



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

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO
DE PAPA Y TOMATE MEDIANTE UN CONTROL POR UNA
INTERFAZ HMI PARA EL CENTRO DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA TUNSHI**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

CRISTHIAN JEAMPIER ESPIN VILLAFUERTE

MARCOS GABRIEL QUINATO A SANCHEZ

Riobamba- Ecuador

2023



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

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO
DE PAPA Y TOMATE MEDIANTE UN CONTROL POR UNA
INTERFAZ HMI PARA EL CENTRO DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA TUNSHI**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: CRISTHIAN JEAMPIER ESPIN VILLAFUERTE

MARCOS GABRIEL QUINATO SANCHEZ

DIRECTOR: Ing. DIEGO RAMIRO ÑACATO ESTRELLA, MSc.

Riobamba- Ecuador

2023

© 2023, Cristhian Jeampier Espín Villafuerte, Marcos Gabriel Quinatoa Sánchez

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.

Nosotros, **Cristhian Jeampier Espín Villafuerte** y **Marcos Gabriel Quinatoa Sánchez**, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos 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, 29 de marzo de 2023





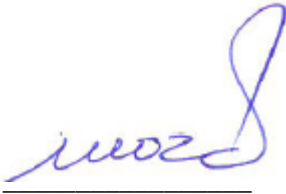
Cristhian Jeampier Espín Villafuerte
025009639-3



Marcos Gabriel Quinatoa Sánchez
055027096-1

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO DE PAPA Y TOMATE MEDIANTE UN CONTROL POR UNA INTERFAZ HMI PARA EL CENTRO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA TUNSHI**, realizado por los señores: **CRISTHIAN JEAMPIER ESPIN VILLAFUERTE** y **MARCOS GABRIEL QUINATO SANCHEZ**, 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. Mario Alejandro Paguay Alvarado PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-03-29
Ing. Diego Ramiro Ñacato Estrella DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-03-29
Ing. Franklin Geovanni Moreno Montenegro ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-03-29

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Integración Curricular a mi madre Noemí Sánchez, quien, con su esfuerzo y sacrificio siempre ha sido mi apoyo a pesar de las adversidades de la vida, a ella mi admiración y gratitud eterna. A mis hermanos: Adriana, Byron, Wilfrido, Cristian y Mesías, por su cariño, consejos y por haber tenido un ejemplo de superación en cada uno de ellos, pues me enseñaron a nunca rendirme y levantarme a pesar de la dificultad de los tiempos. A mi padre Luis Quinatoa (+) en algún lugar del cielo. A mis cuñadas: Gabriela, Sandra y Ximena, por su amistad y apoyo a lo largo de todos estos años. A Emily por su apoyo incondicional, al Club de Robótica ESPOCH, mi fuente de superación personal y por permitirme conocer mi país y el mundo en su representación. Finalmente, a mis amigos y compañeros, por las anécdotas y recuerdos que me llevaré a donde quiera que vaya.

Marcos

Dedico este Trabajo de Integración Curricular a mis padres, Ulbio Espin y Libia Villafuerte quienes, con su apoyo y sacrificio supieron darme el valor para seguir adelante y nunca darme por vencido a pesar de las adversidades. A mis hermanos Jhalmar Espin y Nahomi Espin, que han sido un ejemplo de superación y sacrificio en mi vida, demostrándome que con esfuerzo y perseverancia no hay nada que no se pueda conseguir. Finalmente, a mis amigos, por todos los momentos de júbilo y también de tristeza, recuerdos que los tendré siempre presentes.

Cristhian

AGRADECIMIENTO

A mi madre, hermanos y familia, por su confianza puesta sobre mi para terminar mis estudios. A los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo pilar sobre el cual se edificaron nuestros conocimientos. En especial al Ing. Fredy Chávez, sin su ayuda no hubiera sido posible seguir en esta carrera y por enseñarme que: “Un ganador es un perdedor que nunca se dio por vencido”. También a nuestro tutor de este trabajo de integración curricular el Ing. Diego Ñacato.

Marcos

Primeramente, a Dios por permitirme alcanzar todas las metas que me he propuesto hasta el día de hoy, a mi familia y amigos por ser una parte muy importante en mi vida y brindarme todo su apoyo y cariño, a los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por todos los conocimientos impartidos durante las horas de clases, a mi tutor Ing. Diego Ñacato por acompañarme y guiarme a lo largo de todo el proceso de la elaboración de este Trabajo de integración Curricular.

Cristhian

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.2.1. Sistematización del problema.....	4
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Justificación.....	5
1.4.1. Justificación Teórica.....	5
1.4.2. Justificación aplicativa.....	6

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.1. Automatización Industrial.....	7
2.1.2. Pirámide de Automatización.....	7
2.1.2.1. Nivel de Campo.....	7
2.1.2.2. Nivel de Control.....	7
2.1.2.3. Nivel de Supervisión.....	8
2.1.2.4. Nivel de Gestión.....	8
2.1.3. Tipos de Automatización.....	8
2.1.3.1. Automatización Fija.....	8
2.2. Sistema de Supervisión de Procesos.....	9
2.2.1. Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA).....	9
2.3. Empaquetado Automatizado.....	10
2.3.1. Métodos de Empaque.....	10

2.3.1.1.	<i>Empaque Horizontal</i>	10
2.3.1.2.	<i>Empaque Vertical</i>	11
2.3.2.	Contenedores para el empaquetado	11
2.3.2.1.	<i>Cartón</i>	11
2.4.	Tipos de productos a empaquetar	12
2.4.1.	<i>Papa</i>	12
2.4.2.	<i>Tomate</i>	13
2.5.	Dispositivos electrónicos para Control de Procesos Industriales	13
2.5.1.	Controlador lógico programable (PLC)	13
2.5.1.1.	<i>Estructura del PLC</i>	14
2.5.2.	HMI (Human Machine Interface)	15
2.5.2.1.	<i>Tipos de HMI</i>	15
2.5.2.2.	<i>Protocolos de comunicación Hombre-Máquina</i>	16
2.5.3.	Sensores	17
2.5.3.1.	<i>Tipos de Sensores</i>	18
2.5.4.	Actuadores	20
2.5.4.1.	<i>Motor de corriente alterna</i>	20
2.5.4.2.	<i>Motor de corriente continua</i>	21
2.5.4.3.	<i>Cilindro Neumático</i>	21
2.5.5.	Elementos de Control	22
2.5.5.1.	<i>Pulsador</i>	22
2.5.6.	Software de simulación	23
2.5.6.1.	<i>Diseño Asistido por Computador (CAD)</i>	23
2.5.6.2.	<i>SolidWorks</i>	24
2.5.6.3.	<i>SIEMENS NX</i>	24
2.5.7.	Software de Programación	24
2.5.7.1.	<i>TIA PORTAL</i>	24

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	26
3.1.	Metodología	26
3.1.1.	<i>Métodos</i>	26
3.1.2.	<i>Técnicas</i>	26
3.1.2.1.	<i>Revisión documental</i>	26
3.1.2.2.	<i>Técnica experimental</i>	27
3.2.	Proceso de diseño de la estación de empaquetamiento	27

3.2.1.	Identificación de requerimientos de la simulación del proceso de empaquetado de papa y tomate	27
3.2.1.1.	<i>Toma de medidas de los productos a empaquetar</i>	28
3.2.1.2.	<i>Concepción de la Arquitectura</i>	28
3.2.1.3.	Diseño arquitectura de módulos del proceso de empaquetado de papa y tomate.....	30
3.2.1.4.	<i>Selección del Software</i>	32
3.2.1.5.	<i>NX SIEMENS</i>	33
3.2.1.6.	<i>TIA PORTAL</i>	34
3.2.1.7.	<i>S7-PLCsim</i>	34
3.2.1.8.	<i>kEPServerEX</i>	35
3.2.1.9.	<i>SolidWorks</i>	36
3.2.1.10.	<i>NetToPLCsim</i>	37
3.2.1.11.	<i>Node-Red</i>	37
3.2.1.12.	<i>Selección del Hardware</i>	38
3.2.1.13.	<i>Sensor capacitivo BC10-P30SR-VP4X2/3GD</i>	39
3.2.1.14.	<i>Banda transportadora</i>	40
3.2.1.15.	<i>Cilindro.</i>	42
3.2.1.16.	<i>SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC</i>	45
3.2.1.17.	<i>HMI SIMATIC TP700 Comfort Outdoor</i>	46
3.2.1.18.	<i>Motor Trifásico “WEG”</i>	47
3.2.1.19.	<i>Empaque para papa y tomate</i>	48
3.2.1.20.	<i>Dispensador de empaques</i>	50
3.2.1.21.	<i>Surtidor de papa y tomate</i>	51
3.2.1.22.	<i>Mesas de trabajo</i>	52
3.3.	Diseño de la pantalla HMI	53
3.3.1.	<i>Menú de pedidos</i>	53
3.3.2.	Información gráfica del proceso de empaquetado en la pantalla HMI	53
3.4.	Diseño de la interfaz web	54
3.4.1.	<i>Menú de pedidos</i>	54
3.4.2.	<i>Sección de actuadores, surtidores y sensores</i>	55
3.4.3.	<i>Menú de información</i>	56
3.5.	Configuración del sistema de trazabilidad	56
3.5.1.	Creación del formulario de recepción de información	56
3.5.2.	Descripción de los bloques de programación en Node-Red	58
3.6.	Diagramas del funcionamiento proceso de empaquetado de papa y tomate	58
3.6.1.	Diagrama de flujo para el empaquetado de papa y tomate	58
3.6.2.	Diagrama de Conexión Eléctrica	63

3.6.2.1.	Esquema de conexión del Módulo de Adquisición de Datos, Control y Actuación .	64
3.6.2.2.	Esquema de conexión del Módulo de Administración, Control y Visualización de la Información.....	65
3.6.3.	<i>Diagrama P&ID</i>	67

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	70
4.1.	Prueba de conexión entre TIA Portal y KEPServerEX	70
4.2.	Prueba de conexión entre Siemens NX y KEPServerEX	71
4.3.	Acciones a considerar en la simulación del proceso de empaquetado.	71
4.4.	Resultados de la programación, diseño y simulación proceso de empaquetado.	71
4.5.	Caracterización módulo administración, control y visualización información .	72
4.5.1.	Validación del diseño de la interfaz web	73
4.5.2.	Validación del diseño de la pantalla HMI	74
4.6.	Validación del sistema de trazabilidad del proceso de empaquetado.	74
4.6.1.	<i>Registro de la selección del tipo de producto.</i>	75
4.6.2.	<i>Registro del funcionamiento del sensor_inicio.</i>	75
4.6.3.	<i>Registro del funcionamiento del sensor_tomate.</i>	78
4.6.4.	<i>Registro del funcionamiento del sensor_papa</i>	80
4.6.5.	<i>Registro del funcionamiento del sensor_final</i>	83
4.6.6.	<i>Registro del tiempo de ejecución para la obtención del producto final</i>	86
4.7.	Estimación de tiempo de empaquetado	87
4.8.	Análisis de costos	89

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
5.1.	Conclusiones	91
5.2.	Recomendaciones	92

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3: Requerimientos de instalación <i>software</i> NX SIEMENS	33
Tabla 2-3: Requisitos de instalación TIA PORTAL V15	34
Tabla 3-3: Comparativa entre sensores para adquisición de datos	38
Tabla 4-3: Características del cilindro neumático.....	44
Tabla 5-3: Comparativa entre PLCs.....	44
Tabla 6-3: Comparativa entre pantallas HMI.....	46
Tabla 7-3: Comparativa entre motores trifásicos.....	47
Tabla 8-3: Descripción de los bloques de programación en <i>Node-Red</i>	58
Tabla 9-3: Elementos y entradas en el PLC.....	64
Tabla 10-3: Elementos y salidas en el PLC	64
Tabla 11-3: Símbolos de dispositivos de Instrumentación	68
Tabla 12-3: Símbolos de elementos finales de control	68
Tabla 13-3: Símbolos de actuadores	68
Tabla 14-3: Simbología de equipos del proceso	69
Tabla 15-3: Símbolos de líneas de conexión de instrumento a instrumento	69
Tabla 16-3: Nomenclatura para el Diagrama P&ID	69
Tabla 1-4: Prueba de conexión entre TIA Portal y <i>KEPServerEX</i>	70
Tabla 2-4: Prueba de conexión entre <i>Siemens NX</i> y <i>KEPServerEX</i>	71
Tabla 3-4: Registro de la selección de tomate pequeño.....	74
Tabla 4-4: Registro de la selección de tomate pequeño.....	75
Tabla 5-4: Registro de la selección de papa pequeña.....	75
Tabla 6-4: Registro de la selección de papa pequeña.....	75
Tabla 7-4: Registro del funcionamiento del sensor_inicio para tomate pequeño.....	75
Tabla 8-4: Registro del funcionamiento del sensor_inicio para tomate mediano.....	76
Tabla 9-4: Registro del funcionamiento del sensor_inicio para papa pequeña.....	77
Tabla 10-4: Registro del funcionamiento del sensor_inicio para papa mediana.....	77
Tabla 11-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para tomate pequeño.....	78
Tabla 12-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para tomate mediano	79
Tabla 13-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para papa pequeña.....	79
Tabla 14-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para papa mediana.....	80
Tabla 15-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para papa pequeña.....	81
Tabla 16-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para papa mediana.....	81
Tabla 17-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para tomate pequeño.....	82
Tabla 18-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para tomate mediano	83
Tabla 19-4: Registro del funcionamiento del sensor_final para tomate pequeño.....	84

Tabla 20-4: Registro del funcionamiento del sensor_final para tomate mediano.....	84
Tabla 21-4: Registro del funcionamiento del sensor_final para papa pequeña.....	85
Tabla 22-4: Registro del funcionamiento del sensor_final para papa mediana.....	86
Tabla 23-4: Tiempo total del empaquetado de tomate pequeño.....	86
Tabla 24-4: Tiempo total del empaquetado de tomate mediano.....	87
Tabla 25-4: Tiempo total del empaquetado de papa pequeña.....	87
Tabla 26-4: Tiempo total del empaquetado de papa mediana.....	87
Tabla 27-4: Estimación del tiempo de empaquetado.....	88
Tabla 28-4: Análisis económico para una posible implementación.....	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Pirámide de Automatización.....	8
Ilustración 2-2:	Ejemplo de sistema SCADA.....	10
Ilustración 3-2:	Empaque horizontal	11
Ilustración 4-2:	Empaque vertical	11
Ilustración 5-2:	Caja de cartón	12
Ilustración 6-2:	Fripapa	12
Ilustración 7-2:	Tomate riñón.....	13
Ilustración 9-2:	Sensor fotoeléctrico	19
Ilustración 10-2:	Sensor capacitivo	19
Ilustración 11-2:	Sensor inductivo	20
Ilustración 12-2:	Motor de Corriente Alterna.....	20
Ilustración 13-2:	Motor de Corriente Continua.....	21
Ilustración 14-2:	Cilindro Neumático.....	22
Ilustración 15-2:	Pulsador	22
Ilustración 16-2:	Simbología pulsador NA	23
Ilustración 17-2:	Simbología pulsador NC.....	23
Ilustración 1-3:	Concepción de la arquitectura.....	30
Ilustración 2-3:	Bloques del módulo de adquisición de datos, control y actuación	31
Ilustración 3-3:	Bloques módulo administración, control y visualización de información..	32
Ilustración 4-3:	Pantalla principal de NX SIEMENS.....	33
Ilustración 5-3:	Pantalla principal de TIA PORTAL V15.....	34
Ilustración 6-3:	Pantalla principal de S7-PLCsim	35
Ilustración 7-3:	Pantalla principal de KEPServerEx	36
Ilustración 8-3:	Pantalla principal de SolidWorks.....	36
Ilustración 9-3:	Pantalla principal de NetToPLCsim	37
Ilustración 10-3:	Pantalla principal de Node-Red	38
Ilustración 11-3:	Sensor Capacitivo BC10-P30SR.....	39
Ilustración 12-3:	Herramientas para el diseño de dispositivo.....	40
Ilustración 13-3:	Sensor Capacitivo BC10-P30SR.....	40
Ilustración 14-3:	Banda Transportadora.....	41
Ilustración 15-3:	Herramientas para el diseño de banda transportadora	41
Ilustración 16-3:	Banda transportadora	42
Ilustración 17-3:	Cilindro neumático	42
Ilustración 18-3:	Herramientas para el diseño del cilindro neumático.....	43

Ilustración 19-3:	Cilindro neumático	43
Ilustración 20-3:	SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC	45
Ilustración 21-3:	HMI SIMATIC TP700 Comfort Outdoor	46
Ilustración 22-3:	Motor Trifásico “WEG”	48
Ilustración 23-3:	Herramientas para el diseño del empaque	49
Ilustración 24-3:	Empaque para papas y tomates	49
Ilustración 25-3:	Herramientas para el diseño del dispensador de empaques	50
Ilustración 26-3:	Dispensador de empaques	50
Ilustración 27-3:	Herramientas para el diseño del dispensador de empaques	51
Ilustración 28-3:	Surtidor para papa y tomate	51
Ilustración 29-3:	Herramientas para el diseño del dispensador de empaques	52
Ilustración 30-3:	Mesas de trabajo	52
Ilustración 31-3:	Menú de pedidos de la pantalla HMI	53
Ilustración 32-3:	Información gráfica del proceso de empaquetado en la pantalla HMI	54
Ilustración 33-3:	Menú de pedidos de la interfaz web	55
Ilustración 34-3:	Sección de actuadores, surtidores y sensores	55
Ilustración 35-3:	Menú de información	56
Ilustración 36-3:	Formulario para recepción del pedido	57
Ilustración 37-3:	Formulario para registro de activación del sensor inicio	57
Ilustración 38-3:	Parte 1 diagrama de flujo proceso empaquetado de papa y tomate	60
Ilustración 39-3:	Parte 2 diagrama de flujo del proceso de empaquetado de papa y tomate ..	61
Ilustración 40-3:	Parte 3 diagrama de flujo del proceso de empaquetado de papa y tomate ..	62
Ilustración 41-3:	Diagrama conexión eléctrica del proceso de empaquetado papa y tomate ..	63
Ilustración 42-3:	Conexión del Módulo de Adquisición de Datos, Control y Actuación	65
Ilustración 43-3:	Conexión Módulo Administración, Control y Visualización Información ..	66
Ilustración 44-3:	Esquema conexión Módulo Adquisición de Datos, Control y Actuación ..	67
Ilustración 1-4:	Evidencia de la comunicación entre TIA Portal y <i>KEPServerEX</i>	71
Ilustración 2-4:	Evidencia de la comunicación entre <i>Siemens NX</i> y <i>KEPServerEX</i>	72
Ilustración 4-4:	Validación del envío del pedido desde la interfaz <i>web</i>	74
Ilustración 5-4:	Validación del envío del pedido desde TIA Portal	75

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Tabla comparativa de sensores
- ANEXO B:** Tabla comparativa de motores
- ANEXO C:** Tabla comparativa de HMI
- ANEXO D:** Ficha técnica del sensor capacitivo
- ANEXO E:** Ficha técnica del motor trifásico
- ANEXO F:** Ficha técnica la pantalla HMI
- ANEXO G:** Ficha técnica del PLC
- ANEXO H:** Ficha técnica del cilindro neumático
- ANEXO I:** Medición de las papas
- ANEXO J:** Programación de la interfaz *web* en *Node-Red*
- ANEXO K:** Programación del proceso de empaquetado en TIA PORTAL

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto fue diseñar y simular el proceso de empaquetado de papa y tomate mediante un control por una interfaz humano máquina (HMI) para el Centro de Producción Agrícola Tunshi. Para ello, mediante la técnica de revisión documental, se investigó el proceso de empaquetado de la papa y tomate, para conocer los componentes que intervienen en su automatización, que son: la banda transportadora, el controlador lógico programable (PLC), la pantalla HMI, el motor trifásico, cinco tipos de sensores capacitivos, y el cilindro neumático. Se diseñó la estación de empaquetado de papa y tomate mediante el uso de los softwares SolidWorks y Siemens NX, donde se establecieron medidas, materiales y demás características de los productos y del empaque. Luego, se simuló el proceso con los softwares Siemens NX, TIA PORTAL, Server EX y NETtoPLCsim, a través de prueba y error. Se diseñó el HMI para el control y visualización del empaquetado, con el software TIA PORTAL. Se creó una interfaz de usuario interactiva, se gestionó un historial de producción y se programó la interfaz web con Node-Red y TIA PORTAL. Como resultado, se logró un registro de datos de pedidos y gestión de información de procesos y sensores, consiguiendo un control desde diferentes ordenadores. Se concluye que el funcionamiento de esta estación es posible y se puede implementar. Se sugiere usar los componentes de la misma marca, con el fin de asegurar y ampliar la vida útil de la estación.

Palabras clave: <AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS>, <INTERFAZ WEB>, <INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI)>, <EMPAQUETADO DE PAPA>, <EMPAQUETADO DE TOMATE>, <PROGRAMACIÓN>, <SENSORES>, <ACTUADORES>.



SUMMARY

The objective of this project was to design and simulate the potato and tomato packing process by means of a human machine interface (HMI) control for the Tunshi agricultural production center. For this purpose, we investigated the potato and tomato packaging process utilizing the documentary review technique to learn about the components involved in its automation, which are: the conveyor belt, the programmable logic controller (PLC), the HIM screen, the three-phase motor, five types of capacitive sensors and the pneumatic cylinder. We designed the potato and tomato packaging station utilizing SolidWorks and Siemens NX software, where we established measurements, materials and other characteristics of the products and packaging. After that, we simulated the process with Siemens NX, TIA PORTAL, Server EX and NETtoPLCsim software through trial and error. We designed the HIM for the control and visualization of the packaging with TIA PORTAL software. An interactive user interface was created, a production history was managed and the web interface was programmed with Node-Red and TIA PORTAL. As a result, it was possible to record order data and manage process and sensor information, achieving control from different computers. It is concluded that the operation of this station is possible and can be implemented. It is suggested to use components of the same brand in order to ensure and extend the useful life of the station.

Keywords: < PROCESS AUTOMATION >< WEB INTERFACE >< HUMAN MACHINE INTERFACE (HIM)>< POTATO PACKAGING >< TOMATO PACKAGING >< PROGRAMMING >< SENSORS >< ACTUATORS >



Lic. Carolina Campaña D. Mgs.

C.I: 1804191482

INTRODUCCIÓN

El presente documento, muestra el proceso de diseño y simulación de una estación de empaquetado de papa y tomate, para su posible implementación en el Centro de Producción Agrícola de Tunshi, parte de la Estación Experimental, que pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

Este proyecto es parte de un proyecto más amplio de investigación de un grupo multidisciplinario de la ESPOCH, denominado “Creación del centro de investigación para la producción agropecuaria y de comercio justo con sistemas automatizados en la Estación Experimental Tunshi”, dentro de la línea institucional de investigación llamada “Procesos tecnológicos artesanales e industriales”, enmarcado, principalmente en el objetivo específico 1, correspondiente a la mejora de sistemas productivos agrícolas. Todo ello, dentro del componente 3, relacionado con los procesos de tratamiento de cada producto, que pueden ser automatizados o semiautomatizados.

En el capítulo I se establece el planteamiento del problema, los antecedentes, la formulación y sistematización del problema a través de las preguntas de investigación, los objetivos, general y específicos, y la justificación tanto teórica como aplicativa

En el capítulo II se presentan los datos investigados acerca de la automatización de los procesos industriales orientado al tema de interés, se abordaron temas como: definiciones principales, sistemas de supervisión de procesos, empaquetado automatizado, tipos de productos a empaquetar, dispositivos electrónicos para control de procesos industriales y los diferentes *softwares* para el diseño y la simulación.

En el capítulo III se muestran aspectos importantes para el desarrollo del diseño y simulación del proceso de empaquetado de papa y tomate, entre los que se destacan: metodología utilizada para la investigación, proceso de diseño de la estación de empaquetamiento, diseño de la pantalla HMI, diseño de la interfaz *web*, configuración del sistema de trazabilidad y diagramas del funcionamiento del proceso de empaquetado de papa y tomate.

En el capítulo IV se evidencian los resultados tras las pruebas de funcionamiento, de todo el proceso, y los detalles de la estación. Finalmente, se encuentran las conclusiones y las recomendaciones.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Centro de Producción Agrícola Tunshi es una unidad parte de la Estación Experimental del mismo nombre, que pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Si bien, su actividad permanente es el cultivo de productos alimenticios, una preocupación de los últimos tiempos es la necesidad de la creación de un centro de acopio que permita ampliar sus mecanismos de comercialización. Sin embargo, la implementación requiere un estudio pormenorizado de los requerimientos técnicos.

El principal problema identificado, es que el centro de producción carece de un diseño del proceso automatizado de empaquetado de papa y tomate, por lo cual, no se puede estimar las posibilidades para general un historial de producción.

Una de las causas de este problema es que el centro de producción no cuenta con información especializada sobre el proceso de empaquetado de estos productos. Por lo tanto, se desconocen los requerimientos para la automatización que podría implementarse.

Una segunda causa, es que el personal que labora en el lugar no cuenta con el suficiente tiempo ni con los recursos tecnológicos para investigaciones específicas, con diseños de automatización, que requieren el uso de software. En consecuencia, este tipo de proyectos requiere de ayuda externa.

Otra causa, es que, al momento de la investigación, el centro de producción no visualiza las posibilidades de optimización de tiempo y recursos que proporciona un sistema automatizado. Por ello, se pierden oportunidades de comercialización de los productos.

Finalmente, existen ciertas estigmatizaciones en torno a los efectos secundarios de la automatización, como la preocupación de que las plazas de trabajo disminuyan. De este modo, el personal a cargo podría mostrarse temeroso ante la idea de la complejidad de aprendizaje de la tecnología, puesto que especularía que se requiere especialización para el control de los procesos del empaquetado. Esto genera, como consecuencia, recelo ante su implementación, por sentirse incapaces de ejecutar este trabajo y susceptibles de perder el empleo.

El presente trabajo busca diseñar y simular el proceso de empaquetado de papa y tomate mediante un control por una interfaz HMI para el Centro de Producción Agrícola Tunshi, con el fin de

seleccionar los componentes y maquinaria necesarios, e integrar un sistema de trazabilidad para contar con un historial de producción.

1.1. Antecedentes

Juanes (2021) en su tesis denominada “Configuración y arranque de una estación industrial para una línea de montaje y empaquetado” realiza la automatización de una PLC perteneciente a la marca Mitsubishi, para el empaquetado de cajas de toallas de limpieza, con cinco estaciones. La primera estación, fue para armar la caja en la cual se coloca el producto. La segunda, para la entrada de las cajas y el producto, donde se inserta la producción en la caja, en función de la forma. La siguiente estación, es para el montaje de la tapa para el cierre de la caja. En la cuarta estación, la caja se da vuelta, culminando con el paletizado. El énfasis en este proyecto, fue la estructuración de la tercera estación, para lo cual, se trabajó con el *software Ladder*, con el programa *Gx Works 3*. Para el control, se usó el sistema *SCADA*, la interfaz HMI y el programa *GT Designer 3*. Lo que se logró con esta implementación fue identificar daños, realizar guías de usuario y generar comunicaciones entre dispositivos, mediante conexión Ethernet (Juanes, 2021, pp. 5-72).

Por su parte, Custodio y Valdivia (2020), en su tesis llamada “Diseño e implementación de un sistema de control por lazo cerrado para el proceso de selección y empaquetado de limones utilizando comunicación Li-Fi”, para lo cual, se elaboró un diseño mecánico del sistema, con el *SolidWorks*, y el área electrónica se resolvió con el *software Proteus*. Se calcularon parámetros como: “detección de objetos, selección por rango de frecuencia, cálculo de potencias usadas y análisis de materiales” (p. 15). Estos datos permitieron diseñar un prototipo de sistema industrial de selección y empaquetado de limones, cuya supervisión se realizó mediante comunicación *Li-Fi*. Como resultado se logró el diseño e implementación con bajo presupuesto, lo que permite que se pueda implementar en empresas de cualquier índole. Se concluye que la red *Li-Fi*, ofrece seguridad para proteger datos, así como mayor velocidad y estabilidad mayor frente a la red *Wi-Fi*, además de carecer de ondas de radio en el ambiente, ayudando en la salud de los usuarios (Custodio y Valdivia, 2020, p. 15).

Obregón (2017), en su trabajo de titulación “Diseño e implementación de un sistema automatizado para envasado de fluidos semipastosos tarrinera n°2, para la empresa EPACEM S.A en la ciudad de Santo Domingo”, desarrolló las siguientes etapas en su proyecto. Al inicio, se estableció las necesidades de los elementos y equipos, mediante la planimetría, validada por el área de mantenimiento de la empresa. Luego, “se calibraron las celdas de carga para el control de peso en la dosificación de las tarrinas”. Después, se tomó las medidas de los guardamotors. Se llevó

a cabo el montaje de las partes mecánicas, con lo cual, se programó y configuró el sistema de control utilizando el *software* Tía Portal. Con esto, se determinó “la secuencia, vista de símbolos, lógica, diagrama *Ladder*, vista de variables para la interfaz hombre máquina (HMI)”. Se realizaron las pruebas de funcionamiento de la máquina automatizada. Mediante análisis estadístico descriptivo, se encontró una variación leve del peso en las tarrinas envasadas, con un bajo margen de error. Se obtuvo, como resultado, un sistema con cuatro electroválvulas de pre-llenado y llenado de grasa en los contenedores con una pantalla HMI, para la regulación del peso de envase en cada tarrina. Este sistema llena las tarrinas con asepsia, según la normativa vigente, por lo que tuvo aceptación por parte de la empresa. Se recomienda mantenimiento a la máquina de contenedores para la prevención de fallos, para un aprovechamiento continuo (Obregón, 2017, p. 19).

De estas investigaciones, se encuentra que el *software SolidWorks* facilita el diseño de elementos, y el *software* Tía Portal optimiza el control de la automatización. También, un aporte importante de estos estudios es la preocupación por un mantenimiento preventivo y constante, para asegurar la limpieza y el aseguramiento de la calidad de los productos, como parte fundamental del funcionamiento del sistema.

El aporte del presente proyecto consiste en la creación del diseño y la simulación, que permiten probar elementos, sin la necesidad de inversión económica, de manera que, en la futura implementación, la lista de requerimientos contará con datos técnicos que optimizarán recursos.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo diseñar y simular el proceso de empaquetado de papa y tomate mediante un control por una interfaz HMI para el Centro de Producción Agrícola Tunshi?

1.2.1. Sistematización del problema

- ¿Cuáles son las variables que intervienen en el proceso de empaquetado de la papa y el tomate para seleccionar los componentes y maquinaria necesarios para su automatización?
- ¿Cómo simular el proceso de empaquetado mediante un *software* de simulación especializado?
- ¿Es posible diseñar el HMI para el control del empaquetado de papa y tomate mediante un *software* especializado?
- ¿Es posible la integración de un sistema de trazabilidad para contar con un historial de producción?
- ¿Cómo integrar a una interfaz *web* el proceso de empaquetado de papa y tomate?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar y simular el proceso de empaquetado de papa y tomate mediante un control por una interfaz HMI para el Centro de Producción Agrícola Tunshi.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Investigar el proceso de empaquetado de la papa y tomate para conocer los componentes que intervienen en su automatización.
- Diseñar y simular el proceso de empaquetado de papa y tomate mediante un software de simulación especializado.
- Diseñar el HMI para el control del empaquetado de papa y tomate en un software especializado.
- Gestionar un historial de producción con una proyección a ser integrado a un sistema de trazabilidad.
- Integrar a una interfaz web el proceso de empaquetado de papa y tomate

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

El presente trabajo se justifica teóricamente, porque para el desarrollo, tanto del marco teórico, como de cada parte de la metodología, se utilizan los conocimientos de la ingeniería en electrónica y automatización, en las diferentes áreas, tales como: automatización industrial, modelado y simulación de industria 4.0, instrumentación y sensores, fundamentos de mecanismo, control de procesos industriales y programación en general.

