comunicación.
- Módulos de expansión de entradas y salidas discretas.
- Comunicación preferiblemente profinet.
- Tipo de salida a relé.
- Entradas de 24 VDC.
- Entradas digitales igual o mayor a 22 (Tabla 2.24).

Tablas 2.24. Entradas del proceso.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

N°	Descripción	Tipo
1	Activar modo automático.	Digital
2	Activar modo manual.	Digital
3	Paro de Emergencia.	Digital
4	Inicio de ciclo.	Digital
5	Paro de ciclo.	Digital
6	Abrir molde modo manual.	Digital
7	Cerrar molde modo manual.	Digital
8	Subir carro modo manual.	Digital
9	Bajar carro modo manual.	Digital
10	Subir pin modo manual.	Digital
11	Bajar pin modo manual.	Digital
12	Activar soplado modo manual.	Digital
13	Activar corte modo manual.	Digital
14	Activar extrusora.	Digital
15	Activar Sistema Hidráulico.	Digital
16	Interruptor de presión.	Digital
17	Sensor molde abierto.	Digital
18	Sensor molde cerrado.	Digital
19	Sensor carro arriba.	Digital
20	Sensor carro abajo.	Digital
21	Sensor pin arriba	Digital
22	Sensor de puerta	Digital

- Salidas digitales igual o mayor a 19 (Tabla 2.25).

Tabla 2.25. Salidas del proceso.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

N°	Descripción	Tipo
1	Pin arriba.	Digital
2	Pin abajo.	Digital
3	Activar soplado.	Digital
4	Cuchilla de corte arriba.	Digital
5	Cuchilla de corte abajo.	Digital
6	Molde abierto.	Digital
7	Molde cerrado.	Digital
8	Carro arriba.	Digital
9	Carro abajo.	Digital
10	Válvula principal hidráulica.	Digital
11	Activar sistema hidráulico.	Digital
12	Activar extrusora.	Digital
13	Activar freno carro arriba	Digital
14	Activar freno carro abajo	Digital

En base a los parámetros mencionados, y a la robustez que se necesita para la máquina extrusora sopladora se seleccionada el PLC S7-1200 de la marca Siemens; el mismo que es un PLC modular, que ha venido convirtiéndose en el reemplazo del S7-200, el mismo que incorpora nuevas características, como el protocolo ethernet para su programación y control.

Además hay que escoger el tipo de CPU de la serie S7-1200 a ser empleado para esta máquina, para lo cual en la Tabla 2.26, se muestra las características de cada CPU.

Tabla 2.31. Tipos de CPU de la serie S7-1200.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

CPU	1212C	1214C	1215C
Versión	AC/DC/Relé	AC/DC/Relé	AC/DC/Relé
Alimentación	110/220VAC	110/220VAC	110/220VAC
Memoria de trabajo	50 KB	75 KB	100 KB
ENTRADAS/SALIDAS INTEGRADAS			
Entrada digitales (DI)	8DI a 24 VDC	14DI a 24 VDC	14DI a 24 VDC
Salidas digitales (DO)	6 DO tipo relé	10 DO tipo relé	10 DO tipo relé
Entradas analógicas	2AI (voltaje)	2AI (voltaje)	2AI (voltaje)
Salidas analógicas	0	0	0
CAPACIDAD DE AMPLIACIÓN			
Signal board	1	1	1
Módulos de señales	2	8	8
Módulos de comunicación	3	3	3
Comunicación			
Profinet	1 Puerto integrado	1 Puerto integrado	2 Puerto integrado

Por lo tanto debido a que no es proceso muy extenso y complicado para su control, ni tampoco necesita una gran memoria de trabajo, se selecciona el CPU 1212C, cuyas características se encuentran más detallada en el ANEXO G. Cabe recalcar que el número de entradas y salidas es muy reducido por lo que se implementara un módulo de señales para cubrir el total de entradas y salidas.

2.4. Selección de módulos específicos adicionales de aplicación del PLC.

Como se mencionó anteriormente, el número de entradas y salidas digitales no cubre el total que el proceso necesita para su control, por lo hay que recurrir a los módulos de expansión de señales de entrada y salidas digitales.

Las entradas y salidas del módulo deben cubrir las siguientes características:

- Entradas digitales 24 VDC.
- Salidas digitales a relé.

En la Tabla 2.27, se muestra los distintos módulos disponibles para el S7-1200 con sus respectivas características.

Tabla 2.27. Módulos de señales digitales del S7-1200.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Módulos de señales: Entradas/salidas digitales			
6ES7223-1BL30-0XB0	SM1223	16 DI a 24 VDC	16 DO a 24 VDC
6ES7223-1PL30-0XB0	SM1223	16 DI a 24 VDC	16 DO tipo relé
6ES7223-1QH30-0XB0	SM1223	8 DI a 24 VDC	8 DO tipo relé

Se selecciona el módulo 6ES7223-1PL30-0XB0 que se detalla en el ANEXO H1, el cual posee 16 entradas digitales a 24 VD y 16 salidas digitales a relé, que en conjunto con las entradas y salidas del PLC se tiene un total de:

- Entradas digitales 24.
- Salidas digitales 22.

Por lo tanto se cubre el total de las entradas y salidas necesarias para el control del proceso.

2.5. Selección del Panel de Visualización para la supervisión local de campo.

El panel de visualización permitirá una comunicación entre la máquina y el operador, manteniéndole informado del estado de la máquina, además la modificación de los parámetros de funcionamiento de la misma, mediante una interface HMI desarrollado mediante el software del panel de visualización.

En la serie del PLC S7-1200 dispone de varios modelos de paneles de visualización, ya que el proceso no implica un proceso grande, se emplea la serie Basic Panel con el panel KTP 400 Color PN, cuyas características se detalla en la Tabla 2.28 y en el ANEXO I.

Tabla 2.28. Características KTP 400 color PN.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

KTP 400 Color PN	
Display	5.7 pulgadas / 256 colores
Resolución	320 x 240 px
Elementos de control	Touch screen / 6 Function keys
Memoria de usuario	512 KB
Interface	1 x RJ 45 Ethernet for PROFINET
Variables	500
Imágenes de proceso	50
Avisos	200

Además la pantalla necesita una fuente de corriente continua de 24 VDC, para la cual se selecciona una fuente marca siemens logo de 2.5 A modelo 6EP1332-1SH43 y cuyas características se detalla en el ANEXO F2.

2.6. Diseño del Tablero Eléctrico.

El tablero de mando se lo diseño con la ayuda del software SolidWorks, permitiendo dimensionar en escala real tanto el armario (Figura 2.14) donde irán todos los elementos de control, como el panel de operador (Figura 2.15) donde irán los mando de control y el panel de visualización.

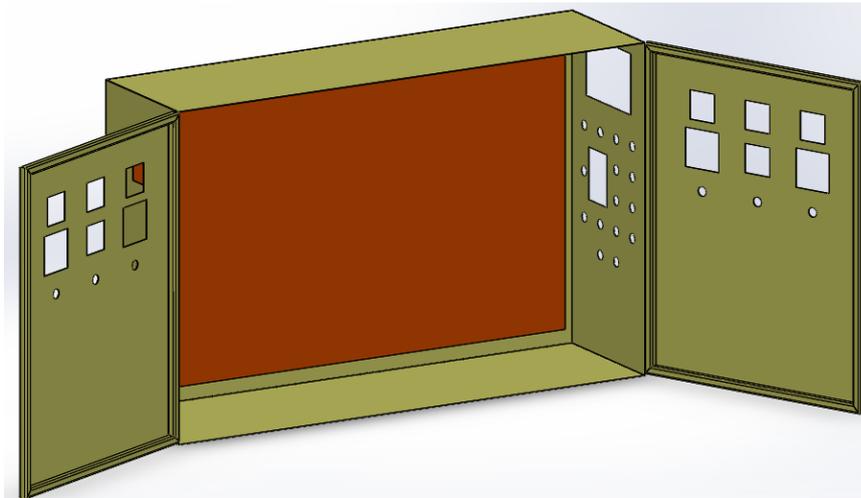


Figura 2.14. Diseño del tablero de control.

Fuente: Investigación de campo.

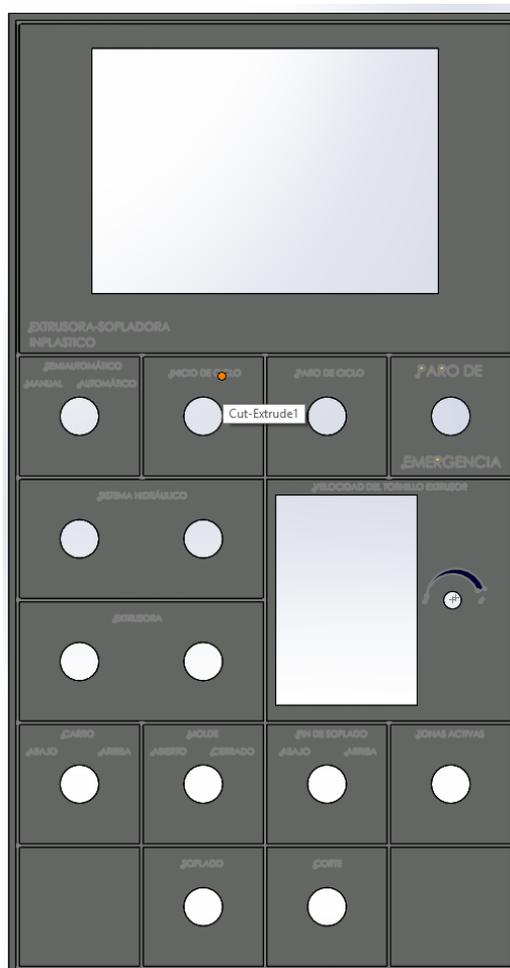


Figura2.15. Diseño del panel de operador.

Fuente: Investigación de campo.

En el ANEXO J se especifica las dimensiones del armario de control y en el ANEXO K se especifica las dimensiones del panel de operador.

Además en la Tabla 3.29, se especifica los elementos de control tales como botones, selectores y las luces indicadoras que tendrá el panel de operador.

Tabla 2.29. Mandos para el panel de operador.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Descripción	Elemento
Activar modo automático.	Selector 3 posiciones fijas, 2 contactos NA.
Activar modo manual.	
Paro de Emergencia.	Pulsador rojo tipo hongo con enclavamiento, 1 contacto NC.
Inicio de ciclo.	Botón pulsador verde, 1 contacto NA.
Paro de ciclo.	Botón pulsador rojo, 1 contacto NC.
Abrir molde modo manual.	Selector 3/2 con retorno al centro, 2 contactos NA.
Cerrar molde modo manual.	
Subir carro modo manual.	Selector 3/2 con retorno al centro, 2 contactos NA.
Bajar carro modo manual.	
Subir pin modo manual.	Selector 3/2 con retorno al centro, 2 contactos NA.
Bajar pin modo manual.	
Activar soplado modo manual.	Botón pulsador verde, 1 contacto NA.
Activar corte modo manual.	Botón pulsador verde, 1 contacto NA.
Activar extrusora.	Botón pulsador verde, 1 contacto NA.
Activar sistema hidráulico.	Botón pulsador verde, 1 contacto NA.
Foco indicador del sistema hidráulico.	Luz Piloto Verde 24 VDC.
Foco indicador de la extrusora.	Luz Piloto Verde 24 VDC.
Foco indicador de Zonas.	Luz Piloto Verde 24 VDC.
Activar Zona 1.	Selector 2 posiciones fijas, 1 contacto NA.
Activar Zona 2.	Selector 2 posiciones fijas, 1 contacto NA.
Activar Zona 3.	Selector 2 posiciones fijas, 1 contacto NA.
Activar Zona 4.	Selector 2 posiciones fijas, 1 contacto NA.
Activar Zona 5.	Selector 2 posiciones fijas, 1 contacto NA.
Activar Zona 6.	Selector 2 posiciones fijas, 1 contacto NA.

Permitiendo de esta forma dar una idea real como va a quedar el tablero eléctrico con todos los elementos (Figura 2.16), mediante un diseño digital. En el ANEXO L se detalla el diseño del tablero de control.

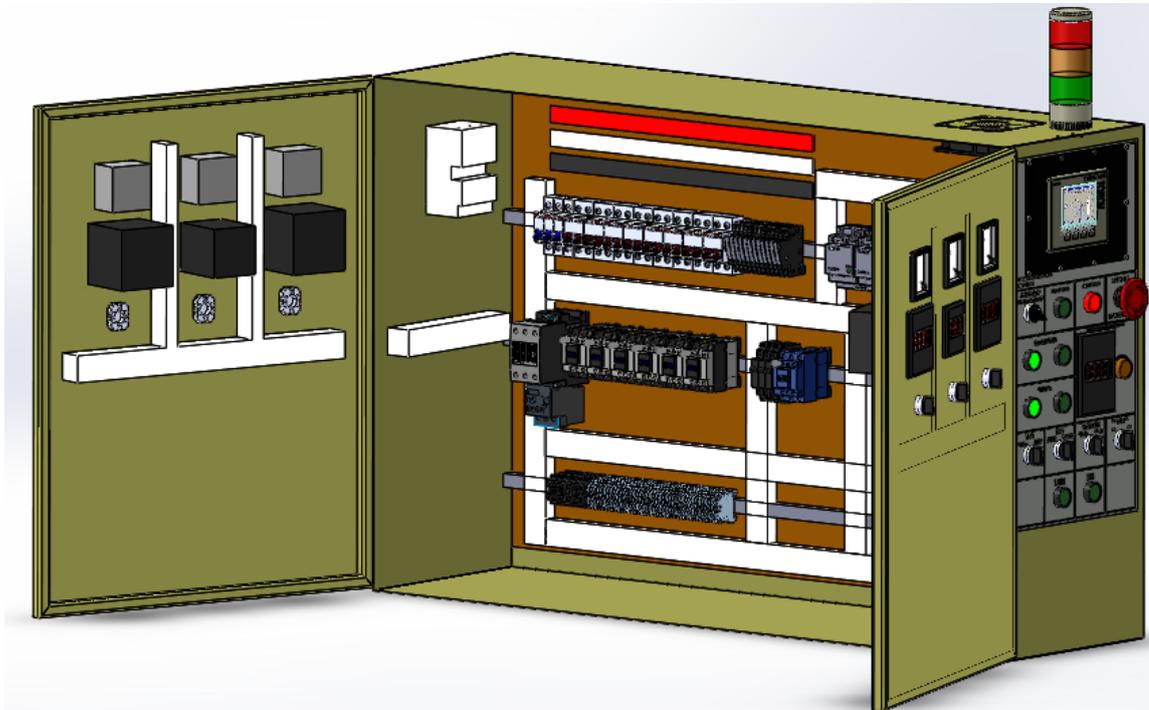


Figura 2.16. Diseño del tablero con todos los elementos de control.

Fuente: Investigación de campo.

2.6.1. Análisis estático del tablero eléctrico.

Se realiza un análisis para verificar que el diseño sea capaz de soportar el peso de todos los componentes eléctricos.

En el software SolidWorks se asigna a la estructura el acero ASTM A36, se espera que sus propiedades físicas puedan resistir el peso de los elementos eléctricos de esta manera poder validar el diseño con este material después de haber analizado las tensiones de Von Mises y el factor de seguridad.

El peso total de los elementos eléctricos que van el tablero eléctrico es de 36 Kg (Dato de las elementos que se han tomado de las propiedades físicas del programa SolidWorks y sus respectivos pesos), como se muestra en la figura 2.17.

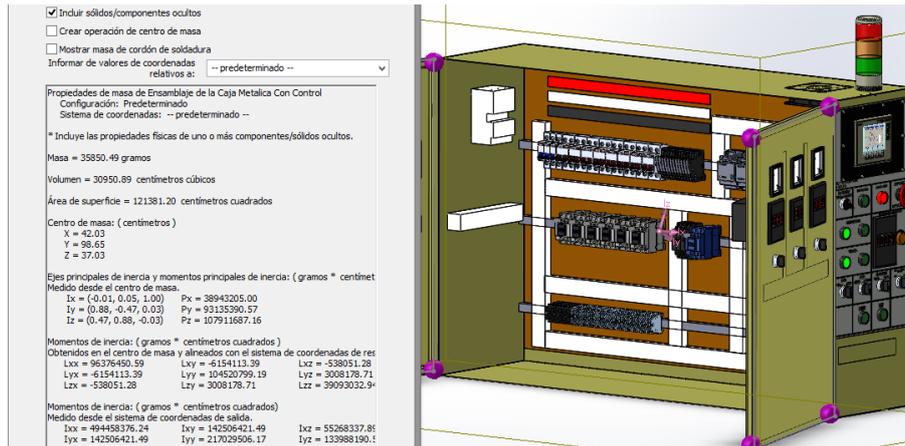


Figura 2.17. Peso total de todos los equipos.

Fuente: Investigación de campo.

Al tener lista la estructura y conocer su peso, se crea un nuevo estudio estático en el paquete de SolidWorks Simulation, se ingresa el valor del vector gravedad para que tenga influencia el peso del tablero al momento de realizar los cálculos, la dirección de este vector automáticamente se fija en el centro de masa del armario como muestra la figura 2.18.

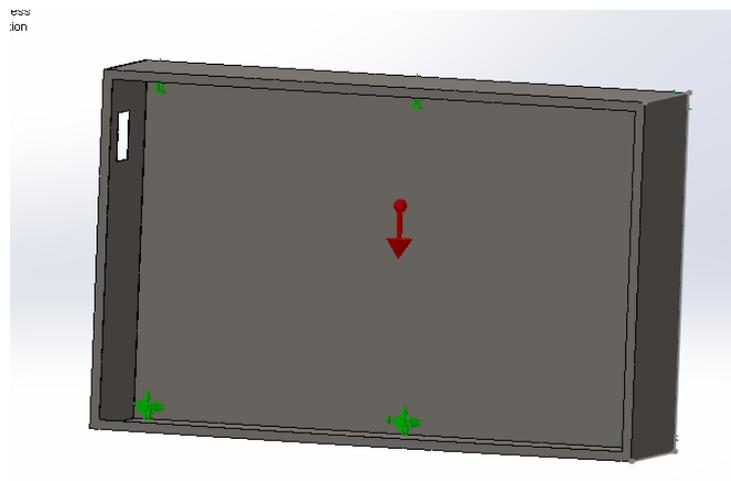


Figura 2.18. Vector gravedad del estudio estático.

Fuente: Investigación de campo.

Ahora se procede a simular que el armario está sujeto en 4 puntos a la carcasa de la máquina, para esto se crea una sujeción de geometría fija y se seleccionan los puntos de apoyo como indica la figura 2.19.

