



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
EL PROCESO DE LLENADO, TAPADO Y PALETIZADO DE
GRANOS EN FRASCOS DE CRISTAL”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR: CHRISTIAN ALEXANDER TORRES URQUIZO

DIRECTOR: Ing. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

Riobamba – Ecuador

2021

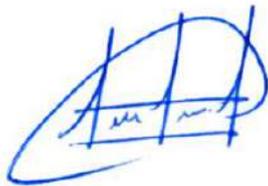
© 2021, **Christian Alexander Torres Urquizo.**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, CHRISTIAN ALEXANDER TORRES URQUIZO declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de diciembre de 2021.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized, cursive script that appears to read 'Christian Alexander Torres Urquizo'. The signature is enclosed within a large, hand-drawn blue oval.

Christian Alexander Torres Urquizo

060426779-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE LLENADO, TAPADO Y PALETIZADO DE GRANOS EN FRASCOS DE CRISTAL**, realizado por el señor: **CHRISTIAN ALEXANDER TORRES URQUIZO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Pablo Eduardo Lozada Yánez. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	Firmado digitalmente por PABLO EDUARDO LOZADA YANEZ 	22 de diciembre de 2021
Ing. Marco Antonio Viteri Barrera. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	MARCO ANTONIO VITERI BARRERA  Firmado digitalmente por MARCO ANTONIO VITERI BARRERA Fecha: 2021.12.22 18:10:54 -05'00'	22 de diciembre de 2021
Ing. Jorge Luis Paucar Samaniego. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: JORGE LUIS PAUCAR SAMANIEGO	22 de diciembre de 2021

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi Papá Arnaldito que me guía desde el cielo y que nunca me ha abandonado desde el momento que partió, aquel padre que forjó en mí los valores de un hombre correcto y que me dejó con muchas enseñanzas para toda la vida, jamás lo voy a olvidar. También a mi mamita Irma y a Marcelo que siempre han estado junto a mí en las buenas y en las malas y quienes son un ejemplo de personas persistentes y trabajadoras para apoyarme de principio a fin en mi formación académica y en todas las metas que me he propuesto, también a mi familia que son un pilar fundamental de apoyo en todos mis logros realizados y quienes me aconsejan en base a su amor y a su experiencia en la vida como mi abuelita Marina, mi abuelito Luis, mis tías Verónica, Jimena y Belén, mis primos Stiven, Camila y Andrea, mis tíos Rolando, Edison y Amado. También a mi señor padre Christian Manuel Torres Andrade que aunque el destino nos tiene distantes, alguna vez fue responsable y un buen papá.

Christian

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de llegar a convertirme en un profesional y por las habilidades que me brindó en el área de la Ingeniería, Música y Deportes, donde he conseguido muchos logros a nivel local y nacional. También agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo donde realicé mi formación académica de manera eficaz y adquiriendo no solo conocimientos científicos sino también de valores y ética indispensables en un mundo laboral y de competencias. También a todos mis profesores que con su enseñanza y empeño me transmitieron muchos conocimientos que me servirán en su aplicabilidad para toda la vida, de igual manera agradecer al Ing. Marco Viteri que con su ayuda y paciencia pude culminar este trabajo de manera correcta y con optimismo en su realización, también al Ing. Jorge Paucar por su colaboración para que este proyecto sea posible.

Christian

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES.	xix
ÍNDICE DE ANEXOS.	xxi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xxii
RESUMEN.....	xxiii
SUMMARY	xxiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Sistematización del Problema	2
1.2. Justificación del Trabajo de Titulación.....	2
1.2.1. <i>Justificación Teórica</i>	2
1.2.2. <i>Justificación Aplicativa</i>	2
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1. Automatización Industrial.....	5
2.1.1. <i>Generalidades de la Automatización</i>	6
2.2. Controladores Lógicos Programables	6

2.2.1.	<i>Introducción</i>	6
2.2.2.	<i>Tipos de PLC</i>	7
2.2.3.	<i>Parámetros de Selección del PLC</i>	8
2.2.3.1.	<i>PLC Siemens.</i>	8
2.2.3.2.	<i>PLC de Schneider Electric</i>	11
2.2.3.3.	<i>PLC de Allen Bradley</i>	12
2.2.3.4.	<i>Veredicto de Selección del PLC</i>	12
2.2.4.	<i>Características del PLC Siemens</i>	13
2.2.5.	<i>Arquitectura del PLC Siemens</i>	14
2.2.6.	<i>Sistema de Entradas y Salidas del PLC Siemens</i>	15
2.2.7.	<i>Módulos de Ampliación para el PLC Siemens</i>	16
2.2.8.	<i>Lenguaje de Programación para el PLC Siemens</i>	17
2.2.8.1.	<i>Lenguaje Ladder</i>	18
2.2.8.2.	<i>GRAFSET</i>	19
2.3.	<i>HMI Delta</i>	20
2.3.1.	<i>Características del HMI DELTA</i>	21
2.3.2.	<i>Normas ISA 101 para el Diseño del HMI</i>	21
2.3.3.	<i>Entornos de Programación del HMI</i>	22
2.4.	<i>Procesos Industriales Secuenciales</i>	23
2.4.1.	<i>Proceso de Dosificado</i>	23
2.4.2.	<i>Proceso de Tapado</i>	23
2.4.3.	<i>Proceso de Paletizado</i>	24
2.5.	<i>Actuadores Electroneumáticos</i>	24
2.5.1.	<i>Cilindros Neumáticos</i>	24
2.5.1.1.	<i>Cilindro Twin</i>	25
2.5.2.	<i>Válvulas</i>	25
2.5.2.1.	<i>Válvulas Reguladoras Neumáticas</i>	25
2.5.2.2.	<i>Válvula Solenoide 5/2</i>	26
2.5.3.	<i>Generadores de Vacío.</i>	26

2.5.4.	<i>Placa Base de Válvula Solenoide con 3 Estaciones</i>	27
2.5.5.	<i>Actuador de Giro</i>	27
2.5.6.	<i>Racores</i>	28
2.5.7.	<i>Filtro de Aire Regulador</i>	28
2.6.	Sensores	29
2.6.1.	<i>Ópticos</i>	29
2.6.2.	<i>Magnéticos</i>	30
2.6.3.	<i>Inductivo</i>	31
2.7.	Motores DC	31
2.8.	Módulo de Relés	33
2.9.	Transformador de Fuente de Alimentación Conmutada AC110/220V	33
2.10.	Breakers	34
2.11.	Transformador de 112 VAC	35
2.12.	Tableros Eléctricos	35
2.12.1.	<i>Tableros de Control</i>	36
2.12.1.1.	<i>Normas de Implementación de Tableros de Control</i>	37
2.13.	Softwares a utilizarse para el Diseño de la Estación Automatizada	39
2.13.1.	<i>Software de Diseño de Piezas AUTODESK INVENTOR</i>	40
2.13.2.	<i>Software de Diseño de Circuitos Eléctricos PROTEUS</i>	40
2.13.3.	<i>Software de Programación del PLC Siemens TIA PORTAL</i>	41
2.13.4.	<i>Software de Programación DOPSOFT Delta para el HMI</i>	41
2.13.5.	<i>Software de Diseño del Tablero Eléctrico CADE SIMU</i>	42

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	43
3.1.	Generalidades de los Granos Secos	43
3.1.1.	<i>Parámetros de Selección de los Granos Secos</i>	43
3.2.	Uso del Pallet ante los Sensores Industriales	45
3.3.	Parámetros de Selección de los Frascos de Cristal	45

3.3.1.	<i>Consideraciones de Diseño de los Frascos de Cristal</i>	45
3.3.2.	<i>Tamaño y Adaptación de los Frascos a la Estación Automatizada</i>	46
3.4.	Requerimientos del Sistema	47
3.5.	Concepción del Sistema	47
3.5.1.	<i>Consideraciones de Diseño</i>	47
3.5.2.	<i>Esquematización General del Sistema</i>	48
3.6.	Diseño del Hardware del Sistema	49
3.6.1.	<i>Caracterización de la Etapa de Transporte de la Estación Automatizada</i>	49
3.6.1.1.	<i>Trayectoria del Sistema de Transporte</i>	49
3.6.1.2.	<i>Parametrización de Motores dentro del Sistema de Transporte</i>	50
3.6.2.	<i>Diseño de Piezas de la Estación Automatizada en Autodesk Inventor.</i>	51
3.6.2.1.	<i>Elementos Base de la Estación Automatizada</i>	52
3.6.2.2.	<i>Etapa de Llenado</i>	56
3.6.2.3.	<i>Etapa de Tapado</i>	61
3.6.2.4.	<i>Etapa de Paletizado</i>	64
3.6.3.	<i>Montaje Físico de las Etapas de la Estación Automatizada.</i>	68
3.6.3.1.	<i>Montaje de los Elementos Base</i>	68
3.6.3.2.	<i>Montaje de la Etapa de Llenado</i>	69
3.6.3.3.	<i>Montaje de la Etapa de Tapado</i>	70
3.6.3.4.	<i>Montaje de la Etapa de Paletizado</i>	71
3.6.4.	<i>Diseño de los Circuitos Eléctricos de los Motores</i>	72
3.6.4.1.	<i>Circuito del Motor Unidireccional</i>	72
3.6.5.	<i>Diseño del Tablero de Control en CADE SIMU</i>	73
3.6.5.1.	<i>Esquema de Conexión Eléctrico del Tablero de Control</i>	74
3.6.6.	<i>Montaje del Tablero de Control</i>	75
3.6.7.	<i>Montaje Físico de los Motores</i>	77
3.6.7.1.	<i>Conexión del Motor Unidireccional</i>	77
3.6.8.	<i>Montaje del Tablero de Control dentro de la Estación Automatizada</i>	78
3.6.9.	<i>Montaje de la Botonera dentro del Gabinete</i>	79

3.6.9.1.	<i>Montaje del HMI dentro de la Estación Automatizada</i>	81
3.6.10.	<i>Montaje Final la Estación Automatizada</i>	82
3.7.	Diseño del Software del Sistema	83
3.7.1.	<i>Bloques y Diagramas de Flujo para cada Etapa de la Estación Automatizada</i>	83
3.7.1.1.	<i>Esquematización General del Sistema en Bloques</i>	83
3.7.1.2.	<i>Diagrama de Flujo de la Etapa de Llenado</i>	84
3.7.1.3.	<i>Diagrama de Flujo de la Etapa de Tapado</i>	85
3.7.1.4.	<i>Diagrama de Flujo de la Etapa de Paletizado</i>	86
3.7.1.5.	<i>Diagrama de Flujo Compacto de todas las Etapas del Sistema</i>	87
3.7.2.	<i>Planteamiento del GRAFCET de Funcionamiento de la Estación Automatizada</i> ..	88
3.7.2.1.	<i>Ecuaciones Equivalentes del GRAFCET</i>	92
3.7.3.	<i>Diseño y Programación del HMI en DOPSoft Delta</i>	95

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	100
4.1.	Cronograma de Pruebas del Sistema	100
4.1.1.	<i>Especificaciones de Pruebas.</i>	100
4.2.	Ejecución de Pruebas del Sistema	101
4.2.1.	<i>Prueba de Calibración del Sistema</i>	101
4.2.2.	<i>Prueba de Funcionamiento de los Motores de la Pista de Transporte</i>	103
4.2.3.	<i>Prueba de la Etapa de Llenado</i>	105
4.2.4.	<i>Prueba de la Etapa de Tapado</i>	109
4.2.5.	<i>Prueba de la Etapa de Paletizado</i>	111
4.2.6.	<i>Prueba del Funcionamiento del HMI</i>	112
4.2.7.	<i>Evaluación General del Funcionamiento del Sistema</i>	115
4.3.	Análisis y Comparación de Costos del Sistema	118
	CONCLUSIONES	119
	RECOMENDACIONES	120

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Datasheet del PLC Siemens S7-1214.	9
Tabla 2-2:	Elementos del Lenguaje LADDER.	18
Tabla 3-2:	Datos Eléctricos del Motor DC.....	32
Tabla 4-2:	Datos Mecánicos del Motor DC.	33
Tabla 5-2:	Espesor Mínimo de las Planchas de Acero.....	39
Tabla 6-2:	Distancias entre Partes Energizadas Dentro de un Tablero.	39
Tabla 1-3:	Dimensiones de los Frascos de Cristal.	46
Tabla 2-3:	Elementos y Piezas a Diseñarse para la Estación Automatizada.....	52
Tabla 3-3:	Medidas de la Base Contenedora.....	53
Tabla 4-3:	Medidas de la Rueda Dentada.	54
Tabla 5-3:	Medidas del Pallet.	54
Tabla 6-3:	Medidas del Aluminio Base.....	55
Tabla 7-3:	Medidas del Acople para el Aluminio Base	55
Tabla 8-3:	Medidas del Cuerpo del Cilindro Twin	56
Tabla 9-3:	Medidas de la Placa de Empuje (Color Negro).	57
Tabla 10-3:	Medidas de la Placa Base	57
Tabla 11-3:	Medidas del Recipiente de Dosificación	58
Tabla 12-3:	Medidas de la Base de Agarre para el Recipiente de Dosificación	58
Tabla 13-3:	Medidas de la Placa Inferior del Almacenador de Granos.	59
Tabla 14-3:	Medidas de la Placa Superior del Almacenador de Granos.....	59
Tabla 15-3:	Medidas del Almacenador de Granos.....	60
Tabla 16-3:	Medidas del Almacenador de Tapas.....	61
Tabla 17-3:	Medidas de la Placa de la Etapa de Tapado.....	61
Tabla 18-3:	Medidas del Encuadre para el Cilindro Twin	62
Tabla 19-3:	Medidas del Acople para el Cilindro Twin.....	62
Tabla 20-3:	Medidas del Sensor Óptico.....	63
Tabla 20-3:	Medidas Base que Sostiene el Almacenador de Tapas.....	63

Tabla 20-3:	Medidas de la Válvula Solenoide 5/2.....	65
Tabla 21-3:	Medidas de la Base para Sostener la Ventosa.....	65
Tabla 21-3:	Medidas de la Ventosa.....	66
Tabla 22-3:	Medidas del Generador de Vacío	66
Tabla 23-3:	Medidas del Actuador de Giro.....	67
Tabla 24-3:	Medidas de la Placa Base de 3 Estaciones.....	67
Tabla 25-3:	Dispositivos Electrónicos del Tablero de Control	74
Tabla 26-3:	Elementos Mecánicos del Tablero de Control	74
Tabla 27-3:	Elementos de la Botonera	79
Tabla 28-3:	Variables de Entrada, Salida, Memorias y Temporizadores.....	88
Tabla 29-3:	Variables de los Sensores y Cilindros	89
Tabla 1-4:	Tipos de Pruebas del Sistema	100
Tabla 2-4:	Resultados de las Pruebas de los Sensores	101
Tabla 3-4:	Resultados de las Pruebas de los Motores	104
Tabla 4-4:	Resultados del Proceso de Llenado	106
Tabla 5-4:	Resultados del Proceso de Tapado	109
Tabla 6-4:	Resultados del Proceso de Paletizado.....	111
Tabla 7-4:	Tiempos de Ejecución de los Frascos dentro de la Estación	115
Tabla 8-4:	Comparación del Proyecto con Máquinas del Mercado	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Estación de Automatización.....	5
Figura 2-2:	Caracterización de Procesos Automatizados.....	6
Figura 3-2:	Autómata Programable.....	7
Figura 4-2:	PLC SIEMENS S7-1214.....	8
Figura 5-2:	PLC Schneider Electric TM221CE16R	11
Figura 6-2:	PLC Micro820 DE ALLEN BRADLEY	12
Figura 7-2:	Caracterización física del PLC Siemens	13
Figura 8-2:	Sistema de entradas y salidas del PLC Siemens.	15
Figura 9-2:	Caracterización de Entradas del PLC.....	16
Figura 10-2:	Caracterización de Salidas del PLC.	16
Figura 11-2:	Módulo de Ampliación del PLC Siemens.....	17
Figura 12-2:	Módulo de Ampliación del PLC Siemens.....	17
Figura 13-2:	Ejemplo de Lenguaje LADDER.	19
Figura 14-2:	Bosquejo en Bloques del Diagrama GRAFCET.....	20
Figura 15-2:	HMI DELTA.....	20
Figura 16-2:	Descripción de colores en pantallas HMI	22
Figura 17-2:	Cilindro Twin.....	25
Figura 18-2:	Válvula Reguladora.....	25
Figura 19-2:	Válvula Solenoide 5/2.....	26
Figura 20-2:	Generador de Vacío.....	26
Figura 21-2:	Placa Base de 3 Estaciones	27
Figura 22-2:	Actuador de Giro.....	27
Figura 23-2:	Tipos de Racor.	28
Figura 24-2:	Filtro de Aire Regulador.	29
Figura 25-2:	Sensor Óptico.....	30
Figura 26-2:	Sensor Magnético.....	30
Figura 27-2:	Sensor Inductivo.....	31

Figura 28-2:	Motor DC	32
Figura 29-2:	Módulo de Relés	33
Figura 30-2:	Fuente de Alimentación.	34
Figura 31-2:	Breaker para VAC EBS6BN.....	34
Figura 32-2:	Breaker para VDC EBS6BN.....	35
Figura 33-2:	Transformador de 112 V AC.....	35
Figura 34-2:	Perspectiva de un Tablero de Control.	37
Figura 35-2:	Logo de Autodesk Inventor.....	40
Figura 36-2:	Logo de Proteus.....	41
Figura 37-2:	Logo de TIA Portal.	41
Figura 38-2:	Logo DOPSoft del HMI Delta.	42
Figura 39-2:	Logo de CADE SIMU.....	42
Figura 1-3:	Ejemplo de Dosificador de Granos.	43
Figura 2-3:	Tipos de Granos Secos	44
Figura 3-3:	Frasco de Cristal.....	46
Figura 4-3:	Concepción del Sistema.	48
Figura 5-3:	Base Contenedora de la Estación Automatizada.....	53
Figura 6-3:	Rueda Dentada.	53
Figura 7-3:	Pallet Cara Superior.	54
Figura 8-3:	Pallet Cara Inferior.....	54
Figura 9-3:	Base para sostener la Etapa de Paletizado.....	55
Figura 10-3 :	Acople para el Aluminio Base.	55
Figura 11-3:	Cuerpo del Cilindro Twin.	56
Figura 12-3:	Placa de Empuje para el Cilindro Twin	56
Figura 13-3:	Ensamblaje del Cilindro Twin.	57
Figura 14-3:	Placa Base para la Etapa de Dosificación.	57
Figura 15-3:	Recipiente de Dosificación.	58
Figura 16-3:	Agarre para el Recipiente de Dosificación.....	58
Figura 17-3:	Placa Inferior del Almacenador de Granos.	59

Figura 18-3:	Placa Superior del Almacenador de Granos.....	59
Figura 19-3:	Almacenador de Granos.....	60
Figura 20-3:	Ensamble Final de la Etapa de Llenado	60
Figura 21-3:	Almacenador de Tapas.....	61
Figura 22-3:	Placa Base para la Etapa de Tapado.....	61
Figura 23-3:	Encuadre para el Cilindro Twin.....	62
Figura 24-3:	Acople para el Cilindro Twin.....	62
Figura 25-3:	Sensor Óptico.....	63
Figura 26-3:	Base que Sostiene el Almacenador de Tapas.....	63
Figura 27-3:	Ensamblaje de la Etapa de Tapado.....	64
Figura 28-3:	Válvula Solenoide 5/2.....	64
Figura 29-3:	Base para Sostener la Ventosa.....	65
Figura 30-3:	Ventosa.....	65
Figura 31-3:	Generador de Vacío.....	66
Figura 32-3:	Actuador de Giro.....	66
Figura 33-3:	Placa Base de 3 Estaciones.....	67
Figura 34-3:	Ensamble Final de la Etapa de Paletizado.....	68
Figura 35-3:	Motores con Rodamientos Dentados Implementados para la Pista.....	69
Figura 36-3:	Implementación Final de la Pista.....	69
Figura 37-3:	Etapa de Llenado.....	70
Figura 38-3:	Etapa de Tapado.....	71
Figura 39-3:	Etapa de Paletizado	71
Figura 40-3:	Diseño del Circuito para los Motores.....	72
Figura 41-3:	Diseño del Circuito con la inclusión de un Relé.....	73
Figura 42-3:	Esquema de Conexión del Tablero de Control.....	75
Figura 43-3:	Tentativa Inicial del Montaje del Tablero de Control.....	76
Figura 44-3:	Tablero de Control Completamente Armado.....	76
Figura 45-3:	Conexión de los Motores dentro del Tablero de Control.....	77
Figura 46-3:	Separación de los Terminales de cada Motor.....	78

Figura 47-3:	Colocación del Tablero dentro de la Base Metálica.....	79
Figura 48-3:	Instalación de Botones, Indicadores y Selector.....	80
Figura 49-3:	Implementación del HMI Delta.	81
Figura 50-3:	Colocación del HMI Delta dentro de la Estación Automatizada.	81
Figura 51-3:	Estación Automatizada Completamente Implementada	82
Figura 52-3:	Entorno de Programación del HMI Delta.	95
Figura 53-3:	Ventana Principal del HMI Delta.....	96
Figura 54-3:	Asignación de la Dirección de la Luz Piloto.....	97
Figura 55-3:	Caracterización Física de la Luz Piloto.....	97
Figura 56-3:	Asignación de la Dirección de Salida del Motor.....	97
Figura 57-3:	Ventana del Sistema de Dosificación.....	98
Figura 58-3:	Ventana del Sistema de Colocación de Tapas.....	98
Figura 59-3:	Ventana del Sistema de Paletizado.....	99
Figura 60-3:	Ventana del Sistema de Control de Motores.....	99
Figura 1-4:	Vista superior de los Motores.	105
Figura 2-4:	Ejecución de la Etapa de Llenado.	109
Figura 3-4:	Ejecución de la Etapa de Tapado.	111
Figura 4-4:	Ejecución de la Etapa de Paletizado.....	112
Figura 5-4:	Encendido del HMI Delta y Menú Principal.....	113
Figura 6-4:	Funcionamiento de la Etapa de Llenado.	113
Figura 7-4:	Funcionamiento de la Etapa de Tapado.	114
Figura 8-4:	Funcionamiento de la Etapa de Paletizado.....	114
Figura 9-4:	Ejecución del Control de Motores.....	114

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Arquitectura del PLC Siemens.	14
Gráfico 1-3:	Caracterización de Etapas y Trayectorias.....	49
Gráfico 2-3:	Trayectoria de los Frascos en la Estación Automatizada.	50
Gráfico 3-3:	Parametrización de Motores dentro del Sistema de Transporte.	51
Gráfico 4-3:	Gráfico General de los Bloques del Sistema.	83
Gráfico 5-3:	Diagrama de Flujo del Proceso de Llenado.....	84
Gráfico 6-3:	Diagrama de Flujo del Proceso de Tapado.	85
Gráfico 7-3:	Diagrama de Flujo del Proceso de Paletizado.	86
Gráfico 8-3:	Diagrama de Flujo Total de la Estación Automatizada.	87
Gráfico 9-3:	GRAF CET de la Estación Automatizada.	91
Gráfico 1-4:	Efectividad de Alcance de los Sensores.	103
Gráfico 2-4:	Material Disponible.....	106
Gráfico 3-4:	Materiales que se han Utilizado.....	110
Gráfico 4-4:	Cantidad de elementos que llegaron bien en cada Etapa del Sistema	116
Gráfico 5-4:	Cantidad de elementos que llegaron bien en cada Etapa del Sistema	117

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3:	Ecuación de la Memoria 1	92
Ecuación 2-3:	Ecuación de la Memoria 2	92
Ecuación 3-3:	Ecuación de la Memoria 3	92
Ecuación 4-3:	Ecuación de la Memoria 4	92
Ecuación 5-3:	Ecuación de la Memoria 5	92
Ecuación 6-3:	Ecuación de la Memoria 6	92
Ecuación 7-3:	Ecuación de la Memoria 7	92
Ecuación 8-3:	Ecuación de la Memoria 8	93
Ecuación 9-3:	Ecuación de la Memoria 9	93
Ecuación 10-3:	Ecuación de la Memoria 10	93
Ecuación 11-3:	Ecuación de la Memoria 11	93
Ecuación 12-3:	Ecuación de la Memoria 12	93
Ecuación 13-3:	Ecuación de la Memoria 13	93
Ecuación 14-3:	Ecuación de la Memoria 33	93
Ecuación 15-3:	Ecuación de la Memoria 14	93
Ecuación 16-3:	Ecuación de la Memoria 15	93
Ecuación 17-3:	Ecuación de la Memoria 34	93
Ecuación 18-3:	Ecuación de la Memoria 16	93
Ecuación 19-3:	Ecuación de la Memoria 17	93
Ecuación 20-3:	Ecuación de la Memoria 18	94
Ecuación 21-3:	Ecuación de la Memoria 19	94
Ecuación 22-3:	Ecuación de la Memoria 20	94
Ecuación 23-3:	Ecuación de la Memoria 21	94
Ecuación 24-3:	Ecuación de la Memoria 22	94
Ecuación 25-3:	Ecuación de la Memoria 23	94
Ecuación 26-3:	Ecuación de la Memoria 24	94
Ecuación 27-3:	Ecuación de la Memoria 25	94

Ecuación 28-3:	Ecuación de la Memoria 26	94
Ecuación 29-3:	Ecuación de la Memoria 27	94
Ecuación 30-3:	Ecuación de la Memoria 35	94
Ecuación 31-3:	Ecuación de la Memoria 28	94
Ecuación 32-3:	Ecuación de la Memoria 29	95
Ecuación 33-3:	Ecuación de la Memoria 30	95
Ecuación 34-3:	Ecuación de la Memoria 31	95
Ecuación 35-3:	Ecuación de la Memoria 32	95
Ecuación 1-4:	Ecuación de cálculo del promedio para los sensores	102
Ecuación 2-4:	Ecuación del porcentaje de efectividad de Llenado	107
Ecuación 3-4:	Ecuación para calcular el volumen de granos	107
Ecuación 4-4:	Ecuación del porcentaje de efectividad de Tapado	110
Ecuación 5-4:	Ecuación del porcentaje de efectividad de Paletizado	112
Ecuación 6-4:	Ecuación del promedio de tiempo en ejecutarse cada frasco	116
Ecuación 7-4:	Ecuación para calcular el promedio de efectividad del sistema	117

ÍNDICE DE ANEXOS.

ANEXO A: Datasheet del PLC SIEMENS S7-1214

ANEXO B: Datasheet del MOTOR DC 24V

ANEXO C: Datasheet del HMI DELTA

ANEXO D: Programación del PLC en TIA Portal (Lenguaje LADDER)

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

HMI	Interfaz Hombre Máquina
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
PLC	Controlador Lógico Programable
CAD	Diseño Asistido por Computadora
ISA	Sociedad de Instrumentistas de América
A. C	Corriente Alterna
D. C	Corriente Continua
TIA PORTAL	Portal de Automatización Totalmente Integrado
LADDER	Diagrama en Escalera
N. A	Normalmente Abierto
N. O	Normalmente Cerrado
CPU	Unidad Central de Procesos
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio
ROM	Memoria de Solo Lectura
EEPROM	Memoria de Solo Lectura Programable Borrable Eléctricamente
E/S	Entrada y Salida
NEC	Normas Ecuatorianas para la Construcción
V	Voltios
A	Amperios
mA	Mili Amperios
I	Corriente
P	Potencia
W	Watts
kW	Kilo Watts
F	Faradios
seg	Segundos
Hz	Hertz
Kbyte	Kilobyte
HSC	Conteo de Alta Velocidad
PROFINET	Red de Campo de Proceso

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue el desarrollo de una estación automatizada que sirva como modelo de implementación a gran escala para una empresa donde la base de su funcionamiento sea la ejecución de una etapa de llenado, tapado y paletizado. Esto se dio a partir de los principios de la Automatización Industrial, donde se involucró el diseño de piezas, el uso de Controladores Lógicos Programables (PLC), programación a nivel de GRAFCET y diagramas de flujo, mismos que determinaron el envío de señales hacia el sistema. El resultado que generó este planteamiento mostró un 97% de eficiencia en su funcionamiento, lo cual hace factible su escalabilidad para entornos industriales. También, uno de los elementos principales fueron los sensores con porcentajes de efectividad del 98%, 97.5% y 98.33% en la lectura de datos, los cuales fueron utilizados para controlar cada etapa de la estación detectando el pallet y frasco. La eficiencia de los motores generó un 100% de confiabilidad en su ejecución, donde se estableció un tiempo de espera de 5 segundos para la activación de cada uno de ellos, así como la etapa de Llenado que generó el 100% de cumplimiento en correlación con el proceso para los 12 frascos ingresados, la etapa de Tapado un 91.66% con 11 frascos y la etapa de Paletizado un 91.66% con 11 frascos, también se consideró la cantidad volumétrica de granos para cada frasco correspondiente a 150g. La eficiencia de la Interfaz Humano - Máquina (HMI) llegó al 100% tras activar sus etapas en tiempo real debido a la comunicación Ethernet con el PLC. Finalmente, se concluyó que el modelo desarrollado tuvo menor costo en relación a los ofrecidos en el mercado y su construcción es viable a gran escala. Se recomienda que la implementación se realice de manera técnica y ordenada para evitar posibles inconvenientes.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL>, <ESTACIÓN AUTOMATIZADA>, <GRAFCET>, <DIAGRAMA DE CONTROL>, <DIAGRAMA DE FLUJO>, <ESCALABILIDAD>, <CANTIDAD VOLUMÉTRICA>.



Firmado electrónicamente por:
ELIZABETH
FERNANDA AREVALO
MEDINA



2193-DBRA-UPT-2021

SUMMARY

The objective of this project was the development of an automated station that works as a large-scale implementation model for a company where the basis of its operation is the execution of a stage of filling, capping and palletizing. This started based on the Industrial Automation principles, where the design of parts, the use of Programmable Logic Controllers (PLC), programming at GRAFCET level, and flow charts were involved, which determined the signal sending to the system. The result that this approach generated showed 97% efficiency in its operation, which makes its scalability feasible for industrial environments. Also, one of the main elements was the sensors with effectiveness percentages of 98%, 97.5% and 98.33% in reading data, which were used to control each stage of the station by detecting the pallet and bottle. The efficiency of engines generated 100% reliability in its execution, with a waiting time of 5 seconds for the activation of each one of them, as well as the Filling stage that generated 100% compliance in correlation with the process for the 12 bottles entered, the Capping stage 91.66% with 11 bottles and Palletizing stage 91.66% with 11 bottles, The volumetric quantity of grains was also considered for each container corresponding to 150g. The efficiency of the Human - Machine Interface (HMI) reached 100% after activating its stages in real time due to Ethernet communication with the PLC. Finally, it was concluded that the model developed had a lower cost in relation to those offered in the market and its construction is viable on a large scale. It is recommended its implementation in a technical and neat way to avoid possible inconvenience.

Keywords: <AUTOMATIC CONTROL TECHNOLOGY>, <INDUSTRIAL AUTOMATION>, <AUTOMATED STATION>, <GRAFCET>, <DIAGRAM OF CONTROL>, <FLOWCHART>, <SCALABILITY>, <VOLUMETRIC QUANTITY>.



Plenado electrónicamente por:
**NELLY MARGARITA
PADILLA PADILLA**

INTRODUCCIÓN

La automatización comprende un conjunto de recursos, métodos y técnicas destinados al control efectivo de un determinado proceso, con el fin de reducir al máximo la intervención humana a nivel de operatividad y dando como consecuencia resultados superiores en cuanto a productividad y reduciendo costos. Actualmente, en el mundo laboral son cada vez más las empresas que optan por automatizar sus procesos, haciéndolos más rentables, eficientes y garantizando la calidad de sus productos, normalmente los procesos industriales suelen ser en gran medida de carácter secuencial y repetitivo, es el caso del proceso planteado para este proyecto tanto para el transporte, llenado, tapado y paletizado. Dentro del ámbito local existen empresas pequeñas y medianas en las cuales aún los procesos no son automatizados, de tal manera que la aplicación de esta área de Ingeniería permitirá un gran crecimiento a nivel de industrias, por otra parte, automatizar procesos secuenciales no conllevaría una dificultad que un Ingeniero Electrónico no pueda superarlo, ya que en su formación profesional está inmerso el estudio de la Automatización Industrial, Control de Procesos y demás cátedras ligadas a esta área. La industria nacional necesita desarrollar sus sistemas de producción para ser más competitivos y avanzar tecnológicamente para lograr el objetivo que requiere el mercado desde el punto de vista de su demanda.

Este proyecto está enfocado en diseñar e implementar una estación automatizada para el proceso de llenado, tapado y paletizado de granos en frascos de cristal, que servirá como modelo de aplicación en diferentes industrias que requieran este tipo de proceso, para ello, el punto de partida del funcionamiento es tener los granos almacenados para iniciar la secuencia mediante un botón desde la parte física y desde el HMI, donde posterior a esto empezará la dosificación de granos secos en cantidades y secuencias temporales que sean exactas y controladas mediante el autómatá programable, luego, empezará la etapa de tapado del frasco de cristal que pasa por un cilindro neumático para su ejecución, después, iniciará la etapa de paletizado que se traduce a la colocación y asignación de los frascos llenos en una caja de almacenamiento de una posición, donde actuarán diversos mandos electroneumáticos para garantizar dicho objetivo, este proceso sigue una secuencia de tipo lineal y repetitiva durante su ejecución.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

¿Cómo implementar un sistema automatizado para el proceso de llenado de granos, tapado y paletizado en frascos de cristal?

1.1. Sistematización del Problema

¿Cuál es el estado del arte acerca de los sistemas de dosificado, tapado y paletizado de frascos de cristal?

¿Cuáles son los requerimientos en función al principio de funcionamiento de los procesos de llenado, tapado y paletizado?

¿Cuáles son los dispositivos electrónicos más apropiados para que el sistema automatizado de llenado, tapado y paletizado realice el proceso de forma correcta?

¿Cómo implementar un sistema automatizado para el llenado de granos, tapado y paletizado?

¿Cómo validar los resultados del sistema automatizado con secuencia lineal y repetitiva en función de la cantidad de productos terminados, el tiempo de producción y el estado del tapado y el paletizado correcto de los frascos?

1.2. Justificación del Trabajo de Titulación

1.2.1. Justificación Teórica

La importancia del proyecto obedece a una secuencia de programación en lenguaje Ladder de tipo lineal y repetitiva, donde se podrá establecer todo el proceso planteado, por lo cual su realización es factible dentro de los parámetros establecidos, y que por consiguiente, se podrán establecer limitaciones desde el punto de vista de funcionamiento, del apartado mecánico y del manejo de los recursos software para su programación hasta que se finalice por completo el proyecto planteado, mismas especificaciones que se realizarán en el capítulo de Marco Metodológico.

1.2.2. Justificación Aplicativa

El proyecto propuesto abarca diversas áreas de conocimiento que han sido adquiridos en el proceso de formación profesional, y en donde se ve reflejada la experticia como estudiantes y futuros Ingenieros en Electrónica y Automatización. Además, es importante mencionar que, para esta implementación se han abordado distintas temáticas referentes al Control de Procesos Industriales, Automatización Industrial I y II, Control Automático, Máquinas Eléctricas, Fundamentos de Mecanismos, Mandos Neumáticos e Hidráulicos, Lenguajes de Programación; que, desde el punto de vista teórico y práctico, constituyen el fundamento base para su realización.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar e implementar una estación automatizada para el proceso de llenado, tapado y paletizado de granos en frascos de cristal.

1.3.2. Objetivos Específicos

Analizar el estado del arte para el diseño del sistema de dosificado, tapado y paletizado de granos en frascos de cristal.

Determinar los requerimientos para el diseño del sistema de dosificado, tapado y paletizado de granos en frascos de cristal.

Dimensionar y seleccionar los dispositivos necesarios para implementar el proceso del sistema de dosificado, tapado y paletizado de granos en frascos de cristal.

Diseñar e implementar las etapas de dosificado, tapado y paletizado mediante la inclusión de mandos electroneumáticos y HMI que garanticen un correcto desempeño con una interacción amigable con el usuario.

Validar los resultados en base a los requerimientos del proceso, es decir, cantidad de productos terminados, el tiempo de producción y el estado del tapado y el paletizado correcto de los frascos.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Automatización Industrial

En este capítulo, se va a tratar de manera puntual la conceptualización de la Automatización Industrial, un enfoque en los elementos electropneumáticos que ya están establecidos para la realización del proyecto, el tipo de procesos o etapas para la estación automatizada, los parámetros de selección de varios elementos y las razones del uso que tendrá cada uno en el diseño y su posterior implementación (García, 2020, p.5).

En la actualidad, la automatización es de gran importancia en el desarrollo de procesos típicamente establecidos a nivel de industria, y en donde se denota puntualmente sistemas con una secuencia lineal y repetitiva que servirán para realizar un determinado proceso. Cabe destacar que la Automatización lleva consigo procesos sofisticados de Ingeniería a nivel de programación, simulación, diseño e implementación para procesos autónomos, utilizando así recursos tecnológicos de gama relativamente alta para su aplicación y caracterización por medio de un modelado (Daneri, 2018, p.13).

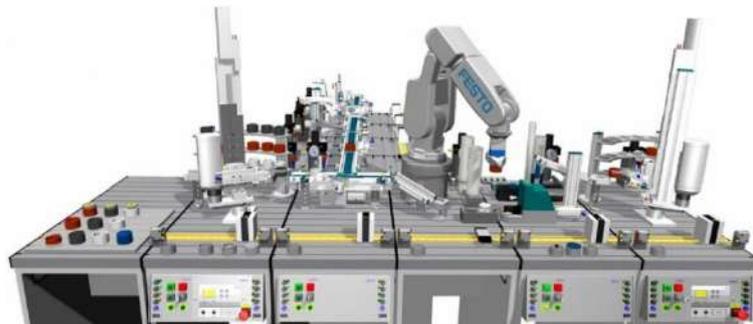


Figura 1-2: Estación de Automatización.

Fuente: <https://www.interempresas.net/>

El mejoramiento de la Automatización se ha dado en función a las necesidades establecidas por los medios industriales, en donde se tienen que crear procesos cada vez más sofisticados que tengan un mejor rendimiento, flexibilidad y optimización en cuanto a su diseño y resultado que generará el mismo, es necesario mencionar que los elementos electromecánicos creados para este objetivo también requieren un mejoramiento en su dimensionamiento con el que se tenga aún más

garantía de que el sistema es altamente funcional desde el punto de vista mecánico. En la figura 1-2 podemos observar la caracterización de una estación de automatización industrial.

2.1.1. Generalidades de la Automatización

La Automatización tiene un auge muy importante cuando se trata de realizar un proceso de producción, ya que en ello intervienen muchos recursos a nivel de conjuntos tecnológicos por parte del operador y de la máquina. En cuanto a realizar una acción, se debe tener en cuenta que las partes fundamentales en un sistema son las de Mando y la parte Operativa, haciendo referencia a todo el conjunto tecnológico que este implica para su ejecución. Es así, que en la Figura 2-2 podemos observar esquema general en una planta de producción o empresa que realiza sus procesos con automatización altamente eficiente (Automatización Industrial, 2018, p.1).



Figura 2-2: Caracterización de Procesos Automatizados

Fuente: <https://www.atriainnovation.com/automatizacion-industrial-que-es/>

2.2. Controladores Lógicos Programables

2.2.1. Introducción

Un Autómata Programable es un dispositivo electrónico usado en la Ingeniería de la Automatización que sirve de cerebro para un determinado proceso con requerimientos o características de funcionamiento puntuales para su aplicación. Su caracterización física se la puede observar en la Figura 3-2 proporcionada por la página de los fabricantes.



Figura 3-2: Autómata Programable.

Fuente: (ABB, 2018)

Los PLC's son usados en ambientes donde un operario no puede interactuar de forma manual ya que existen procesos de tipo industrial que requieren un esfuerzo relativamente alto en su parte mecánica o que necesiten de manera estricta ser ejecutados con rapidez, el funcionamiento de un Controlador Lógico Programable se lo realiza estableciendo variables para cada acción a ejecutarse y estableciendo parámetros de limitación en sus mandos electroneumáticos para que su secuencia se cumpla en función a un propósito (Martínez, 2015, p.6).

2.2.2. Tipos de PLC

Hoy en día podemos encontrar una variedad de PLC'S adaptables a cada entorno de trabajo, utilidad y costo, los podemos de encontrar según la clasificación siguiente:

- Modular. - Es un PLC en el que la CPU se encuentra junto al procesador de comunicación, tiene muchos puertos de entrada y salida para el proceso de automatización.
- Montaje en Rack. - Aquí los elementos internos no están en un solo compartimiento, sino que está dentro de un rack en donde entra la CPU y la fuente de poder.
- Panel Operador. - Este dispositivo nos ofrece un panel de control para operarios donde se controle las funciones de manera directa desde el PLC y obviando una conexión remota.
- Ordenador Industrial. - Posee internamente dos módulos separados, el primero puede estar en la CPU y el otro en una línea de montaje a través de un hardware y en un software respectivamente.
- De Ranura. - Es una versión de tipo versátil por tener forma de tarjeta para diferentes funciones, y puede transmitir los controles para cada componente del sistema.
- Software. - Es un autómata programable de tipo virtual porque se lo instala en la CPU para poder controlar todas sus funciones, actualmente se lo considera bastante óptimo y moderno.