En cuanto a la automatización industrial, se analizan temas como: diseño de ecuaciones para la programación en lenguaje *Ladder*, protocolos de comunicación, diseño de interfaz gráfica HMI, componentes y tipos de PLC.

Por otra parte, al hablar de modelado y simulación de industria 4.0, se tienen en cuenta temas como: el internet industrial, modelamiento de plataformas para el control de determinados procesos, manufactura esbelta, lectura de datos en TIA PORTAL utilizando la plataforma Node-Red.

Otra de las áreas es instrumentación y sensores, de la cual se tocaron tópicos como: simbología y diagramas de instrumentación y tuberías, normas utilizadas para la clasificación e identificación de elementos o dispositivos que intervienen en un determinado proceso, tipos de sensores y su principio de funcionamiento, análisis eléctrico y neumático de dispositivos.

Con respecto a fundamentos de mecanismos se tomó en consideración: diseño y ensamble de piezas en SolidWorks, pruebas de funcionamiento y resistencia de las piezas diseñadas, identificación de eslabones y grados de libertad.

En el área de control de procesos industriales se estudió: estructura y elementos de un sistema de control, sistemas de medida de las variables de un proceso y tipos de sistemas de control. Esto, para la etapa de selección del producto a empaquetar.

Finalmente, en cuanto a la programación se revisaron temas relacionados con: programación orientada a objetos, diagramas de flujo para entender la secuencia de operaciones bajo la cual va a funcionar un sistema.

1.4.2. Justificación aplicada

El presente estudio, al plantearse como proyecto técnico, corresponde a un tipo de investigación aplicada, puesto que se hace uso de los conocimientos de la ciencia, para resolver una situación en un lugar específico. Por esta razón, el proyecto se justifica, porque entrega una solución al Centro de Producción Agrícola Tunshi, para su futura implementación. De esta manera, existe un amplio grupo beneficiario de este estudio, como es el grupo de investigación docente, que contará con los elementos técnicos para las siguientes etapas de su proyecto. Además, los nuevos investigadores que podrían implementar la estación de empaquetado en forma física. También, el personal que labora en centro mencionado, para conocer el potencial de la automatización en las acciones futuras.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Definiciones

2.1.1. *Automatización Industrial*

La automatización de los procesos industriales en la que ven inmersos distintos elementos como máquinas o algún otro equipo industrial consiste en la introducción a dichos elementos de un conjunto de dispositivos o elementos tecnológicos que permitan que se desarrolle de forma segura su control y buen funcionamiento. Dicha automatización debe reaccionar frente a situaciones previstas con anterioridad y llevar tanto el proceso como a los recursos humanos que lo asisten a un estado seguro o al más favorable (Moreno, 1999, p. 1).

2.1.2. *Pirámide de Automatización*

Según Jaramillo (2015, p. 5) los sistemas automatizados pueden clasificarse en diferentes niveles, conformando así lo que se denomina como la pirámide de la automatización que se visualiza en la ilustración 1-2, la cual está conformada por los siguientes niveles:

2.1.2.1. *Nivel de Campo*

Se trata del nivel inferior de la pirámide, en este se abarcan habitualmente a los equipos que se encuentran en contacto con la variable de interés que se desea medir o controlar. Ejemplos claros de estos dispositivos son los sensores o actuadores pueden ser de corriente alterna o continua.

2.1.2.2. *Nivel de Control*

También conocido como nivel de máquina, aquí se elabora la información proveniente de los equipos de campo y, de esta manera se puede informar al usuario el estado de las variables del proceso. Además, se puede ejercer un control sobre los instrumentos que se encuentran en el campo mediante dispositivos de monitoreo como PLCs, HMI, etc.

2.1.2.3. Nivel de Supervisión

Sobre este nivel se puede ejercer un control y monitoreo de diferentes procesos en el mismo instante de tiempo, además se coordina la interacción entre los dispositivos ubicados en el nivel de control con la ayuda de un PLC maestro junto con los sistemas de control y gestión de datos o más conocido como sistema SCADA.

2.1.2.4. Nivel de Gestión

Este es el nivel más alto de la pirámide de automatización y su función principal es ejercer un control sobre toda la planta ya que en este nivel se lleva a cabo la gestión e integración de los niveles inferiores. Aquí se toman en cuenta varios aspectos con un enfoque de gestión global como: comercialización, gestión comercial, marketing, investigación y desarrollo, etc.



Ilustración 1-2: Pirámide de Automatización

Fuente: Micro automatización, 2019.

2.1.3. Tipos de Automatización

Según Gómez (2005) dependiendo del proceso que se desea automatizar, se puede elegir entre los siguientes tipos de automatización:

2.1.3.1. Automatización Fija

Este tipo de automatización usa equipos fabricados específicamente para dar solución a un proceso en específico por lo que su objetivo principal es obtener la máxima eficiencia posible. Las características que debe tener el proceso para que este tipo de automatización se emplee son:

el proceso debe tener un grado de producción elevada, diversidad limitada de productos y sobre todo las etapas en el proceso deben ser fijas (Gómez, 2005, p. 5).

Automatización Programable

Este tipo de automatización usa los mismos equipos para realizar distintos sistemas de producción con el propósito de reducir costos y dotar una mayor flexibilidad a la producción. Las características que debe tener la misión para que este tipo de automatización se emplee son: el proceso debe tener un grado de producción que puede ser baja o media, gran diversidad de productos, se puede cambiar la secuencia de operación en el proceso mediante configuraciones en el programa y así pueda adaptarse a las variaciones que pueda tener el producto (Gómez, 2005, p. 5).

Automatización Flexible

Este tipo de automatización es conocido por ser un punto intermedio entre la programación fija y la programación flexible, ya que permite realizar reconfiguraciones para modificar la producción además de que posee un cierto nivel de parametrización. Las características que debe tener el proceso para que este tipo de automatización se emplee son: el proceso debe tener un grado de producción media, flexibilidad para realizar variaciones en el producto, además de que la producción debe ser continua (Gómez, 2005, p. 6).

2.2. Sistema de Supervisión de Procesos

2.2.1. Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA)

Recibe el nombre de SCADA, cualquier software que facilite la obtención de los datos remotos de un determinado proceso y permita su control a través de herramientas de comunicación, algunos de sus objetivos son:

- Economía
- Accesibilidad
- Mantenimiento
- Gestión
- Ergonomía
- Flexibilidad
- Conectividad

Rodríguez, (2013, pp. 17-18) detalla cada uno de los objetivos citados. Un SCADA, es un sistema que administra el desenvolvimiento de los procesos de producción de manera remota, es común encontrarse con dispositivos como PLCs y otros elementos hardware distribuidos en toda la planta, siendo supervisados de manera centralizada, como se visualiza en la ilustración 2-2

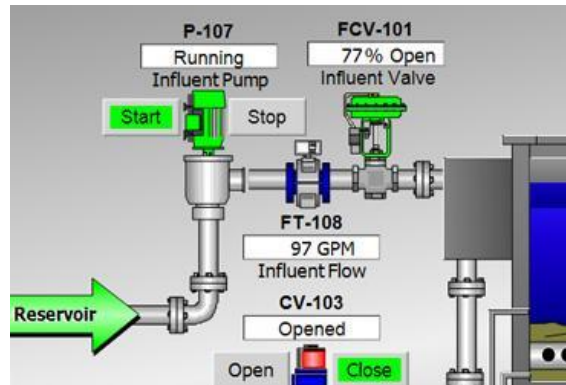


Ilustración 2-2: Ejemplo de sistema SCADA

Fuente: Wonderware, 2017.

2.3. Empaquetado Automatizado

2.3.1. Métodos de Empaque

Actualmente, el proceso de empaquetado puede dividirse en dos grupos dependiendo de la técnica de empaque utilizado, estos métodos son el empaquetado vertical y el empaquetado horizontal. El método de empaque que se utilice dependerá de varios factores como lo son la cantidad o el volumen del producto a empaquetar. Según Gómez y Marmolejo (2018), las técnicas más usuales de empaquetado son:

2.3.1.1. Empaque Horizontal

En la ilustración 3-2 se evidencia que el proceso de empaquetado inicia a un lado de la máquina mientras que el producto final es despedido por el otro lado. Este método es muy utilizado sobre todo para empaquetar objetos que tengan forma regular. Para más movilización de los productos los empaquetadores horizontales hacen uso de bandas transportadoras que ayudan al movimiento de los productos desde su ingreso hasta el despacho (Gómez y Marmolejo, 2018, p. 24).



Ilustración 3-2: Empaque horizontal

Fuente: Salazar, 2009.

2.3.1.2. *Empaque Vertical*

Para este caso como se observa en la ilustración 4-2, el proceso de empaquetado se realiza de arriba hacia abajo, esto quiere decir que los productos a empaquetar ingresan desde la parte superior de la maquina y por efecto de la gravedad el producto final sale por la parte inferior de la máquina (Gómez y Marmolejo, 2018, p. 25).

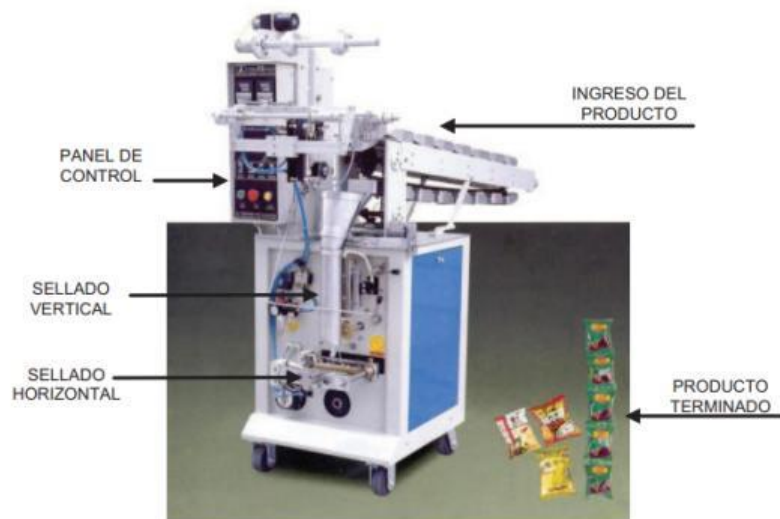


Ilustración 4-2: Empaque vertical

Fuente: Salazar, 2009.

2.3.2. *Contenedores para el empaquetado*

2.3.2.1. *Cartón*

Guzmán (2017, p. 14) los empaques de cartón corrugado se agrupan en dos tipos de presentaciones: empaque de ranura regular simple (Regular Slotted Container o RSC) y el empaque doble telescópico (Full Telescoping Container o FTC). El RSC se vuelve frágil cuando se apila, por esta razón se emplea en materiales con mayor resistencia (como yucas, papas y frutos verdes),

mientras que el FTC se emplea en productos que requieren resistencia al apilado. Un claro ejemplo se visualiza en la ilustración 5-2.



Ilustración 5-2: Caja de cartón

Fuente: Cartonfast, 2022.

2.4. Tipos de productos a empaquetar

2.4.1. Papa

El nombre científico de la papa es *Solanum tuberosum*, es una planta herbácea de la familia de las solanáceas, proveniente de un origen suramericano y se produce entre los 2500 y 3000 msnm en países como: Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile (Universidad Veracruzana, 1990).

En el Centro de Producción Agrícola Tunshi, la principal variedad existente de papa, es la denominada fripapa que se observa en la ilustración 6-2, esta tiene tres clases, definidas por el peso, que son: primera o gruesa, cuyo peso es mayor a 121 gramos; segunda o rojoja, con peso entre 71 a 120 gramos; y, tercera o rojojilla, con peso menor a 70 gramos (León, et al., 2022, p. 1560).



Ilustración 6-2: Fripapa

Fuente: Agrosopio.com, 2020.

2.4.2. Tomate

Fundación Alimentum, (2015) define el tomate como un fruto apto para consumo humano, pertenece al grupo de las Solanáceas y su nombre científico es *Solanum Lycopersicum*. Existen en todo el mundo alrededor de 75 géneros y 2300 especies de plantas productoras de tomate.

La siembra de tomate en el Ecuador se lo realiza bajo un invernadero, como lo hacen en el Centro de Producción Agrícola Tunshi, puesto que el cultivo natural de esta planta requiere temperatura ambiental de entre 23 a 26 °C. La variedad que se siembra en este centro es la conocida como “tomate riñón” (Toro, Espinoza & Carpio, 2018, p. 371) que se evidencia en la ilustración 7-2.



Ilustración 7-2: Tomate riñón

Fuente: La Unión, 2022.

2.5. Dispositivos electrónicos para Control de Procesos Industriales

2.5.1. Controlador lógico programable (PLC)

Actualmente el PLC es catalogado como un tipo de computadora con un propósito determinado, ya que es capaz de proporcionar una solución mediante un lenguaje de programación mucho más flexible y funcional para los sistemas de control industriales. Este dispositivo electrónico usa una memoria programable que almacena las instrucciones que implementan funciones determinadas, que pueden ser del tipo lógico, secuencial, aritmético, conteo y temporización. Estas instrucciones son creadas para controlar mediante la utilización de módulos de entrada/salida tanto del tipo digital como lógico, a distintos tipos de máquinas y procesos ejerciendo así un control sobre ellos mediante un lenguaje de programación almacenado en su memoria (Vallejo, 2001, p. 6).

2.5.1.1. Estructura del PLC

Según (Vallejo, 2001, p. 7) todos los PLCs del tipo comercial están dotados de una estructura externa compacta en donde se encuentran almacenados todos sus componentes, mismos que se detallan a continuación.

Sección de entradas

Son líneas de entrada que pueden ser del tipo analógico o digital, los rangos de tensión que pueden alcanzar vienen definidos en la hoja de características definidas por el fabricante. En estas líneas se conectan sensores y las líneas de transmisión.

Sección de salidas

Al igual que en la sección de entradas, dispone de una serie de líneas de salida que pueden ser del tipo analógico o digital. En estas líneas se conectan distintos tipos de actuadores.

CPU

También conocida como Unidad de Proceso Central es la parte principal de la estructura de un PLC ya que es la encargada de poner en funcionamiento el programa de usuario a través del programa del sistema controlando que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un tiempo determinado, además, la CPU se encarga de renovar el estado de las salidas una vez finalizado el ciclo de ejecución del programa de usuario.

La Memoria

Dentro de la Unidad de Proceso Central se encuentra un área de memoria que se divide en diferentes secciones que se encargan de funciones diferentes, secciones que se detallan a continuación:

- *Memoria del programa de usuario*

En esta sección se introduce el conjunto de instrucciones o programa que el PLC ejecutara de forma cíclica.

- *Memoria de la tabla de datos*

Esta sección es la encargada de asignar las funciones específicas del programa.

- *Memoria del sistema*

En este apartado se localiza el programa que inspecciona el sistema, cabe recalcar que el programa es ejecutado mediante el microprocesador o microcontrolador que disponga el PLC.

- *Memoria de almacenamiento*

Esta memoria suele ser de diferentes tipos como: EPROM, EEPROM O FLASH, generalmente son memorias externas que se usan para almacenar el programa de usuario y en casos determinados puede almacenar una parte de la memoria de la tabla de datos.

Unidades de E/S Digital

Este tipo de unidades no conducen ningún tipo de señal ni poseen tensión en sus entradas y salidas ya que se manejan dentro del programa de usuario.

Unidades de E/S Analógica

Este tipo de unidades están basadas en convertidores ya sean A/D o D/A separados de la CPU, al igual que las unidades digitales se manejan dentro del programa de usuario.

Interfaces

Generalmente todos los PLCs tienen la capacidad de comunicarse con otros dispositivos, normalmente poseen una interfase serie del tipo RS-232/RS-422, de esta forma se pueden controlar todas las características internas del controlador.

Dispositivos Periféricos

El PLC es un dispositivo que en la mayor parte de modelos poseen las características de que pueden ser ampliables abarcando varias posibilidades que van desde las redes internas, los módulos auxiliares de E/S, incluso se puede realizar un enlace con diferentes autómatas que posean el mismo modelo.

2.5.2. HMI (Human Machine Interface)

La interfaz HMI también conocida como interfaz humano-máquina, es el grupo de elementos *software* (gráficos para visualización, lógica de programación) y de *hardware* (pantallas de visualización, interruptores, *switches*, etc.) utilizados por el ser humano para interactuar con la maquinaria presente en un determinado proceso y de esta forma monitorear todo el sistema de control que puede ser del tipo automático, semiautomático y manual (Prado, 2019, p. 4).

2.5.2.1. Tipos de HMI

Existen varios tipos de interfaces HMI, sin embargo, Jiménez (2012, p. 13) señala los siguientes tipos que se detallan a continuación:

Interfaz de manipulación directa

Este tipo de interfaz le permite al usuario interactuar con el proceso, manipulando los objetos que se presenten con las acciones que correspondan con el mundo físico en tiempo real.

Interfaz gráfica de usuario

Este tipo de interfaz gráfica permite el ingreso de las entradas mediante el uso de un dispositivo físico (teclado o mouse de una computadora) y como resultado se obtiene una salida gráfica que se puede visualizar desde la pantalla de un ordenador.

Interfaz basada en web

También conocida como interfaz de usuario web, es una subclase de las interfaces gráficas de usuario que permiten el ingreso de entradas mediante el uso de un dispositivo físico (teclado o mouse de una computadora) y proporcionan una salida mediante una página web creada por el usuario, estas entradas y salidas mencionadas son transmitidas mediante internet y para su visualización es indispensable el uso de algún navegador web.

Interfaz de línea de comandos

Este tipo de interfaz le permite al usuario la entrada al escribir una serie de comandos mediante un dispositivo físico que puede ser el teclado de una computadora, mientras que el sistema suministra una salida de impresión de texto que se puede observar en la interfaz gráfica de un ordenador.

Pantallas táctiles

Son elementos que permiten la introducción de una entrada mediante el contacto de los dedos o de un lápiz sobre su pantalla, son usados a gran escala sobre todo en procesos industriales ya que su característica principal es que no están sujetas a un computador sino a un instrumento que puede ser programable según las necesidades del proceso, además, cuentan con la posibilidad de almacenar los datos y tendencias que tienen las variables que actúan dentro de un proceso.

2.5.2.2. Protocolos de comunicación Hombre-Máquina

Son varios los lineamientos para la comunicación Hombre-Maquina; Ugsha & Ugsha (2013 pp. 2-3) en su investigación, detallan los siguientes protocolos de comunicación:

Protocolo de Comunicación RS-485

Este tipo de protocolo de comunicación serial es un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, es excelente para transmitir información a altas velocidades ya que posee

características como la velocidad en la comunicación, la distancia a la cual se realiza el trabajo y su inmunidad al ruido hacen de este protocolo de comunicación un sistema robusto que junto con su simplicidad hacen que este estándar de comunicación RS-485 un sistema muy utilizado en las comunicaciones industriales.

Protocolo de Comunicación Industrial MODBUS

Este tipo de protocolo de comunicación serie es ampliamente utilizado sobre todo en un entorno industrial y para la monitorización de estos, este protocolo tiene como función principal transmitir la información entre diferentes dispositivos electrónicos que se encuentren conectados a un mismo bus que dispondrá de un solo dispositivo maestro y diferentes equipos esclavos conectados.

Comunicación Inalámbrica

También denominada como comunicación *Wireless*, se caracteriza porque los elementos que intervienen en la comunicación (emisor/receptor) se encuentran relacionados entre sí mediante ondas electromagnéticas, debido a esto los dispositivos físicos únicamente se localizan tanto en el emisor como en el receptor de la señal que puede ser una antena.

Protocolo de comunicación Zig-Bee

Este tipo de protocolo de comunicación inalámbrica se basa en el estándar 802.15.4 que define el *hardware* y *software* de las capas física y de control de acceso al medio, este protocolo esta desarrollado para realizar la comunicación entre dos o más periféricos operando a baja velocidad. Un dispositivo *Zig-Bee* está estructurado por un radio que según dicho estándar está conectado a un microcontrolador con la pila de *Zig-Bee*.

2.5.3. Sensores

Son dispositivos electrónicos que tienen la capacidad de imitar la capacidad de percepción del ser humano es por esto que cada vez es más usual encontrarlos inmersos en control de procesos en el ámbito industrial. Entonces, se puede definir como sensor al dispositivo electrónico que permite la interacción con el entorno en el que se encuentre, ya que tienen la capacidad de proveer información de ciertas variables en un proceso, procesarlas y de esta forma activar un determinado proceso o generar órdenes (Serna, et al., 2010, p. 3).

2.5.3.1. Tipos de Sensores

Dado que existe una gran cantidad de sensores en el mercado, en este apartado, solo se habla de los sensores que serán posibles opciones para el desarrollo del proceso de detección de los empaques, que son: sensor de movimiento, sensor fotoeléctrico, sensor capacitivo y sensor inductivo.

Sensor de Movimiento

Este dispositivo electrónico compuesto por receptores de movimiento es utilizado para activar un sistema cuando detecta algún tipo de movimiento en el lugar en el cual ha sido instalado y según los requerimientos del proceso puede emitir una señal de encendido o apagado que puede ser del tipo sonora o visual al encenderse un led indicador ante la presencia de un objeto. En la ilustración 8-2 se visualiza este sensor.



Ilustración 8-2: Sensor de movimiento

Fuente: Direct Industry, 2019.

Sensor Fotoeléctrico

Se utiliza principalmente para detectar un objeto en específico, tiene un principio de funcionamiento basado en la proyección de un haz de luz que se ve interrumpido por el objeto que se desea detectar, son muy utilizados cuando se desea una detección fiable sin la necesidad de tener contacto directo con el objeto sea este de cualquier tipo de material (Estrada, 2019, párr. 3). En la ilustración 9-2 se observa este sensor.

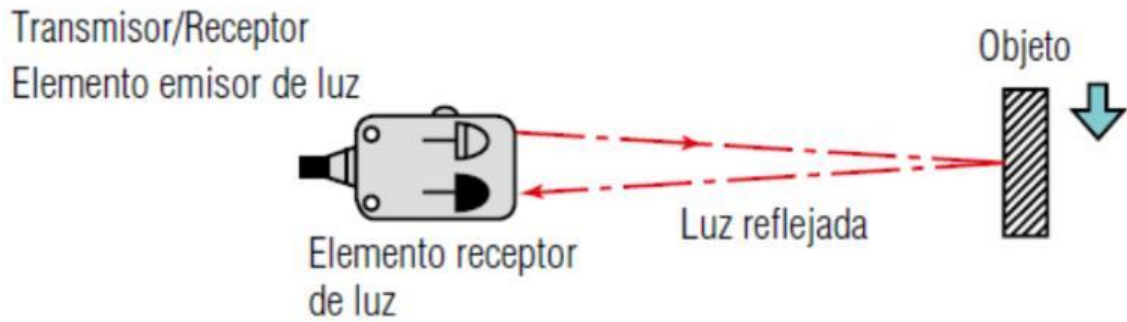


Ilustración 9-2: Sensor fotoeléctrico

Fuente: KEYENCE, 2016.

Sensor Capacitivo

Los sensores capacitivos, como se observa en la ilustración 10-2, son ampliamente usados cuando es necesario realizar controles de presencia, así como mediciones a la que se encuentra un determinado objeto. Este tipo de dispositivos pueden detectar objetos con una exactitud milimétrica ya que realiza mediciones en lugares pequeños. Su principio de funcionamiento se fundamenta en un condensador de placas ideal en donde una de ellas placas cumple con el papel del sensor y la otra es el objeto de medición opuesto.



Ilustración 10-2: Sensor capacitivo

Fuente: AV Electronics, 2018.

Sensor Inductivo

Este dispositivo que se muestra en la ilustración 11-2, es utilizado para detectar la presencia de un objeto metálico que este dentro de la distancia de conmutación sin la necesidad de que este entre en contacto directo con el sensor. Su funcionalidad radica en un oscilador colocado en la

parte frontal, este emite un campo magnético que al introducir un objeto metálico dentro de su rango de detección lo debilita y de esta forma el sensor puede reconocer la presencia de un objeto.



Ilustración 11-2: Sensor inductivo

Fuente: Robotics, 2022.

2.5.4. Actuadores

2.5.4.1. Motor de corriente alterna

Son todos los motores que funcionan a partir de una corriente monofásica (110V y 220V) o trifásica (330V). Al igual que todos los motores, estos transforman la energía eléctrica en energía mecánica, gracias a la acción mutua de los campos magnéticos y según su estructura pueden tener diseños muy simples que funcionan a velocidades fijas, por lo que son ampliamente utilizados en la mayor parte de los equipos industriales ya que se puede obtener un máximo rendimiento a bajas velocidades. La imagen referente a este componente se evidencia en la ilustración 12-2



Ilustración 12-2: Motor de Corriente Alterna

Fuente: Siemens, 2019.

2.5.4.2. Motor de corriente continua

Esta clase de motores funcionan a partir de Corriente Directa (DC) normalmente obtenida mediante la transformación de corriente AC en CC ya sea mediante la generación directa de corriente continua con el uso de máquinas de generación como los dinamos o empleando baterías, según sea su aplicación.

La operabilidad del motor DC que se observa en la ilustración 13-2 consiste en la repulsión ejercida por los polos magnéticos de un imán permanente cuando se interrelaciona con los polos magnéticos de un electroimán (Rotor) que gracias a su estructura mecánica puede girar entre los polos del imán permanente ubicado en la carcasa (Estator). Su mantenimiento tiende a ser costoso y de gran trabajo, especialmente por el desgaste de las escobillas al estar en contacto con las delgas.



Ilustración 13-2: Motor de Corriente Continua

Fuente: Siemens, 2019.

2.5.4.3. Cilindro Neumático

En la ilustración 14-2 se identifica a este actuador cuya función es transformar la energía potencial del aire en energía cinética y corresponde a un cilindro cerrado que en su interior contiene un pistón, el cual se desliza y que trasfiere su movimiento a su parte externa por medio de un vástago. Está compuesto de una tapa trasera y una delantera, la camisa donde se desplaza el pistón, el anillo limpiador de suciedad del vástago, por ultimo las juntas estáticas y dinámicas del pistón. Creus (2011 pp. 26-28) afirma que en la industria existe una gran variedad de cilindros neumáticos, entre los que se puede mencionar:

- De simple efecto
- De doble efecto
- De impacto
- De rotación



Ilustración 14-2: Cilindro Neumático

Fuente: Siemens, 2019.

2.5.5. Elementos de Control

2.5.5.1. Pulsador

En la ilustración 15-2 se presentan un elemento de control eléctrico que activa o desactiva el flujo de corriente eléctrica una vez presionado. En su parte mecánica contiene un resorte cuya función es retornar a una posición inicial después de haberlo presionado. Existen dos clases de pulsadores cuyo funcionamiento difiere uno del otro, por lo que se denominan pulsadores normalmente abiertos y pulsadores normalmente cerrados.



Ilustración 15-2: Pulsador

Fuente: Bombo, 2020.

Pulsador Normalmente Abierto

La naturaleza de este elemento como se observa en la ilustración 16-2, es mantener abiertos los bornes de conexión impidiendo el flujo de corriente eléctrica y una vez presionado permite que la electricidad pase, puesto que se conectan sus bornes mediante un contacto mecánico.

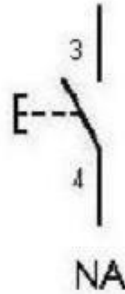


Ilustración 16-2: Simbología pulsador NA

Fuente: Areatecnología, 2020.

Pulsador Normalmente Cerrado

Como se muestra en la ilustración 17-2, conectores de este pulsador se mantienen unidos permitiendo el paso de la corriente, una vez presionado abre los conectores para que no exista flujo de corriente eléctrica.

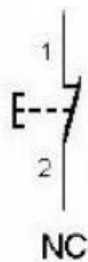


Ilustración 17-2: Simbología pulsador NC

Fuente: Areatecnología, 2020.

2.5.6. Software de simulación

2.5.6.1. Diseño Asistido por Computador (CAD)

Uno de los propósitos del Diseño Asistido por Computador (*Computer Aided Design*), es el de mejorar los procesos de fabricación y diseño de los productos con el apoyo de una computadora. Principalmente se espera que con estos procesos de fabricación se obtengan productos elaborados con mayor precisión, disminuyendo los precios de los productos y de una manera más eficiente. El diseño asistido por computadora permite visualizar el proceso de elaboración de un determinado producto, simulando un entorno con sus características como tamaño, color, etc.

Todo esto se encuentra en una computadora utilizando dibujos bidimensionales o tridimensionales plasmados en un *software* con el propósito de mejorar su diseño mediante la examinación del funcionamiento de un determinado proceso.

Por otra parte, los softwares CAD permiten comprobar el funcionamiento óptimo de un producto, por ejemplo, en un mecanismo de cadena se evalúan los puntos de fricción críticos para poder corregirlos. Gracias a la utilización del diseño asistido por computadora es posible fabricar productos muy complejos que resultan complejos para los humanos.

2.5.6.2. SolidWorks

Según Anaya (2018), es un software asistido por computadora que mediante la utilización de un entorno gráfico facilita el diseño y ensamble de modelos en 3D. SolidWorks dispone de un software de diseño intuitivo que cuenta con numerosas herramientas que permiten abarcar el proceso de elaboración de un producto (creación, validación, comunicación y gestión) para de esta forma, tener la certeza de que el producto este correctamente diseñado antes de fabricarlo lo que resulta en una disminución en los costos de fabricación y poder introducir el producto al mercado rápidamente.

2.5.6.3. SIEMENS NX

Es un software que proporciona productos de forma ágil y eficiente, facilitando soluciones que ayuden al diseño, solución y fabricación de productos. SIEMENS NX representa una alternativa eficaz en cuanto al desarrollo digital dentro de una industria ya que dispone de herramientas que coordinan disciplinas distintas, al mismo tiempo que integra datos, lo que desemboca en la optimización del proceso, además en el proceso de elaboración, facilita soluciones avanzadas en cuanto al diseño conceptual y modelado 3d de un producto ya que dependiendo de las necesidades que se tenga, se pueden realizar varios tipos de análisis como son el caso del estructural o de movimiento asegurando así un desempeño óptimo. (Mayur, 2020)

2.5.7. Software de Programación

2.5.7.1. TIA PORTAL

Totally Integrated Automation perteneciente a *SIEMENS* es una plataforma que dispone de varias herramientas que proveen soluciones dedicadas al ámbito de la automatización de procesos industriales ya que, al tratarse de una aplicación modular, se pueden añadir nuevas

funcionalidades en base a las exigencias de un determinado sector. Esta plataforma incluye un lenguaje de programación dedicado para PLCs S7-122 Y S7-1500, dispone de un software de control para periféricos, *software* WINCC para la visualización en pantallas táctiles de un determinado proceso. (FESTO, 2021)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

3.1.1. Métodos

El desarrollo del marco teórico fue con el método deductivo, pues, se partió de las definiciones generales sobre la automatización, el proceso de empaquetado, sistemas de supervisión, tipos de empaques y los elementos de *hardware* y de *software*, hasta llegar al diseño y simulación. Por su parte, en el desarrollo de la propuesta, se partió de las necesidades particulares del proyecto, desde el diseño de la estación de empaquetamiento, para luego llegar a conclusiones generales de las posibilidades de producción para la empresa.