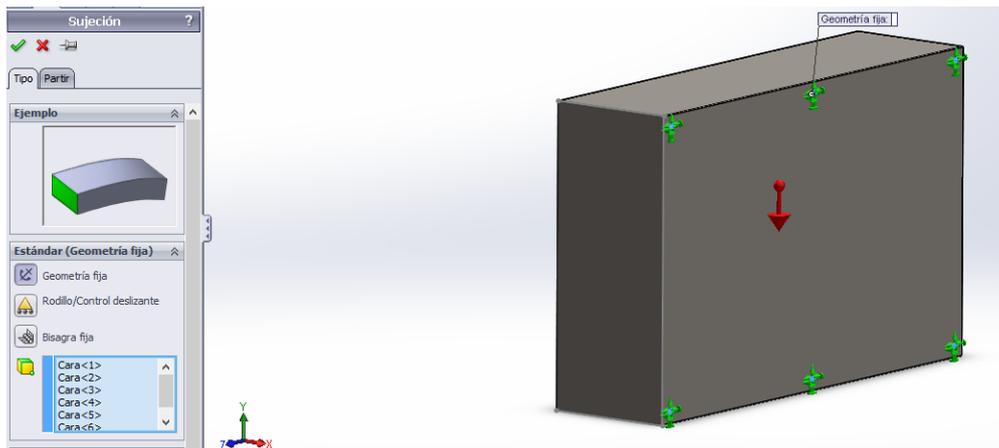


Figura 2.19. Puntos de apoyo del tablero eléctrico.

Fuente: Investigación de campo.

A continuación en el menú cargas externas se selecciona masa distribuida para simular la masa de los elementos eléctricos, se toma la masa de 36 Kg obtenidas de las propiedades físicas del programa SolidWorks, se elige la cara inferior donde se aplica dicha fuerza, como indica la figura 2.20.

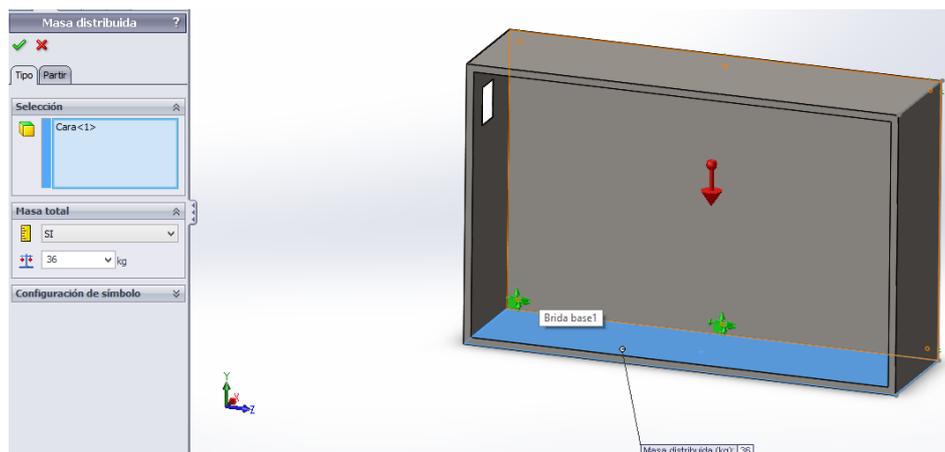


Figura 2.20. Masa distribuida

Fuente: Investigación de campo.

Ahora se procede a crear la malla, entre más fina mejores resultados se obtendrán, pero depende mucho del procesador del computador y de la geometría de la estructura, para este proyecto se ocupa una malla fina debido a que el diseño son chapas metálicas de 1mm de espeso y la geometría de la misma no es compleja se emplea dicha malla, como se muestra en la figura 2.21.

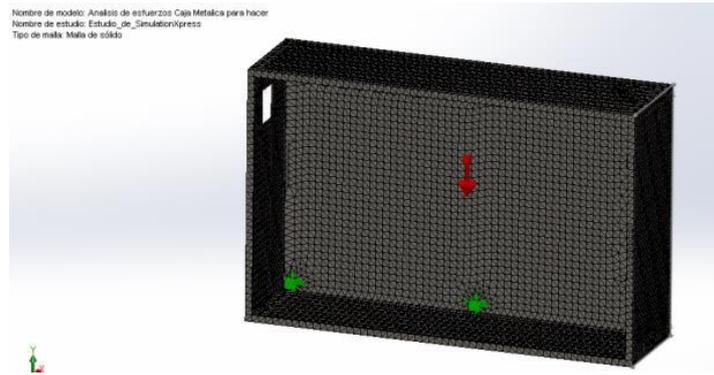


Figura 2.21. Mallado del tablero eléctrico

Fuente: Investigación de campo.

Finalmente se realiza el análisis estático en la pestaña ejecutar, la teoría de Von Mises expone que un material dúctil (material que si se aplica una fuerza, puede deformarse sosteniblemente sin romperse a diferencia de los materiales frágiles) no cede en una ubicación cuando la tensión de Von Mises es menor al límite elástico.

$$\sigma_{VonMises} < \sigma_{LimiteElastico} \quad \text{Ec.2.1.}$$

En la Figura 2.22 se observa el valor máximo de la tensión de Von Mises que esta aplicada el armario, este valor es de 70.82 [MPa], al aplicar la ecuación 2.14 se puede comprobar que este valor es inferior al valor del límite elástico el cual es de 250 [MPa] y por lo tanto no existe fallo en el material.

$$\sigma_{VonMises} < \sigma_{LimiteElastico}$$

$$70.82[MPa] < 250[MPa]$$

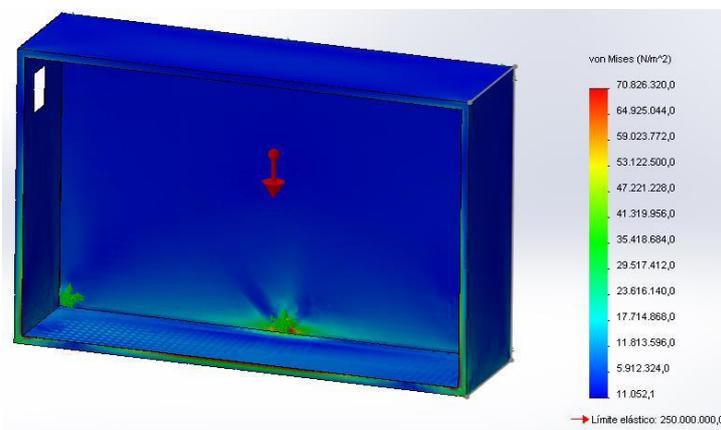


Figura 2.22. Tensiones de Von Mises del tablero eléctrico.

Fuente: Investigación de campo.

Además se considera que el esfuerzo de diseño tiene que ser mayor al esfuerzo máximo que soporta la estructura para que no exista fallo en la misma.³⁰

$$\sigma_d \geq \sigma' \quad \text{Ec.2.15.}$$

Dónde:

- σ_d : Esfuerzo de diseño.
- σ' : Esfuerzo soportado por el armario.

A su vez el esfuerzo de diseño es:

$$30\sigma_d = \frac{S_y}{N} \quad \text{Ec.2.16.}$$

Dónde:

- S_y : Resistencia a la flexión.
- N : Factor de seguridad

El factor de seguridad es el índice de seguridad en el diseño, un factor de seguridad igual o superior a 1 significa que el material es seguro y es conveniente que su magnitud sea evaluada dependiendo el tipo de aplicación.

Al aplicar la ecuación 2.16 del esfuerzo de diseño y si se considera un factor de seguridad de 2 y la resistencia a la flexión de 248 [MPa] (Tabla A-16 – Mott 2009) se obtiene:

$$\frac{S_y}{N} = \sigma_d$$

$$\frac{248[MPa]}{2} = 124 [MPa]$$

Al aplicar la ecuación 2.15, se determinó que:

$$\sigma_d \geq \sigma'$$

³⁰ Mott, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas. En Factores de Diseño. México: Pearson Educación S.A

$$124[MPa] \geq 70.82[MPa]$$

De esta manera se comprueba que el esfuerzo de diseño es mayor al esfuerzo que soporta el tablero.

Al analizar el gráfico del factor de seguridad mostrado en la figura 2.23 se comprueba que el valor mínimo es de 2.39 siendo un valor óptimo para el diseño.

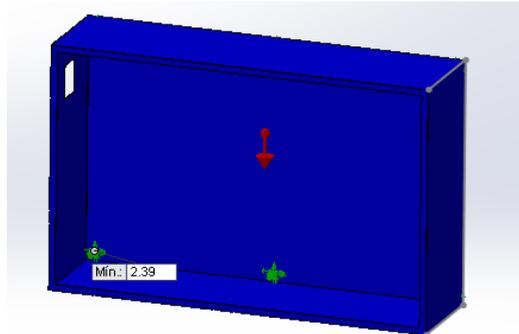


Figura 2.23. Factor de seguridad del tablero eléctrico.

Fuente: Investigación de campo.

Además se realiza un análisis de flexión, con peso de 294 N, que soportara el tablero, por lo tanto con la ayuda del diagrama de cuerpo libre de la figura 2.24, se procede a realizar la sumatoria de fuerzas (Ec. 2.17) y momentos (Ec. 2.18):

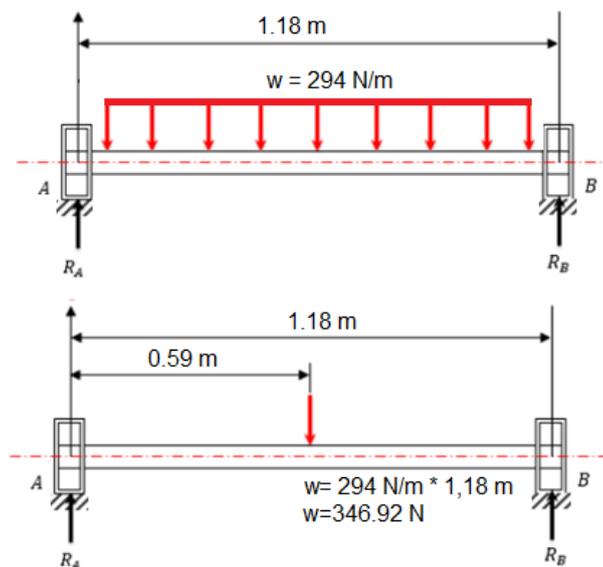


Figura 2.24. Diagrama de cuerpo libre.

Fuente: Investigación de campo.

$$\sum F_y = 0$$

Ec.2.17.

$$R_A + R_B - W = 0$$

$$R_A + R_B = 346.92 \text{ N}$$

Análisis de momento en el punto A.

$$\sum M_A = 0$$

Ec.2.18.

$$(-0.59\text{m}) * (W) + (1.18\text{m}) * (R_B) = 0$$

$$(-0.59\text{m}) * (346.92 \text{ N}) + (1.18\text{m}) * (R_B) = 0$$

$$R_B = 173.46 \text{ N}$$

$$R_A = W - R_B$$

$$R_A = 346.92 \text{ N} - 173.46 \text{ N}$$

$$R_A = 173.46 \text{ N}$$

El momento flector máximo ocurre en el punto medio de la viga circular AB y viene dado por:

$$M_X = \frac{w * L_X}{4}$$

Ec.2.19.

Dónde:

M_X : Momento máximo en X

W : Fuerza distribuida aplicada en el centroide

L_X : Longitud del eje

$$M_X = \frac{(346,92 \text{ N}) * (0,59\text{m})}{4}$$

$$M_X = 51.17 \text{ Nm}$$

Con la ayuda del software MDSolids se procede a comprobar la fuerza cortante y momento flector, así como también a graficar sus respectivos diagramas, como se muestra en la figura 2.25:

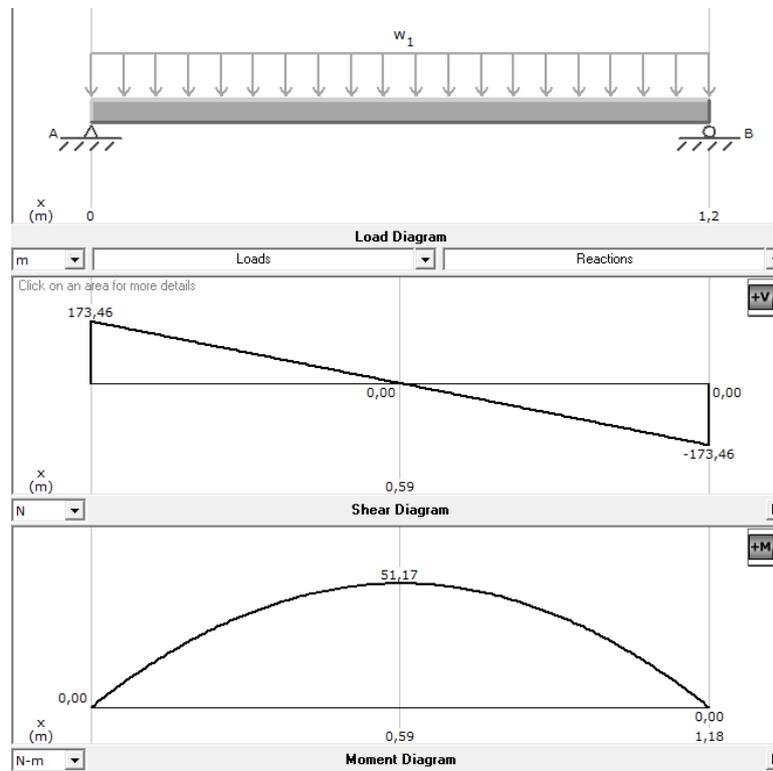


Figura 2.25. Carga, fuerza cortante y momento flector.

Fuente: Investigación de campo.

De igual manera se realiza el análisis de la deformación que experimentara el tablero mediante el análisis de deformación en el software Solid Works. La mayor deformación dimensional se produce en el centro inferior del tablero que es de 0.8846 mm como se muestra en la figura 2.26.

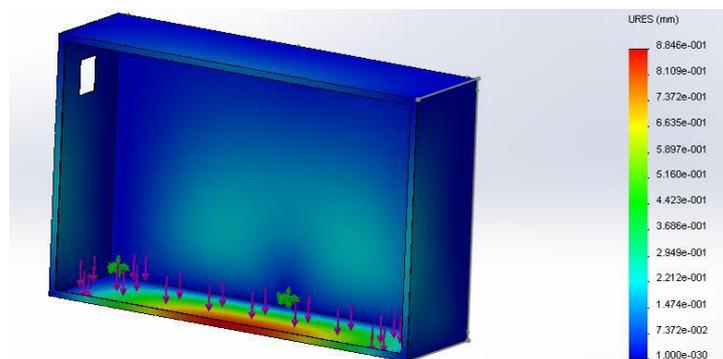


Figura 2.26. Análisis de deformación.

Fuente: Investigación de campo.

Se calcula el desplazamiento máximo mediante la ecuación 2.20.

$$y_{m\acute{a}x} = \frac{L}{360} \quad \text{Ec.2.20.}$$

Dónde:

- $L = \text{Longitud de la plancha donde existe deformación.}$

Por lo que de desplazamiento máximo es:

$$y_{m\acute{a}x} = \frac{1180mm}{360} = 3.27 \text{ mm}$$

Para considerar que el diseño está correcto, el desplazamiento obtenido debe ser menor a la deformación máxima.

$$\mu < y_{m\acute{a}x} \quad \text{Ec.2.21}$$

$$0.8846mm < 3.27mm$$

Finalmente en base a los resultados obtenidos en este análisis estático se concluye que el armario resiste y no tiene fallos de seguridad con el material asignado.

2.7. Selección de elementos para la supervisión remota vía internet.

Se selecciona los elementos adicionales tanto para el PLC S7-1200 como el software que necesita el computador para conseguir la supervisión remota vía internet.

2.7.1. WinCC Run Time Advanced.

El WinCC Run Time Advanced, es el software donde se desarrolla el escalamiento del HMI de la KTP 400 al Run Time en una PC, que permite realizar la supervisión remota. Dicho software se incluye en el paquete de programación TIA PORTAL, permitiendo el desarrollo del Run Time, empleado directamente las variables del PLC y si es necesario emplear imágenes ya desarrollada en panel de visualización.

WinCC Run Time Advanced, posee las siguientes características:

- Solución de manejo y visualización basada en PC para sistemas monopuesto a pie de máquina.
- Paquete básico para visualización, señalización y creación de informes.
- Paquete básico ampliable mediante paquetes opcionales.
- Integrable en soluciones de automatización basadas en redes TCP/IP
- Filosofía avanzada de servicio técnico con manejo remoto, diagnóstico, administración vía Intranet e Internet.

2.7.2. Dispositivo adicional del PLC S7-1200.

El dispositivo adicional que se emplea es el Switch Industrial Ethernet (Figura 2.27) propio para la serie S7-1200 de Siemens, debido a que el CPU 1212C, solo posee un puerto profinet integrado el cual solo permite la comunicación entre PC-PLC o PLC-KTP400, por lo tanto para una supervisión remota vía internet, se necesita crear una subred entre PC – PLC – HMI cada una con su dirección IP, y el Switch Industrial Ethernet permite realizar dicha subred ya que posee 4 puertos RJ45 10/100Mbps, cuyas características se detalla en el ANEXO H2.



Figura 2.27. Switch Industrial Ethernet.

Fuente: Investigación de campo.

2.7.3. Software específico de control remoto.

El software que se emplea es el llamado TeamViewer (Figura 2.28), que es un programa para ordenador cuya función es conectarse remotamente a otro equipo para el control remoto del mismo. Entre sus funciones están: compartir y controlar escritorios, reuniones en línea, videoconferencias y transferencia de archivos entre ordenadores.

TeamViewer funciona, cuando se inicia en un ordenador, el programa genera una ID y una contraseña, además también permite que el usuario establezca su propia contraseña, aumentando la seguridad del control. Una vez establecido dicho ID y contraseña en el ordenador local, se introduce en el programa TeamViewer desde el ordenador y otro dispositivo remoto donde se introduce el ID y contraseña del ordenador local y se tiene acceso al mismo.