- Banda Roja. - Este tipo de PLC nos ofrece la posibilidad de realizar un monitoreo en frecuencias menores y trabajar principalmente en velocidad previamente programado.
- Banda Estrecha. - Este PLC realiza trabajos con un rendimiento inferior a los industriales, y no está adaptado para entornos pesados o de procesos que requieran grandes recursos.

2.2.3. Parámetros de Selección del PLC

2.2.3.1. PLC Siemens.

En este apartado se analizará las diferentes marcas de los Controladores Lógicos Programables o PLC's desde el punto de vista técnico para establecer la mejor opción en la programación e Implementación de un Sistema Automatizado para el Proceso de Llenado, Tapado y Paletizado de Granos en Frascos de Cristal, cabe destacar que todas las marcas que se van a mencionar tienen un campo bastante amplio en el mercado y su uso es bastante reconocido.



Figura 4-2: PLC SIEMENS S7-1214.

Fuente: <https://docs.rs-online.com/2aee/0900766b813973fd.pdf>

Existen varios factores bastante importantes que se debe considerar para poder escoger el PLC Siemens más óptimo y adecuado en la realización de un proceso automatizado. Y entre ello, se debería considerar características como:

- Lenguajes de programación permitidos.
- Tipo de software habilitado.
- Actualización y modificación del firmware.
- Estabilidad y flexibilidad para cada versión.
- Tipos de módulos para comunicación y señales.

En la Figura 4-2 podemos observar el PLC SIEMENS S7-1214 que nos brinda grandes prestaciones a nivel de hardware y software para realizar procesos automatizados de alta calidad y precisión, entre algunas de sus características tenemos:

- Capacidad de procesamiento a 64 bits de tipo alta.
- Interfaz integrada con Ethernet/PROFINET.
- Integración de entradas analógicas.
- Bloques de función conforme a PLCopen para el control de ejes.
- Programación mediante TIA Portal y STEP 7 Basic v13 para realizar la configuración y parametrización de manera integrada con los paneles Simatic Basic Panels.
- El PLC viene equipado con cinco modelos diferentes de CPU que se podrán expandir a las necesidades y requerimientos de las máquinas.

Mediante diversas actualizaciones del Firmware, las prestaciones de cada equipo mejoran y nos brinda una mejor experiencia como administrador y programador. También está en la capacidad de cubrir las comunicaciones remotas e inalámbricas mediante Profinet o Ethernet como su interfaz incorporada, dado esto, se puede establecer comunicación Wireless con estaciones remotas, además, controlar las instalaciones a través de Internet. Esta nueva funcionalidad permite el monitoreo y el control mediante un ordenador remoto con el cual se podrá modificar el programa desde cualquier lugar que se necesite (Espino, 2019, p.10).

En la Tabla 1-2 se muestra el datasheet del PLC Siemens S7-1214 a ser usado en este proyecto:

Tabla 1-2: Datasheet del PLC Siemens S7-1214.

DISPLAY	
Con Display	No
TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	
Valor Nominal (AC)	
• 120 V AC	Sí
• 230 V AC	Sí
Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, límite superior (AC)	264 V
FRECUENCIA DE RED	
Rango admisible de frecuencia, límite inferior	47 Hz
Rango admisible de frecuencia, límite superior	63 Hz
INTENSIDAD DE ENTRADA	

Consumo (valor nominal)	100 mA con 120 V AC; 50 mA con 240 V AC
Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
ALIMENTACIÓN DE SENSORES	
Alimentación de sensores 24 V	
• 24 V	Rango permitido: 20,4 a 28,8 V
INTENSIDAD DE SALIDA	
Intensidad en bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
PÉRDIDAS	
Pérdidas, tip.	14 W
MEMORIA	
Tipo de memoria	EEPROM
Memoria de usuario	75 Kbyte
TENSIÓN DE ENTRADA	
Valor Nominal (DC)	24 V
Para señal "0"	5 V DC, con 1 mA
Para señal "1"	15 V DC a 2.5 mA
ENTRADAS DIGITALES	
Nº de entradas digitales	14; integrado
De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas	6; HSC (High Speed Counting)
Canales Integrados (DI)	14
De tipo M	Sí
SALIDAS DIGITALES	
Número de salidas	10; Relé
Canales Integrados (DO)	10
ENTRADAS ANALÓGICAS	
Nº de entradas analógicas	2
Canales Integrados (AI)	2; 0 a 10 V
SALIDAS ANALÓGICAS	
Nº de salidas analógicas	0
INTERFAZ	
Tipo de Interfaz	PROFINET
Norma Física	Ethernet
DIMENSIONES	

Ancho	110 mm
Alto	100 mm

Fuente: SIEMENS, 2015.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

2.2.3.2. PLC de Schneider Electric



Figura 5-2: PLC Schneider Electric TM221CE16R

Fuente: <https://www.se.com/es/es/product-category/>

En la Figura 5-2 podemos observar el PLC TM221CE16R de Schneider Electric que se lo considera de gama media a relación de sus marcas competitivas, pero de gran efectividad al momento de automatizar algún proceso de tipo industrial. Este Controlador Lógico Programable es de tamaño compacto y la velocidad que maneja es de 200 [ns] por cada instrucción, con lo cual lo hace mejor en su capacidad de respuesta y eficiencia del mismo, además de la conectividad de datos mediante redes (Rodríguez, 2018, p.155).

Dado que este PLC es de gama media no se lo va a considerar para la realización del Trabajo de Integración Curricular, sin embargo, posee un software de programación llamado EcoStruxure Machine Expert que es bastante avanzado y en el que se puede simular el diagrama Ladder previamente programado tanto dentro de la PC o en tiempo real con un PLC y un tablero de control previamente instalado (Bravo, 2016, p.69).

En conclusión, este PLC no será considerado para la realización del proyecto.

2.2.3.3. PLC de Allen Bradley



Figura 6-2: PLC Micro820 DE
ALLEN BRADLEY

Fuente: <https://dakrox.com/allen-bradley-plc-micro800/>

Tratando puntualmente el PLC de la Figura 6-2, conocemos que poseen distintos sistemas de control de tipo micro, nano y a gran escala para proyectos electromecánicos dentro de la automatización industrial. Bajo este precepto, el número de entradas y salidas necesarias para el operador dependerá del proceso de implementación a realizarse en una empresa, donde se establecen y se parametrizan los puertos que posee el autómatas programable.

Este Controlador Lógico Programable posee su propia interfaz de programación llamada RSLogix, ante el programador es un software muy intuitivo con el que se crean y ejecutan programas en un determinado lenguaje de comunicación con el PLC. Sin embargo, es uno de los autómatas programables más costosos del mercado, incluso más que su predecesor de la marca Siemens que también posee un gran mercado a nivel mundial.

A nivel de implementación, el PLC de Allen Bradley requiere el uso de una fuente de alimentación y un rack fabricado por la misma empresa, ya que con otras marcas su funcionamiento sería inútil y Siemens puede utilizar cualquier marca para su ejecución. Cabe destacar que esto se lo hace con fines de crecimiento económico dentro de la empresa de Allen Bradley, y que gran parte de su mercado se encuentra en las industrias estadounidenses (Perraso, 2016, p.15).

2.2.3.4. Veredicto de Selección del PLC

Anteriormente, se ha realizado el enfoque de las distintas marcas de los Controladores Lógicos Programables más usados en el mercado como Siemens, Schneider Electric y Allen Bradley, con

el fin de analizar sus características, flexibilidad, interfaz de programación y consideraciones de implementación para llegar a establecer la marca más viable para este proyecto.

Bajo ese contexto, el PLC seleccionado para la Implementación de un Sistema Automatizado para el Proceso de Llenado, Tapado y Paletizado de Granos en Frascos de Cristal, corresponde a la marca SIEMENS, ya que es muy versátil, tiene un costo relativamente alto, pero de gran efectividad al momento de realizar procesos automatizados que nos garanticen su efectividad en la ejecución de sus instrucciones previamente programadas por el operador. Además, el PLC Siemens permite realizar procesos de manera personalizada y con un enfoque más práctico al proyecto que se quiera realizar, es necesario conocer muy bien el entorno de programación llamado TIA PORTAL en el cual se ejecutará cada instrucción y es mucho más flexible que la interfaz RSLogix de su predecesor de la marca Allen Bradley y que la interfaz EcoStruxure Machine Expert de Schneider Electric.

2.2.4. Características del PLC Siemens

Cuando mencionamos las características que posee el Autómata Programable de la marca Siemens, nos referimos a las bondades que este nos ofrece como dispositivo y que a la vez tiene un gran desarrollo tecnológico proporcionado por el fabricante, existen varias consideraciones en cuanto a su capacidad de memoria, parámetros de los contadores, temporizadores, sus modos de operación, etc. Así mismo, sabemos que el PLC está diseñado para diversas señales tanto de entrada como de salida, rangos de temperatura extensos, inmunidad dirigida al ruido eléctrico que se puede producir, capacidad de resistir vibraciones y posibles impactos. Para una mejor comprensión, podemos observar la Figura 7-2 la cual contiene los nombres de la división del PLC Siemens en su estructura física.

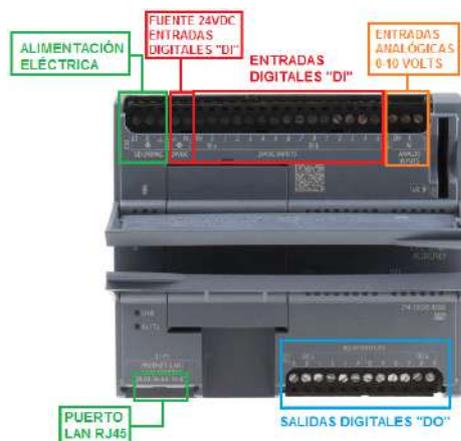


Figura 7-2: Caracterización física del PLC Siemens

Fuente: <https://es.slideshare.net/poolin/plc-5098533>

El PLC Siemens nos muestra resultados en tiempo real, en donde su salida se genera en función a los parámetros de entrada en un determinado tiempo, y de no ser así, se consideraría como una respuesta no deseada. Gracias a los Controladores Lógicos Programables podemos tener un tiempo de respuesta mínimo en la salida total del sistema, ya que se adapta a las consideraciones establecidas por el personal de Ingeniería al cual se le atribuye la parte de programación, diseño e implementación del mismo. También este dispositivo genera una comunicación rápida con diversos tipos de controladores y PC's, así como también su programación por ser bastante manejable desde el punto de vista de ejecución de órdenes, y en donde también se pueden realizar operaciones de ejecución dentro de la red, ya que poseen una estabilidad bastante importante en cuanto a su diseño y son resistentes a factores como temperatura, ruido, humedad, vibraciones, entre otros (Entrena, 2015, p.7).

2.2.5. Arquitectura del PLC Siemens

Cuando se habla de ejecutar órdenes mediante un Autómata Programable, es necesario considerar su arquitectura a nivel de elementos internos como los que observamos en el Gráfico 1-2, la RAM, ROM, Procesador, Baterías, Módulos de E/S Digitales, Módulos Funcionales de E/S, Módulos de E/S Analógicos, además de ser necesario el suministro de potencia con el que se pueda garantizar el voltaje necesario para su operación por bloques y de manera interna en sus controladores.

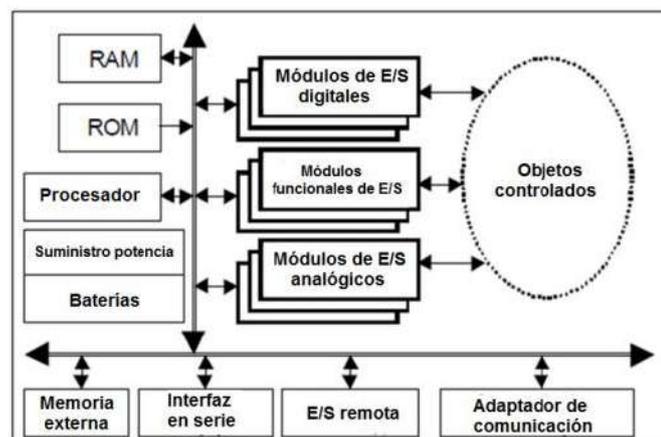


Gráfico 1-2: Arquitectura del PLC Siemens.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Los valores nominales de voltaje para que pueda entrar en funcionamiento están entre $\pm 5V$, $\pm 12V$ y $\pm 24V$, también dentro del mismo existen dos módulos que suministran potencia para la red y para la parte operacional cuando controlamos los objetos.

Dentro del PLC se encuentra la parte principal denominada como “Unidad Central de Procesamiento” o CPU por sus siglas en inglés, se basa en microprocesadores y contiene el procesamiento del controlador permitiendo así operaciones lógicas y aritméticas para cumplir una determinada función. Otra función del CPU es hacer pruebas de control y detección de errores en el instante que sea requerido, también de transferencia de datos en el PLC se da gracias a los diferentes tipos de bus con el que cuenta:

- Bus de Datos: Se da entre componentes individuales para transferencia de datos.
- Bus de Control: Sirve para los componentes internos generando señales de control.
- Bus de Sistema: sirve para realizar la conexión entre puertos y módulos de E/S.
- Bus de Direcciones: Para aquellas transferencias entre celdas donde se habían guardado datos.

2.2.6. Sistema de Entradas y Salidas del PLC Siemens

Una de las características principales que hacen a un PLC distinto a otros dispositivos como PC's son sus entradas, salidas y la función que cumplen las mismas dentro de una determinada tarea, estos nos proporcionan conexiones de tipo físico para el entorno donde va a ser implementado tanto en los equipos de campo como en elementos directos de conexión, también se encuentra ligado a la unidad central de procesamiento. En la Figura 8-2 tenemos la representación de entradas y salidas como un sistema parametrizado por el fabricante.

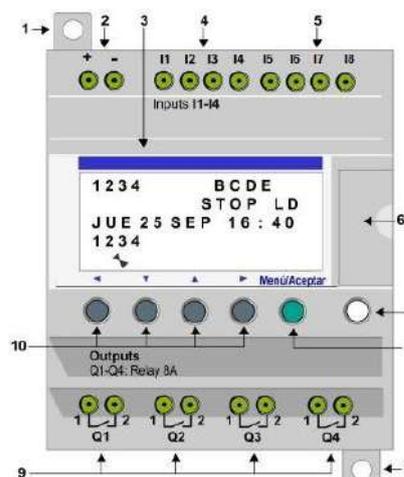


Figura 8-2: Sistema de entradas y salidas del PLC Siemens.

Fuente: <https://areatecnologia.com/electricidad/zelio-plc.html>

Hay que tener en cuenta que los resultados o datos obtenidos estarán en función a las variables en tiempo real que nos proporcionen las válvulas, cilindros, alarmas, motores, bombas, etc. Pero también dependerán de los mandos electro neumáticos que se estén usando puntualmente para un proceso automatizado (Izaguirre, 2017, p.42).

Las entradas del PLC vienen declaradas como:

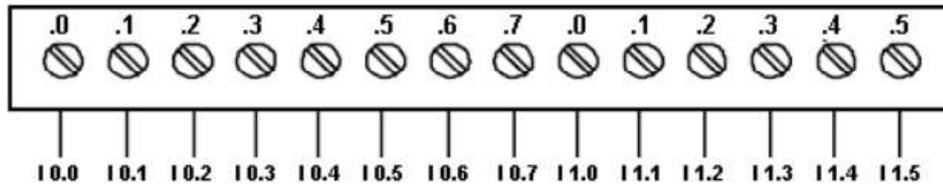


Figura 9-2: Caracterización de Entradas del PLC.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Y las salidas vienen dadas como:

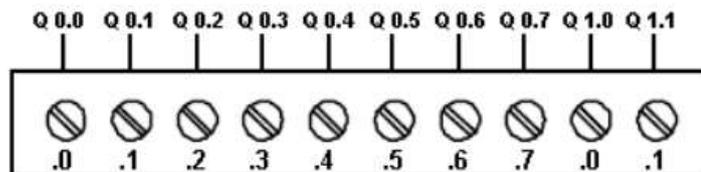


Figura 10-2: Caracterización de Salidas del PLC.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Como se observa en las Figuras 9-2 y 10-2, tenemos la caracterización de los puertos físicos de un PLC a nivel de Entradas y Salidas del mismo, es importante conocer esto ya que servirá al momento de declarar variables dentro del software a utilizarse y en el que se manipularán también valores para el control analógico y de instrumentación, todo esto posterior a establecer su implementación o requerimiento de diseño.

2.2.7. Módulos de Ampliación para el PLC Siemens

Estos módulos sirven para aumentar tanto salidas como entradas al PLC, la consideración real de su uso se basa en el tipo de aplicación que se necesite realizar, puesto que en función a eso se tendrán que declarar y parametrizar cada uno de los puertos que compone el Autómata Programable y los módulos que se requieran para su aplicación o automatización a corta o gran escala. La Figura 11-2 nos muestra el módulo de la marca Siemens para compactarlo con el PLC

y así poder aumentar tanto entradas como salidas, para este proyecto se usarán dos módulos de ampliación necesarios por el requerimiento del mismo.



Figura 11-2: Módulo de Ampliación del PLC Siemens.

Fuente: <https://siemenslogo.com/>

2.2.8. Lenguaje de Programación para el PLC Siemens

De manera general, un lenguaje de programación se lo puede denotar como un conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el PLC, y en donde se puede ejecutar una secuencia sistemática mediante su sintaxis de tipo Ladder, para poder establecer la comunicación entre los diferentes elementos que componen la estación automatizada de este proyecto, y así enviar órdenes que se ejecutarán con el diseño previamente realizado, conociendo que se encuentran implícitos los diferentes mandos electroneumáticos que convertirán la energía neumática en energía mecánica, la Figura 12-2 muestra un ejemplo de una secuencia en función a un sistema previamente programado para su funcionamiento (Aguilera, 2019, p.68).

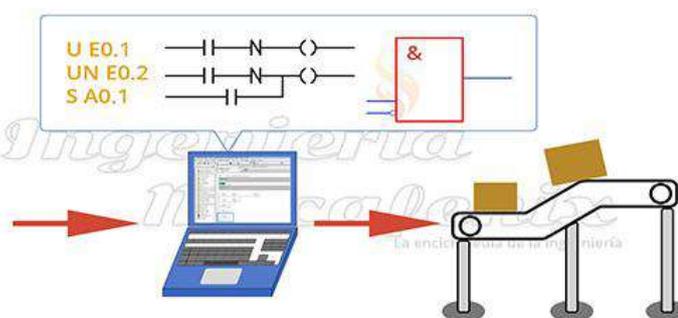


Figura 12-2: Módulo de Ampliación del PLC Siemens.

Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/lenguajes>

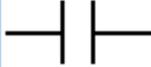
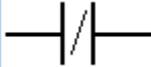
Actualmente los PLC's realizan una operación de transferencia de bloques de datos desde una ubicación específica de memoria a otra, y que al mismo tiempo realizan operaciones de tipo lógica y matemática en un nuevo bloque. En la actualidad los fabricantes de la marca Siemens diseñan y esquematizan su propio software para el desarrollo de la programación de un Autómata Programable, lo que significa que existe gran cantidad de entornos de software para cada marca de PLC existente en el mercado. Pero desde el punto de vista de la programación existen tres tipos de lenguajes como los más usados mundialmente y son el Lenguaje de contactos o Ladder, Lenguaje Booleano y Diagrama de funciones GRAFCET.

De estos tres, el lenguaje que se usará para el proyecto es el Lenguaje de Contactos o Ladder y el Diagrama de Funciones conocido como GRAFCET y se los va a detallar a continuación:

2.2.8.1. Lenguaje Ladder

También llamado lenguaje de contactos, es un lenguaje de programación de tipo gráfico muy usado dentro de los Autómatas Programables, ya que está basado en los esquemas eléctricos del control clásico y su principal ventaja es que los símbolos que se deben caracterizar están normalizados y desarrollados en cada software por parte de los fabricantes. Para ejecutar un Controlador Lógico Programable con lenguaje LADDER, es necesario conocer los elementos que lo conforman como se lo revisará en la Tabla 2-2:

Tabla 2-2: Elementos del Lenguaje LADDER.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en la variable a la que representa.
	Contacto NC	En este caso se activa cuando hay un cero lógico.
	Bobina NA	Su activación equivale se debe a un uno lógico y generalmente representa la salida de todo el programa.
	Bobina NC	Su activación equivale se debe a un cero lógico y generalmente representa la salida de todo el programa.
	Bobina SET	Sirve para memorizar bits en alto y combinado con una bobina RESET genera potencia en su ejecución.
	Bobina RESET	Desactiva la bobina SET si previamente ha sido activada.

Fuente: FI-UNLP, 2016

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

El siguiente esquema dado por la Figura 13-2, es una representación de la estructura de distribución de toda la secuencia LADDER, en la izquierda los contactos y en la derecha las bobinas.

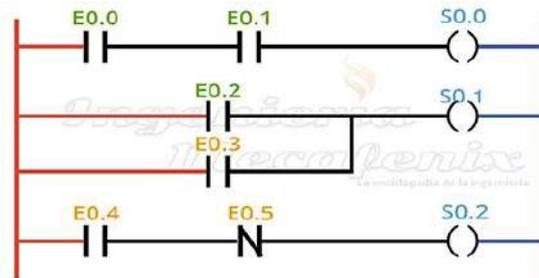


Figura 13-2: Ejemplo de Lenguaje LADDER.

Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/lenguajes-programacion-plc/>

Las líneas verticales se denotan como la alimentación o fuente de un circuito de control eléctrico. La ejecución se da de manera lineal, es decir, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, en primer lugar, los contactos abiertos o cerrados y posteriormente las salidas.

2.2.8.2. GRAFCET

El diagrama GRAFCET es usado en la Automatización Industrial para llevar a cabo una determinada secuencia de funcionamiento en la ejecución de un proceso, se caracteriza por ser esquematizado en forma de bloques donde se declaran todos los parámetros necesarios para su desarrollo.

El diagrama GRAFCET posee 3 elementos necesarios en su secuencia:

- **Etapas:** Es donde se asigna una determinada memoria que mediante su activación ejecutará el accionamiento de algún elemento electroneumático usado en la estación de automatización.
- **Transiciones:** Es el proceso intermedio que sucede entre una etapa u otra, puntualmente se pueden describir acciones para el temporizador, sensores, contadores.
- **Uniones:** Describen la trayectoria de todo el sistema mediante flechas y unen las distintas etapas existentes entre sí.

Dentro de la realización de este proyecto se va a considerar la esquematización del proceso mediante un GRAFCET, en el que se detallará la secuencia de tipo lineal y repetitiva usada puntualmente para el funcionamiento de la estación de automatización, el mismo que se detallará en la sección del marco metodológico y se representa en la Figura 14-2:

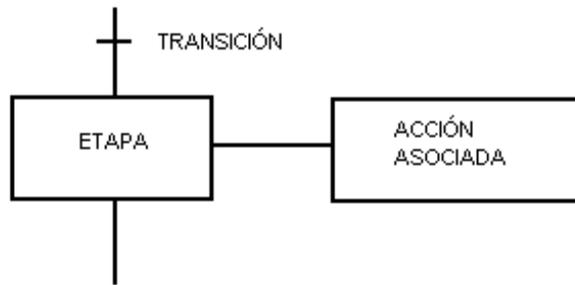


Figura 14-2: Bosquejo en Bloques del Diagrama GRAFCET.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

2.3. HMI Delta

El significado de HMI da lugar a lo siguiente:

- H = Human (Hombre)
- M = Machine (Máquina)
- I = Interface (Interfaz)

HMI significa la interfaz que existe entre una máquina y una persona u operario a cargo, ya que es necesario tener un entorno en el que se pueda interactuar con el proceso automatizado de manera digital, mostrando así, la información proveniente de todo el sistema y sobre el que se puede manipular diversas acciones en función a los requerimientos de la planta. Para este proyecto se ha utilizado el HMI DELTA, el cual se hablará en la siguiente sección de características y representado en la Figura 15-2:



Figura 15-2: HMI DELTA.

Fuente: <https://nvsautomatizacion.com/producto/pantalla-tactil-hmi-delta-7-pulg-dop-b07e415/>

2.3.1. Características del HMI DELTA

Una de sus características principales es que el HMI DELTA se comunica con el Controlador Lógico Programable y con los sensores de entrada y salida que posee el sistema para obtener información en tiempo real. También pueden tener una sola función de monitoreo para realizar operaciones de emergencia o dar inicio al proceso como tal (García, 2017, p.37).

Las características básicas del HMI DELTA son:

- Visualizar datos en tiempo real.
- Monitoreo del tiempo de ejecución.
- Controlar las entradas y salidas que forman parte del diseño.
- Técnica de dibujo en 2D,
- Resolución de pantalla con imágenes más realistas y vívidas.
- Conexión con más de 30 marcas y múltiples modelos de PLC.

2.3.2. Normas ISA 101 para el Diseño del HMI

Estas normas se las conoce puntualmente como ANSI/ISA-101.01-2015, las cuales son un conjunto de reglas establecidas para el desarrollo de los dispositivos HMI dentro de procesos industriales en su amplia gama de aplicaciones, el fin de esto de que el diseño de este interfaz sea muy óptimo y compacto para garantizar el correcto funcionamiento tanto del sistema como de los datos procesados por el mismo y poder actuar en función a las necesidades del operador. Entre las características que se destacan de la Norma 101 son:

- Diseño dinámico del sistema
- Aplicación de imágenes, fondos y colores
- Ventanas emergentes
- Secuencia de menús
- Establecimiento de base de datos
- Aplicación para diversos usuarios
- Control de formas y tamaños de objetos

Bajo este precepto, la realización de los HMI debe ser muy dinámicos y de mucha operatividad para la persona que lo maneja, debe optimizar los errores que se pueden generar en su uso, debe ser una interfaz amigable para el usuario y operador, y debe ser de utilidad a la hora de manejar

el factor tiempo para un proceso de automatización industrial. Uno de los factores importantes son los colores a utilizarse, los cuales refleja la norma para el diseño de los HMI, la Figura 16-2 muestra la lista de colores impuesto por las Normas ISA 101:

Color	RGB Values	Sample	Defined Uses
Gray	213, 213, 213		Overall graphic background
White	255, 255, 255		Highlighting of some small items, e.g., PV Quality indications
Light Gray	243, 243, 243		ON indication for equipment
Gray	136, 136, 136		Off indication for equipment
Dark Gray	74, 74, 74		Some text, minor process lines
Black	0, 0, 0		Text and labels, major process lines, process vessel outlines. Dark Gray (64, 64, 64) can also be a good choice.
Dark Blue	0, 0, 215		Process values, controller modes and outputs, similar special purposes. Trend line for a single trended value.
Dark Green	0, 128, 0		Controller setpoints and other operator inputs, trend trace of setpoints
Light Green	153, 255, 102		Possible "faint green" for some specific highlighting
Light Blue	187, 224, 227		Desired operating ranges or conditions
Cyan	0, 255, 255		Vessel level strips, trend lines
Brown	204, 102, 0		Trend lines, position feedback indication
Pale Red (Pink)	255, 153, 204		Possible "faint red" for some specific indications
Red	255, 0, 0		Top level, priority one alarm
Yellow	255, 255, 0		Priority two alarm
Orange	255, 102, 0		Priority three alarm
Magenta	255, 0, 255		Priority four alarm for diagnostics
Dark Magenta	204, 0, 102		Trend lines

Figura 16-2: Descripción de colores en pantallas HMI

Fuente: Normas ISA 101. 2015

El sistema HMI y SCADA son una forma de monitorear máquinas, automatizar, analizar datos en tiempo real para garantizar la conectividad entre elementos de todo el sistema, y que no se trata de recursos que estén al mismo nivel, sino que uno está dentro de otro y, por tanto, no requieren ser remotamente similares (Morales, 2019).

2.3.3. Entornos de Programación del HMI

Hoy en día existen diferentes entornos comerciales de programación para un HMI, por ejemplo, se menciona a varios:

- DOPSoft Delta
- National Instruments Lookout Direct
- Siemens WinCC
- Siemens ProTool
- Schneider Citect
- Schneider Wonderware InTouch
- Omron CX-Supervisor

Como previamente se ha seleccionado el HMI DELTA, se tendrá que programar en su entorno oficial creado por el fabricante y este corresponde al DOPSoft Delta que será tratado en la sección de softwares del sistema.

2.4. Procesos Industriales Secuenciales

En las industrias manufactureras los procesos dominantes son de tipo secuencial, es decir, que estos realizan un esquema de funcionamiento fijo o preestablecido, en términos de automatización podemos definirla como una sucesión de etapas de operación específicas y con condiciones de transición entre cada una de ellas, además cabe mencionar que estos procesos pueden ser lineales o cíclicos. En esta sección se describe algunos procesos propios de la industria y de este proyecto tales como el dosificado, tapado y paletizado.

2.4.1. Proceso de Dosificado

En línea general, la dosificación implica la distribución de la materia prima en cantidades específicas o cadenas temporales exactas, existen un sinnúmero de sistemas de dosificación y cada uno con sus respectivos requerimientos y modos de operación, sin embargo, todos están destinados a cumplir un mismo objetivo el cual es insertar una cantidad específica a fin de optimizar la materia prima a nivel de recursos. Entre los más comunes se encuentra el sistema de dosificación de sólidos y líquidos.

2.4.2. Proceso de Tapado

El proceso de tapado consiste en colocar un seguro en el drenaje del recipiente, garantizando que el dosificado se mantenga intacto sin importar los distintos ambientes, ideales o inhóspitos a los cuales esté sujeto el producto. Este proceso enfocado a entornos industriales consta de tres componentes básicos los cuales son el tapón o tapa, el dosificador de tapas y el mecanismo de tapado, mismos que pueden ser dimensionados de acuerdo a las condiciones requeridas por la materia prima, por ejemplo, el mecanismo de tapado debe proporcionar el torque solo lo suficientemente necesario para sellar el producto sin estropear el envase.

Un factor a tomar en cuenta en este proceso normalmente suele ser por cierre a presión, rosca e inducción, en cuanto al primero se puede decir que el sellado se consigue mediante el empuje lineal de la tapa a través de un mando electroneumático, en cuanto al roscado utiliza un sistema eléctrico basado en motores, los cuales permitirá posicionar la tapa en drenaje adecuadamente y

el tapado por inducción hace referencia a sellar el producto mediante la función del propio envase como el sellado de cereales, galletas, etc.

2.4.3. Proceso de Paletizado

Para definir este proceso, es necesario conocer lo que es un pallet como antecedente, se puede definir como una plataforma horizontal en forma de un cubo rectangular empleada para transportar diferentes productos, está realizada en materiales livianos pero resistentes, normalmente en madera, su tamaño varía según la norma UNE-EN-13698-1. Bajo este precedente, se puede definir el proceso de paletizado como la agrupación de un determinado producto o materia prima sobre un pallet de forma estructurada, para garantizar el traslado y almacenamiento eficaz y eficiente.

Básicamente constituye un recurso logístico y sistemático que representa un beneficio, eficacia y rentabilidad para la empresa cuyo proceso industrial se lo haya implementado de esa manera y es aplicable a distintos entornos a escala pequeña o grande, ya que de este proceso depende las fases de almacenamiento y distribución del producto elaborado.

2.5. Actuadores Electroneumáticos

En este apartado se van a tratar los actuadores electroneumáticos puntualmente designados para la implementación del proyecto en función a un diseño previamente realizado y en el que se ha establecido de manera técnica el uso que se le va a dar dentro del mismo, dado esto, consideramos a los actuadores electroneumáticos como dispositivos capaces de generar una fuerza mecánica teniendo como base el aire comprimido, este tipo de actuadores son comunes en el entorno industrial ya que proporcionan seguridad al limitar la cantidad de movimientos realizables, es limpio y no contamina el ambiente de operación. Los elementos principales utilizados se van detallar a continuación (González, 2016, p.5).

2.5.1. Cilindros Neumáticos

Este tipo de actuadores son dispositivos que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía mecánica, de manera general no es más que un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o también llamado pistón, cuyo principio de funcionamiento es que al introducir aire comprimido este se expande dentro de la cámara y provoca un movimiento lineal. Estos se clasifican por la forma de realizar el trabajo y su tipo de operación, a continuación, se tratará puntualmente el Cilindro Twin a usarse para este proyecto (Vázquez, 2015, p.101).

2.5.1.1. Cilindro Twin

En una variante del cilindro de doble efecto circular cuya funcionalidad y configuración son similares, pero con diferentes prestaciones ya que ofrece gran capacidad de cargas gracias a las grandes distancias entre los vástagos de los émbolos, además presenta un accionamiento guiado por bolas. La presentación de este cilindro se puede observar en la Figura 17-2.



Figura 17-2: Cilindro Twin

Fuente: <http://www.china-pneumatic.com/>

2.5.2. Válvulas

Una válvula en un actuador neumático que gobierna el aire comprimido, es decir son las responsables de regular la entrada y salida, el cierre o apertura y la presión o caudal del mismo, la clasificación de estas está definida por su función y características, se pueden dividir en válvulas de control de posición, caudal y presión (Buenache, 2020, p.124).

2.5.2.1. Válvulas Reguladoras Neumáticas

Las válvulas reguladoras de caudal neumáticas regulan el flujo del aire comprimido para controlar la velocidad de las secuencias de movimiento de cilindros neumáticos, en el mercado existen dos tipos de estas válvulas, unidireccionales y bidireccionales, cuya ilustración se puede observar en la Figura 18-2.

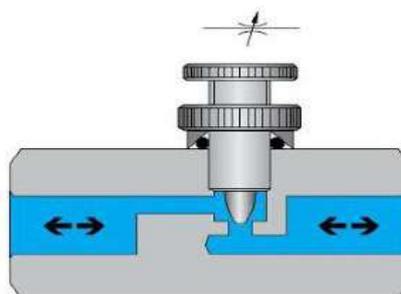


Figura 18-2: Válvula Reguladora

Fuente: <https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es>

2.5.2.2. Válvula Solenoide 5/2

Esta válvula solenoide representa 5 vías y 2 posiciones y es similar a las válvulas 4/2 pero ampliada, es decir que conlleva una vía adicional o 2 escapes como comúnmente se lo conoce, estas válvulas son de gran utilidad para el control de cilindros de doble efecto, también para cilindros twin usados en este proyecto.

En la Figura 19-2 se puede observar la válvula solenoide 5/2:



Figura 19-2: Válvula Solenoide 5/2

Fuente: <https://sistemasneumaticos.wordpress.com/>

2.5.3. Generadores de Vacío.

El funcionamiento de este dispositivo está basado en el principio de Venturi, el cual establece que en un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor de conducto, básicamente lo que hace estos dispositivos generar presiones diferentes en dos puntos y con ello se logra que el dispositivo funciones como succionador de fluido, todo esto se lo puede visualizar en la Figura 20-2.



Figura 20-2: Generador de Vacío

Fuente: <https://coparoman.blogspot.com/2017/04/>

2.5.4. Placa Base de Válvula Solenoide con 3 Estaciones

Es un elemento neumático que se encarga de regular y dirigir el sistema de aire comprimido a nivel de presión, dirección, apertura y cierre, y en el que se puede conectar las válvulas solenoides 5/2 que en su aplicación permite la regulación y el control del aire iniciando o deteniendo el paso del mismo para activar diversos mecanismos o actuadores electroneumáticos.

La Figura 21-2 muestra la caracterización física:



Figura 21-2: Placa Base de 3 Estaciones

Fuente: <http://i.ebayimg.com/images/g/FnQAAOSwyi1a1qdz/s-1500.jpg>

2.5.5. Actuador de Giro

Los actuadores de giro son dispositivos electroneumáticos que se encargan de transformar la energía neumática en energía mecánica para la rotación de su eje principal cuando el PLC envíe la señal de activación, es importante mencionar que a diferencia de otros actuadores neumáticos este posee un motor que proporciona la rotación hasta un cierto límite de llegada a partir de su posición inicial. La Figura 22-2 muestra el elemento físico:



Figura 22-2: Actuador de Giro

Fuente: <https://www.directindustry.es/fabricante-ante-industrial/>

2.5.6. Racores

Son elementos de conexión del sistema neumático que pueden transportar aire comprimido o algún fluido aplicado al entorno sistemático y automatizado en el que distribuirán y dirigirán aquella energía, se pueden armar y desmontar fácilmente ya que su lógica de funcionamiento se da a partir de conectar las mangueras de forma manual y retirarlas ejerciendo una pequeña presión inversa en su rosca que generalmente viene de color azul.

En la Figura 23-2 se pueden observar los tipos de racor que se pueden utilizar para diversas aplicaciones y mandos electroneumáticos puntualmente seleccionados.



Figura 23-2: Tipos de Racor

Fuente: <https://sc04.alicdn.com/kf/HTB1seLgRpXXXXaxXFXXq6xXFXXXXK.jpg>

2.5.7. Filtro de Aire Regulador

Es un elemento neumático que sirve para lubricar el aire, eliminar partículas de polvo existentes y separar la humedad que normalmente se presenta tanto por el ambiente como por el compresor donde se almacena, su estructura es de tipo modular con aluminio, posee un manómetro y un accionador manual para activar o desactivar la entrada de aire comprimido.

En la Figura 24-2 se pueden observar el filtro usado para este proyecto:



Figura 24-2: Filtro de Aire Regulador.

Fuente: <https://ae01.alicdn.com/kf/>

2.6. Sensores

Son dispositivos con capacidad de recolectar información sobre la variación de alguna magnitud física específica o también de alguna alteración del entorno y emitir una señal como salida. Su importancia radica en que para poder controlar un proceso es necesario conocer el estado del mismo, ya que según esto se procederá a tomar una decisión. En los procesos de automatización industrial especialmente en la parte secuencial, los sensores son los responsables del funcionamiento entre etapas, ya que para pasar de un proceso a otro es necesario evaluar la etapa anterior y esto se lo hace midiendo las variables que intervienen en el proceso con el resultado del censado de estos dispositivos (Torres, 2019, p.4).

Los sensores presentan características tanto estáticas como dinámicas, en cuanto a las características estáticas se tiene sensibilidad, campo de medida, resolución, umbral, precisión, exactitud, repetitividad, linealidad e histéresis, mientras tanto, como características dinámicas se tiene la velocidad de respuesta y respuesta en frecuencia (Escalona, 2017, p.10).

Los sensores se pueden clasificar en ópticos, magnéticos, inductivos, etc., a continuación, se va a detallar los sensores en mención.

2.6.1. Ópticos

Los sensores fotoeléctricos u ópticos miden el cambio de la cantidad de luz que causa el objeto al cruzar el eje óptico, este es el principio de censado de todos estos los de este tipo, la aplicación está

orientada a para la detección de formas, colores y degradado de superficies, clasificación y posicionamiento de objetos. El mecanismo de sensado puede tener diferentes modelos como reflectivo, barrera y de retro reflectivo, se evidencia que tanto el emisor y receptor están contenidos en una sola cámara, y el principio de sensado es que el sensor mide la luz reflejada por parte del objeto, en cambio el modo de barrera mide la luz que obstruye el objeto al estar separado el emisor del receptor, en cambio el modo retro reflectivo , mide y compara la cantidad de luz que rebota cuando el objeto la atraviesa con la luz que rebota del reflector.

La Figura 25-2 muestra la caracterización de un sensor óptico:



Figura 25-2: Sensor Óptico

Fuente: <https://sensore.net/sensor-optico-presencia/>

2.6.2. Magnéticos

Este tipo de sensores son especializados en detectar el campo magnético producido por objetos externos próximos y dentro del área sensible, la arquitectura se basa en dos laminas en de materiales ferromagnéticos encapsuladas que se atraen en presencia de un campo magnético proporcionado por un objeto externo, como se muestra en la Figura 26-2.



Figura 26-2: Sensor Magnético

Fuente: <https://www.sepia.mx/que-son-los-sensores-magneticos-de-efecto-hall/>

2.6.3. Inductivo

Un sensor inductivo es un dispositivo físicamente largo, que tiene la función de detectar un objeto metálico sin necesidad de hacer contacto con el mismo, pero, es necesario que mantenga lo que se conoce como distancia de conmutación para poder alcanzar la consigna o detección del elemento a ser censado, dentro de la automatización industrial tiene mucha relevancia para sus diferentes aplicaciones ya que resulta ser muy versátil en cualquier campo de implementación industrial.

La Figura 27-2 muestra el sensor inductivo de manera física:



Figura 27-2: Sensor Inductivo

Fuente: <https://naylampmechatronics.com>

2.7. Motores DC

Los Motores DC tienen como función convertir la energía eléctrica en energía mecánica dando a su salida un movimiento de rotación a un determinado nivel, ya que depende mucho de la capacidad y valores nominales de fábrica dimensionados para múltiples aplicaciones a corta y gran escala, es decir que su uso tiene que ser debidamente fundamentado para no provocar un sobredimensionamiento o una falta de recursos del mismo (Patiño, 2018, p.3).