El enfoque de la investigación es cuali-cuantitativo, puesto que describe procesos, analiza los distintos elementos constitutivos de la estación de empaquetamiento, pero también, arroja resultados numéricos, en cuanto a la posible producción de la papa y el tomate.

Por el nivel de profundidad, esta investigación es descriptiva, puesto que se establece con precisión y claridad diferentes categorías en el diseño y la simulación de la estación de empaquetamiento, tales como: el tipo de materiales, cantidades, medidas, pesos, entre otros.

En cuanto a la forma de obtención de datos, se basa en una investigación experimental, porque se hace uso de un *software* en el que se realizaron las diferentes pruebas de simulación de los módulos. También es una investigación documental, debido a la revisión de fuentes actualizadas, para el sustento teórico de cada etapa del estudio.

3.1.2. Técnicas

3.1.2.1. Revisión documental

Se realizó la revisión documental sobre los temas referentes a la automatización, el diseño y la simulación, tanto en tesis y trabajos de grado, como en libros especializados, blogs, artículos científicos, revistas científicas, para la elaboración del marco teórico. Además, se revisó el proyecto de investigación docente denominado “Creación del centro de investigación para la producción agropecuaria y de comercio justo con sistemas automatizados en la estación

experimental Tunshi”. El instrumento de esta técnica es el registro documental, que, en este caso es una carpeta de archivos en PDF y enlaces de páginas web.

3.1.2.2. Técnica experimental

Se realizaron varias simulaciones, relacionadas con los movimientos de los productos (papa y tomate), el comportamiento físico de los elementos del empaquetado (banda transportadora, cilindro neumático y sensores), el control de proceso y la comprobación de funcionamiento del programa. El instrumento de esta técnica es el registro de datos, a través de tablas comparativas.

3.2. Proceso de diseño de la estación de empaquetamiento

3.2.1. Identificación de requerimientos de la simulación del proceso de empaquetado de papa y tomate

Para el proceso de empaquetado, se necesita tomar en consideración una serie de requerimientos técnicos, con el propósito de facilitar las actividades de cada uno de los usuarios, en los diferentes roles y momentos de la producción, lo que les permitirá:

- Asegurar que, en el proceso de empaquetado de papa y tomate, se obtenga la cantidad requerida en kilogramos por el usuario.
- La visualización y control del proceso de empaquetado de papa y tomate, debe ser mediante una interfaz HMI web.
- La compatibilidad entre los diferentes *softwares* seleccionados para la simulación debe ser compatibles entre sí, para evitar problemas de comunicación.
- Los *softwares* seleccionados para la puesta en funcionamiento del proceso de empaquetado deben poseer un grado de escalabilidad, para dotar de flexibilidad al proceso.
- Generar un registro, con el registro de las órdenes atendidas por el Centro de Producción Agrícola Tunshi.
- Generar un registro, en donde se almacenen los estados de la instrumentación.

Para ello, en primer lugar, se realizó la toma de medidas de los productos. Luego, se estableció la concepción de la arquitectura con sus correspondientes módulos. A continuación, se seleccionó el *software* y *hardware* adecuados para cada necesidad y para cada momento. También, se realizó la configuración de la pantalla HMI y la interfaz web, se crearon los registros de datos para la generación del historial de producción y finalmente se desarrollaron los diagramas eléctricos, P&ID y de flujo correspondientes al proceso de empaquetado.

3.2.1.1. Toma de medidas de los productos a empaquetar

Se estableció la necesidad de tomar medidas de los siguientes elementos: el peso de las papas y el tomate en kilogramos, el rango de dimensiones de los vegetales y el volumen para cada caja, en centímetros. Se consideró un largo de banda, de 4 m.

3.2.1.2. Concepción de la Arquitectura

La Ilustración 1-3 corresponde a la propuesta para la elaboración de la simulación del proceso de empaquetado de papa y tomate, que se desarrolla en dos módulos esenciales: el primero, es el módulo de adquisición de datos, control y actuación; y, el segundo, es el módulo de administración, control y visualización de la información.

Módulo de Adquisición de Datos, Control y Actuación

Se diseñó un solo módulo, compuesto por cinco elementos. El primer elemento, corresponde a un sensor capacitivo, utilizado para detectar el empaque, para su posterior paso hacia la banda transportadora. Una vez que se detecta el empaque, pasa hacia el segundo elemento, que es un sensor capacitivo, utilizado para que la banda transportadora inicie su movimiento. El tercer elemento, detiene a la banda transportadora, debajo de un surtidor, según la opción del producto seleccionado, que corresponde a un sensor capacitivo. Si el usuario escoge otra opción, entonces, el empaque se dirige hacia el cuarto elemento, que corresponde a un sensor capacitivo, que hace que se detenga la banda transportadora igualmente debajo de un surtidor. Una vez que la orden está lista, el empaque sigue su recorrido hasta un quinto elemento, que es un sensor capacitivo, colocado al final de la banda transportadora, que sirve para detenerla.

El módulo de control y actuación, es el encargado de determinar el comportamiento de todo el proceso de empaquetado, puesto que, al detectar un cambio en los estados de los elementos de adquisición de datos, se emite diferentes órdenes a los elementos de actuación, como activar el cilindro neumático monoestable para que empuje el empaque hacia la banda transportadora y así iniciar con el proceso de empaquetado, o emitir la orden de que la banda transportadora se detenga, dependiendo de la orden del usuario o, si el proceso llegó a su fin y necesita reiniciarse e iniciar otro pedido.

Módulo de administración, control y visualización de la información

Este apartado está compuesto por dos interfaces gráficas. La primera, corresponde a una interfaz HMI, más conocida como interfaz hombre-máquina, que permite: visualizar el estado del proceso y de las variables y los mensajes de alerta, si no existe la presencia de un empaque para iniciar con el proceso; y, controlar la cantidad de cajas con el producto a empaquetar, que puede ser papa o tomate, de tamaño mediano o pequeño.

La segunda, corresponde a la interfaz web, que actúa como una herramienta para el control y visualización de la información y del proceso, con la diferencia de que esta interfaz, puede ser accesible desde cualquier dispositivo que disponga de una conexión estable a internet y de esta manera, controlar el proceso de forma remota, desde cualquier parte.

También se puede crear un historial de producción obteniendo los datos del pedido y los sensores que interactúan dentro del proceso para de esta manera conocer los tiempos de ejecución de cada pedido, así como también, el correcto funcionamiento del módulo de empaquetado.

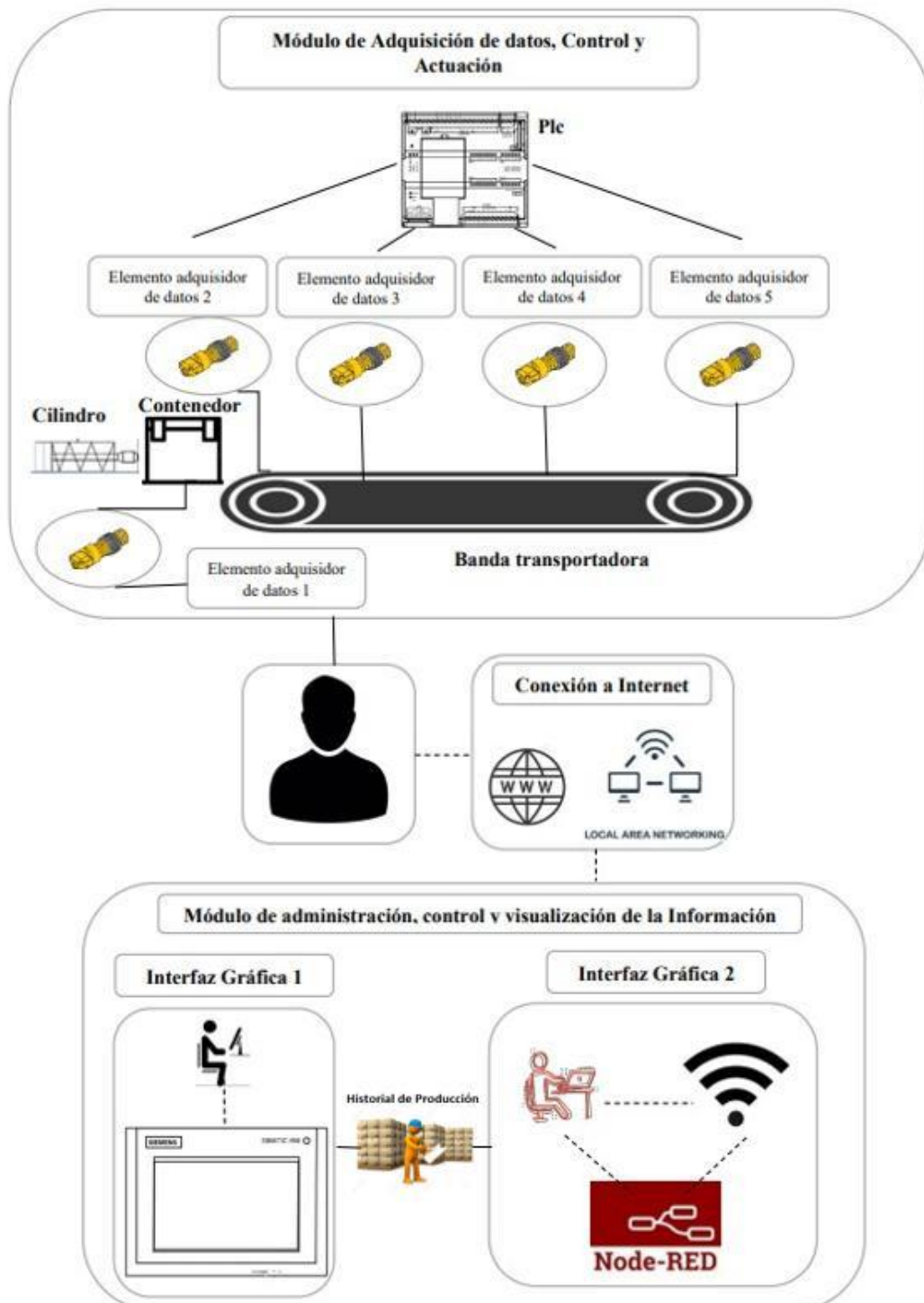


Ilustración 1-3: Concepción de la arquitectura

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.2.1.3. Diseño de la arquitectura de los módulos del proceso de empaquetado de papa y tomate

En este apartado se muestra la descripción de los diagramas de bloques referentes a los módulos del proceso de empaquetado, tanto del módulo de adquisición de datos, control y actuación, como del módulo de administración, control y visualización de la información.

Módulo de Adquisición de Datos, Control y Actuación

La Ilustración 2-3 simboliza la estructura por bloques del módulo de adquisición de datos, control y actuación, conformado por 4 partes fundamentales. La primera parte es la etapa en la cual se recibe la información por parte del bloque de sensado que está conformado por 5 sensores capacitivos. La segunda parte se trata del bloque que ejerce un control sobre el proceso conformado por el controlador lógico programable que dependiendo de la información enviada por los sensores realiza las acciones de control necesarias mediante la tercera parte de este módulo el cual corresponde a la actuación de ciertos elementos de control (cilindro neumático, banda transportadora y motor trifásico) y para finalizar la cuarta y última parte de este módulo está representada por el bloque de alimentación el mismo que tiene la función de suministrar un flujo constante de corriente para que todo el sistema se mantenga en funcionamiento de forma constante.

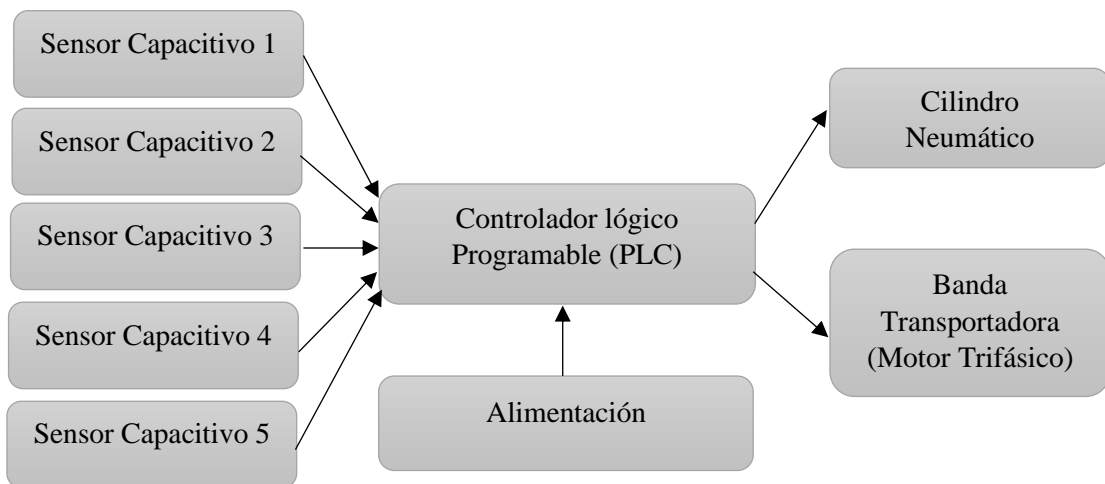


Ilustración 2-3: Bloques del módulo de adquisición de datos, control y actuación

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Módulo de administración, control y visualización de la información

La Ilustración 3-3 representa la estructura por bloques para el módulo de administración, control y visualización de la información, la cual se conforma de tres partes fundamentales. La primera se trata de la pantalla HMI creada en TÍA PORTA, una interfaz gráfica e intuitiva utilizada para

ejercer un control sobre el proceso sin la necesidad de que este tenga acceso a internet. La segunda parte, se trata del bloque utilizado para recibir la información proveniente de la pantalla HMI que está conformada principalmente por el PLC, que es el dispositivo principal con el cual se maneja todo el proceso de empaquetado. La tercera parte, se conforma de la interfaz web que necesita de una conexión estable a internet para su funcionamiento y que, al igual que la pantalla HMI, es una interfaz gráfica que permite interactuar con el proceso de empaquetado. Al generar el pedido en cualquiera de estas interfaces, en una cuarta etapa se puede crear un historial de producción del pedido y de los instrumentos que intervienen en el proceso de empaquetado. Por último, la quinta está conformada por un bloque de alimentación que suministra energía al proceso de forma constante.

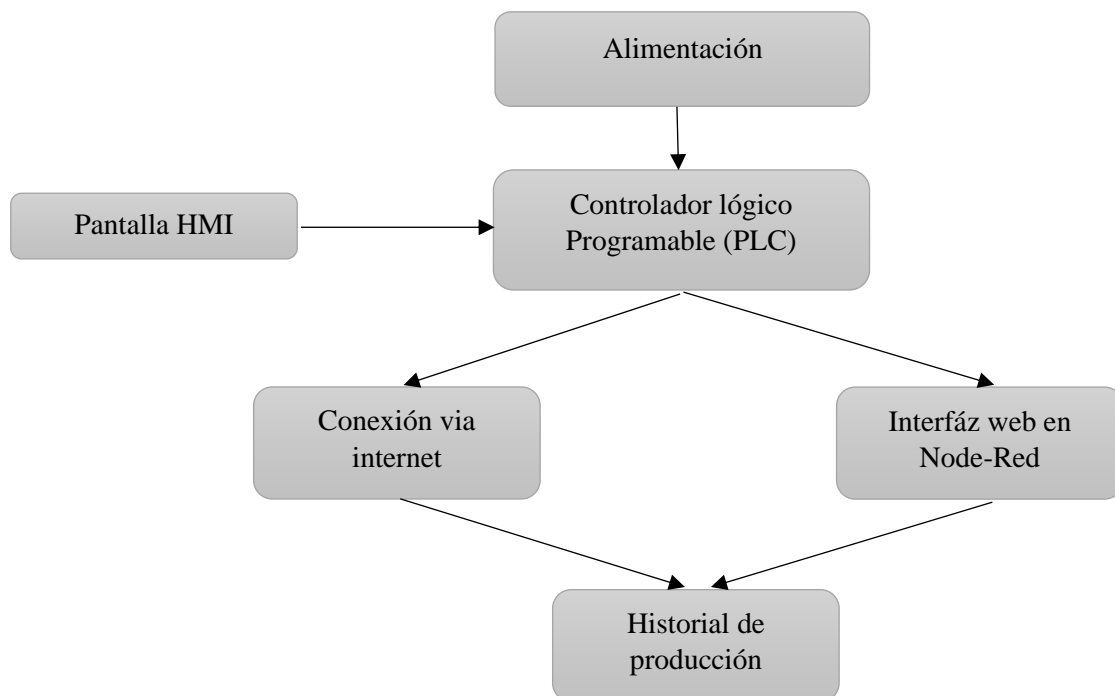


Ilustración 3-3: Bloques del módulo de administración, control y visualización de la información

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.2.1.4. Selección del Software

Para la simulación del proceso de empaquetado se identificaron los siguientes requisitos de *softwares*, para cada etapa del proyecto.

3.2.1.5. NX SIEMENS

Para la simulación de los movimientos de los elementos que forman parte del proceso de empaquetado se escogió la versión 12 de este software debido a que es una alternativa potente y sobre todo flexible ya que posee varias soluciones para varios factores como lo son el diseño, simulación o fabricación de elementos, conserva los datos y da soporte para la elaboración de algún producto, además de esto este software es compatible con TIA PORTAL que es otro software importante para el propósito de este trabajo de integración curricular.

Los requisitos con los que debe cumplir el ordenador ya sea portátil o de escritorio para su instalación, se muestran en la Tabla 1-3

Tabla 1-3: Requerimientos de instalación *software* NX SIEMENS

Requerimientos	
Sistema Operativo	Windows 10 de 64 bits
Memoria	8 GB
Resolución de pantalla	1280 x 1024 o superior
Procesador	3 GHz o superior
Espacio libre en el disco duro	20 Gb o mas

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Además, en la Ilustración 4-3 se puede observar la pantalla principal correspondiente al software en cuestión.

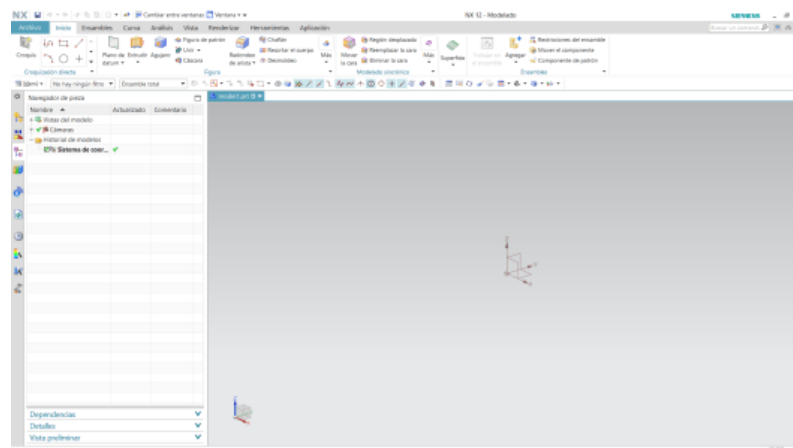


Ilustración 4-3: Pantalla principal de NX SIEMENS

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.2.1.6. TIA PORTAL

Para la programación del proceso de empaquetado se escogió este software específicamente la versión V15, debido a que permite configurar de forma eficiente cada uno de los procesos de planificación y producción ya que posee un entorno de ingeniería unificado para diferentes tipos de tareas como pueden ser el control, la visualización e incluso el accionamiento, otra de las razones por la cual se escogió este software es porque al pertenecer a SIEMENS su grado de compatibilidad con el software antes mencionado es elevado, característica que beneficia mucho para la elaboración de la simulación del proceso de empaquetado.

Los requisitos con los que debe cumplir el ordenador ya sea portátil o de escritorio para su instalación son los mostrados en la Tabla 2-3:

Tabla 2-3: Requisitos de instalación TIA PORTAL V15

Requerimientos	
Procesador	CoreTM i5-3320M 3.3Ghz o similar
Memoria principal	8 GB (recomendado) o mas
Disco duro	300 GB SSD
Gráficos	1920 x 1080
Pantalla	15.6 in display de pantalla ancha

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

En la Ilustración 5-3 se presenta la pantalla principal correspondiente al *software* mencionado.

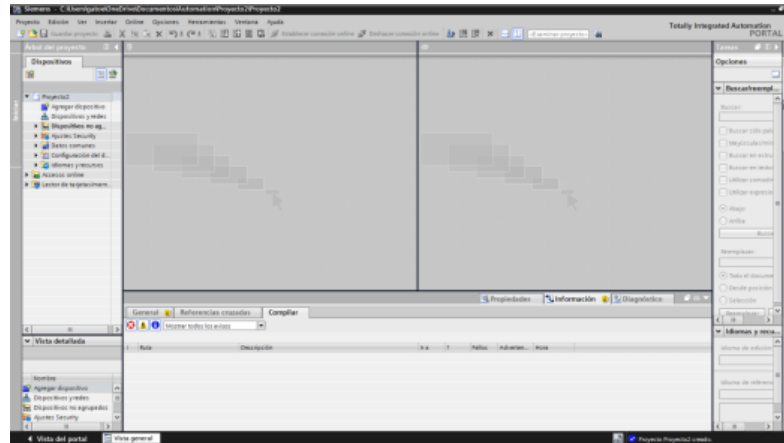


Ilustración 5-3: Pantalla principal de TIA PORTAL V15

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.2.1.7. S7-PLCsim

Una vez que se cuenta con la programación correspondiente en TIA PORTAL es de vital importancia la utilización de un software que permita cargar el programa en un entorno virtual,

es por esto que se decidió utilizar el software S7-PLCsim específicamente la versión V15 ya que es capaz de generar controladores virtuales que simulan todas las características que puede ofrecer un PLC físico. En la Ilustración 6-3 se observa la interfaz gráfica de la pantalla principal del software mencionado.

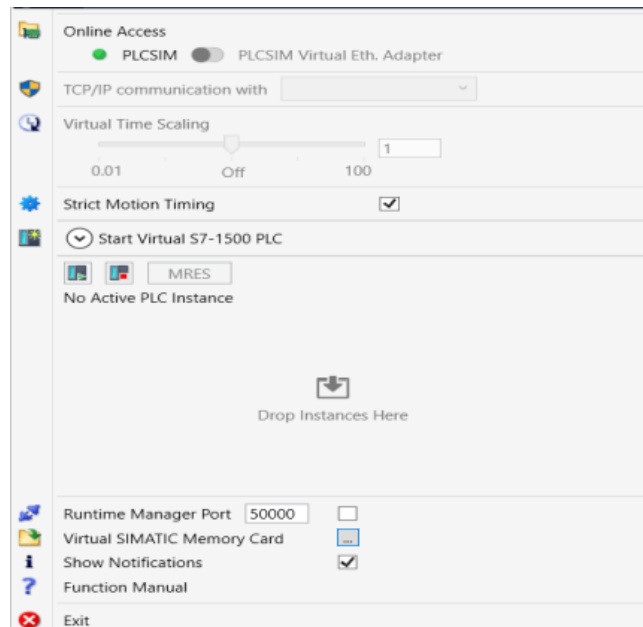


Ilustración 6-3: Pantalla principal de S7-PLCsim

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.2.1.8. *kEPServerEX*

Es un software configurado para establecer la conexión con diferentes tipos de dispositivo de forma inmediata y sin complejidad, dejando a un lado el driver utilizado. KEPServerEx específicamente la versión 6 con la cual se realiza la conexión es perteneciente al software de datos Kepware que se fundamenta en la tecnología OPC. La plataforma del servidor ayuda en el manejo de datos críticos de varios ámbitos de la industria como lo son la automatización, instalaciones e incluso infraestructura.

En la Ilustración 7-3 se puede observar la pantalla principal correspondiente al software mencionado.

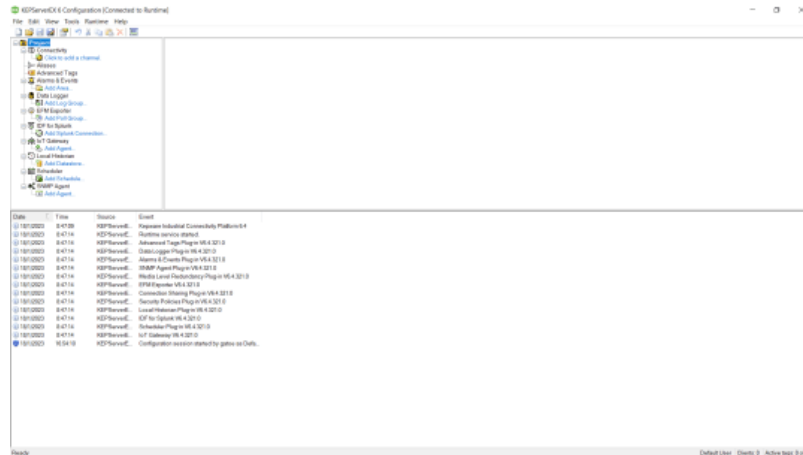


Ilustración 7-3: Pantalla principal de KEPServerEx

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.2.1.9. SolidWorks

Específicamente la versión 2022 que es con la cual se realiza el diseño mecánico de ciertos elementos utilizados en la simulación del proceso de empaquetado es un software CAD 3D utilizado para diseñar y ensamblar piezas, este software ofrece varias soluciones que cubren un gran número de aspectos implicados en la elaboración de un producto ya que ofrece la posibilidad de crear, simular, fabricar y gestionar todos los datos que se produzcan durante el diseño de un producto otorgando varias soluciones que ayudan a acelerar el proceso consiguiendo así acortar el tiempo y dinero y con esto dar paso a la innovación de los productos, además de que posee varias herramientas orientadas al diseño de modelos y ensamblajes así como la fabricación mecánica. La interfaz gráfica de la pantalla principal del *software* mencionado se evidencia en la ilustración 8-3.



Ilustración 8-3: Pantalla principal de SolidWorks

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.2.1.10. NetToPLCsim

Los simuladores de PLCs son útiles para testear la programación realizada en cualquier autómata o incluso aprender sobre su programación sin la necesidad de disponer físicamente de él. Propiamente dicho la extensión NetToPLCsim es un medio de acceso al simulador del *SIEMENS* S7-PLCSIM desde su red para lo cual se emplea la comunicación TCP/IP que utiliza la dirección IP del ordenador desde el que se lleva a cabo la simulación, este software es útil para aplicaciones de cliente como es el caso de los sistemas SCADA o incluso las interfaces HMI.

En la Ilustración 9-3 se puede visualizar la pantalla principal correspondiente al software mencionado.

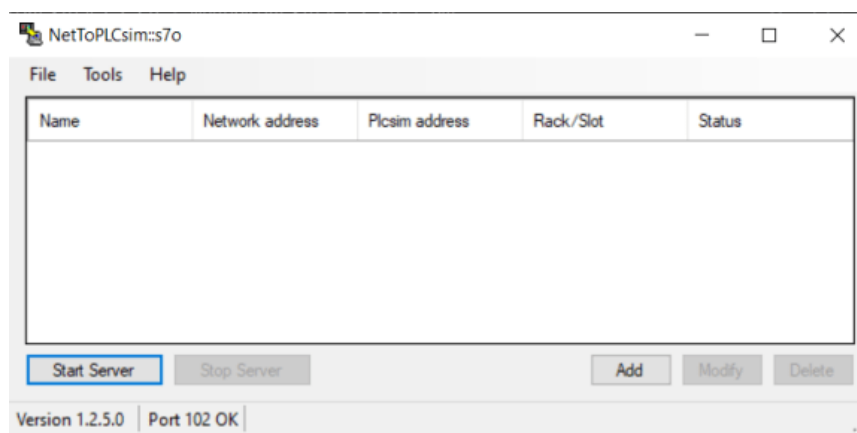


Ilustración 9-3: Pantalla principal de NetToPLCsim

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.2.1.11. Node-Red

Es una herramienta open-source de desarrollo que se fundamenta en una programación netamente visual creada por IBM para conectar elementos de Hardware y servicios en línea, se caracteriza por ser una herramienta robusta pero de fácil aprendizaje ya que no hace falta tener conocimientos sobre programación para poder usarla razón por la cual es una de las aplicaciones más notables para la gestión y transformación de una gran cantidad de datos en tiempo real, por esta razón es muy utilizada para crear soluciones en el ámbito de la Industria 4.0 y el Internet de las cosas.

La interfaz gráfica de la pantalla principal correspondiente al *software* mencionado se puede observar en la ilustración 10-3.

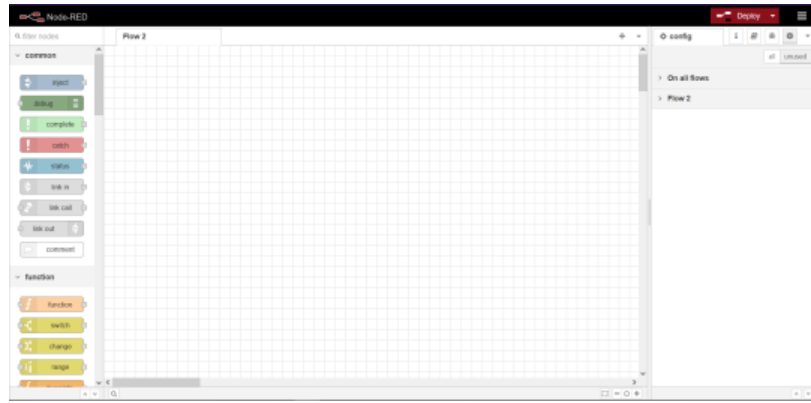


Ilustración 10-3: Pantalla principal de Node-Red

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023

3.2.1.12. Selección del Hardware

Para la simulación del proceso de empaquetado se realiza la comparación entre diferentes elementos, para de esta forma, escoger cuál dispositivo es el más adecuado. La comparativa se muestra a continuación.

Comparativa entre sensores para adquisición de datos

En la tabla 3-3 que se muestra a continuación, se detallan los parámetros más relevantes a evaluar, acerca de los sensores para la adquisición de datos. Para esta comparación se toman en cuenta varios parámetros, como son: el voltaje de alimentación con que trabaja los sensores, el consumo de corriente, el rango de medición de distancia que puede identificar el objeto, el peso y la temperatura ambiente.

Tabla 3-3: Comparativa entre sensores para adquisición de datos

Parámetros	Sensor de Movimiento	Sensor Fotoeléctrico	Sensor Capacitivo	Sensor Inductivo
Alimentación	8.3-16 VCC	12-24 VCC	10-65 VCC	10-30 VCC
Consumo de corriente	10 mA	20 mA	20mA	25 mA
Rango de medición	0-15 m	0-15m	10mm	30 mm
Peso	61g	90g	62g	65g
Temperatura Ambiente (°C)	-10 a 50	-25 a +55	-25 a +50	-40 a +100

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023.

Sobre la base de la comparación realizada entre los tipos de sensores, se obtuvo como mejor opción al sensor capacitivo, pues su rango de alcance y consumo de corriente es el más idóneo

para llevar a la simulación del proceso de empaquetado. Específicamente se escoge el modelo de sensor capacitivo que se muestra a continuación.

3.2.1.13. Sensor capacitivo BC10-P30SR-VP4X2/3GD

En la ilustración 11-3 se muestra este sensor capacitivo que tiene un tamaño de 115 mm está diseñado para detectar objetos metálicos que sean eléctricamente conductores, así como pueden detectar objetos no metálicos sin contacto ni desgaste.