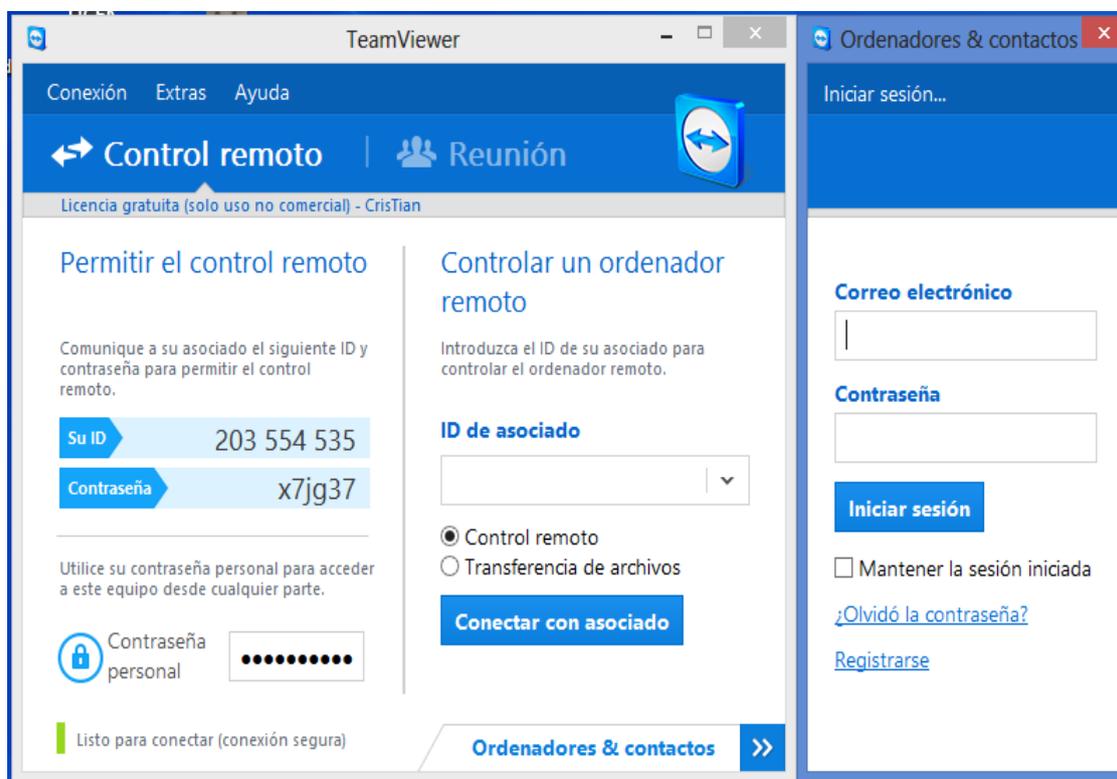


Figura 2.28. Team Viewer.

Fuente Investigación de campo.

2.8. Diseño de las funcionalidades del sistema supervisor local de campo.

Para el diseño de las diferentes ventanas que posee el HMI local se emplea WinCC, el cual ya viene incluido en el paquete TIA PORTAL, permitiendo realizar el diseño de manera fácil y flexible utilizando directamente las variables del algoritmo de control del PLC, ya que en el mismo software TIA PORTAL se programan tanto el algoritmo de control para el PLC S7 1200 CPU 1212C, como el HMI para la panel view KTP 400 color.

Para el control y monitoreo del proceso una manera rápida y sencilla, el HMI se divide en las siguientes ventanas:

2.8.1. Ventana del proceso.

La ventana del proceso es la pantalla principal del sistema supervisor HMI, en la cual muestra en tiempo real de manera representativa la etapa en la que se encuentra el proceso de operación de la máquina (Figura 2.29).

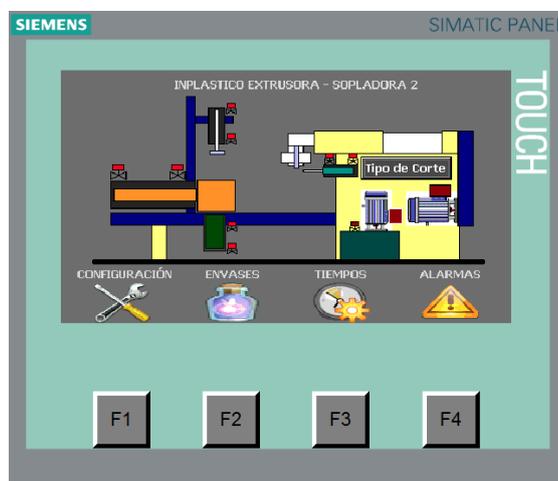


Figura 2.29. Ventana de Proceso.

Fuente: Investigación de campo.

Además contiene acceso a otras diferentes ventanas del sistema supervisor como son:

- Ventana de configuración. Se accede presionando la tecla “F1”.
- Ventana de envases. Se accede presionando la tecla “F2”.
- Ventana de tiempos. Se accede presionando la tecla “F3”.
- Ventana de alarmas. Se accede presionando la tecla “F4”.
- Ventana tipo de corte. Se accede presionando directamente sobre la pantalla.

2.8.2. Ventana de configuración.

En esta ventana muestra un menú con acceso a las diferentes ventanas, donde se configura y visualiza la funcionalidad de los elementos de la máquina a los cuales tiene acceso (Figura 2.30).

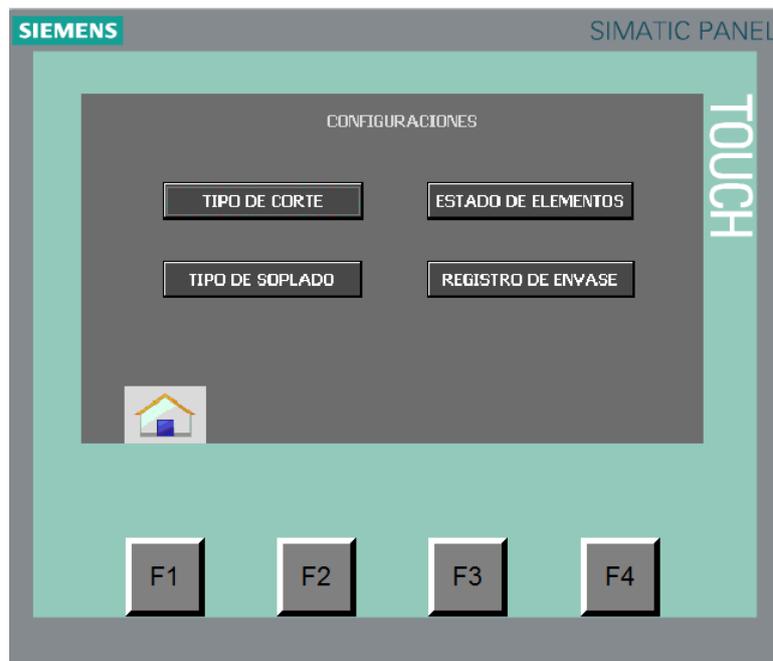


Figura 2.30. Ventana de configuración.

Fuente: Investigación de campo.

Los botones del menú tienen acceso a otras ventanas de configuración y visualización de elementos de la máquina, como son:

- a) Tipo de corte.

En esta ventana muestra la configuración de los dos tipos de cortes que posee la máquina, como lo son: un solo corte y doble corte (Figura 2.31).

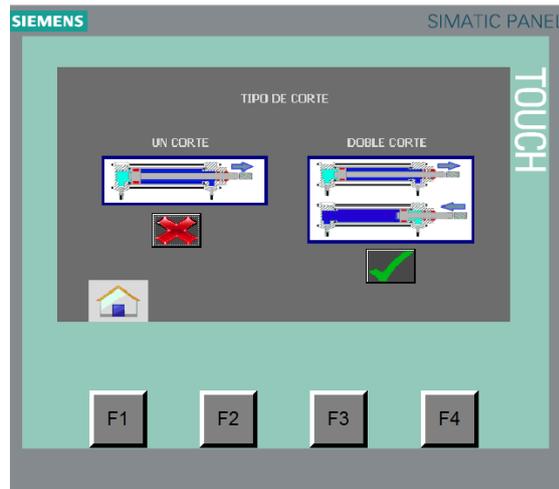


Figura 2.31. Ventana del tipo de corte.

Fuente: Investigación de campo.

b) Tipo de soplado.

En esta ventana muestra la configuración del tipo de soplado, que posee la máquina, como los son: el soplado en intervalos de tiempos y el soplado completo (un único soplado sin intervalos de tiempos) (Figura 2.32).

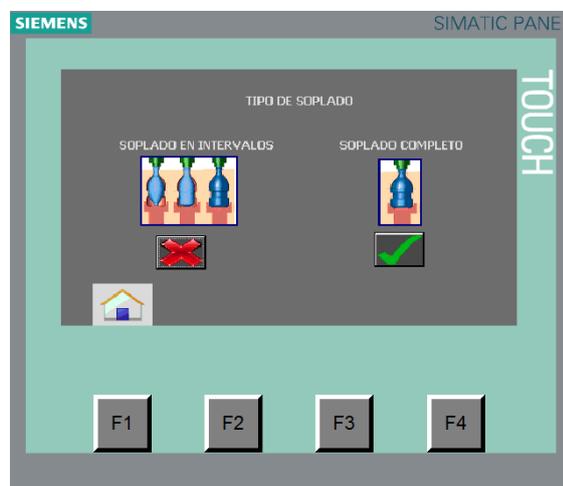


Figura 2.32. Ventana del tipo de soplado.

Fuente: Investigación de campo.

c) Estado de elementos.

En estas ventanas muestran el estado actual que se encuentra los elementos a los cuales tiene control el PLC, tales como motores,

electroválvulas hidráulicas, electroválvulas neumáticas y sensores (Figura 2.33).

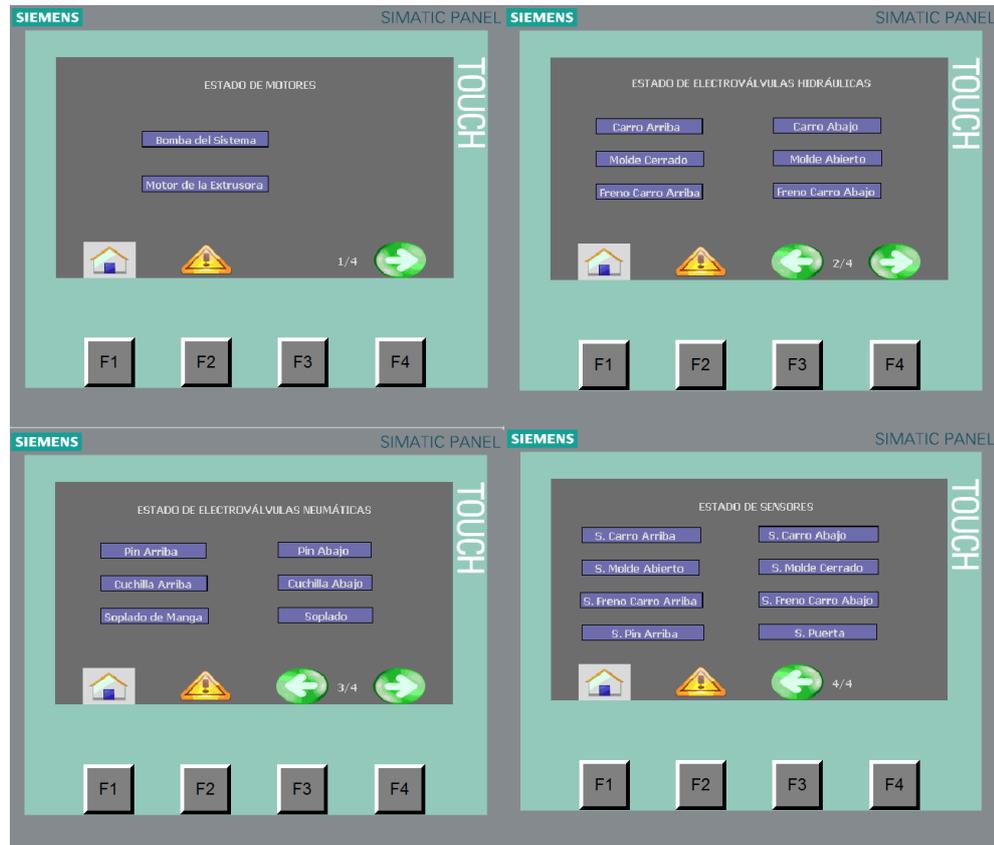


Figura 2.33. Ventanas de estado de elementos.

Fuente: Investigación de campo.

d) Registro de envases.

En esta ventana muestra un registro de envases, como el tipo de envase, el número de envases a producir y los ya producidos (Figura 2.34).



Figura 2.34. Ventana de registro de envases.

Fuente: Investigación de campo.

2.8.3. Ventanas de envases.

En estas ventanas muestran los tipos de envases que se producen en la máquina extrusora – sopladora, los cuales cargan al algoritmo de control del PLC, los parámetros de tiempos en la producción de cada tipo de envase (Figura 2.35).

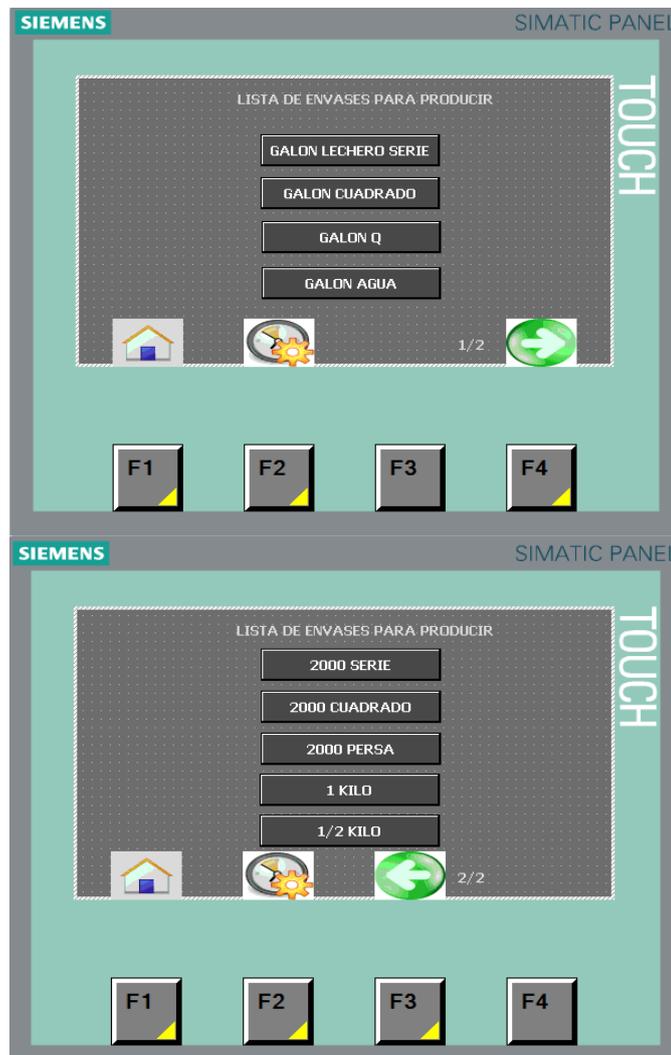


Figura 2.35. Ventanas de envases.

Fuente: Investigación de campo.

2.8.4. Ventanas de tiempos.

En estas ventanas se muestran los parámetros de tiempos del algoritmo de control del PLC, los mismos que son configurables en dichas ventanas (Figura 2.36).



Figura 2.36. Ventanas de tiempos.

Fuente: Investigación de campo.

2.8.5. Ventana de alarmas.

En esta ventana se muestra los mensajes de avisos de alarmas que se pueden suscitar durante el trabajo de la máquina (Figura 2.37).

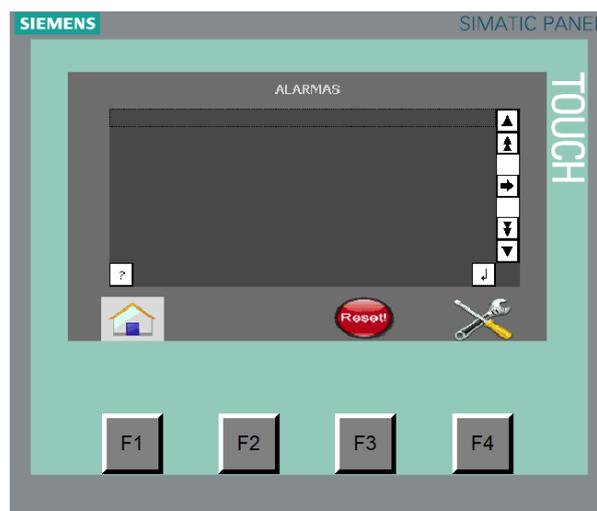


Figura 2.37. Ventana de alarma.

Fuente: Investigación de campo.

2.9. Diseño del algoritmo de control del PLC.

El diseño del algoritmo de control para el PLC S7-1200 CPU 1212 AC/DC/RELAY, se lo realizó en el software TIA PORTAL V12, empleando el lenguaje de programación tipo KOP, para un mejor entendimiento del programa se emplea el siguiente diagrama de flujo del modo manual y automático (Figura 2.38).

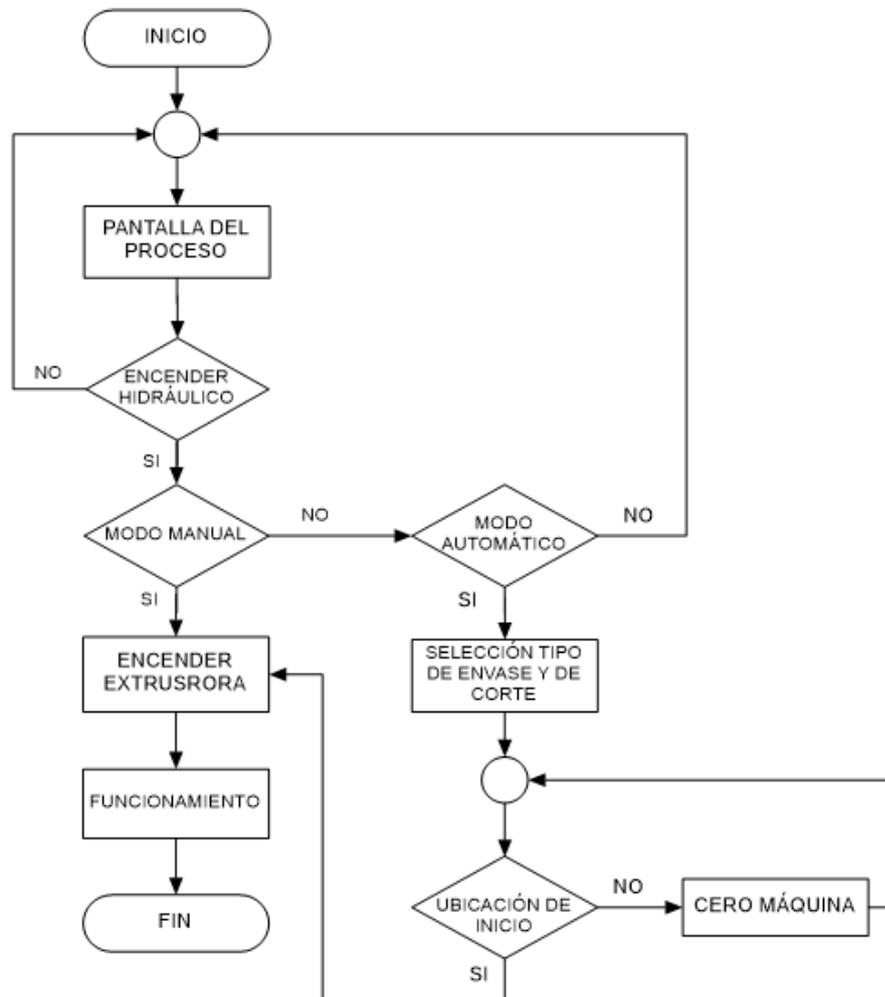


Figura 2.38. Diagrama de flujo del algoritmo de control.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

En el diseño del algoritmo de control, se emplea el programa principal (MAIN), en el cual llamada a subrutinas que cumplen tareas específicas (Figura 2.39).