En este proyecto los motores que se usaron son a 24V y poseen 4 hilos establecidos para 2 bobinas, en los que su activación se dará mediante la señal que envíe el PLC hacia la pista de transporte que se verá en el capítulo de Marco Referencial, es importante mencionar que se ha realizado una conversión de un Motor Paso a Paso a un Motor DC mediante un circuito eléctrico establecido para el mismo, este proceso surge porque se tomó los motores de una estación automatizada que estaba sin uso dentro del laboratorio de automatización y que poseía este tipo de motores.

La Figura 28-2 muestra un motor DC desde el punto de vista de una máquina de corriente continua que son el Rotor y el Estator:



Figura 28-2: Motor DC

Fuente: <http://diymakers.es>

A continuación, se procede a detallar los valores nominales desde el punto de vista eléctrico y mecánico del Motor DC a 24V proporcionado por el fabricante y el cual será considerado como uno de los elementos más importantes dentro de la estación automatizada, es por ello que su datasheet se lo detalla en la Tabla 3-2 y 4-2 respectivamente.

Es necesario mencionar que este motor es suficiente para abastecer con los requerimientos del proyecto por su alta capacidad de torque y eficiencia al momento de funcionar cuando es energizado y activado por el PLC.

Tabla 3-2: Datos Eléctricos del Motor DC

DATOS ELÉCTRICOS	
Voltaje nominal	24 V
Max. Corriente continua	4.5 A
Max. Voltaje de funcionamiento	36 V
Inductancia	2 mH
Constante de par K_t ($\pm 10\%$) oz-in / A [N-m / A]	8,9 [0,062]
Constante de voltaje K_v ($\pm 10\%$) V / kRPM	6.5
Resistencia de bobinado a ohmios ambientales	1.0

Fuente: KOLLMORGEN, 2012.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 4-2: Datos Mecánicos del Motor DC.

DATOS MECÁNICOS	
Par de bloqueo continuo oz-pulg [N-m]	40 [0,28]
Velocidad sin carga a voltaje nominal RPM	3600
Corriente sin carga	0.5 A
Inercia del rotor oz-in-s2 [kg-cm2]	0.018 [1.3]
Max. Temperatura de bobinado ° F [° C]	180 [82]

Fuente: KOLLMORGEN, 2012.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

2.8. Módulo de Relés

Un relé es un accionador que actúa al recibir un pulso eléctrico y que funciona mediante el principio de inducción magnética para poder activar circuitos más grandes que su anterior sin necesidad de hacerlo manualmente, es decir que actúa como un interruptor.

Un módulo de relés es la combinación de varios relés incrustados en una placa y dimensionados con elementos tales como diodos, transistores, resistencias y terminales de tornillo que servirán para realizar conexiones de circuitos de entrada y de salida, y a su vez proporcionar la energía necesaria para alimentar a toda la placa.

La Figura 29-2 muestra en detalle el diseño de un módulo de relés.

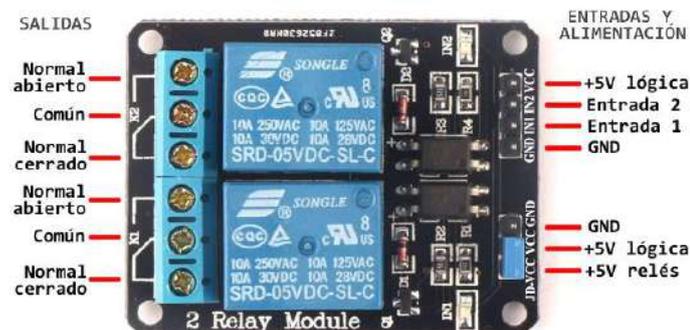


Figura 29-2: Módulo de Relés

Fuente: <http://robots-argentina.com.ar/didactica/modulos-de-rele-y-arduino>

2.9. Transformador de Fuente de Alimentación Conmutada AC110/220V

Es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en AC proveniente del tomacorriente para dirigirlo hacia los elementos que requieran un nivel regulado de voltaje, es decir que entrega

energía en un rango establecido por el fabricante a su salida, todo eso se logra en base a su diseño con transistores de conmutación. En la Figura 30-2 se puede observar el dispositivo eléctrico usado para proveer de energía desde el tablero de control:



Figura 30-2: Fuente de Alimentación

Fuente: <http://lep.eie.pucv.cl/>

2.10. Breakers

Son dispositivos de protección, se los conoce también con el nombre de disyuntor y actúa como un interruptor que corta el paso de la electricidad de manera automática cuando existe una subida inesperada de la misma, posterior a su activación de la puede reconectar nuevamente.

Existen diversos tipos de Breakers, los que se usarán en este proyecto son para voltaje en alterna y para voltaje en directa, mismos que se presentan en las Figuras 31-2 y 32-2 tanto para protección del PLC como para los módulos de relés y borneras respectivamente:



Figura 31-2: Breaker para VAC EBS6BN

Fuente: <http://www.adepac.cl/>



Figura 32-2: Breaker
para VDC EBS6BN

Fuente: <http://www.adepac.cl/>

2.11. Transformador de 112 VAC

Un transformador es una máquina de corriente alterna que permite tener a su salida una regulación de voltaje o intensidad en función a los requerimientos del circuito o topología a ser implementada, su principio de funcionamiento es que la energía que ingresa por el devanado de entrada sale como energía transformada por el devanado secundario en base a las necesidades de diseño planteadas puntualmente para su amplia gama de aplicaciones. En la Figura 33-2 se puede observar el modelo de transformador usado para este proyecto:



Figura 33-2: Transformador de 112
V AC

Fuente: <https://www.fundacionendesa.org/es/>

2.12. Tableros Eléctricos

Los tableros eléctricos son equipos que almacenan dispositivos de control y elementos de protección en conjunto para todo el sistema, permiten operar de manera compacta la instalación y en base a sus normas deben brindar un alto nivel de seguridad para el operador y para su entorno.

En general los tableros deben permitir:

- Dar respuesta adecuada a las especificaciones técnicas de cada proyecto.
- El uso óptimo de las dimensiones y de la distribución en el interior del panel.
- Utilizar componentes estandarizados.
- Facilidad de modificación.
- Fácil conexión de potencia y auxiliares.
- Fácil evolución de la instalación a un costo controlado.

En el caso de la estación automatizada a implementarse se usará un Tablero de Control, ya que existen diversos tipos de los mismos y con diferentes enfoques de construcción que dependerán de su función y aplicación como son:

- Tableros Principales
- Tableros Principales Auxiliares
- Tableros de Distribución
- Tableros de Control o Comando
- Tableros de Medición
- Tableros de Transferencia
- Tableros Especiales.

2.12.1. Tableros de Control

Son tableros que en su interior llevan dispositivos de control y de protección para poder enviar señales programadas y operar a las diferentes etapas de un proceso ya sea en conjunto o de manera individual, controlando los diferentes mandos electroneumáticos que serán usados para esta estación automatizada.

La figura 34-2 muestra una perspectiva de implementación en cuanto a un tablero de control diseñado y dimensionado.



Figura 34-2: Perspectiva de un Tablero de Control

Fuente: <https://www.weg.net/institucional/VE/pt/news>

2.12.1.1. Normas de Implementación de Tableros de Control

Este apartado constituye una parte fundamental dentro del diseño del tablero de control, ya que todo su dimensionamiento e implementación se basa en un estándar de acuerdo a lo establecido por la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) para Instalaciones Electromecánicas, las mismas que han sido obtenidas del documento original creado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Rural y que serán mencionadas a continuación de acuerdo a sus especificaciones de construcción:

- Los tableros serán instalados en lugares seguros y fácilmente accesibles, no deben ubicarse en la parte posterior del tablero ningún artículo de vestuario ni ningún depósito.
- Dentro del tablero debe existir ventilación ya sea natural o forzada de tal forma que se garantice que los equipos operarán a una temperatura adecuada y que no sobrepasarán las temperaturas máximas de operación.
- Todos los dispositivos y componentes de un tablero deberán montarse dentro de cajas, gabinetes o armarios, dependiendo del tamaño que ellos alcancen.
- Los tableros deben ser fabricados en materiales resistentes al fuego, auto extingüibles, no higroscópicos, resistentes a la corrosión o estar adecuadamente protegido contra ella.
- Todos los tableros deberán contar con una cubierta interna sobre los equipos y con una puerta exterior.
- Los elementos de operación de las protecciones o dispositivos de maniobra sólo serán accesibles abriendo la puerta exterior la que deberá permanecer cerrada, para lo cual deberá contar con una chapa con llave o un dispositivo equivalente.

- El conjunto de elementos que constituyen la parte eléctrica de un tablero deberá ser montado sobre un bastidor o placa de montaje mecánicamente independiente de la caja, gabinete o armario los que se fijarán a éstos mediante pernos, de modo de ser fácilmente removidos en caso de ser necesario.
- El cableado de interconexión entre sus dispositivos deberá hacerse a través de bandejas o canaletas de material no conductor que permitan el paso cómodo y seguro de los conductores.
- Deberá quedar un espacio suficiente entre las paredes de las cajas, gabinetes o armarios y las protecciones o dispositivos de comando y/o maniobra de modo tal de permitir un fácil mantenimiento del tablero.
- Se deberá considerar un volumen libre de 25% de espacio libre para proveer ampliaciones de capacidad del tablero.
- Las cajas, gabinetes o armarios en que se monten los tableros podrán ser construidos con láminas de hierro, acero o materiales no conductores.

Las especificaciones para el Material Eléctrico son:

- Los conductores de alimentación que lleguen a un tablero deberán hacerlo mediante puentes de conexión o barras metálicas de distribución, pudiendo existir una protección principal.
- Desde las barras de distribución se harán las derivaciones para la conexión de los dispositivos de comando o protección constitutivos del tablero. No se aceptará el cableado interno de un tablero con conexiones hechas de dispositivo a dispositivo.
- Las barras de distribución se deberán montar rígidamente soportadas en las cajas, gabinetes o armarios; estos soportes deberán ser aislantes.
- Tanto las barras como los conductores del cableado interno de los tableros deberán cumplir el código de colores vigente.
- Todos los tableros principales de distribución cuya capacidad sea igual o superior a 200 Amperios deberán llevar instrumentos de medida que indiquen el voltaje y corriente sobre cada fase.
- Todos los tableros principales de distribución deberán llevar luces piloto sobre cada fase para indicación de tablero energizado.

El espesor de la plancha de acero para cajas, gabinetes o armarios se detalla en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2: Espesor Mínimo de las Planchas de Acero

Superficie Libre [m ²]	Espesor de la Plancha [mm]
0.25	1.2
0.75	1.5
1	1.8
Sobre 1	2.0

Fuente: NEC, 2015.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Las distancias mínimas entre partes desnudas energizadas dentro de un tablero se darán de acuerdo a la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Distancias entre Partes Energizadas Dentro de un Tablero.

Voltajes de Servicio [V]	Partes Energizadas con respecto a Tierra [mm]
0 a 200	15
201 a 400	15
401 a 1000	30

Fuente: NEC, 2015.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Por último, es necesario mencionar la manera en la que se debe identificar el tablero de manera física a partir de que ya ha sido implementado y corresponde a los siguientes puntos:

- Diagrama Unifilar del tablero
- Tipo de ambiente para el que fue diseñado
- Rotulado para la identificación de circuitos
- Instrucciones para la instalación, operación y mantenimiento.

2.13. Softwares a utilizarse para el Diseño de la Estación Automatizada

En esta sección se dará a conocer los softwares puntualmente destinados para la realización del proceso de llenado, tapado y paletizado de granos y en los que se realizará su diseño de piezas para cada etapa, la programación del Controlador Lógico Programable, la programación del HMI y el diseño de circuitos eléctricos para la parte conexión de motores.

2.13.1. Software de Diseño de Piezas AUTODESK INVENTOR

Autodesk Inventor es un software que permite realizar los diseños de tipo CAD para sólidos en 3D, posee herramientas de alto nivel para el diseño mecánico, simulación y documentación, lo que lo hace muy óptimo para realizar cualquier tipo de pieza a necesidad del operador.

La Figura 35-2 destaca el logo de identificación del software:



Figura 35-2: Logo de Autodesk Inventor.

Fuente: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/inventor/>

2.13.2. Software de Diseño de Circuitos Eléctricos PROTEUS

Proteus es un software de diseño electrónico a nivel de circuitos que actúa en tiempo real y en el que se puede dimensionar cualquier topología para múltiples aplicaciones dentro de la electrónica, se destaca por poseer todo tipo de elementos activos y pasivos, dispositivos, librerías y diseño en 3D para la construcción de placas, con lo cual se puede trabajar de manera amplia y su escalabilidad no tiene límites.

La Figura 36-2 muestra el logo de identificación del software:

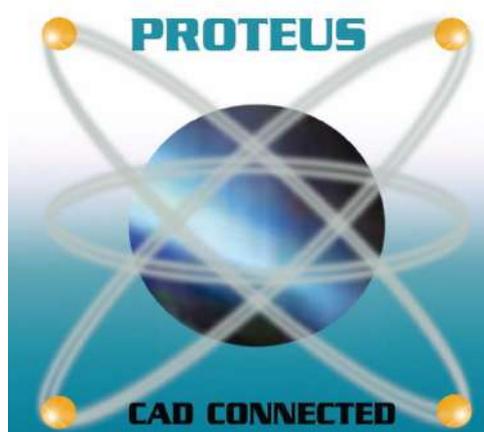


Figura 36-2: Logo de Proteus.

Fuente: <http://www.intercambiosvirtuales.org/tag/proteus>

2.13.3. Software de Programación del PLC Siemens TIA PORTAL

TIA Portal es un software de ingeniería que permite programar y simular un PLC de manera eficiente para diferentes aplicaciones y procesos a corta y gran escala, es decir que con su uso aseguramos fiabilidad y calidad al momento de realizar el diagrama de escaleras con el que se programará la estación automatizada determinada para este proyecto.

La Figura 37-2 muestra el logo de identificación del software:



Figura 37-2: Logo de TIA Portal.

Fuente: <https://http2.mlstatic.com/>

2.13.4. Software de Programación DOPSOFT Delta para el HMI

Este software nos ayuda con la representación gráfica de un proceso automatizado o de manufactura, es decir, botoneras, elementos, y componentes involucrados en el proceso de automatización caracterizados como elementos visuales, donde el objetivo principal es simular comportamiento en tiempo real de todo el sistema, interactuando así con a través del control. De

esta manera, los operarios supervisan y controlan el proceso automatizado mediante la interfaz gráfica que haya sido desarrollada. La Figura 38-2 muestra el logo de identificación del software:

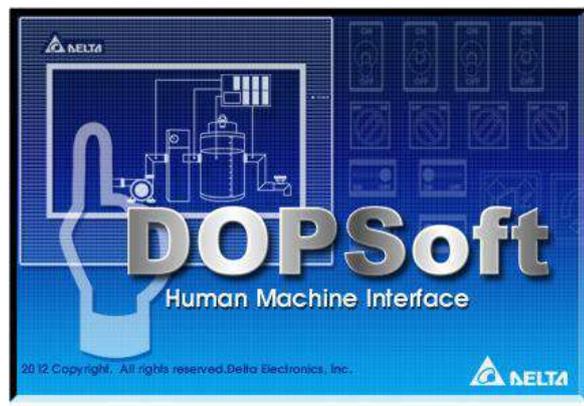


Figura 38-2: Logo DOPSoft del HMI Delta.

Fuente: <https://carlosabneryt.blogspot.com/2021/05/>

2.13.5. Software de Diseño del Tablero Eléctrico CADE SIMU

El entorno de Cade Simu permite realizar y simular conexiones de circuitos a nivel de potencia y de control para diversas aplicaciones en el ámbito de la ingeniería, sin embargo se lo puede utilizar en el desarrollo de Tableros de Control con el uso de todos los elementos electrónicos y las librerías que este posee. A continuación, se muestra la Figura 39-2 con el logo del software:

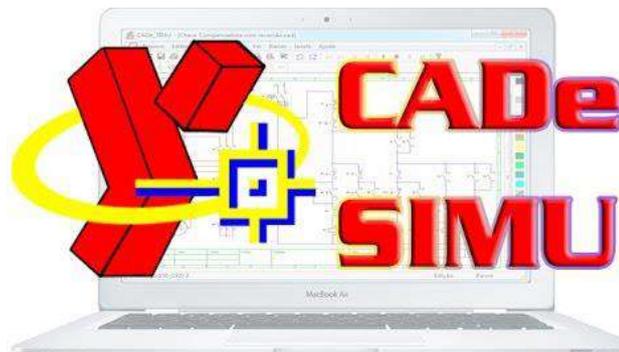


Figura 39-2: Logo de CADE SIMU.

Fuente: <http://cyberspaceandtime.com/LUQGM5n2oc.video+related>

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Generalidades de los Granos Secos

En este apartado se va a realizar un enfoque en cuanto a la utilidad que los granos secos tendrán dentro de este proyecto, principalmente la detección de los granos cuando estén en el pallet y en el frasco dentro de la estación automatizada gracias a la bondad que tienen los sensores previamente designados y parametrizados como los ópticos, inductivos, y magnéticos que ya han sido escogidos para su implementación y explicados en el capítulo anterior.

3.1.1. *Parámetros de Selección de los Granos Secos*

Entre las opciones de granos a usarse se han establecido varios con características similares en cuanto a su tamaño relativamente diferente, que servirán para escoger la mejor opción en cuanto a precisión de llenado por parte de la etapa de dosificado en función a las características físicas de las piezas a ser diseñadas.

Se debe considerar que el peso de los granos resulta ser insignificante ya que los motores usados tienen gran capacidad de torque, con lo cual es factible el recorrido tanto del pallet, el frasco y los granos al mismo tiempo, la cantidad de llenado únicamente dependerá del tamaño del frasco y del volumen que este pueda abarcar, será representado dentro del diseño de piezas en una posterior sección de hardware. La Figura 1-3 muestra el ejemplo de un dosificador de granos:



Figura 1-3: Ejemplo de Dosificador de Granos

Fuente: <http://gravipes.com/>

Los granos secos designados para su evaluación son los siguientes:

- Lenteja
- Maíz
- Fréjol Rojo
- Fréjol Canario



Figura 2-3: Tipos de Granos Secos

Fuente: <https://www.lacobacha.com.ec/categoria-producto/agropecuario/semillas/page/1/>

Como se observa en la Figura 2-3 tenemos cuatro diferentes tipos de granos, los cuales a modo de evaluación serán analizados desde el punto de vista de sus características generales.

En un entorno industrial cada uno de estos granos actúa de una forma distinta ante las piezas del sistema diseñadas para cumplir su función, ya que influye mucho el tamaño del grano y la distancia de caída desde el almacenador de granos o dosificador hacia el frasco, por eso requiere una selección puntual del mismo y los parámetros del temporizador del PLC debe ser exactamente calibrados para un llenado con alta precisión, sin embargo, la diferencia entre estos es relativamente insignificante ya que se manejan tiempos pequeños en su operación cuando los sensores captan el pallet con el frasco y envían señales de funcionamiento hacia un proceso secuencial.

Dado esto, las consideraciones que se hacen a la hora de seleccionar uno de estos cuatro tipos de granos secos radican en las propiedades físicas que cada uno nos ofrece, estos granos tienen características particulares a nivel de forma, tamaño y color, lo que los hacen un instrumento muy factible a considerarse dentro de la estación automatizada a nivel de cantidad volumétrica y su posterior implementación.

En conclusión, la lenteja será el grano seco considerado para la realización de este proyecto por la forma que esta posee, ya que al no ser un grano robusto físicamente garantiza que al caer al

frasco en el proceso de llenado no rebote, con lo cual se garantiza un correcto dosificado y sin pérdidas que puedan afectar al proceso.

3.2. Uso del Pallet ante los Sensores Industriales

Cuando nos referimos al uso del pallet ante los sensores industriales, se debe tener en cuenta las características físicas que este nos proporciona, ya que serán de muy importantes en la lectura de datos que realicen los sensores industriales para enviar órdenes y ejecutar acciones de control previamente programadas e instauradas en el Controlador Lógico Programable, además, el peso del pallet no tiene mucha significancia ya que los motores son de gran capacidad y fuerza para poder ejercer su giro de manera controlada en función a sus características físicas.

Otra consideración respecto al pallet, es la facilidad que tiene de recorrer por una pista de transporte en cualquier entorno que se encuentre, es por eso que cuando se la someta a esta estación automatizada, existirá más garantía de movilidad sobre la pista de motores por la que tendrá que recorrer y donde van a interactuar los diversos sensores seleccionados que será el primer paso dentro del diseño y programación del mismo.

3.3. Parámetros de Selección de los Frascos de Cristal

Cuando hablamos de frascos de cristal, nos referimos puntualmente a realizar consideraciones de material y dimensiones que comprende el uso al que va a ser sometido dentro de la estación automatizada. Estos frascos de cristal serán usados en todo el proceso bajo una secuencia programada para recorrer por el llenado, el tapado y finalmente el paletizado, siendo así, uno de los elementos más relevantes, ya que es ahí donde se realizará todo el proceso planteado en un recorrido proporcionado por la matriz de motores DC que se considera como la base del proyecto.

3.3.1. Consideraciones de Diseño de los Frascos de Cristal

Bajo el precepto mencionado anteriormente, se consideran distintos modelos y tamaños de los frascos de cristal que pueden ser alternativas excelentes al momento de ser utilizados de la estación automatizada, es así que, estos frascos se los puede considerar de distintas maneras para que en lo posterior se pueda hacer un acople con el mejor tamaño de la tapa a utilizarse.

Un ejemplo de las distintas maneras de dimensionar los frascos de cristal es lo que a continuación se muestra en la Figura 3-3, dando como resultado una perspectiva a nivel de tamaño donde se llenará la lenteja en todo el recorrido que tendrá dentro de la estación automatizada y lo que existe

disponible en el mercado para su posterior adquisición, cabe destacar que su peso es muy bajo y los motores tendrán el suficiente soporte.



Figura 3-3: Frasco de Cristal

Fuente: <https://www.catalogodelem.com>

Aquí, nos muestra una alternativa desde el punto de vista del tamaño, por lo cual su elección se la realizará posterior al diseño de cada proceso como el Llenado, Tapado y Paletizado, ya que en primera instancia necesitamos tener las piezas físicas y el dimensionamiento de cada parte de la estación anteriormente mencionadas para su posterior acople y uso del mismo.

3.3.2. Tamaño y Adaptación de los Frascos a la Estación Automatizada

Uno de los principales puntos a considerarse dentro del proyecto es la adaptación del tamaño de los frascos que se realiza en función a la escalabilidad y al tamaño de cada etapa de la estación automatizada, es decir, un acople no desmesurado que radica en las necesidades del operador.

A continuación, se muestra la Tabla 1-3 en donde se especifican las medidas de alto, peso y diámetro correspondiente de los frascos de cristal a utilizarse, esto es muy importante ya que por consideraciones de diseño de la estación automatizada debe tener dimensiones exactas para que encaje dentro de cada etapa a diseñarse y donde interviene una parte importante que es la escalabilidad aplicada para todo el proceso.

Tabla 1-3: Dimensiones de los Frascos de Cristal.

Alto	Peso	Diámetro	Radio
5.5 cm	80 gr	6.8 cm	3.4 cm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

3.4. Requerimientos del Sistema

Se deben considerar varios requerimientos indispensables para el funcionamiento y la validación de todo el sistema como son los siguientes:

- El sistema debe llegar a su fin al contabilizar 12 frascos de cristal correctamente paletizados.
- La capacidad del dosificador debe ser de 5.4 libras cargados manualmente.
- La etapa de dosificación debe constar de un almacenador intermedio de granos para dar una respectiva cantidad volumétrica de 150 gramos para cada frasco de cristal al momento de que el cilindro Twin realice el empuje hacia el frasco destapado.
- La base que transporta cada frasco por toda la pista debe tener la capacidad para llevar un único elemento a la vez hasta el final del proceso para garantizar un correcto funcionamiento.
- Los motores necesarios para la realización de la pista de transporte deben ser de 24V por consideraciones de su escalabilidad.
- Se debe visualizar el funcionamiento del sistema mediante el uso y programación del HMI.
- Cada proceso de las etapas de la estación automatizada debe tener un tiempo asignado dentro de la programación del PLC.
- La estación automatizada debe ser de fácil manejo para el operador.

3.5. Concepción del Sistema

3.5.1. Consideraciones de Diseño

Una vez que se han establecido los materiales, elementos y dispositivos electrónicos mencionados en la sección del Marco Teórico, se procede a diseñar un esquema gráfico del proceso que tendrá la estación automatizada en sus diferentes etapas de activación, para lo cual se realizó distintas consideraciones de funcionamiento a nivel esquema general, esquema de la trayectoria en las que están inmersos los frascos de cristal para su recorrido, la parametrización de los motores DC y el encendido de los mismos en cada etapa a automatizarse. Posterior a eso se procederá a realizar los diagramas de bloques para cada etapa.

3.5.2. Esquematización General del Sistema

Finalizada la parte de establecimiento de todos los elementos inmersos en el sistema, se procede a realizar la esquematización general en donde podemos observar elementos como el PLC, HMI, una computadora personal, la botonera, el tablero de control, el almacenaje de los frascos de cristal completamente llenos, y las etapas de dosificado, tapado y paletizado que comprende la estación automatizada.

La Figura 4-3 nos muestra todos los elementos mencionados con anterioridad y permite visualizar la forma en la que se realizará todo el proceso de funcionamiento después de que se hayan diseñado las piezas en un software de tipo CAD, después de que se realice el montaje y finalmente después de programar por completo el Controlador Lógico Programable de la marca Siemens, considerando que durante todo este proceso es probable que se presenten errores técnicos que serán corregidos y depurados al instante.

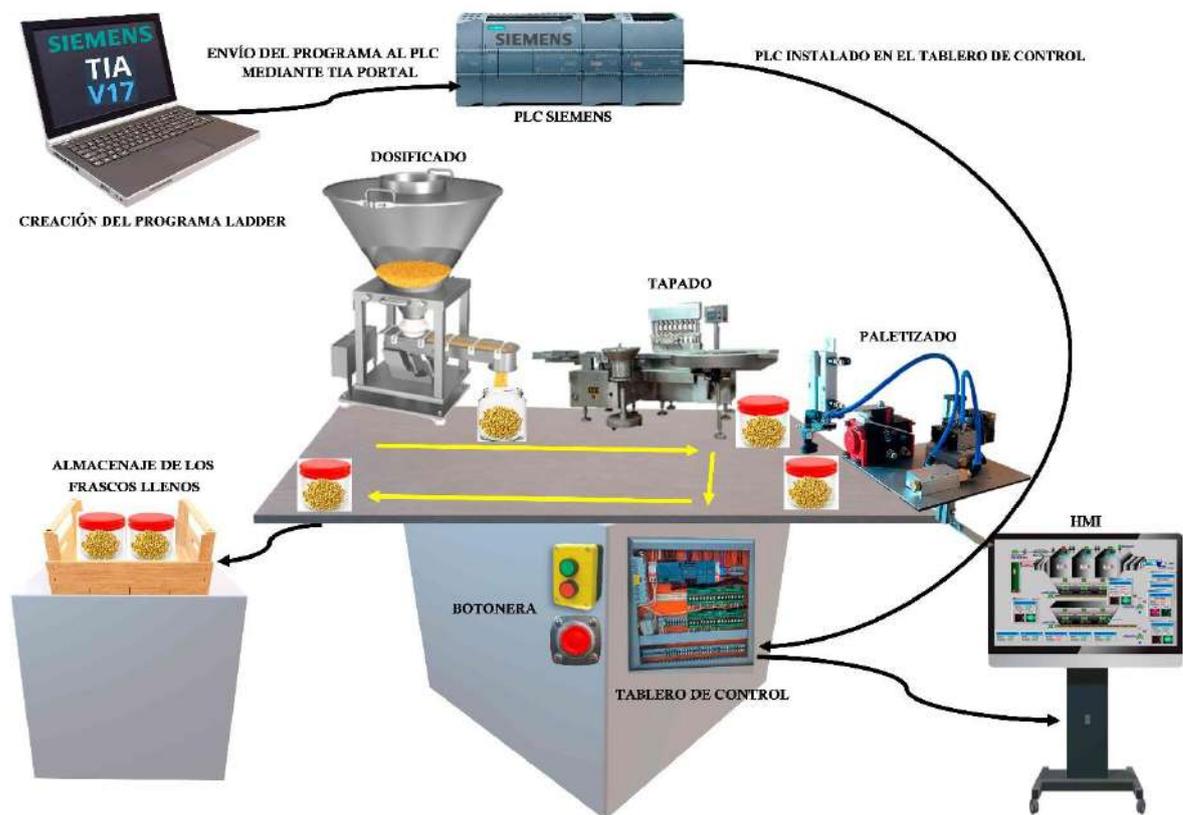


Figura 4-3: Concepción del Sistema

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

3.6. Diseño del Hardware del Sistema

3.6.1. Caracterización de la Etapa de Transporte de la Estación Automatizada

En un primer punto se va a establecer una caracterización en 2D del sistema mostrado en la Figura 4-3, con el fin de poder observar las diferentes etapas que contiene el mismo, la parametrización de motores para la pista y la trayectoria planteada para el recorrido de los frascos de cristal.

Es relevante mencionar que el Gráfico 1-3 muestra de manera completa la secuencia a programarse y que en lo posterior se lo interpretará a nivel de diagramas de flujo y en donde consta cada elemento utilizado para el proceso a automatizarse.

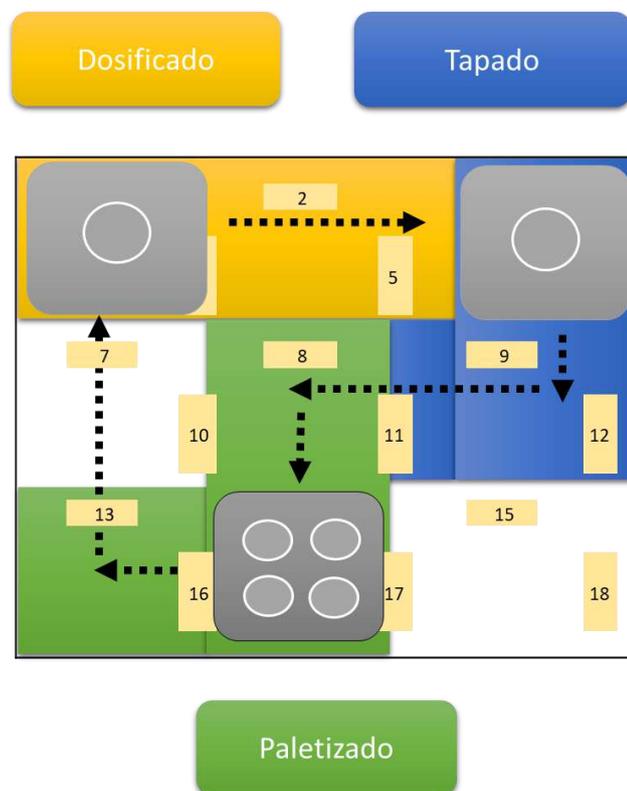


Gráfico 1-3: Caracterización de Etapas y Trayectorias

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

3.6.1.1. Trayectoria del Sistema de Transporte

En el Gráfico 2-3 se puede observar la trayectoria que se ha planteado para el recorrido de los frascos de cristal sobre la pista, se los ha establecido mediante flechas y colores distintos para su diferenciación, dando como resultado un seguimiento de tipo lineal hasta llegar a su fin.

Una vez que se cumpla el proceso de llenado, tapado y paletizado, el PLC empezará a contar las veces en las que el proceso haya llegado a su fin, con el objetivo de poder contar hasta 12 frascos como se lo ha planteado en un inicio y que también es parte de los requerimientos que fueron establecidos para este sistema.

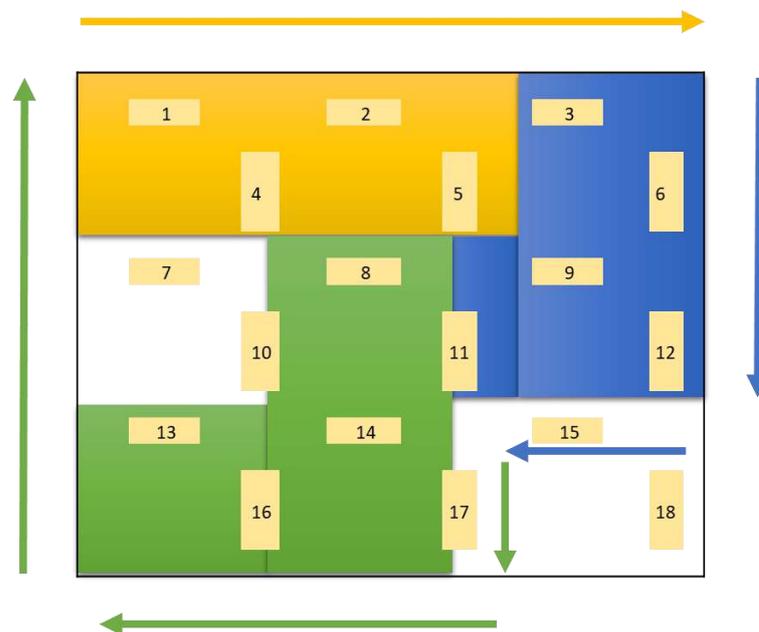
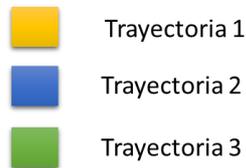


Gráfico 2-3: Trayectoria de los Frascos en la Estación Automatizada
Realizado por: Torres, Christian, 2021.

3.6.1.2. Parametrización de Motores dentro del Sistema de Transporte

El sistema de transporte es muy importante dentro del proyecto, ya que es la base para que todo el funcionamiento sea posible, bajo este precepto se procede a realizar la parametrización de los Motores DC que han sido numerados del 1 al 18, convirtiéndose así en la pista a ser programada dentro del Controlador Lógico Programable y donde su trayectoria puede ser manipulada y estructurada en función a los requerimientos del operador.

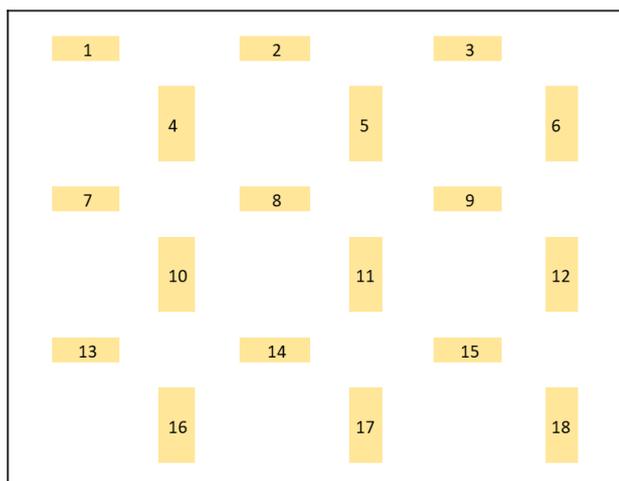


Gráfico 3-3 : Parametrización de Motores dentro del Sistema de Transporte.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

El Gráfico 3-3 muestra la numeración para cada Motor DC de la pista de la estación, es importante considerar que internamente estos motores se han diseñado de manera que su circuito consta de relés, capacitores, transformadores y una fuente de poder. Cada motor posee su circuito individual con los elementos electrónicos necesarios para su diseño.

3.6.2. Diseño de Piezas de la Estación Automatizada en Autodesk Inventor.

En esta sección se va a presentar el diseño de piezas creado en la plataforma Autodesk Inventor para las etapas de llenado, tapado y paletizado dentro de la estación automatizada, sabiendo que se han aplicado los conocimientos adquiridos dentro de la cátedra de Fundamentos de Mecanismos aprendidos durante la carrera y que serán de gran respaldo teórico-práctico para su aplicación.

Además, tiene como fin de poder empezar la construcción mecánica de todas las piezas creadas y dimensionadas a tal punto de poder cumplir con el nivel de escalabilidad propuesto para este proyecto, conociendo que esta estación automatizada es un modelo de aplicación para procesos industriales dentro de cualquier empresa con dicho direccionamiento.

A continuación, se muestra la Tabla 2-3 donde constan todos los elementos y piezas que han sido creados para cumplir con el objetivo de diseño y dimensionamiento de cada una de ellas:

Tabla 2-3: Elementos y Piezas a Diseñarse para la Estación Automatizada.

Sección	Nombre de la Pieza	Complejidad del Diseño
Elementos Base	Base Contenedora de La Estación Automatizada	Alto
	Rueda Dentada	Alto
	Pallet Cara Superior.	Alto
	Pallet Cara Inferior	Alto
	Barra de Aluminio que sostiene la Etapa de Paletizado	Alto
	Acople para el Aluminio Base	Medio
Etapas de Llenado	Cuerpo del Cilindro Twin	Alto
	Placa de Empuje con 2 Bases para el Cilindro Twin	Alto
	Placa Base de la Etapa de Llenado	Alto
	Recipiente de Dosificación	Alto
	Espaldar de Agarre del Recipiente Dosificador	Alto
	Placa Inferior del Almacenador de Granos	Medio
	Placa Superior del Almacenador de Granos	Medio
Etapas de Tapado	Almacenador de Tapas	Alto
	Placa Base para Toda la Etapa	Alto
	Encuadre para el Cilindro Twin	Alto
	Acople para el Cilindro Twin	Alto
	Sensor Óptico	Alto
	Base que sostiene el Almacenador de Tapas	Medio
Etapas de Paletizado	Válvula Solenoide 5/2	Alto
	Base para Sostener la Ventosa	Medio
	Ventosa de Caucho	Alto
	Generador de Vacío	Alto
	Actuador de Giro	Alto
	Placa Base de 3 Estaciones	Alto

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

3.6.2.1. Elementos Base de la Estación Automatizada

Los elementos que constituyen esta sección corresponden a la base de la estación automatizada, donde posteriormente se colocarán las etapas que han sido planteadas y diseñadas en función a

los requerimientos planteados y a las necesidades del operador para poder realizar una correcta implementación y que su forma física sea la más óptima al momento de proceder con su ejecución y programación en cuanto a elementos considerados para la misma. A continuación, se van a caracterizar cada una de ellas con sus respectivas tablas de dimensiones:

- Base Contenedora de la Estación Automatizada:

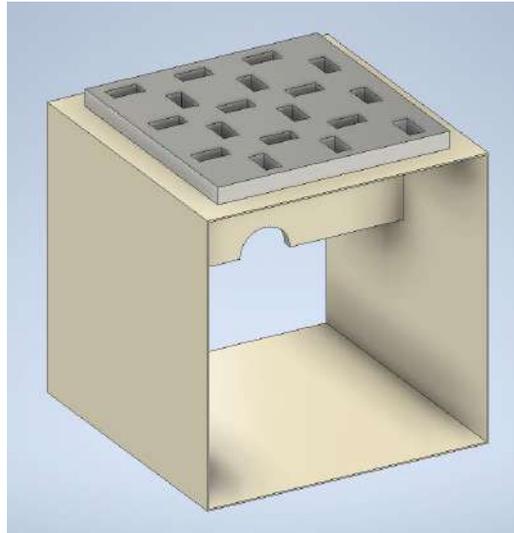


Figura 5-3: Base Contenedora de la Estación Automatizada

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 3-3: Medidas de la Base Contenedora.

ALTO	ANCHO	GROSOR
92 cm	92 cm	0.3 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Rueda Dentada para la Pista de Transporte:

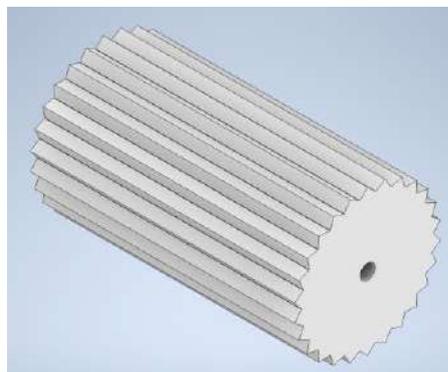


Figura 6-3: Rueda Dentada

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 4-3: Medidas de la Rueda Dentada.

ALTO	DIÁMETRO CÍRCULO	TAMAÑO DIENTE
9 cm	5 cm	0.5 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Pallet (Vista Superior):

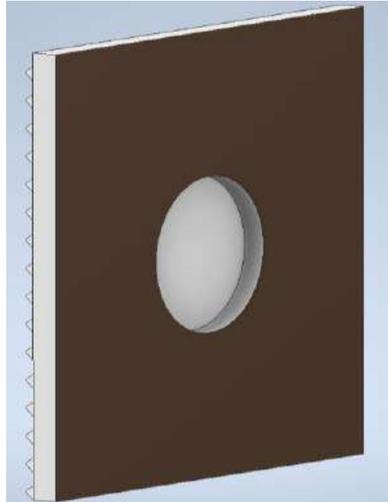


Figura 7-3: Pallet Cara Superior

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 5-3: Medidas del Pallet.