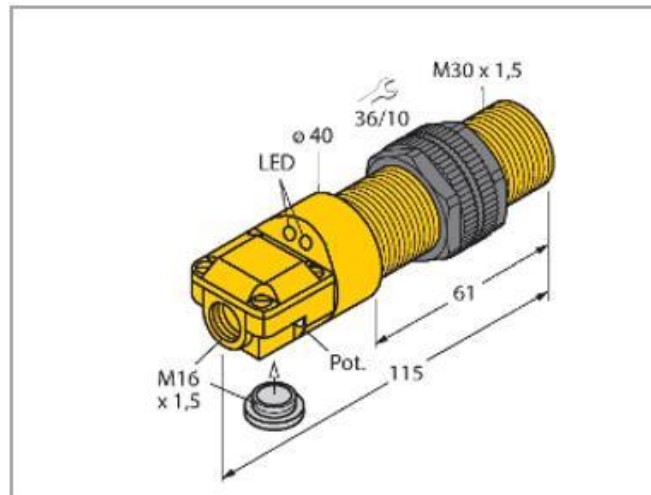


Ilustración 11-3: Sensor Capacitivo BC10-P30SR

Fuente: TURCK, 2016.

Para el desarrollo de la simulación, se realizó el diseño del dispositivo, con el uso del *software SolidWorks*, mediante las posibilidades que permiten las herramientas, en el orden que se indica en la ilustración 12-3.

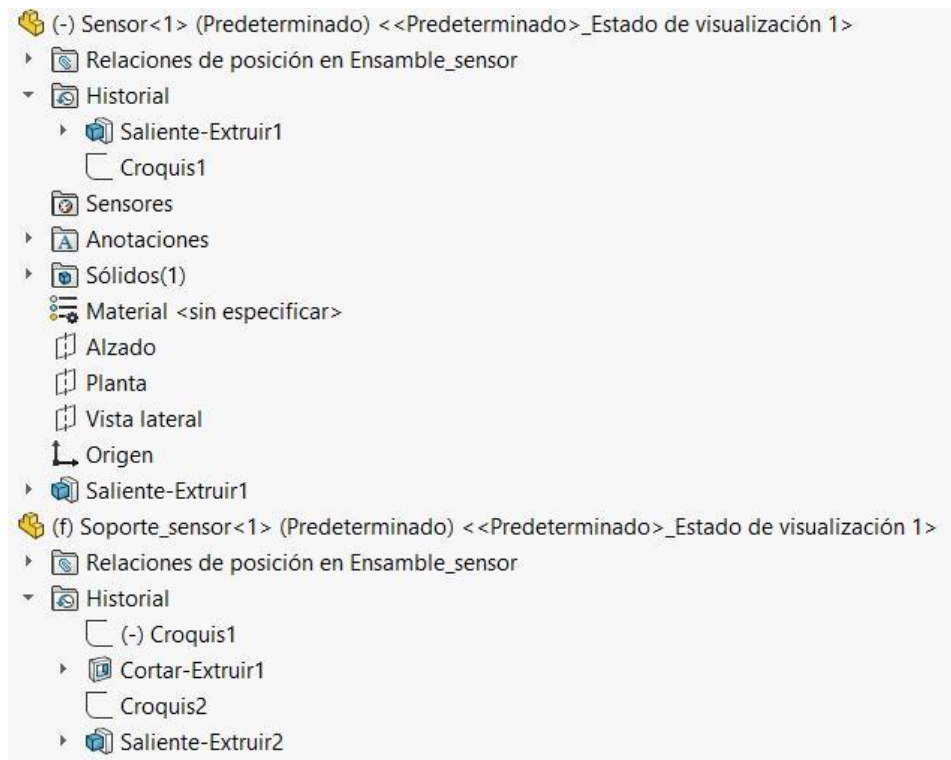


Ilustración 12-3: Herramientas para el diseño de dispositivo

Fuente: Captura de pantalla de SolidWorks, 2022.

En la ilustración 13-3 se puede observar el diseño del dispositivo denominado sensor capacitivo.



Ilustración 13-3: Sensor Capacitivo BC10-P30SR

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023

3.2.1.14. Banda transportadora

Este es un elemento muy común dentro de las industrias, puesto que están presentes en cualquier tipo de proceso. Básicamente son la columna vertebral de una cadena de producción que, en este

caso, es el proceso de empaquetado de papa y tomate. Se utilizó una banda transportadora que tiene una longitud total de 2m, como se puede observar en la ilustración 14-3, esta banda hace uso de un motor para mover los rodillos de la banda, haciendo así que la cinta de la banda transportadora se mueva.



Ilustración 14-3: Banda Transportadora

Fuente: Maquinastec.com, 2020.

De la misma manera que el sensor capacitivo, se usó el SolidWorks, con las herramientas correspondientes, como se indica en la ilustración 15-3.

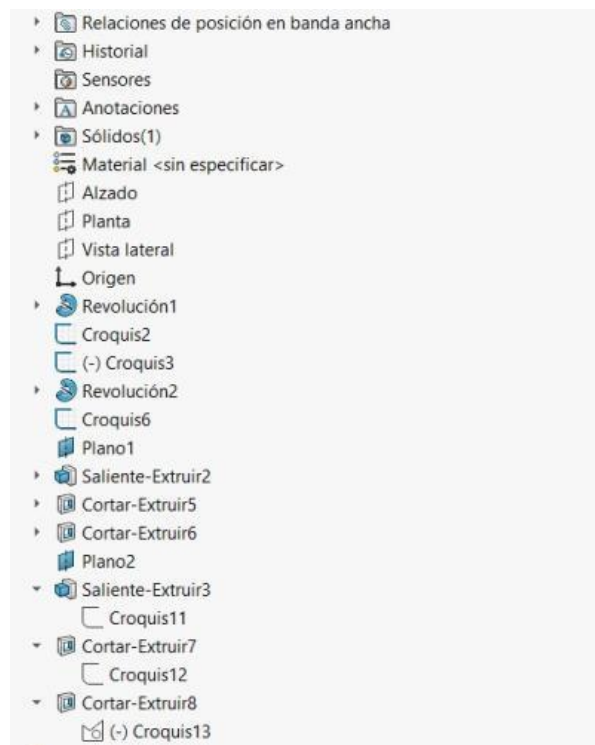


Ilustración 15-3: Herramientas para el diseño de banda transportadora

Fuente: Captura de pantalla de SolidWorks, 2022.

El diseño de la banda se puede observar en la ilustración 16-3, que se muestra a continuación.

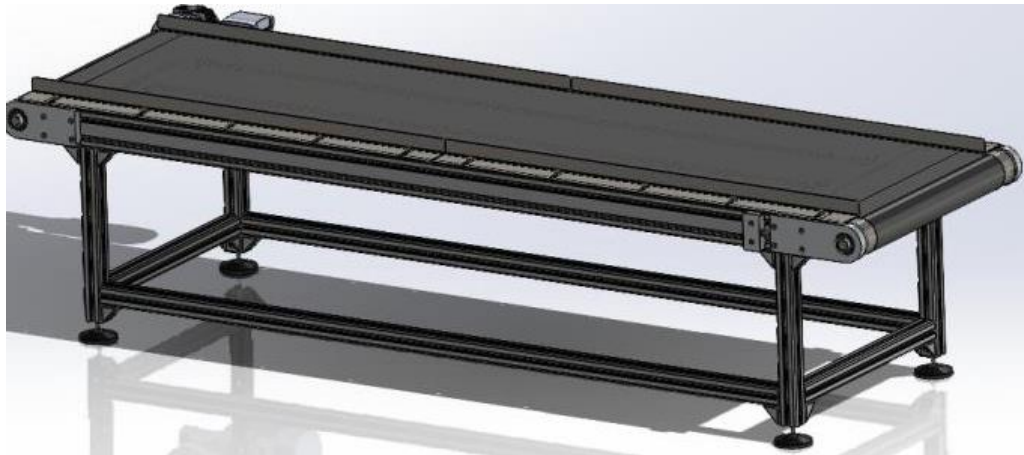


Ilustración 16-3: Banda transportadora

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.2.1.15. *Cilindro*

El cilindro que se observa en la Ilustración 17-3 se trata de un tipo de cilindro neumático, diseñado para garantizar un rendimiento alto y una disminución de peso considerable, además, posee un mecanismo de amortiguamiento del tipo mecánico y neumático.



Ilustración 17-3: Cilindro neumático

Fuente: CAMOZZI Automation, 2019.

Como se observa en la ilustración 18-3, se muestra el uso de las herramientas de SolidWorks, para el diseño del cilindro neumático.

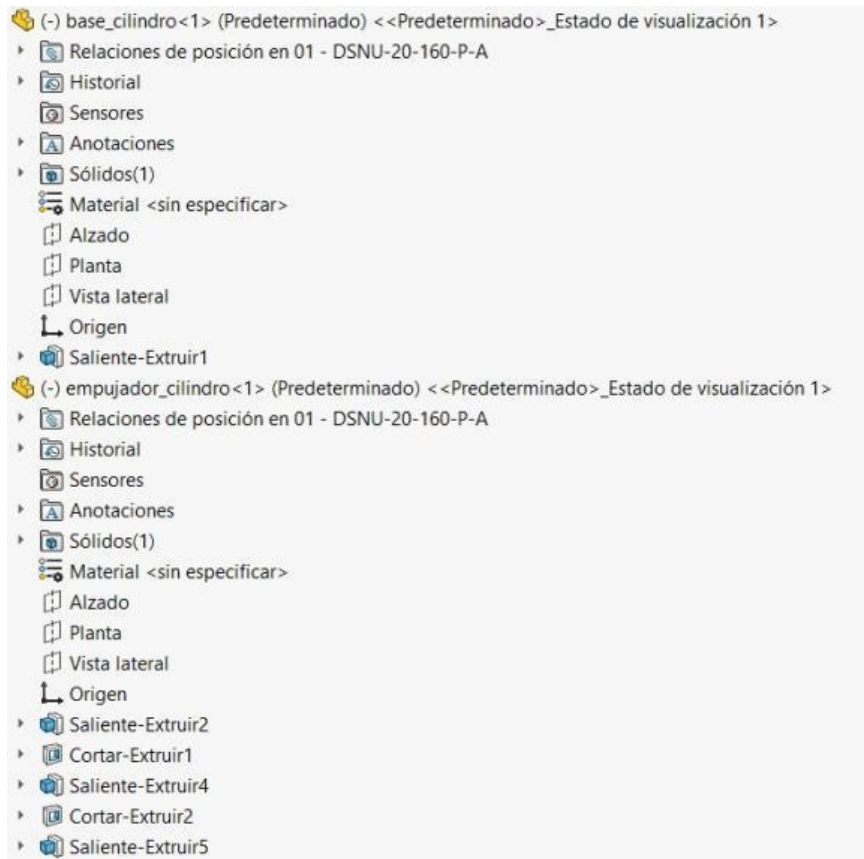


Ilustración 18-3: Herramientas para el diseño del cilindro neumático

Fuente: Captura de pantalla de SolidWorks, 2022.

El diseño del cilindro neumático utilizado para impulsar el empaque hacia la banda transportadora se observa en la ilustración 19-3.

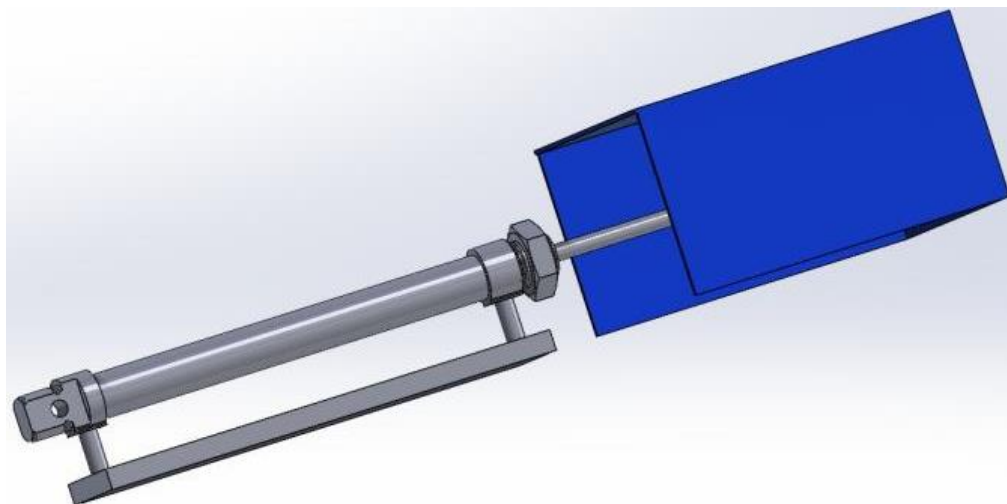


Ilustración 19-3: Cilindro neumático

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023.

En la tabla 4-3 se muestran los criterios bajo los cuales se seleccionó este elemento.

Tabla 4-3: Características del cilindro neumático

Parámetros	Valores
Funcionamiento	Simple efecto y doble efecto
Carreras min-máx.	10 ÷ 2500mm
Presión de trabajo	1 ÷ 10 bar (estándar, altas y bajas temperaturas) 0.1 ÷ 10 bar (baja fricción)
Velocidad	10 ÷ 1000 mm/seg sin carga (estándar, altas y bajas temperaturas) 5 ÷ 1000 mm/seg sin carga (baja fricción)
Temperaturas de trabajo	Estándar y baja fricción: °C ÷ 80°C Altas temperaturas (versión W): 0°C ÷ 150°C Bajas temperaturas (versión Z): -40°C ÷ 60°C Bajas temperaturas (versión Y): -50°C ÷ 60°C

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Comparativa entre PLCs

En la tabla 5-3 que se muestra la comparación entre diferentes tipos de PLCs industriales, con el fin de determinar cuál dispositivo es el más viable para ejercer un control sobre el proceso de empaquetado. Para esto se tomó en cuenta varios parámetros como: tensión de alimentación, consumo (valor nominal), número de entradas digitales, número de salidas digitales, número de entradas analógicas y dimensiones.

Tabla 5-3: Comparativa entre PLCs

Parámetros	SIMATIC S7-1200 CPU 1211C DC/DC/DC	SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC	M241 de Schneider Electric TM241CE24T
Tensión de alimentación	24 VDC	24 VDC	24 VDC
Consumo de corriente (valor nominal)	300mA	500mA, solo CPU
Número de entradas digitales	6	14	14
Numero de salidas digitales	4	10	10
Número de entradas analógicas	2	2
Dimensiones	90x100x75mm	110x100x75mm	90x95x150mm

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Luego de realizar la comparativa entre los tipos de PLC, se obtuvo como resultado que el dispositivo más útil para ejercer un control sobre el proceso de empaquetado es el SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC, cuyas especificaciones se muestran en el apartado siguiente.

3.2.1.16. SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC

La ilustración 20-3 hace referencia a este dispositivo, también conocido como una computadora industrial. Este dispositivo es muy usado, sobre todo para la automatización de procesos, cuya finalidad es ejercer un control sobre la maquinaria para que el proceso se desarrolle con normalidad.



Ilustración 20-3: SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC

Fuente: SIEMENS, 2019.

Para el control del proceso de empaquetado de papa y tomate se decidió este modelo de PLC en específico, debido a las características de funcionamiento que posee, puesto que, al funcionar con un voltaje de 24VDC, se puede conectar a una fuente de alimentación de fácil acceso en el mercado, que a su vez se conecta a una fuente común de 110-120V. Otro criterio de selección fue por el número de entradas analógicas (2) y digitales (14), favorable para conectar los sensores capacitivos; además del número de salidas digitales (10) para conectar la salida para el cilindro neumático y el motor.

Comparativa entre pantallas HMI

Para la selección del dispositivo que permite visualizar el proceso de empaquetado, se realizó una comparación entre diferentes tipos de pantallas HMI, con varios parámetros como: el tipo de display, la diagonal de la pantalla, valor nominal (DC), consumo de corriente, consumo de potencia activa, memoria y peso. Los datos se observan en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3: Comparativa entre pantallas HMI

Parámetros	HMI SIMATIC TP700 COMFORT OUTDOOR	SIMATIC PANEL CONFORT TP900
Tipo de display	TFT, ópticamente unida	TFT
Diagonal de pantalla	7 in	9 in
Valor nominal (DC)	24 V	24 V
Consumo de corriente (valor nominal)	0.7 A	0.75 A
Consumo de potencia activa	17 W	18 W
Memoria	12 Mbyte	12 Mbyte
Peso	1.9 Kg	1.5 Kg

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Sobre la base de estos datos, se obtuvo como resultado que la pantalla HMI óptima para la visualización del proceso de empaquetado es la HMI SIMATIC TP700 Comfort Outdoor, con las características que se muestra a continuación.

3.2.1.17. *HMI SIMATIC TP700 Comfort Outdoor*

La interfaz hombre-máquina también conocida como HMI que se observa en la ilustración 21-3 tiene la capacidad de comunicarse con los PLCs para obtener la información y mostrarla en una pantalla de modo que el usuario pueda interactuar y observar el estado del proceso.



Ilustración 21-3: HMI SIMATIC TP700 Comfort Outdoor

Fuente: SIEMENS, 2021.

Para la visualización del proceso de empaquetado de papa y tomate se decidió este modelo, puesto que, el tamaño de su pantalla (7in) es óptimo para este proceso, porque no se requiere utilizar muchos elementos visuales y es suficiente para el manejo del usuario. Además, el voltaje de

alimentación con el que trabaja (24VDC) resulta ser el mismo con el que trabaja el PLC y se podría utilizar la misma fuente de alimentación. También, el consumo de potencia (17W) y corriente eléctrica (0.7A) es bajo. Es recomendable usar la misma marca de PLC y de la pantalla.

Comparativa entre motores trifásicos

A continuación, en la Tabla 7-3 se detallan los parámetros a evaluar, para la selección del motor trifásico que dará movimiento a la banda transportadora. Para esto, se toman en cuenta varios factores, como: las revoluciones por minuto (RPM), el número de polos, potencia (HP), potencia (KW) y la tensión de alimentación.

Tabla 7-3: Comparativa entre motores trifásicos

Parámetros	Motor Trifásico SIEMENS	Motor Trifásico WEG
RPM	1755	1800
Polos	4	4
Potencia HP	5	5
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Tensión	220/380/440	220/380/440 V

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

De la comparación realizada entre los diferentes tipos de motores, se obtuvo como mejor opción al motor WEG, pues, el número de revoluciones por minuto, que alcanza este motor, es de 1800. Por otra parte, sus materiales de construcción son adecuados para resistir altas temperaturas y están fabricados para trabajar en ambientes externos. Las ventajas de este motor se indican en el siguiente apartado.

3.2.1.18. Motor Trifásico “WEG”

Este tipo de motor trifásico, que se observa en la Ilustración 22-3, puede operar con un bajo consumo de energía y aun así entregar altos niveles de productividad, ya que puede mantenerse operando de forma continua, sin paradas no planificadas y con alta eficiencia. Otro parámetro de selección es su durabilidad, puesto que está fabricado en hierro fundido, material que otorga una alta resistencia al impacto, así como una buena disipación térmica. Además, está diseñado para funcionar en ambientes húmedos o ambientes severos, sin que su vida útil se vea afectada.



Ilustración 22-3: Motor Trifásico “WEG”

Fuente: Promesa, 2020.

3.2.1.19. Empaque para papa y tomate

Para el diseño del empaque para los productos, se usó el *software SolidWorks*, con las herramientas que se muestran en la ilustración 23-3. Las medidas se tomaron en forma empírica, apilando los productos, para determinar cuántos elementos se podrían empaquetar en cada caja de aproximadamente 1kg. de peso. Este requerimiento de peso fue indicado por los docentes responsables del proyecto de investigación institucional.

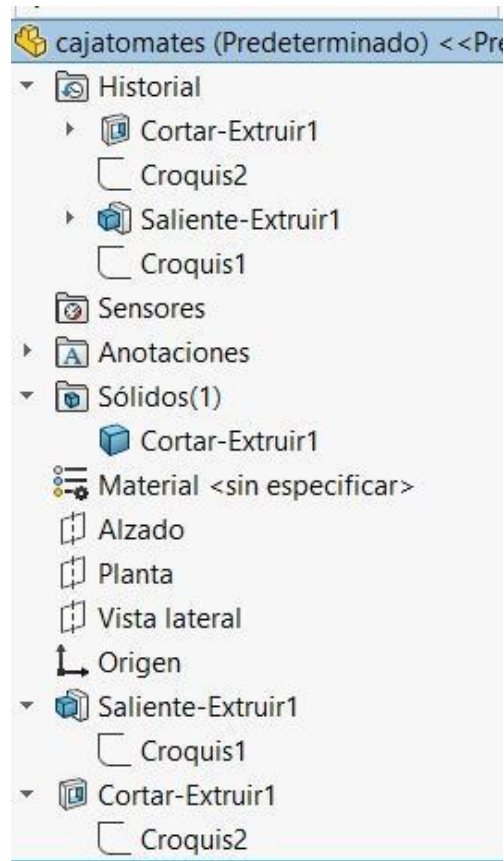


Ilustración 23-3: Herramientas para el diseño del empaque

Fuente: Captura de pantalla de SolidWorks, 2022.

El diseño realizado del empaque para almacenar los productos que el usuario seleccione se observa en la ilustración 24-3, la cual corresponde a un cubo que tiene como dimensiones 16 cm por lado.

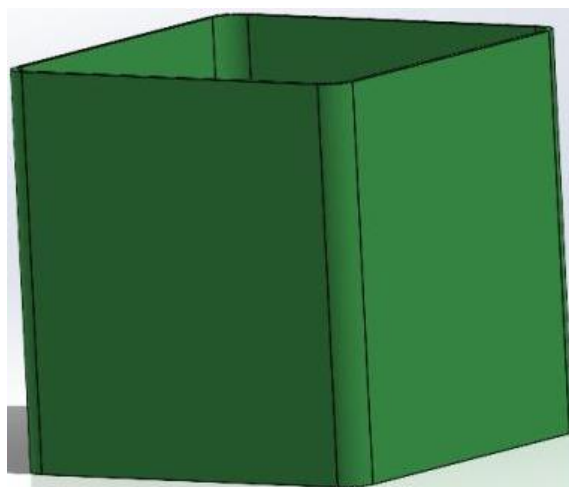


Ilustración 24-3: Empaque para papas y tomates

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.2.1.20. Dispensador de empaques

Para el diseño del dispensador de empaques, se usó el *software SolidWorks*, con las herramientas que se muestran en la ilustración 25-3. Para establecer las medidas, se consideró que contenga 4 cajas.

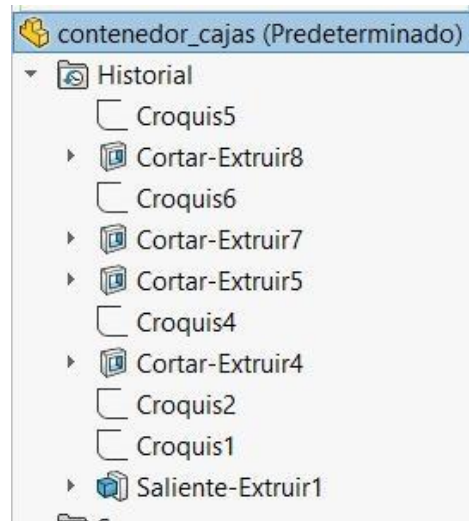


Ilustración 25-3: Herramientas para el diseño del dispensador de empaques

Fuente: Captura de pantalla de SolidWorks, 2022.

En la Ilustración 26-3 se observa el dispensador de empaques diseñado para almacenar las cajas que serán utilizadas durante el proceso de empaquetado.

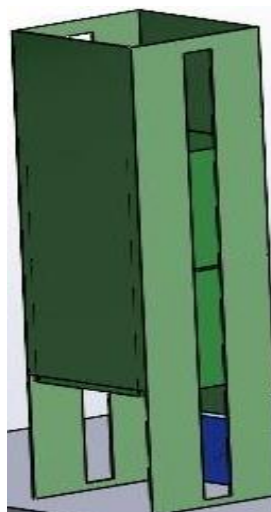


Ilustración 26-3: Dispensador de empaques

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.2.1.21. Surtidor de papa y tomate

Para el diseño del surtidor de papa y tomate, se usó el *software SolidWorks*, con las herramientas que se muestran en la ilustración 27-3. Para establecer las medidas, se consideró un tamaño máximo de 10 cm de ancho del producto (papa o tomate); también, la boca superior tiene un diámetro de 40 cm y la boca inferior, un diámetro de 14 cm. Estas medidas, fueron en función de los tamaños de los productos que se obtienen en el centro agrícola de Tunshi.

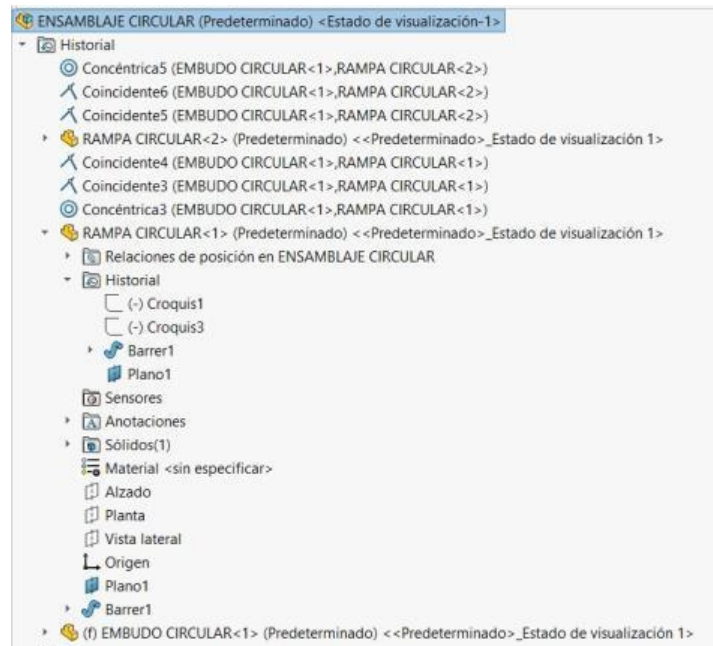


Ilustración 27-3: Herramientas para el diseño del dispensador de paquetes

Fuente: Captura de pantalla de SolidWorks, 2022.

El diseño realizado del surtidor de los productos para su posterior empaquetado, se observa en la ilustración 28-3.

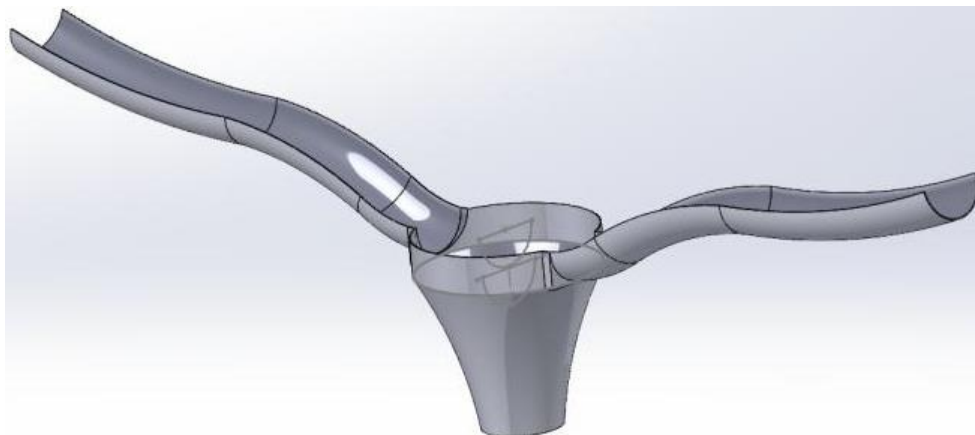


Ilustración 28-3: Surtidor para papa y tomate

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023

3.2.1.22. Mesas de trabajo

Para el diseño de las mesas de trabajo, también con el uso de las herramientas del *software SolidWorks* que se observa en la ilustración 29-3, se consideró que deben ser dos idénticas, cuya altura y ancho sean las mismas de la banda transportadora, de manera que el ancho es de 60 cm y el largo de 80 cm; el material se estableció en acero inoxidable, debido a las normativas industriales de manejo de alimentos.

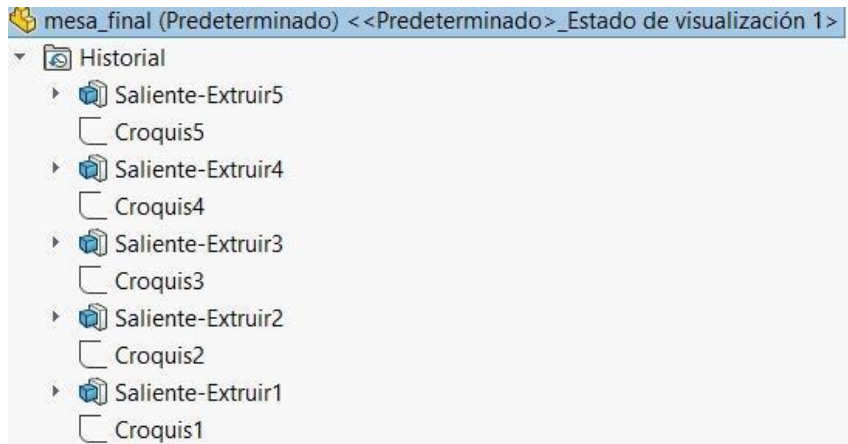


Ilustración 29-3: Herramientas para el diseño del dispensador de empaques

Fuente: Captura de pantalla de SolidWorks, 2022.

La ilustración 30-3 evidencia el diseño realizado de la mesa de trabajo. La primera mesa se ubica al inicio y es el soporte para varios elementos como: dispensador de empaques, cilindro neumático, sensor capacitivo y las cajas para el empaquetado. Y, la segunda mesa, colocada al final de la banda, sirve como un elemento receptor del empaque.

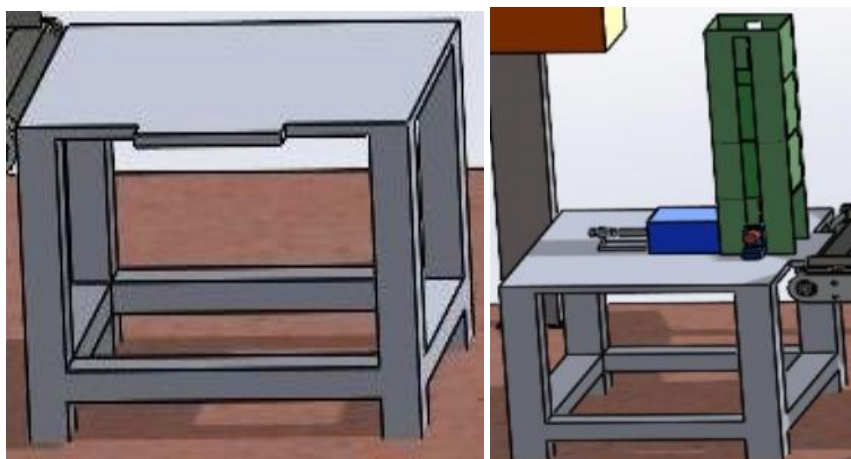


Ilustración 30-3: Mesas de trabajo

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023

3.3. Diseño de la pantalla HMI

Para el diseño de la pantalla HMI, se utilizó el *software* TIA Portal debido a la compatibilidad y flexibilidad para la comunicación con los diferentes softwares que intervienen en el proceso para que se lleva de forma correcta.

3.3.1. Menú de pedidos

En esta sección del diseño de la pantalla HMI se observa en la ilustración 31-3. Las opciones con las que cuenta el usuario para la selección del producto que desea empaquetar siendo estas tomate pequeño o mediano y papa pequeña o mediana, así como, también se visualiza la sección en la que se ingresa el número de cajas que se desean empacar y el nombre del usuario que se encuentra realizando el pedido.

Existen dos botones para cumplir con acciones específicas. Un botón denominado como INICIO es el encargado de enviar una señal de activación al PLC para dar comienzo al proceso de empaquetado, mientras que el otro botón denominado como PARO es el responsable de detener de forma inmediata el proceso en caso de que se presente algún fallo o situación inesperada. Además, esta interfaz gráfica facilita la navegación entre ventanas, ya que se puede pasar de una ventana a otra al presionar en la opción información del proceso.



Ilustración 31-3: Menú de pedidos de la pantalla HMI

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023

3.3.2. Información gráfica del proceso de empaquetado en la pantalla HMI

Mediante la representación gráfica en tiempo real del proceso tal y como se visualiza en la ilustración 32-3 se puede verificar la ubicación en la que se encuentra el empaque durante el

proceso de empaquetado, así como, se identifica el estado de los sensores (activado/desactivado) e incluso diferenciar la selección del usuario mediante la activación luminosa de los leds colocados estratégicamente en la pantalla HMI.

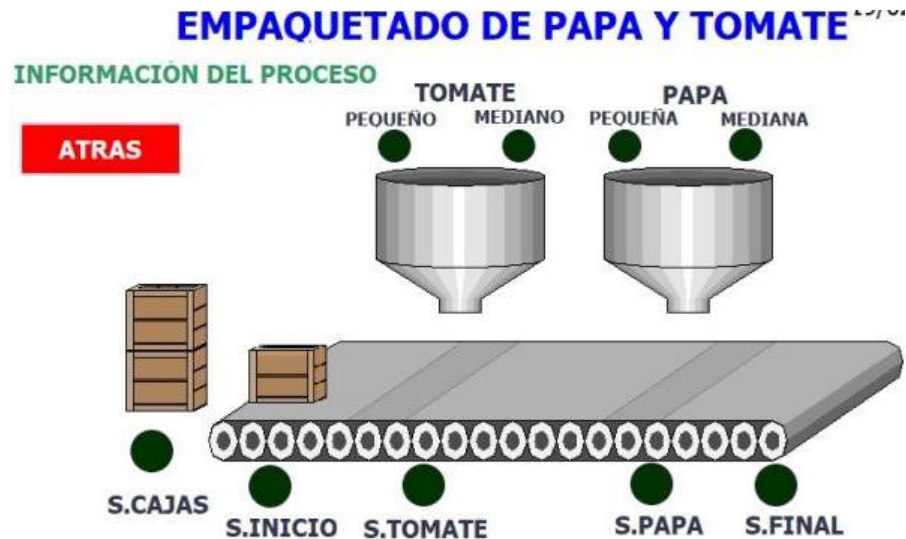


Ilustración 32-3: Información gráfica del proceso de empaquetado en la pantalla HMI

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023

Para regresar a la ventana principal en donde se muestra la información del pedido, es necesario presionar en el botón ATRÁS.

3.4. Diseño de la interfaz web

En cuanto al diseño de la interfaz web, se utilizó la plataforma *Node-Red* debido a que, al tratarse de una herramienta que se basa en la programación visual no se necesita tener conocimientos avanzados de programación para poder llevar a cabo la gestión y la transformación de datos en tiempo real.

3.4.1. Menú de pedidos

En esta sección, como se observa en la ilustración 33-3, el usuario puede registrar su nombre y elegir el producto que se desea empaquetar (tomate pequeño o mediano y papa pequeña o mediana), también se puede ingresar el número de cajas requeridas. En cuanto a la puesta en marcha del proceso de empaquetado se utiliza un botón denominado INICIO y para el caso de que se presente algún inconveniente durante el proceso de empaquetado, existe la opción de que el proceso se detenga de forma inmediata al pulsar en el botón PARO.



Ilustración 33-3: Menú de pedidos de la interfaz web

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023

3.4.2. Sección de actuadores, surtidores y sensores

En este apartado como se observa en la ilustración 34-3 este compuesto por un conjunto de señales luminosas compuestas por leds que indican cuando un determinado elemento esta activo una vez que se ha iniciado con el proceso de empaquetado. Para el caso de los actuadores la señal luminosa se activará una vez que el cilindro empuje el empaque hacia la banda y esta se active. Con respecto a los surtidores, los leds se activarán una vez que el usuario realice la selección del producto y el empaque se localice debajo del surtidor correspondiente. Además, los leds indicadores de los sensores se activarán dependiendo de la ubicación y detección del empaque.



Ilustración 34-3: Sección de actuadores, surtidores y sensores

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023

3.4.3. Menú de información

Esta sección es de mucha utilidad sobre todo para la comprobación del pedido, ya que como se observa en la ilustración 35-3 se puede realizar una comparación entre el número de cajas ingresado para empaquetar y el número total de cajas empaquetadas. De esta forma el usuario puede tener la certeza de que el número de cajas que va a recibir al final del proceso sea el solicitado.



Ilustración 35-3: Menú de información

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.5. Configuración del sistema de trazabilidad

En este apartado se realiza un registro de todos los pedidos que se solicitan al Centro de Producción Agrícola de Tunshi, también se lleva un registro de activación de los sensores que posteriormente gracias a la información obtenida, permiten calcular el tiempo que se demora en obtener un pedido.

3.5.1. Creación del formulario de recepción de información

Para el ingreso de los datos generados a partir del HMI o de la interfaz web como se visualiza en la ilustración 36-3, fue necesaria la creación de un formulario a partir de la plataforma *Google Forms* para poder realizar el pedido en donde se ingresarán los datos de manera automática y se almacenarán en una hoja de cálculo gracias a otra configuración realizada en la plataforma *Node-Red*.

The image shows a Google Forms configuration interface. At the top, there are tabs for 'Preguntas', 'Respuestas' (with a count of 88), and 'Configuración'. The main title is 'Datos del Pedido' with the subtitle 'Descripción del formulario'. Below this, there are three question blocks:

- Producto seleccionado:** A text input field with a dropdown menu set to 'Respuesta corta'. Below it is a 'Texto de respuesta corta' field.
- Nombre del usuario *:** A text input field with a dropdown menu set to 'Respuesta corta'. Below it is a 'Texto de respuesta corta' field.
- Cantidad de cajas a empaquetar:** A text input field with a dropdown menu set to 'Respuesta corta'. Below it is a 'Texto de respuesta corta' field.

Each question block has a 'Respuesta corta' dropdown menu, a 'Texto de respuesta corta' field, and a 'Obligatorio' toggle switch. A vertical toolbar on the right side contains icons for adding, deleting, and duplicating questions.

Ilustración 36-3: Formulario para recepción del pedido

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023

Para el caso de los sensores, al igual que para la recepción del pedido, se creó un formulario en *Google Forms*, donde se registra el momento en que un sensor está activo o no. Esta misma configuración se realizó para los sensores de papa, tomate, inicio y fin, como se evidencia en la ilustración 37-3.

The image shows a Google Forms configuration interface. At the top, there are tabs for 'Preguntas', 'Respuestas' (with a count of 24), and 'Configuración'. The main title is 'Datos del Sensor Inicio' with the subtitle 'Almacenamiento del accionamiento del sensor inicio'. Below this, there is one question block:

- Sensor Inicio:** A text input field with a dropdown menu set to 'Respuesta corta'. Below it is a 'Texto de respuesta corta' field.

The question block has a 'Respuesta corta' dropdown menu, a 'Texto de respuesta corta' field, and a 'Obligatorio' toggle switch. A vertical toolbar on the right side contains icons for adding, deleting, and duplicating questions.

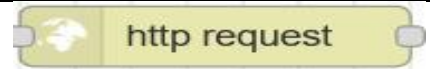


Ilustración 37-3: Formulario para registro de activación del sensor inicio

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.5.2. Descripción de los bloques de programación en Node-Red

Para configurar el sistema de trazabilidad a través del llenado automático de datos se utilizaron los bloques que se describen en la Tabla 8-3.

Tabla 8-3: Descripción de los bloques de programación en *Node-Red*

Bloque de programación	Nombre	Descripción
	Request	Envía solicitudes HTTP y devuelve la respuesta
	Función	Esta función genera un <i>get</i> para obtener la información y la envía hacia el bloque request
	Función	Es una función que genera un <i>set</i> para el envío de datos

Realizado por: Espin, C.; Quinatoa, M., 2023

3.6. Diagramas del funcionamiento del proceso de empaquetado de papa y tomate

3.6.1. Diagrama de flujo para el empaquetado de papa y tomate

La Ilustración 38-3, 39-3 y 40-3 representan el diagrama de flujo que describe el proceso para el empaquetado de papa, el mismo que se describe de la siguiente manera:

Inicialización

- Como primer paso se procede a abrir todos los *softwares* que intervienen para la simulación del proceso de empaquetado, estos son: NX SIEMENS, S7-PLCsim, KEPServerEX, NetToPLCsim, Node-Red.
- Una vez abierto los softwares se procede a realizar la configuración de la dirección IP en KEPServerEX, esta dirección debe ser la del ordenador portátil o de escritorio con el cual se esté trabajando.
- Una vez configurado se procede a inicializar los *softwares* para la simulación iniciando con TIA PORTAL para detectar la dirección IP del PLC al que se va a conectar el *software* PLCsim para cargar el programa, luego en NetToPLCsim se selecciona una dirección IP de la red en donde se escoge el adaptador de red virtual Ethernet de SIEMENS y luego seleccionamos la dirección IP de PLCsim, de esta manera el adaptador virtual se convierte en un medio de enlace entre el PLCsim virtual y la red local.

Bloque de repetición

- Lo primero que se procede a verificar es si el sensor_cajas detecta la presencia de cajas en el surtidor, si la respuesta es sí, mediante un periférico de entrada como es el *mouse*

- seleccionamos el número de cajas que se requieren empaquetar, si no el sensor_cajas no detecta la presencia de cajas en el surtidor es necesario agregar cajas.
- Una vez seleccionado el número de cajas seleccionamos una de las opciones que con respecto al producto y tamaño requerido para su posterior empaquetado, si el usuario elige la opción de tomate pequeño, se procede a presionar el botón de inicio para que el cilindro neumático se active y traslade la caja hacia la banda transportadora.
 - Si el sensor_inicio no detecta la presencia de cajas es necesario agregar cajas en el surtidor, pero si detecta la presencia de una caja, el PLC envía una señal para que la banda transportadora se active y así la caja llegue hacia el sensor_tomate y se detenga debajo del surtidor de dicho producto para que caiga dentro de la caja, luego se activa la banda transportadora y avanza hacia el sensor_final que una vez detecta la presencia del empaque se detiene y hace una comparación entre el número de cajas requerido y el número de cajas empaquetadas, si esta comparación es igual se obtiene el producto final empaquetado pero si no el proceso se tiene que reiniciar hasta que la comparación sea igual.
 - En el caso de que el usuario no haya seleccionado la opción de tomate pequeño significa que escogió la opción de tomate mediano, entonces al igual que el caso anterior se procede a dar clic en el botón inicio para comenzar con el proceso de empaquetado, el cilindro neumático se activa y traslada la caja hacia la banda transportadora.
 - Si el sensor_inicio no detecta la presencia de cajas es necesario agregar cajas en el surtidor, pero si detecta la presencia de una caja, el PLC envía una señal para que la banda transportadora se active y así la caja llegue hacia el sensor_tomate y se detenga debajo del surtidor de dicho producto para que caiga dentro de la caja, luego se activa la banda transportadora y avanza hacia el sensor_final que una vez detecta la presencia del empaque se detiene y hace una comparación entre el número de cajas requerido y el número de cajas empaquetadas, si esta comparación es igual se obtiene el producto final empaquetado pero si no el proceso se tiene que reiniciar hasta que la comparación sea igual.
 - Si el usuario no ha seleccionado las opciones de tomate mediano y tomate pequeño significa que el producto que desea empaquetar es papa pequeña, se procede a presionar el botón inicio para que el cilindro neumático se active y traslade la caja hacia la banda transportadora.
 - Si el sensor_inicio no detecta la presencia de cajas es necesario agregar cajas en el surtidor, pero si detecta la presencia de una caja, el PLC envía una señal para que la banda transportadora se active y así la caja llegue hacia el sensor_papa y se detenga debajo del surtidor de dicho producto para que caiga dentro de la caja, luego se activa la banda transportadora y avanza hacia el sensor_final que una vez detecta la presencia del empaque se detiene y hace una comparación entre el número de cajas requerido y el número de cajas empaquetadas, si esta comparación es igual se obtiene el producto final empaquetado pero si no el proceso se tiene que reiniciar hasta que la comparación sea igual.

- Si el usuario descarta las tres opciones mencionadas anteriormente las cuales hacen referencia al producto y a su tamaño, entonces significa que el usuario ha seleccionado la opción de papa mediana se procede a presionar el botón inicio para que el cilindro neumático se active y traslade la caja hacia la banda transportadora.
- Si el sensor_inicio no detecta la presencia de cajas es necesario agregar cajas en el surtidor, pero si detecta la presencia de una caja, el PLC envía una señal para que la banda transportadora se active y así la caja llegue hacia el sensor_papa y se detenga debajo del surtidor de dicho producto para que caiga dentro de la caja, luego se activa la banda transportadora y avanza hacia el sensor_final que una vez detecta la presencia del empaque se detiene y hace una comparación entre el número de cajas requerido y el número de cajas empaquetadas, si esta comparación es igual se obtiene el producto final empaquetado pero si no el proceso se tiene que reiniciar hasta que la comparación sea igual.

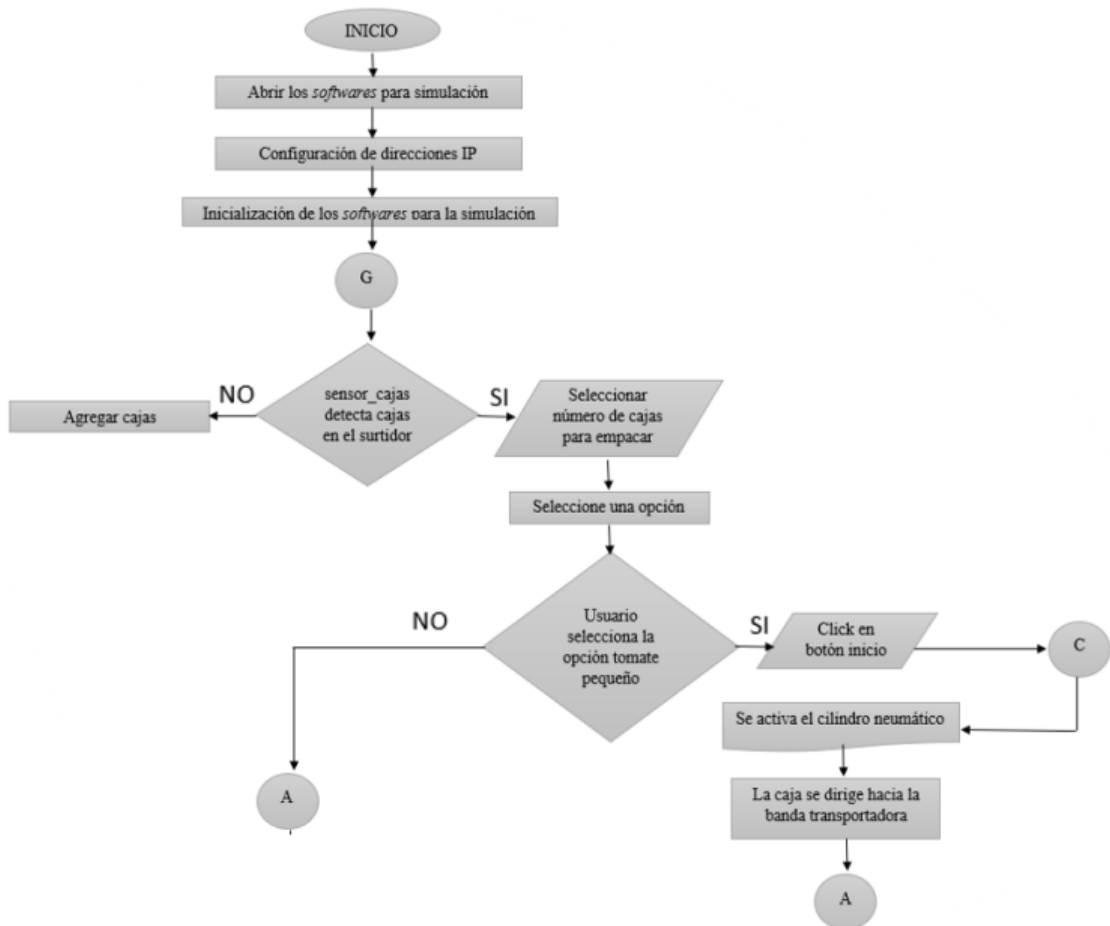


Ilustración 38-3: Parte 1 del diagrama de flujo del proceso de empaquetado de papa y tomate

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

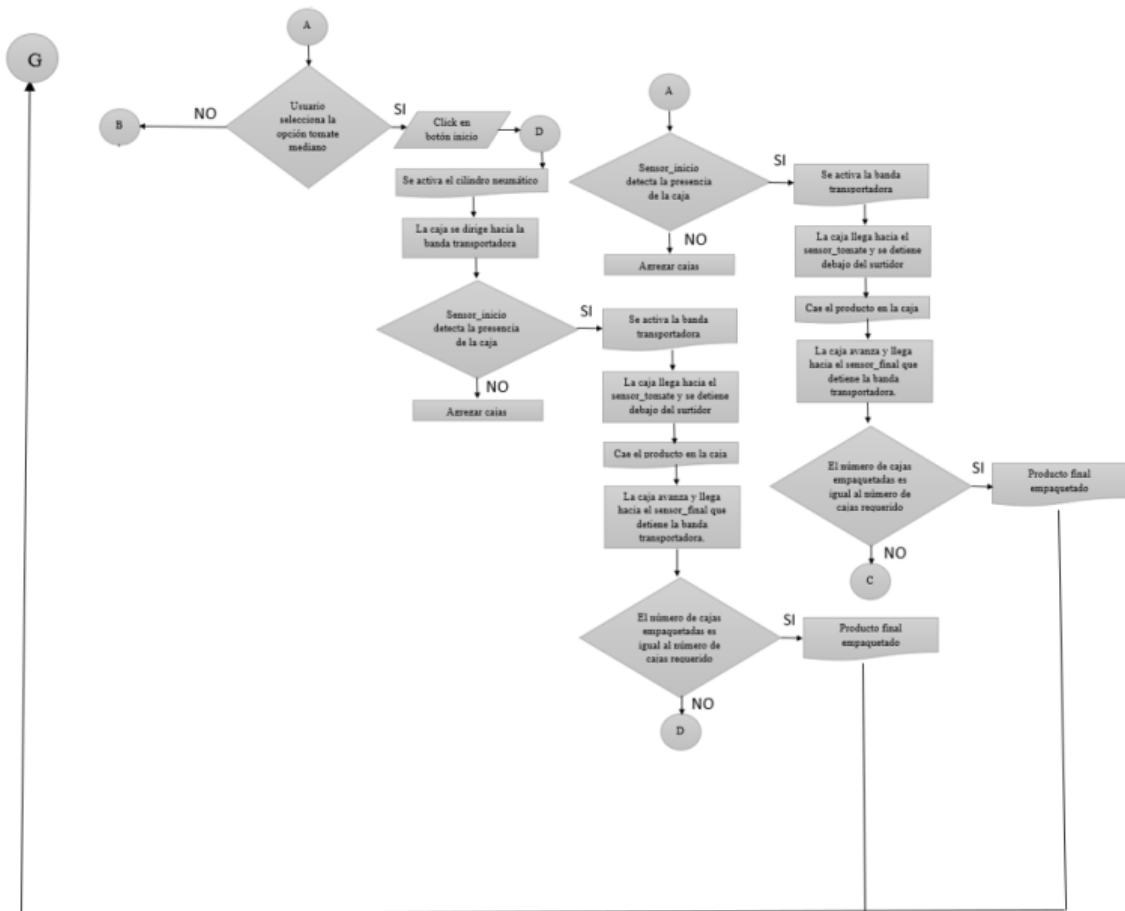


Ilustración 39-3: Parte 2 del diagrama de flujo del proceso de empaquetado de papa y tomate

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

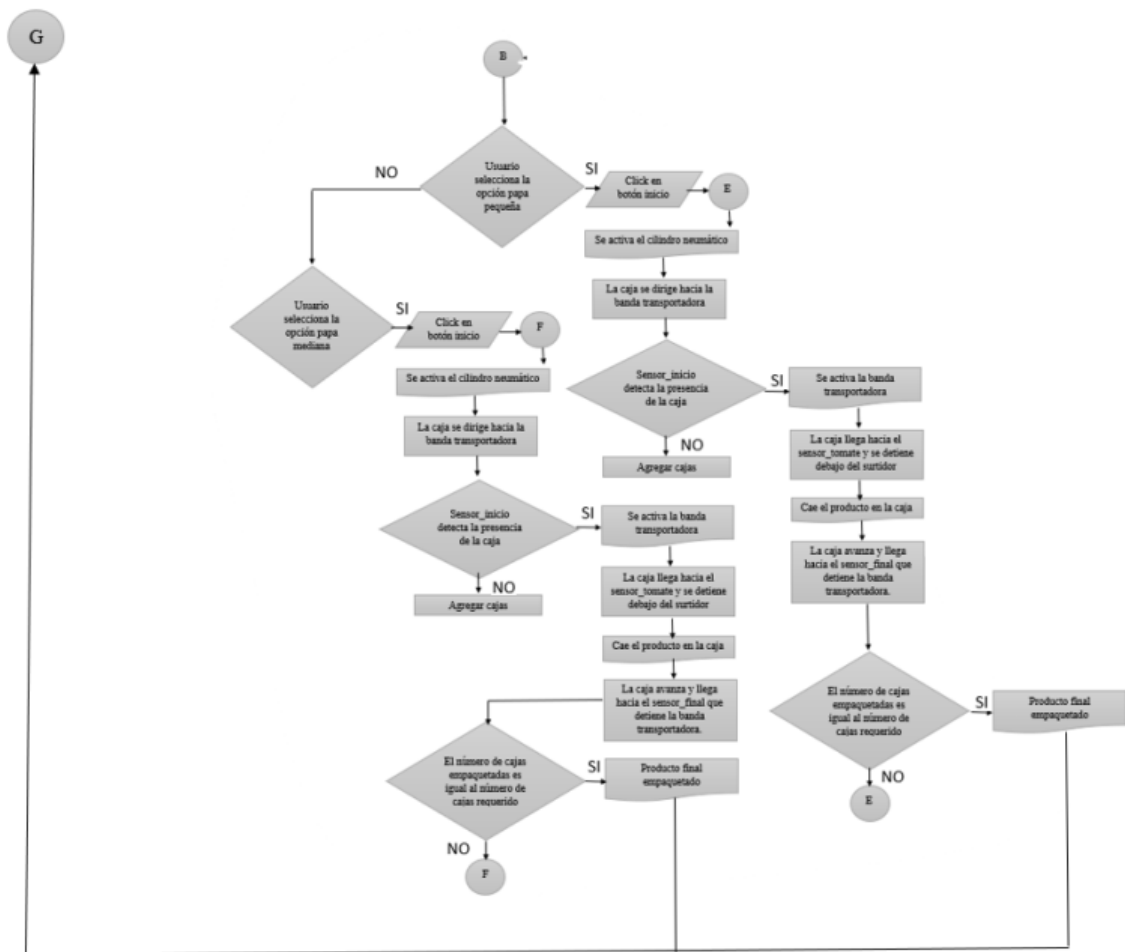


Ilustración 40-3: Parte 3 del diagrama de flujo del proceso de empaquetado de papa y tomate

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.6.2. Diagrama de Conexión Eléctrica

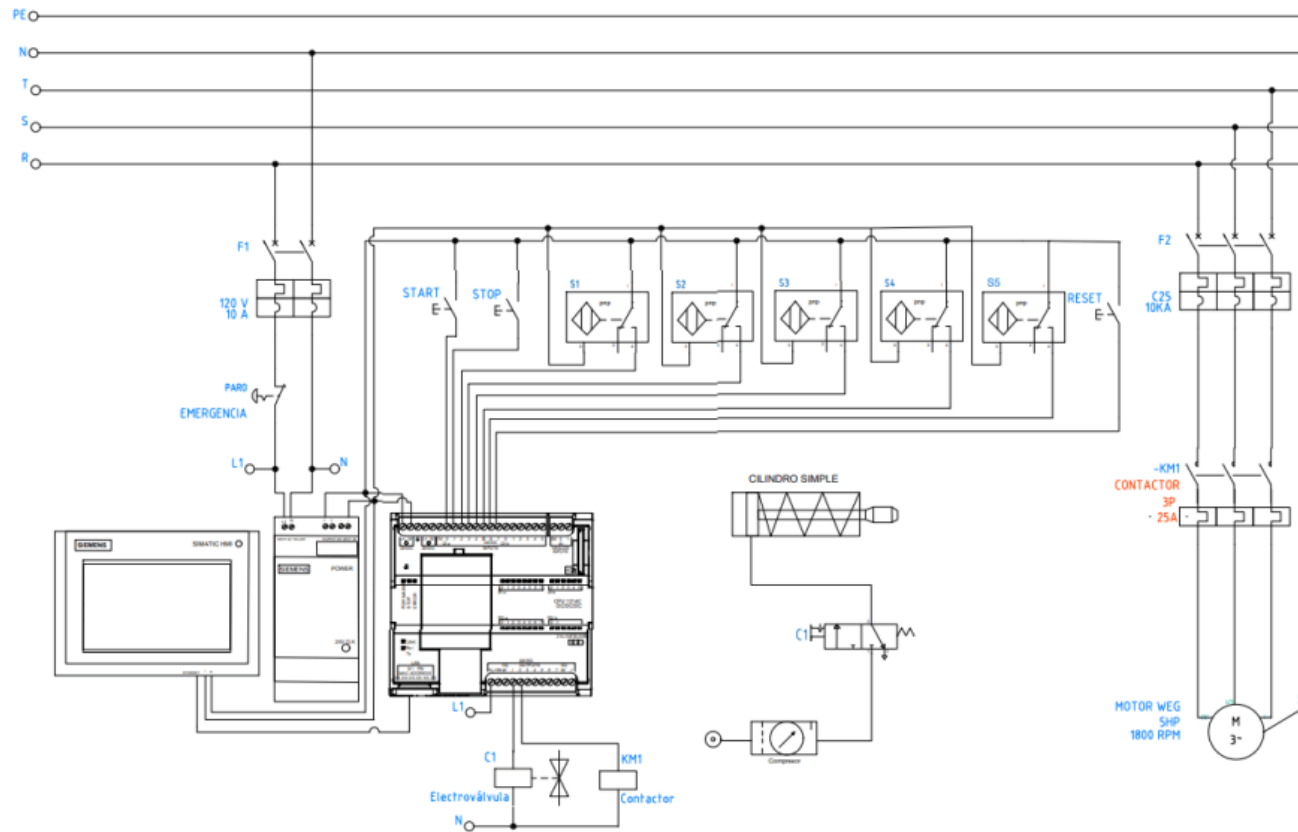


Ilustración 41-3: Diagrama de conexión eléctrica del proceso de empaquetado de papa y tomate

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.6.2.1. Esquema de conexión del Módulo de Adquisición de Datos, Control y Actuación

En la ilustración 42-3 se presenta el esquema de conexión perteneciente a este módulo que es alimentado por una red trifásica de donde se toma el neutro y la línea R para alimentar a una fuente de 24V DC la cual alimenta al PLC, dicha fuente está protegida por 2 fusibles que están asociados a un paro de emergencia en caso de que se presente algún problema en el proceso, de esta forma se corta el suministro de energía eléctrica a todo el sistema.

Para entender cómo se realiza la conexión de cada uno de los elementos que intervienen en este apartado se presenta a continuación la Tabla 9-3 que indica los aspectos importantes a tener en cuenta.

Tabla 9-3: Elementos y entradas en el PLC

Elemento de Entrada	Entrada en el PLC
START	I0.0
STOP	I0.1
Sensor_Cajas	I0.2
Sensor_Inicio	I0.3
Sensor_Tomate	I0.4
Sensor_Papa	I0.5
Sensor_Final	I0.6
RESET	I0.7

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Es importante señalar que los sensores capacitivos utilizados para la adquisición de datos durante el proceso de empaquetado son del tipo PNP lo que indica que en su interior poseen un switch que pasa de un estado OFF a un estado ON una vez que reciben el voltaje de 24VDC proveniente del PLC, permitiendo así detectar la presencia del empaque durante el proceso de empaquetado esto dependiendo de la selección que haya tomado el usuario.

Por otro lado, las salidas asociadas al PLC se describen en la Tabla 10-3:

Tabla 10-3: Elementos y salidas en el PLC

Elemento de Salida	Salidas en el PLC
Electroválvula	Q0.1
Contactador	Q0.2

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Una vez accionada la salida Q0.1 activa una electroválvula para controlar al cilindro neumático, mientras que si se acciona la salida Q0.2 se acciona el contactor KM1 que es alimentado por una red trifásica y que posee una protección de 25A que ingresan al motor trifásico ubicado en la banda transportadora.

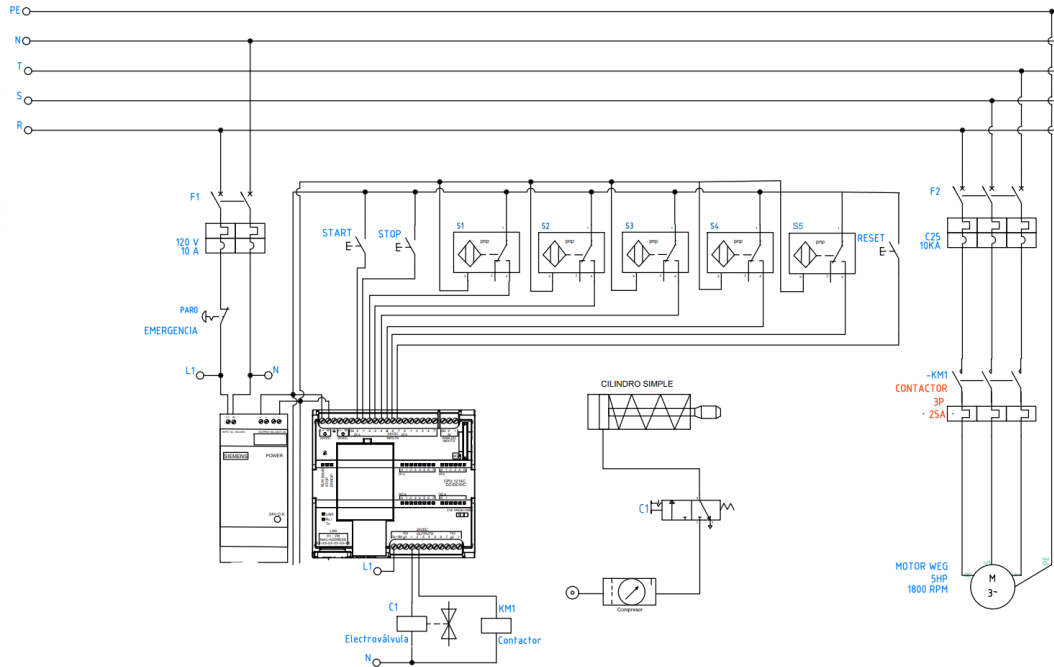


Ilustración 42-3: Conexión del Módulo de Adquisición de Datos, Control y Actuación

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.6.2.2. Esquema de conexión del Módulo de Administración, Control y Visualización de la Información

Como se muestra en la ilustración 43-3 perteneciente al esquema de conexión de este módulo al igual que el módulo anterior, la pantalla HMI esta alimentada por la fuente de alimentación que posee un voltaje de 24VDC y a su vez está conectada al PLC mediante un puerto ethernet

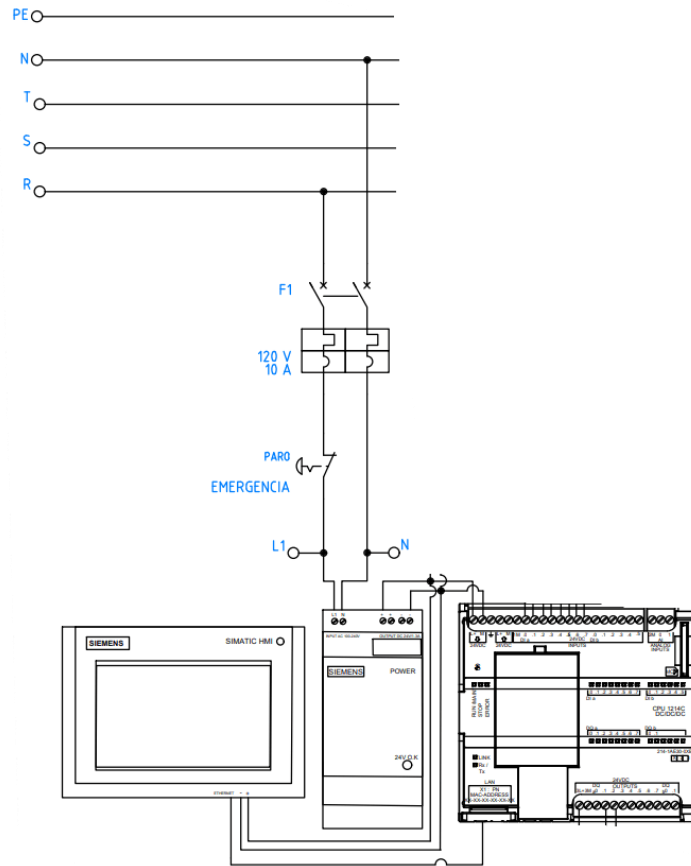


Ilustración 43-3: Conexión del Módulo de Administración, Control y Visualización de la Información

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

3.6.3. Diagrama P&ID

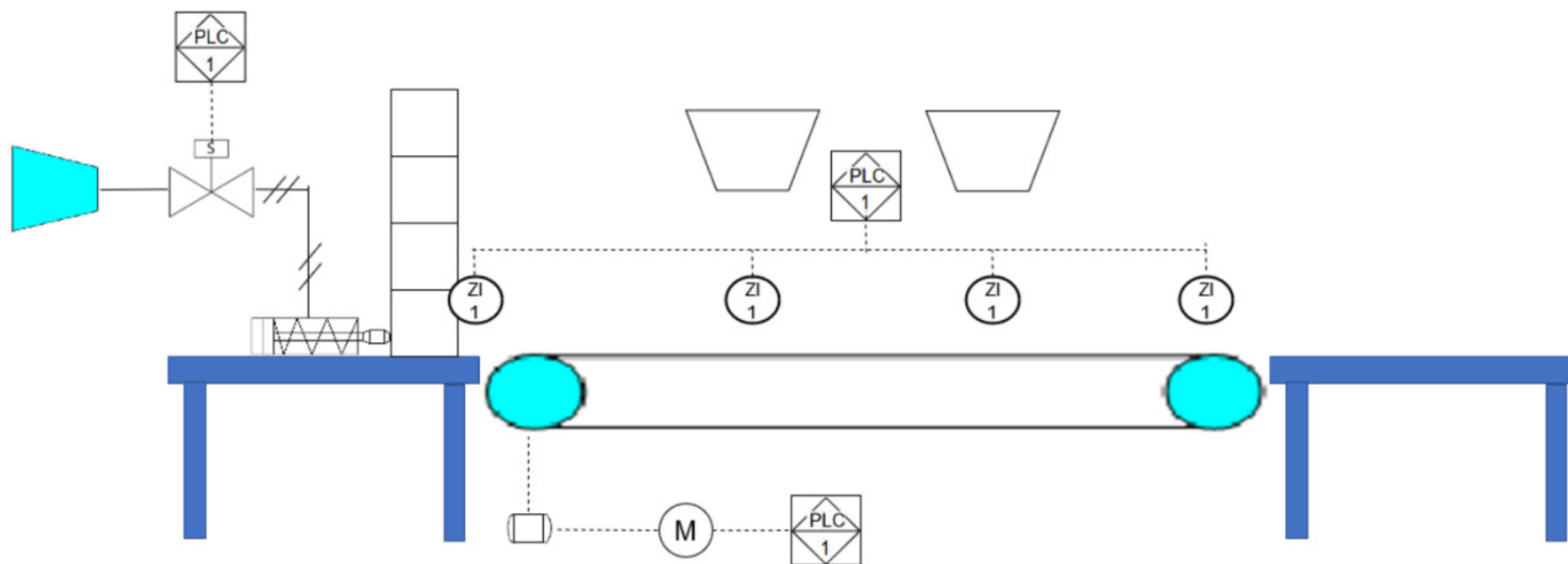




Ilustración 44-3: Esquema de conexión del Módulo de Adquisición de Datos, Control y Actuación

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Como se evidencia en la ilustración 44-3 todo el proceso de empaquetado está controlado por un solo PLC razón por la cual se utiliza un solo lazo de control para la nomenclatura general del diagrama P&ID, cabe recalcar que para la elaboración de este diagrama se utilizó la Norma ISA S5.1 que es aplicada para la Identificación y Símbolos de Instrumentación para los diagramas P&ID. Para comprender de mejor manera a continuación se muestra una Tabla 11-3 en donde se detallan los símbolos de los dispositivos de instrumentación:

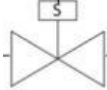

Tabla 11-3: Símbolos de dispositivos de Instrumentación

Símbolo	Ubicación	Función	Numero de Lazo
	Panel Principal	PLC	1
	Montaje en campo	Instrumentos discretos	1

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

También es necesario detallar los símbolos de los elementos finales de control, información que se detalla a continuación en la Tabla 12-3:

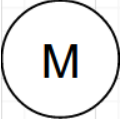
Tabla 12-3: Símbolos de elementos finales de control

Símbolo	Descripción
	Electroválvula
	Motor Eléctrico

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Los símbolos de los actuadores que se utilizan en el diagrama P&ID se detallan en la Tabla 13-3:

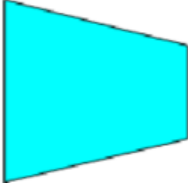

Tabla 13-3: Símbolos de actuadores

Símbolo	Descripción
	Motor rotatorio (eléctrico, hidráulico o neumático)

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Para los equipos del proceso se utiliza la simbología que se observa en la Tabla 14-3:



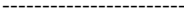
Tabla 14-3: Simbología de equipos del proceso

Símbolo	Descripción
	Compresor
	Banda Transportadora

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Para la conexión entre instrumento a instrumento los símbolos que se utilizan se detallan en la Tabla 15-3.

Tabla 15-3: Símbolos de líneas de conexión de instrumento a instrumento

Símbolo	Tipo de conexión
	Señal variable
	Señal neumática
	Señal eléctrica

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Y por último en la Tabla 16-3 se detalla el significado de la nomenclatura utilizada para detallar la función que cumple cada dispositivo de instrumentación:

Tabla 16-3: Nomenclatura para el Diagrama P&ID

Nomenclatura	Descripción
ZI	Indicador de posición (para el proceso se utiliza un sensor capacitivo).
PLC	Controlador Lógico Programable.

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

CAPÍTULO V

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Prueba de conexión entre TIA Portal y KEPServerEX

Esta prueba consiste en determinar la conexión entre las variables creadas para la programación del PLC en TIA Portal y las variables creadas en el servidor OPC levantado en *KEPServerEX*. Como se observa en la Tabla 1-4, la calidad de la conexión es satisfactoria para cada una de las variables.

Tabla 1-4: Prueba de conexión entre TIA Portal y *KEPServerEX*

Variable PLC	Dirección	Tipo de Dato	Calidad de Conexión
A_mas	M8.1	Booleano	Good
A_menos	M9.1	Booleano	Good
banda	M8.2	Booleano	Good
fuelle_cajas	M8.7	Booleano	Good
papa_mediana	M8.4	Booleano	Good
papa_pequeña	M8.3	Booleano	Good
sensor_cajas	M1.2	Booleano	Good
sensor_final	M1.1	Booleano	Good
sensor_inicio	M9.2	Booleano	Good
sensor_papa	M0.7	Booleano	Good
sensor_tomate	M0.6	Booleano	Good
tomate_mediano	M8.6	Booleano	Good
tomate_pequeño	M8.5	Booleano	Good

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Para la verificación de la comunicación entre las variables creadas tanto en TIA Portal como en *KEPServerEX* en la ilustración 1-4, se adjunta una captura de pantalla que evidencia la buena calidad de conexión

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.tomate_pequeño	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.tomate_mediano	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.sensor_tomate	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.sensor_papa	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.sensor_inicio	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.sensor_final	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.sensor_cajas	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.papa_pequeña	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.papa_mediana	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.fuente_cajas	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.banda	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.A_menos	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.A_mas	Boolean	0	11:03:48.565	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.Slot	Byte	1	11:00:30.033	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.Rack	Byte	0	11:00:30.033	Good
conexion_nx_tiaportal.plc_nx.CurrentPDUSize	Word	240	11:03:49.491	Good

Ilustración 1-4: Evidencia de la comunicación entre TIA Portal y *KEPServerEX*

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

4.2. Prueba de conexión entre Siemens NX y *KEPServerEX*

En este apartado se realizó las pruebas de conexión de las señales de MCD tanto de entrada como de salida generadas en Siemens NX, la cual consiste en realizar un mapeo de señales para ubicar los canales de conexión generados en *KEPServerEX* y previamente conectados al TIA Portal. Como se evidencia en la Tabla 2-4. El esquema de conexión es correcto ya que se reconocieron las señales emitidas por estos dos *softwares*, permitiendo el funcionamiento del entorno de simulación del proceso de empaquetado.

Tabla 2-4: Prueba de conexión entre *Siemens NX* y *KEPServerEX*

Nombre de la conexión	Nombre de la señal de MCD	Dirección	Nombre de la señal externa
Global_tomate_pequeño_tomate_pequeño	tomate_pequeño	Entrada	tomate_pequeño
Global_tomate_mediano_tomate_mediano	tomate_mediano	Entrada	tomate_mediano
Global_sensor_tomate_sensor_tomate	sensor_tomate	Salida	sensor_tomate
Global_sensor_papa_sensor_papa	sensor_papa	Salida	sensor_papa
Global_sensor_inicio_sensor_inicio	sensor_inicio	Salida	sensor_inicio
Global_sensor_final_sensor_final	sensor_final	Salida	sensor_final
Global_sensor_cajas_sensor_cajas	sensor_cajas	Salida	sensor_cajas
Global_papa_pequeña_papa_pequeña	papa_pequeña	Entrada	papa_pequeña
Global_papa_mediana_papa_mediana	papa_mediana	Entrada	papa_mediana
Global_fuente_cajas_fuente_cajas	fuente_cajas	Entrada	fuente_cajas
Global_banda_banda	banda	Entrada	banda
Global_A_menos_A_menos	A_menos	Entrada	A_menos
Global_A_mas_A_mas	A_mas	Entrada	A_mas

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Como evidencia de la conexión entre señales provenientes de los softwares antes mencionados se adjunta una captura de su correcto funcionamiento en la ilustración 2-4.

Nombre de la conexión	Nombre de la señal de MCD	Dirección	Nombre de la señal externa
OPC DA.Keplware.KEPSEverEX.V6			
Global_tomate_pequeño_tomate_pequeño	tomate_pequeño	←	tomate_pequeño
Global_tomate_mediano_tomate_mediano	tomate_mediano	←	tomate_mediano
Global_sensor_tomate_sensor_tomate	sensor_tomate	→	sensor_tomate
Global_sensor_papa_sensor_papa	sensor_papa	→	sensor_papa
Global_sensor_inicio_sensor_inicio	sensor_inicio	→	sensor_inicio
Global_sensor_final_sensor_final	sensor_final	→	sensor_final
Global_sensor_cajas_sensor_cajas	sensor_cajas	→	sensor_cajas
Global_papa_pequeña_papa_pequeña	papa_pequeña	←	papa_pequeña
Global_papa_mediana_papa_mediana	papa_mediana	←	papa_mediana
Global_fuente_cajas_fuente_cajas	fuente_cajas	←	fuente_cajas
Global_banda_banda	banda	←	banda
Global_A_menos_A_menos	A_menos	←	A_menos
Global_A_mas_A_mas	A_mas	←	A_mas

Ilustración 2-4: Evidencia de la comunicación entre *Siemens NX* y *KEPSEverEX*

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

4.3. Acciones a considerar en la simulación del proceso de empaquetado

La estación de empaquetamiento que se diseñó debe cumplir con las siguientes acciones:

- El usuario genera una orden desde el HMI o la interfaz web.
- El PLC recibe la orden y se accionan los actuadores.
- Cuando se acciona el botón de inicio, se envían los datos del pedido hacia una hoja de cálculo.
- Cuando se acciona el cilindro neumático, empuja el empaque hacia la banda transportadora.
- El sensor detecta la presencia del empaque y se activa la banda transportadora
- Dependiendo del tipo de producto que se haya seleccionado inicialmente, la banda se detiene debajo del surtidor correspondiente, donde se empaqa.
- Una vez empaçado, la banda continúa su recorrido, hasta que el sensor colocado al final de la banda transportadora detecta la presencia del empaque. En este punto, el sensor envía una señal al PLC para la contabilidad de las cajas.

Para ello, las diferentes simulaciones realizadas fueron experimentales, con el uso del *software SIEMENS NX*, configurando los elementos, variando las distancias de detección de los sensores, probando con diferentes propiedades físicas de los elementos. De esta manera, a continuación, se registran los resultados en cuanto a la programación y los diseños y configuración de la interfaz web y HMI. Así también, la gestión de los datos del historial de producción.

4.4. Resultados de la programación, diseño y simulación del proceso de empaquetado

Tras realizar un análisis de prueba y error referente a la localización de los dispositivos tanto de sensado (sensores capacitivos), actuación (cilindro neumático) y demás elementos complementarios para la simulación (caja, dispensador de caja, surtidores de papa y tomate y mesas de trabajo) se obtuvo una respuesta favorable en cuanto a la ubicación estratégica en la que

se colocó cada elemento antes mencionado, lo que se pudo comprobar al momento de iniciar con la simulación ya que el proceso se llevó de manera correcta obteniendo así los resultados esperados como: la correcta ubicación de los sensores en la banda transportadora, haciendo que, una vez que detecte la presencia del empaque, este se detenga debajo de los surtidores del producto seleccionado para su posterior empaquetado. También se pudo evidenciar el correcto funcionamiento del cilindro neumático ya que al suministrar cajas en el surtidor y presionar en el botón inicio, este se acciona y envía la caja hacia la banda transportadora iniciando así con todo el proceso de empaquetado. La programación correspondiente a este proceso se puede evidenciar en el anexo K y el resultado de dicha simulación se observa en la ilustración 3-4.

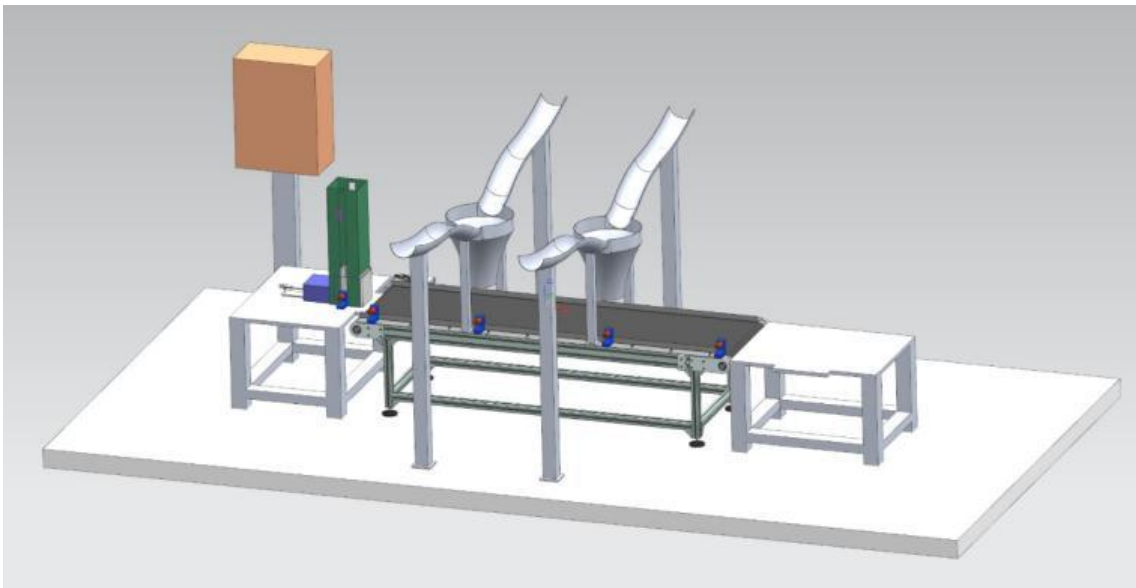


Ilustración 3-4: Proceso de empaquetado simulado en NX SIEMENS

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023

4.5. Caracterización del módulo de administración, control y visualización de la información

En esta sección se hace un análisis de la información generada a partir de los pedidos de papa o tomate que puedan registrarse mediante la pantalla HMI o la interfaz web. Así también se evalúa la funcionalidad del sistema de trazabilidad, registro de activación de los sensores y tiempos de ejecución desde que inicia hasta que termina el proceso de empaquetado.

4.5.1. Validación del diseño de la interfaz web

Mediante la utilización de la interfaz *web* para la generación del pedido en cuanto al tipo de producto y cantidad de cajas que se desean empaquetar. En la ilustración 4-4, se observa que, dependiendo de la selección del producto (tomate pequeño o mediano y papa pequeña o mediana)

el estado en el que se encuentran los actuadores y sensores varía. Dicha variación se visualiza mediante la activación o desactivación de los leds indicadores, que se encuentran colocados en la interfaz web. También, se identifica la cantidad de cajas que se desea empacar y si la cantidad de cajas que se obtiene al final del proceso es la requerida.



Ilustración 4-4: Validación del envío del pedido desde la interfaz *web*

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

4.5.2. Validación del diseño de la pantalla HMI

Al utilizar la pantalla HMI para la generación del pedido correspondiente al tipo de producto y cantidad de cajas que se desea empacar. En la ilustración 5-4, se observa que, al igual que en el apartado anterior, la respuesta es favorable puesto que, dependiendo de la selección del producto (tomate pequeño o mediano y papa pequeña o mediana) el estado en el que se encuentran los actuadores y sensores variará. Esta variación se visualiza mediante la activación o desactivación de los leds indicadores que se encuentran colocados en la interfaz *web*. También, se identifica la cantidad de cajas que se desea empacar y si la cantidad de cajas que se obtiene al final del proceso es la requerida.

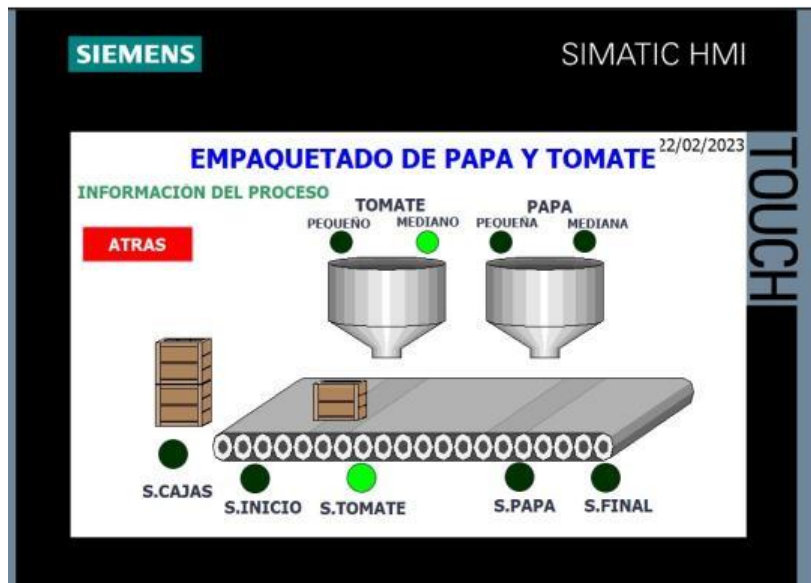


Ilustración 5-4: Validación del envío del pedido desde TIA Portal

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

4.6. Validación del sistema de trazabilidad del proceso de empaquetado

En este apartado se presentan los resultados obtenidos luego de realizar varias pruebas de funcionamiento en el cual se registraban varios datos como: selección del producto por parte del usuario, tiempo de ejecución para obtener el producto seleccionado empaquetado, la activación y desactivación de los sensores de inicio, tomate, papa y fin para de esta forma obtener también un registro del tiempo de ejecución en el cual se obtiene el producto final empaquetado.

4.6.1. Registro de la selección del tipo de producto

Como se evidencia en las tablas 3-4, 4-4, 5-4 y 6-4 cuando el usuario ha seleccionado el producto que desea empaquetar se registra la información en una hoja de cálculo con la hora en la que se realizó el pedido, también se muestra el producto a empaquetar, así como, el nombre del usuario y la cantidad de cajas requeridas.

Tabla 3-4: Registro de la selección de tomate pequeño

Marca temporal	Producto seleccionado	Nombre del usuario	Cantidad de cajas a empaquetar
02/23/2023 15:56:34	Tomate pequeño	Supermercados Sur	10

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 4-4: Registro de la selección de tomate pequeño

Marca temporal	Producto seleccionado	Nombre del usuario	Cantidad de cajas a empaquetar
2/23/2023 16:20:48	Tomate Mediano	Supermercados Sur	10

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 5-4: Registro de la selección de papa pequeña

Marca temporal	Producto seleccionado	Nombre del usuario	Cantidad de cajas a empaquetar
2/23/2023 16:44:17	Papa pequeña	Supermercados Sur	10

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 6-4: Registro de la selección de papa pequeña

Marca temporal	Producto seleccionado	Nombre del usuario	Cantidad de cajas a empaquetar
2/23/2023 17:00:27	Papa Mediana	Supermercados Sur	10

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

4.6.2. *Registro del funcionamiento del sensor_inicio*

En la tabla 7-4, 8-4, 9-4 y 10-4 se presentan los resultados obtenidos tras realizar un pedido correspondiente a 10 cajas empaquetadas de tomate pequeño, tomate mediano, papa pequeña y papa mediana seleccionados respectivamente por el usuario, en donde se puede concluir su correcto funcionamiento ya que dependiendo si se detecta o no la presencia de un empaque el estado de los sensores colocados a lo largo de la banda transportadora variará pasando de un estado activado a desactivado registrando también la hora en la que se dio este cambio.

Tabla 7-4: Registro del funcionamiento del sensor_inicio para tomate pequeño

Marca temporal	Sensor Inicio
2/23/2023 15:56:35	sensor activado
2/23/2023 15:56:35	sensor desactivado
2/23/2023 15:56:56	sensor activado
2/23/2023 15:56:57	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:15	sensor activado
2/23/2023 15:57:16	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:34	sensor activado
2/23/2023 15:57:35	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:53	sensor activado
2/23/2023 15:57:54	sensor desactivado
2/23/2023 15:58:12	sensor activado

2/23/2023 15:58:13	sensor desactivado
2/23/2023 15:58:32	sensor activado
2/23/2023 15:58:32	sensor desactivado
2/23/2023 15:58:57	sensor activado
2/23/2023 15:58:58	sensor desactivado
2/23/2023 15:59:26	sensor activado
2/23/2023 15:59:27	sensor desactivado
2/23/2023 15:59:48	sensor activado
2/23/2023 15:59:49	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 8-4: Registro del funcionamiento del sensor_inicio para tomate mediano

Marca temporal	Sensor Inicio
2/23/2023 16:20:49	sensor activado
2/23/2023 16:20:49	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:05	sensor activado
2/23/2023 16:21:05	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:21	sensor activado
2/23/2023 16:21:22	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:37	sensor activado
2/23/2023 16:21:38	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:53	sensor activado
2/23/2023 16:21:54	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:09	sensor activado
2/23/2023 16:22:10	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:25	sensor activado
2/23/2023 16:22:26	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:41	sensor activado
2/23/2023 16:22:42	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:57	sensor activado
2/23/2023 16:22:58	sensor desactivado
2/23/2023 16:23:13	sensor activado
2/23/2023 16:23:15	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 9-4: Registro del funcionamiento del sensor_inicio para papa pequeña

Marca temporal	Sensor Inicio
2/23/2023 16:44:18	sensor activado
2/23/2023 16:44:19	sensor desactivado
2/23/2023 16:44:37	sensor activado
2/23/2023 16:44:39	sensor desactivado
2/23/2023 16:44:57	sensor activado
2/23/2023 16:44:58	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:16	sensor activado
2/23/2023 16:45:17	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:35	sensor activado
2/23/2023 16:45:36	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:54	sensor activado
2/23/2023 16:45:55	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:13	sensor activado
2/23/2023 16:46:14	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:32	sensor activado
2/23/2023 16:46:34	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:52	sensor activado
2/23/2023 16:46:53	sensor desactivado
2/23/2023 16:47:11	sensor activado
2/23/2023 16:47:12	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 10-4: Registro del funcionamiento del sensor_inicio para papa mediana

Marca temporal	Sensor Inicio
2/23/2023 17:00:28	sensor activado
2/23/2023 17:00:29	sensor desactivado
2/23/2023 17:00:44	sensor activado
2/23/2023 17:00:45	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:00	sensor activado
2/23/2023 17:01:01	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:17	sensor activado
2/23/2023 17:01:18	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:33	sensor activado
2/23/2023 17:01:35	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:51	sensor activado
2/23/2023 17:01:52	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:07	sensor activado
2/23/2023 17:02:08	sensor desactivado

2/23/2023 17:02:23	sensor activado
2/23/2023 17:02:24	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:39	sensor activado
2/23/2023 17:02:40	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:56	sensor activado
2/23/2023 17:02:56	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

4.6.3. Registro del funcionamiento del sensor_tomate

Como se visualiza en las tablas 11-4, 12-4, se muestran los datos obtenidos referentes al registro de un pedido correspondiente a 10 cajas empaquetadas de tomate pequeño y tomate mediano respectivamente en donde se comprueba que el empaque se detiene durante un lapso de tiempo para que el producto seleccionado caiga dentro de él, mientras que, en las tablas 13-4 y 14-4 para cuando haya seleccionado la opción de papa pequeña y papa mediana respectivamente el empaque continuara con su recorrido sin detenerse pero se registra la activación o desactivación de este.

Tabla 11-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para tomate pequeño

Marca temporal	Activación Sensor Tomate
2/23/2023 15:56:38	sensor activado
2/23/2023 15:56:47	sensor desactivado
2/23/2023 15:56:59	sensor activado
2/23/2023 15:57:08	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:18	sensor activado
2/23/2023 15:57:27	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:37	sensor activado
2/23/2023 15:57:46	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:56	sensor activado
2/23/2023 15:58:05	sensor desactivado
2/23/2023 15:58:15	sensor activado
2/23/2023 15:58:24	sensor desactivado
2/23/2023 15:58:36	sensor activado
2/23/2023 15:58:44	sensor desactivado
2/23/2023 15:59:02	sensor activado
2/23/2023 15:59:12	sensor desactivado
2/23/2023 15:59:32	sensor activado
2/23/2023 15:59:41	sensor desactivado
2/23/2023 15:59:51	sensor activado
2/23/2023 16:00:00	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 12-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para tomate mediano

Marca temporal	Activación Sensor Tomate
2/23/2023 16:20:51	sensor activado
2/23/2023 16:20:57	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:07	sensor activado
2/23/2023 16:21:13	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:24	sensor activado
2/23/2023 16:21:30	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:40	sensor activado
2/23/2023 16:21:46	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:56	sensor activado
2/23/2023 16:22:03	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:12	sensor activado
2/23/2023 16:22:19	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:28	sensor activado
2/23/2023 16:22:34	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:44	sensor activado
2/23/2023 16:22:50	sensor desactivado
2/23/2023 16:23:01	sensor activado
2/23/2023 16:23:07	sensor desactivado
2/23/2023 16:23:17	sensor activado
2/23/2023 16:23:23	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 13-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para papa pequeña

Marca temporal	Activación Sensor Tomate
2/23/2023 16:44:21	sensor activado
2/23/2023 16:44:22	sensor desactivado
2/23/2023 16:44:40	sensor activado
2/23/2023 16:44:42	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:00	sensor activado
2/23/2023 16:45:01	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:19	sensor activado
2/23/2023 16:45:20	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:38	sensor activado
2/23/2023 16:45:39	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:57	sensor activado
2/23/2023 16:45:58	sensor desactivado

2/23/2023 16:46:16	sensor activado
2/23/2023 16:46:17	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:35	sensor activado
2/23/2023 16:46:36	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:55	sensor activado
2/23/2023 16:46:55	sensor desactivado
2/23/2023 16:47:14	sensor activado
2/23/2023 16:47:15	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 14-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para papa mediana

Marca temporal	Activación Sensor Tomate
2/23/2023 17:00:31	sensor activado
2/23/2023 17:00:32	sensor desactivado
2/23/2023 17:00:47	sensor activado
2/23/2023 17:00:48	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:03	sensor activado
2/23/2023 17:01:04	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:21	sensor activado
2/23/2023 17:01:22	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:38	sensor activado
2/23/2023 17:01:39	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:54	sensor activado
2/23/2023 17:01:55	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:10	sensor activado
2/23/2023 17:02:12	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:26	sensor activado
2/23/2023 17:02:27	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:42	sensor activado
2/23/2023 17:02:43	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:58	sensor activado
2/23/2023 17:02:59	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

4.6.4. Registro del funcionamiento del sensor_papa

Como se muestra en las tablas 15-4, 16-4, se muestran los datos obtenidos referentes al registro de un pedido correspondiente a 10 cajas empaquetadas de papa pequeña y papa mediana respectivamente, de donde se concluye el funcionamiento correcto de este sensor puesto que el empaque se detiene durante un lapso de tiempo para que el producto seleccionado caiga dentro

de él, por otra parte, en las tablas 17-4 y 18-4 si el usuario selecciono la opción de tomate pequeña y tomate mediano respectivamente el empaque no se detendrá y continuará con el proceso sin detenerse pero se registra la activación o desactivación de este.

Tabla 15-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para papa pequeña

Marca temporal	Activación Sensor Papa
2/23/2023 16:44:25	sensor activado
2/23/2023 16:44:35	sensor desactivado
2/23/2023 16:44:44	sensor activado
2/23/2023 16:44:53	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:04	sensor activado
2/23/2023 16:45:13	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:23	sensor activado
2/23/2023 16:45:32	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:42	sensor activado
2/23/2023 16:45:51	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:01	sensor activado
2/23/2023 16:46:10	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:20	sensor activado
2/23/2023 16:46:29	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:40	sensor activado
2/23/2023 16:46:48	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:59	sensor activado
2/23/2023 16:47:08	sensor desactivado
2/23/2023 16:47:18	sensor activado
2/23/2023 16:47:27	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 16-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para papa mediana

Marca temporal	Activación Sensor Papa
2/23/2023 17:00:35	sensor activado
2/23/2023 17:00:41	sensor desactivado
2/23/2023 17:00:50	sensor activado
2/23/2023 17:00:57	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:07	sensor activado
2/23/2023 17:01:13	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:24	sensor activado
2/23/2023 17:01:31	sensor desactivado

2/23/2023 17:01:42	sensor activado
2/23/2023 17:01:48	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:58	sensor activado
2/23/2023 17:02:04	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:14	sensor activado
2/23/2023 17:02:20	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:30	sensor activado
2/23/2023 17:02:36	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:46	sensor activado
2/23/2023 17:02:52	sensor desactivado
2/23/2023 17:03:02	sensor activado
2/23/2023 17:03:08	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 17-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para tomate pequeño

Marca temporal	Activación Sensor Papa
2/23/2023 15:56:50	sensor activado
2/23/2023 15:56:51	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:11	sensor activado
2/23/2023 15:57:12	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:30	sensor activado
2/23/2023 15:57:31	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:49	sensor activado
2/23/2023 15:57:50	sensor desactivado
2/23/2023 15:58:08	sensor activado
2/23/2023 15:58:09	sensor desactivado
2/23/2023 15:58:27	sensor activado
2/23/2023 15:58:29	sensor desactivado
2/23/2023 15:58:48	sensor activado
2/23/2023 15:58:50	sensor desactivado
2/23/2023 15:59:19	sensor activado
2/23/2023 15:59:21	sensor desactivado
2/23/2023 15:59:44	sensor activado
2/23/2023 15:59:45	sensor desactivado
2/23/2023 16:00:03	sensor activado
2/23/2023 16:00:04	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 18-4: Registro del funcionamiento del sensor_tomate para tomate mediano

Marca temporal	Activación Sensor Papa
2/23/2023 16:21:00	sensor activado
2/23/2023 16:21:01	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:16	sensor activado
2/23/2023 16:21:18	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:33	sensor activado
2/23/2023 16:21:34	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:49	sensor activado
2/23/2023 16:21:50	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:05	sensor activado
2/23/2023 16:22:06	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:21	sensor activado
2/23/2023 16:22:22	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:37	sensor activado
2/23/2023 16:22:38	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:53	sensor activado
2/23/2023 16:22:54	sensor desactivado
2/23/2023 16:23:10	sensor activado
2/23/2023 16:23:11	sensor desactivado
2/23/2023 16:23:25	sensor activado
2/23/2023 16:23:27	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

4.6.5. Registro del funcionamiento del sensor_final

Como se evidencia en las tablas 19-4, 20-4, 21-4 y 22-4, representan los registros obtenidos al empaquetar 10 cajas de tomate pequeño, tomate mediano, papa pequeña y papa mediana, respectivamente. Cuando las cajas empaquetadas pasen por el sensor del final, en donde cumple 2 funciones, la primera función es la de incrementar en 1 el contador de la programación realizada en Tia Portal y la segunda función es la de identificar si las cajas pasaron por este sensor.

Tabla 19-4: Registro del funcionamiento del sensor_final para tomate pequeño

Marca temporal	Activación Sensor Final
2/23/2023 15:56:54	sensor activado
2/23/2023 15:56:55	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:15	sensor activado
2/23/2023 15:57:16	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:34	sensor activado
2/23/2023 15:57:35	sensor desactivado
2/23/2023 15:57:53	sensor activado
2/23/2023 15:57:54	sensor desactivado
2/23/2023 15:58:12	sensor activado
2/23/2023 15:58:13	sensor desactivado
2/23/2023 15:58:31	sensor activado
2/23/2023 15:58:33	sensor desactivado
2/23/2023 15:58:56	sensor activado
2/23/2023 15:58:58	sensor desactivado
2/23/2023 15:59:26	sensor activado
2/23/2023 15:59:28	sensor desactivado
2/23/2023 15:59:47	sensor activado
2/23/2023 15:59:50	sensor desactivado
2/23/2023 16:00:07	sensor activado
2/23/2023 16:00:08	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 20-4: Registro del funcionamiento del sensor_final para tomate mediano

Marca temporal	Activación Sensor Final
2/23/2023 16:21:05	sensor activado
2/23/2023 16:21:05	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:21	sensor activado
2/23/2023 16:21:22	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:37	sensor activado
2/23/2023 16:21:38	sensor desactivado
2/23/2023 16:21:53	sensor activado
2/23/2023 16:21:54	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:09	sensor activado
2/23/2023 16:22:10	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:25	sensor activado
2/23/2023 16:22:26	sensor desactivado

2/23/2023 16:22:41	sensor activado
2/23/2023 16:22:42	sensor desactivado
2/23/2023 16:22:57	sensor activado
2/23/2023 16:22:58	sensor desactivado
2/23/2023 16:23:13	sensor activado
2/23/2023 16:23:16	sensor desactivado
2/23/2023 16:23:30	sensor activado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 21-4: Registro del funcionamiento del sensor_final para papa pequeña

Marca temporal	Activación Sensor Final
2/23/2023 16:44:37	sensor activado
2/23/2023 16:44:39	sensor desactivado
2/23/2023 16:44:57	sensor activado
2/23/2023 16:44:58	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:15	sensor activado
2/23/2023 16:45:17	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:34	sensor activado
2/23/2023 16:45:36	sensor desactivado
2/23/2023 16:45:53	sensor activado
2/23/2023 16:45:55	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:12	sensor activado
2/23/2023 16:46:14	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:31	sensor activado
2/23/2023 16:46:33	sensor desactivado
2/23/2023 16:46:50	sensor activado
2/23/2023 16:46:53	sensor desactivado
2/23/2023 16:47:10	sensor activado
2/23/2023 16:47:12	sensor desactivado
2/23/2023 16:47:29	sensor activado
2/23/2023 16:47:31	sensor desactivado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 22-4: Registro del funcionamiento del sensor_final para papa mediana

Marca temporal	Activación Sensor Final
2/23/2023 17:00:44	sensor activado
2/23/2023 17:00:45	sensor desactivado
2/23/2023 17:00:59	sensor activado
2/23/2023 17:01:00	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:15	sensor activado
2/23/2023 17:01:19	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:33	sensor activado
2/23/2023 17:01:34	sensor desactivado
2/23/2023 17:01:51	sensor activado
2/23/2023 17:01:52	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:07	sensor activado
2/23/2023 17:02:08	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:23	sensor activado
2/23/2023 17:02:24	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:39	sensor activado
2/23/2023 17:02:40	sensor desactivado
2/23/2023 17:02:55	sensor activado
2/23/2023 17:02:56	sensor desactivado
2/23/2023 17:07:06	sensor desactivado
2/23/2023 17:03:11	sensor activado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

4.6.6. Registro del tiempo de ejecución para la obtención del producto final

En este apartado se comprueba el funcionamiento total del proceso ya que en las tablas 23-4, 24-4, 25-4 y 26-4 se evidencia el tiempo total que se requiere para obtener el producto final empaquetado ya que se muestran tanto la hora en la que el proceso de empaquetado inicia y la hora en la que finaliza.

Tabla 23-4: Tiempo total del empaquetado de tomate pequeño

Marca temporal	Tiempo de ejecución
2/23/2023 15:56:35	Pedido Iniciado
2/23/2023 16:00:07	Pedido Terminado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 24-4: Tiempo total del empaquetado de tomate mediano

Marca temporal	Tiempo de ejecución
2/23/2023 16:20:49	sensor activado
2/23/2023 16:23:30	Pedido Terminado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 25-4: Tiempo total del empaquetado de papa pequeña

Marca temporal	Tiempo de ejecución
2/23/2023 16:44:18	sensor activado
2/23/2023 16:47:29	Pedido Terminado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

Tabla 26-4: Tiempo total del empaquetado de papa mediana

Marca temporal	Tiempo de ejecución
2/23/2023 17:00:28	sensor activado
2/23/2023 17:03:11	Pedido Terminado

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

4.7. Estimación de tiempo de empaquetado

Una vez analizados los datos obtenidos a partir de los sensores se hizo una estimación acerca del tiempo empleado en empaquetar un producto como se detalla en la tabla 27-4. De donde se concluye que el tiempo promedio de empaquetado luego de haber realizado 40 muestras se obtiene un valor estimado de 18.05 segundos para obtener el producto final empaquetado.

Tabla 27-4: Estimación del tiempo de empaquetado

Producto	Muestra	Tiempo de empaquetado en Segundos
TOMATE PEQUEÑO	1	24
	2	20
	3	19
	4	19
	5	19
	6	19
	7	24
	8	29
	9	21
	10	19
TOMATE MEDIANO	11	16
	12	16
	13	16
	14	16
	15	16
	16	16
	17	16
	18	16
	19	16
	20	17
PAPA PEQUEÑA	21	19
	22	20
	23	18
	24	18
	25	18
	26	18
	27	18
	28	18
	29	18
	30	18
PAPA MEDIANA	31	16
	32	15
	33	15
	34	16
	35	18
	36	17
	37	16
	38	16
	39	16
	40	20
Tiempo de empaquetado promedio		18,05

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

4.8. Análisis de costos

En la tabla 28-4 se evidencia el análisis económico realizado para una posible implementación del proceso de empaquetado de papa y tomate en el Centro de Producción Agrícola Tunshi, para esto, se consideraron varios aspectos para su análisis como es la cantidad, precio unitario y precio total del componente que se desea adquirir o diseñar. Luego de realizar una búsqueda en diferentes plataformas oficiales referentes a los fabricantes de cada componente se obtuvo que el costo total que tendría implementar este trabajo de integración curricular es de aproximadamente \$7819.98 puesto que los componentes que tienen un mayor precio de adquisición son específicamente los dispositivos utilizados para el control y actuación del proceso como el PLC, la pantalla HMI y el motor trifásico.

Tabla 28-4: Análisis económico para una posible implementación

Componente	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)
Sensor capacitivo BC10-P30SR-VP4X2/3GD	5	\$ 65	\$ 325
Banda transportadora	1	\$ 800	\$ 800
SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC	1	\$ 638.08	\$ 638.08
HMI SIMATIC TP700 Comfort Outdoor	1	\$ 1165.36	\$ 1165.36
Motor trifásico weg	1	\$ 772	\$ 772
Cilindro neumático	1	\$ 100	\$ 100
Mesa de trabajo de acero inoxidable	2	\$ 250	\$ 500
Surtidores de acero inoxidable	2	\$ 150	\$ 300
Complementos	varios	\$ 300	\$ 300
Valor total			\$ 4900.44

Realizado por: Espín, C.; Quinatoa, M., 2023.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se investigó el proceso de empaquetado de la papa y tomate para conocer los componentes que intervienen en su automatización. Se encontró que, para este proceso, los componentes más relevantes son: la banda transportadora, el PLC, la pantalla HMI, el motor trifásico, cinco tipos de sensores capacitivos, y el cilindro neumático.
- Se diseñó la estación de empaquetado de papa y tomate mediante el uso del *software SolidWorks* y *Siemens NX*, para la identificación de los procesos. Para ello, se investigó a profundidad las funciones que contienen, para su optimización, en busca del funcionamiento que permitió mover los componentes, según las necesidades del proyecto.
- Se simuló el proceso de empaquetado de papa y tomate mediante el *software Siemens NX, TIA PORTAL, Server EX* y *NETtoPLCsim*, para la comprobación de funcionamiento. La simulación mediante prueba y error. Se logró una integración entre todos los *softwares*, para una fácil manipulación del proceso del empaquetado, a través de la simulación.
- Se diseñó el HMI para el control y visualización del empaquetado de papa y tomate, con el *software TIA PORTAL*. Se creó una interfaz de usuario interactiva, puesto que se puede ver en tiempo real, la etapa en la que se encuentra el empaque.
- Se gestionó un historial de producción mediante uso de *software Node-Red* y *TIA PORTAL*, para su integración a un sistema de trazabilidad. Con este historial, se puede registrar los datos de los pedidos y gestionar la información del proceso y de los sensores.
- Se integró a una interfaz *web* mediante *software* de programación *Node-Red* y *TIA PORTAL*, el proceso de empaquetado de papa y tomate para el acceso del usuario. Se logró un control del proceso, obteniendo información de cada momento y un control desde diferentes ordenadores.
- De esta manera, las simulaciones dieron resultados positivos, puesto que la estación funcionó en su totalidad.

5.2. Recomendaciones

- Para una correcta identificación de las variables que se vayan a conectar entre *softwares*, se recomienda nombrarlas según la función que vayan a desempeñar dentro del proceso. Esto, con el propósito de realizar un mapeo de señales, ya sea para obtener información, o detectar fallos en la comunicación.
- Para acceder a todas las bondades del *software SolidWorks* se requiere de un ordenador con un procesador de por lo menos CORE I5 de novena generación y espacio libre de memoria de al menos 64GB.
- Para la puesta en funcionamiento de la simulación del proceso de empaquetado de papa y tomate, es importante tener en cuenta que, antes de abrir cualquier otro programa, se debe inicializar *NetToPLCsim*, para evitar problemas en cuanto a la identificación del PLC virtual.
- En caso de llevar a cabo una futura implementación física, se recomienda utilizar las direcciones de entradas y salidas propias del PLC con el cual se vaya a trabajar, puesto que en la programación adjunta en el Anexo K se utilizaron direcciones de memoria para efectos de la simulación y también para evitar errores de comunicación entre los *softwares* empleados.
- Se recomienda, en el caso de implementar en forma física esta estación, que se coloquen tanto el PLC como la pantalla HMI de la misma marca, con el fin de garantizar un funcionamiento óptimo en cada uno de los procesos.

GLOSARIO

Controlador (PLC): Su función principal es detectar diversos tipos de señales del proceso, para luego elaborar y enviar acciones de acuerdo con lo que se ha programado.

Internet: Medio de comunicación entre el PLC y la interfaz web.

Interfaz web: Es la encargada de recibir los pedidos para la realización del proceso de empaquetado.

HMI: Es una interfaz hombre-máquina encargada de enviar las variables de entrada hacia el controlador y mostrar información sobre el proceso.

Computador: Recopilar información del proceso con el propósito de integrarlo a un sistema de trazabilidad.

Balanza: Es un elemento que permite conocer el peso exacto de los productos a empacar.

Contenedor: Elemento empleado para almacenar los productos pesados.

Sensores: El primer sensor permite detectar la presencia del contenedor en el cual se colocarán los productos para su posterior empaquetado y con la ayuda del segundo sensor se detendrá la banda una vez que detecte el paquete, finalizando así el proceso.

Banda Transportadora: Elemento mecánico utilizado para transportar los productos empaquetados.

BIBLIOGRAFÍA

ANAYA, Alfredo. *¿Qué es SolidWorks?* [blog]. La Rioja-España: 8 de octubre, 2018. [Consulta: 19 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=https%3A%2F%2Fwww.adrformacion.com%2Fknowledge%2Fingenieria-y->

ARAOZ FERNÁNDEZ, Mercedes & FERREYROS KUPPERS, Eduardo. *Guía de empaques y embalajes*. Lima- Perú: Dirección Nacional de Desarrollo de Comercio Exterior, 2009. pp. 11-50.

CREUS SOLÉ, Antonio. *Neumática e Hidráulica*. Barcelona - España: Marcombo, 2011. 978-84-267-1861-7. pp. 26.

ESTRADA ROQUE, José Antonio. *Sensor Fotoeléctrico* [blog]. México: 25 de enero del 2019. [09 de febrero del 2023]. Disponible en: <https://www.logicbus.com.mx/Sensores-Fotoelectricos-logicbus.php>

FESTO, TIA Portal [blog]. 13 de mayo, 2021. [19 de febrero 2023]. Disponible en: https://www.festo.com/es/es/e/journal/tia-portal-id_828990/

GSL Industrias. *Sensor de Movimiento* [blog]. México: 15 de noviembre del 2021. [Consulta: 09 febrero 2023]. Disponible en: <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/sensor-de-movimiento>

GÓMEZ ÁLVAREZ, Yesenia, & MARMOLEJO SÁNCHEZ, Daniela María. Diseño de un sistema automático para el empaquetado de tubulares en la Empresa Propilflex Disgomez Ltda. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecatrónica. Santiago de Cali-Colombia. 2018. pp. 24-25.

HONORIO GUZMAN, Geldry Miguel. *Empacado de verduras y frutas frescas* (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Industrias Alimentarias, Lima – Perú. 2017. pp. 17.

HURTADO DASCÓN, Andrea Fernanda. *Evaluación de cinco variedades de tomate (Solanum L.) obtenidas usando germoplasma nativo ecuatoriano frente a dos tratamientos de*

control de plagas, en la provincia de Loja (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología. Cuenca – Ecuador. 2018. pp. 7.

JARAMILLO, Erwin. “Taller de Inducción a la Automatización. Procesos Industriales” *ACADEMIA* (2015) pp. 5-18.

LAGUNA ROQUE, Pedro Xavier. *Evaluación de cinco variedades de papa en dos localidades de la zona de Miraflores Estelí, apante 2018* (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Managua – Nicaragua. 2019. pp. 3-7.

LEÓN RUIZ, Juan Eduardo, TACLE HIMANANTE, Paul Marcelo, SILVA OROZCO, Juan Sebastián & LEMA ASITIMBAY, Cristhiam Alfredo. “Diseño y aplicación del método de riego por goteo en el cultivo de papa en la estación experimental Tunshi”. *Casedelpo* [en línea], 2022 (Ecuador) 7(9), pp. 1556. [Consulta: 21 febrero 2023]. ISSN 2250 – 682X. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4648/11158>

MAYUR, Gandhi. SIEMENS NX: ¿Qué es y para qué sirve? [blog]. 08 de febrero, 2020. [19 de febrero 2023]. Disponible en: <https://www.autycom.com/siemens-nx-que-es-y-para-que-sirve/>

MORENO GARCÍA, Emilio. *Automatización de Procesos Industriales. Robótica y Automática.* Valencia-España: Universitat Politècnica de València, 1999. 978-84-7721-759-6, pp. 1.

PRADO, Efrén. “Implementación de la norma ISA 101, sobre las HMI, pertenecientes a los módulos de instrumentación de la Universidad ECCP”. *ACADEMIA*, vol. 3, n°20 (2019), (Colombia) pp. 4-11.

RAMOS JIMÉNEZ, Francisco Rodolfo. “Las interfaces humano-máquina (HMI) y su importancia en el control de procesos industriales”. *Revista Tecnológica* [en línea], 2012, (El Salvador) 5(5), pp. 13. [Consulta: 14 de noviembre del 2022]. ISSN 2070-0458. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10972/1733>

RECHNER SENSORS. *Sensor capacitivo: Controles de presencia y mediciones de distancia en espacios reducidos* [blog]. Canadá: [09 de febrero del 2023]. Disponible en: <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/sensor-capacitivo>

RECHNER SENSORS. *Sensor inductivo: Detección sin contacto de objetos de metal que se aproximan* [blog]. Canadá: [09 de febrero del 2023]. Disponible en: <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/sensor-inductivo>

RODRIGUEZ PENIN, Aquilino. *Sistemas SCADA*. 3ª ed. México: Alfaomega, 2013. 978-607-707-406-9, pp. 17-18.

SERNA RUIZ, Antonio; ROS GARCÍA, Francisco Antonio; RICO NOGUERA, Juan Carlos. *Guía práctica de sensores*. [en línea]. España: Creaciones Copyright, S.L., 2010. [14 de noviembre del 2022]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CuoXCd6ZZqwC&oi=fnd&pg=PR9&dq=que+es+un+sensor&ots=BwhRa0_Aq4&sig=PVRQSaRNj1q10F0KUx5ni6zZtC8#v=onepage&q=que%20es%20un%20sensor&f=false

TORO ALVAREZ, Vidal Silvio, ESPINOZA ESPINOZA, Armando Esteban & CARPIO COBA, Carlos Francisco. “Evaluación de tres métodos de monitoreo de *trialeurodes vaporariorum* en el cultivo de tomate riñón *lycopersicon sculentum* en Tunshi, Chimborazo, Ecuador”. Libro de Memorias [en línea], 2018 (Ecuador) 5(1), pp. 371 - 387. ISBN: 978-9942-8697-5-3. Disponible en: <https://isbn.cloud/ec/editorial/escuela-superior-politecnica-de-chimborazo>.

TUTOSAUS GÓMEZ, Carlos. *Introducción a la Automatización. Automatas Programables*. Universidad de Vigo, 2005. pp. 1-31.

UGSHA, David, & UGSHA, Luis. “Diseño e Implementación de un Sistema HMI utilizando dispositivos de diferentes tecnologías y comunicaciones inalámbricas para la supervisión y control en tiempo real de la Central Hidroeléctrica “Catazacon” del Cantón Pangua perteneciente a la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi Elepco S.A.”. *Dspace*, (2013), (Ecuador) pp. 2-3.

VALLEJO, Horacio. “PLC Los controladores Lógicos Programables”. *Saber Electrónica* [en línea], 2001, (México) (166), pp. 6-7. [Consulta: 10 de noviembre del 2022]. ISSN 0328-5073. Disponible en: <http://todopic.com.ar/utiles/plc.pdf>

VELÁZQUEZ, Carlos. *Verduras y Hortalizas* [blog]. Madrid - España. Infoalimenta, 11 de julio, 2015. [Consulta: 05 noviembre 2022]. Disponible en: http://infoalimenta.com/biblioteca-alimentos/79/67/tomate/detail_templateSample/

ZAZZALI, Fabricio Tealdo. *Envasado de frutas y hortalizas* [blog]. Chile: Redagícola, 21 de febrero, 2017. [Consulta: 04 noviembre 2022]. Disponible en:

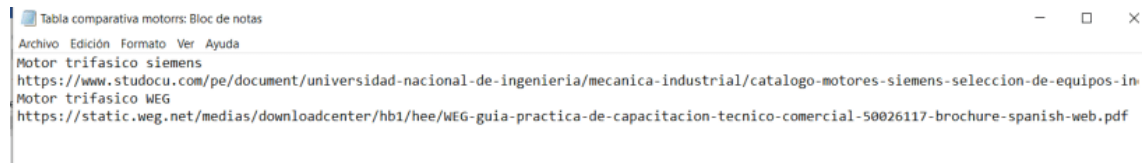
<https://www.redagricola.com/cl/envasado-frutas-hortalizas-cuando-dos-productos-se-hacen-uno/>

ANEXOS

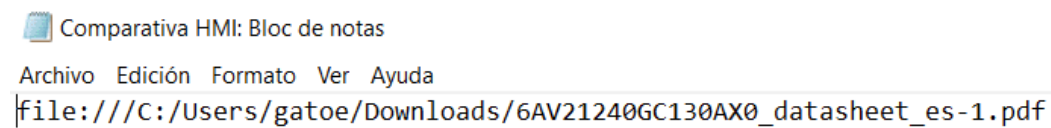
ANEXO A: TABLA COMPARATIVA DE SENSORES



ANEXO B: TABLA COMPARATIVA DE MOTORES



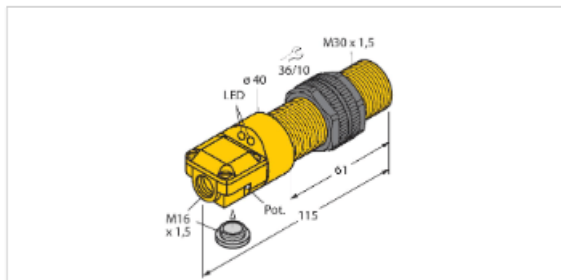
ANEXO C: TABLA COMPARATIVA DE HMI



ANEXO D: FICHA TÉCNICA DEL SENSOR CAPACITIVO

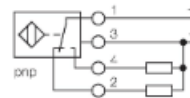
TURCK

BC10-P30SR-VP4X2/3GD Sensor capacitivo



- Tubo roscado, M30 x 1,5
- Plástico, ABS
- Sensibilidad ajustable por potenciómetro
- CC 4 hilos, 10...65 VCC
- Contacto complementario; salida PNP
- Caja de terminales
- ATEX categoría II 3 G, zona Ex 2
- ATEX categoría II 3 D, Ex zona 22

Esquema de conexiones



Principio de Funcionamiento

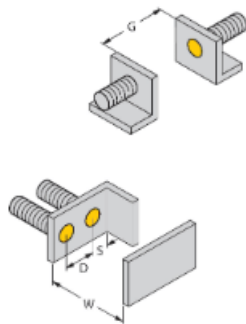
Los sensores capacitivos están diseñados para la detección de objetos metálicos (eléctricamente conductores) **no** metálicos (no conductores) sin contacto ni desgaste.

Tipo	BC10-P30SR-VP4X2/3GD
N.º de ID	2505006
Distancia de detección (a ras)	10 mm
Distancia de conmutación de referencia (no a ras)	15 mm
Distancia de conmutación asegurada	$\leq (0,72 \times S_n)$
Histéresis	1...20 %
Variación de temperatura	Típico 20 %
Precisión de repetición	≤ 2 % del valor final
Temperatura ambiente	-25...+50 °C
Datos eléctricos	
Tensión de servicio	10...65 VCC
Ondulación residual	≤ 10 % U_n
Corriente DC nominal	≤ 200 mA
Corriente sin carga	≤ 15 mA
Corriente residual	$\leq 0,1$ mA
Frecuencia de conmutación	0,1 kHz
Frecuencia de oscilación	Según EN 60947-5-2, 8.2.6.2, Tabla 9: 0,1...2,0 MHz
Tensión de control de aislamiento	$\leq 0,5$ kV
Salida eléctrica	4 hilos, Contacto antivalente, PNP
Protección cortocircuito	sí / cíclica
Caída de tensión a I _n	$\leq 1,8$ V
Protección ante corto-circuito/polaridad inversa	sí / Completa
Aprobación conforme	declaración de conformidad ATEX 3146M
Identificación del aparato	Ⓔ II 3 G EEx nA II T4 X / II 3 D IP67 T 90 °C
Aviso	Utilizar atornilladuras con autorización ATEX.

BC10-P30SR-VP4X2/3GD

Datos mecánicos	
Diseño	Tubo roscado, M30 x 1.5
Medidas	115 mm
Material de la cubierta	Plástico, ABS
Material de la cara activa	ABS, amarillo
Presión admisible en capuchón frontal	≤ 3 bar
Par de apriete máx. de la tuerca de la carcasa	5 Nm
Conexión eléctrica	Caja de terminales
Resistencia a la vibración	55 Hz (1 mm)
Resistencia al choque	30 g (11 ms)
Grado de protección	IP67
MTTF	1080 Años según SN 29500 (ed. 99) 40 °C
Indicación estado de conmutación	2 LED, Amarillo

Características producto

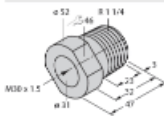


Distancia D	60 mm
Distancia W	30 mm
Distancia S	45 mm
Distancia G	60 mm
Diámetro de la cara activa B	∅ 30 mm

Las distancias mínimas indicadas han sido probadas para una distancia de conmutación normal.
 En caso de modificación de la sensibilidad del sensor por medio de potenciómetro pierden su validez estas especificaciones de la hoja de datos.

MAP-M30

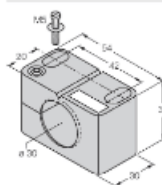
6960013



adaptador de montaje; material: polipropileno; posibilidad de cambio de sensor cuando se cuenta con el depósito lleno (el adaptador se conserva en el depósito durante el intercambio del sensor)

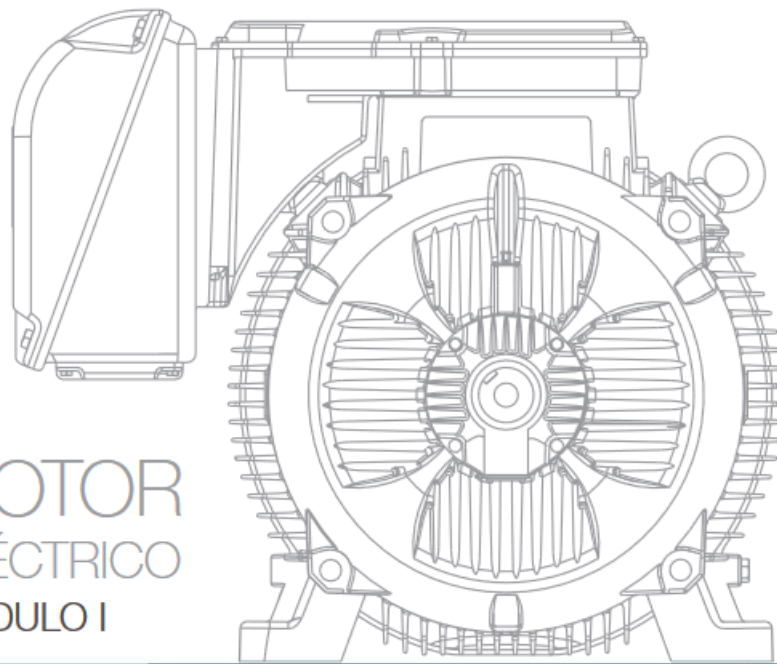
BST-30B

6947216



Abrazadera de montaje para sensores de tubo roscado, con tope fijo; material: PA6

GUÍA PRÁCTICA DE CAPACITACIÓN TÉCNICO/COMERCIAL



MOTOR
ELÉCTRICO
MÓDULO I



Motores | Automatización | Energía | Transmisión & Distribución | Pinturas

ANEXO F: FICHA TÉCNICA LA PANTALLA HMI

SIEMENS

Hoja de datos

6AV2124-0GC13-0AX0



SIMATIC HMI TP700 Comfort Outdoor, Comfort Panel, mando táctil, pantalla TFT panorámica de 7", 16 millones de colores, interfaz PROFINET, interfaz MPI/PROFIBUS DP, memoria de configuración de 12 MB, Windows CE 8.0 (soporte técnico de Microsoft ajustado incl. actualizaciones de seguridad) configurable a partir de WinCC Comfort V13 SP1, HSP

Información general	
Designación del tipo de producto	TP700 Comfort Outdoor
Display	
Tipo de display	TFT, ópticamente unida, legible con luz solar
Diagonal de pantalla	7 in
Achura del display	152,4 mm
Altura del display	91,4 mm
Nº de colores	16 777 216
Resolución (píxeles)	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resolución de imagen horizontal ▪ Resolución de imagen vertical 	<ul style="list-style-type: none"> 800 pixel 480 pixel
Retroiluminación	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ MTBF de la retroiluminación (con 25 °C) ▪ Retroiluminación variable 	<ul style="list-style-type: none"> 50 000 h Sí; LED, con atenuación manual o automática
Elementos de mando	
Fuentes de teclado	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teclas de función <ul style="list-style-type: none"> — Nº de teclas de función — Nº de teclas de función con LED ▪ Teclas con LED ▪ Teclas del sistema ▪ Teclado numérico ▪ Teclado alfanumérico 	<ul style="list-style-type: none"> 0 0 No No Sí; Teclado en pantalla Sí; Teclado en pantalla
Manejo táctil	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variante con pantalla táctil 	<ul style="list-style-type: none"> Sí; Analógica resistiva
Ampliaciones para conducción de proceso	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ LEDs directos DP (LEDs como periferia de salida S7) <ul style="list-style-type: none"> — F1...Fx ▪ Teclas directas (teclas como periferia de entrada S7) <ul style="list-style-type: none"> — F1...Fx ▪ Teclas directas (botones táctiles como periferia de entrada S7) 	<ul style="list-style-type: none"> 0 0 32
Diseño/montaje	
Posición de montaje	vertical
Montaje vertical (formato retrato) posible	Sí
Montaje horizontal (formato apaisado) posible	Sí
Máx. ángulo de inclinación permitido sin ventilación externa	35°
Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de la alimentación	DC

ANEXO G: FICHA TÉCNICA DEL PLC

SIEMENS

Data sheet

6ES7211-1AD30-0XB0



Spare part SIMATIC S7-1200, CPU 1211C, compact CPU, DC/DC/DC, onboard I/O: 6 DI 24 V DC; 4 DO 24 V DC; 2 AI 0-10 V DC, Power supply: DC 20.4-28.8 V DC, Program/data memory 25 KB

General information	
Product type designation	CPU 1211C DC/DC/DC
Engineering with	<ul style="list-style-type: none"> Programming package
	STEP 7 V10.5 or higher
Supply voltage	
Rated value (DC)	
<ul style="list-style-type: none"> 24 V DC 	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Load voltage L+	
<ul style="list-style-type: none"> Rated value (DC) permissible range, lower limit (DC) permissible range, upper limit (DC) 	24 V 20.4 V 28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	300 mA; Typical
Current consumption, max.	0.9 A; 24 V DC
Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V DC
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	750 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
<ul style="list-style-type: none"> 24 V 	Permissible range: 20.4V to 28.8V
Power loss	
Power loss, typ.	8 W
Memory	
Work memory	
<ul style="list-style-type: none"> integrated expandable 	25 kbyte No
Load memory	
<ul style="list-style-type: none"> integrated Plug-in (SIMATIC Memory Card), max. 	1 Mbyte 24 Mbyte; with SIMATIC memory card
Backup	
<ul style="list-style-type: none"> present without battery 	Yes; Entire project maintenance-free in the integral EEPROM Yes
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.1 µs; / Operation
for word operations, typ.	12 µs; / Operation
for floating point arithmetic, typ.	18 µs; / Operation
CPU-blocks	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of

ANEXO H: FICHA TÉCNICA DEL CILINDRO NEUMÁTICO

ACTUACIÓN NEUMÁTICA 2019

CILINDROS NORMALIZADOS Y CILINDROS ESTÁNDAR > CILINDROS SERIE 63



Novedad

Cilindros Serie 63 - En tubo y perfil de Aluminio

Simple y doble efecto, magnéticos, amortiguados
Versiones: estándar, baja fricción, altas y bajas temperaturas
Ø 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 mm



Los nuevos cilindros neumáticos Serie 63, los cuales cumplen con la norma ISO 15552, han sido desarrollados para garantizar alto rendimiento, a la vez que ofrecen una significativa reducción en peso. El nuevo sistema de amortiguación ajustable neumático y mecánico asegura que esta Serie 63 reduce el ruido causado por el impacto del embolo contra los cabezales.

En una cara del perfil, hay ranuras para el posicionamiento de sensores de posición (Serie CSH) para la detección de la posición del embolo. Estas ranuras pueden ser cubiertas con el perfil cubre ranuras Mod. S- CST-500. Un amplio rango de versiones de cilindros están disponibles, lo que hace que esta gama pueda ser usada en muchos sectores y aplicaciones.

- » Conforme a la norma ISO 15552 y con las previas DIN/ISO 6431 - VDMA 24562
- » Diseño limpio
- » Peso reducido en un 25%
- » Amortiguación neumática - mecánica regulable
- » Amplio rango de accesorios de instalación
- » Vástago de acero inoxidable rolado

AMPLIO RANGO DE VERSIONES DISPONIBLES:

- » Baja fricción
- » Altas y bajas temperaturas
- » Ambientes polvorientos
- » ATEX

CILINDROS SERIE 63

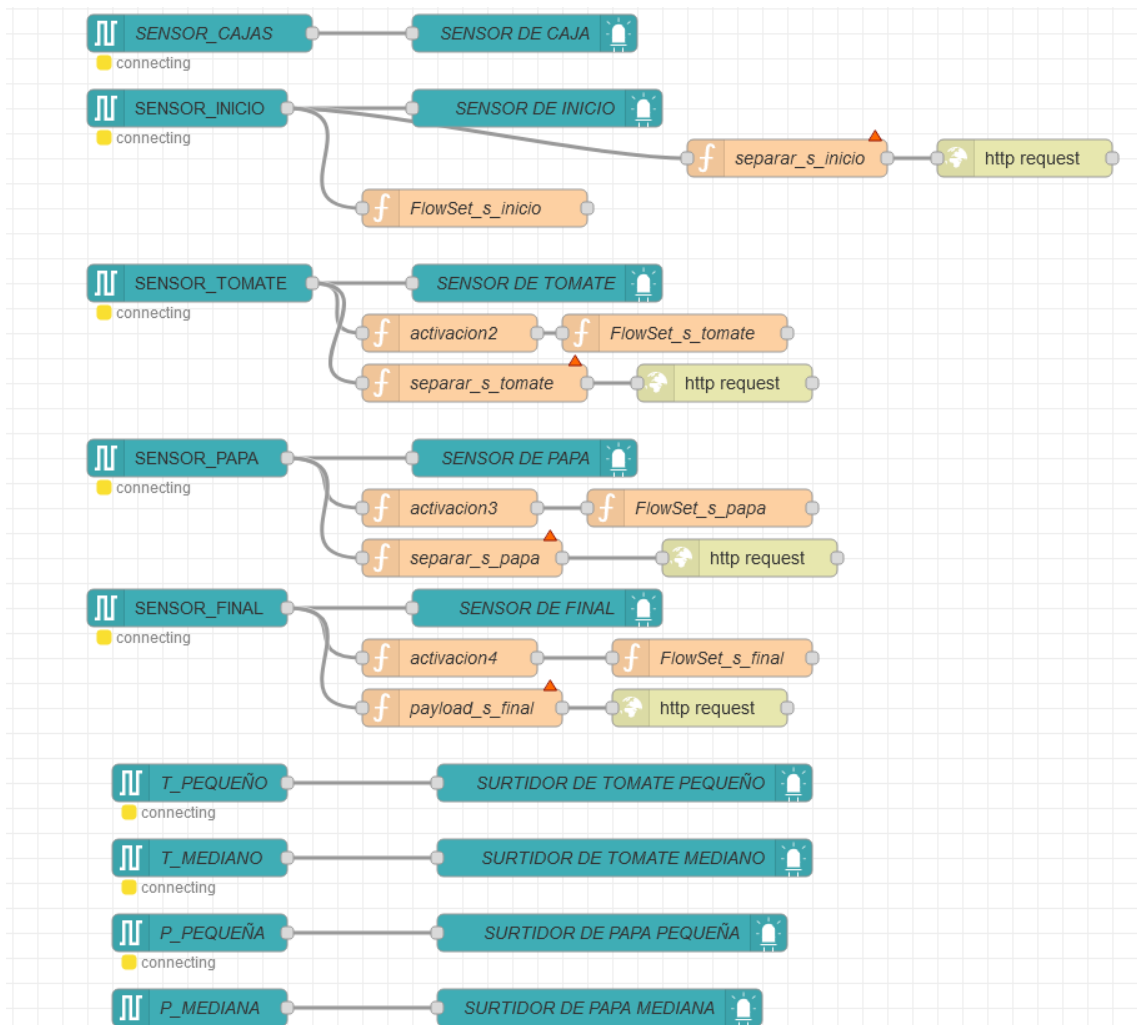
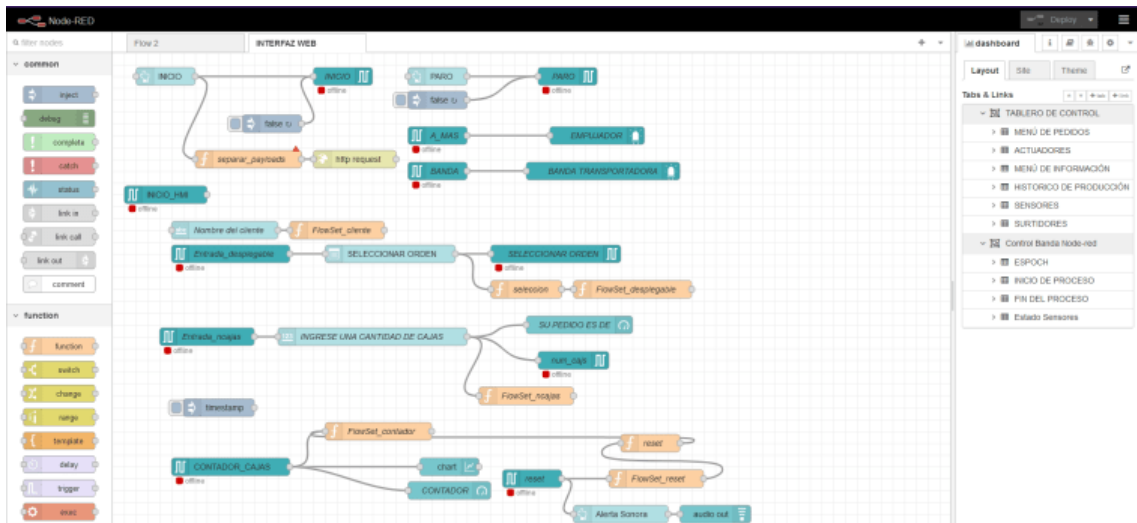
CARACTERÍSTICAS GENERALES

Tipo de construcción perfil (con tornillos) v tubo redondo (con tirantes)

ANEXO I: MEDICIÓN DE LAS PAPAS



ANEXO J: PROGRAMACION DE LA INTERFAZ WEB EN NODE-RED



ANEXO K: PROGRAMACION DEL PROCESO DE EMPAQUETADO EN TIA PORTAL

Bloques de programa

Main [OB1]

Main Propiedades

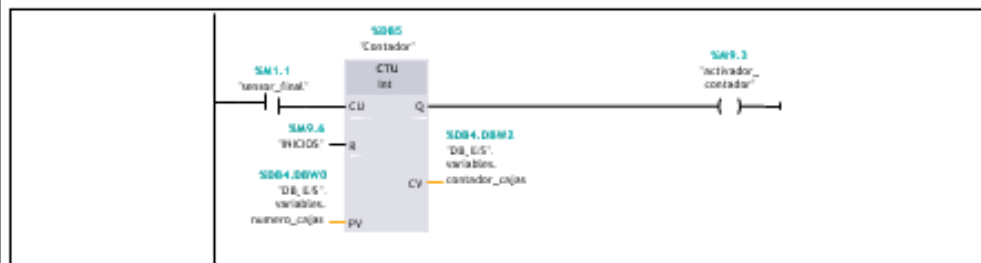
General					
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título	Main Program Sweep (Caja)	Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
Input		
Initial_Call	Bool	
Remanence	Bool	
Temp		
Constant		

Segmento 1:

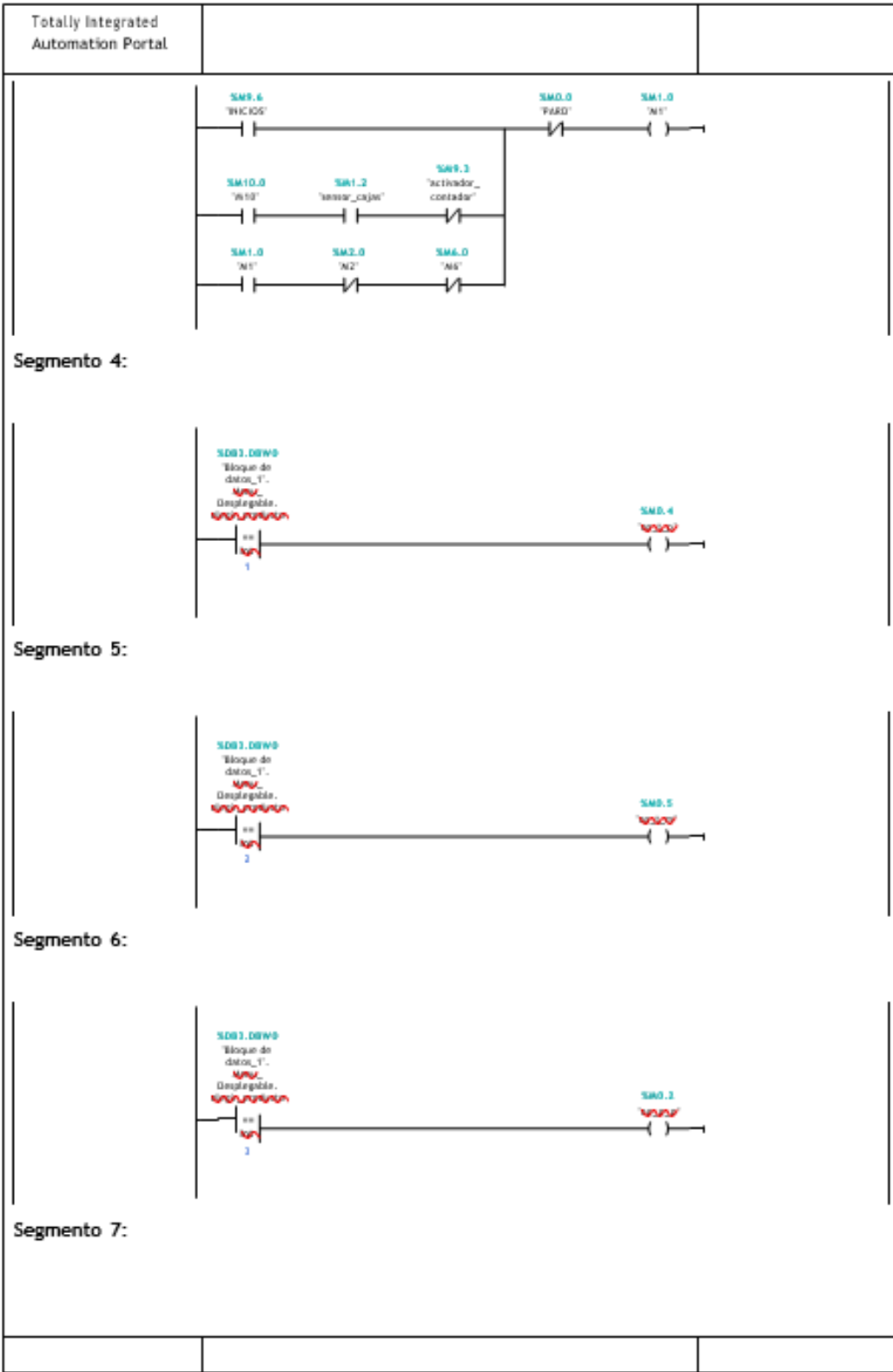


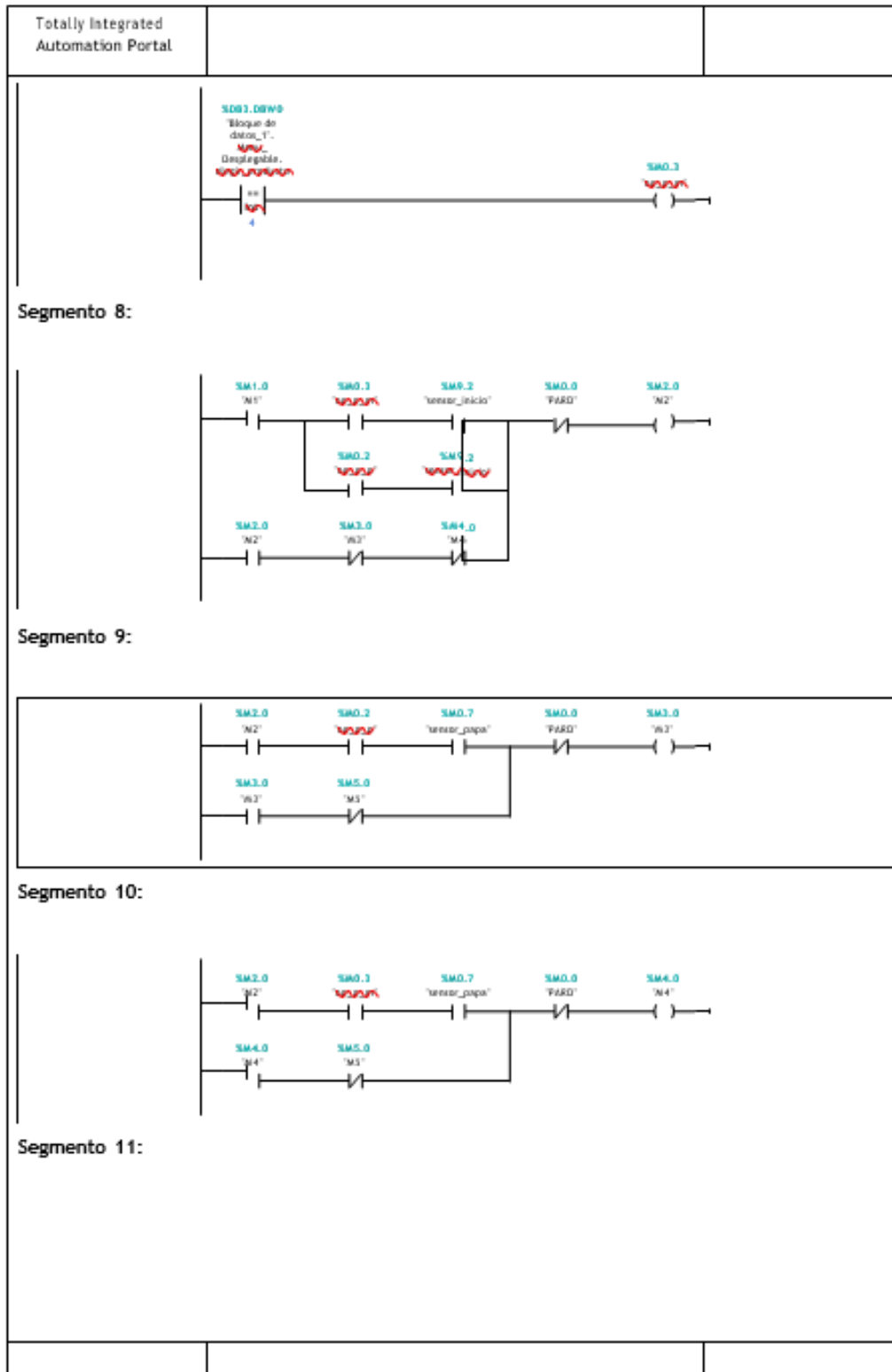
Segmento 2:

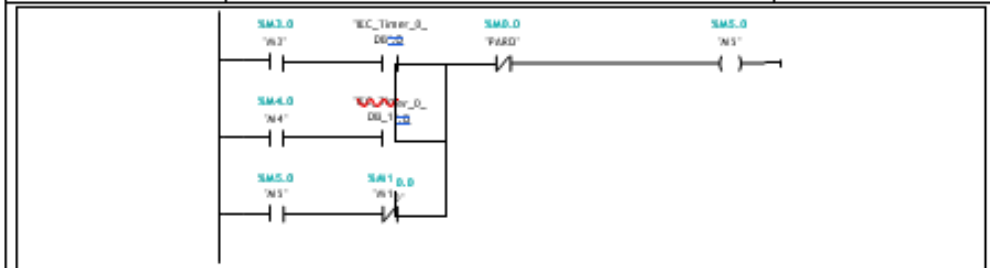


Segmento 3:

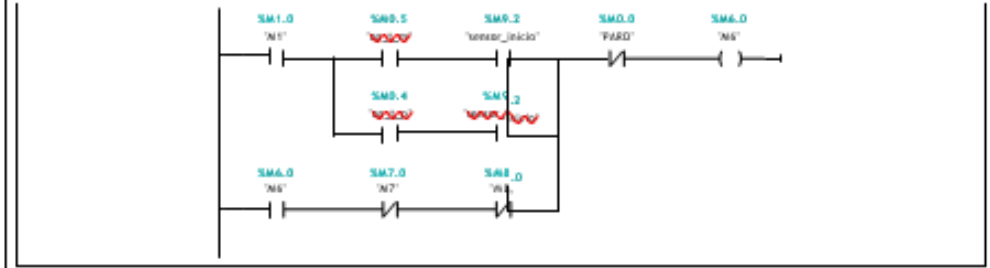




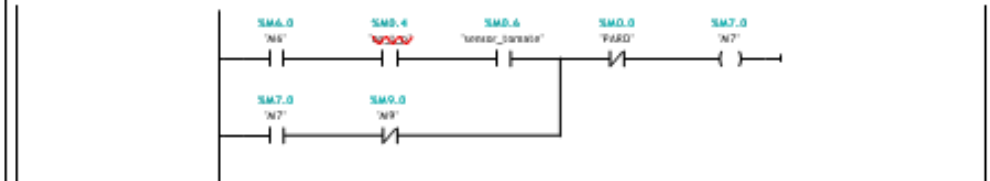




Segmento 12:



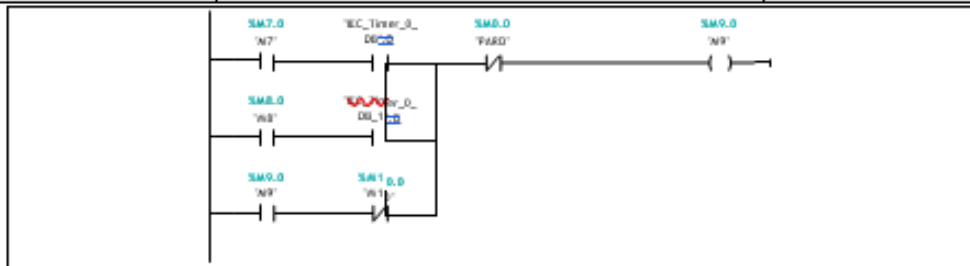
Segmento 13:



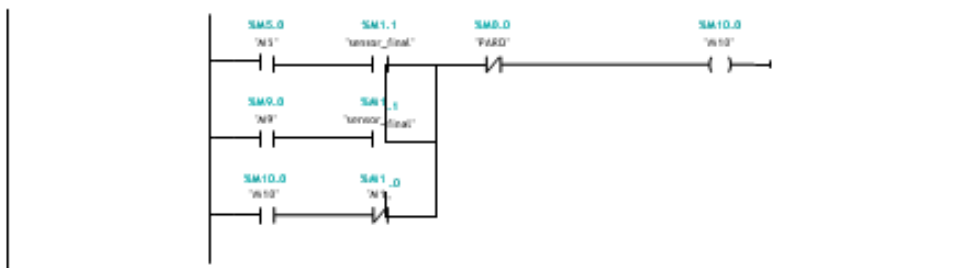
Segmento 14:



Segmento 15:



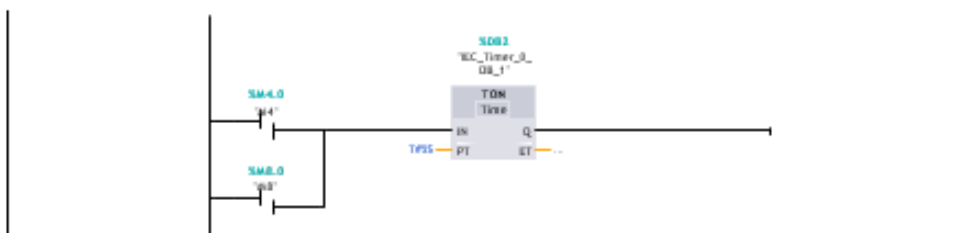
Segmento 16:



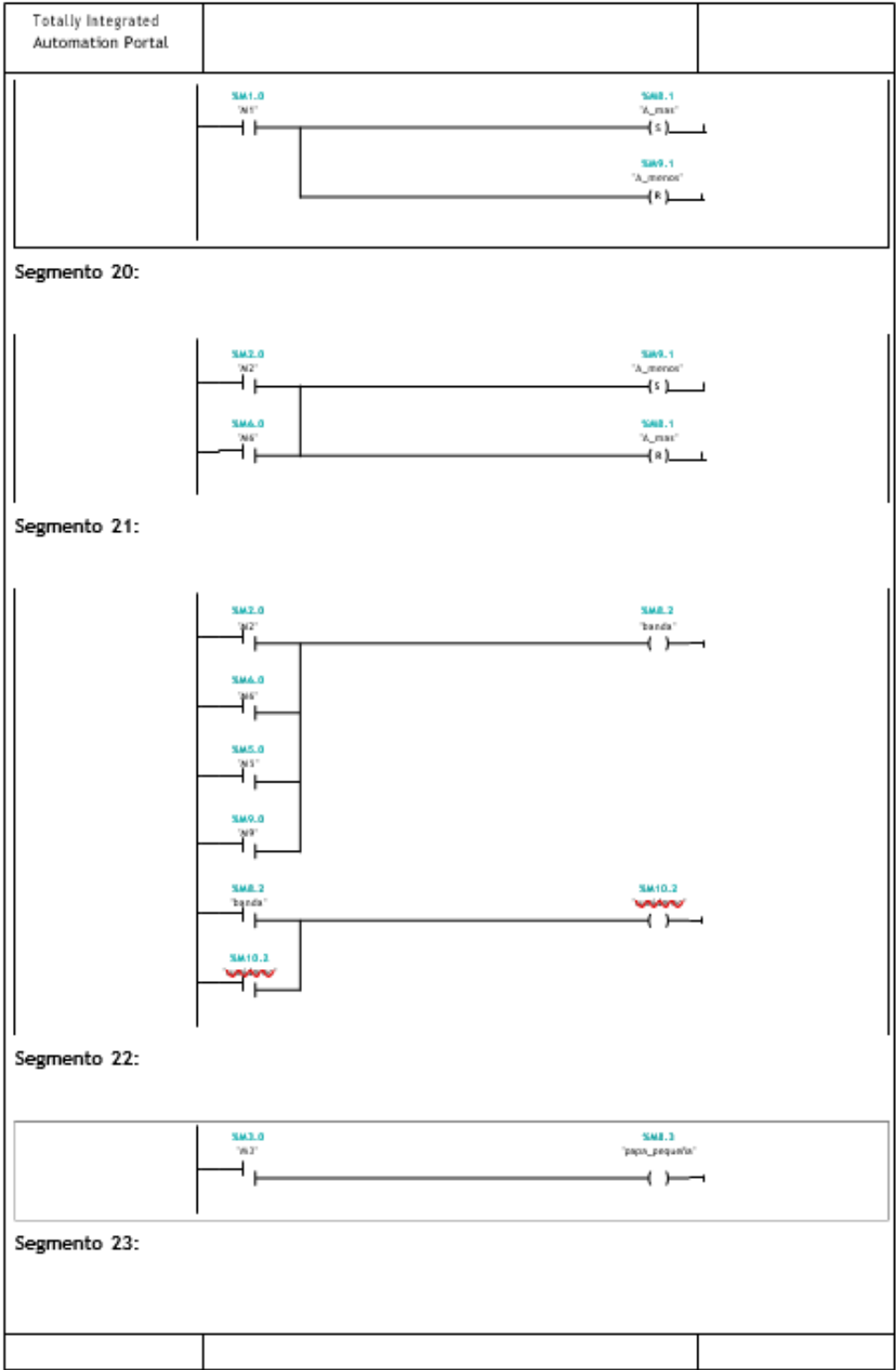
Segmento 17:

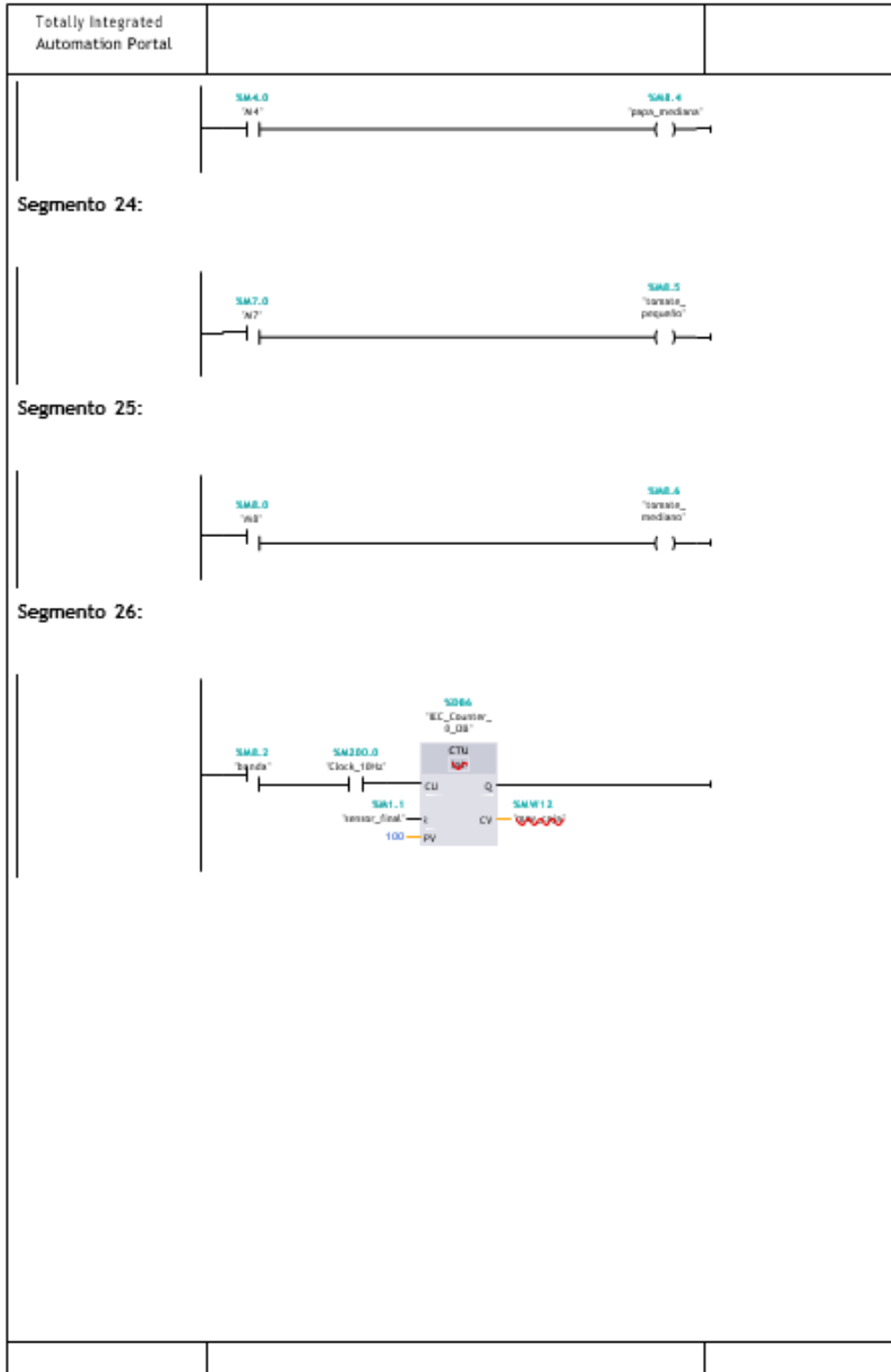


Segmento 18:



Segmento 19:








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: 29/03/2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES	
Nombres – Apellidos: MARCOS GABRIEL QUINATO A SANCHEZ CRISTHIAN JEAMPIER ESPIN VILLAFUERTE	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN	
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN	
f. Analista de Biblioteca responsable:	 Ing. Fernanda Arévalo M.