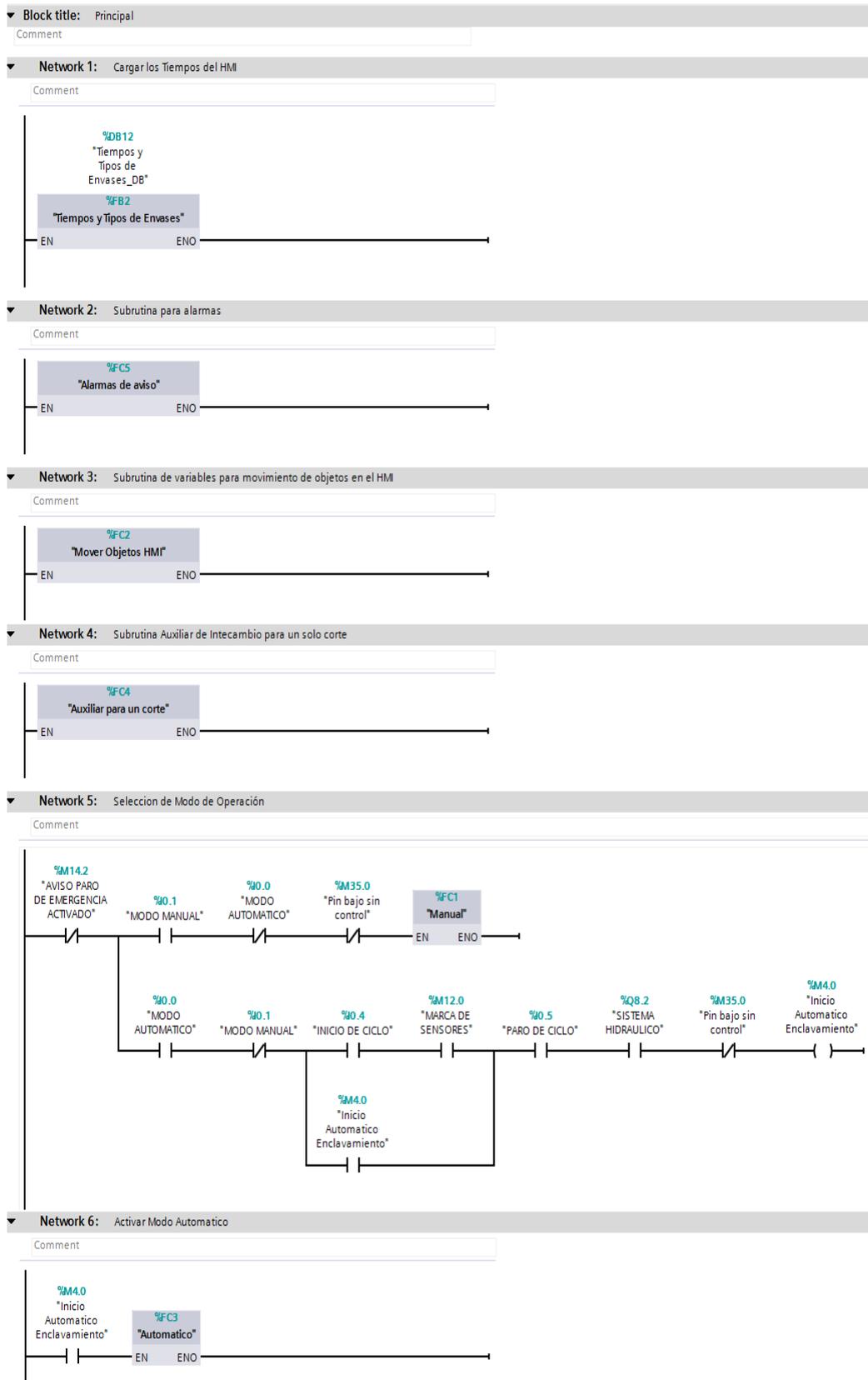


Figura 2.39. Programa principal y subrutinas.

Fuente: Investigación de campo.

Subrutina tiempo y tipos de envases.

En esta subrutina, carga los tiempos a los temporizadores de la secuencia del proceso tales como el tiempo de soplado, de escape, retardo al soplado, y los retardos en cada movimiento del carro y molde; dichos tiempos se cargan con tiempos estándares al primer ciclo, luego se modifican seleccionando el tipo de envase que se vaya a producir o variando desde el panel view KTP 400 (Figura 2.40).

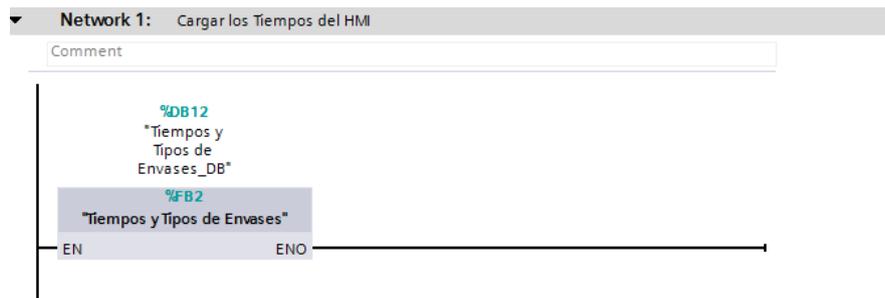


Figura 2.40. Subrutina tiempos y tipos de envases.

Fuente: Investigación de campo.

Subrutina alarma y avisos.

En esta subrutina detecta cuando una secuencia de movimiento de algún actuador del proceso en modo automático, no la cumplió en el tiempo determinado de trabajo, por lo que genera una alarma visual y sonora, además la misma manda a mostrar en el panel view (Figura 2.41).

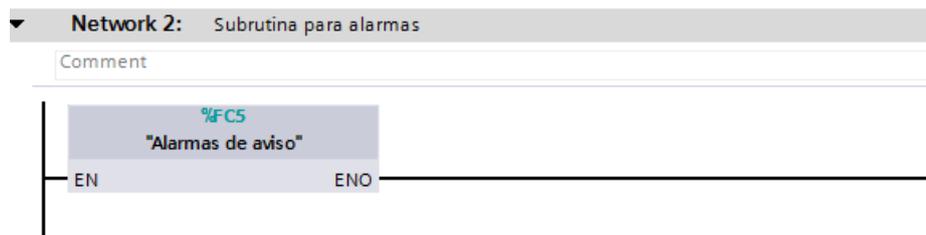


Figura 2.41. Subrutina alarmas y avisos.

Fuente: Investigación de campo.

Subrutina de variables para movimiento de objetos en el HMI.

En esta subrutina, carga valores en variables enteras que indican el movimiento y la posición del carro, del molde, del pin de soplado y de la cuchilla de corte (Figura 2.42).

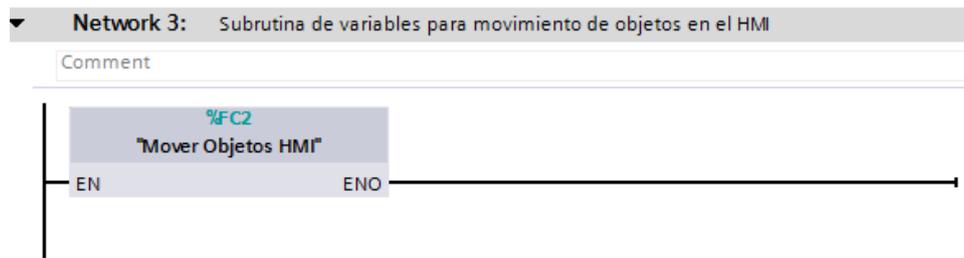


Figura 2.42. Subrutina de variables para movimiento de objetos en el HMI.

Fuente: Investigación de campo.

Subrutina auxiliar de intercambio para un solo corte.

En esta subrutina, se graba e indica la posición en que se encuentra la cuchilla tanto en el manual y automático (Figura 2.43)

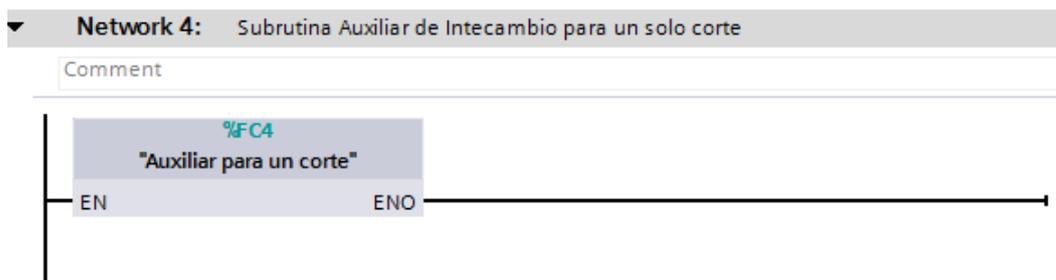


Figura 2.43. Subrutina auxiliar de intercambio para un solo corte.

Fuente: Investigación de campo.

Subrutina manual.

En esta subrutina, manda activar de forma manual desde los controles del panel de control a todos los actuadores del proceso, como lo son: movimiento del carro, molde, pin de soplado, cuchilla de corte, y la activación del soplado, sistema hidráulico y extrusora (Figura 2.44).

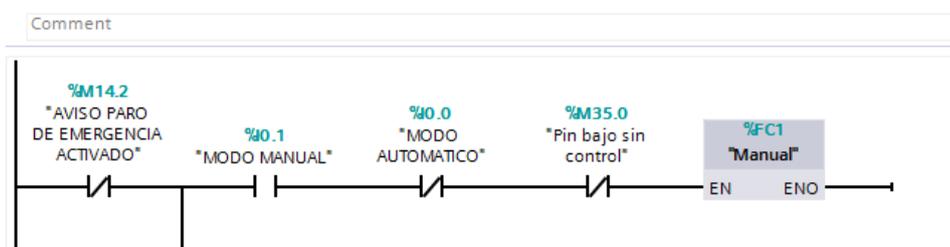


Figura 2.44. Subrutina manual.

Fuente: Investigación de campo.

Subrutina automático.

En esta subrutina, se ejecuta el algoritmo de control en modo automático, cuyo ciclo es repetitivo e indefinido, hasta que el operario pare el ciclo (Figura 2.45).

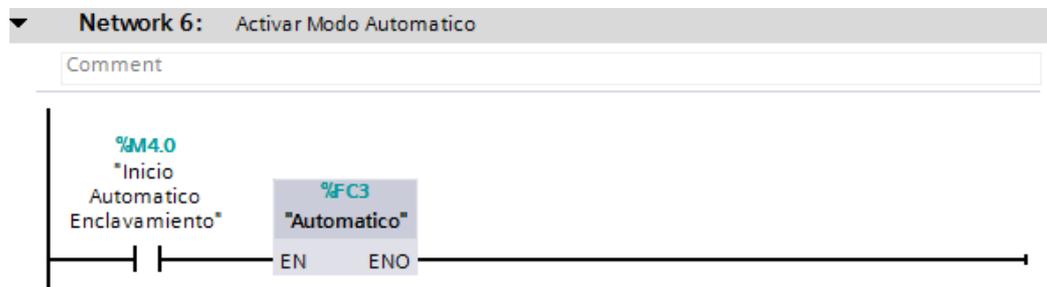


Figura 2.45. Subrutina automático.

Fuente: Investigación de campo.

Subrutina cero máquina.

En esta subrutina se ejecuta en modo automático, la misma que manda a posicionar al carro, molde y pin de soplado a una posición inicial, para inicial el ciclo de trabajo (Figura 2.46).



Figura 2.46. Subrutina cero máquina.

Fuente: Investigación de campo.

El algoritmo completo de control máquina se muestra en el ANEXO M.

2.10. Diseño del sistema supervisor remoto vía internet.

En el diseño de la supervisión remota vía internet, se emplea dos software que son el WinCC Run Time Advanced y el TeamViewer.

- El software WinCC Run Time Advanced, es aquel donde se desarrolla el sistema de visualización scada, empleando las mismas imágenes ya desarrollado del HMI para la KTP 400 (ANEXO N), poniendo en red con el PLC mediante la red TCP/IP para poder supervisar las tareas del mismo y conseguir un manejo remoto con el Run Time que posee el software TIA PORTAL (Figura 2.47).

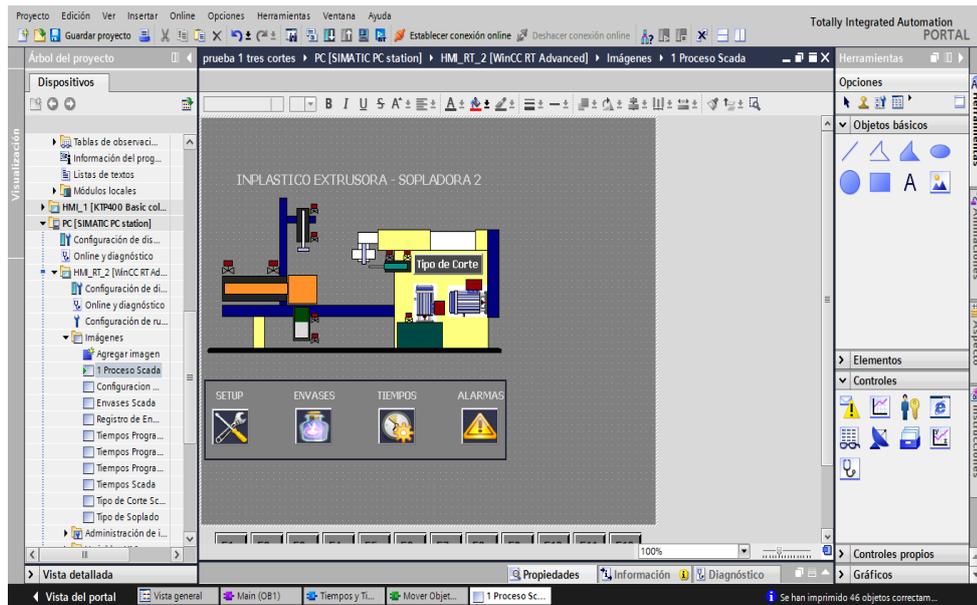


Figura 2.47. Desarrollo scada máquina extrusora sopladora.

Fuente: Investigación de campo.

- El Software TeamViewer, el cual permite establecer el control remoto desde otro computador con acceso a internet hacia la PC, donde se encuentra corriendo el Run Time del proceso, mediante el ID de la PC que supervisa el proceso, por lo que se puede supervisar el proceso en tiempo real (Figura 2.48)

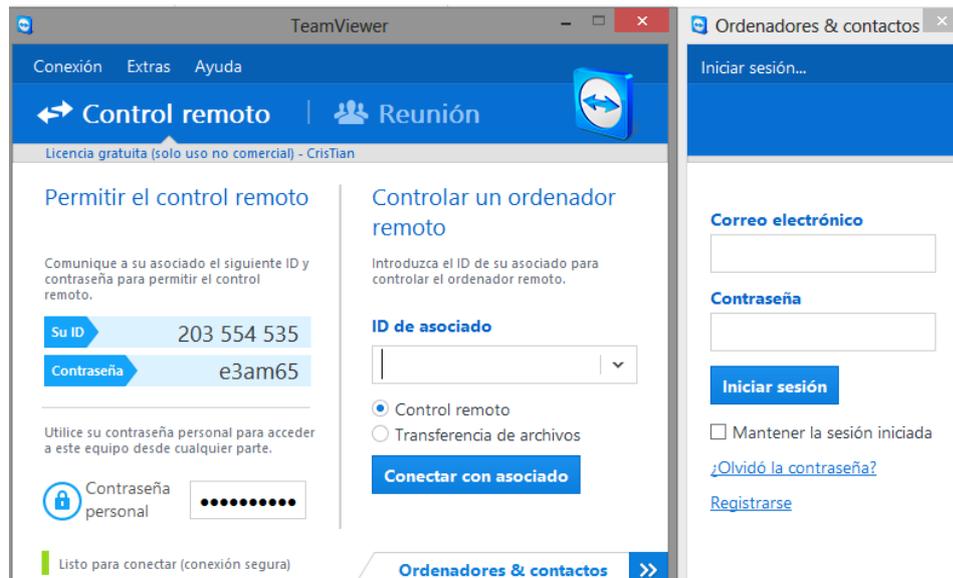


Figura 2.48. TeamViewer ID de PC.

Fuente: Investigación de campo.

Por lo tanto con la interacción de estos dos software se puede realizar la supervisión remota vía internet, y completando la pirámide de automatización obteniendo el nivel de planta y de gestión en el proceso de extrusión y soplado (Figura 2.49).

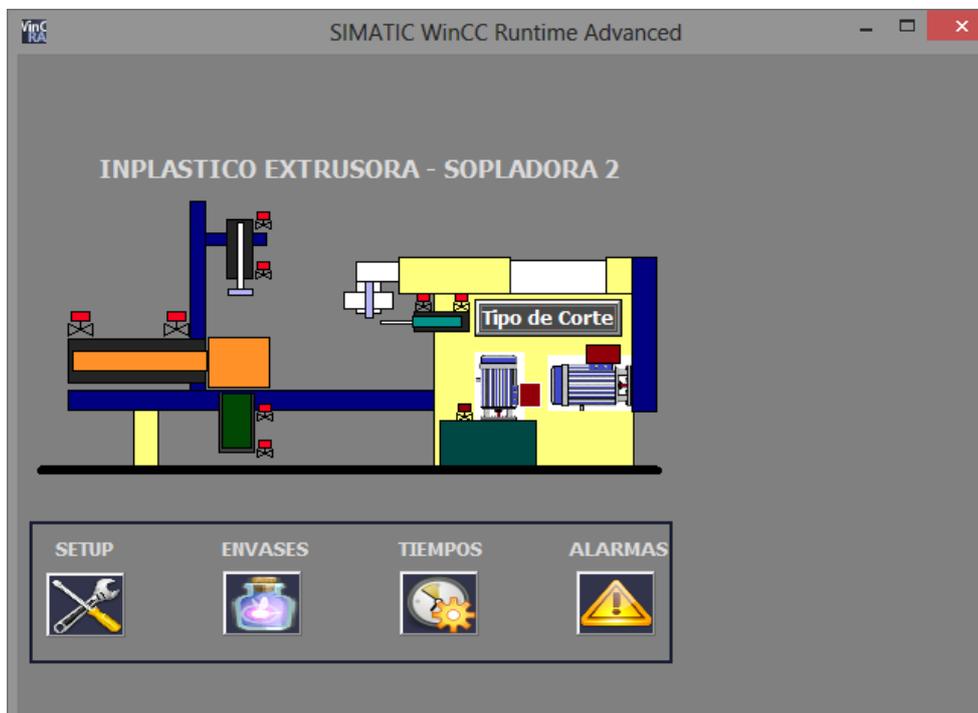


Figura 2.49. Supervisión remota vía internet desde otra PC.

Fuente: Investigación de campo.

CAPITULO III

3. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.

En el presente capitulo se realizara la implementación de todos los equipos ya dimensionados y seleccionado en el segundo capítulo, así como la construcción de la tarjeta de control y del armario donde irán dichos elementos.