ALTO	ANCHO	DIÁMETRO	GROSOR
20 cm	20 cm	7 cm	2.5 cm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Pallet (Vista Inferior):

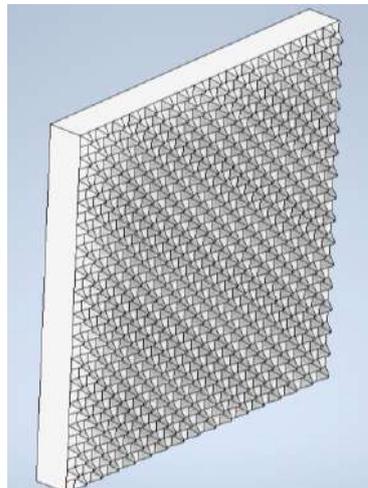


Figura 8-3: Pallet Cara Inferior

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Barra de Aluminio que sostiene la Etapa de Paletizado:

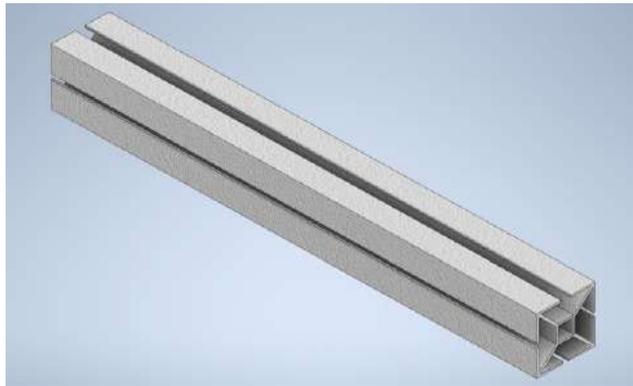


Figura 9-3: Base para sostener la Etapa de Paletizado

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 6-3: Medidas del Aluminio Base

ALTO	ANCHO	GROSOR
25 cm	3 cm	0.3 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Acople para el Aluminio Base:



Figura 10-3: Acople para el Aluminio Base

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 7-3: Medidas del Acople para el Aluminio Base

ALTO	ANCHO	GROSOR
10 cm	1.5 cm	0.3 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

3.6.2.2. Etapa de Llenado

En este primer punto de creación se tiene las piezas de la etapa de Llenado con las que posterior a su diseño se procederá a ensamblarse dentro de la plataforma de Autodesk Inventor para su total concepción, es decir que el resultado final corresponderá a la etapa que se armará de manera manual y con la ayuda de herramientas mecánicas en el cumplimiento de este proyecto. A continuación, se procede a mostrar las piezas creadas individualmente dentro del entorno CAD, y en la que a su vez constan cuadros con las especificaciones de las medidas correspondientes por cada elemento, además consta del ensamble de varias piezas subdivididas en procesos temporales y de cada etapa terminada.

- Cilindro Twin:

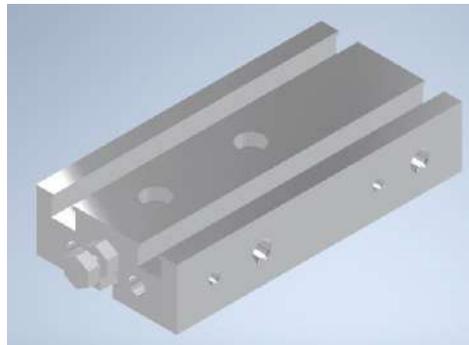


Figura 11-3: Cuerpo del Cilindro Twin

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 8-3: Medidas del Cuerpo del Cilindro Twin

ALTO	ANCHO	GROSOR
16 cm	6 cm	2.5 cm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Placa de Empuje con 2 Bases:

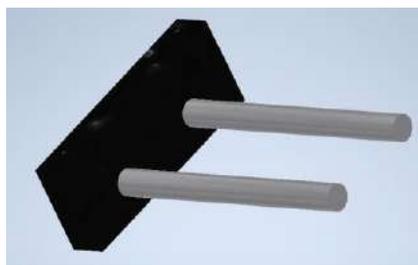


Figura 12-3: Placa de Empuje para el Cilindro Twin

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 9-3: Medidas de la Placa de Empuje (Color Negro).

ALTO	ANCHO	GROSOR
6 cm	2 cm	1.2 cm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Ensamble del Cilindro Twin:

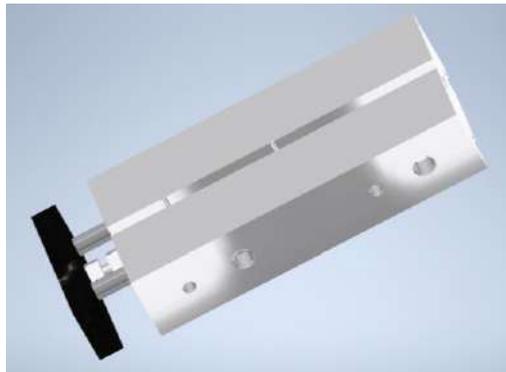


Figura 13-3: Ensamblaje del Cilindro Twin

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Placa Base de la Etapa de Llenado:

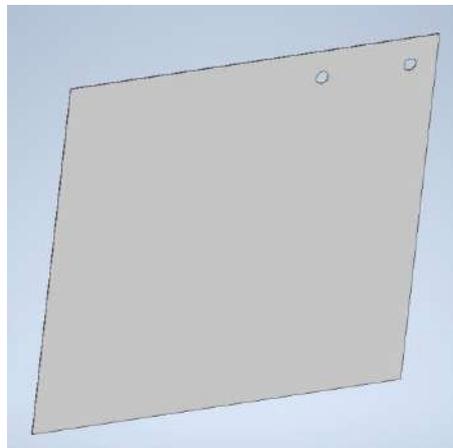


Figura 14-3: Placa Base para la Etapa de Dosificación

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 10-3: Medidas de la Placa Base

ALTO	ANCHO	GROSOR
21 cm	20 cm	0.4 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Recipiente de Dosificación:



Figura 15-3: Recipiente de Dosificación.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 11-3: Medidas del Recipiente de Dosificación

ALTO	DIÁMETRO	GROSOR
30.5 cm	10 cm	0.3 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Espaldar de Agarre del Recipiente Dosificador:

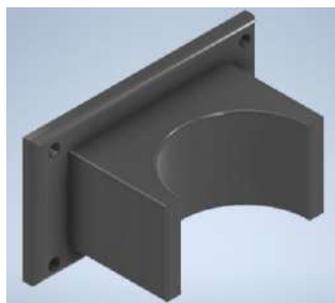


Figura 16-3 : Agarre para el Recipiente de Dosificación

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 12-3: Medidas de la Base de Agarre para el Recipiente de Dosificación

ALTO	ANCHO	GROSOR
16 cm	9 cm	1 cm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Placa Inferior del Almacenador de Granos:

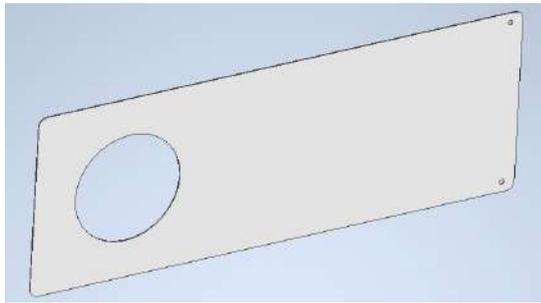


Figura 17-3: Placa Inferior del Almacenador de Granos de Granos

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 13-3: Medidas de la Placa Inferior del Almacenador de Granos.

ALTO	ANCHO	DIÁMETRO	GROSOR
30 cm	11 cm	6.5 cm	0.6 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Placa Superior del Almacenador de Granos:

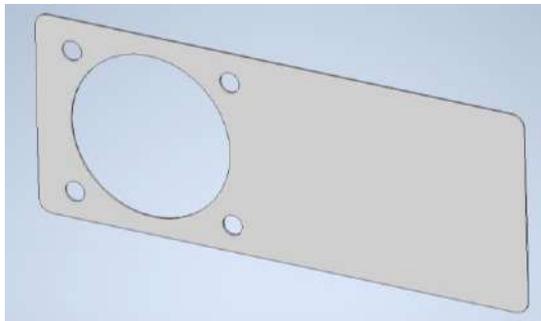


Figura 18-3: Placa Superior del Almacenador de Granos de Granos

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 14-3: Medidas de la Placa Superior del Almacenador de Granos

ALTO	ANCHO	DIÁMETRO	GROSOR
20 cm	8 cm	6.5 cm	0.6 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Almacenador de Granos:

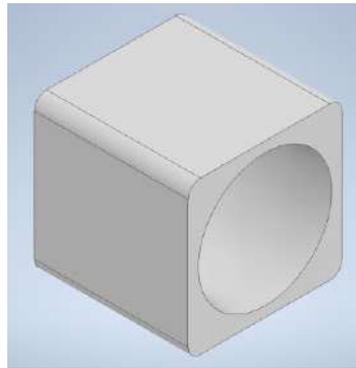


Figura 19-3: Almacenador de Granos

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 15-3: Medidas del Almacenador de Granos

ALTO	ANCHO	DIÁMETRO	GROSOR
7.5 cm	7.5 cm	6.5 cm	0.5 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Ensamble Final de la Etapa de Llenado:

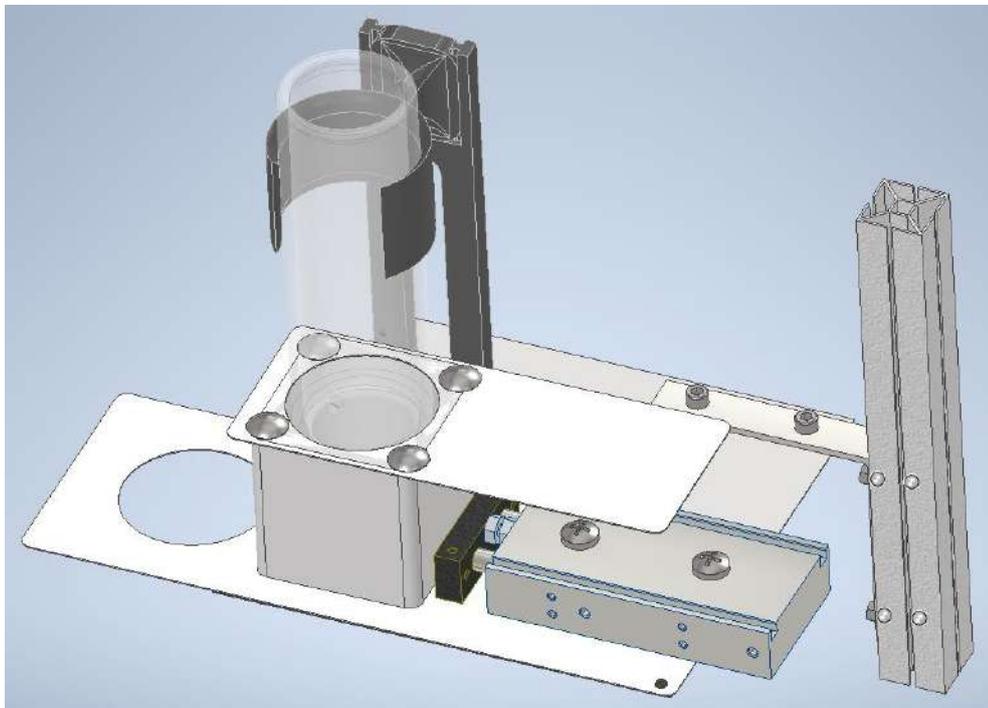


Figura 20-3: Ensamble Final de la Etapa de Llenado

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

3.6.2.3. Etapa de Tapado

- Almacenador de Tapas:

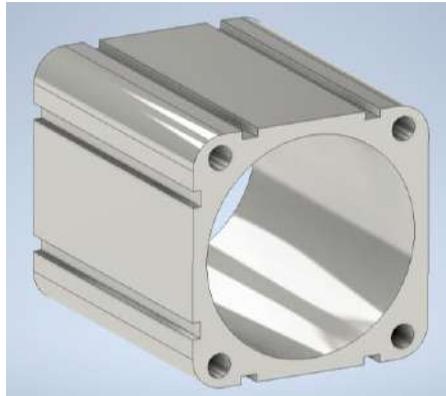


Figura 21-3: Almacenador de Tapas

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 16-3: Medidas del Almacenador de Tapas

ALTO	ANCHO	DIÁMETRO	GROSOR
11.5 cm	9.3 cm	7.8 cm	0.6 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Placa Base para Toda la Etapa:

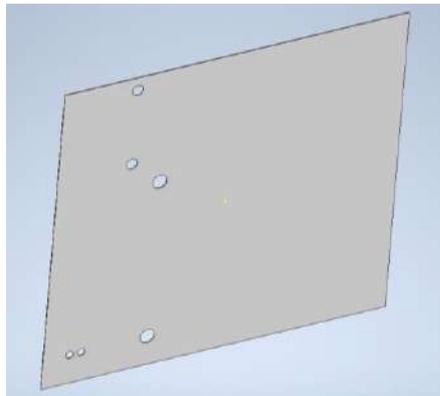


Figura 22-3: Placa Base para la Etapa de Tapado

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 17-3: Medidas de la Placa de la Etapa de Tapado

ALTO	ANCHO	GROSOR
21 cm	20 cm	0.4 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Encuadre para el Cilindro Twin:

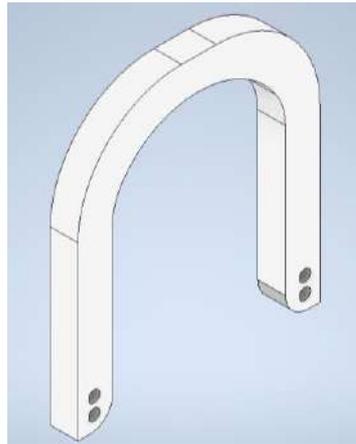


Figura 23-3: Encuadre para el Cilindro Twin.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 18-3: Medidas del Encuadre para el Cilindro Twin

ALTO	ANCHO	ESPEJOR	GROSOR
12 cm	10.5 cm	1.5 cm	1.2 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Acople para el Cilindro Twin:

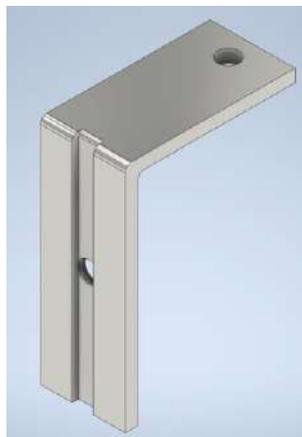


Figura 24-3: Acople para el Cilindro Twin.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 19-3: Medidas del Acople para el Cilindro Twin

ALTO	ANCHO	GROSOR
10.4 cm	2.2 cm	0.3 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Sensor Óptico:



Figura 25-3: Sensor Óptico

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 20-3: Medidas del Sensor Óptico

ALTO	DIÁMETRO
7 cm	1.8 cm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Base que sostiene el Almacenador de Tapas:



Figura 26-3: Base que Sostiene el Almacenador de Tapas

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 20-3: Medidas Base que Sostiene el Almacenador de Tapas

ALTO	DIÁMETRO	GROSOR
2 cm	1 cm	0.3 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Ensamblaje Final de la Etapa de Tapado:

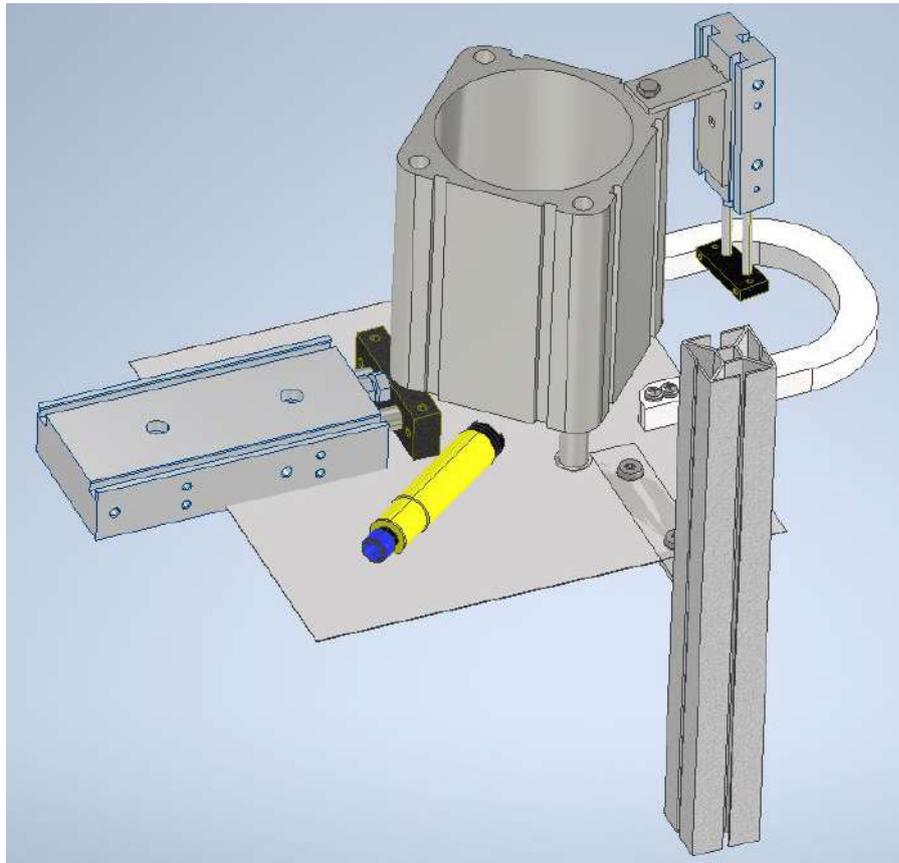


Figura 27-3: Ensamblaje de la Etapa de Tapado

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

3.6.2.4. Etapa de Paletizado

- Válvula Solenoide 5/2:

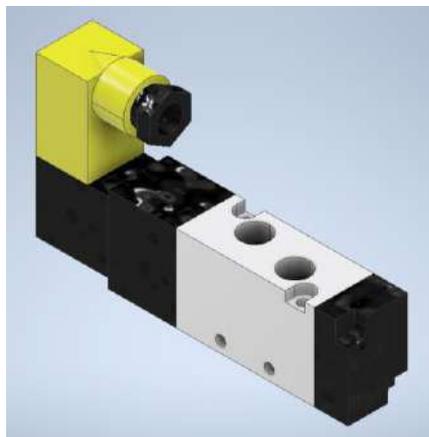


Figura 28-3: Válvula Solenoide 5/2

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 20-3: Medidas de la Válvula Solenoide 5/2.

ALTO	ANCHO	GROSOR
10 cm	2.5 cm	1.8 cm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Base para Sostener la Ventosa:

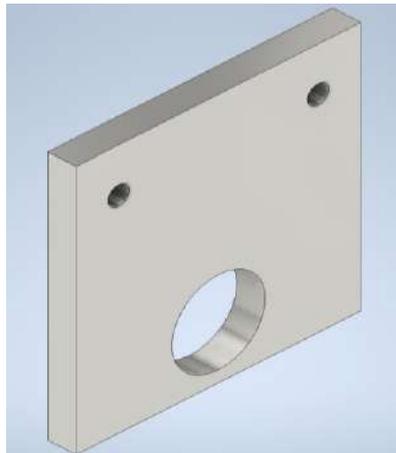


Figura 29-3: Base para Sostener la Ventosa

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 21-3: Medidas de la Base para Sostener la Ventosa.

ALTO	ANCHO	GROSOR
4 cm	4 cm	0.4 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Ventosa de Caucho:



Figura 30-3: Ventosa

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 21-3: Medidas de la Ventosa

ALTO	ANCHO	GROSOR
3 cm	2.3 cm	0.2 mm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Generador de Vacío:

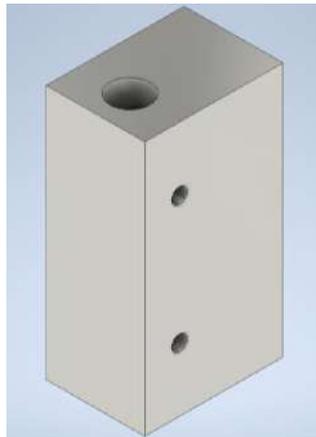


Figura 31-3: Generador de Vacío.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 22-3: Medidas del Generador de Vacío

ALTO	ANCHO	GROSOR
6.5 cm	3.5 cm	2.5 cm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Actuador de Giro:



Figura 32-3: Actuador de Giro

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 23-3: Medidas del Actuador de Giro

ALTO	ANCHO	GROSOR
9.5 cm	5.5 cm	6 cm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Placa Base de 3 Estaciones:

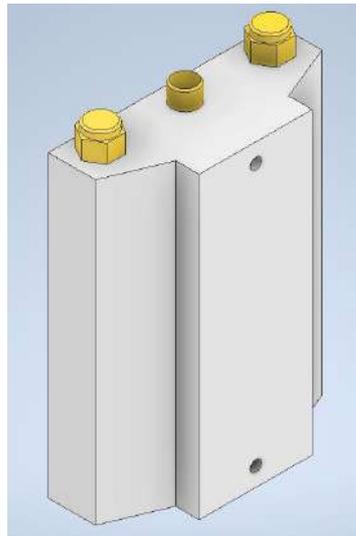


Figura 33-3: Placa Base de 3 Estaciones

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 24-3: Medidas de la Placa Base de 3 Estaciones

ALTO	ANCHO	GROSOR
8 cm	6 cm	2.5 cm

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

- Ensamblaje Final de la Etapa de Paletizado:

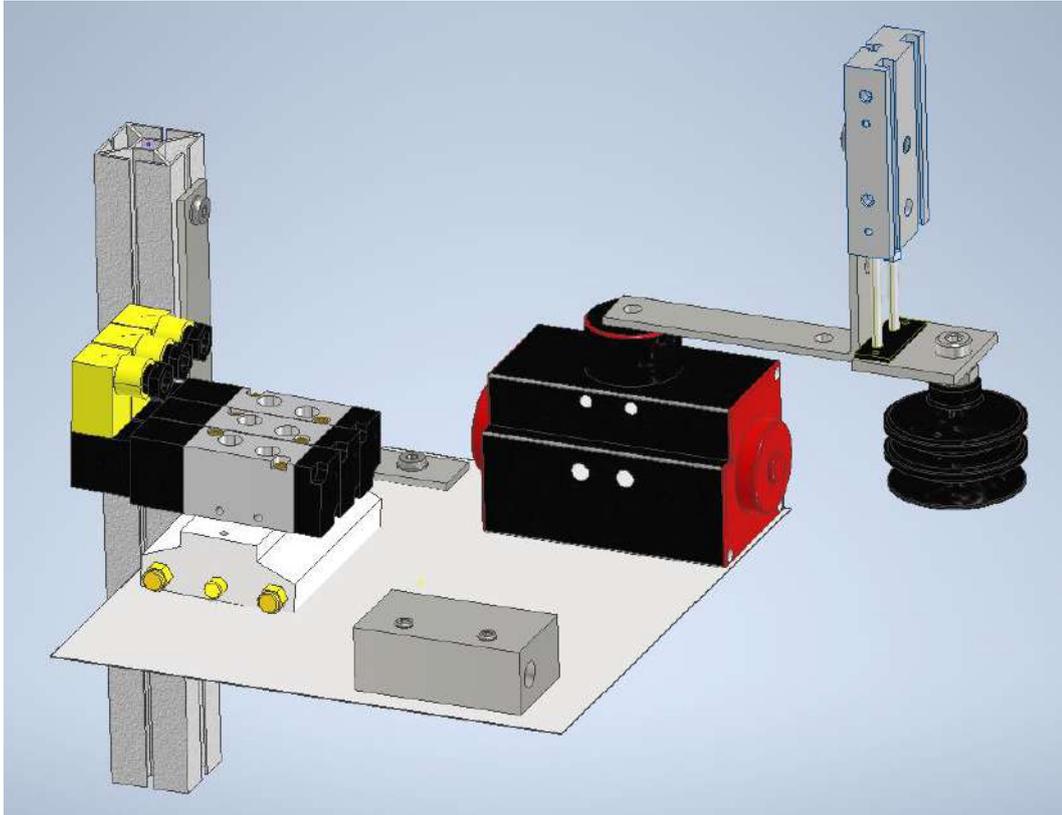


Figura 34-3: Ensamble Final de la Etapa de Paletizado

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.3. Montaje Físico de las Etapas de la Estación Automatizada.

3.6.3.1. Montaje de los Elementos Base

La Figura 35-3 y 36-3 muestra la implementación final de los apartados anteriormente tratados, y que es la base para que la parte restante del sistema dado por las etapas de llenado, tapado y paletizado, puedan ser montadas y programadas para su funcionamiento.

En este caso, esta base ha sido tomada del laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Electrónica y Automatización previamente implementada por estudiantes graduados que fueron parte de esta cátedra y que no se encuentra en uso dentro del mismo, con lo cual lo hace factible su utilización para en este Trabajo de Integración Curricular y que una vez finalizado el proyecto será desarmado para dejarlo en su estado inicial y no se realizará ningún tipo de donación.



Figura 35-3: Motores con Rodamientos Dentados Implementados para la Pista

Realizado por: Torres, Christian, 2021

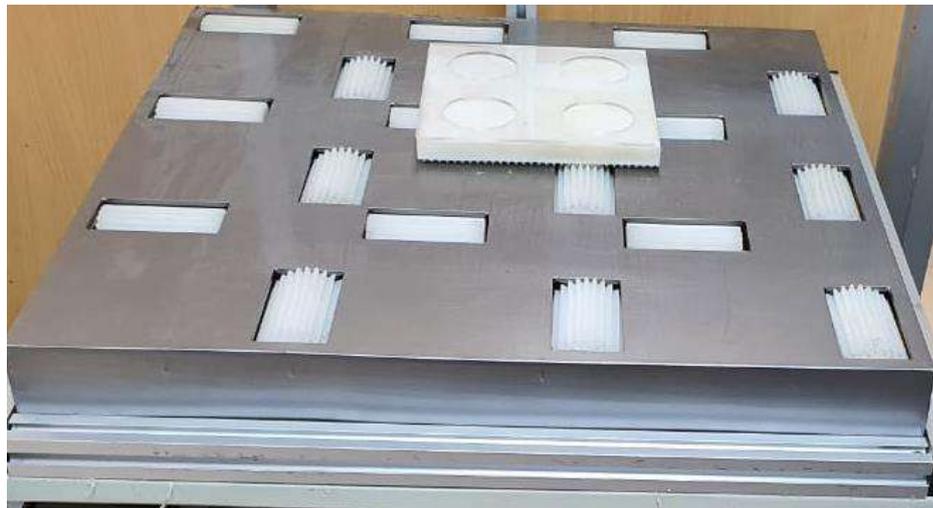


Figura 36-3: Implementación Final de la Pista

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.3.2. Montaje de la Etapa de Llenado

Esta es la primera etapa de la estación automatizada donde se va a colocar los granos secos dentro del recipiente dosificador para que en lo posterior pueda surtir una determinada cantidad de granos a los frascos, su implementación mecánica de piezas ha sido debidamente realizada con cuidado ya que debe cumplir con todas las medidas establecidas y propuestas en el diseño de cada uno dentro del software Autodesk Inventor.

En la Figura 37-3 se puede observar la etapa de llenado completamente ensamblada mecánicamente, pero sin su sistema de conexión neumático ya que este punto representa

únicamente la parte del armado de esta etapa del sistema, también contiene los elementos como el Recipiente Dosificador, un Cilindro Twin, 2 placas que sostienen el dosificador donde cae una cantidad determinada de granos y es empujada por el cilindro hasta caer en el frasco, también contiene el aluminio base con su respectivo espaldar para el recipiente dosificador.



Figura 37-3: Etapa de Llenado

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.3.3. Montaje de la Etapa de Tapado

En la etapa de llenado ubicado en segundo lugar de la secuencia lineal y repetitiva, se procedió a realizar su implementación o montaje de manera física con todos los elementos y piezas previamente seleccionados y dimensionados para su correcto acople y funcionamiento, esta etapa a la hora de armarse resultó ser un poco vulnerable ya que se tenía que calibrar cuidadosamente cada elemento y el ensamble total con el fin de evitar errores en su posterior funcionamiento, al final el armado se consolidó como se lo propuso.

La Figura 38-3 muestra el ensamblaje final de esta etapa que además contiene elementos como el Almacenador de Tapas, un Cilindro Twin, un Sensor Óptico, la base para sostener el almacenador de tapas a cierta altura, el Encuadre para tapar el frasco y toda la estructura mecanizada diseñada para cumplir con tal objetivo y mencionada en la sección de diseño de piezas.



Figura 38-3: Etapa de Tapado

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.3.4. Montaje de la Etapa de Paletizado

Finalmente, la etapa de paletizado está completamente lista para adherirse a la estación automatizada, aquí se utilizó diversos mandos electroneumáticos como son el Actuador de Giro, el Cilindro Twin, un Generador de Vacío, una Ventosa, 3 Válvulas 5/2, una Placa Base de 3 estaciones y finalmente toda la construcción mecánica con sus respectivas medidas establecidas en la sección de diseño de piezas. La etapa de paletizado pone fin al proceso de ejecutado en toda la trayectoria del frasco, la Figura 39-3 muestra la implementación de esta etapa:

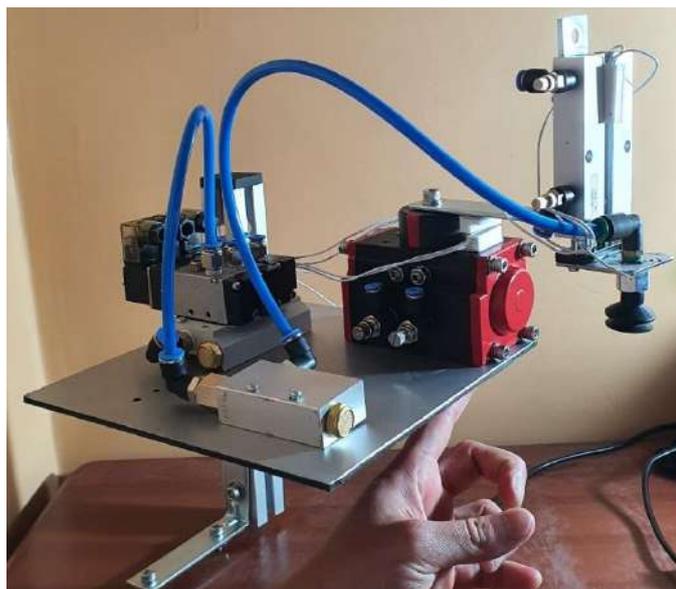


Figura 39-3: Etapa de Paletizado

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.4. Diseño de los Circuitos Eléctricos de los Motores

A continuación, se procede al diseño de los circuitos eléctricos para la conexión de los motores de la pista de transporte en los que mediante la señal que se programe dentro del PLC procederá a la activación o desactivación de los mismos, esto bajo el análisis de que es un proceso automatizado y requiere la ejecución autónoma de cada uno, para eso se procedió con el dimensionamiento del circuito unidireccional dentro del software Proteus que se lo va a ver en las siguientes secciones.

3.6.4.1. Circuito del Motor Unidireccional

Este primer diseño de circuito corresponde al giro de un motor en un solo sentido y a su conexión primaria, ya que todos los motores tendrán su giro en base al recorrido que se realiza de manera lineal, existen excepciones en algunos motores dentro de la pista de transporte que no necesitan su giro en los dos sentidos para poder llevar el pallet en el recorrido previamente parametrizado.

Puntualmente este circuito consta de elementos electrónicos activos y pasivos, como es el caso de una Fuente AC, Transformador, Motor y Capacitor. Dado que el principio de funcionamiento de un motor es que consta de 4 hilos, los cuales 2 corresponden a bobinas y los siguientes a la conexión con la fuente, el giro de este dependerá de la manera en que se polarice cada motor, para este caso el giro deberá ser en un solo sentido y corresponde a la topología mostrada en la Figura 40-3:

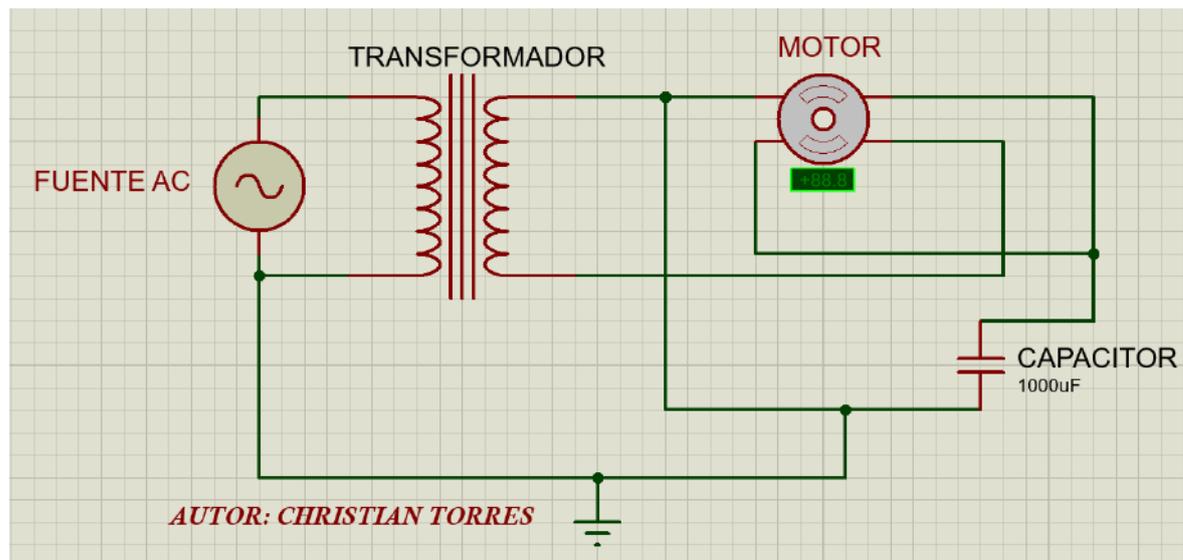


Figura 40-3: Diseño del Circuito para los Motores

Realizado por: Torres, Christian, 2021

El siguiente circuito a diferencia del anterior, corresponde a la conexión del motor con el módulo de relés, esto se basa en que existen motores dentro de la pista de transporte que deberán mover el pallet en repetidas ocasiones para poder continuar con la secuencia lineal y repetitiva de toda la estación, para esto se hace uso de un dispositivo de control llamado Relé, el cual permitirá que se realice el giro del motor siempre y cuando el PLC emita la señal para que lo haga, en este punto son muy importantes los sensores ópticos, inductivos y magnéticos, ya que su lectura hará que el Controlador Lógico Programable active dichos motores.

La Figura 41-3 muestra la topología del circuito del motor con relés diseñado en Proteus, y en donde constan elementos como Fuente AC, Transformador, Motor, Capacitor, Switch.

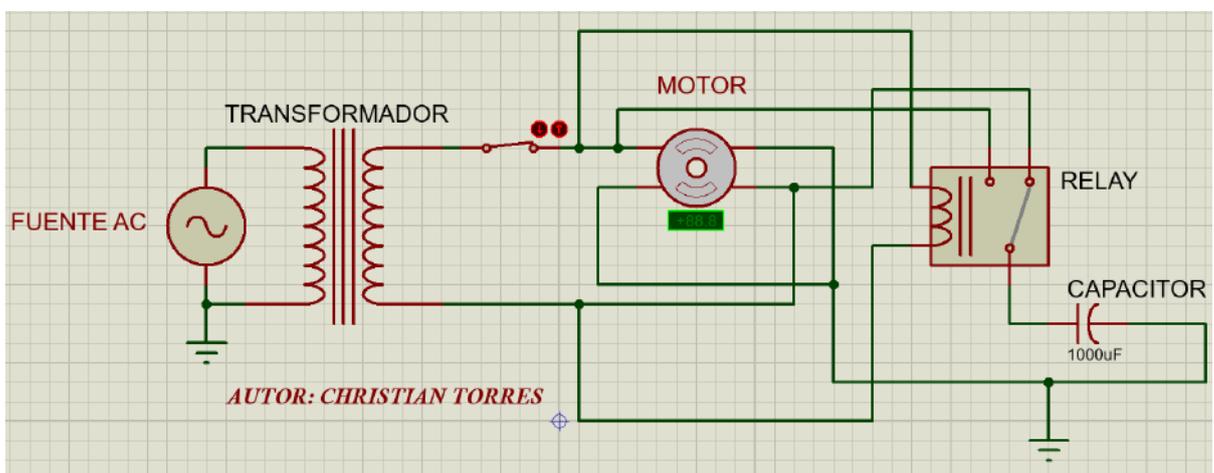


Figura 41-3: Diseño del Circuito con la inclusión de un Relé

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.5. Diseño del Tablero de Control en CADE SIMU

En este apartado se procederá con el diseño del tablero de control que se estableció para el funcionamiento de la estación automatizada, esta es una parte muy importante ya que es aquí donde se colocarán todos los elementos de suministro de energía hacia todo el sistema y donde estará ubicado el PLC como elemento de control y envío de señales para un determinado funcionamiento, este diseño se llevará a cabo en el entorno de CADE SIMU.

Bajo este precepto, el tablero de control se lo construyó de manera técnica en función a las normas de implementación de tableros eléctricos tratado en el Capítulo I y establecidas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Rural y denotado como Normas NEC para construcciones electromecánicas. La Tabla 25-3 muestra los dispositivos electrónicos usados en la implementación del Tablero de Control:

Tabla 25-3: Dispositivos Electrónicos del Tablero de Control

DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS
Fuente
Breaker para VDC
Breaker para VAC
Tarjetas de Relés
Transformador 112V
Cable N°22 AWG
Borneras
PLC Siemens
Módulos del PLC Siemens

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

La Tabla 26-3 muestra los elementos mecánicos usados en la implementación:

Tabla 26-3: Elementos Mecánicos del Tablero de Control

ELEMENTOS MECÁNICOS
Riel DIN
Gabinete Metálico
Tornillos
Rack
Tapas del Rack
Herramientas mecánicas para la construcción

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Las medidas con las que se realizará el tablero de control son de 50cm x 66cm.

3.6.5.1. Esquema de Conexión Eléctrico del Tablero de Control

Una vez que se han establecido los requerimientos para el funcionamiento de la estación automatizada, es necesario proceder con el diseño eléctrico del tablero de control, para ello, se han utilizado varios dispositivos electrónicos con sus respectivas características con el fin de no sobredimensionar el sistema y que cada elemento seleccionado sea el más óptimo con el cual se pueda garantizar una correcta ejecución del mismo.

El diseño en CADE SIMU lleva las siguientes características:

- Lleva un número moderado de elementos.
- Los dispositivos electrónicos están debidamente seleccionados.
- El espacio dentro del tablero de control está optimizado.
- El tablero de control está correctamente ordenado.
- Las conexiones dentro del tablero están debidamente peinadas dentro del rack.

A continuación, en la Figura 42-3 se muestra el diseño eléctrico del Tablero de Control:

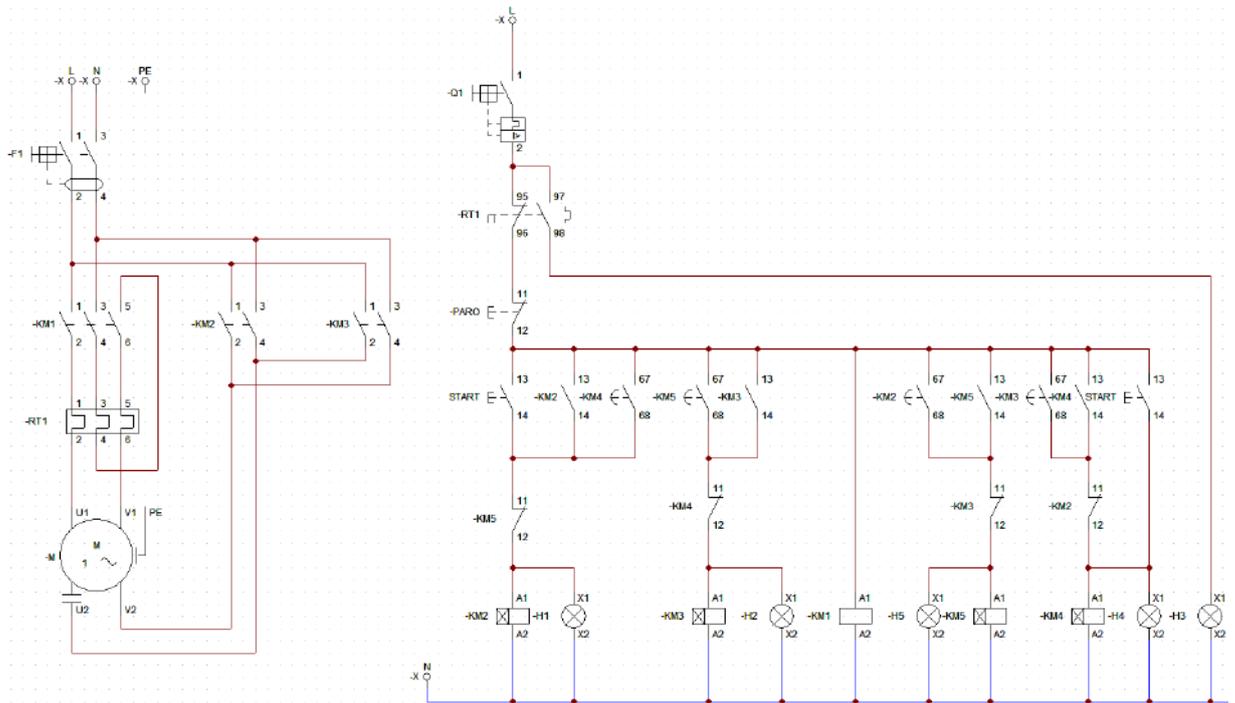


Figura 42-3: Esquema de Conexión del Tablero de Control

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.6. Montaje del Tablero de Control

Finalmente, la parte de implementación o montaje del tablero de control se lo realizó con el uso de herramientas mecánicas para su debido ajuste, corte y colocación de cada uno, a continuación, se realiza el seguimiento del proceso de construcción del tablero ubicado en las Figuras 43-3 y 44-3 respectivamente y la descripción de cada proceso llevado a cabo.

- Colocación de la Base del Tablero
- Montaje de los Bordes Exteriores para Peinar los Cables
- Montaje de la fuente que suministra energía
- Montaje del Controlador Lógico Programable SIEMENS y sus Módulos
- Montaje del Breaker, Transformador, Riel Din y Racks

- Montaje del Riel Din Inferior y Borneras
- Ajuste de los elementos y dispositivos mecánicos mediante el uso de las herramientas
- Montaje de los Módulos de Relés
- Montaje Final y Compacto de todo el Tablero de Control

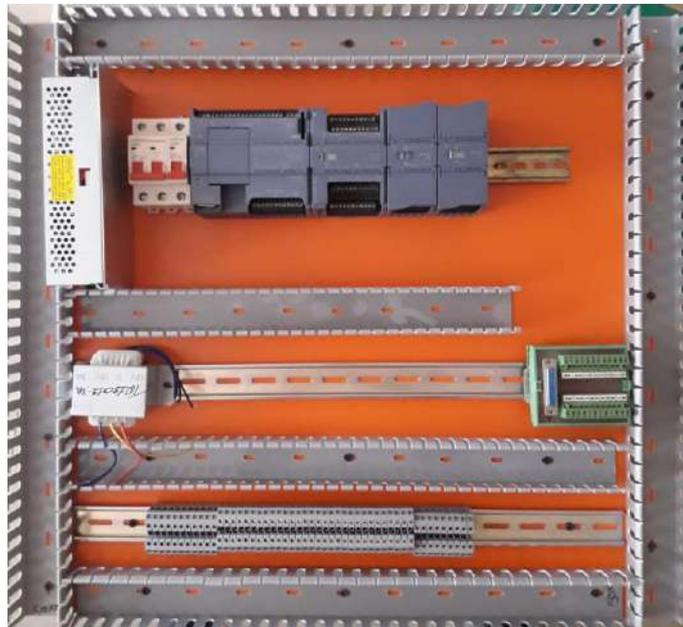


Figura 43-3: Tentativa Inicial del Montaje del Tablero de Control

Realizado por: Torres, Christian, 2021

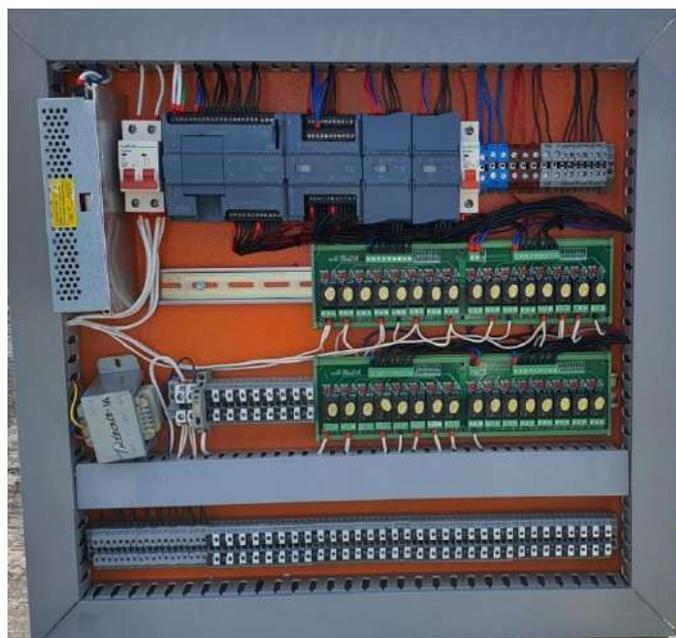


Figura 44-3: Tablero de Control Completamente Armado

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.7. Montaje Físico de los Motores

En esta sección se procede a armar y conectar los circuitos tanto para los motores unidireccionales como para los bidireccionales, bajo la consideración de que cada uno ha sido simulado en el entorno de Proteus y dando como resultado un funcionamiento de manera satisfactoria. El montaje de estos corresponde a la unión entre el Tablero de Control y la Base de la Estación Automatizada ya que los relés y las entradas y salidas provienen del PLC hacia los motores, o en términos usados por los electrónicos se diría que es una conexión aguas abajo, es decir, de la fuente hacia las cargas.

3.6.7.1. Conexión del Motor Unidireccional

En este punto se realiza la conexión del circuito unidireccional situado entre el tablero de control y la base de la estación automatizada, se debe realizar con mucho cuidado ya que siempre va a existir un grado de vulnerabilidad cuando manejamos elementos electrónicos demasiado pequeños, con lo cual se debe garantizar siempre que todo entre en funcionamiento con resultados en función a las necesidades del mismo. Estos corresponden a una topología para que el motor pueda girar en un solo sentido, lo cual ha sido dimensionado de manera correcta posterior a una prueba de simulación en el entorno de Proteus, la diferencia de este circuito es que contiene un relé como parte del control de los motores que han sido designados y parametrizados para su giro, y permitirá su activación según se envíen datos de lectura por parte de los sensores. La Figura 45-3 muestra el montaje del circuito unidireccional dentro del tablero de control:

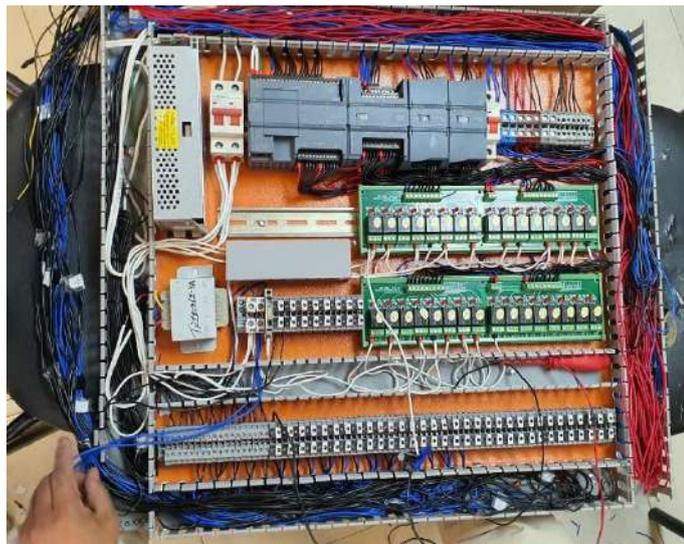


Figura 45-3: Conexión de los Motores dentro del Tablero de Control

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.8. Montaje del Tablero de Control dentro de la Estación Automatizada

El siguiente paso a seguir es la colocación del Tablero de Control completamente armado dentro de la base metálica de la estación automatizada, para ello se procede a separar los cables correspondientes a cada motor para la colocación dentro de los puertos de conexión del tablero, después se procede a numerar cada motor en función a la parametrización y el orden que se estableció en la sección de la pista de transporte, luego se procede a identificar los terminales o hilos de cada motor ya que 2 corresponden a las bobinas y los 2 sobrantes a la conexión hacia la fuente, cabe destacar que esta última conexión debe ser polarizada de tal manera que el motor gire puntualmente en un sentido para no generar errores cuando el PLC envíe la señal hacia el sistema, y finalmente se procede con la conexión de los cables terminales de los motores hacia las borneras correspondientes establecidas de manera secuencial dentro del tablero de control.

A continuación, se procede a ver en las Figuras 46-3 y 47-3 el montaje de lo expuesto previamente:



Figura 46-3: Separación de los Terminales de cada Motor

Realizado por: Torres, Christian, 2021



Figura 47-3: Colocación del Tablero dentro de la Base Metálica

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.9. Montaje de la Botonera dentro del Gabinete

Este apartado corresponde a la sección de botones, luces e indicadores utilizados en la estación automatizada, para ello se tomó en cuenta las asignaciones de entradas dentro del PLC y los parámetros de uso que tienen cada uno de ellos, con lo cual son indispensables para el manejo de todo el sistema en conjunto con el HMI, los elementos utilizados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 27-3: Elementos de la Botonera

ELEMENTOS	GRÁFICO
Botón de Inicio	
Botón de Paro	
Botón de Reset	

Selector Manual	
Botón de Emergencia	
Luz Piloto Verde	
Luz Piloto Roja	
Indicador de Voltaje	
Indicador de Corriente	

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Después, se procede con la instalación de todos los elementos mencionados anteriormente dentro del panel de botones, los mismos que serán manipulables por el operador para su ejecución y activación del sistema, la siguiente figura muestra la implementación final:



Figura 48-3: Instalación de Botones, Indicadores y Selector

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.9.1. Montaje del HMI dentro de la Estación Automatizada

Una vez que el HMI ha sido implementado en función a sus normas respectivas, se procede con la conexión interna dentro de la estación y acoplado al PLC Siemens mediante comunicación Ethernet con la Norma 568A que hace referencia al ponchado directo de las terminales UTP, esto se lo debe realizar de manera técnica ya que es una garantía de un correcto funcionamiento dentro de todo el sistema.

El HMI consta de una caja donde se lo introduce con el fin de proteger todas las entradas que este posee y asegurar un correcto ajuste y colocación de manera mecánica en el borde de la base metálica que contiene toda la estación automatizada con sus correspondientes etapas de llenado, tapado y paletizado. Las Figuras 49-3 y 50-3 muestran la instalación del HMI Delta:



Figura 49-3: Implementación del HMI Delta

Realizado por: Torres, Christian, 2021

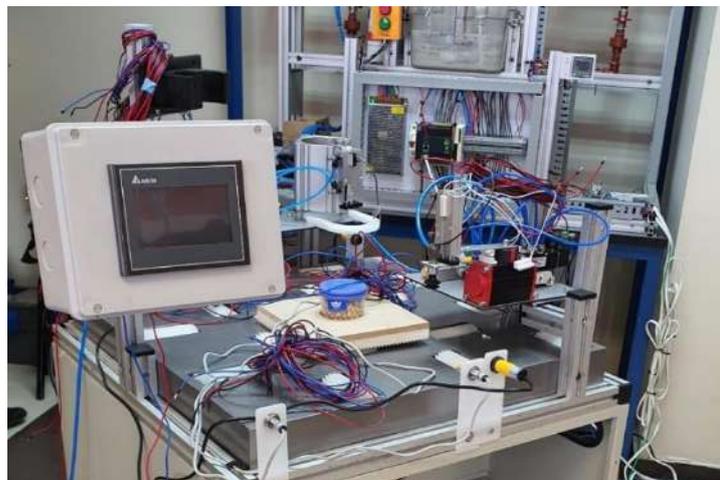


Figura 50-3: Colocación del HMI Delta dentro de la Estación Automatizada

Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.6.10. Montaje Final la Estación Automatizada

Finalmente, después de realizar los procesos previamente designados para el diseño, programación e implementación del sistema, se procede a montar todos los equipos de manera compacta para empezar a realizar sus pruebas de funcionamiento y verificar su funcionalidad en base a los requerimientos planteados para este proyecto.

Este sistema resultó ser muy complejo desde el punto de vista de diseño mediante software, montaje mecánico, programación del PLC y dimensionamiento de circuitos, ya que requirió de una amplia gama de conocimientos en diversas áreas de la Ingeniería para su aplicabilidad. La Figura 51-3 muestra la estación automatizada completamente implementada y lista para realizar las pruebas de funcionamiento, mismas que se detallarán en el siguiente capítulo.



Figura 51-3: Estación Automatizada Completamente Implementada
Realizado por: Torres, Christian, 2021

3.7. Diseño del Software del Sistema

3.7.1. Bloques y Diagramas de Flujo para cada Etapa de la Estación Automatizada

En este apartado se procede a caracterizar los bloques de cada una de las etapas de la estación y donde se verá reflejado paso a paso el accionamiento de los mandos electroneumáticos y sensores. Para ello se va a empezar por la esquematización general del sistema a nivel de bloques para poder observar la secuencia de todo el proceso desde que energizamos el tablero de control.

3.7.1.1. Esquematización General del Sistema en Bloques

El Gráfico 4-3 nos muestra aquel proceso planteado inicialmente para su desarrollo, se tiene como variables las que se accionarán a través del control del PLC previamente programado, es decir que una vez que se energice el sistema la variable ALIMENTACIÓN proveerá de energía a cada dispositivo electrónico, mandos electroneumáticos y sensores que estarán a la disposición del operador cuando este accione cualquier control de la Botonera, pero principalmente el pulsador de INICIO del Sistema. Posterior a eso, el Controlador Lógico Programable empezará a emitir las señales para lo cual ha sido probado y programado hacia a sus respectivas etapas, es decir que el cerebro del sistema es el PLC y el que controla el funcionamiento del Dosificado, Tapado y Paletizado en función a los requerimientos previamente establecidos por el desarrollador.

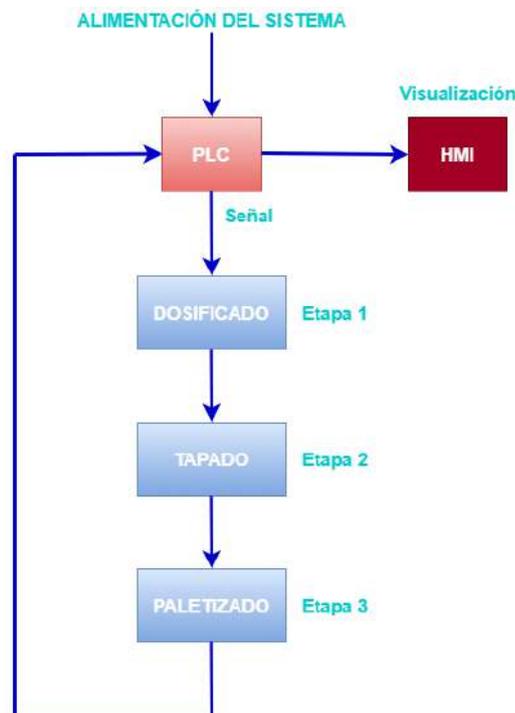


Gráfico 4-3: Gráfico General de los Bloques del Sistema.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

3.7.1.2. Diagrama de Flujo de la Etapa de Llenado

En esta sección se procede a realizar el ciclo de funcionamiento de la etapa de Llenado mediante el desarrollo de un diagrama de flujo, en el que se puede observar puntualmente la secuencia de activación y variables a considerarse para el cumplimiento del mismo, es decir que parte del pulso del Botón de Inicio y la secuencia se empieza a cumplir en función a los procesos designados por cada elemento electropneumático implícito dentro del sistema, el Gráfico 5-3 puede corroborar el fundamento previamente mencionado y poniendo en consideración que antes de ser pulsado el dosificador debe haberse llenado manualmente.

Esta etapa también nos muestra que todo el sistema inicia a partir de una Señal enviada por el PLC para que posteriormente se dé la activación del cilindro Twin y de los motores DC de la pista con un mediador que es el temporizador entre cada señal de activación. Al final de los diagramas de flujo de las 3 etapas se va a diseñar nuevamente el proceso de manera compacta para poder visualizar en un esquema general y serial todos los bloques del sistema.

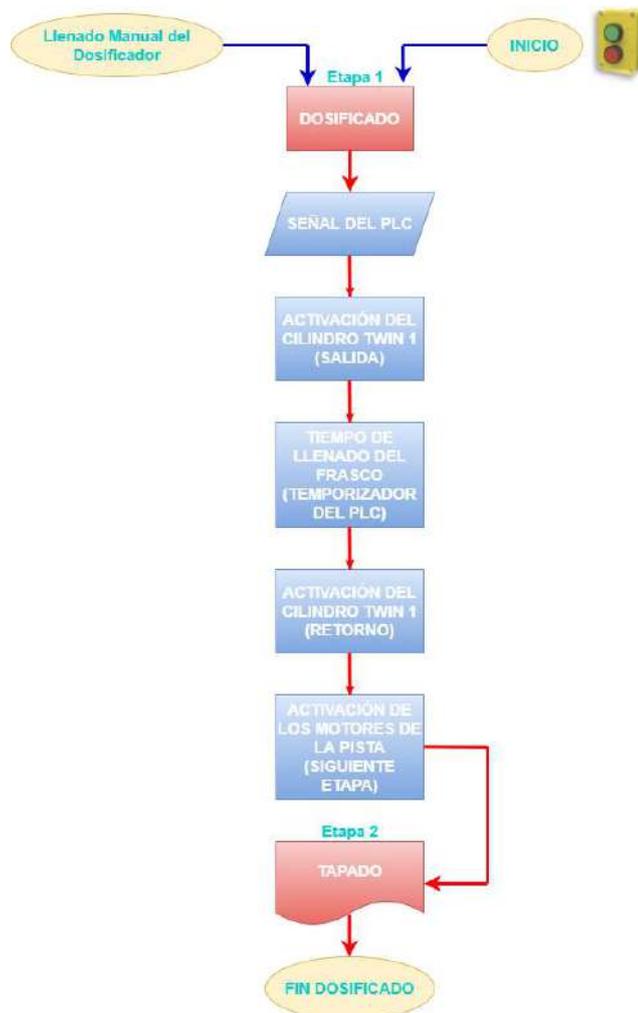


Gráfico 5-3: Diagrama de Flujo del Proceso de Llenado.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

3.7.1.3. Diagrama de Flujo de la Etapa de Tapado

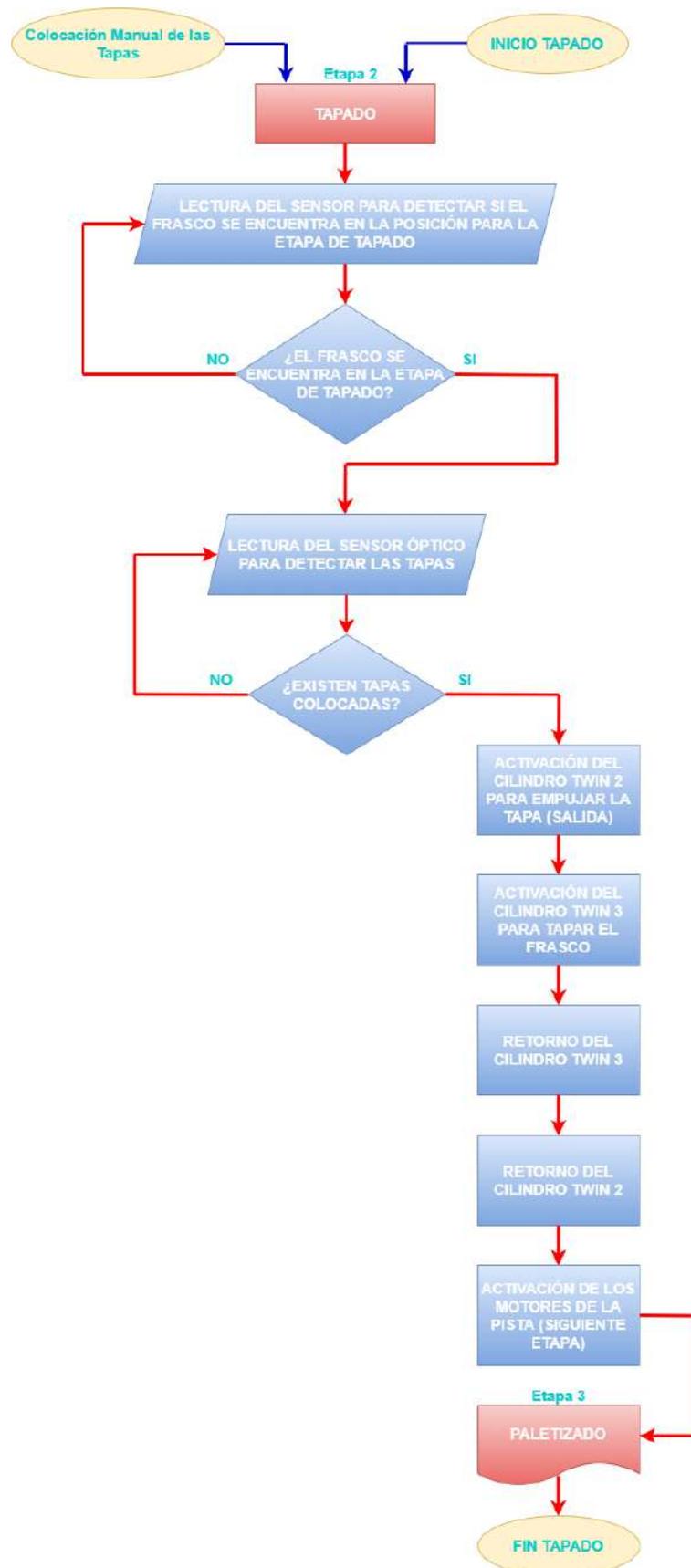


Gráfico 6-3: Diagrama de Flujo del Proceso de Tapado

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

En el diagrama de flujo de la Etapa de Tapado mostrado en el Gráfico 6-3, actúan más elementos que en la caracterización del gráfico anterior, esto se debe a que dentro de este proceso ingresan dispositivos como sensores de diversa índole de detección, tanto para indicar si aquel frasco de encuentra en la etapa de Llenado, como para detectar si las tapas han sido colocadas previamente de manera manual.

3.7.1.4. Diagrama de Flujo de la Etapa de Paletizado

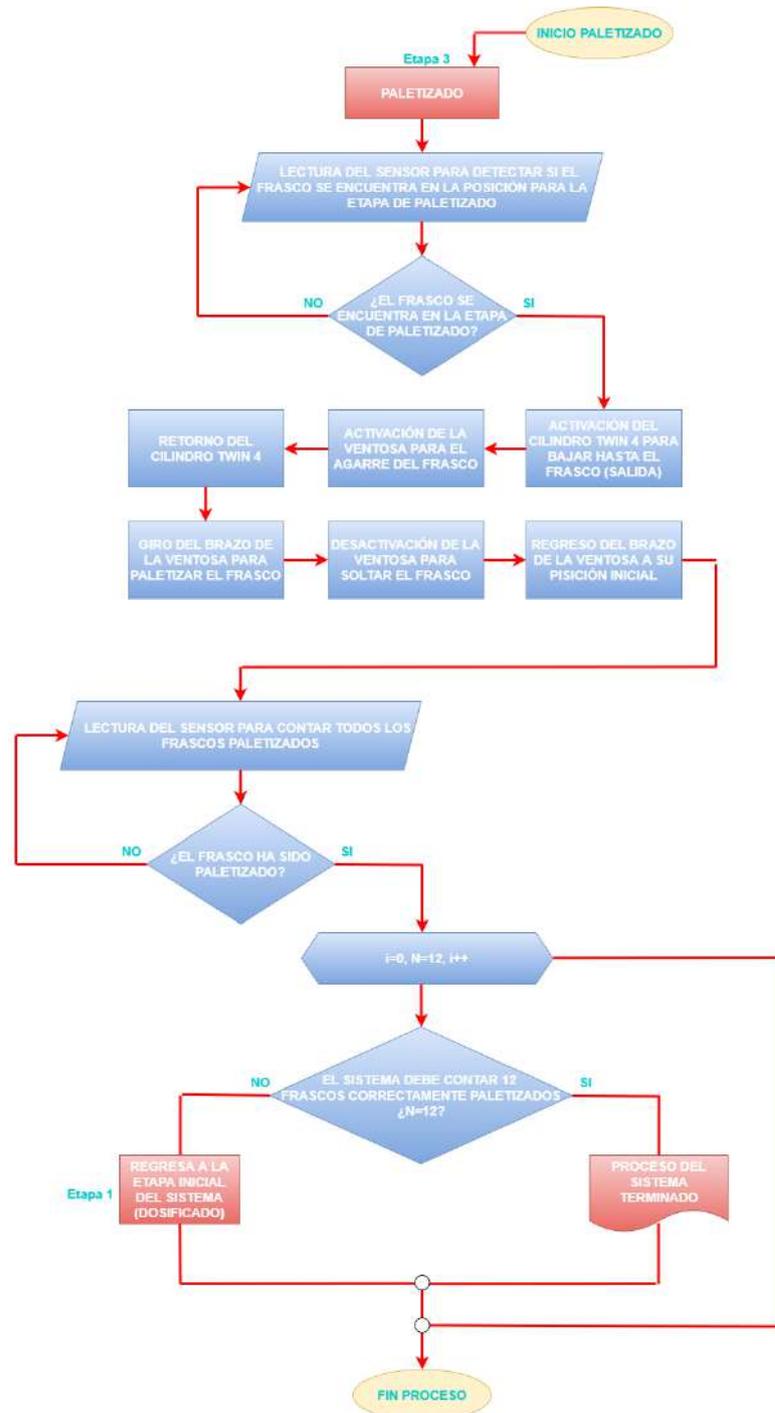


Gráfico 7-3: Diagrama de Flujo del Proceso de Paletizado

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Dentro de este último proceso correspondiente a la etapa de paletizado, podemos observar que el Gráfico 7-3 cuenta con más procesos tanto de lectura de datos por parte de los sensores, como la actuación de los mandos electroneumáticos respecto a la señal que envíe el PLC con los datos emitidos por los sensores y su actuación en tiempo real. También se considera la activación de una ventosa, el cilindro Twin, el brazo que sostiene la ventosa y un contador implícito dentro de la programación del PLC en TIA PORTAL para que al contar 12 frascos paletizados el sistema se detenga, esta consideración forma parte de los requerimientos establecidos inicialmente para poder validar el funcionamiento de la estación automatizada.

3.7.1.5. Diagrama de Flujo Compacto de todas las Etapas del Sistema

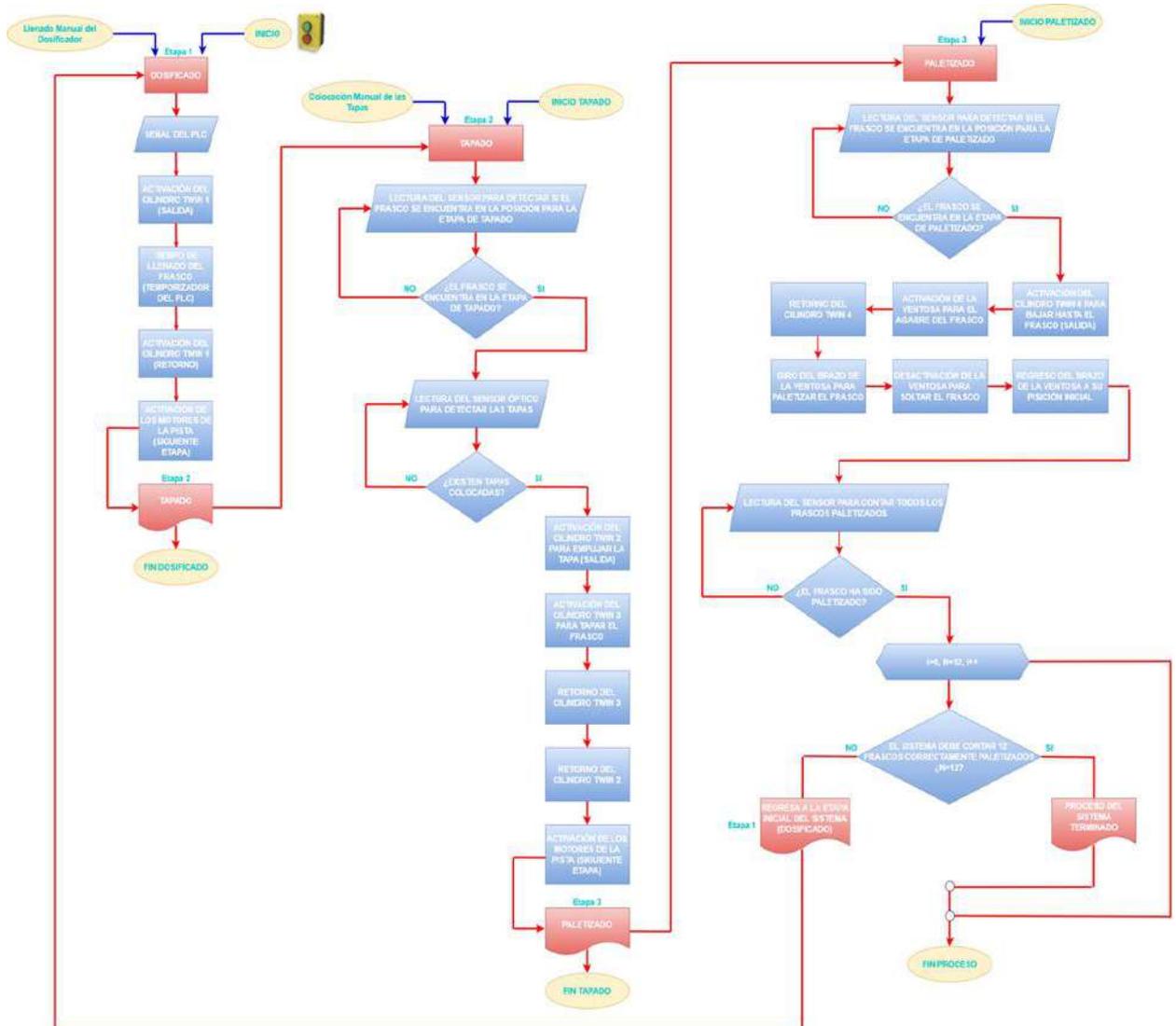


Gráfico 8-3: Diagrama de Flujo Total de la Estación Automatizada

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Finalmente, el Gráfico 8-3 muestra el proceso completo a cumplirse dentro de la Estación Automatizada y que ha sido generada de manera serial y compacta para su comprensión ya no solo de manera puntual por etapas como las mostradas anteriormente, sino también de manera general conectadas una a una.

Con esto se refleja todo el proceso a programarse dentro del Controlador Lógico Programable (PLC), donde se ha considerado tanto variables de entrada, salida, asignación de memorias, obtención de datos a través de los sensores y la activación de toda la electrónica diseñada junto con los mandos electroneumáticos, que en conjunto cumplirán con todo el proceso planteado para la obtención de resultados de manera satisfactoria.

3.7.2. Planteamiento del GRAFCET de Funcionamiento de la Estación Automatizada

Luego de realizar la interpretación del sistema en diagramas de flujo para cada etapa, se procede con la parte de software que involucra la programación del PLC mediante la construcción del GRAFCET de la estación automatizada, conociendo que al momento de ser analizada la secuencia de activación de las etapas estas actúan de manera lineal y repetitiva, posterior a esto se realizará la extracción de las ecuaciones del gráfico para proceder al ingreso del mismo dentro de TIA Portal.

En principio, es necesario establecer tablas de variables para poder determinar la correspondencia de cada una dentro del GRAFCET y poder interpretar directamente los parámetros para los cuales se los ha asignado, dentro de estas tablas se incluye las Entradas, Salidas, Memorias, Sensores, Temporizadores y Cilindros.

A continuación, estos parámetros se los establece en las Tablas 28-3 y 29-3:

Tabla 28-3: Variables de Entrada, Salida, Memorias y Temporizadores.

ENTRADAS	SALIDAS	MEMORIAS	TEMPORIZADORES
Inicio	Motor 4	M1= Memoria 1	t1= Temporizador 1
Paro	Motor 5	M2= Memoria 2	t2= Temporizador 2
Reset	Motor 6	M3= Memoria 3	t3= Temporizador 3
Emergencia	Motor 3	M4= Memoria 4	t4= Temporizador 4
Selector	Motor 9	M5= Memoria 5	t5= Temporizador 5
Luz Piloto Verde	Motor 15	M6= Memoria 6	t6= Temporizador 6
Luz Piloto Roja	Motor 12	M7= Memoria 7	t7= Temporizador 7

a1	Motor 11	M8= Memoria 8	t8= Temporizador 8
a0	Motor 14	M9= Memoria 9	t9= Temporizador 9
b1	Motor 17	M10= Memoria 10	t10= Temporizador 10
b0	Motor 16	M11= Memoria 11	t11= Temporizador 11
c1	Motor 13	M12= Memoria 12	t12= Temporizador 12
c0	Motor 7	M13= Memoria 13	t13= Temporizador 13
d1	Motor 1	M14= Memoria 14	t14= Temporizador 14
d0	A_SALE	M15= Memoria 15	t15= Temporizador 15
e1	A_ENTRA	M16= Memoria 16	t16= Temporizador 16
e0	B_SALE	M17= Memoria 17	t17= Temporizador 17
v1	B_ENTRA	M18= Memoria 18	t18= Temporizador 18
v0	C_SALE	M19= Memoria 19	t19= Temporizador 19
	C_ENTRA	M20= Memoria 20	
	D_SALE	M21= Memoria 21	
	D_ENTRA	M22= Memoria 22	
	E_SALE	M23= Memoria 23	
	E_ENTRA	M24= Memoria 24	
	VACÍO+	M25= Memoria 25	
	VACÍO-	M26= Memoria 26	
		M27= Memoria 27	
		M28= Memoria 28	
		M29= Memoria 29	
		M30= Memoria 30	
		M31= Memoria 31	
		M32= Memoria 32	
		M33= Memoria 33	
		M34= Memoria 34	
		M35= Memoria 35	

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Tabla 29-3: Variables de los Sensores y Cilindros

CILINDROS		SENSORES	
A+ = Cilindro 1	ÓPTICOS	INDUCTIVOS	MAGNÉTICOS
A- = Cilindro 1	SO1= Sensor Óptico 1	SI1= Sensor Inductivo 1	SM1= Sensor Magnético 1

B+ = Cilindro 2	SO2= Sensor Óptico 1	SI2= Sensor Inductivo 2	SM2= Sensor Magnético 2
B- = Cilindro 2	SO3= Sensor Óptico 2	SI3= Sensor Inductivo 3	SM3= Sensor Magnético 3
C+ = Cilindro 3	SO4= Sensor Óptico 3	SI4= Sensor Inductivo 4	SM4= Sensor Magnético 4
C- = Cilindro 3	SO5= Sensor Óptico 4		SM5= Sensor Magnético 5
D- = Cilindro 4			SM6= Sensor Magnético 6
D- = Cilindro 4			
E+ = Actuador de Giro			
E- = Actuador de Giro			
V+ = Vacío 1			
V- = Vacío 1			

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Posterior a tener las variables descritas para todo el proceso de programación del PLC, se procede con la construcción del GRAFCET, el cual denotará la secuencia lineal y repetitiva del proceso de llenado, tapado y paletizado para posterior a eso proceder con la extracción de ecuaciones que servirá cuando se empiece a programar dentro del entorno de TIA Portal, software catalogado dentro de este proyecto proveniente de la marca Siemens.

El Gráfico 9-3 muestra lo especificado con anterioridad:

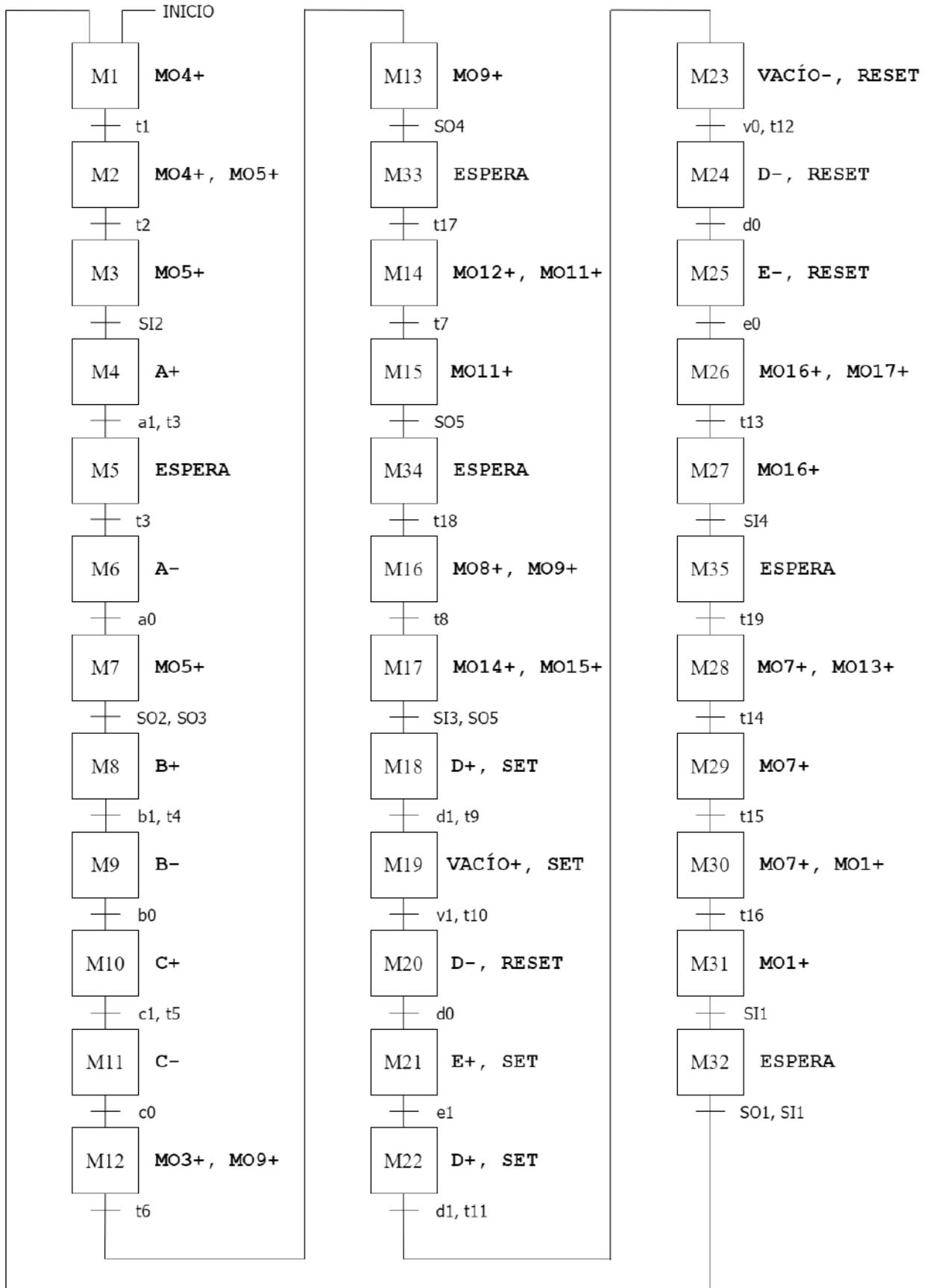


Gráfico 9-3: GRAFCET de la Estación Automatizada

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

El GRAFCET mostrado, denota las variables parametrizadas con anterioridad e indica la manera en la que se realizará la programación designada para este proceso, cabe destacar que este gráfico se caracteriza por tener Etapas y Transiciones en una miniaturización de bloques donde la cantidad de memorias y subprocesos está en función al requerimiento del sistema y a los elementos que intervienen dentro del mismo.

3.7.2.1. Ecuaciones Equivalentes del GRAFCET

Una vez que se ha desarrollado el GRAFCET se procede con la extracción de las ecuaciones, esto representará el proceso completo de la estación automatizada previo a un análisis puntual de la activación de circuitos y mandos electroneumáticos correspondientes a cada etapa, es decir que las siguientes ecuaciones darán lugar al funcionamiento de manera secuencial y repetitiva posterior a su implementación física y al diagrama Ladder ingresado al TIA Portal.