3.1. **Mantenimiento correctivo y preventivo de los sistemas mecánicos.**

El mantenimiento que se lo realizó a la máquina extrusora–sopladora, fue en mínimos elementos ya que los sistemas mecánicos, neumáticos e hidráulicos están funcionando en perfectas condiciones, debido a que la máquina está en producción y mensualmente se le da mantenimiento por el personal de dicha área; dichos mantenimientos se detalla en el manual de operador (ANEXO N).

Los problemas frecuentes de la máquina se daban por fallan el en sistema eléctrico y de control, pero se realizó las siguientes labores:

3.1.1. **Cambio de retenedor de aceite del reductor de velocidad del tornillo extrusor.**

EL retenedor de aceite del reductor de velocidad se encontraba ya desgastado, razón por la cual fugaba aceite entre el eje del reductor y el interior del retenedor, por lo que se procedió al cambio del mismo, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Descartar la posibilidad que el eje tenga desgaste, para lo cual se midió el diámetro del eje tanto en la punta donde sella el retenedor como a 3cm de la punta, teniendo 65 mm de diámetro en los dos lugares, descartando que el eje este desgastado y que es un eje recto no cónico.
- Verificar que en la pared donde calza el retenedor no exista ninguna disformidad, comprobando que el diámetro de 90 mm se mantenga.

- Obtener el espesor que tendría que tener el retenedor, midiendo la profundidad de la cavidad donde ingresa el retenedor, obteniendo 10 mm de profundidad.
- El lugar donde va estar expuesto el retenedor existe presencia de suciedad, por lo que se selecciona un retenedor tipo TC, el cual posee doble labio interior, la cubierta exterior es de goma elástico con una armadura metálica, que proporciona una perfecta fijación entre la parte exterior del retenedor y el agujero de alojamiento, aún en alojamientos rugosos y con una gran dilatación (Figura 3.1 a).
- Por lo tanto se escoge el retenedor TC 65x90x10, siendo esta una medida estándar entre los fabricantes de retenedores como TIMBEN o NOK, y la colocación del mismo en el reductor de velocidad (Figura 3.2 b).

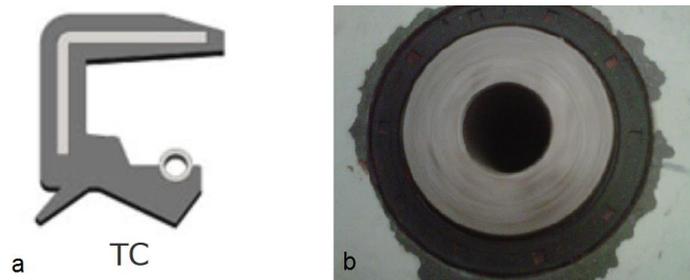


Figura 3.1. Retenedor de aceite del reductor de velocidad.

Fuente: Investigación de campo.

3.1.2. Reparación del pin de soplado y cambio del pin de la cuchilla de corte.

Se detectó que por los retornos de la electroválvula de control del pin neumático de soplado, existía una fuga de aire cuando el pin subía y bajaba, por lo que se revisó el correcto funcionamiento de la electroválvula con otro pistón, obteniendo un correcto funcionamiento de la misma.

Descartado la posibilidad que la electroválvula este dañada, se desmontó el pin de soplado, para desarmar el embolo (Figura 3.2 a), y se verificó el mal estado de los sellos (o-ring), cambiando por o-ring nuevos, quedando el pin de soplado sin fugas de aire.

El pin neumático de la cuchilla de corte, se encontraba completamente dañado, ya que en el mismo existía fugas de aire por la punta del embolo, además se detectó que el vástago se encontraba doblado y existía dificultad para que la cuchilla corte; por estos inconvenientes se cambió dicho pin por uno nuevo doble efecto de 2800mm de carrera y 32mm de diámetro marca FESTO, dispone en la bodega de la fábrica, como se muestra en la figura 3.2 b.



Figura 3.2. Émbolos neumáticos.

Fuente: Investigación de campo.

3.1.3. Engrasamiento de los sistemas móviles.

Las partes móviles como las cremallera y guías de la cuchilla, del carro y del portamoldes deben estar periódicamente engrasadas con la finalidad que eviten el desgaste en las mismas, extendiendo la vida útil de dichos mecanismos, por lo que se engrasa dichas partes utilizando los graseros que poseen las mismas (Figura 3.3 a), y en otros casos de forma manual como las cremalleras (Figura 3.3 b).



Figura 3.3. Engrasamiento de los sistemas móviles.

Fuente: Investigación de campo.

3.1.4. Cambio de sentido de la bandeja de descarga del envase.

Cuando la máquina está en producción, el operario tiene que supervisar el producto que sale ya procesado por la bandeja de descarga y los parámetros de control mediante el tablero de mando.

En las condiciones que trabajaba anteriormente la máquina, la bandeja de descarga liberaba el producto por el lado izquierdo de la máquina (Figura 3.4) y el tablero nuevo de control se ubica en el lado derecho de la misma, razón por la cual el operario se le complica dicha tarea.



Figura 3.4. Sentido anterior de la bandeja de descarga.

Fuente: Investigación de campo.

Por lo tanto dicha bandeja de descarga se cambió de sentido al lado derecho, para que libere el producto por el mismo lado donde se ubica el tablero de control, facilitando la tarea del operador (Figura 3.5).



Figura 3.5. Sentido actual de la bandeja de descarga.

Fuente: Investigación de campo.

3.2. Construcción del tablero de control.

Una vez dimensionado las medidas del tablero, donde irán montados todos los elementos de fuerza, control y el panel de operador, se procedió a la construcción del mismo, incluyendo las perforación respectivas en puertas y costados del mismo, como se indica en la Figura 3.6 y 3.7.



Figura 3.6. Tablero de control vista frontal.

Fuente: Investigación de campo.



Figura 3.7. Tablero de control vista lateral.

Fuente: Investigación de campo.

3.3. Construcción del circuito de control.

Una vez realizado el diseño de la tarjeta de control y dimensionado cada uno de los elementos, con las especificaciones respectivas de tipos de voltajes y corrientes que maneja dicha tarjeta, se realizó la construcción de la misma.

En la Figura 3.8 se muestra la placa diseñada en el software de diseño de placas electrónicas CircuitMaker.

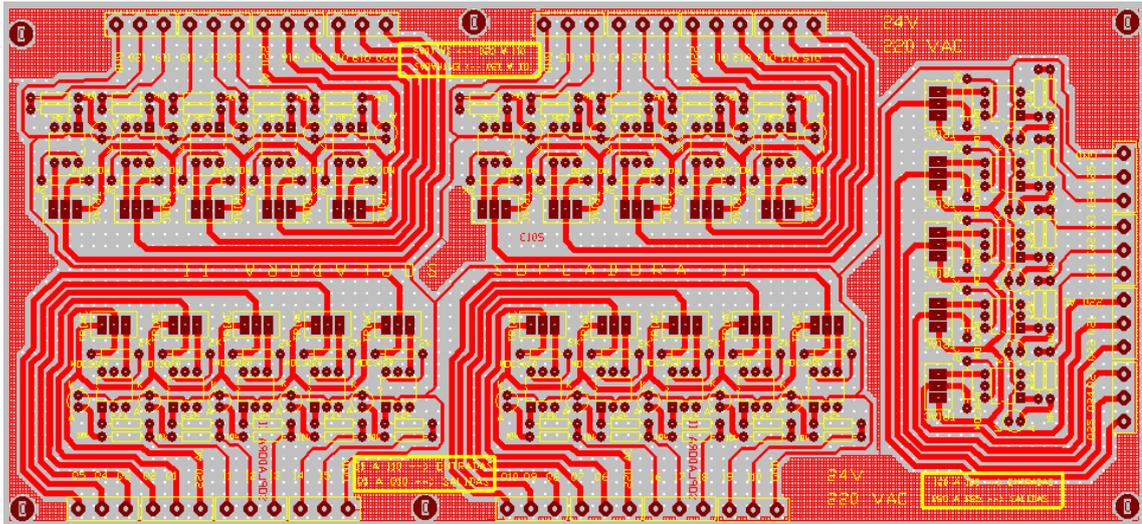


Figura 3.8. Placa de control diseñada en CircuitMaker.

Fuente: Investigación de campo.

Finalmente en la Figura 3.9 se muestra la placa física ya construida, con todos sus elementos.

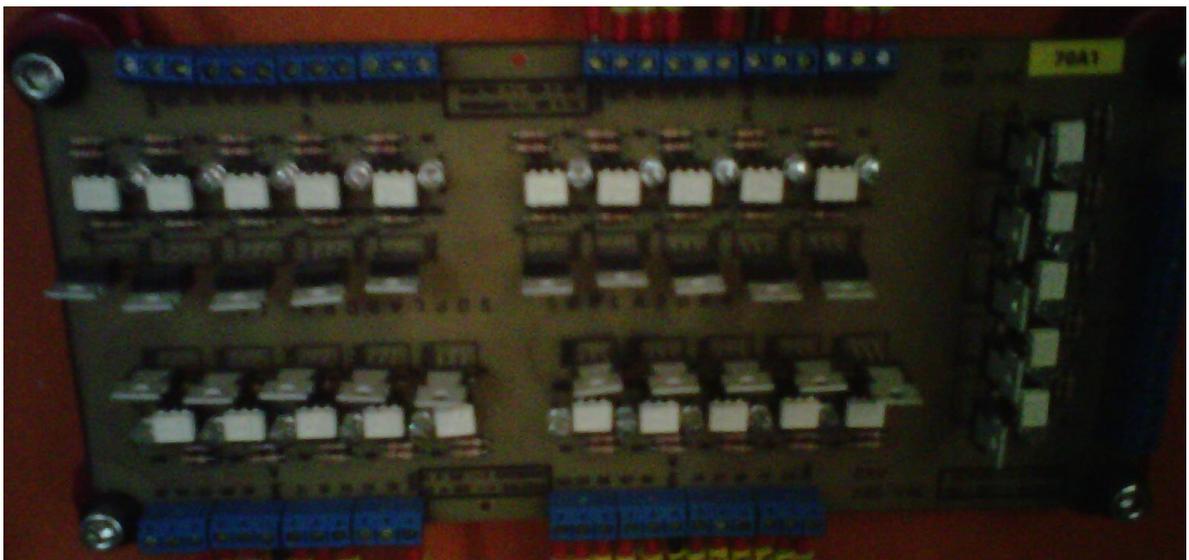


Figura 3.9. Placa de control construida.

Fuente: Investigación de campo.

3.4. **Construcción del cable para comunicación industrial Ethernet TP con interfaz RJ 45 para la red comunicación.**

Para realizar la red con la que nos permite comunicar entre el PLC, KTP400 y la PC, se necesita tres cables Industrial Ethernet FC TP Standard CAT 5 con RJ45, los cuales son inmunes a perturbaciones con velocidades de 10/100/1000 Mbits/s, dentro de un armario eléctrico con una longitud de cable de hasta 10 m.

En la construcción de este tipo de cable se necesita los siguientes elementos:

- Un metros de cable FC TP estándar Simatic Net 4 hilos apantallado (Figura 3.10).



Figura 3.10. Cable TP estándar Simatic 4 hilos apantallado.

Fuente: Investigación de campo.

- Dos conectores IE Fast Connect RJ45 Plug 6GK1901 – 1BB10 (Figura 3.11)



Figura 3.11. Conector IE Fast Connect RJ45 Plug 6GK1901 – 1BB10.

Fuente: Investigación de campo.

Una vez con dichos elementos para la construcción de los cables de comunicación se sigue los siguientes pasos:

1. Cortar los extremos del cable para asegurar que los cables interiores estén en perfectas condiciones, como se muestra en la Figura 3.12.



Figura 3.12. Corte del cable TP.

Fuente: Investigación de campo.

2. En los extremos de los cables remueva la protección aislante con las medidas que se muestra en la Figura 3.13 y extender los cables de acuerdo con la marcas de color en los elementos de contacto de la clavija RJ45 FC.

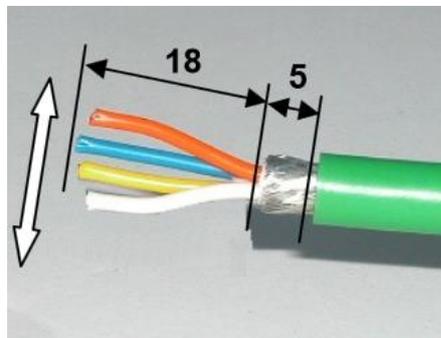


Figura 3.13. Corte del aislante del cable TP.³¹

3. Abra la tapa del conector IE Fast Connect RJ45 Plug encaje y empuje en los cables de acuerdo con su codificación de color hasta el final de carrera en la cubierta, como se muestra en la Figura 3.14.

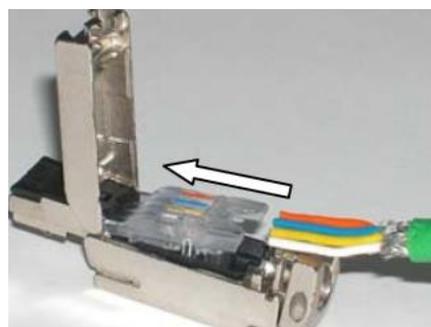


Figura 3.14. Encaje del cable TP en el conector RJ45.³¹

³¹ Assembly Instructions for SIMATIC NET Industrial Ethernet Fast Connect RJ45 Plug 180 6GK1901-1BB10-2A

- Empujar el cable en su posición como se muestra en la Figura 3.15 (vea las flechas). Presione hacia abajo a los elementos de contacto para que el tope haga contacto con los cables.

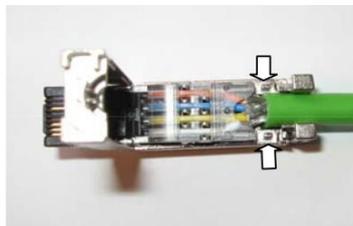


Figura 3.15. Contacto de los cables con los topes del conector RJ45.³²

- Cerrar la tapa y gire el mecanismo de bloqueo en la dirección de la flecha en la medida de lo posible con la mano, como se muestra en la Figura 3.16.

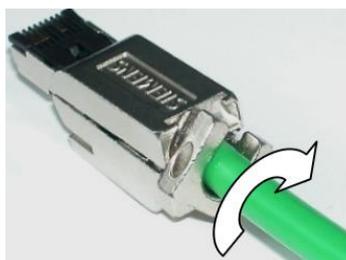


Figura 3.16. Bloqueo del conector RJ45.³²

- Inserte un destornillador de 2,5 mm en el agujero en el mecanismo de bloqueo y vuelva a girarla hasta el tope. El conector está correctamente bloqueado cuando la abertura del mecanismo de bloqueo está apuntando a un lado y las superficies están al ras con la superficie del conector, como se muestra en la Figura 3.17

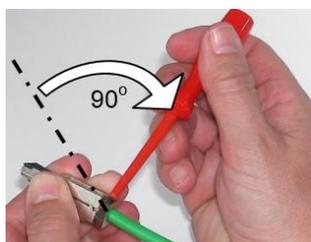


Figura 3.17. Ajustar el mecanismo de bloqueo del conector RJ45.³²

³² Assembly Instructions for SIMATIC NET Industrial Ethernet Fast Connect RJ45 Plug 180 6GK1901-1BB10-2A

3.5. Montaje e instalación de los equipos.

El montaje de los elementos de fuerza, control y mando en del tablero, se los realizo en lugar fuera de la máquina, y una vez armado y probado el tablero se procedió al montaje del mismo sobre la máquina.

3.5.1. Montaje de los elementos de fuerza y control.

Una vez adquirido los elementos dimensionados para los equipos de fuerza y control que posee la máquina; se empezó con la colocación de las rieles din NS 35 (35 mm), y las canaletas (40 x 40 / 20 X 40), donde se ubican todos los equipos y cables respectivamente; tomando de referencia el modelo que se realizó en SolidWorks, como se muestra en la Figura 3.18 y más detallado en el ANEXO L.

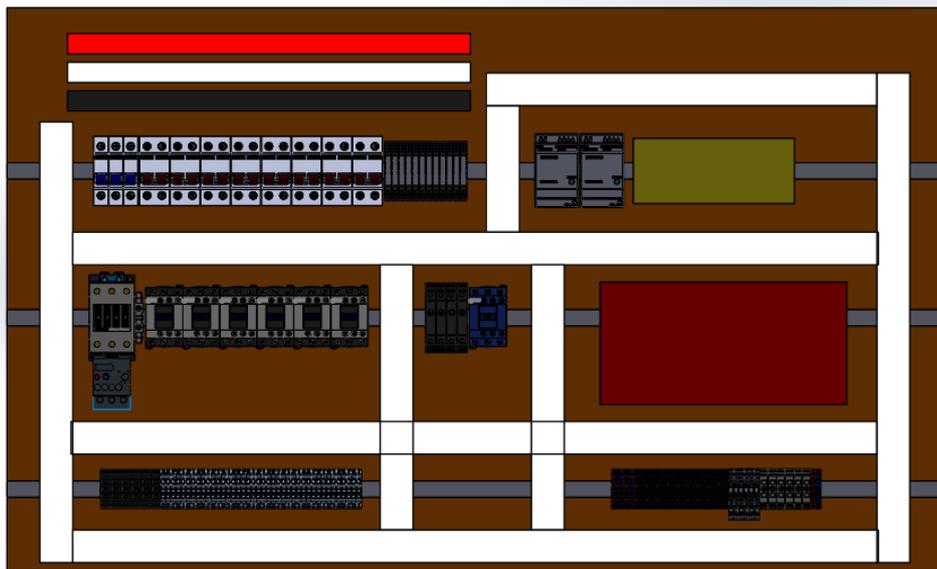


Figura 3.18. Modelo en SolidWorks de distribución de rieles din y canaletas.

Fuente: Investigación de campo.

Para obtener la distribución real de rieles din y canaletas como se muestra en la Figura 3.19.



Figura 3.19. Distribución de rieles din y canaletas.

Fuente: Investigación de campo.

Una vez colocados los rieles din y las canaletas para el montaje de los elementos de control y fuerza, el armario se dividió en dos zonas (Figura 3.20):

- Zona de fuerza o potencia, en el lado izquierdo.
- Zona de control, en el lado derecho.