Las ecuaciones que gobiernan la estación automatizada son:

Ecuación 1-3: Ecuación de la Memoria 1

$$M1 = INICIO + M32 * S01 * SI1 + M1 * \overline{M2}$$

Ecuación 2-3: Ecuación de la Memoria 2

$$M2 = M1 * t1 + M2 * \overline{M3}$$

Ecuación 3-3: Ecuación de la Memoria 3

$$M3 = M2 * t2 + M3 * \overline{M4}$$

Ecuación 4-3: Ecuación de la Memoria 4

$$M4 = M3 * SI2 + M4 * \overline{M5}$$

Ecuación 5-3: Ecuación de la Memoria 5

$$M5 = M4 * a1 * t3 + M5 * \overline{M6}$$

Ecuación 6-3: Ecuación de la Memoria 6

$$M6 = M5 * t3 + M6 * \overline{M7}$$

Ecuación 7-3: Ecuación de la Memoria 7

$$M7 = M6 * a0 + M7 * \overline{M8}$$

Ecuación 8-3: Ecuación de la Memoria 8

$$M8 = M7 * SO2 * SO3 + M8 * \overline{M9}$$

Ecuación 9-3: Ecuación de la Memoria 9

$$M9 = M8 * b1 * t4 + M9 * \overline{M10}$$

Ecuación 10-3: Ecuación de la Memoria 10

$$M10 = M9 * b0 + M10 * \overline{M11}$$

Ecuación 11-3: Ecuación de la Memoria 11

$$M11 = M10 * c1 * t5 + M11 * \overline{12}$$

Ecuación 12-3: Ecuación de la Memoria 12

$$M12 = M11 * c0 + M12 * \overline{M13}$$

Ecuación 13-3: Ecuación de la Memoria 13

$$M13 = M12 * t6 + M13 * \overline{M33}$$

Ecuación 14-3: Ecuación de la Memoria 33

$$M33 = M13 * SO4 + M33 * \overline{M14}$$

Ecuación 15-3: Ecuación de la Memoria 14

$$M14 = M33 * t17 + M14 * \overline{M15}$$

Ecuación 16-3: Ecuación de la Memoria 15

$$M15 = M14 * t7 + M15 * \overline{M34}$$

Ecuación 17-3: Ecuación de la Memoria 34

$$M34 = M15 * SO5 + M34 * \overline{M16}$$

Ecuación 18-3: Ecuación de la Memoria 16

$$M16 = M34 * t18 + M16 * \overline{M17}$$

Ecuación 19-3: Ecuación de la Memoria 17

$$M17 = M16 * t18 + M17 * \overline{M18}$$

Ecuación 20-3: Ecuación de la Memoria 18

$$M18 = M17 * SI3 * SO5 + M18 * \overline{M19}$$

Ecuación 21-3: Ecuación de la Memoria 19

$$M19 = M18 * d1 * t9 + M19 * \overline{M20}$$

Ecuación 22-3: Ecuación de la Memoria 20

$$M20 = M19 * v1 * t10 + M20 * \overline{M21}$$

Ecuación 23-3: Ecuación de la Memoria 21

$$M21 = M20 * d0 + M21 * \overline{M22}$$

Ecuación 24-3: Ecuación de la Memoria 22

$$M22 = M21 * e1 + M22 * \overline{M23}$$

Ecuación 25-3: Ecuación de la Memoria 23

$$M23 = M22 * d1 * t11 + M23 * \overline{M24}$$

Ecuación 26-3: Ecuación de la Memoria 24

$$M24 = M23 * v0 * t12 + M24 * \overline{M25}$$

Ecuación 27-3: Ecuación de la Memoria 25

$$M25 = M24 * d0 + M25 * \overline{M26}$$

Ecuación 28-3: Ecuación de la Memoria 26

$$M26 = M25 * e0 + M26 * \overline{M27}$$

Ecuación 29-3: Ecuación de la Memoria 27

$$M27 = M26 * t13 + M27 * \overline{M35}$$

Ecuación 30-3: Ecuación de la Memoria 35

$$M35 = M27 * SI4 + M35 * \overline{M28}$$

Ecuación 31-3: Ecuación de la Memoria 28

$$M28 = M35 * t19 + M28 * \overline{M29}$$

Ecuación 32-3: Ecuación de la Memoria 29

$$M29 = M28 * t14 + M29 * \overline{M30}$$

Ecuación 33-3: Ecuación de la Memoria 30

$$M30 = M29 * t15 + M30 * \overline{M31}$$

Ecuación 34-3: Ecuación de la Memoria 31

$$M31 = M30 * t16 + M31 * \overline{M32}$$

Ecuación 35-3: Ecuación de la Memoria 32

$$M32 = M31 * SI1 + M32 * \overline{M1}$$

3.7.3. Diseño y Programación del HMI en DOPSoft Delta

En esta sección se procede con el diseño y programación del HMI Delta dentro del entorno de DOPSoft Delta, con el fin de poder verificar el proceso de llenado, tapado y paletizado a medida que se vaya ejecutando, comúnmente establecido como una verificación en tiempo real del sistema por el modo de comunicación Ethernet que se utilizó y por las direcciones IPv4 asignados para cada dispositivo, estas direcciones son 192.168.1.20 para el PLC y 192.168.1.24 para la pantalla. Una vez abierto el software del HMI se procede con la creación de cada ventana que corresponderá a los diferentes procesos o etapas a cumplirse dentro de la estación automatizada, en un primer punto la Figura 52-3 muestra una visión general del DOPSoft Delta con las cinco ventanas creadas para cada proceso y el entorno de opciones para su creación.

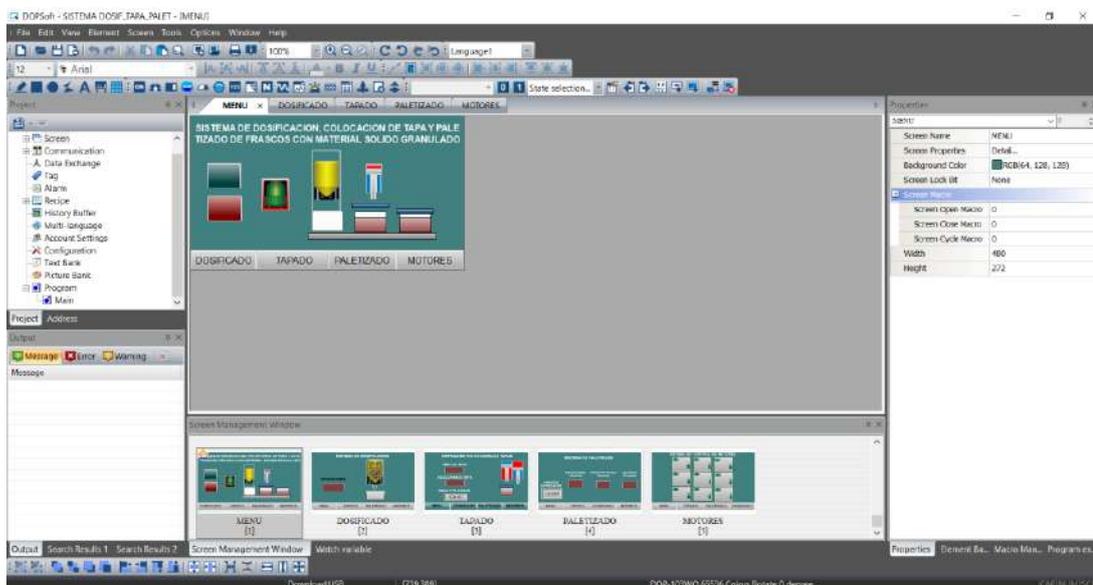


Figura 52-3: Entorno de Programación del HMI Delta

Realizado por: Torres, Christian, 2021

Como siguiente punto, se tiene la ventana principal donde constan los indicadores, botones de inicio, paro y un menú para dirigirse a la ventana de cada etapa a ser ejecutada, siendo así un proceso gráfico muy representativo del proceso de llenado, tapado y paletizado de los frascos como fundamento de este proyecto impregnado en el HMI.

La Figura 53-3 muestra la ventana principal del HMI Delta:



Figura 53-3: Ventana Principal del HMI Delta

Realizado por: Torres, Christian, 2021

Posterior a esto se procede con los parámetros de asignación de Memorias y Salidas para cada uno de los elementos virtuales del HMI, esto se realiza para todos los elementos implícitos dentro del mismo, para el caso de la luz piloto que se muestra a continuación se le asigna la dirección {EtherLink1}2@M0.0, haciendo referencia a que la comunicación entre el PLC y el HMI es mediante conexión Ethernet con la memoria M0.0 asignada dentro de la programación del TIA Portal, la siguiente dirección {EtherLink1}2@Q1.0, que corresponde al Motor 9 del sistema y también hace referencia a una comunicación del mismo tipo y a la salida Q1.0 asignada previamente. Otra de las consideraciones es el aspecto físico para el elemento del sistema, en este caso la luz piloto o indicador del sistema consta de su definición a nivel de forma, color y tipo de datos booleanos entre los más importantes que se muestran en las siguientes figuras:

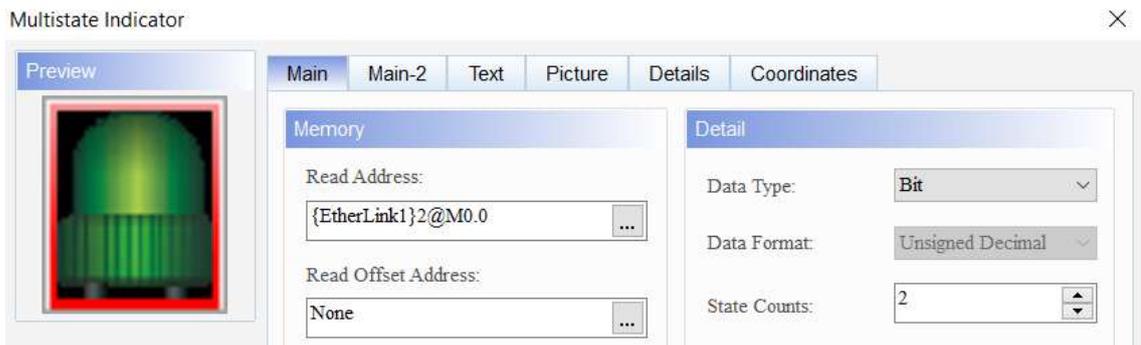


Figura 54-3: Asignación de la Dirección de la Luz Piloto

Realizado por: Torres, Christian, 2021

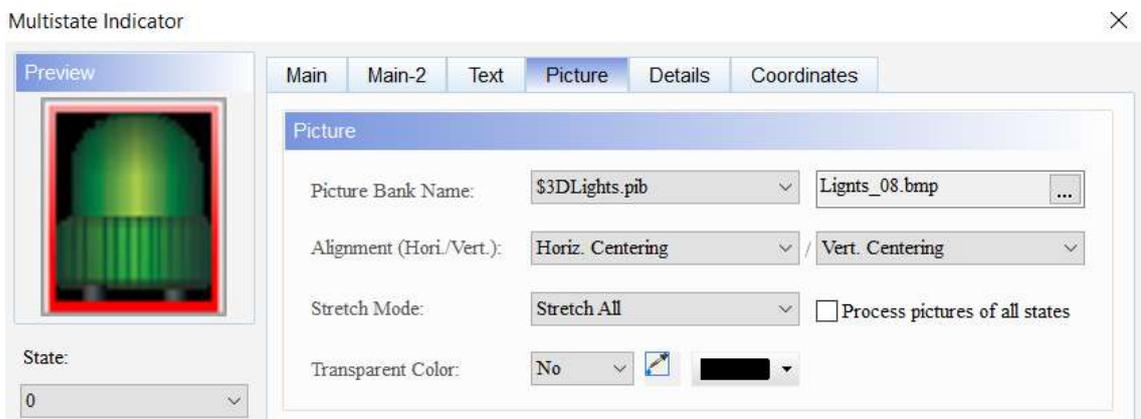


Figura 55-3: Caracterización Física de la Luz Piloto

Realizado por: Torres, Christian, 2021

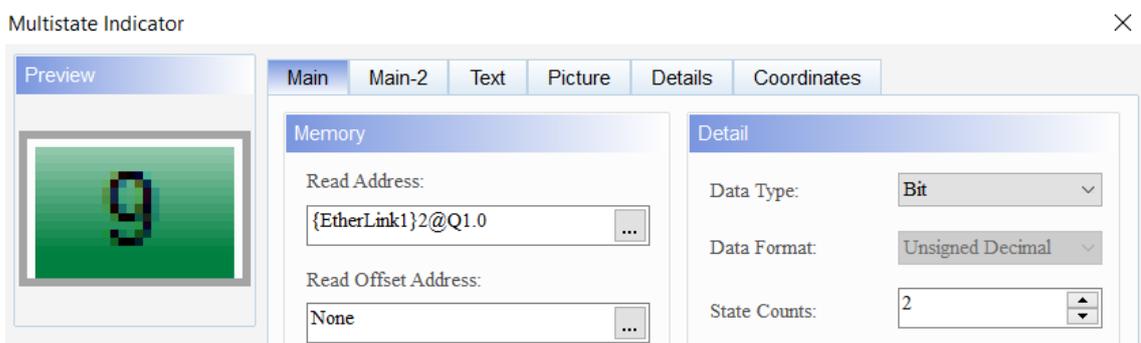


Figura 56-3: Asignación de la Dirección de Salida del Motor

Realizado por: Torres, Christian, 2021

A continuación, se muestra la Figura 57-3 donde constan los elementos identificativos del Sistema de Dosificado cuando entra en funcionamiento esta etapa del sistema automatizado, donde constan indicadores gráficos que se activan y cambian de color al ejecutarse este proceso.



Figura 57-3: Ventana del Sistema de Dosificación

Realizado por: Torres, Christian, 2021

Luego, se tiene la ventana del Sistema de Colocación de Tapas que de igual posee su caracterización física con los elementos debidamente parametrizados a nivel de direcciones del PLC, y donde muestra una característica secuencial de su activación.

La Figura 58-3 muestra la ventada del sistema de tapado:

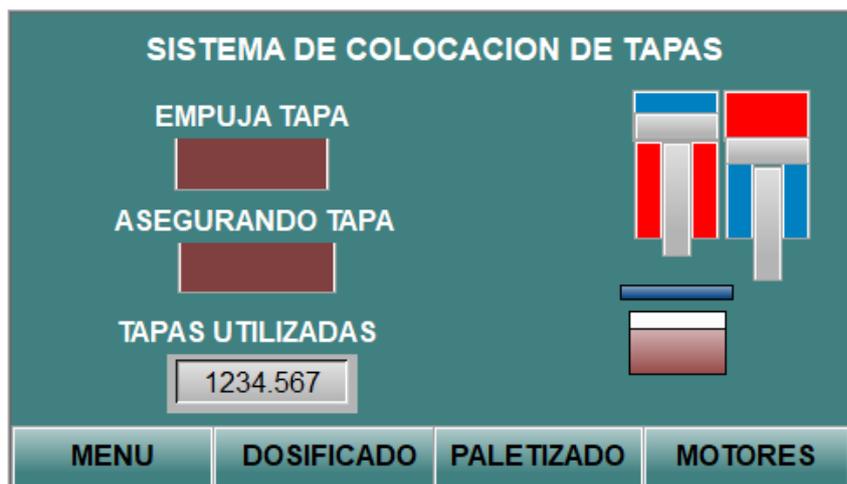


Figura 58-3: Ventana del Sistema de Colocación de Tapas

Realizado por: Torres, Christian, 2021

La siguiente ventana corresponde al Sistema de Paletizado, donde constan cuadros que se van activando en tiempo real cuando el PLC se comunica con el HMI e indica el proceso que se encuentra realizando en ese momento.

La Figura 59-3 muestra la ventana creada para esta etapa:



Figura 59-3: Ventana del Sistema de Paletizado

Realizado por: Torres, Christian, 2021

Por último, se ha diseñado la ventana para el Sistema de Control de Motores, donde se manera secuencial y paulatina se activarán cada uno en función a la ejecución del proceso de la estación automatizada, cada motor numerado corresponde a los parámetros establecidos anteriormente en la sección de la etapa de transporte, es decir que el sistema responderá con el cambio de color al momento de entrar en funcionamiento cada uno de estos motores.

En la Figura 60-3 se puede observar el diseño de esta ventana:

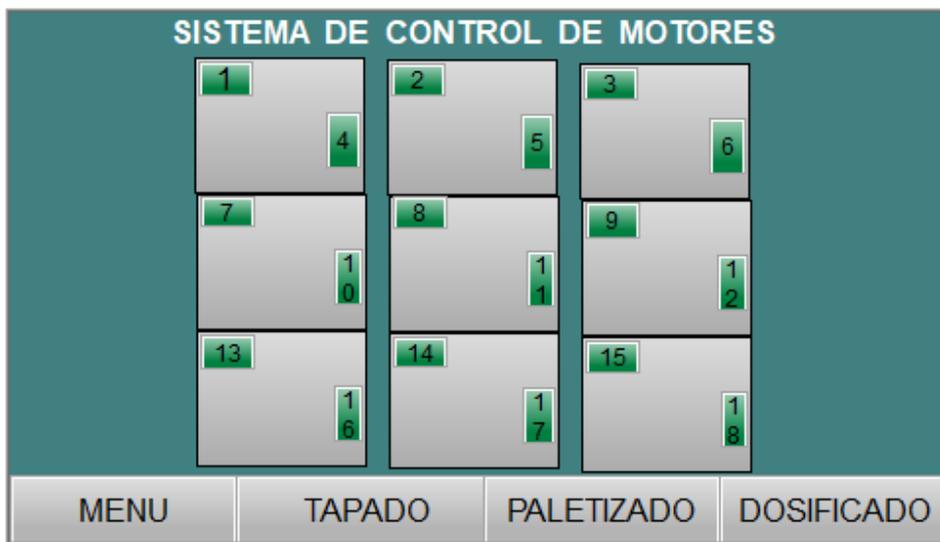


Figura 60-3: Ventana del Sistema de Control de Motores

Realizado por: Torres, Christian, 2021

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Cronograma de Pruebas del Sistema.

En este capítulo se va a detallar los resultados que han sido obtenidos en el Trabajo de Integración Curricular titulado “Implementación de un Sistema Automatizado para el Proceso de Llenado, Tapado y Paletizado de Granos en Frascos de Cristal” en función de las especificaciones planteadas al inicio del tema propuesto, y en el cual se reflejará todo el trabajo realizado a lo largo de este tiempo.

Una vez que el sistema ha sido implementado, se procede a realizar un cronograma de pruebas para el sistema:

4.1.1. Especificaciones de Pruebas.

Tabla 1-4: Tipos de Pruebas del Sistema

TIPO DE PRUEBA	CONSIDERACIONES
Prueba de Calibración del Sistema	Verificación y ajuste de todos los elementos y piezas a ser utilizadas.
Prueba de Funcionamiento de los Motores de la Pista de Transporte	Verificación del funcionamiento de los motores cuando el PLC envía la orden.
Prueba de la Etapa de Llenado, Tapado y Paletizado	Una vez calibrados los sensores y las etapas de Llenado, Tapado y Paletizado se procede a verificar su funcionamiento en función a tiempos, fallas, número de elementos utilizados, cantidad de granos utilizados.
Prueba del Funcionamiento del HMI	Equiparar resultados de programación en el HMI en función a la ejecución en tiempo real del sistema.

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

4.2. Ejecución de Pruebas del Sistema.

A continuación, se realizarán las pruebas planteadas para la validación del sistema en función a los requerimientos y objetivos planteados al inicio de este proyecto, ya que estas conllevan homologar los datos posteriores a la ejecución de cada una y es de lo que trata esta sección.

4.2.1. Prueba de Calibración del Sistema

Dentro de la prueba de calibración se considera la toma de datos por parte de los sensores ópticos, magnéticos e inductivos cuando se procede con el Inicio del sistema, por ello, se realizó un registro de cada uno de ellos cuando se activaron, cuando no se activaron y cuando era necesaria una regulación de distancia desde la parte física de cada sensor inscrito en el sistema.

La siguiente tabla tiene como toma de datos la lectura de cada sensor:

Tabla 2-4: Resultados de las Pruebas de los Sensores

TIPO DE SENSOR	CORRECTAMENTE CALIBRADO		REQUIERE AJUSTE		EFECTIVIDAD DE ALCANCE
	SÍ	NO	SÍ	NO	
	Sensor Óptico 1	✓			
Sensor Óptico 2	✓			✓	100%
Sensor Óptico 3	✓			✓	100%
Sensor Óptico 4	✓			✓	100%
Sensor Óptico 5		✓	✓		90%
Sensor Inductivo 1	✓			✓	100%
Sensor Inductivo 2		✓	✓		90%
Sensor Inductivo 3	✓			✓	100%
Sensor Inductivo 4	✓			✓	100%
Sensor Magnético 1	✓			✓	100%
Sensor Magnético 2	✓			✓	100%
Sensor Magnético 3		✓	✓		90%
Sensor Magnético 4	✓			✓	100%
Sensor Magnético 5	✓			✓	100%
Sensor Magnético 6	✓			✓	100%

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Luego de la concepción de estos resultados, se observa que todos los sensores tuvieron una alta efectividad en el alcance y lectura de datos cuando así lo requerían, con lo cual se realizó una calibración mínima en los que obtuvieron porcentajes menores al 100% ajustándolos físicamente dentro de la estación automatizada.

A continuación, se procede a realizar un histograma con el promedio de datos obtenidos en función a los porcentajes ubicados en la tabla, el mismo que servirá para verificar la efectividad de cada sensor utilizado, estos cálculos se los obtiene resolviendo la siguiente relación matemática:

Ecuación 1-4: Ecuación de cálculo del promedio para los sensores:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} * 100\%$$

Donde:

\bar{X} = Promedio

X_i = Valores a sumarse

n = Número de términos

Y resolviéndolo numéricamente arroja como resultado:

- Promedio del Sensor Óptico:

$$\bar{X}_{S_Óptico} = \frac{\sum_{i=1}^5 (100 + 100 + 100 + 100 + 90)}{5} * 100\%$$

$$\bar{X}_{S_Óptico} = 98\%$$

- Promedio del Sensor Inductivo:

$$\bar{X}_{S_Inductivo} = \frac{\sum_{i=1}^4 (100 + 90 + 100 + 100)}{4} * 100\%$$

$$\bar{X}_{S_Inductivo} = 97.5\%$$

- Promedio del Sensor Magnético:

$$\bar{X}_{S_Magnético} = \frac{\sum_{i=1}^6 (100 + 100 + 90 + 100 + 100 + 100)}{6} * 100\%$$

$$\bar{X}_{S_Magnético} = 98.33\%$$

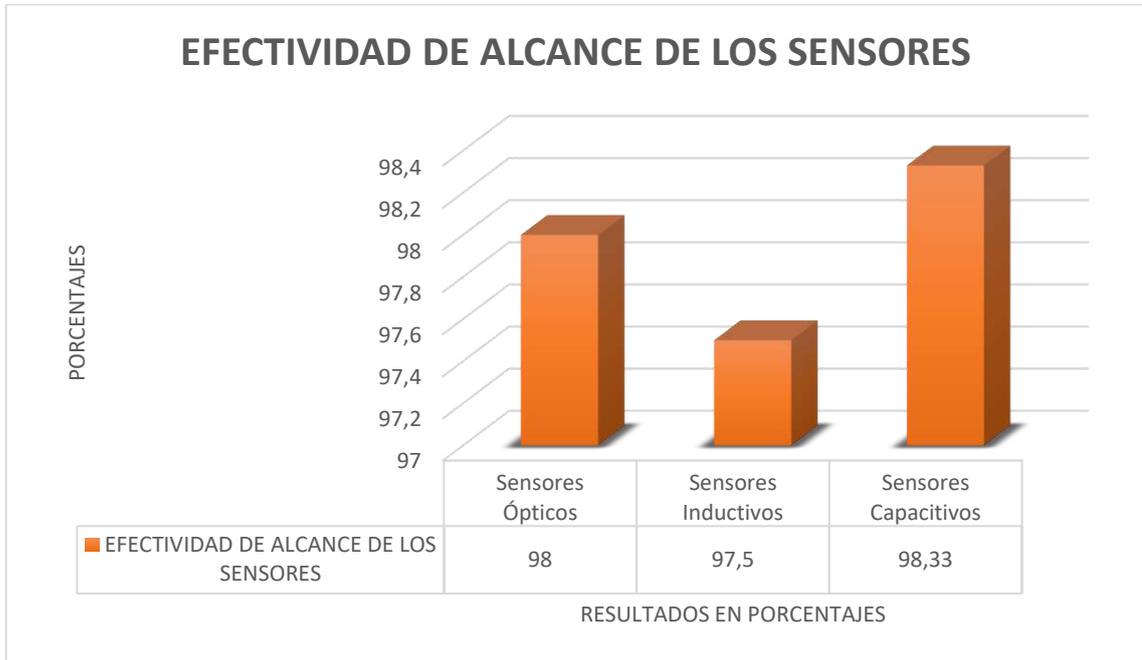


Gráfico 1-4: Efectividad de Alcance de los Sensores

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Los resultados obtenidos en este apartado son de 98% para los Sensores Ópticos, 97.5% para los Sensores Inductivos y 98.33% para los Sensores Capacitivos los cuales se ajustan a las necesidades de la estación automatizada, ya que al estar bien calibrados no presentan errores de funcionamiento del sistema cuando el PLC ejecute la programación y las etapas de llenado, tapado y paletizado, que junto con la pista de motores actuarán con toda su secuenciación establecida.

4.2.2. Prueba de Funcionamiento de los Motores de la Pista de Transporte

Esta prueba se remite a que cuando los sensores estén correctamente calibrados activen los motores en función a la secuencia establecida para este diseño, con lo cual los parámetros de funcionamiento de los motores están de acuerdo a la manera en que se realizaron las conexiones eléctricas dentro del tablero de control.

Lo siguiente es encender cada uno de los 18 motores realizando conexiones con un cable de prueba dentro del tablero de control, es decir que se procede a conectar los terminales de los motores a los polos positivos o salidas establecidas dentro del PLC previo a tener conectadas sus bobinas correspondientes a 2 de sus 4 hilos o cables provenientes del elemento, con ello, se

activarán al probarlos paulatinamente, cabe destacar que se realizaron consideraciones en cuanto al giro que posee dentro de la polaridad, ya que únicamente girará en un solo sentido.

También se tomó el tiempo de giro de cada uno de ellos, ya que al hacerlos funcionar de manera seguida se cambió el sentido de giro en el siguiente motor a activarse ocasionado por el capacitor que está dentro de su circuito de conexión, esto principalmente se da por el tiempo de carga y de descarga que este posee, con lo cual se estableció un tiempo mínimo de espera de 5 segundos para la activación de cada uno de ellos paulatinamente, sin embargo, el uso del capacitor es necesario ya que se actúa como un filtro para que el motor gire de manera controlada en función al valor del capacitor dimensionado para este caso y correspondiente al valor de 1000uF, esto hará que se omitan los ruidos generados por la fuerza del torque a su salida. A continuación, se registran los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 3-4: Resultados de las Pruebas de los Motores

MOTOR	GIRO [seg]	GIRO INVERSO		PROMEDIO DE ESPERA [seg]	DIFERENCIA (±)	EFICACIA DE GIRO
		SÍ	NO			
Motor 1	3 seg	✓		5 seg	(-2)	100%
Motor 2	5 seg		✓	5 seg	(±0)	100%
Motor 3	7 seg		✓	5 seg	(+2)	100%
Motor 4	8 seg		✓	5 seg	(+3)	100%
Motor 5	2 seg	✓		5 seg	(-3)	100%
Motor 6	10 seg		✓	5 seg	(+5)	100%
Motor 7	3 seg	✓		5 seg	(-2)	100%
Motor 8	4 seg	✓		5 seg	(-1)	100%
Motor 9	4 seg	✓		5 seg	(-1)	100%
Motor 10	8 seg		✓	5 seg	(+3)	100%
Motor 11	2 seg	✓		5 seg	(-3)	100%
Motor 12	3 seg	✓		5 seg	(-2)	100%
Motor 13	3 seg	✓		5 seg	(-2)	100%
Motor 14	5 seg		✓	5 seg	(±0)	100%
Motor 15	5 seg		✓	5 seg	(±0)	100%
Motor 16	6 seg		✓	5 seg	(+1)	100%
Motor 17	4 seg	✓		5 seg	(-1)	100%
Motor 18	0 seg		✓	5 seg	(-5)	0% No giró

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Con los resultados obtenidos en la Tabla 3-4 se puede verificar la efectividad de cada motor al 100% a excepción del número 18 ya que tuvo un inconveniente interno de conexión y no se energizó, sin embargo, una de las consideraciones importantes es establecer un tiempo de espera para el giro de los motores de 5 segundos, ya que no generará inconvenientes con el sentido de giro ocasionado por la carga y descarga del capacitor, es por eso que el tiempo de diferencia realizado en cada prueba es relativamente pequeño pero funcional bajo el promedio de segundos establecidos.

En la Figura 1-4 se muestra una vista superior de los motores del sistema de transporte mientras se ejecutaba esta prueba:



Figura 1-4: Vista superior de los Motores.

Realizado por: Torres, Christian, 2021

4.2.3. Prueba de la Etapa de Llenado

Para esta primera prueba referente a las etapas de la estación automatizada, se tomó en cuenta el Material Disponible caracterizado como el conjunto universo, es decir es la cantidad de elementos a utilizarse para cumplir con los requerimientos planteados, en este caso se tiene que contar 12 frascos correctamente procesados para que el sistema se detenga automáticamente, y donde también se realizaron pruebas dentro de esta etapa para determinar los errores y el proceso cumplido de manera correcta.

A continuación, se muestra la lista de materiales disponibles y su gráfica en función a porcentajes:

- 12 frascos
- 12 tapas
- 5.3 libras de granos

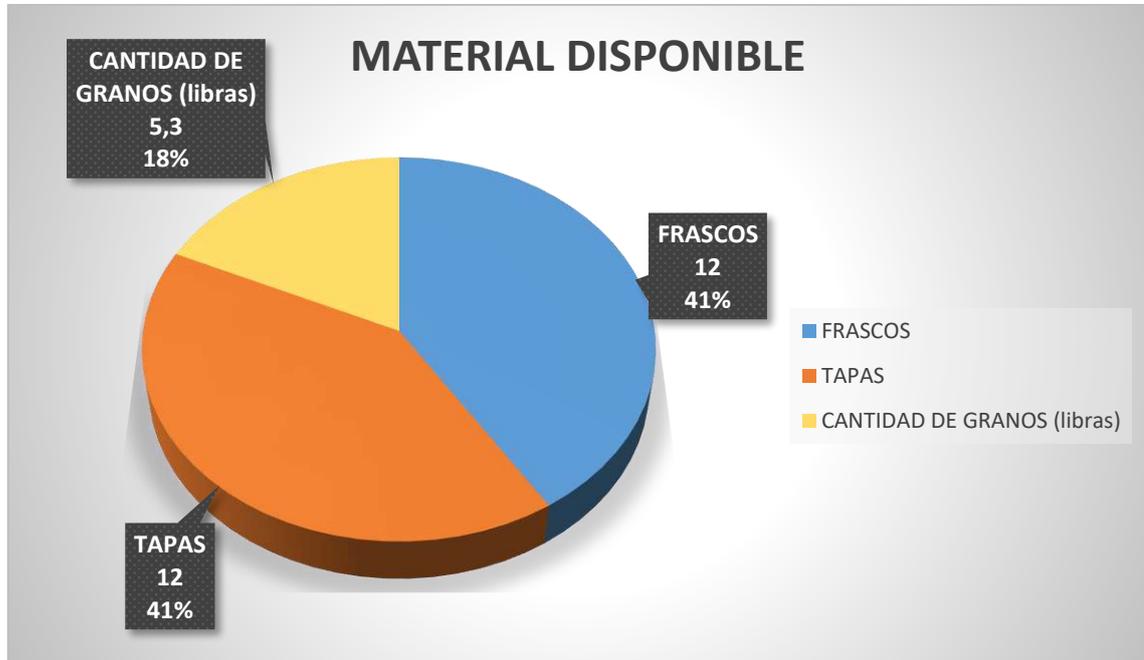


Gráfico 2-4: Material Disponible

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

El Gráfico 2-4 representa el conjunto universo de materiales a utilizarse para realizar la prueba, mediante el cual se pudo homologar los resultados cuando el sistema se encendió y se ejecutó la etapa de llenado, y dichos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4-4: Resultados del Proceso de Llenado

PROCESO DE LLENADO	CANTIDAD DE FRASCOS LLENOS
Correctos	12
Incorrectos	0
Total	12

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

En relación a este resultado se pudo obtener el porcentaje de efectividad con el uso de la regla de 3, donde 12 representa el 100% de frascos llenos, la ecuación matemática es la siguiente:

$$\frac{12}{12} = \frac{100\%}{X}$$

Ecuación 2-4: Ecuación del porcentaje de efectividad de Llenado

$$X_{Llenado} = \frac{(12)(100\%)}{12}$$

$$X_{Llenado} = 100\%$$

Mediante la regla de 3 se obtiene el 100% de porcentaje de frascos llenos para esta etapa, con lo cual lo hace un resultado excelente en este primer punto del sistema.

Lo siguiente es proceder a calcular el volumen de granos que contiene cada frasco, esto se lo hace tomando como datos el tamaño físico del frasco, es decir que la cantidad que cada uno posee corresponderá al valor determinado por la siguiente fórmula:

Ecuación 3-4: Ecuación para calcular el volumen de granos

$$V = \pi * r^2 * h$$

Donde:

$V =$ *Volúmen de granos*

$r =$ *Radio del frasco*

$h =$ *Altura del frasco*

$\pi =$ *Constante de un cilindro*

Los datos físicos del frasco son:

$$r = 3.25 \text{ cm}$$

$$h = 4.5 \text{ cm}$$

Resolviendo se obtiene:

$$V_{Frasco} = \pi * (3.25 \text{ cm})^2 * (4.5 \text{ cm})$$

$$V_{Frasco} = 149.3238258 \text{ cm}^3$$

Matemáticamente este resultado se lo puede redondear como:

$$V_{Frasco} = 149.3238258 \text{ cm}^3 \cong 150 \text{ cm}^3$$

Y dado que la conversión de cm^3 a *gramos* corresponde al mismo valor, el resultado en gramos por cada frasco es de:

$$V_{Frasco} = 150 \text{ g}$$

Es decir que para los 12 frascos que se llenaron correctamente la cantidad utilizada es de 1800 *g* o 3.96 *libras*, y dado que el Dosificador debe contener 5.3 *libras* en total de granos, se procede a calcular el volumen para este almacenador en función a sus características físicas:

Los datos del dosificador son:

$$r = 5 \text{ cm}$$

$$h = 30.5 \text{ cm}$$

Resolviendo se obtiene:

$$V_{Dosificador} = \pi * (5 \text{ cm})^2 * (30.5 \text{ cm})$$

$$V_{Dosificador} = 2395.464398 \text{ cm}^3$$

Y dado que la conversión de cm^3 a *gramos* corresponde al mismo valor, el resultado en gramos por cada frasco es de:

$$V_{Dosificador} = 2395.464398 \text{ g}$$

Este resultado convertido a libras nos da un total de:

$$V_{Dosificador} = 5.3 \text{ libras}$$

Lo analizado anteriormente se lo verifica en la siguiente figura dando a conocer el proceso de llenado del frasco, con lo cual esta etapa ha sido validada correctamente:

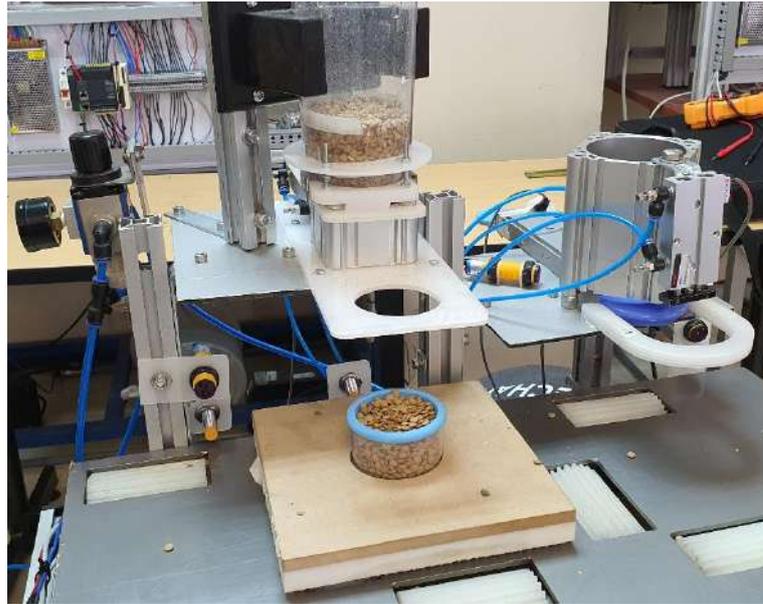


Figura 2-4: Ejecución de la Etapa de Llenado

Realizado por: Torres, Christian, 2021

4.2.4. Prueba de la Etapa de Tapado

La etapa de Tapado corresponde a la segunda en ejecutarse dentro de la estación automatizada, para ello se estableció pruebas de tipo matemático-gráfico, donde se tomó los datos de entrada de esta etapa posterior a haber pasado por el llenado, en este caso se establecieron resultados como correctos e incorrectos en función al número de materiales disponibles y utilizados.

La siguiente tabla muestra los resultados preliminares antes de evaluar el funcionamiento general del sistema:

Tabla 5-4: Resultados del Proceso de Tapado

PROCESO DE TAPADO	CANTIDAD DE FRASCOS TAPADOS
Correctos	11
Incorrectos	1
Total	12

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

De la misma manera que se hizo en la etapa de llenado, se determinará el porcentaje de efectividad mediante una regla de 3 para su posterior análisis:

$$\begin{array}{cc} 12 & 100\% \\ 11 & X \end{array}$$

Ecuación 4-4: Ecuación del porcentaje de efectividad de Tapado

$$X_{Tapado} = \frac{(11)(100\%)}{12}$$

$$X_{Tapado} = 91.66\%$$

Después de ejecutarse esta etapa, los datos obtenidos son de 11 frascos correctamente tapados, lo que equivale al 91.66% de efectividad en este segundo punto del sistema. El siguiente gráfico está en función al conjunto universo de materiales existentes y representa hasta el momento el número de frascos utilizados, la cantidad de tapas usadas y el volumen de grano con el que se llenó cada frasco, dando como resultado el 45%, 41% y 14% respectivamente:

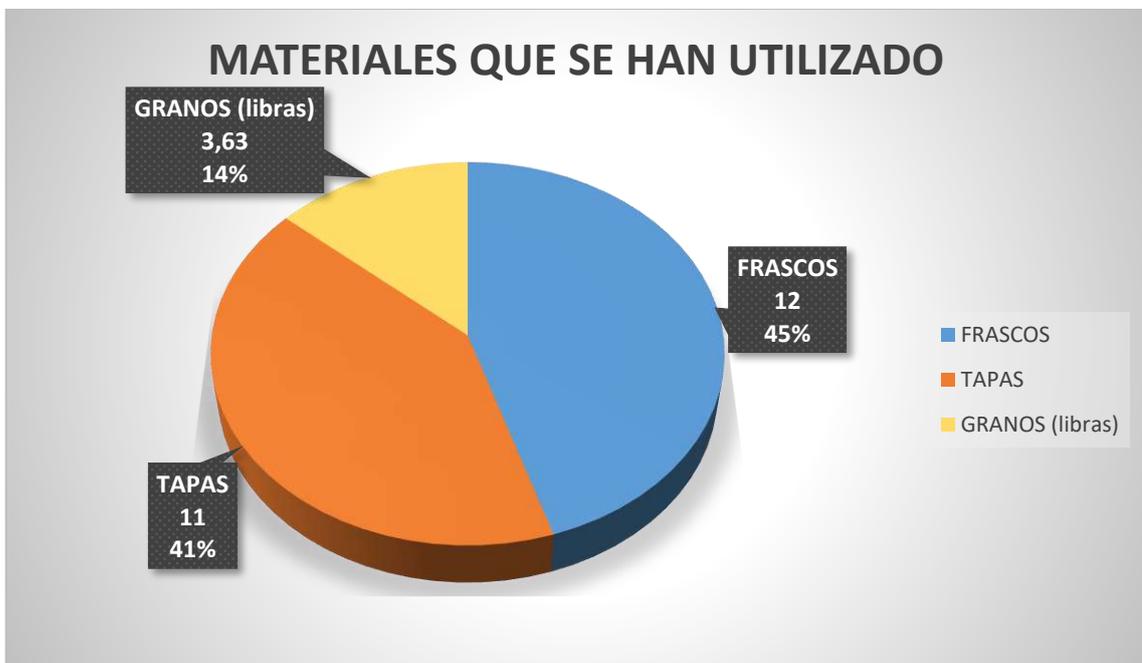


Gráfico 3-4: Materiales que se han Utilizado

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

A continuación, la Figura 3-4 muestra la ejecución del llenado, con lo cual se verifica su funcionamiento:

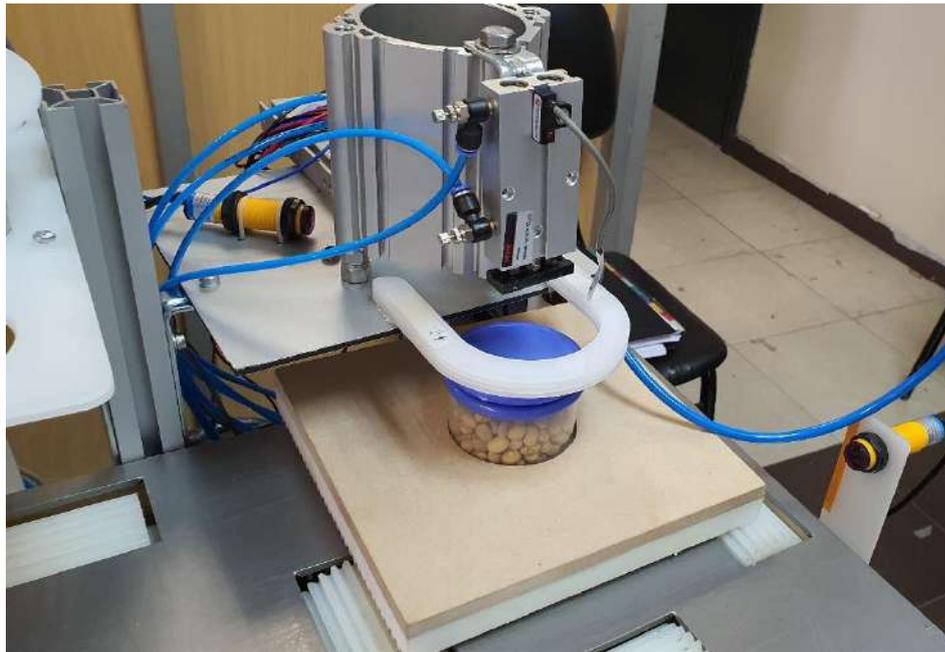


Figura 3-4: Ejecución de la Etapa de Tapado

Realizado por: Torres, Christian, 2021

4.2.5. Prueba de la Etapa de Paletizado

Para realizar la prueba dentro de esta etapa se contabilizaron todos los frascos que fueron paletizados de manera correcta, una de las consideraciones es que anteriormente se obtuvo 11 tapados correctos, por consiguiente, llegaría ese mismo número de frascos a este último punto y sin que se hayan presentado errores dentro de esta ejecución. Los datos obtenidos corresponden a la siguiente tabla:

Tabla 6-4: Resultados del Proceso de Paletizado

PROCESO DE PALETIZADO	CANTIDAD DE FRASCOS PALETIZADOS
Correctos	11
Incorrectos	1
Total	12

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

A continuación, se determina el porcentaje de efectividad mediante una regla de 3 para su posterior análisis y comparación con las demás etapas:

$$\begin{array}{cc} 12 & 100\% \\ 11 & X \end{array}$$

Ecuación 5-4: Ecuación del porcentaje de efectividad de Paletizado

$$X_{Paletizado} = \frac{(11)(100\%)}{12}$$

$$X_{Paletizado} = 91.66\%$$

Al terminar de ejecutarse esta etapa, se obtienen 11 frascos correctamente paletizados, equivalencia que radica en el 91.66% de efectividad para este punto del sistema. Posterior a esto se muestra el siguiente gráfico donde se caracteriza el resultado del proceso de llenado, tapado y paletizado.

La siguiente figura corrobora el proceso efectivo de la etapa de paletizado dentro del sistema:

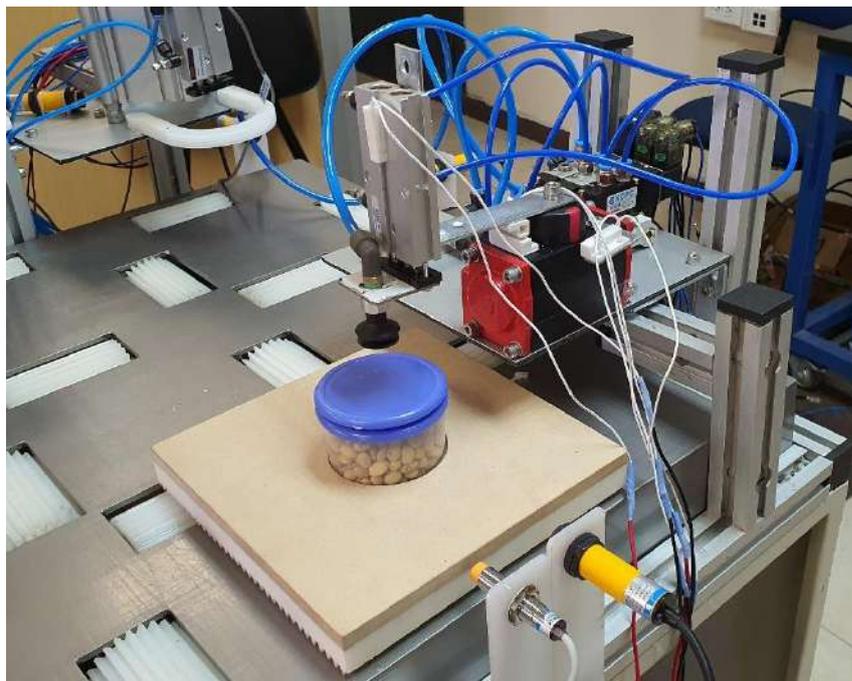


Figura 4-4: Ejecución de la Etapa de Paletizado

Realizado por: Torres, Christian, 2021

4.2.6. Prueba del Funcionamiento del HMI

Para esta prueba se procedió con el encendido del HMI para ejecutar todo el proceso y verificar que el entorno programado corresponda a la ejecución del sistema en tiempo real, dado que dentro del programa se establecieron las direcciones para que el PLC pueda realizar la comunicación mediante Ethernet y cumplir con este requerimiento.

Las ventanas que se muestran a continuación corresponden a las mismas que se establecieron en la sección de diseño del HMI, con lo cual su funcionamiento lo verificamos mediante el encendido o cambio de color de los indicadores programados dentro del mismo a medida que se van accionando los motores, indicadores y mandos electroneumáticos con su respectivo sistema de aire comprimido, es importante mencionar que este tipo de sistemas convierte la energía neumática en energía mecánica. Las Figuras 5-4, 6-4, 7-4, 8-4 y 9-4 corresponden a la activación del programa del HMI con su color Verde característico en cada etapa del sistema:



Figura 5-4: Encendido del HMI Delta y Menú Principal

Realizado por: Torres, Christian, 2021



Figura 6-4: Funcionamiento de la Etapa de Llenado

Realizado por: Torres, Christian, 2021



Figura 7-4: Funcionamiento de la Etapa de Tapado
 Realizado por: Torres, Christian, 2021



Figura 8-4: Funcionamiento de la Etapa de Paletizado
 Realizado por: Torres, Christian, 2021



Figura 9-4: Ejecución del Control de Motores
 Realizado por: Torres, Christian, 2021

Numéricamente se estableció el funcionamiento del sistema a un 100% ya que no presentó ningún error de comunicación, asignación de entradas, asignación de salidas y asignación de memorias, es decir que logró llegar a la consigna del sistema y la unificación de cada uno de los procesos diseñados para este proyecto.

De esta manera, hemos validado el funcionamiento del HMI con el diseño y programación establecido para este proceso.

4.2.7. Evaluación General del Funcionamiento del Sistema

Una vez que se realizaron las pruebas de validación para las etapas de llenado, tapado y paletizado, se procede con la evaluación del tiempo empleado en cada proceso y del resultado general que se obtuvo en el sistema.

La siguiente tabla muestra los tiempos que tomó en cada prueba en función al número de frascos empleados:

Tabla 7-4: Tiempos de Ejecución de los Frascos dentro de la Estación

NÚMERO DE FRASCO	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Frasco 1	53.71 seg
Frasco 2	54.01 seg
Frasco 3	53.95 seg
Frasco 4	53.91 seg
Frasco 5	54.22 seg
Frasco 6	55.11 seg
Frasco 7	54.19 seg
Frasco 8	53.88 seg
Frasco 9	53.76 seg
Frasco 10	53.99 seg
Frasco 11	54.10 seg
Frasco 12	53.57 seg
TOTAL	648.4 segundos = 11.20 minutos

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

De los resultados obtenidos, se tiene una duración de 11.20 minutos en completarse los 12 frascos establecidos en los requerimientos, luego se procede a realizar el promedio de tiempo que emplea

el sistema en terminar de ejecutarse con cada uno de los frascos hasta llegar a su fin, para ello, se vuelve a emplear la fórmula matemática tratada anteriormente con la diferencia de que este valor representará los segundos y no un porcentaje:

Ecuación 6-4: Ecuación del promedio de tiempo en ejecutarse cada frasco

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$\bar{X} =$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{12} (53.71 + 54.01 + 53.95 + 53.91 + 54.22 + 55.11 + 54.19 + 53.88 + 53.76 + 53.99 + 54.10 + 53.57)}{12}$$

$$\bar{X} = 54.033333 \text{ segundos}$$

Luego, procedemos a realizar un gráfico de barras para ver en una misma línea de tiempo y escala lo que se registró en la tabla anterior, con ello, se notará la diferencia existente entre cada uno de los frascos procesados bajo una secuencia lineal y repetitiva del sistema de llenado, tapado, y paletizado:

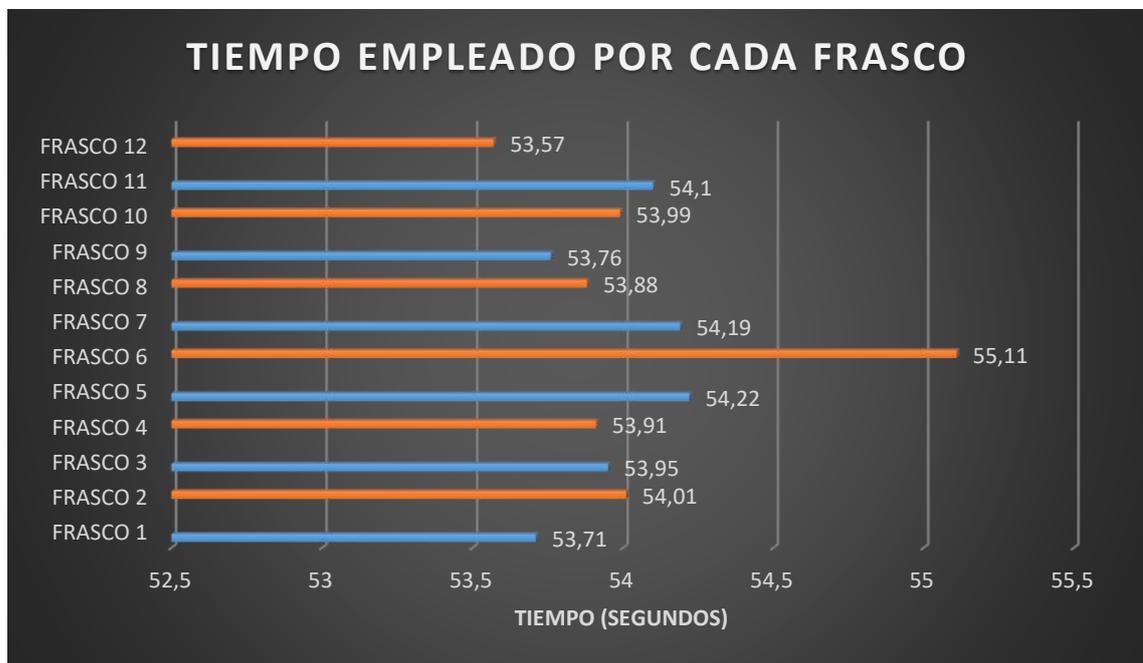


Gráfico 4-4: Cantidad de elementos que llegaron bien en cada Etapa del Sistema

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

De esta manera, los resultados a nivel de tiempo se pueden equiparar realizando un promedio entre todos ellos y homologando así el funcionamiento general del sistema, dando como una

media en segundos de 54,03. En el siguiente gráfico se muestra la cantidad de elementos que llegaron correctamente a cada etapa del sistema en función a sus números y porcentajes obtenidos en las pruebas anteriores, es decir que para el proceso de Llenado se obtuvo el 35% con 11 frascos completos, para el Tapado el 33% con 11 tapas puestas, y para el Paletizado el 32% con 11 frascos colocados en su lugar, datos que corresponden al conjunto universo de materiales empleados al inicio de las pruebas.

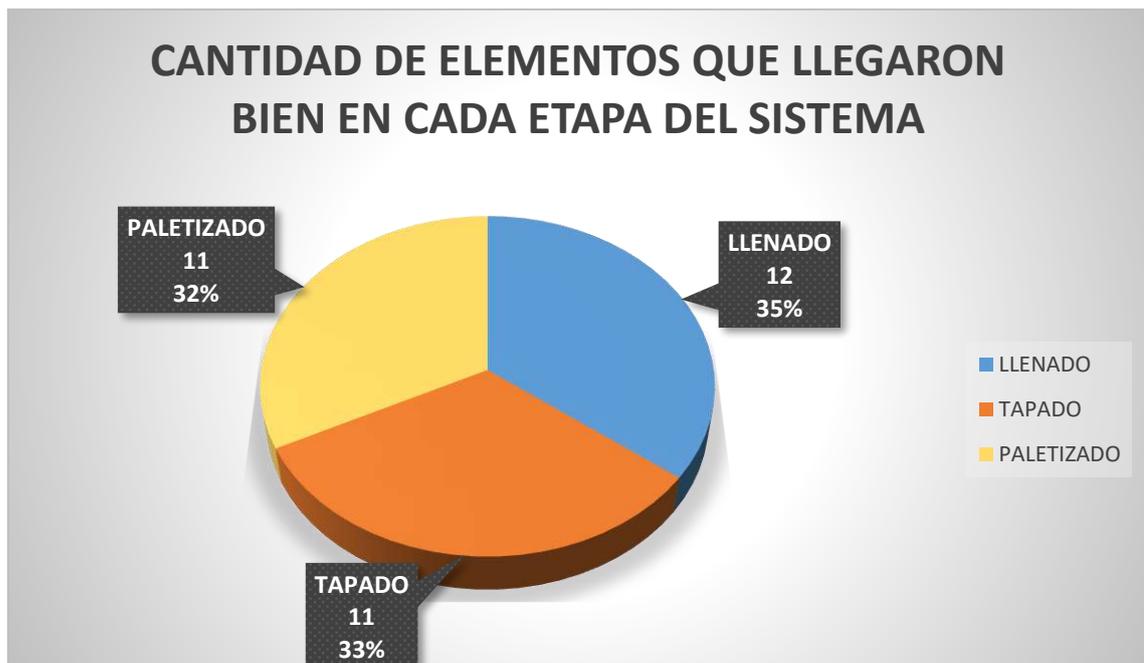


Gráfico 5-4: Cantidad de elementos que llegaron bien en cada Etapa del Sistema

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Finalmente se procede a promediar los porcentajes generales obtenidos en cada etapa del sistema, tanto de los motores, llenado, tapado, paletizado y HMI, donde estos resultados puedan clarificar de manera técnica y homologar todo el desarrollo planteado, generando así un nivel de confianza y garantizando su efectividad, para ello se procede con el siguiente cálculo numérico:

Ecuación 7-4: Ecuación para calcular el promedio de efectividad del sistema

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^5 (100\% + 100\% + 91,66\% + 91,66 + 100\%)}{5}$$

$$\bar{X} = 96,664\% \cong 97\%$$

Este resultado correspondiente al 97% de efectividad, nos da una perspectiva de que el sistema es totalmente funcional y cumple con las expectativas del diseñador, es decir que este modelo es totalmente factible para implementarse en industrias dedicadas a la producción a gran escala.

4.3. Análisis y Comparación de Costos del Sistema

Se llevó a cabo un análisis comparativo y de costos con máquinas de la empresa ICB Technology donde su principio de funcionamiento es similar a la estación automatizada creada en este proyecto, ya que al considerarse como un modelo para empresas que realicen procesos industriales se lo creó de manera compacta en el que en una sola estación se puedan realizar las etapas de llenado, tapado y paletizado para cantidades volumétricas y que a futuro aumente desde el punto de vista de su escalabilidad, con ello, las máquinas disponibles en el mercado trabajan de manera individual o en conjunto para realizar cada uno de estos, con lo cual los costos y sus características se los hizo en función a lo que ofrece el mercado actualmente comparado con el proyecto diseñado y de ello se trata en la Tabla 8-4:

Tabla 8-4: Comparación del Proyecto con Máquinas del Mercado

CARACTERÍSTICAS	MÁQUINAS DEL MERCADO	PROYECTO ESTACIÓN AUTOMATIZADA
Voltaje	110/220 V	110/220 V
Potencia	0,18 kW	738 W
Dimensiones	45x30 cm	92x92 cm
Autómata Programable	ABB	Siemens
HMI	Wecon	Delta
Peso	27 kg	55 kg
Capacidad de la tolva	8,5 lb	5,3 lb
COSTO	\$8.391,44	\$3.600

Realizado por: Torres, Christian, 2021.

Con esta comparación de sus características, valores nominales y costo, se puede observar que el proyecto realizado es más conveniente desde el punto de vista económico y ofrece lo mismo que la otra máquina con diferencias relativamente pequeñas, con lo cual el modelo de implementación para empresas que realicen procesos industriales es factible en cuanto a su diseño a gran escala.

CONCLUSIONES

Esta estación automatizada comprende recursos de la Ingeniería para desarrollar de manera técnica y sistemática todo su sistema, en el que se involucra fundamentalmente el desarrollo de piezas en un software CAD, la caracterización a nivel de bloques y diagramas de flujo para llegar a la consigna del proceso como tal, donde posterior a eso se desarrolle la programación del Controlador Lógico Programable (PLC) y del HMI, dispositivos que a nivel de dimensionamiento fueron paramétricamente bien establecidos para este proyecto.

Durante el proceso de diseño de los circuitos de los motores se presentó un parámetro muy importante a considerarse, ya que los motores al estar adheridos electrónicamente a los módulos de relés con su respectiva topología, tuvo que considerarse el tiempo de carga y descarga del capacitor utilizado para que no me genere un giro en sentido inverso, es decir que los temporizadores del PLC fueron promediados en función a este tiempo de espera, el cual se lo estableció en 5 segundos antes de activar un siguiente motor para continuar con la ejecución del sistema y conservar el sentido de giro establecido secuencialmente dentro de la etapa de transporte.

El proceso de selección de granos se basó en la forma física que estos poseían, ya que al ser más pequeños y delgados no generaban un rebote al caer desde la etapa de llenado, con lo cual se garantizó que no se generen desperdicios volumétricos a lo largo de la secuencia lineal y repetitiva de la estación automatizada, sin embargo también dependía de la altura de los frascos ya que al estar el borde más cerca del dosificador también permitía una caída estable de los granos, cabe recalcar que previo a esto se reguló el nivel de entrada neumático de los cilindros twin y el tiempo de caída controlado por el PLC.

Los resultados obtenidos cumplieron con los requerimientos establecidos al inicio del proyecto, con lo cual desde el punto de vista matemático generó un porcentaje de efectividad del 97%, lo que lo hace un sistema robusto y de gran aplicabilidad a escala industrial, considerando que las piezas diseñadas para este sistema fueron correctamente dimensionadas a nivel de tamaño por consideraciones de su escalabilidad, con lo cual se pudo equiparar la estación automatizada para cumplir puntualmente con cada uno de sus procesos y requerimientos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar cada una de las normas de diseño a nivel de tableros eléctricos, HMI, manufactura esbelta y depuración de la programación del PLC, ya que al cumplir con esto todo el proceso de desarrollo se vuelve muy técnico y ordenado, con lo cual lo hace más óptimo en la aplicabilidad y funcionamiento de este sistema.

Se recomienda que los dispositivos y mandos electroneumáticos se ajusten a las necesidades del sistema para no ocasionar un sobredimensionamiento, ya que al ser un modelo de implementación para empresas con procesos industriales se pueden escoger elementos más accesibles desde el punto de vista económico pero que su principio de funcionamiento sea el mismo.

Se recomienda tener conocimiento de los softwares a utilizarse tanto para la programación como para el diseño de cada uno de los elementos a nivel de piezas y circuitos eléctricos, ya que esto permitirá un mejor desenvolvimiento dentro de estos entornos de Ingeniería en Electrónica.

Se recomienda establecer una correcta dimensión en cada una de las piezas diseñadas para su construcción e implementación, con ello se generará un acople paralelamente adecuado y no provocará ningún inconveniente dentro de la estación automatizada.

Se recomienda llevar de manera ordenada cada una de las direcciones utilizadas para la comunicación entre el PLC y el HMI, y también la correcta asignación de las entradas, salidas y memorias correspondientes a la ejecución del sistema y a los actuadores implícitos dentro del mismo.

Se recomienda hacer una pequeña capacitación del uso de la estación automatizada a nivel de hardware y software con la respectiva documentación de los elementos utilizados, enfocado a personas que quieran manipular el funcionamiento de este sistema y que con ello se pueda garantizar la correcta operatividad sin generar contratiempos en su utilización y ejecución del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA, Patricia. *Programación de PLC's* [en línea]. División de estudios de Postgrado, Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza-México: Impress, 2019. [Consulta: 02 de junio de 2021]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>

BRAVO, Ignacio. *PLC's de Scheider Electric* [en línea]. Departamento de Electrónica, Universidad de Alcalá. Madrid-España: Camiper, 2016. [Consulta: 18 de mayo de 2021]. Disponible en: http://www.infopl.net/files/descargas/schneider/infoPLC_net_1_PLCs_Schneider.pdf

BUENACHE, Alejandro. *Teoría, Diseño y Simulación de Componentes y Circuitos para la Docencia Interactiva Vía Web* [en línea]. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid. Madrid-España: Infonec, 2020. [Consulta: 28 de junio de 2021]. Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10078/PFC-NEUMATICA_Alejandro_Buenache.pdf?sequence=2&isAllowed=y

DANERI, Pablo. *PLC: Automatización y Control Industrial* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: Editorial Hispano Americana HASA, 2018. [Consulta: 15 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/66558>

ENTRENA, Francisco. *Instalación de equipos y elementos de sistemas de automatización industrial ELEM0311* [en línea]. Málaga-España : IC Editorial, 2015. [Consulta: 02 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/59238>

ESCALONA, Iván. *Transductores y sensores en la automatización industrial* [en línea]. Ciudad de México-México: El Cid Editor, 2017. [Consulta: 02 de julio de 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/34463>

ESPINO, Alejandro. *Uso básico del PLC S7-1200 para las asignaturas del área de Automatización Industrial* [en línea]. Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México-México: In Matiz, 2019. [Consulta: 12 de mayo de 2021]. Disponible en:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/17055/Materialdidactico.pdf?sequence=3>

GARCÍA, Emilio. *Automatización de Procesos Industriales: Robótica y Automática* [en línea]. Valencia-España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2020. [Consulta: 01 de abril de 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/129686>

GARCÍA, William. 2017. *Sistemas de control y monitoreo para bombas de drenaje y vaciado de la Central Hidroeléctrica San Francisco* [en línea]. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Universidad Técnica de Ambato-Ecuador: Edarsi Cía, 2017. [Consulta: 09 de junio de 2021]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25696/1/Tesis_t1245ec.pdf

GONZALES, Elaine. *Actuadores Neumáticos* [en línea]. Valladolid-España: SEAS, 2016. [Consulta: 22 de junio de 2021]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/neumatica-calculo-de-cilindros-pdf-free.html>

IZAGUIRRE, Eduardo. *Sistemas de Automatización* [en línea]. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara-Cuba: Editorial Feijóo, 2017. [Consulta: 27 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/124330>

MARTÍNEZ, Hilariona. *Módulo Didáctico para Prácticas de Laboratorio con Controladores Lógicos Programables* [en línea]. San Nicolás de los Garza, Nuevo León-México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2015. [Consulta: 08 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/9535/1/1080214939.pdf>

MORALES, Armando. (2019). InTECH Automatización ISA México [en línea]. *Recuperado de:* <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2019/02/12/caracteristicas-del-estandar-ansi-isa-101-01-2015-interfaces-humano-maquina-para-sistemas-de-automatizacion-de-procesos/>.

PATIÑO, Jorge. *Motores de Corriente Continua*. Departamento de Máquinas Eléctricas [en línea]. Instituto Profesional y Técnico de Veraguas-Panamá: Boski, 2018. [Consulta: 01 de julio de 2021]. Disponible en: <https://rumbo62.jimdo.com/app/download/10446895283/M%C3%93DULO+N%C2%B01+DE>

+M%C3%81QUINAS+EL%C3%89CTRICAS%28TALLER+V%29+MOTORES+DE+C.C-2018.pdf?t=1522618624

PERRASO, Luis. *Adquisición de datos, supervisión y control PID utilizando Controladores Lógicos Programables* [en línea]. Facultad de Ingeniería Eléctrica, Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador: Edinun Cía, 2016. [Consulta: 29 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11685/1/T177.pdf>

RODRÍGUEZ, Aquilino. *Comunicaciones Industriales* [en línea]. Barcelona-España: Marcombo, 2018. [Consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/35710>

TARGINO, Francisco., & VILELA, Paulo. *Automatización Industrial* [en línea]. Río Grande del Norte-Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2018. [Consulta: 27 de abril de 2021]. Disponible en: <https://infolibros.org/pdfview/5778-automacao-industrial-portugues-articulo-paulo-sergio-da-camara-vilela-e-francisco-jose-targino-vidal/>

TORRES, Fernando. *Sensores y Detectores* [en línea]. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Universidad de Alicante-España : A Contra Vent Editors, 2019. [Consulta: 28 de junio de 2021]. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18433/1/Tema%202_Sensores%20y%20Detectores.pdf

VÁZQUEZ, Juan. *Automatización Neumática* [en línea]. Bogotá-Colombia: Ediciones de la U, 2015. [Consulta: 06 de junio de 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/70261>

ANEXOS

ANEXO A: Datasheet del PLC SIEMENS S7-1214

SIEMENS

Hoja de datos

6ES7214-1BG40-0XB0

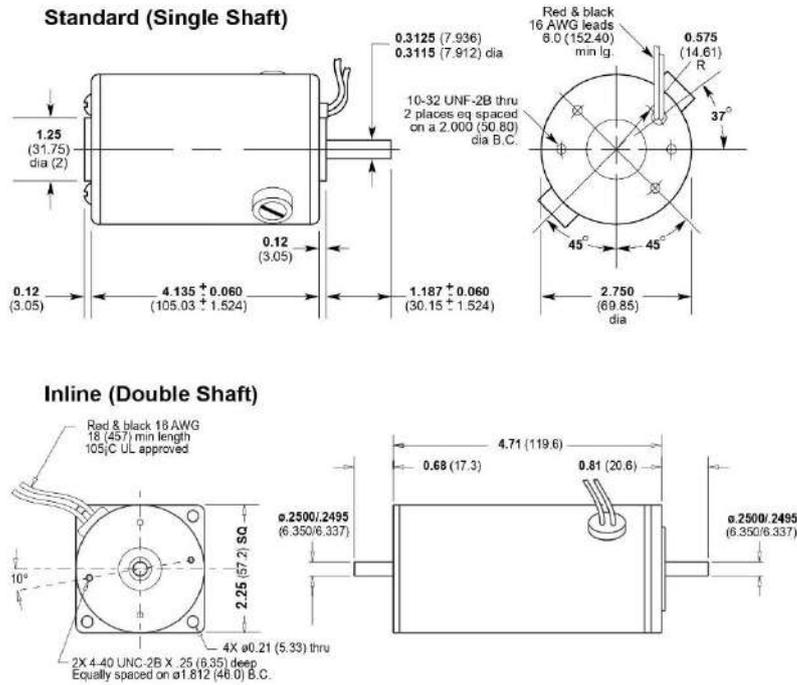
SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, AC/DC/RELES, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24VDC; 10 DO RELES 2A; 2 AI 0 - 10V DC, ALIMENTACION: AC 85 - 264 V AC BEI 47 -63 HZ, MEMORIA DE PROGRAMA/DATOS 75 KB

Display	
Con display	No
Tensión de alimentación	
Valor nominal (AC)	
• 120 V AC	Si
• 230 V AC	Si
Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, límite superior (AC)	264 V
Frecuencia de red	
• Rango admisible de frecuencia, límite inferior	47 Hz
• Rango admisible de frecuencia, límite superior	63 Hz
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	100 mA con 120 V AC; 50 mA con 240 V AC
Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
• 24 V	Rango permitido: 20,4 a 28,8 V
Intensidad de salida	
Intensidad en bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	14 W
Memoria	
Tipo de memoria	EEPROM

Memoria de usuario	75 kbyte
Memoria de trabajo	
• integrado	100 kbyte
• Ampliable	No
Memoria de carga	
• integrado	4 Mbyte
• enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	2 Gbyte; con SIMATIC Memory Card
Respaldo	
• existente	Sí; Libre de mantenimiento
• sin pila	Sí
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones a bits, típ.	0,085 µs; /Operación
para operaciones a palabras, típ.	1,7 µs; /Operación
para aritmética de coma flotante, típ.	2,3 µs; /Operación
CPU-bloques	
Nº de bloques (total)	DBs, FCs, FBs, contadore y temporizadores. El número máximo de bloques direccionables es de 1 a 65535. No hay ninguna restricción, uso de toda la memoria de trabajo
OB	
• Cantidad, máx.	Limitada únicamente por la memoria de trabajo para código
Áreas de datos y su remanencia	
Área de datos remanentes total (incl. temporizadores, contadores, marcas), máx.	10 kbyte
Marcas	
• Cantidad, máx.	8 kbyte; Tamaño del área de marcas
Área de direcciones	
Área de direcciones de periferia	
• Entradas	1 024 byte
• Salidas	1 024 byte
Imagen del proceso	
• Entradas, configurables	1 kbyte
• Salidas, configurables	1 kbyte
Configuración del hardware	
Nº de módulos por sistema, máx.	3 Communication Module, 1 Signal Board, 8 Signal Module
Hora	
Reloj	
• Reloj por hardware (reloj tiempo real)	Sí
• Desviación diaria, máx.	+/- 60 s/mes a 25 °C
• Duración del respaldo	480 h; típicamente
Entradas digitales	



D 24 Volt DC Motor Specifications



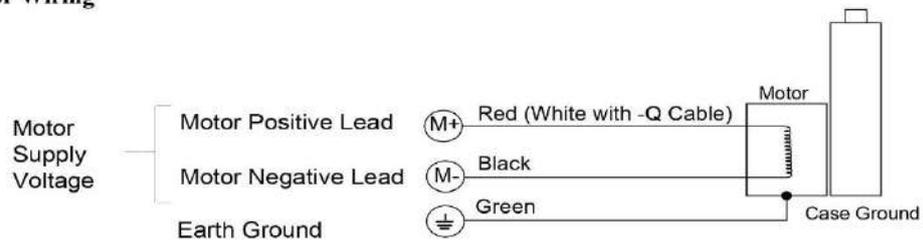
Electrical Data

Rated Voltage	V	24
Max. Continuous Current	A	4.5
Max. Operating Voltage	V	36
Inductance	mH	2.0
K_t Torque Constant ($\pm 10\%$)	oz-in/A [N-m/A]	8.9 [0.062]
K_v Voltage Constant ($\pm 10\%$)	V/kRPM	6.5
Winding Resistance @ Ambient	Ohms	1.0

Mechanical Data

Continuous Stall Torque	oz-in [N-m]	40 [0.28]
No-load Speed at Rated Voltage	RPM	3600
No-load Current	A	0.5
Rotor Inertia	oz-in-s ² [kg-cm ²]	0.018 [1.3]
Max. Winding Temperature	°F [°C]	180 [82]

Motor Wiring



ANEXO C: Datasheet del HMI DELTA



DOP-103WQ
DOP-107WV
DOP-110WS



High Color • Widescreen • User-Friendly HMI Products
Delta Electronics Inc.,
No. 18, Xinglong Rd., Tsoyan City,
33066, Taiwan

Instruction Sheet

(1) Preface

Thank you for purchasing DOP-103WQ. This instruction sheet provides information about DOP-103WQ. Before using the product, please read through this manual carefully in order to ensure the correct use of the product. In addition, please place this manual in a safe location for reference in the future. Please follow the rules below if you have not finished reading the manual yet.

- Install the product in a clean and dry location free from corrosive and inflammable gases or liquids, avoid rain only.
- Ensure that all wiring instructions and recommendations are followed.
- Connect the HMI to control system correctly to the ground. This grounding method must comply with the national electrical standard. (Please refer to NFPA 70, National Electrical Code, 2005 Ed.)
- Do not modify the wiring or detachable HMI response when HMI is connected to the power. Do not touch the power supply during operation. Otherwise, it may cause electric shock.
- When HMI displays low power notification and renews battery charges, please contact local distributors or DELTA customer service center for the replacement. Do not change batteries by yourself.
- DOP-103WQ can be used for industrial automation equipment. Please read through the manual carefully and install the product according to the instructions in order to avoid damage.
- Cleaning method: Please use dry cloth to clean the product.
- The product is allowed for operation at an altitude below 2000 m.
- If the equipment is used in a manner not specified by the manufacturer, the protection provided by the equipment may be impaired.
- For updating and modification, please contact DELTA Electronics, Inc. Address: No. 18, Xinglong Rd., Tsoyan City, Taiwan, TEL: +886-9-3603931.

If you have any questions during operation, please contact our local distributors or Delta sales representative. The content of this instruction sheet may be revised without prior notice. Please consult our distributors or download the latest version at www.deltahmi.com.tw.

(2) Communication Port Pin Assignment

DOP-103WQ COM Port

COM Port	Pin	MODE1	MODE2	MODE3
	1	RS-232	RS-485	RS-485
	2	RXD	D+	RXD
	3	TXD	D-	TXD
	4		D+	100Ω
	5	GND	GND	GND
	6	RIS	D-	RIS
	7	CRS	D+	CRS
	8		D-	RXD

DOP-107WV / DOP-110WS COM1 Port

COM Port	Pin	MODE
	1	RS-485
	2	RXD
	3	TXD
	4	GND
	5	GND
	6	RIS
	7	CRS
	8	

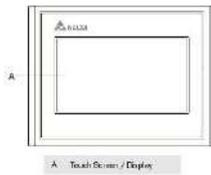
DOP-107WV / DOP-110WS COM2 Port

COM Port	Pin	MODE1	MODE2	MODE3	MODE4
	1	RS-232	RS-485	RS-485	RS-232
	2	RXD	D+	RXD	
	3	TXD	D-	TXD	
	4		D+	100Ω	
	5	GND	GND	GND	
	6	RIS	D-	RIS	
	7	CRS	D+	CRS	
	8		D-	RXD	

NOTE: Both marks connect to GND/GND2.

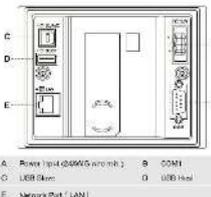
(3) Port names

DOP-103WQ (Front view)



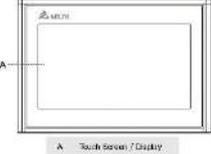
A: Touch Screen / Display

DOP-107WV (Rear view)



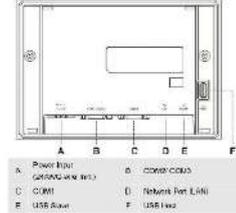
A: Power Input (DOP103WQ use only) B: COM1
C: USB Slave D: Network Port (LAN)
E: USB Host

DOP-107WV (Front view)



A: Touch Screen / Display

DOP-107WV (Rear view)



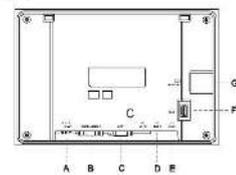
A: Power Input (DOP107WV use only) B: COM2/COM3
C: COM1 D: Network Port (LAN)
E: USB Slave F: USB Host

DOP-110WS (Front view)



A: Touch Screen / Display

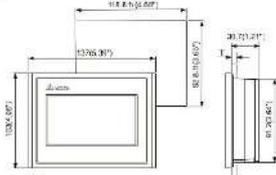
DOP-110WS (Rear view)



A: Power Input (DOP110WS use only) B: COM2/COM3
C: COM1 D: Network Port (LAN)
E: USB Slave F: USB Host
G: RJ45 LAN

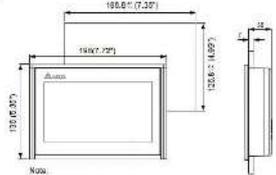
(4) Dimensions for Installation

DOP-103WQ



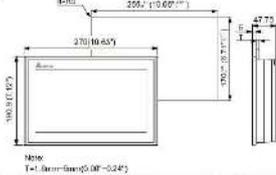
Note:
T=1.6mm (0.063"±0.24")
Operation Temperature is 0°C to 50°C and Storage Temperature is -30°C to +60°C

DOP-107WV



Note:
T=1.6mm (0.063"±0.24")
Operation Temperature is 0°C to 50°C and Storage Temperature is -30°C to +60°C

DOP-110WS



Note:
T=1.6mm (0.063"±0.24")
Operation Temperature is 0°C to 50°C and Storage Temperature is -30°C to +60°C

(5) Installation and Wiring

Installation Notes:

- Improper installation will result in malfunction and greatly reduce the life of the HMI. Be sure to follow the guidelines in this manual when installing the HMI.
- In order to ensure the HMI operating normally, please make sure that the ventilation hole is not obstructed and provide sufficient clearance for the HMI.
- To avoid fire hazard, be sure to install a residual-current circuit breaker (RCCB).
- For use on a flat surface of a Type 50" indoor-use City enclosure or equivalent, if Enclosures with Vent-type top will occur in hotting.
- The allowable thickness of the panel for mounting should be less than 5mm.

Installation Method:

Step 1:

Place the ventilation packet into HMI and then insert the HMI into the panel outlet.



Step 2:

Place the following into slots and tighten the screws (rotating the control output).



Step 3:

Tighten the screws with torque less than 0.5N.M (0.45 lbf.ft) to avoid damage to the plastic case.

(EIP: RS-232C/110 lbf.inch; B17: 1/4 inch (0.175N))

DOP-103 Torque: 1.4-11 lbf.inch (0.16N.m)



Step 4:

For local distribution, please keep a minimum clearance of 50mm on the rear of the HMI.

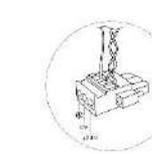


Recommended wiring as follows:

Type	Wire Gauge (AWG)	Stripped Length	Strips
Power	24-12	7-8mm	5 kg (11.02 lb) ± 5
Control	24-12	7-8mm	5 kg (11.02 lb) ± 5

Warning:

Be careful performing or relating to the following (Power supply connection, wiring must be sealed PVC tape).



(6) Specifications

Model	DOP-103WQ	DOP-107WV	DOP-110WS
Display Type	4.3" TFT LCD (65535 colors)	5" TFT LCD (65535 colors)	7" TFT LCD (16503 colors)
Resolution	480 x 222 pixels	320 x 240 pixels	320 x 480 pixels
LED Module	LED Backlight (less than 10000 hours lifetime at 25°C)	LED Backlight (less than 20,000 hours lifetime at 25°C)	LED Backlight (less than 30,000 hours lifetime at 25°C)
Display Size	202.4 x 102.55 (mm)	114.5 x 80.62 (mm)	225.5 x 125.15 (mm)
Dimensions (without HMI)	206 x 107 (mm)	118 x 85 (mm)	230 x 130 (mm)
CPU	ARM Cortex-A9 (32-bit)		

Model	DOP-103WQ	DOP-107WV	DOP-110WS
Peak Power	150W	250W max	210W max
Touch Screen	4-wire resistive touch screen	> 10000 (CM operated)	
Display	Multi-Touch (Penetration: 20 ~ 24 N/10 / 30 lbf)		
Ethernet Interface	10/100 Mbps Auto-sensing with built-in isolated power output (PoE+)		
USB	1 USB Slave (via 2.0) 1 USB Host (via 2.0)		
SD	N/A		
Serial Communication Port	COM1: RS-232 (supports baud rate 3000/115200 bps)	COM2/COM3: RS-232 (supports baud rate 300/115200 bps)	COM4: RS-485
COM2	RS-485 (RS-485+/-)	RS-232 (supports baud rate 300/115200 bps)	
COM3	N/A	RS-485 (RS-485+/-)	
Function Key	N/A		
Parameter Display	N/A		
Backup Method	Non-volatile		
Safety Approval	CE (UL) (Please consult the Electrical code and the regulator in your area of 240 V/100 V/110 V)		
Weight of Level of Power Supply	FUS not be evaluated by UL/EN60947 Type 4X (1000 Vdc only)		
Operating Voltage (VAC)	104 VAC (±10%) ~ 115.5 VAC with built-in isolated power supply (40W)		
Surge Protection	Supported by Class 2 or SELV circuit (tested from MAINS) by device protection (SELV) for terminals (please check IEC60947 terminal and IEC60947)		
Power Consumption (W)	5.8W (Sleep Mode)	6.4W (Idle Mode)	61W (Ready Mode)
Backup Battery	3W lithium battery (RS-232) ± 1		
Backup Battery Life	About 3 years or more at 25°C but it depends on the temperature and the condition of the battery.		
Operating Temperature	0°C ~ 50°C		
Storage Temperature	-30°C ~ +60°C		
Operating Humidity	10% ~ 90% RH (0 ~ 40°C) 10% ~ 95% RH (0 ~ 50°C) (Relative Humidity 2)		
Vibration Resistance	Complies to IEC60068-2-27: 11 ms, 15 G Peak, X, Y, Z direction for 3 times		
Shock Resistance	Complies to IEC60068-2-27: 11 ms, 15 G Peak, X, Y, Z direction for 3 times		
Dimensions (with HMI)	110.5 x 52.8	130.5 x 105.8	255 x 178
Weight	Approx. 280g	Approx. 500g	Approx. 1.1 kg

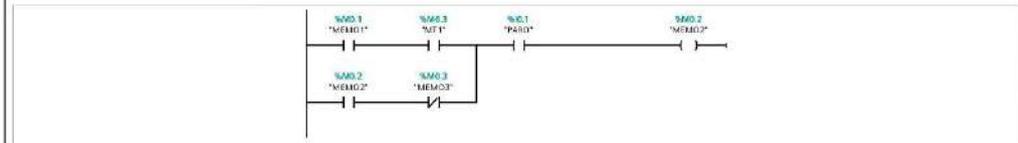
Note:
1. The life of backlight is defined as original luminance being reduced by 50% when the maximum display current is supplied to HMI. The built-LED backlight shows there is an estimated value under 25°C normal temperature and humidity condition.
2. The nominal voltage of the resistive power is rated to 100 V peak for 1 minute.
3. Power consumption of HMI is the power consumed when connected to any industrial devices. To ensure normal operation of HMI, the recommended power supply is power consumption x 1.5 ~ 2.
4. Inbuilt power supply is recommended.
5. DOP103, the program editor for DOP-100 series products and user manuals can be downloaded at our website. In addition, the content of this instruction sheet may be revised without prior notice. Please consult our distributors or download the latest version at www.deltahmi.com.tw.
6. DOP-103 series can be used for industrial automation equipment. Please read through this manual carefully and install the product according to the instruction in order to avoid damage.