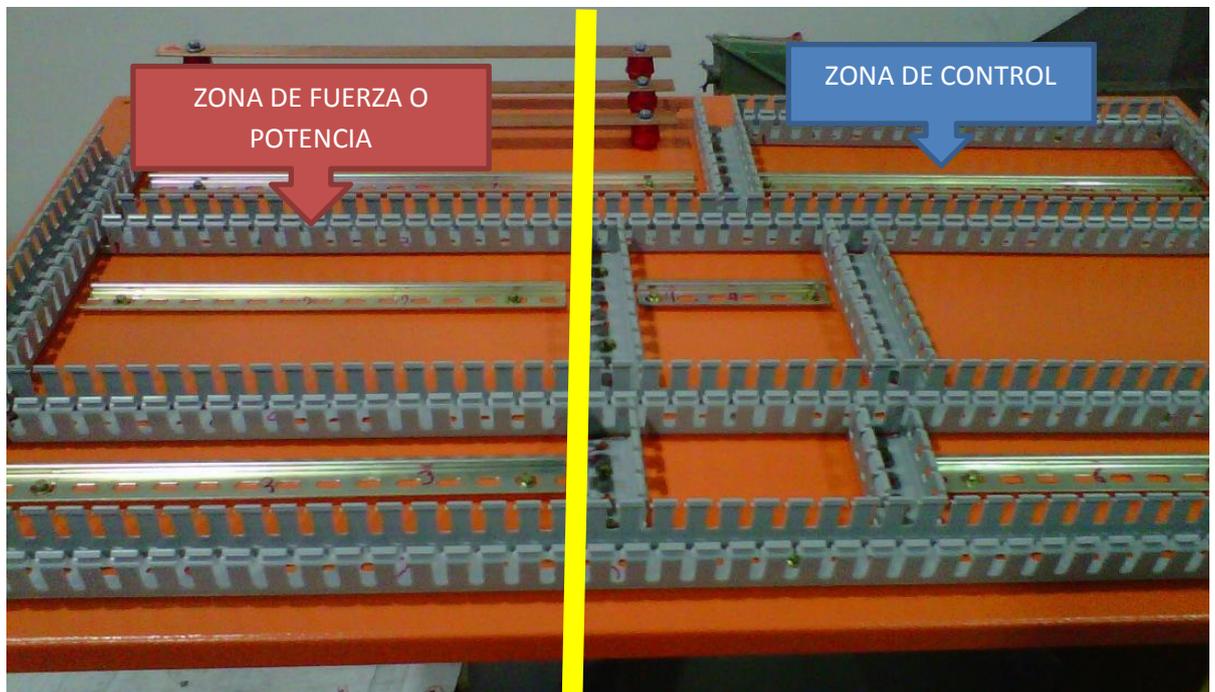


Figura 3.20. Distribución de zonas del armario.

Fuente: Investigación de campo.

Dicha distribución se la realiza, para tener una separación de lo que es control y potencia, aumentando la seguridad del tablero ya que se evita accidentes al momento de la manipulación del tablero por el personal de mantenimiento, de esta manera no se puede mezclar los elementos de fuerza y control.

Una vez tomada esta consideración se realiza el montaje de los elementos de fuerza, rotulando cada uno de ellos con su respectiva referencia y distribuidos como se indica en la Figura 3.21.

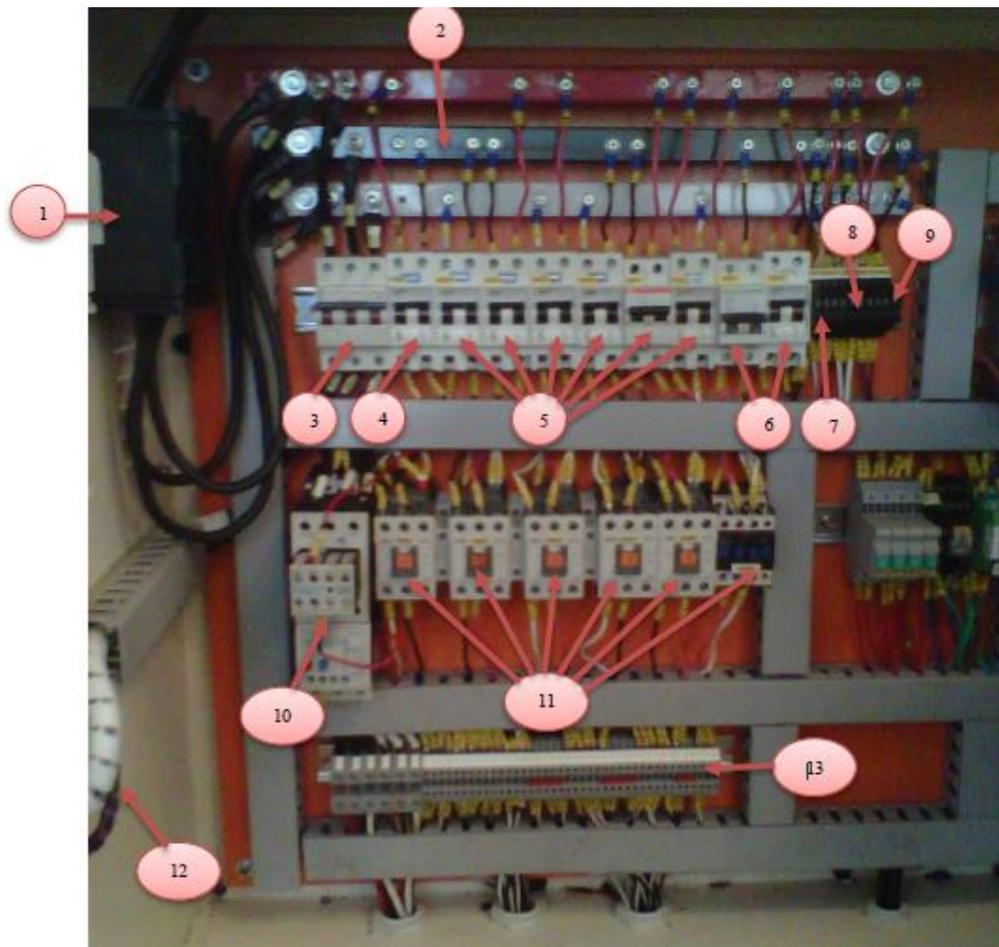


Figura 3.21. Distribución de los elementos de fuerza.

Fuente: Investigación de campo.

1. Interruptor termomagnético general.
2. Distribución de la red trifásica de 220 VAC.
3. Interruptor termomagnético del tornillo extrusor.
4. Interruptor termomagnético del ventilador del tablero.
5. Interruptores termomagnéticos de las zonas de temperatura.

6. Interruptores termomagnéticos de las fuentes de 24 VDC.
7. Fusibles de los controladores de temperatura.
8. Fusibles de las electroválvulas neumáticas e hidráulicas.
9. Fusibles de alimentación del PLC.
10. Contactor y relé térmico del sistema hidráulico.
11. Contactores de las zonas de temperatura.
12. Variador de frecuencia LG SV 150iS5.
13. Borneras del circuito de fuerza o potencia.

Posteriormente se realiza el montaje de los equipos de control con su respectiva rotulación que los idéntica y distribuidos como se indica en la Figura 3.22.

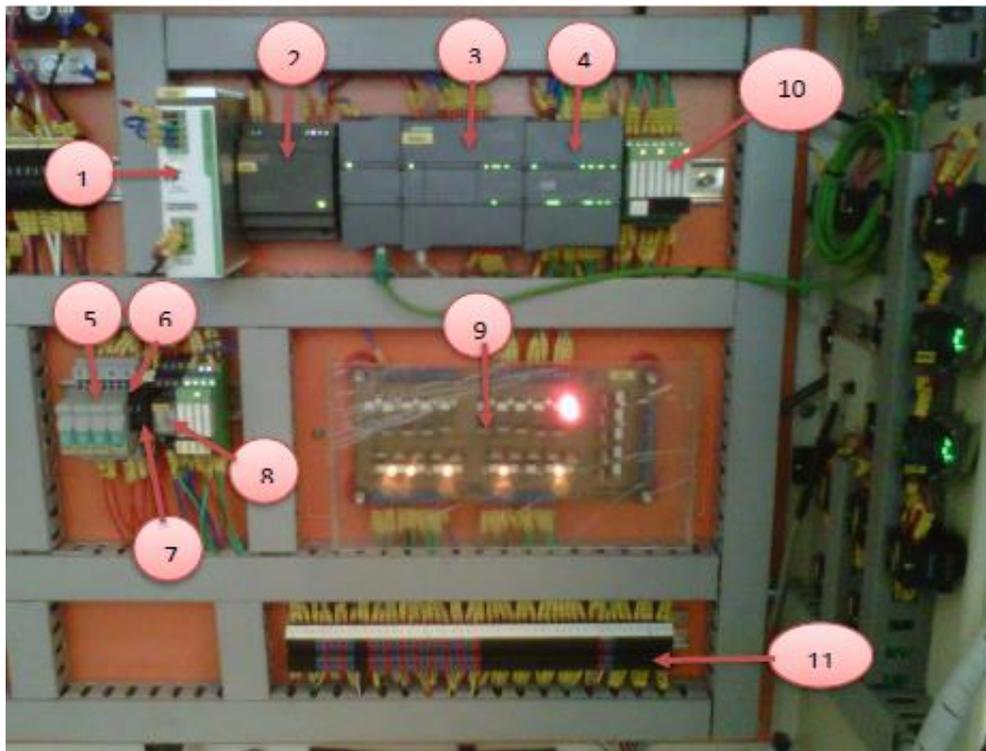


Figura 3.22. Distribución de los elementos de control.

Fuente: Investigación de campo.

1. Fuente Phoenix Contact Trio de 24 VDC – 5A, para carga de luces piloto, torre de señal, entradas y salidas del PLC.
2. Fuente Siemens Logo de 24 VDC – 2.5A Siemens, para el panel view KTP 400.
3. PLC Siemens S7-1200 CPU 1212C.
4. Módulo de señal 16DI a 24vdc /6DO tipo relé.

5. Breaker de 24 VDC de entradas del PLC, salidas del PLC, luces piloto, sensores.
6. Fusible del panel view KTP 400.
7. Fusible de energización del módulo de señales.
8. Relé auxiliar para la activación del variador de frecuencia.
9. Tarjeta de control de optoacopladores y triacs.
10. Réles auxiliares de sensores.
11. Borneras del circuito de control.

3.5.2. Montaje del panel de operador.

Para el panel de operador primero se montó la placa grabada en acero inoxidable sobre un cortado del armario de control, dicha placa se diseñó en el capítulo anterior y que se detalla en el ANEXO K, y además se colocó los elementos de control tal como, botones, selectores, luces piloto y el panel de visualización, como se indica en la Figura 3.23.



Figura 3.23. Distribución de los elementos en el panel de operador.

Fuente: Investigación de campo.

1. Panel de visualización Siemens KTP 400 Color.
2. Selector 3 posiciones fijas, 2 contactos NA (Sección de modo de operación).
3. Botón pulsador verde, 1 contacto NA (Inicio de ciclo).
4. Botón pulsador rojo, 1 contacto NC (Paro de ciclo).
5. Pulsador rojo tipo hongo con enclavamiento, 1 contacto NC (Paro de emergencia).
6. Luz Piloto Verde 24 VDC (Sistema hidráulico).
7. Botón pulsador verde, 1 contacto NA (Activar sistema hidráulico).
8. Luz Piloto Verde 24 VDC (Extrusora).
9. Botón pulsador verde, 1 contacto NA (Activar extrusora).
10. Panel de operador del variador de frecuencia.
11. Selector 3/2 con retorno al centro, 2 contactos NA (Mover carro).
12. Selector 3/2 con retorno al centro, 2 contactos NA (Mover molde).
13. Selector 3/2 con retorno al centro, 2 contactos NA (Mover pin).
14. Botón pulsador verde, 1 contacto NA (Activar soplado).
15. Botón pulsador verde, 1 contacto NA (Activar Corte).

Igualmente en las puertas del tablero se montó los controladores de temperatura con su respectivo amperímetro e interruptor para cada zona , como se muestra en la Figura 3.24.

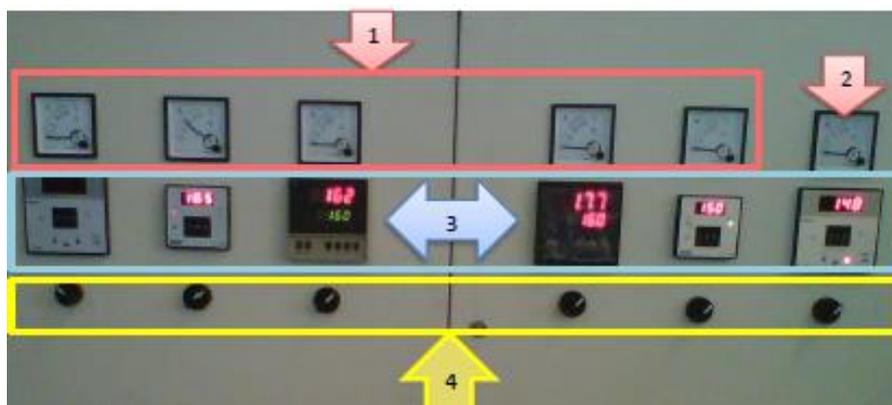


Figura 3.24. Distribución de los elementos para el control de las zonas de temperatura.

Fuente: Investigación de campo.

1. Amperímetros de 25 A
2. Amperímetro de 10 A
3. Controladores de temperatura (Pirómetros).
4. Interruptores (Activar cada zona).

3.5.3. Cableado del sistema eléctrico de fuerza y control.

Una vez montado todos los elementos tanto de control como de fuerza sobre el tablero de control se realizó el cableado del mismo, según el esquema eléctrico del ANEXO A, con sus respectivas marcillas para identificar cada cable y respetando la codificación de colores de la Tabla 2.23 en el capítulo II, dicho cableado se muestra en la Figura 3.25.



Figura 3.25. Cableado del sistema eléctrico de fuerza y control.

Fuente: Investigación de campo.

La codificación de colores, se la realizo con el fin de poder identificar el tipo de corriente que circula en cada cable del tablero y si el mismo pertenece al circuito de fuerza o control, para que posteriormente las tareas de mantenimiento se realicen de forma más sencilla y segura.

Además se realiza las conexiones en las cajas de borneras para las termocuplas y los sensores inductivos, como se muestran en las Figuras 3.26 y 3.27 respectivamente.



Figura 3.26. Caja de borneras para las termocuplas.

Fuente: Investigación de campo.



Figura 3.27. Caja de borneras para sensores inductivos.

Fuente: Investigación de campo.

3.5.4. Montaje del tablero de control en la máquina extrusora – sopladora.

Una vez armado el tablero de control, se montó y sujetó el mismo sobre la carcasa de la máquina extrusora del lado de derecho, como se indica en la Figura 3.28.



Figura 3.28. Montaje del tablero de control en la máquina extrusora – sopladora.

Fuente: Investigación de campo.

Una vez montado el nuevo tablero de control, se elimina totalmente el tablero de control obsoleto que poseía la máquina, desconectando los motores y electroválvulas en las borneras del tablero obsoleto, para conectar con las borneras respectivas del tablero de control nuevo, como se muestra en la Figura 3.29.



Figura 3.29. Conexión de motores y electroválvulas a los bornes del tablero de control.

Fuente: Investigación de campo.

3.5.5. Montaje de sensores.

Para sensar la temperatura, se coloca las termocuplas en las seis zonas del extrusor, como se indica en la Figura 3.30.



Figura 3.30. Montaje de las termocuplas.

Fuente: Investigación de campo.

Para sensar la ubicación del carro porta molde, se coloca los sensores inductivos en los lugares respectivos donde el carro tendrá que detenerse en las diferentes etapas del proceso, como se indica en la Figura 3.31.



Figura 3.31. Montaje de los sensores inductivos para posicionar el carro.

Fuente: Investigación de campo.

Para controlar el cierre y la apertura del molde, se coloca los sensores inductivos en los lugares respectivos, como se indica en la Figura 3.32.



Figura 3.32. Montaje de los sensores inductivos para la apertura y cierre del molde.

Fuente: Investigación de campo.

También la máquina extrusora – sopladora posee un sistema de frenado del carro, para evitar golpes cuando el mismo se desplaza en las diferentes etapas del proceso, para lo cual necesita de sensores inductivos que indica que el carro está próximo a llegar a un extremo de su trayectoria y aplique el frenado pertinente, para lo cual se monta los sensores en los lugares respectivos como se indica en la Figura 3.33.



Figura 3.33. Montaje de los sensores para el frenado del carro.

Fuente: Investigación de campo.

Para controlar la posición del pin de soplado, se montó un sensor inductivo sobre el lado superior del pin, como se muestra en la Figura 3.34.



Figura 3.34. Montaje del sensor del pin de soplado.

Fuente: Investigación de campo.

Para la seguridad del operador de la máquina extrusora – sopladora, se montó un sensor magnético en la puerta de la cerca del proceso, que detiene el proceso si el operador u otra persona ingresen a manipular algún elemento cuando los mismos estén en operación, como se indica en la Figura 3.35.

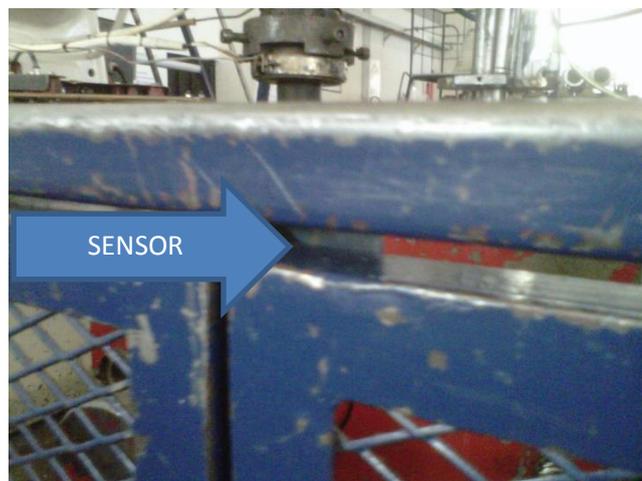


Figura 3.35. Montaje de sensor en la cerca del proceso.

Fuente: Investigación de campo.

3.6. Implementación de los elementos para la supervisión remota.

Para realizar la supervisión remota se realiza el montaje del módulo Switch CSM 1277, junto al PLC S7 - 1200 en parte de control del armario eléctrico como se muestra en la figura 3.36.



Figura 3.36. Montaje del módulo Switch CSM 1277.

Fuente: Investigación de campo.

Se coloca una PC en la base del armario eléctrico, donde se corre el Run Time del proceso y que tiene acceso a internet de forma inalámbrica a una red local de la fábrica.

Una vez con dichos elementos montados, mediante el módulo Switch CSM 1277 se realiza una red de topología estrella entre el PLC S7 – 1200, la KTP 400 y la PC en donde se corre el Run Time; es decir los tres elementos que componen la red se conectan al módulo Switch CSM 1277, como se muestra en la Figura 3.37.

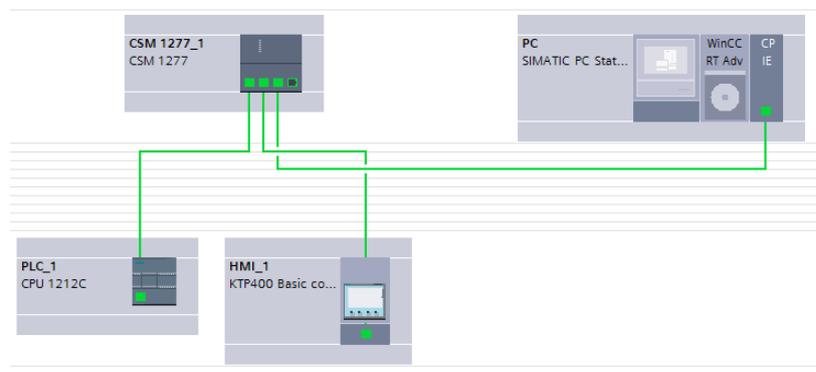


Figura 3.37. Topología Estrella de la red.

Fuente: Investigación de campo.

CAPITULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. Pruebas del sistema hidráulico y neumático.

4.1.1. Sistema hidráulico.

Se verifico que en todo el sistema no existan fugas de aceite en émbolos y uniones, además se comprobó el correcto funcionamiento de las bobinas de cada electroválvula, primero conectando directamente a la red de 220 VAC, y posteriormente se conectó a la tarjeta de optoacopladores que comanda a dichas electroválvulas, mandando señales de control de 24 VDC manualmente a cada electroválvula, confirmando su funcionamiento como se muestra en la figura 4.1.

4.1.2. Sistema neumático.

En el sistema neumático se encontró fugas de aire en ciertos acoples rápidos, los cuales se los cambio por nuevos, solucionando dichas fugas, posteriormente se verifico el funcionamiento de las bobinas de cada electroválvula, empleando el mismo proceso de las electroválvulas hidráulicas, ya que las mismas se energizan a 220 VAC, confirmando su correcto trabajo como se muestra en la figura 4.1.



Figura 4.1. Pruebas de control de electroválvula hidráulica y neumática.

Fuente: Investigación de campo.

4.2. Pruebas del funcionamiento del PLC

Antes de hacer las pruebas de funcionamiento del PLC, se verifico que no exista ningún tipo de fallo eléctrico tanto en la alimentación, entradas y salidas; una vez hecho esto se conecta la alimentación del PLC S7- 1200 CPU 1212, del módulo de señales y el switch de comunicación; y se comprueba el arranque del PLC, el mismo que se coloca en modo RUN como se muestra en la figura 4.2.



Figura 4.3. Arranque del PLC.

Fuente: Investigación de campo.

Los estados de funcionamiento del PLC se muestran en la figura 4.3.

	RUN
	STOP
	ARRANQUE
	PARADA
	AVERIA

Figura 4.3. Estados de funcionamiento del PLC.

Fuente: Manual S7-1200.

Una vez arrancado el PLC, se establece comunicación entre la PC y el PLC, durante este proceso se puede generar errores que se muestran en la figura 4.4.

Símbolo	Significado
	Se está estableciendo una conexión con una CPU.
	La CPU ya no es accesible en la dirección ajustada.
	La CPU configurada y la realmente existente no son compatibles debido al tipo.
	Mantenimiento necesario
	Mantenimiento solicitado
	Error
	Desactivados (válido para esclavos)
	No es posible acceder al módulo o dispositivo desde la CPU
	No hay datos de diagnóstico disponibles
	El módulo configurado y el módulo existente son incompatibles
	Se está determinando el estado del módulo.

Figura 4.4 Errores de comunicación.

Fuente: Manual S7-1200.

Se verifica una conexión exitosa de la PC con el PLC, como se muestra en la figura 4.5, y se carga el algoritmo de control al PLC.

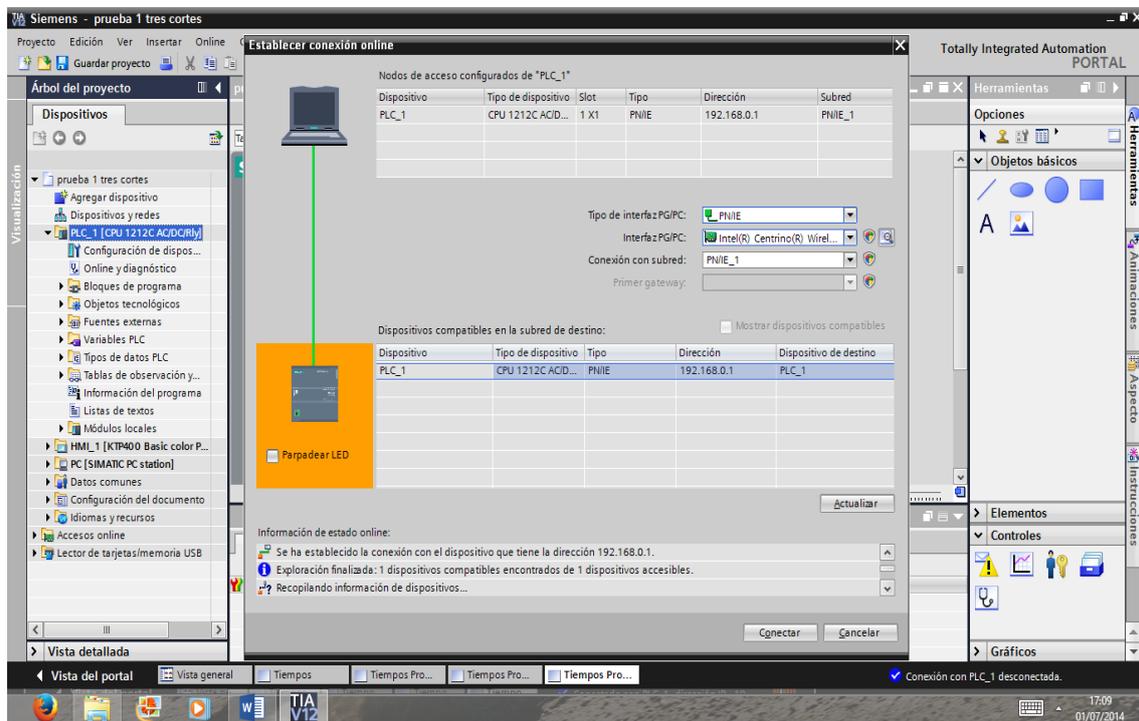


Figura 4.5. Conexión exitosa.

Fuente: Investigación de campo.

Se establece la conexión online con el PLC, verificando su correcto funcionamiento (Figura 4.6).

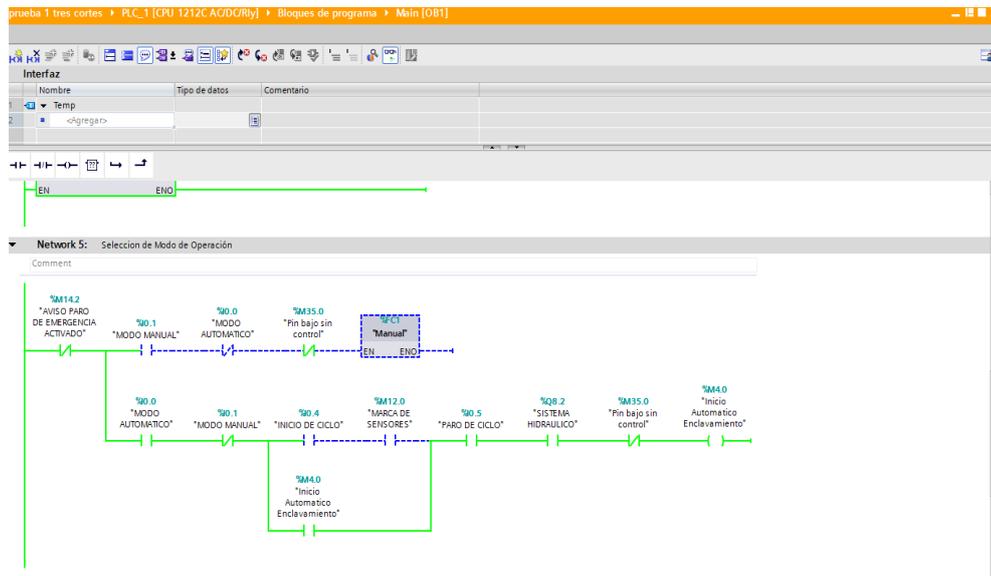


Figura 4.6 Conexión online con el PLC.

Fuente: Investigación de campo.

4.3. Pruebas de funcionamiento del sistema HMI en Panel De Visualización.

Se estableció la comunicación entre la PC y la KTP 400, como se muestra en la figura 4.7, y se descargó en ella el HMI desarrollado, por lo que se constató el funcionamiento de las diferentes pantallas que posee el interface HMI, en los modos de operación de la máquina sin que exista pérdida de datos.

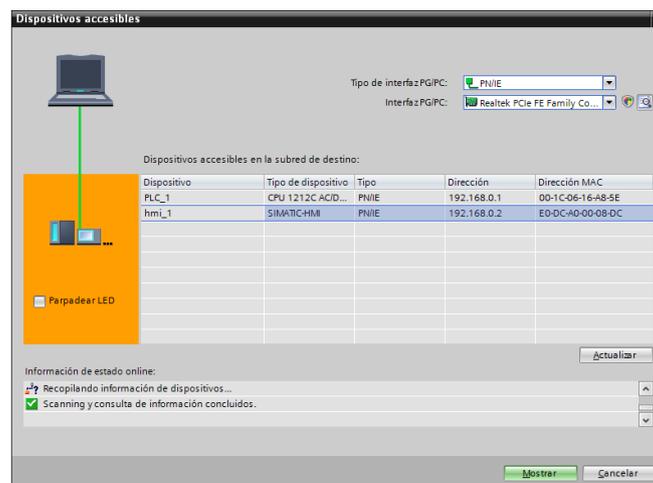


Figura 4.7. Comunicación con la KTP 400 color.

Fuente: Investigación de campo.

4.4. Pruebas de comunicación entre el PLC y el Panel De Visualización.

Una vez descargado el algoritmo de control en el PLC y correcto funcionamiento del mismo y del HMI en la KTP 400, se verifica que existe comunicación entre ellos, evidenciando que los parámetros del proceso se muestran en la interface gráfica, y que los mismos al ser modificados desde la interface gráfica, se ven reflejados en el proceso (Figura 4.8).



Figura 4.8. Comunicación entre PLC y la KTP 400.

Fuente: Investigación de campo.

4.5. Pruebas de sensores y actuadores.

Una vez conectado los sensores se verifica que la señal de los mismos esté llegando al PLC, para lo cual primero se constata de la señal de activación de cada uno de ellos, como se muestra en la figura 4.9.



Figura 4.9. Sensores activados.

Fuente: Investigación de campo.

Ya comprobado que los sensores se estén activando, se verifica que el PLC este leyendo dicha señal, para lo cual se pone en modo online la PC con el PLC, comprobando en las variables del algoritmo de control el estado de la señal de cada uno de los sensores, como se muestra en la figura 4.10.

16	 SEN MOLDE ABIERTO	Bool	%I9.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE
17	 SEN MOLDE CERRADO	Bool	%I9.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
18	 SEN CARRO ARRIBA	Bool	%I9.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE
19	 SEN CARRO ABAJO	Bool	%I9.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
20	 SEN PIN ARRIBA	Bool	%I9.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE
21	 SEN PUERTA	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
22	 SEN FRENO CARRO ARRIBA	Bool	%I9.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> FALSE
23	 SEN FRENO CARRO ABAJO	Bool	%I9.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE

Figura 4.10. Variables del algoritmo de control.

Fuente: Investigación de campo.

4.6. Pruebas Generales de operatividad de la máquina.

Se realizó pruebas de operatividad del tablero de mando, para comprobar el correcto funcionamiento del mismo, obteniendo de dichas pruebas los siguientes resultados:

Primero se empezó en el modo manual, se realizó el encendido y apagado de la bomba hidráulica que alimenta a las electroválvulas, procediendo a probar cada una de ellas, de la siguiente manera:

- Apertura y cierra el molde
- Subir y bajar el carro
- Activación de los frenos al subir y bajar carro.

Obteniendo una prueba exitosa, ya que los mismo trabajan de forma exitosa.

Una vez comprobado los actuadores hidráulicos, se abre la válvula de paso de aire en modo manual, para comprobar los actuadores neumáticos, realizando las siguientes pruebas:

- Subir y bajar el pin de soplado
- Activar el soplado.
- Cuchilla de corte del parison

Obteniendo de las prueba un correcto funcionamiento de cada uno de ellos.

Posteriormente se realizó la prueba de la condición de protección del pin de soplado, la misma que consiste en que si el pin se soplado se encuentre abajo, el carro no se puede mover hasta que el pin este nuevamente arriba, obteniendo un correcto funcionamiento de dicha prueba.

Todas estas pruebas realizadas anteriormente se realizaron satisfactorias, por lo tanto se procedió a probar el modo automático, en primer lugar hay que seleccionar el tipo de envase, el tipo de envase con el que se arrancó la prueba fue el “Galón Lechero”, con los principales tiempos de trabajo como lo son:

- Retardo al presoplado
- Tiempo de soplado
- Tiempo de aire de escape
- Retardo a bajar el carro

La secuencia de funcionamiento se realizó con éxito, y posteriormente se siguió probando el funcionamiento de los demás tiempos programados como son:

- Retardo al subir carro.
- Retardo de manga.
- Retardo de soplado de manga.
- Tiempo de soplado de manga.
- Retardo de corte.
- Tiempo de corte (doble corte).
- Retardo en abrir molde.

Dichos tiempos mencionados trabajo correctamente, por lo que se procedió a colocar el material y probar ya de forma real, obteniendo el envase terminado, como se muestra en la figura 4.11.



Figura 4.11. Envase Galón Lechero 3785 CC.

Fuente Investigación de campo.

Dicho envase se sopló con los siguientes tiempos, que se muestra en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Tabla de tiempos de trabajo.

Elaborado por: Cristian Alvarez

Parámetro	Tiempo
Retardo de soplado	0,5 s
Tiempo de soplado	12 s
Tiempo de escape	0,6 s
Retardo en abrir molde	0 s
Retardo en subir molde	0 s
Retardo de manga	0 s
Retardo de corte	0 s
Tiempo de corte (doble corte)	0 s
Retardo en bajar carro	0,1 s
Retardo de soplado de manga	0,5 s
Tiempo de soplado de manga	1 s

4.7. Calibración de la máquina para un normal funcionamiento.

En la ventana “Envases” del Panel View, muestra los diferentes tipos de envases que se producen en dicha máquina, con la finalidad que el operador seleccione cualquiera de ellos, y el algoritmo de control del PLC, cargue automáticamente los tiempos del proceso para cada tipo de envase, de modo que se facilite al operador la puesta en marcha, en cada cambio de molde.

Para lo cual se calibro los tiempos de cada tipo de envase, garantizando que en cada uno de ellos el envase cumpla las características necesarias de calidad, reduciendo tiempos muertos en la calibración manual que se realizaba antes parte del operario y aumentando la productividad de la máquina.

4.8. Pruebas del control remoto vía internet.

Una vez comprobado su funcionalidad y calibrado los tiempos para cada tipo de envases, se pone en operación el Run Time del proceso en la PC conectada a la red de comunicación entre PC, PLC S7-1200 y TKP 400 color, para que el Run Time supervise las variables del algoritmo de control del PLC y las mismas también se actualice en el panel view (Figura 4.12).



Figura 4.12. Run Time del proceso.

Fuente: Investigación de campo.

Comprobado el funcionamiento del Run Time desde la PC conectada a la red de comunicación con los equipos de control e instalado el software

TeamViewer; se realiza la prueba de control remoto desde otra PC con acceso internet y también instalado el software de control remoto, para lo cual desde la PC en la que se desea tener el control de proceso se ejecuta el TeamViewer y se ingresa el ID y la contraseña de PC donde se está corriendo el Run Time del proceso (Figura 4.13).

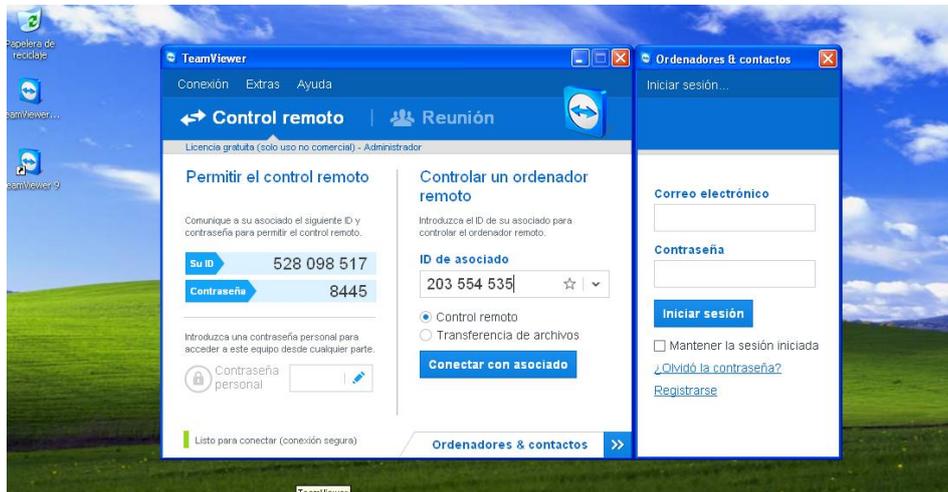


Figura 4.13. ID y contraseña de la PC del Run Time.

Fuente: Investigación de campo.

Establecido el control remoto desde otra PC, muestra en la pantalla de la misma, el Run Time de la PC conectada a la red de comunicación con los otros dispositivos, permitiéndome supervisar el proceso remotamente (Figura 4.14).



Figura 4.14. Control Remoto vía internet desde otra PC.

Fuente: Investigación de campo.

Además dicho control remoto me permite modificar el algoritmo de control del PLC, ya que se puede acceder al programa TIA PORTAL realizar cualquier cambio y volverlo a cargar al PLC y de igual forma con el diseño del HMI de la KTP 400 si estar presente el proceso, facilitando tareas de mantenimiento (Figura 4.15).

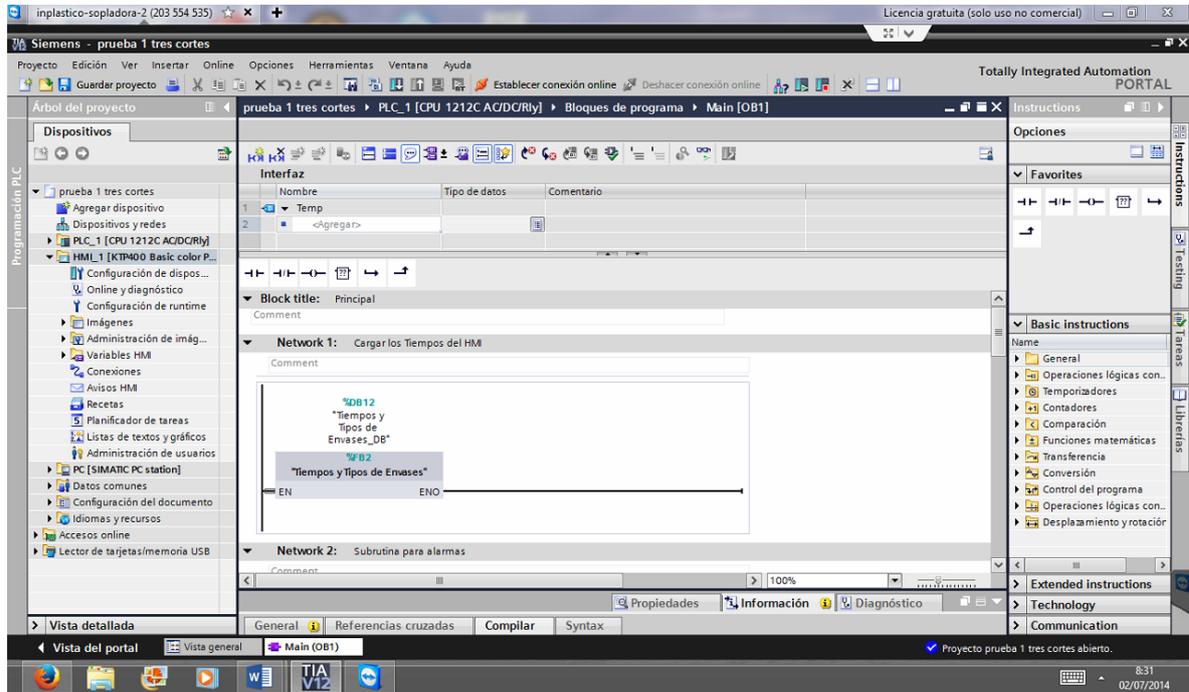


Figura 4.15. Acceso al algoritmo de control desde otra PC.

Fuente: Investigación de campo.

4.9. Análisis Técnico- Económico.

En la tabla 4.2, se muestran los costos que género el presente proyecto.

Tabla 4.2. Tabla de costos de los equipos.

Elaborado por: Cristian Alvarez

Cantidad	Elementos	Precio
1	Tablero Eléctrico	\$ 150,00
1	STARTER KIT SIMATIC S7-1200	\$ 1.250,00
1	Módulo de señales 16DI a 24VDC /6DO Relé	\$ 485,00
1	Fuente LOGO 24VDC / 2.5 A	\$ 107,00
1	Compact Switch CSM 1277	\$ 216,00
15	Bornera Fusible UT4-Hesi 250 VAC	\$ 162,96
	CONTINUA	

10	Bornera UT16	\$ 21,20
60	Bornera UT4MM 26-10 AWG	\$ 64,80
10	Bornera UT4BU	\$ 11,20
400	Terminal puntera Al 1-8 RD 18 AWG	\$ 94,40
300	Terminal puntera Al 2.5-8 GY 14 AWG	\$ 8,76
100	Terminal puntera Al 10-12RD 8 AWG Rojo	\$ 7,90
1	Fuente Phoenix Contact Trio 24 VDC 5A	\$ 131,21
1	UT 6-TMC M 1A Interruptor de Protección	\$ 23,55
11	PLC-RSC-24DC/21 - Phoenix Contact	\$ 140,36
2	FBS 5-6- Phoenix Contact	\$ 3,10
1	UT 6-TMC M 0.5A Interruptor de Protección	\$ 23,54
1	UT 6-TMC M 1A Interruptor de Protección	\$ 23,54
2	UT 6-TMC M 2A Interruptor de Protección	\$ 47,09
1	Breaker Siemens 2 polos 1A	\$ 19,44
1	Breaker Siemens 2 polos 4A	\$ 19,44
4	Breaker Siemens 2 polos 16A	\$ 50,76
5	Amperímetros Camsco 25A 72x72mm	\$ 60,00
1	Amperímetros Camsco 10A 72x72mm	\$ 12,00
10	Bornera UT 4RD	\$ 11,20
25	Bornera UT 4BK	\$ 28,00
12	Bornera DIK 1,5	\$ 39,94
4	Puente EB10-DIK BU	\$ 6,08
22	Fusibles Rápidos 1A 20mm	\$ 6,86
3	Contactador LG GNC 32A 220VAC	\$ 96,19
2	Luz piloto 22mm Led 24VDC Verde	\$ 3,20
7	Selector 2 Posiciones Camsco 22mm	\$ 12,67
4	Selector 3 Posiciones Camsco 22mm	\$ 9,74
5	Pulsador Camsco Monoblock Verde	\$ 7,41
1	Pulsador Camsco Monoblock Rojo	\$ 1,48
2	Control de temperatura Camsco	\$ 180,00
1	Termocupla Camsco	\$ 8,80
1	Cajetín cuadrado 40x40mm	\$ 1,75
2	Riel Dim NS35/7.5 2MTS	\$ 25,05
4	Canaleta Dexson 40x40 ranurada Gris	\$ 20,77
3	Barra de cobre 1/8 x 1"	\$ 56,76
6	Superflex 4 AWG	\$ 24,43
6	Superflex 8 AWG	\$ 9,86
60	Cable Flexible 14	\$ 23,95
80	Cable Flexible 18	\$ 14,61
1	Ventilador con filtro 230VAC 124x124mm	\$ 19,27
	CONTINUA	

6	Aislador de barra Camsco 25 mm	\$ 5,50
3	Tubo Termo compresible plano 80°C	\$ 0,60
20	Caja de Marquilla 1-20, V	\$ 23,00
1	Placa grabada de acero inoxidable	\$ 150,00
1	Caja de Policarbonato	\$ 15,00
50	Pernos M5	\$ 24,00
Total		\$ 3.959,38

Por lo tanto el gasto para el presente proyecto es de \$3.959,38, el cual está dentro del presupuesto destinado para este proyecto.

Se realiza una evaluación financiera del presente proyecto con la finalidad de conocer que tal rentable fue este proyecto, para lo cual nos valemos de dos herramientas financieras como lo son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

4.9.1. Valor actual neto (VAN)

Es el procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión del proyecto.

$$VAN = -I_{INI} + \sum_{t=1}^n \frac{V_{tc}}{(1+i)^t} \quad \text{EC.4.1}$$

Donde:

- VAN : Valor actual neto.
- $-I_{INI}$: Inversión inicial.
- n : número de periodos.
- t : Periodo.
- V_{tc} : Valor actualizado de flujos de caja para cada periodo.
- i : Tasa de inflación.

Para el análisis se toma como referencia la producción del envase galón lechero antes de ser realizado el presente proyecto, para lo cual la empresa tiene los siguientes costos para la producción anual, que se muestra en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Costos de producción.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

GASTOS EN LA PRODUCCIÓN	
ITEM	Valor
Materia Prima	\$ 613.200,00
Mano de Obra	\$ 4.800,00
Energía	\$ 1.000,00
Mantenimiento	\$ 1.000,00
Total de Costo	\$ 620.000,00
PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN	
Tiempo de ciclo (segundos)	20
Envases por hora	180
Envase por día	4320
Déficit de producción	5%
Envases por año	1497960
Precio del envase	\$ 0,45
Ventas de los Envases	\$ 674.082,00
Valor Neto	\$ 54.082,00

Una vez realizado el proyecto, se toma como referencia la producción del envase galón lechero, para lo cual se proyecta con los siguientes costos para la producción anual, que se muestra en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Costos de producción, culminado el proyecto.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

GASTOS EN LA PRODUCCIÓN	
ITEM	Valor
Materia Prima	\$ 638.750,00
Mano de Obra	\$ 4.800,00
Energía	\$ 9.000,00
Mantenimiento	\$ 500,00
Total de Costo	\$ 653.050,00
PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN	
Tiempo de ciclo (segundos)	19
Envases por hora	189,4736842
Envase por día	4547,368421
Déficit de producción	5%
Envases por año	1576800
Precio del envase	\$ 0,45
Ventas de los Envases	\$ 709.560,00
Valor Neto	\$ 56.510,00

Se muestra que bajan los precios en el mantenimiento y energía, debido a que máquina opera correcta y eficientemente, además se refleja una mejora en el tiempo de ciclo de trabajo, bajando de 20 segundos que se demoraba en realizar el envase a 19 segundos, produciendo más envases en el año, lo que significa más ganancia, y lógicamente se incrementa el gasto en la materia primo por el aumento en producción pero dicho incremento se ve justificado con la ganancia, como se muestra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Ganancia mejorando el ciclo de trabajo.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

Producción anterior	\$ 54.082,00
Producción nueva	\$ 56.510,00
Ganancia adicional	\$ 2.428,00

Para el cálculo del VAN, se proyecta los cálculos para 5 años con una tasa de inflación de 10% anual, como se muestra en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Cálculo del VAN

Elaborado por: Cristian Alvarez.

n	0	1	2	3	4	5
Io	\$ 3.959,38					
Vtc		\$ 56.510,00	\$ 62.161,00	\$ 68.377,10	\$ 75.214,81	\$ 82.736,29
i	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%
(1+i)^t	\$ 1,00	\$ 1,10	\$ 1,21	\$ 1,33	\$ 1,46	\$ 1,61
Flujo de caja proyecto		\$ 51.372,73	\$ 51.372,73	\$ 51.372,73	\$ 51.372,73	\$ 51.372,73
VAN	\$ 252904,26					

Como muestra en la tabla 4.6, el VAN es mayor que la inversión inicial, por lo que va producir ganancia y por lo tanto el proyecto fue beneficioso.

4.9.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es, la tasa que igual el valor presente neto (VAN) a cero, el TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad.

$$-I_{INI} + \sum_{t=1}^n \frac{V_{tc}}{(1+i)^t} = 0 \quad \text{EC.4.2.}$$

En la misma de muestra la tasa interna de retorno para el presente proyecto, como se muestra en la tabla 4.7.

Tabla 4.7. Calculo del TIR.

Elaborado por: Cristian Alvarez.

n	0	1	2	3	4	5
Io	\$ 3.959,38					
Vtc		\$ 56.510,00	\$ 62.161,00	\$ 68.377,10	\$ 75.214,81	\$ 82.736,29
i	1437,24%	1437,24%	1437,24%	1437,24%	1437,24%	1437,24%
(1+i)^t	\$ 1,00	\$ 1,10	\$ 1,21	\$ 1,33	\$ 1,46	\$ 1,61
Flujo de caja proyecto	-\$ 3.959,38	\$ 51.372,73	\$ 51.372,73	\$ 51.372,73	\$ 51.372,73	\$ 51.372,73
VAN	0,00					

Se aprecia que el TIR es de alto mayor que la tasa de asumida, por lo que el proyecto es rentable.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Una vez concluido el proyecto se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La repotenciación de la máquina sopladora, mediante la implementación de un PLC, un panel view y el control remoto del proceso desde internet, cumplió los objetivos de obtener un mejor control de los sistemas neumáticos e hidráulicos que posee la misma, incrementando más tiempos en las etapas del proceso, los cuales ayudan a mejorar la calidad del envase, estos se encuentran pre-cargados en una lista de los envases, que se tiene acceso de forma local o remota, aumentando la productividad e la máquina.
- Se determinó los ciclos que garantizan la fiabilidad, los cuales son: el calentamiento del polipropileno, la fundición, la extrusión, el corte, el soplado, el moldeado, el enfriamiento del material y finalmente la liberación del envase.
- El mantenimiento correctivo realizado en los elementos que presentaban daños significativos, reduce tiempos muertos en paradas no programadas por concepto de fallos de los mismos, dichos daños fueron: el cambio de retén del reductor de velocidad, arreglo de fugas en el sistemas neumático, cambio de pistón de la cuchilla de corte, reparación de fugas de aire en el pistón de soplado y engrasamiento periódico de los elementos móviles.
- Un nuevo sistema de potencia y control, brindaba las seguridades necesarias tanto para el operario como para la máquina, diseñando una tarjeta de control para comandar la bomba hidráulica, los actuadores neumáticos e hidráulicos; las zonas de temperatura están comandadas por contactores; además un variador de velocidad

para el motor del tornillo extrusor; cabe mencionar que cada elemento tiene su respectiva protección y que en el montaje de los elementos del sistema eléctrico se separó lo que es potencia y control.

- Se sustituyó el control por relés que tenía la máquina el cual generaba problema y no era tan seguro por mucha manipulación en ellos, por un PLC S7-1200 CPU 1212, el cual simplifica su control, garantiza el normal funcionamiento del ciclo, es flexible ante cambios en el proceso de funcionamiento y permite implementar un panel de visualización KTP 400 color, donde permite acceder a los parámetros de control del PLC de manera sencilla y amigable con el operador.
- El algoritmo de control, el cual controla a los actuadores del proceso, optimiza tiempos en las diferentes etapas del proceso aumentando la calidad del envase, precarga tiempos para cada tipo de envases que produce la máquina, proporciona un sistema de alarmas que avisa al operador de fallas que se está generando, y brinda seguridades que garantiza el bienestar del operario y de la máquina.
- Un interface gráfica HMI diseñado, amigable y de fácil uso para el operario, muestra el estado actual de los elementos de la máquina, visualiza mensajes de alarmas, y tipo de envase a producir de forma que carga los tiempos de ciclo en el PLC, los mismos que se visualizan en la pantalla y son modificables, con la finalidad de reduciendo tiempos muertos en calibrar dichos parámetros según el envase a producir.
- Las pruebas funcionamiento realizadas del PLC, panel de visualización, sistemas neumáticos e hidráulicos, garantizan el normal funcionamiento de la máquina.

- La supervisión remota del proceso se implementó con la ayuda del Run Time del software TIA PORTAL V12 en donde se diseñó el scada del proceso, el mismo que es controlado remotamente vía internet desde otro computador, mediante el software TeamViewer.
- Con la supervisión remota vía internet, el proceso obtiene un nivel más en la pirámide de la automatización, que ayuda en tareas de supervisión, control y soporte técnico sin la necesidad de que el personal de mantenimiento esté presente en la máquina, minimizando tiempos muertos y la puesta en marcha de forma inmediata.
- Se puede acceder a la supervisión remota del proceso desde cualquier PC o inclusive desde un dispositivo móvil Android, iPhone, iPod touch, iPad, para Windows Phone 8, debido a que la aplicación TeamViewer se encuentra disponibles para dichos dispositivos.
- En la supervisión remota no solo se puede interactuar con el HMI del proceso y sus parámetros, sino que también permite ingresar al software de programación del PLC y panel de visualización “TIA PORTAL”, pudiendo reprogramar a dichos elementos sin estar conectados directamente a ellos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para operar la máquina se siga las instrucciones de operación que indica el manual de usuario.
- Cuando se arranque la máquina, primero se prendan la zonas de calentamiento del tornillo extrusor y en los controles de temperatura (Pirómetros) de cada uno de ellos, se suba la temperatura hasta unos 175 °C, con la finalidad de que el cañón extrusor este lo suficientemente caliente cuando el material pase por el mismo; y ya una vez que el material empezó a circular, las temperaturas se las

baje a un promedio de 150 °C, excepto la zona de la punta que se le deja en un promedio de 140 °C, para evitar que la manga se pegue después del corte.

- Al momento de encender la extrusor, primero verificar en los controles de temperatura de cada zona y en el cañón que la temperatura haya alcanzado la temperatura de arranque, y que la velocidad del extrusor este en 0, para ir aumentando progresivamente y evitar que el tornillo se esfuerce y la corriente suba en exceso.
- Para realizar mantenimiento en el algoritmo de control, verificar que la configuración de la IP de la PC a ser conectada a la red, este el mismo IP de la red.
- Al momento de realizar mantenimiento o cambio de molde, cerrar la llave de paso de aire para evitar cualquier accidente con los pines neumáticos.
- Para tener una regulación del espesor de manga (Parison) para cada envase de forma automática, se recomienda colocar un servomotor acoplado al controlador de parison, con la finalidad de mejorar la calidad del envase, eliminar tiempos muertos debido a la calibración manual por parte del operador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros:

- Ramos. (2002). Extrusión de plásticos, principios básicos. México: Limusa.
- Anguita R. (1977). Extrusión de Plásticos. Madrid: H. Blume
- Robert. (2001). Curso de soplado de plástico. México: Mission Hills
- Robert. (2001). Curso de soplado de plástico. México: Mission Hills.
- Manual de operación sopladora Hesta HLS 730. Pág. 6-6.
- S7-1200. (2012). Manual de Sistema S7 1200. Alemania
- Bolton W. (2001). Ingeniería de control (2a. ed.). México: AlfaOmega.
- Folleto S7-1200. Alemania.
- TIA PORTAL. (2012). Manual WinCC Basic. Alemania.

Linkografía:

- Amores J. & Ramírez E. (s.f). Diseño e implementación de un sistema de supervisión de una máquina sopladora de plástico mediante un panel de visualización para la empresa NS Industrias. Recuperado el 26 de Febrero del 2014, desde <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6411/1/T-ESPEL-0895.pdf>
- Calderón R. (s.f). Propuesta de un programa de mantenimiento general para moldes en el departamento e inyección en la empresa Induplastic s. a. Recuperado el 1 de Marzo del 2014, desde http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1537_IN.pdf
- Máquinas sopladoras de botellas. (s.f). Recuperado el 2 de Marzo del 2014, desde <http://www.sopladorasdebotella.info>
- APEX. (2014). Recuperado el 6 de Marzo del 2014, desde <http://blowmolding.org/>

- Materiales de uso técnico. (s.f). Recuperado el 8 de Marzo del 2014, desde http://elodltecnologia.blogspot.com/2013_03_01_archive.html
- Feedscrews. (2014). Recuperado el 10 de Marzo del 2014, desde <http://www.feedscrews.com/listnews/36>
- Feedscrews. (2014). Recuperado el 10 de Marzo del 2014, desde <http://www.feedscrews.com/listnews/36>
- PLC. (s.f). Recuperado el 13 de Marzo del 2014, desde http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo4.pdf
- Wisegeel. (2014). Recuperado el 17 de Marzo del 2014, desde <http://www.wisegeek.com/what-is-human-machine-interface.htm>
- Interface Hombre- Máquina. (s.f). Recuperado el 17 de Marzo del 2014, desde <http://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/SW%20para%20aplicaciones%20Industriales%20I/Teoria/3%20Interfaz%20Hombre-maquina.pdf>
- Control y Automatización. (s.f). Recuperado el 25 de Marzo del 2014, desde <http://www.schneider-electric.com.co/sites/colombia/es/productos-servicios/automatizacion-control>

ANEXOS

- ANEXO A: ESQUEMÁS ELÉCTRICOS DE POTENCIA Y CONTROL.**
- ANEXO B: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS.**
- ANEXO C: CALIBRE DE ALAMBRE AWG.**
- ANEXO D: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS DE LA TARJETA DE CONTROL.**
- ANEXO E: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SENSORES.**
- ANEXO F: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS FUENTES DE VOLTAJE.**
- ANEXO G: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PLC.**
- ANEXO H: ESPECIFICACIONES TÉCNICA DE MÓDULOS DEL PLC.**
- ANEXO I: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PANEL DE VISUALIZACIÓN.**
- ANEXO J: PLANOS DEL TABLERO ELÉCTRICO.**
- ANEXO K: PLANOS DEL PANEL DE OPERADOR.**
- ANEXO L: PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS EN EL TABLERO ELÉCTRICO.**
- ANEXO M: ALGORITMO DE CONTROL DEL PLC S7 1200 CPU 1212.**
- ANEXO N: MANUAL DE OPERADOR.**