ANEXO D: Programación del PLC en TIA Portal (Lenguaje LADDER)

Totally Integrated Automation Portal					
SISTEMA DE DOSIFICACION GRANOS V3 / PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa					
Main [OB1]					
Main Propiedades					
General					
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Numeración	automática			Idioma	KOP
Información					
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Versión	0.1	ID personalizada		Familia	
Main					
Nombre		Tipo de datos		Valor predet.	
Temp					
Constant					
Segmento 1:					
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario		
'INICIO'	%M0.2	Bool			
'MEM00'	%M0.0	Bool			
'PAR0'	%M0.1	Bool			
Segmento 2:					
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario		
'MEM01'	%M0.1	Bool			
'MEM033'	%M4.1	Bool			
'PAR0'	%M0.1	Bool			
Segmento 3: MOTOR 4					
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario		
'MEM00'	%M0.0	Bool			
'MEM01'	%M0.1	Bool			
'MEM02'	%M0.2	Bool			
'MEM032'	%M4.0	Bool			
'MEM033'	%M4.1	Bool			
'PAR0'	%M0.1	Bool			
'S11'	%I0.6	Bool			
'S01'	%I0.5	Bool			
Segmento 4:					

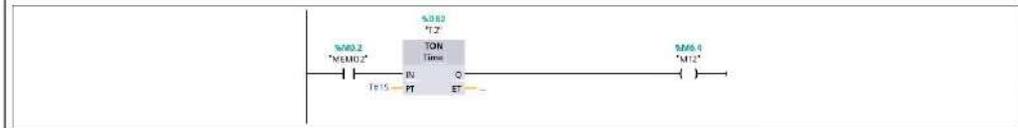
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO1'	%M0.1	Bool	
'MT1'	%M6.3	Bool	

Segmento 5:



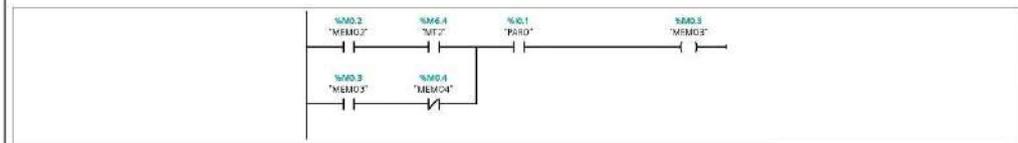
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO1'	%M0.1	Bool	
'MEMO2'	%M0.2	Bool	
'MEMO3'	%M0.3	Bool	
'MT1'	%M6.3	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	

Segmento 6:



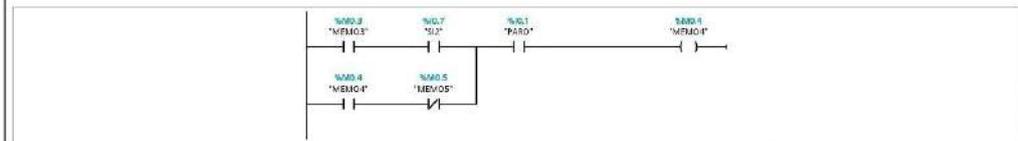
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO2'	%M0.2	Bool	
'MT2'	%M6.4	Bool	

Segmento 7:



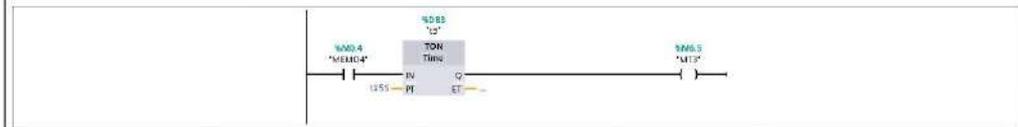
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO2'	%M0.2	Bool	
'MEMO3'	%M0.3	Bool	
'MEMO4'	%M0.4	Bool	
'MT2'	%M6.4	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	

Segmento 8:



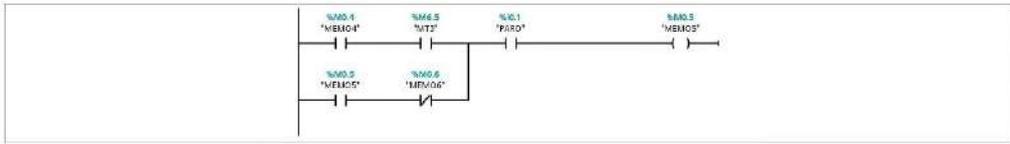
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO3'	%M0.3	Bool	
'MEMO4'	%M0.4	Bool	
'MEMO5'	%M0.5	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	
'SIZ'	%O.7	Bool	

Segmento 9:



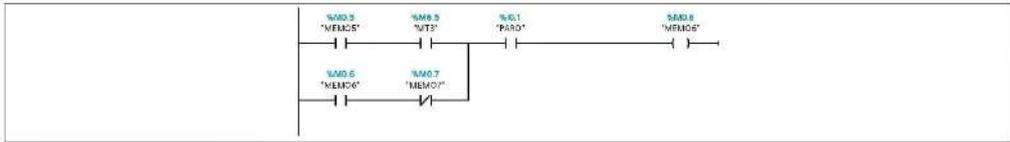
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO4'	%M0.4	Bool	
'MT3'	%M6.5	Bool	

Segmento 10:



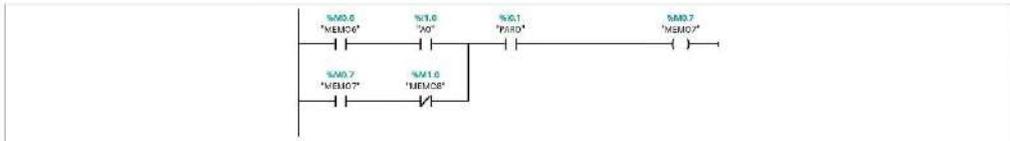
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO4'	%M0.4	Bool	
'MEMO5'	%M0.5	Bool	
'MEMO6'	%M0.6	Bool	
'MT3'	%M6.5	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 11:



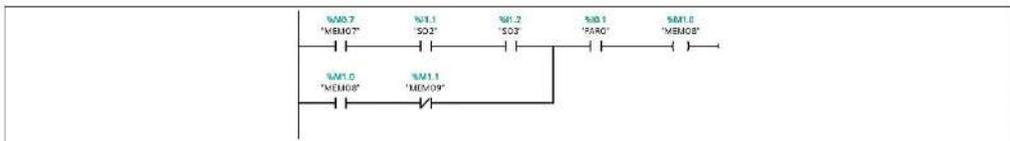
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO5'	%M0.5	Bool	
'MEMO6'	%M0.6	Bool	
'MEMO7'	%M0.7	Bool	
'MT3'	%M6.5	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 12:



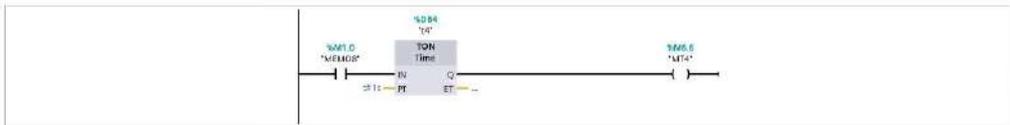
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'AO'	%I.0	Bool	
'MEMO6'	%M0.6	Bool	
'MEMO7'	%M0.7	Bool	
'MEMO8'	%M1.0	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 13:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO7'	%M0.7	Bool	
'MEMO8'	%M1.0	Bool	
'MEMO9'	%M1.1	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	
'SO2'	%I.1	Bool	
'SO3'	%I.2	Bool	

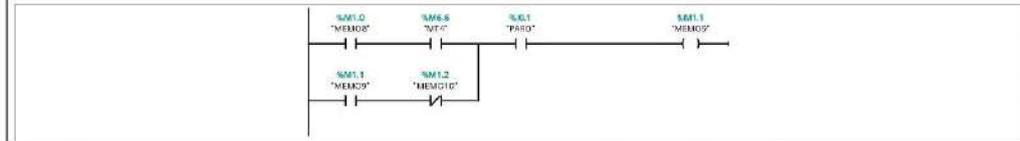
Segmento 14:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO8'	%M1.0	Bool	

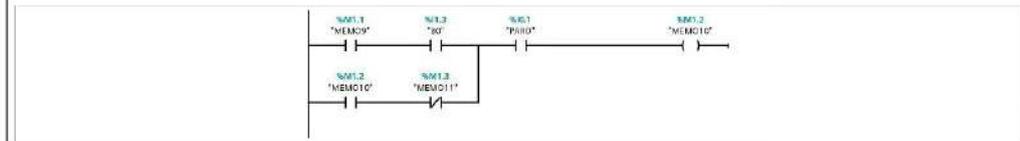
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MT4'	%M6.6	Bool	

Segmento 15:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO8'	%M1.0	Bool	
'MEMO9'	%M1.1	Bool	
'MEMO10'	%M1.2	Bool	
'MT4'	%M6.6	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 16:



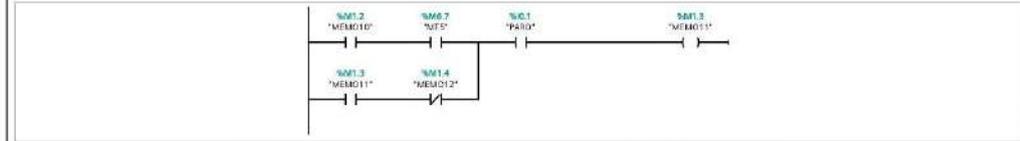
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'RI'	%I.3	Bool	
'MEMO9'	%M1.1	Bool	
'MEMO10'	%M1.2	Bool	
'MEMO11'	%M1.3	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 17:



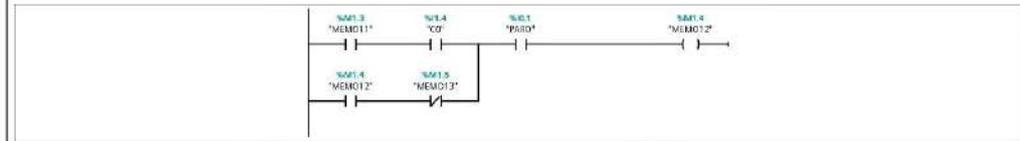
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO10'	%M1.2	Bool	
'MTS'	%M6.7	Bool	

Segmento 18:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO10'	%M1.2	Bool	
'MEMO11'	%M1.3	Bool	
'MEMO12'	%M1.4	Bool	
'MTS'	%M6.7	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

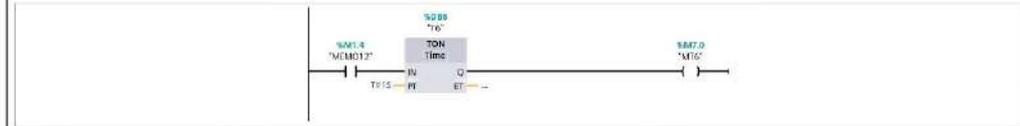
Segmento 19:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'YQ'	%I.4	Bool	
'MEMO11'	%M1.3	Bool	

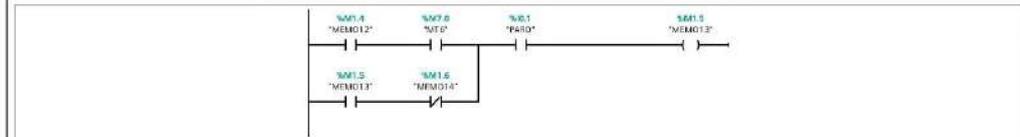
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO12'	%M1.4	Bool	
'MEMO13'	%M1.5	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 20:



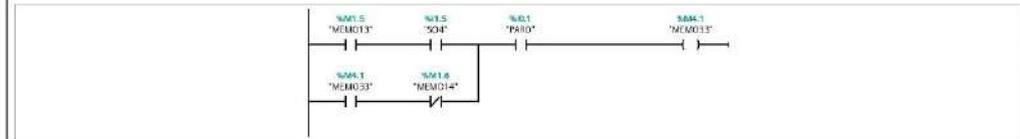
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO12'	%M1.4	Bool	
'MT6'	%M7.0	Bool	

Segmento 21:



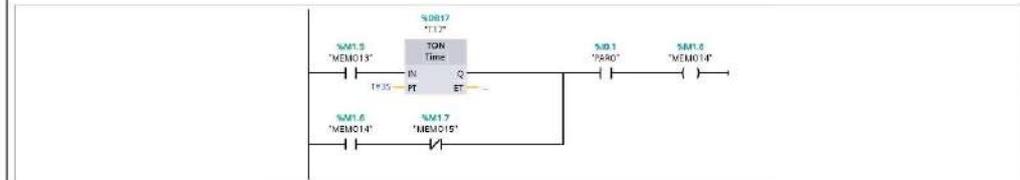
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO12'	%M1.4	Bool	
'MEMO13'	%M1.5	Bool	
'MEMO14'	%M1.6	Bool	
'MT6'	%M7.0	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 22:



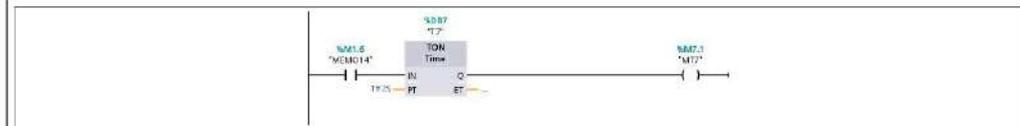
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO13'	%M1.5	Bool	
'MEMO14'	%M1.6	Bool	
'MEMO33'	%M4.1	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	
'SQ4'	%I.5	Bool	

Segmento 23:



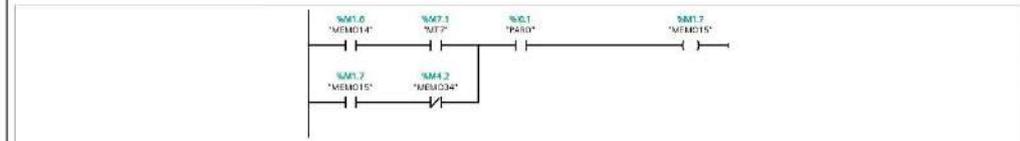
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO13'	%M1.5	Bool	
'MEMO14'	%M1.6	Bool	
'MEMO15'	%M1.7	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 24:



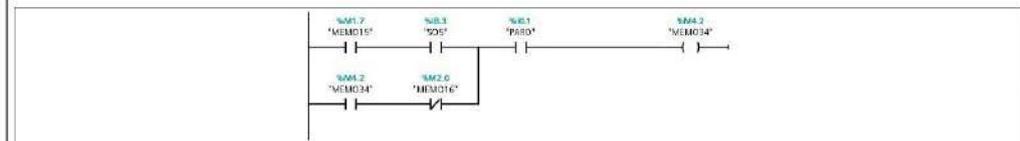
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO14'	%M1.6	Bool	
'MT7'	%M7.1	Bool	

Segmento 25:



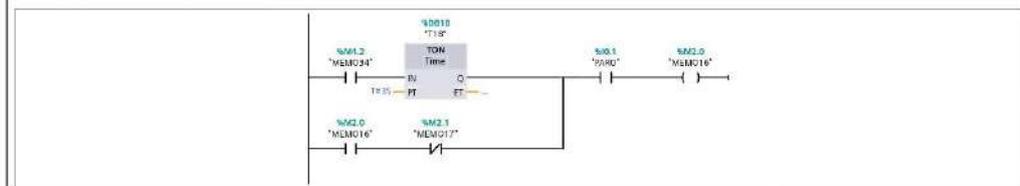
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO14'	%M1.6	Bool	
'MEMO15'	%M1.7	Bool	
'MEMO34'	%M4.2	Bool	
'MT7'	%M7.1	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	

Segmento 26:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO15'	%M1.7	Bool	
'MEMO16'	%M2.0	Bool	
'MEMO34'	%M4.2	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	
'SOS'	%I.8.3	Bool	

Segmento 27:



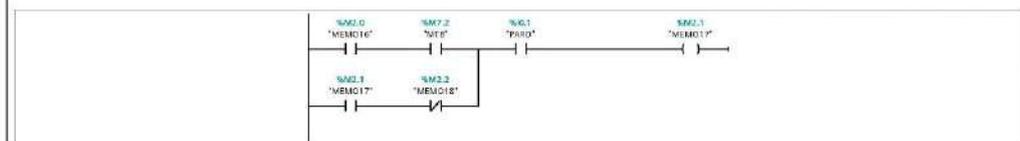
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO16'	%M2.0	Bool	
'MEMO17'	%M2.1	Bool	
'MEMO34'	%M4.2	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	

Segmento 28:



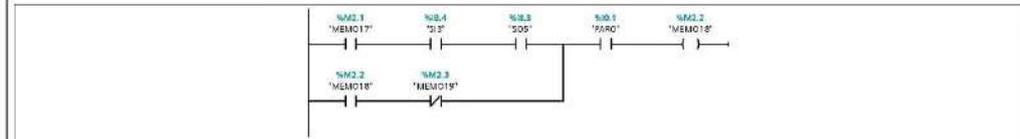
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO16'	%M2.0	Bool	
'MT8'	%M7.2	Bool	

Segmento 29:



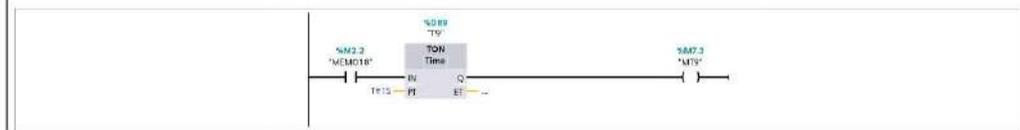
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO16'	%M2.0	Bool	
'MEMO17'	%M2.1	Bool	
'MEMO18'	%M2.2	Bool	
'MT8'	%M7.2	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	

Segmento 30:



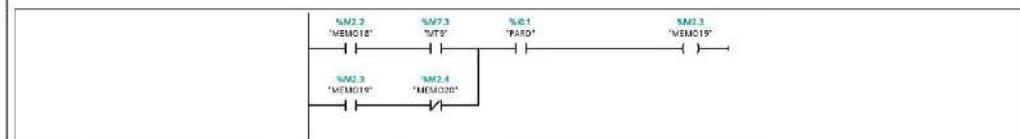
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO17'	%M2.1	Bool	
'MEMO18'	%M2.2	Bool	
'MEMO19'	%M2.3	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	
'S13'	%B.4	Bool	
'S05'	%B.3	Bool	

Segmento 31:



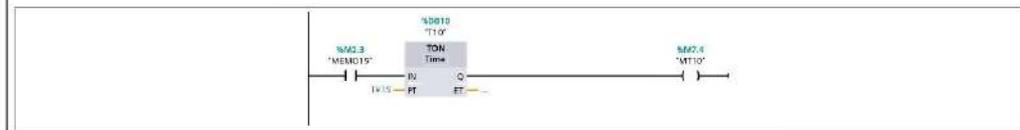
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO18'	%M2.2	Bool	
'MT9'	%M7.3	Bool	

Segmento 32:



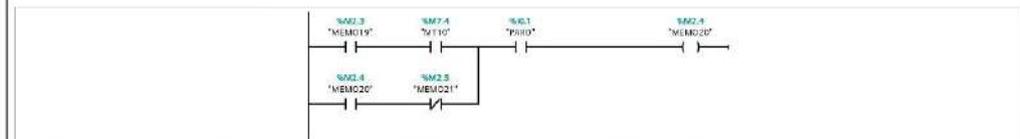
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO18'	%M2.2	Bool	
'MEMO19'	%M2.3	Bool	
'MEMO20'	%M2.4	Bool	
'MT9'	%M7.3	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	

Segmento 33:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO19'	%M2.3	Bool	
'MT10'	%M7.4	Bool	

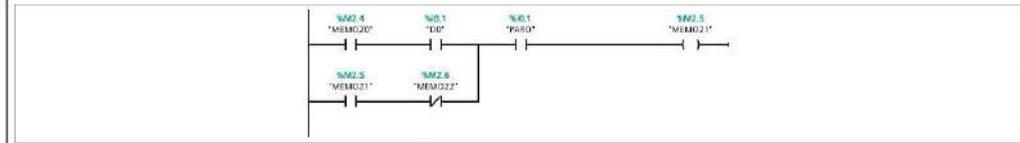
Segmento 34:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO19'	%M2.3	Bool	

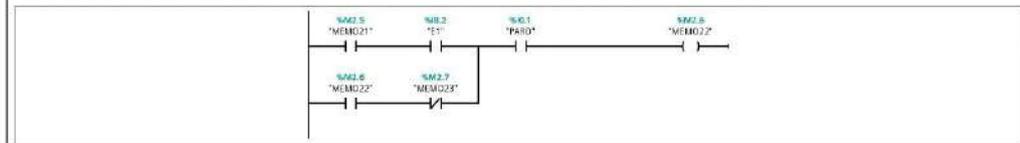
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO20'	%M2.4	Bool	
'MEMO21'	%M2.5	Bool	
'MT10'	%M7.4	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 35:



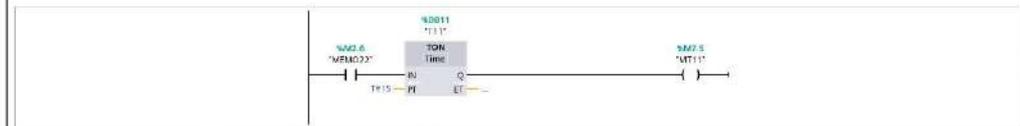
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'DO'	%S.1	Bool	
'MEMO20'	%M2.4	Bool	
'MEMO21'	%M2.5	Bool	
'MEMO22'	%M2.6	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 36:



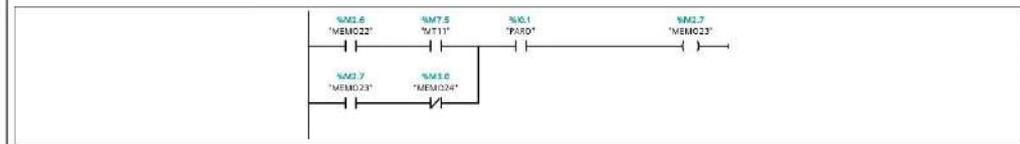
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'E1'	%S.2	Bool	
'MEMO21'	%M2.5	Bool	
'MEMO22'	%M2.6	Bool	
'MEMO23'	%M2.7	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 37:



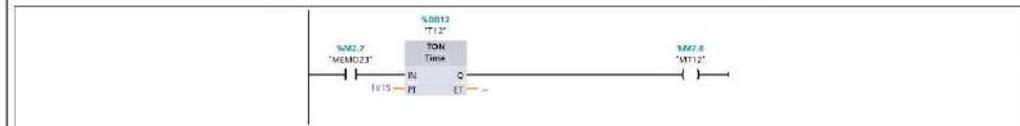
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO22'	%M2.6	Bool	
'MT11'	%M7.5	Bool	

Segmento 38:



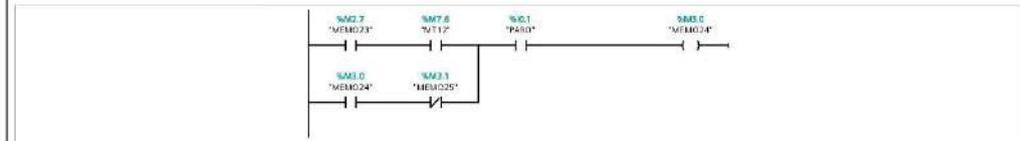
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO22'	%M2.6	Bool	
'MEMO23'	%M2.7	Bool	
'MEMO24'	%M3.0	Bool	
'MT11'	%M7.5	Bool	
'PARO'	%Q.1	Bool	

Segmento 39:



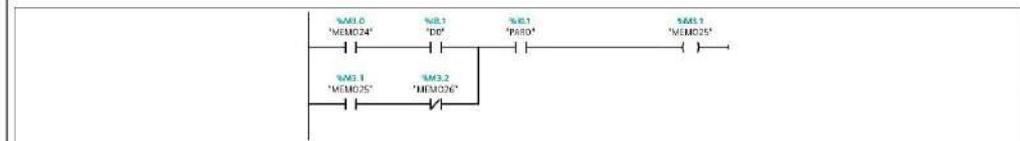
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO23"	%M2.7	Bool	
"MT12"	%M7.6	Bool	

Segmento 40:



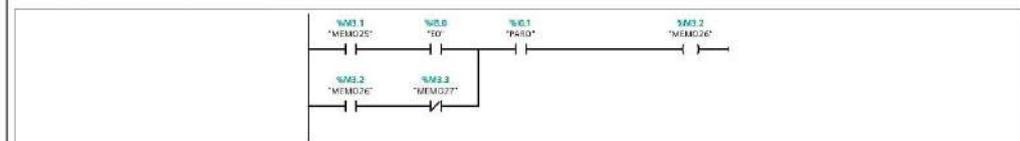
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO23"	%M2.7	Bool	
"MEMO24"	%M3.0	Bool	
"MEMO25"	%M3.1	Bool	
"MT12"	%M7.6	Bool	
"PARO"	%O.1	Bool	

Segmento 41:



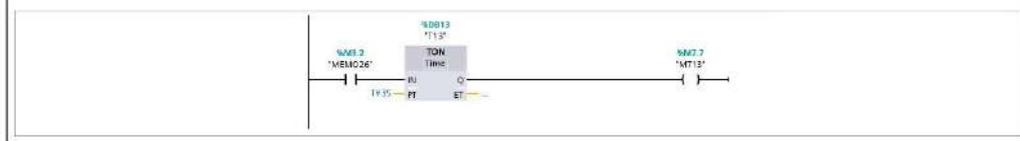
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"DO"	%I 8.1	Bool	
"MEMO24"	%M3.0	Bool	
"MEMO25"	%M3.1	Bool	
"MEMO26"	%M3.2	Bool	
"PARO"	%O.1	Bool	

Segmento 42:



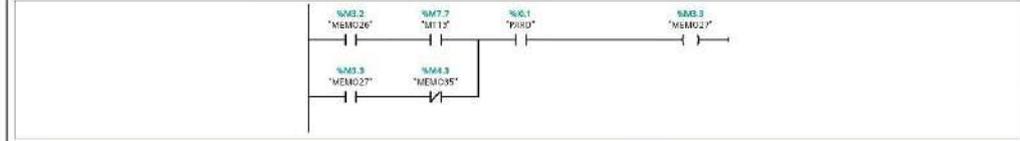
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"EO"	%I 8.0	Bool	
"MEMO25"	%M3.1	Bool	
"MEMO26"	%M3.2	Bool	
"MEMO27"	%M3.3	Bool	
"PARO"	%O.1	Bool	

Segmento 43:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO26"	%M3.2	Bool	
"MT13"	%M7.7	Bool	

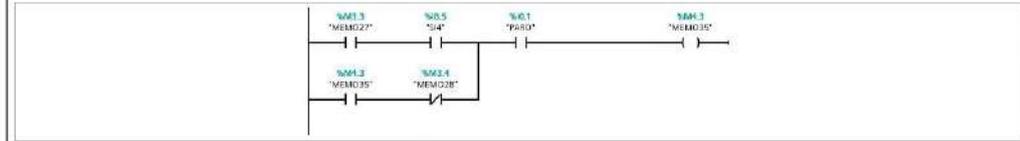
Segmento 44:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO26"	%M3.2	Bool	

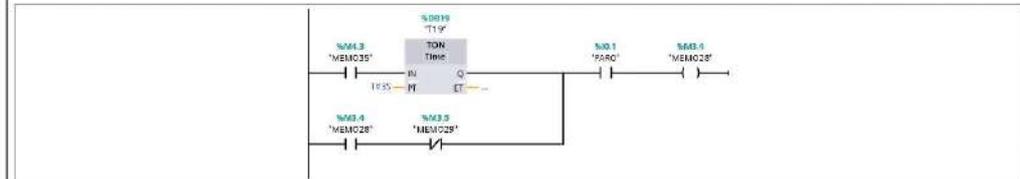
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO27'	%M3.3	Bool	
'MEMO35'	%M4.3	Bool	
'MT13'	%M7.7	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	

Segmento 45:



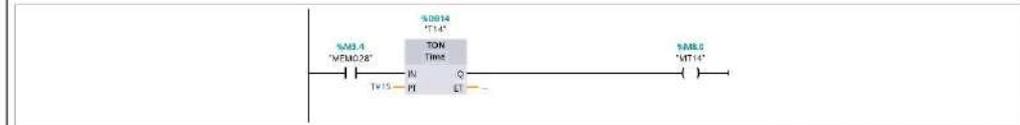
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO27'	%M3.3	Bool	
'MEMO28'	%M3.4	Bool	
'MEMO35'	%M4.3	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	
'S14'	%B.5	Bool	

Segmento 46:



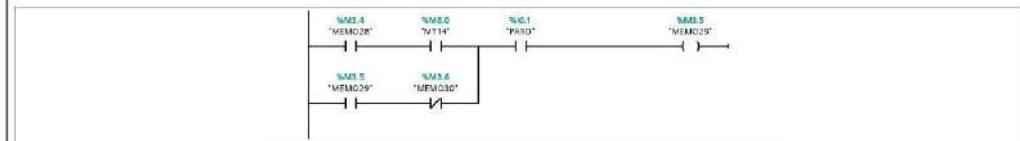
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO28'	%M3.4	Bool	
'MEMO29'	%M3.5	Bool	
'MEMO35'	%M4.3	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	

Segmento 47:



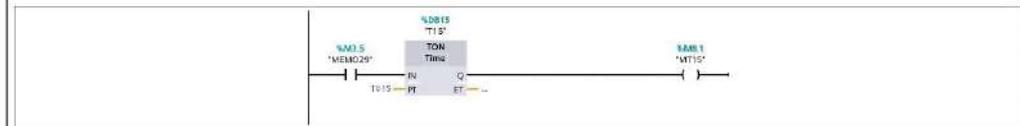
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO28'	%M3.4	Bool	
'MT14'	%M8.0	Bool	

Segmento 48:



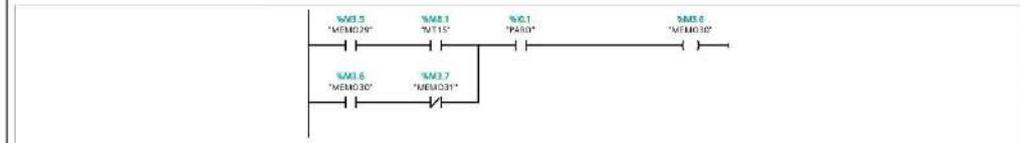
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO28'	%M3.4	Bool	
'MEMO29'	%M3.5	Bool	
'MEMO30'	%M3.6	Bool	
'MT14'	%M8.0	Bool	
'PARO'	%O.1	Bool	

Segmento 49:



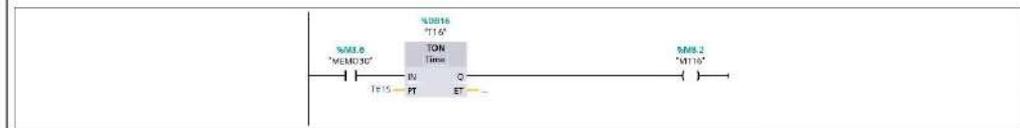
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO29"	%M3.5	Bool	
"MT15"	%M8.1	Bool	

Segmento 50:



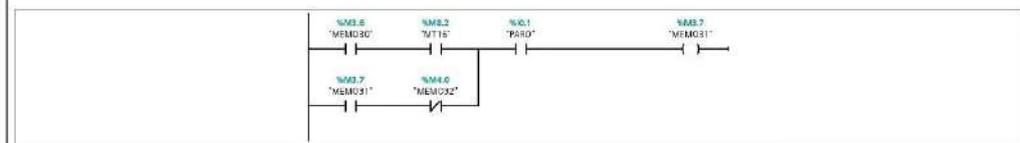
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO29"	%M3.5	Bool	
"MEMO30"	%M3.6	Bool	
"MEMO31"	%M3.7	Bool	
"MT15"	%M8.1	Bool	
"PARO"	%I0.1	Bool	

Segmento 51:



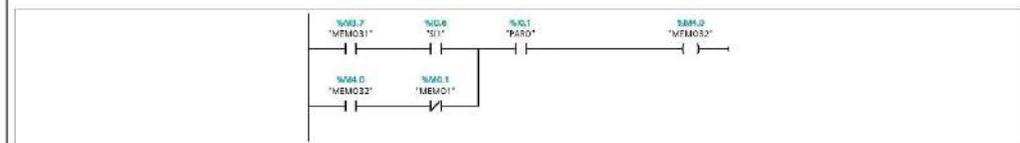
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO30"	%M3.6	Bool	
"MT16"	%M8.2	Bool	

Segmento 52:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO30"	%M3.6	Bool	
"MEMO31"	%M3.7	Bool	
"MEMO32"	%M4.0	Bool	
"MT16"	%M8.2	Bool	
"PARO"	%I0.1	Bool	

Segmento 53:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO1"	%M0.1	Bool	
"MEMO31"	%M3.7	Bool	
"MEMO32"	%M4.0	Bool	
"PARO"	%I0.1	Bool	
"S11"	%M0.6	Bool	

Segmento 54:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO1"	%M0.1	Bool	

Totally Integrated Automation Portal			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO2'	%M0.2	Bool	
'MOTOR4'	%Q0.3	Bool	
Segmento 55:			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO2'	%M0.2	Bool	
'MEMO3'	%M0.3	Bool	
'MEMO7'	%M0.7	Bool	
'MOTORS'	%Q0.4	Bool	
Segmento 56:			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'A+'	%Q12.6	Bool	
'MEMO4'	%M0.4	Bool	
Segmento 57:			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'B+'	%Q12.7	Bool	
'MEMO8'	%M1.0	Bool	
Segmento 58:			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'C+'	%Q16.0	Bool	
'MEMO10'	%M1.2	Bool	
Segmento 59:			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'MEMO12'	%M1.4	Bool	
'MOTOR3'	%Q0.2	Bool	
Segmento 60:			

Totally Integrated Automation Portal			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO12"	%M1.4	Bool	
"MEMO13"	%M1.5	Bool	
"MEMO16"	%M2.0	Bool	
"MOTOR9"	%Q1.0	Bool	
Segmento 61:			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO14"	%M1.6	Bool	
"MOTOR12"	%Q8.1	Bool	
Segmento 62:			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO14"	%M1.6	Bool	
"MEMO15"	%M1.7	Bool	
"MOTOR11"	%Q8.0	Bool	
Segmento 63:			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO16"	%M2.0	Bool	
"MOTOR8"	%Q8.7	Bool	
Segmento 64:			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO17"	%M2.1	Bool	
"MOTOR14"	%Q8.3	Bool	11
Segmento 65:			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO17"	%M2.1	Bool	
"MOTOR15"	%Q8.4	Bool	
Segmento 66:			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"D+"	%Q16.1	Bool	
"MEMO18"	%M2.2	Bool	
"MEMO22"	%M2.6	Bool	

Segmento 67:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO19"	%M2.3	Bool	
"VACIO"	%Q16.2	Bool	

Segmento 68:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"D+"	%Q16.1	Bool	
"MEMO20"	%M2.4	Bool	
"MEMO24"	%M3.0	Bool	
"RESET"	%M0.3	Bool	

Segmento 69:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"E+"	%Q16.3	Bool	
"MEMO21"	%M2.5	Bool	

Segmento 70:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO23"	%M2.7	Bool	
"RESET"	%M0.3	Bool	
"VACIO"	%Q16.2	Bool	

Segmento 71:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"E+"	%Q16.3	Bool	
"MEMO25"	%M3.1	Bool	
"RESET"	%M0.3	Bool	

Segmento 72:



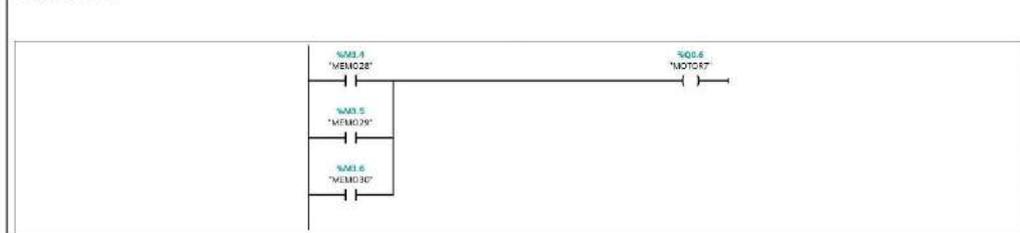
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO26"	%M3.2	Bool	
"MEMO27"	%M3.3	Bool	
"MOTOR16"	%Q8.5	Bool	

Segmento 73:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO26"	%M3.2	Bool	
"MOTOR17"	%Q8.6	Bool	

Segmento 74:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO28"	%M3.4	Bool	
"MEMO29"	%M3.5	Bool	
"MEMO30"	%M3.6	Bool	
"MOTOR7"	%Q8.6	Bool	

Segmento 75:



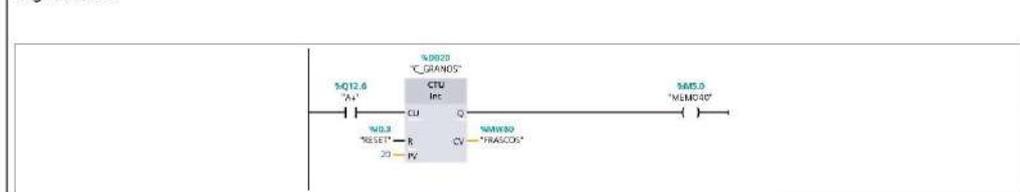
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO28"	%M3.4	Bool	
"MOTOR13"	%Q8.2	Bool	

Segmento 76:



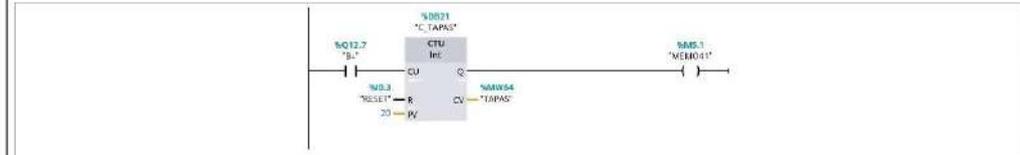
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MEMO30"	%M3.6	Bool	
"MEMO31"	%M3.7	Bool	
"MOTOR1"	%Q8.0	Bool	

Segmento 77:



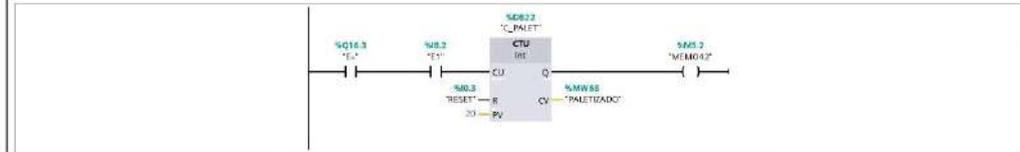
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'A+'	%Q12.6	Bool	
'FRASCOS'	%MW60	Int	
'MEMO40'	%M5.0	Bool	
'RESET'	%Q.3	Bool	

Segmento 78:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'B+'	%Q12.7	Bool	
'MEMO41'	%M5.1	Bool	
'RESET'	%Q.3	Bool	
'TAPAS'	%MW64	Int	

Segmento 79:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
'E1'	%S.2	Bool	
'E+'	%Q16.3	Bool	
'MEMO42'	%M5.2	Bool	
'PALETIZADO'	%MW68	Int	
'RESET'	%Q.3	Bool	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 15 / 12 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: CHRISTIAN ALEXANDER TORRES URQUIZO
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
f. Analista de Biblioteca responsable:

