

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE EMPACADO Y ALMACENAMIENTO DE CAJAS CON VISUALIZACIÓN EN 3D

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

Marco Xavier Toapanta Pullopaxi

marco.toapanta@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. ABRAHAM ISMAEL LOJA ROMERO, MSc.

abraham.loja@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA, MSc.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, agosto 2022

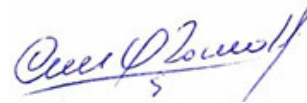
CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Toapanta Pullopaxi Marco Xavier como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo nuestra supervisión:



**Ing. Abraham Ismael Loja
Romero, MSc.**

DIRECTOR DEL PROYECTO



**Ing. Carlos Orlando Romo
Herrera, MSc.**

CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, Marco Xavier Toapanta Pullopaxi con CI: 171749291-0 declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregó toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Marco Xavier Toapanta Pullopaxi

CI: 1717492910

Teléfono: 0998633610

Correo: marco.toapanta@epn.edu.ec

DEDICATORIA

Este presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

Al apoyo incondicional de mi madre, padre, hermanas y pequeño hermano sé que ha sido un largo camino con altos y bajos, de grandes oportunidades, de momentos en los cuales he colgado de un hilo, pero gracias a ellos sigo aquí demostrando que un sueño, anhelo o meta pueda ser conseguido.

A los docentes de esta universidad que demuestran sus conocimientos en las aulas y su pasión por la docencia y excelencia del estudiante.

AGRADECIMIENTO

La vida se encuentra plagada de retos, las mismas que Dios pone a sus mejores guerreros. Agradecido con mis padres Paula Esperanza Pullopaxi Tenelema y Sixto Manuel Toapanta Toca, por ser un ejemplo de vida, trabajo duro y mucha constancia para poder conseguir lo que la vida me presente. Su apoyo ha sido uno de los factores que me ha permitido llegar a cumplir una de las metas más anheladas. También a mis hermanas Karen y Vanessa quienes han sido mi inspiración de superación y poderles ayudar cuando ellas más me necesiten, a mi hermano Mateo Josué quien con su espíritu de niño me alegra cada día y me ha permitido ser uno de sus ejemplos a seguir por la dedicación que tengo en superarme día a día.

Finalmente, mi gratitud a cada ingeniero en mi carrera universitaria que me brindaron los conocimientos necesarios para formarme como profesional, y porque no agradecer a las personas que han hecho este camino difícil, demostrándome que cada vez que uno cae debe levantarse más fuerte para seguir y que no hay excusas para rendirse.

Ing. Abraham Loja quien ha sabido guiarme a lo largo de mi carrera y en el desarrollo de mi tesis con voz de aliento, sabiduría y conocimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	Fundamentos.....	2
	Software de programación y simulación.....	2
	Factory I/O.....	3
	Navegación.....	5
	Requisitos del sistema.....	8
	Controladores.....	8
	Conexión Factory I/O al PLC.....	9
2	Metodología.....	16
2.1	Descripción de la metodología usada.....	16
3	Resultados y Discusión.....	17
3.1	Requerimientos del proceso de empaque y almacenamiento de cajas.....	17
3.2	Desarrollar del algoritmo de control.....	18
	Vinculación entre TIA PORTAL y FACTORIO I/O.....	18
	Interfaz Humano Máquina “HMI”.....	21
	Configuración HMI.....	21
	Editar pantalla.....	24
3.3	Simulación del proceso industrial.....	28
	Etapa 1.....	29
	Etapa 2.....	30
	Etapa 3.....	31
	Etapa 4.....	32
3.4	Pruebas y Análisis de Resultados.....	34
3.5	Manual de uso y mantenimiento.....	36
4	Conclusiones y Recomendaciones.....	37

4.1	Conclusiones.....	37
4.2	Recomendaciones	38
5	Referencias	39
	ANEXOS.....	41
	Anexo 1: Certificado de Funcionamiento	i
	Anexo 2: Planos y Esquemas	iii

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Pantalla de inicio Factory I/O	3
Figura 1.2	Dispositivos disponibles en Factory I/O.....	4
Figura 1.3	Entorno Factory I/O.....	4
Figura 1.4	Emisor de elementos de Factory I/O	5
Figura 1.5	Receptor de elementos de Factory I/O.....	5
Figura 1.6	Tipos de cámaras Factory I/O 1, 2 y 3.	5
Figura 1.7	Página de descarga módulo de conexión entre Factory I/O y TIA Portal.....	9
Figura 1.8	Selección del tipo de plantilla para TIA Portal V15	10
Figura 1.9	Descarga de plantilla y descomprimir.....	10
Figura 1.10	Archivo de vinculación Factory I/O	11
Figura 1.11	Seleccionar y abrir el programa de vinculación.....	11
Figura 1.12	Apertura del programa	11
Figura 1.13	Ventana TIA Portal – Abrir proyecto.....	12
Figura 1.14	Vista de proyecto	12
Figura 1.15	Selección del bloque del archivo de vinculación	13
Figura 1.16	Iniciar simulación.....	13
Figura 1.17	PLC Sim Virtual.....	14
Figura 1.18	Vista preliminar de Carga al PLS Sim	14
Figura 1.19	Arrancar módulo.....	14
Figura 1.20	PLC_1 cargado	15
Figura 3.1	Ventana TIA PORTAL para la asignación de dirección IP al PLC.....	18
Figura 3.2	Módulo de conexión entre TIA PORTAL V15 y Factory I/O.....	19
Figura 3.3	Cambio de lenguaje de programación.....	19
Figura 3.4	Seleccionar lenguaje de programación "KOP"	20
Figura 3.5	Entorno de programación KOP	20
Figura 3.6	Tabla de variables para la programación del algoritmo de control	21
Figura 3.7	Selección de WinCC RT Profesional	21
Figura 3.8	Selección de I/O para la ventana HMI.....	22
Figura 3.9	Vista de redes	22
Figura 3.10	Conexión entre los PLC's.....	22
Figura 3.11	Verificación de la conexión entre los dos módulos	23
Figura 3.12	Comprobación de verificación de conexión y carga del programa	23
Figura 3.13	Proceso de creación ventana HMI.....	24
Figura 3.14	Espacio de trabajo para la ventana HMI	24

Figura 3.15 Barra Herramientas.....	25
Figura 3.16 Inserta títulos de la portada	25
Figura 3.17 Compilación y simulación de la ventana HMI.....	26
Figura 3.18 Ventana Portada	26
Figura 3.19 Ventana de Procesos.....	27
Figura 3.20 Ventana Inventario	27
Figura 3.21 Diseño de la línea de producción	28
Figura 3.22 Paneles de control. a) General b) Secundario	28
Figura 3.23 Etapa clasificación del producto	30
Figura 3.24 Montaje de las piezas	30
Figura 3.25 Proceso de empaçado	31
Figura 3.26 Barra sensorial para cajas	32
Figura 3.27 Cadena de transferencia “Chain Transfer”	32
Figura 3.28 Almacenaje de cajas	33
Figura 3.29 Ventana de procesos clasificación HMI.....	34
Figura 3.30 Almacenaje de cajas simulación.....	34
Figura 3.31 Ventana Inventario HMI	35
Figura 3.32 Tablero 2 Factory I/O	35
Figura 3.33 Código QR del proyecto de simulación	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Controles de la cámara orbital FACTORY I/O.	6
Tabla 1.2 Controles de cámara mosca FACTORY I/O.	7
Tabla 1.3 Controles de cámara peatonal FACTORY I/O.	7
Tabla 1.4 Características mínimas necesarias para la instalación de Factory I/O.	8
Tabla 1.5 Diferentes métodos de comunicación de Factory I/O.	8
Tabla 3.1 Valores de detección para el sensor de visión.	29

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en simular un sistema automatizado de almacenamiento de cajas utilizando programas especializados, cuyo control se lleva a cabo mediante la programación de un PLC.

La automatización de sistemas industriales incluye una serie de pasos ordenados, su propósito es llegar a resultados precisos, como la identificación, la detección y transporte de uno o varios objetos, así como el diseño y control del mismo. A lo largo de la historia la automatización ha avanzado significativamente, dando así la capacidad de controlar la producción con máquinas computarizadas. Es indispensable para muchas empresas automatizar los procesos, de tal forma que puedan controlarse, incidiendo directamente en el mejoramiento de producción y la calidad.

En primer lugar, se ha elaborado una presentación del software utilizado tanto para la programación del PLC (TIA PORTAL), como para la simulación de las estaciones (FACTORY I/O); para conocer sus características principales, ventajas y desventajas que aportan.

A continuación, se expone el procedimiento de conexión y comunicación entre estos dos tipos de programas asistidos por computadora que garantizan la correcta simulación de las estaciones. Finalmente, se explica los procesos que se han diseñado, en los cuales se presenta una pequeña descripción de los centros de funcionamiento de cada estación; los elementos que lo conforman y su configuración. Además, se desarrolla el comportamiento secuencial de las mismas, el cual incluye el proceso realizado en la programación del autómatas utilizando las diferentes direcciones de entrada, salida y marcas para que el procedimiento sea acorde a los objetivos de comportamiento de cada estación.

PALABRAS CLAVE: Automatización, SCADA, S7-PLC, simulación, control procesos, Factory I/O.

ABSTRACT

This degree work consists of simulating an automated box storage system using specialized programs, whose control is carried out through PLC programming.

The automation of industrial systems includes a series of ordered steps, its purpose is to reach precise results, such as the identification, detection and transport of one or several objects, as well as the design and control of the same. Throughout history, automation has advanced significantly, giving the ability to control production with computerized machines. It is essential for many companies to automate processes so that they can be controlled, directly affecting the improvement of production and quality.

First of all, a presentation of the software used for PLC programming (TIA PORTAL), as well as for the simulation of the stations (FACTORY I/O) has been elaborated in order to know their main characteristics, advantages and disadvantages.

Then, the connection and communication procedure between these two types of computer-assisted programs that guarantee the correct simulation of the stations is explained. Finally, the processes that have been designed are explained, in which a small description of the operation centers of each station is presented; the elements that conform it and its configuration. In addition, the sequential behavior of the same is developed, which includes the process carried out in the programming of the automaton using the different input and output addresses and marks so that the procedure is in accordance with the behavioral objectives of each station.

KEYWORDS: Automation, SCADA, S7-PLC, simulation, process control, Factory I/O.

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la mejora y aparición de nuevos simuladores han permitido desarrollar entornos virtuales para estudiar el comportamiento de sistemas reales sin la necesidad de disponer de los elementos físicos que los componen. Dentro de estas aplicaciones se encuentra FACTORY I/O, orientado especialmente al ámbito educativo. Este programa permite disponer de componentes de automatización simulados que ayudan a mejorar el aprendizaje y formación de los estudiantes, que, de otro modo, serían prácticamente imposibles de adquirir debido a sus elevados costos.

El control de procesos industriales es un conjunto de procedimientos computarizados y electromecánicos, los cuales sustituyen a un operario en tareas físicas previamente programadas. Hoy en día, es indispensable para muchas organizaciones automatizar los procesos, de esta manera pueden controlarse, mejorar la producción, calidad o clasificación de un producto. Para esto es necesario establecer un diseño organizado en cada uno de los equipos y determinar con exactitud su función, para realizar las tareas eficientemente y que aseguren el éxito de la operación. Existen varias investigaciones que se han llevado a cabo con la ayuda de softwares especializados, no obstante, la mayoría de estos aún enfrentan el reto de mejorar o implementarse en entornos de simulación con efectos a la realidad, tales como: movimiento de cámara, un escenario 3D, entre otras.

Para llegar a automatizar un proceso industrial, el estudiante de la carrera de Tecnología en Electromecánica de la ESFOT se ve limitado a la variedad y cantidad de dispositivos de entradas y salidas disponibles en los módulos didácticos de los laboratorios, así como también elementos de control. Si se pretende realizar un HMI (Human Machine Interface) o SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), se debe contar con hardware que se puedan comunicar entre sí, siendo este un limitante al momento de poner en práctica los conocimientos adquiridos. Para realizar esto es necesario adquirir diversos periféricos, software de aplicación, unidades remotas, sistemas de comunicación, entre otras, que permitan tener acceso y control completo al proceso industrial que requiera automatizar, como son: velocidad, peso, tamaño, color, temperatura, control de nivel, entre otros. Estos dispositivos aumentan los costos de implementación, sin considerar que deben conectarse en máquinas físicas implementadas para observar el comportamiento real del proceso a automatizar. Por esta razón, se propone la implementación de una herramienta virtual para la simulación de procesos industriales con visualización en 3D; proporcionando un entorno más real,

permitiendo al usuario interactuar con los componentes del proceso, entendiendo la secuencia del proceso y analizando el funcionamiento del sistema a simular. La simulación puede crear procesos reales y estos pueden ser automatizados mediante los diferentes programas con movimientos en 3D para ayudar a distinguir las capacidades y comportamientos de un proceso sin la necesidad de realizar un proceso real, con la ayuda de software Factory I/O que brinda simulación de posibles errores y una interfaz lo más parecida a la realidad; con la finalidad de adquirir el conocimiento sin tener que implementar dicho proceso.

1.1 Objetivo general

Simular el proceso de empaqueo y almacenamiento de cajas con visualización en 3D.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos del proceso de empaque y almacenamiento de cajas.
- Desarrollar el algoritmo de control.
- Simular el proceso industrial.
- Analizar los resultados obtenidos con la simulación.

1.3 Fundamentos

Software de programación y simulación

Sistema SCADA

Los sistemas SCADA originalmente se diseñaron para cubrir las necesidades de un sistema de control automatizado centralizado, sobre procesos industriales distribuidos en áreas geográficas muy extensas. SCADA viene de las siglas: "Supervisory Control and Data Acquisition"; es decir: hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor. Tradicionalmente se define SCADA como un sistema que permite supervisar una planta o proceso por medio de una estación central. [1]

La evolución de la electrónica ha ayudado a la reducción de los componentes, permitiendo realizar una disminución progresiva de tamaño, peso y coste en todos los niveles industriales de control, dando como resultado la introducción de los micro PLC, los cuales permitían realizar controles modulares que se adaptaban a las necesidades del momento y provistos de sistemas de programación genéricos (Ladder o escalera), lo que les deparó un éxito inmediato en todo el ámbito industrial. [1]

Cualquier control de un sistema, grande o pequeño, tiene la necesidad de visualizar la información de su funcionamiento, proporcionando cada vez la visualización de variables de proceso con mayor complejidad de una manera amigable con el usuario, además de permitir el control a distancia de la estación desde cualquier parte del mundo.

TIA PORTAL V15

TIA Portal es un innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Conviene por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento (Siemens, 2018).

Factory I/O

Factory I/O es una simulación de fábrica en 3D para el aprendizaje de tecnologías de automatización, diseñado para ser fácil de usar. Permite construir rápidamente una fábrica virtual utilizando una gran variedad y selección de piezas industriales comunes.

Factory I/O incluye escenas inspiradas en aplicaciones industriales típicas, que varían su nivel de dificultad para principiantes hasta avanzados. El escenario más común es utilizar Factory I/O como una plataforma de capacitación del PLC, ya que los PLC son los controladores más comunes que se encuentran en aplicaciones industriales. [1]

En la Figura 1.1, se puede visualizar la pantalla de inicio de Factory I/O que permite identificar la documentación el cual está conformado por manuales, escenas y componentes.

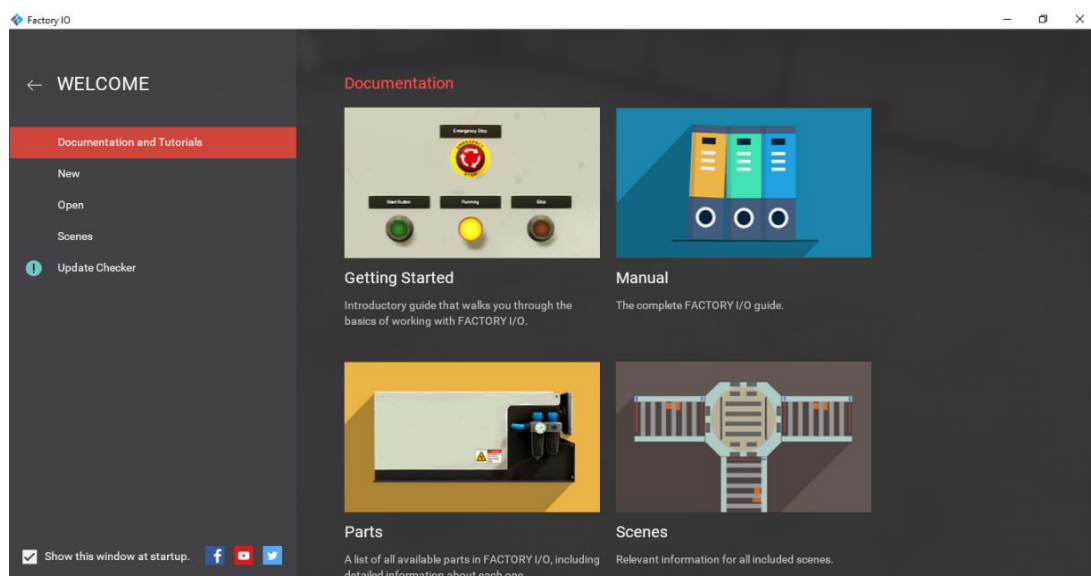


Figura 1.1 Pantalla de inicio Factory I/O

En la Figura 1.2, se observa la variedad de elementos disponibles para el diseño de los diferentes procesos o plantas. A la vez diferentes sensores y actuadores virtuales.



Figura 1.2 Dispositivos disponibles en Factory I/O

Fuente: («System Requirements - FACTORY I/O», 2017)

El diseño y la distribución por le empresa “*Real Games*”; han desarrollado plataformas virtuales, útiles en la automatización como lo es: Home I/O en la Figura 1.3, el cual presenta la simulación de manera domótica en tiempo real, interactuando en primera persona con ciertos controladores PLC; posee una simulación virtual de sistemas industriales incluyendo sensores y actuadores virtuales. [2]

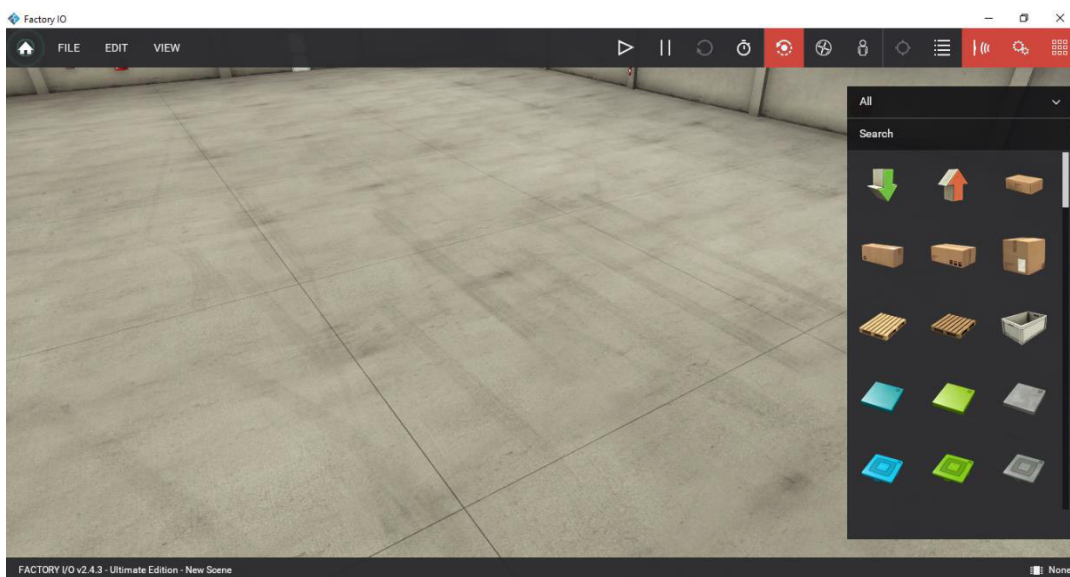


Figura 1.3 Entorno Factory I/O

Dentro del simulador es posible encontrar componentes básicos para la generación y destrucción de las diferentes piezas que atraviesan el proceso. Las características básicas de estos elementos se detallan a continuación:

Emisor

Este proporciona un elemento para ser utilizado en una escena. Mientras un elemento se encuentre dentro del volumen del emisor Figura 1.4, no se emiten más elementos. Se puede configurar la parte o la base a emitir [1].

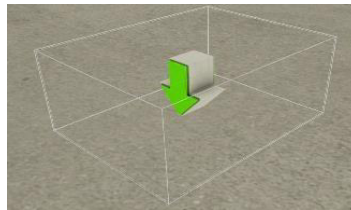


Figura 1.4 Emisor de elementos de Factory I/O

Receptor/Eliminador

Elimina uno o más artículos de la escena cuando intersecan el volumen del eliminador Figura 1.5 [2].

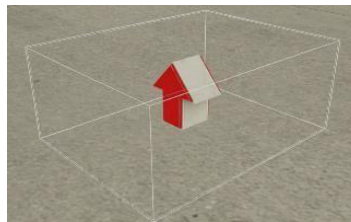


Figura 1.5 Receptor de elementos de Factory I/O

Navegación

Tener habilidad a la hora de utilizar las cámaras en Factory I/O constituye un papel fundamental en esta categoría. Como es de conocimiento, el programa asistido por computadora que se está tratando genera una escena en tres dimensiones, por lo cual, debe ser capaz de navegar en dicho espacio de trabajo tridimensional sin problema alguno. Las cámaras son clave para interactuar con las distintas partes presentes en el programa y serán totalmente necesarias a la hora de crear o editar cualquier elemento.

Se encuentra tres tipos de cámaras Figura 1.6: Orbital (1), mosca (2) y peatonal (3).



Figura 1.6 Tipos de cámaras Factory I/O 1, 2 y 3.

Cámara Orbital

Se trata de la cámara predeterminada y es impredecible en la construcción de escenas ya que es la única que permite al usuario el movimiento a través de las partes presentes, en la escena sin producir colisión alguna con las mismas. El funcionamiento es bastante intuitivo, girando alrededor de un punto en común, el cual, se encuentra indicada por un punto blanco. En la presente Tabla 1.1, se observa la forma de usar esta cámara [3].

Tabla 1.1 Controles de la cámara orbital FACTORY I/O [2].

CONTROL	ACCIÓN
Doble clic izquierdo	Establece el punto de interés de la cámara. La cámara girará alrededor de este punto y se crearán nuevas piezas a esta altura.
Clic derecho + arrastre	Gira la cámara alrededor del punto de interés.
Clic rueda + arrastre	Desplaza la cámara horizontalmente.
Rueda del ratón	Acerca la cámara hacia dentro y hacia fuera.
Backspace	Restablece la cámara a la posición y rotación predeterminadas.
W Arriba	Se mueve hacia adelante.
S Abajo	Se mueve hacia atrás.
D Derecha	Se mueve a la derecha
A Izquierda	Mueve a la izquierda.

Fuente: («System Requirements - FACTORY I/O», 2017)

Cámara mosca

Esta cámara es utilizada para moverse libremente en el espacio tridimensional. A diferencia de la anterior, esta cámara colisiona con las distintas partes presentes en la escena, aunque es totalmente imperceptible para los sensores que en ella se encuentran. De esta manera, con esta cámara se podrá inspeccionar el espacio 3D de forma segura y rápida, pudiendo alcanzar perspectivas imposibles por parte de sus alternativas [3] [4].

En la Tabla 1.2, se observa los diferentes controles con el mouse y la acción correspondiente a ejecutarse. Además, de contar con ciertas letras del teclado el cual puede facilitar al desplazamiento en el área de trabajo en Factory I/O.

Tabla 1.2 Controles de cámara mosca FACTORY I/O [2].

CONTROL	ACCIÓN
Doble clic izquierdo	La cámara mira hacia donde apunta el cursor del ratón.
Clic derecho + arrastre	Gira la cámara.
Rueda del ratón	Desplaza la cámara verticalmente.
Clic izquierdo + derecho	Mueve la cámara hacia delante
W / arriba	Mueve la cámara hacia delante
S / abajo	Mueve la cámara hacia atrás.
A / izquierda	Mueve la cámara hacia la izquierda.
D / derecha	Mueve la cámara hacia la derecha.

Fuente: («System Requirements - FACTORY I/O», 2017)

Cámara peatonal

Esta cámara “Tabla 1.3”, muestra la visión de una persona de 1,80 metro de altura y debe ser utilizada a la hora de simular a una persona en una fábrica virtual. Choca con las partes de la escena y, de forma predeterminada, no es detectada por los sensores [3] [4].

Tabla 1.3 Controles de cámara peatonal FACTORY I/O [2].

CONTROL	ACCIÓN
Doble clic izquierdo	La cámara mira hacia donde apunta el cursor del ratón.
Clic derecho + arrastre	Gira la cámara.
Clic izquierdo + derecho	Se mueve hacia delante.
W	Se mueve hacia delante.
S	Se mueve hacia atrás.
A	Se mueve hacia la izquierda.
D	Se mueve hacia la derecha.
Space	Salta.

Fuente: («System Requirements - FACTORY I/O», 2017)

Requisitos del sistema

En la Tabla 1.4, se detalla las características mínimas que debe tener el ordenador para la instalación y correcto funcionamiento del software Factory I/O [2].

Tabla 1.4 Características mínimas necesarias para la instalación de Factory I/O [2].

Sistema operativo	Windows Vista o superior
Procesador	Intel Core 2 Duo a 2Ghz, o AMD Athlon 64 x2 2Ghz o superior.
Memoria	1Gb
Espacio en disco duro	600 Mb
Video	Tarjetas NVIDIA desde 2007 (serie GeForce 8), tarjetas AMD desde 2007 (serie Radeon 2xxx), tarjetas Intel desde 2008 (GMA 4500); soporte para shader modelo 2.0 o superior.
Sonido	Tarjeta de sonido compatibles con DirectX
Otro	NET Framework 4.5.

Fuente: («System Requirements - FACTORY I/O», 2017)

Controladores

Un controlador de E/S es una función incorporada de FACTORY I/O responsable de "conectarse" con un controlador externo. FACTORY I/O incluye muchos controladores de E/S, cada uno destinado a ser utilizado con una tecnología específica. En la Tabla 1.5, se muestra los diferentes tipos de elementos de control que se puede comunicar Factory I/O [2].

Tabla 1.5 Diferentes métodos de comunicación de Factory I/O [2].

Conductor	Descripción
Advantech USB 4704 & USB 4750	Interfaz para tarjetas de interfaz Advantech USB 4704 & USB 4750
Allen-Bradley Logix 5000	Conexión Ethernet a Allen-Bradley ControlLogix, ControlLogix o SoftLogix PAC.
Allen-Bradley Micro 800	Conexión Ethernet al PLC Allen-Bradley Micro800.
Allen-Bradley MicroLogix	Conexión Ethernet al PLC MicroLogix de AllenBradley.

Allen-Bradley SLC 5/05	Conexión Ethernet al PLC SLC-5/05 de AllenBradley.
Automgen Server	Interfaz para Automgen a través de un servidor TCP / IP.
Control I/O	Interfaz para CONTROL I / O: un SoftPLC independiente de la marca, diseñado desde cero para FACTORY I / O.
MHJ	Interfaz para el software WinPLC-Engine y WinSPS-S7.
Modbus TCP/IP Client	Implementa un cliente Modbus TCP / IR
Modbus TCP/IP Server	Implementa un servidor Modbus TCP / IR
OPC Client DA/UA	Implementa un acceso a datos de cliente OPC.
Siemens LOGO!	Conexión Ethernet a Siemens LOGO Módulo lógico
Siemens S7-200/300/400	Conexión Ethernet al PLC S7Q00 / S7-200 SMART / 300/400 de Siemens.
Siemens S7-1200/1500	Conexión Ethernet al PLC Siemens S7-1200 / 1500.
Siemens S7-PLCSIM	Interfaz para Siemens S7-PLCSIM

Fuente: («System Requirements - FACTORY I/O», 2021)

Conexión Factory I/O al PLC

En esta sección se explicará el uso del software Factory I/O para las escenas planteadas.

Para la vinculación entre el programa Factory I/O y S7-PLC SIM con el siguiente enlace: <https://masterplc.com/factoryio/simulador-siemens-s7-plcsim/> encontrará la plantilla que se requiere y se procede con la respectiva descarga, como se muestra en la Figura 1.7.



Figura 1.7 Página de descarga módulo de conexión entre Factory I/O y TIA Portal

En la Figura 1.8, se observa las diferentes plantillas para las versiones respectivas, en este caso se selecciona y descarga la plantilla para TIA Portal V15 S7-1200.



Figura 1.8 Selección del tipo de plantilla para TIA Portal V15

En el centro de descargas del PC Figura 1.9, se observa la plantilla descargada y en la carpeta correspondiente, inmediatamente se procede a descomprimir el contenido.

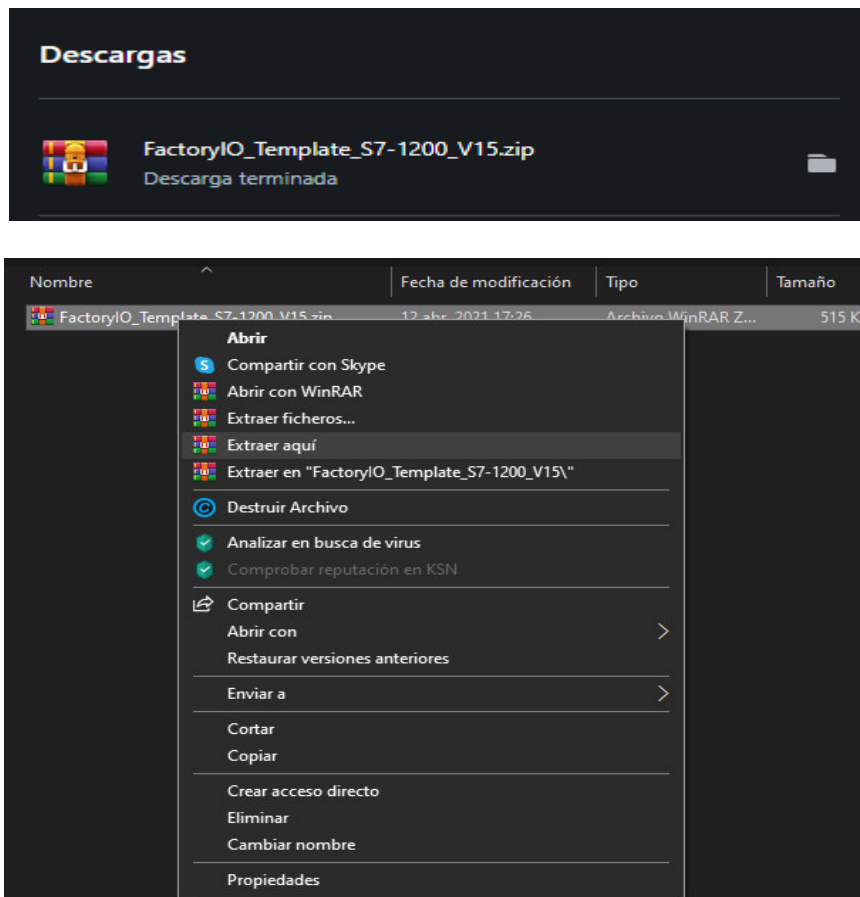


Figura 1.9 Descarga de plantilla y descomprimir

En la Figura 1.10, descomprimida la carpeta se observa los archivos necesarios para la vinculación entre Factory I/O y S7-PLC SIM.

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
System	8 may. 2018 10:45	Carpeta de archivos	
XRef	8 may. 2018 10:45	Carpeta de archivos	
FactoryIO_Template_S7-1200_V15.ap15	8 may. 2018 10:43	Siemens TIA Porta...	8 KB

Figura 1.10 Archivo de vinculación Factory I/O

Abrir el programa destinado en Siemens TIA Portal V15, como se observa en la Figura 1.11.

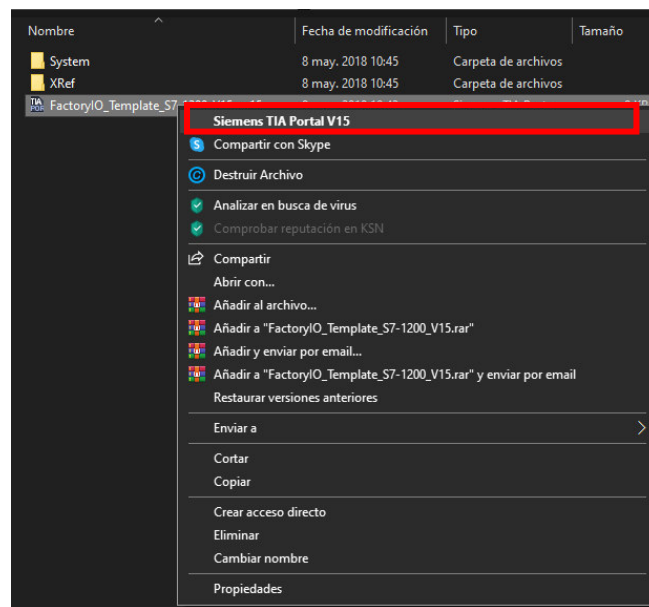


Figura 1.11 Seleccionar y abrir el programa de vinculación

En la Figura 1.12, se observa la pantalla de inicio y apertura del TIA Portal.

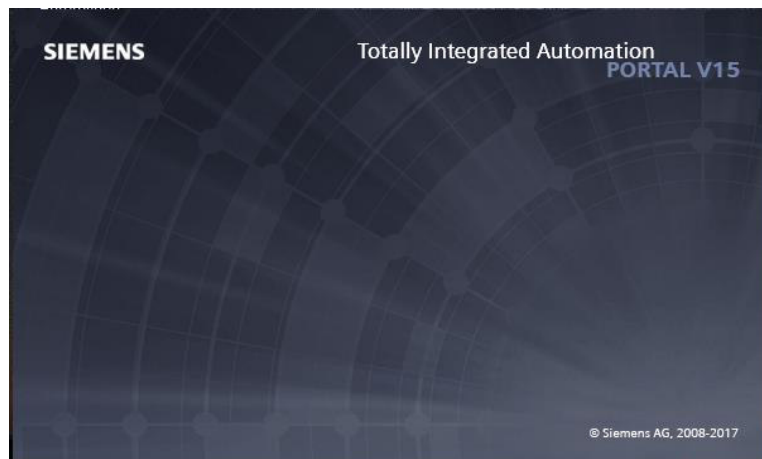


Figura 1.12 Apertura del programa

Esperar hasta que se abra el proyecto. Esto demorara unos segundos como se observa en la Figura 1.13.

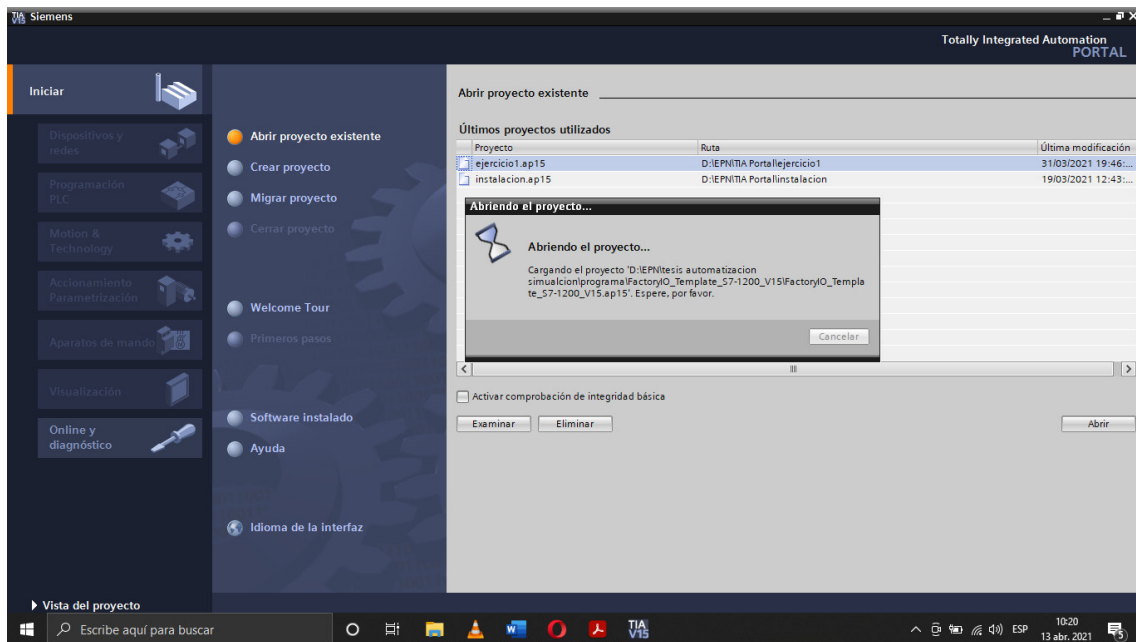


Figura 1.13 Ventana TIA Portal – Abrir proyecto

Seleccionar “vista de proyecto” en el cual se observa el área de trabajo del S7 – PLC Sim, por otra parte, en el “Árbol del Proyecto” es observa los elementos y dispositivos que están conectados Figura 1.14.

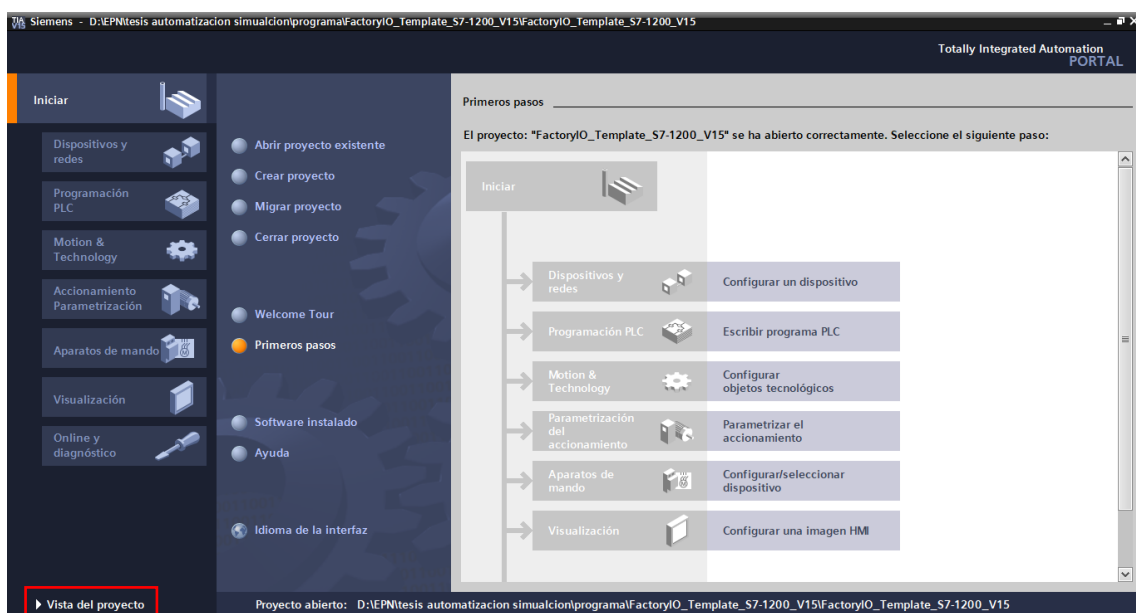


Figura 1.14 Vista de proyecto

En seguida en el “Árbol del proyecto”, dirigir a PLC1 y desplazar la flecha para observar las opciones que brinda, dentro de esta se carpeta existe una carpeta llamas “Bloques de programa” en la cual ya se encuentra el bloque requerido para la vinculación con Factory I/O.

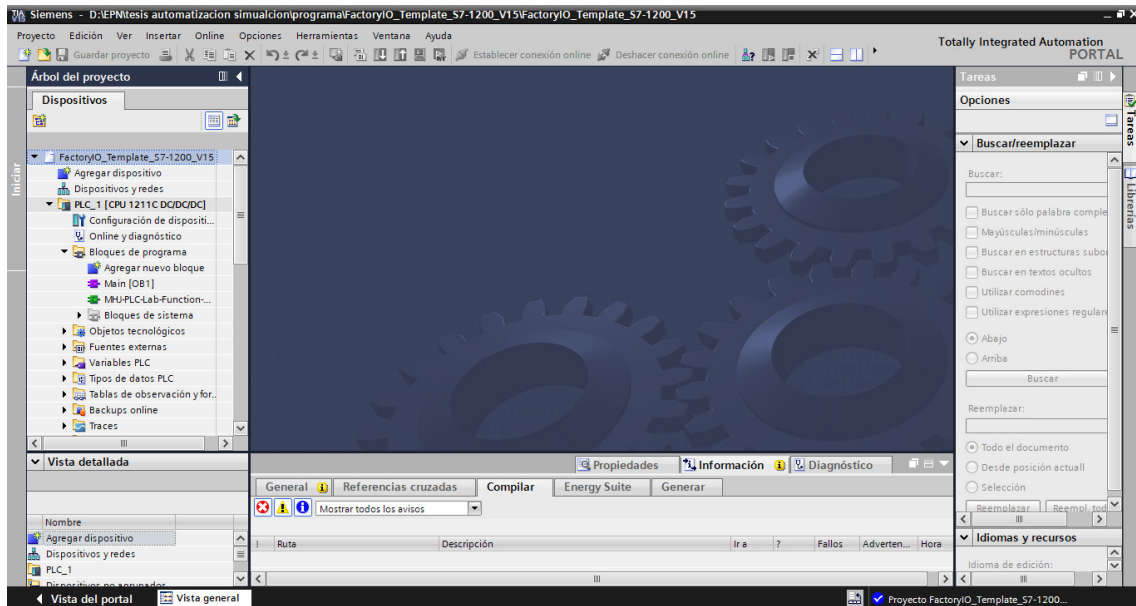


Figura 1.15 Selección del bloque del archivo de vinculación

Iniciar la simulación y aceptar las condiciones Figura 1.16.

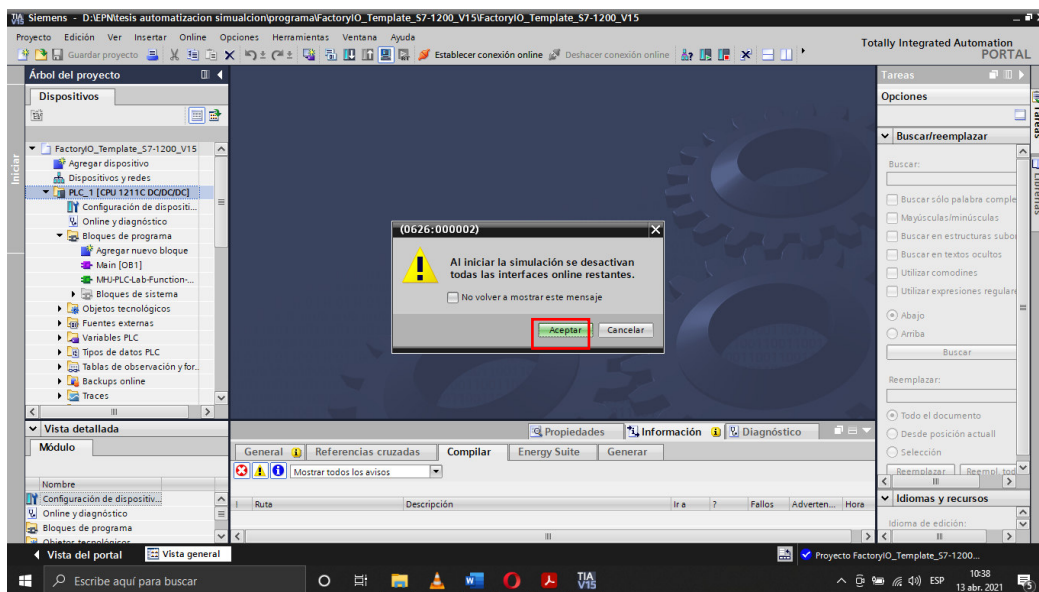


Figura 1.16 Iniciar simulación

Finalizada la simulación se obtiene el PLC – SIM “Figura 1.17”, el cual esta desconectado y para su conexión se deberá configurar. En la siguiente ventana Figura 1.18, seleccionar aceptar y cargar al PLC-Sim.

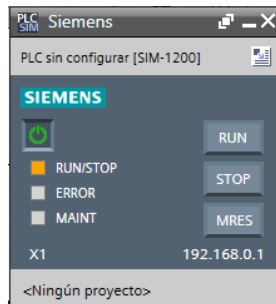


Figura 1.17 PLC Sim Virtual

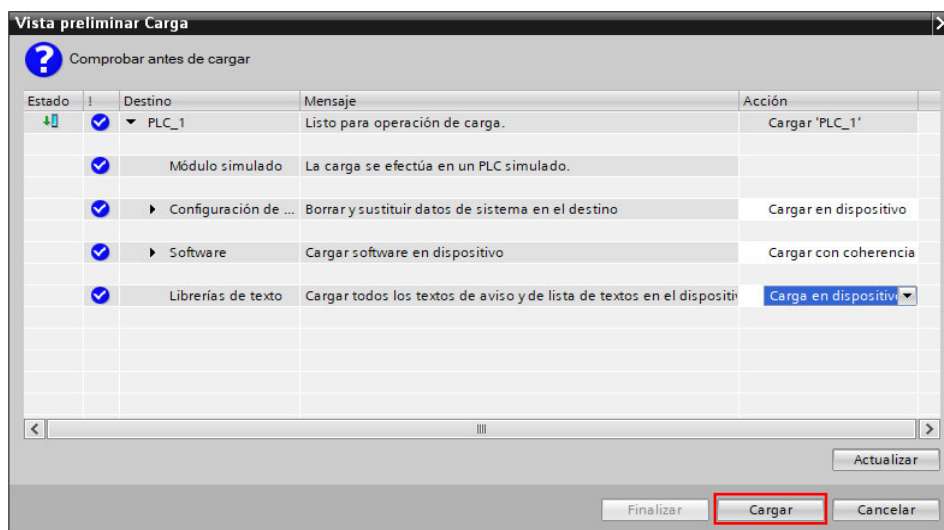


Figura 1.18 Vista preliminar de Carga al PLS Sim

En la Figura 1.19, seleccionar arrancar modulo y finalizar la operación.

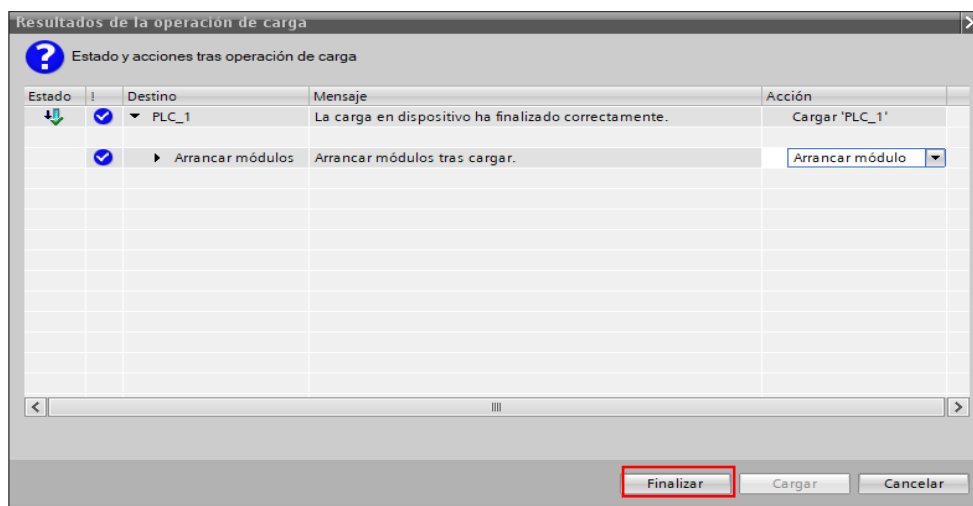


Figura 1.19 Arrancar módulo

Finalizado este proceso el "PLC_1" se encuentra encendido y listo para la programación
Figura 1.20.

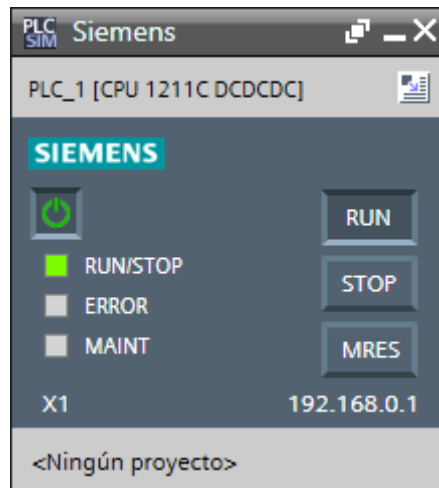


Figura 1.20 PLC_1 cargado

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

Es de gran beneficio el uso de herramientas didácticas para el aprendizaje y más aún si se toma en cuenta que en ciertas ramas de la tecnología como la automatización, se realiza un estudio sobre los métodos de aprendizaje y simuladores en la operación de procesos industriales.

El propósito de este proyecto se encuentra encaminado hacia el aprendizaje de la automatización industrial, con herramientas adecuadas, como los simuladores, ellos permiten acercarse a la realidad, permitiendo explorar y desarrollar la lógica de programación en sistemas autónomos, y generan habilidades necesarias en la formación del estudiante de tecnología electromecánica, mediante un enfoque académico, metodológico y sistemático, que permite solucionar problemas en la automatización de procesos industriales, mediante la implementación del software Factory I/O y TIA Portal V15.

La necesidad de suplir tareas en el sector industrial, en procesos repetitivos, como el transporte y la selección de elementos de diseño en sistemas autónomos, permiten incrementar la efectividad de la industria, reduciendo los tiempos de producción y obteniendo productos de mayor calidad; además de disminuir el riesgo humano en la participación de la producción, en el cual los sistemas autónomos realizarán tareas complejas.

La metodología descriptiva usada en este proyecto describe de manera exhaustiva una realidad de un proceso automatizado industrial, inicialmente se programa el algoritmo que comandará los elementos electro neumáticos simulados.

A continuación, se ubica y calibra todos los elementos de maniobra, adquisición o sensores ubicados en la planta industrial.

Para finalmente conectar el software del controlador PLC y visualización en 3D para una comunicación a través de PLCsim, lo cual permite visualizar el funcionamiento y posibles errores de maniobra con las piezas seleccionadas para este proyecto.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los procesos de la planta constas de 4 etapas que son clasificación, ensamblaje, empaclado y almacenaje en perchas. Esto se observa en Factory I/O el cual permite crear la estación con los elementos requeridos para dichos procesos. Además, en TIA Portal se realiza la debida programación; tanto, de actuadores y sensores que pueden ser utilizados en cada estación.

Establecidas las herramientas y metodologías que se van a emplear en el desarrollo de la planta se va a explicar el desarrollo y funcionamiento. Por lo que, se identifica cada una de sus partes: diseño de la línea de producción, montaje, automatización y el desarrollo de la programación que controle y monitorice los procesos.

3.1 Requerimientos del proceso de empaque y almacenamiento de cajas

Los requisitos de selección de procesos son una decisión estratégica con respecto a la selección del tipo de proceso a considerar. Una decisión esencial en el diseño de un sistema de producción es el proceso que se utilizará para crear un producto o proporcionar un servicio. Implica decisiones en áreas como recursos humanos, equipos, materiales, tecnología y más.

Estos procesos en línea impulsados por productos con los recursos necesarios organizados a su alrededor. El volumen es generalmente alto y los productos son de tipo estandarizado. Las entradas se mueven linealmente de una estación a otra en una secuencia definida. Es decir, si se selecciona en lotes, color, tamaño y forma de un producto será el mismo para cada operación que ejecute el mismo proceso una y otra vez con poco o ningún cambio. En este caso, los productos siempre están en stock empacados y almacenados respectivamente para cuando el cliente realiza un pedido.

En el diseño de la planta al implementar la estación de almacenamiento los cuales constan de tres tipos de anaqueles que están distribuidos en el área de trabajo de Factory I/O respectivamente para cada tamaño de caja. En esta sección, consta de 3 almacenes para el almacenamiento de los tipos de cajas que son: X, M, L, las cuales al llegar a la barra sensorial son distribuidas de acuerdo con su tamaño. Cada almacén constas de 54 espacios, que al llegar a su posición; este activa un carro elevador el cual transporta la caja con el pallet a su puesto correspondiente.

Dentro de la simulación se trabajó con tres tipos de piezas basados en sus colores que son: azul, verde y metal; los cuales son clasificados para su respectivo montaje y empackado, en las cajas seleccionadas por defecto del usuario, es decir: para el producto azul se estableció la caja del tipo X, para el producto verde se estableció la caja M y para el producto metal se estableció la caja L. Estas cajas pueden variar según sea el requerimiento del cliente.

3.2 Desarrollar del algoritmo de control

Para realizar el algoritmo de control se utiliza el software industrial TIA PORTAL. Para este este proyecto se ha usado la versión V15, la misma que cuenta con las herramientas y librerías necesarias para su ejecución.

En el proyecto creado se selecciona y se escoge el modelo exacto del Controlador Lógico Programable (PLC), al cual se le asigna una dirección IP única. En la Figura 3.1, se muestra la ventana en la cual se configura la dirección IP única que tendrá el PLC, para lo cual se debe seleccionar y dar clic sobre el puerto Ethernet del controlador que posteriormente se desplegará las propiedades de este.

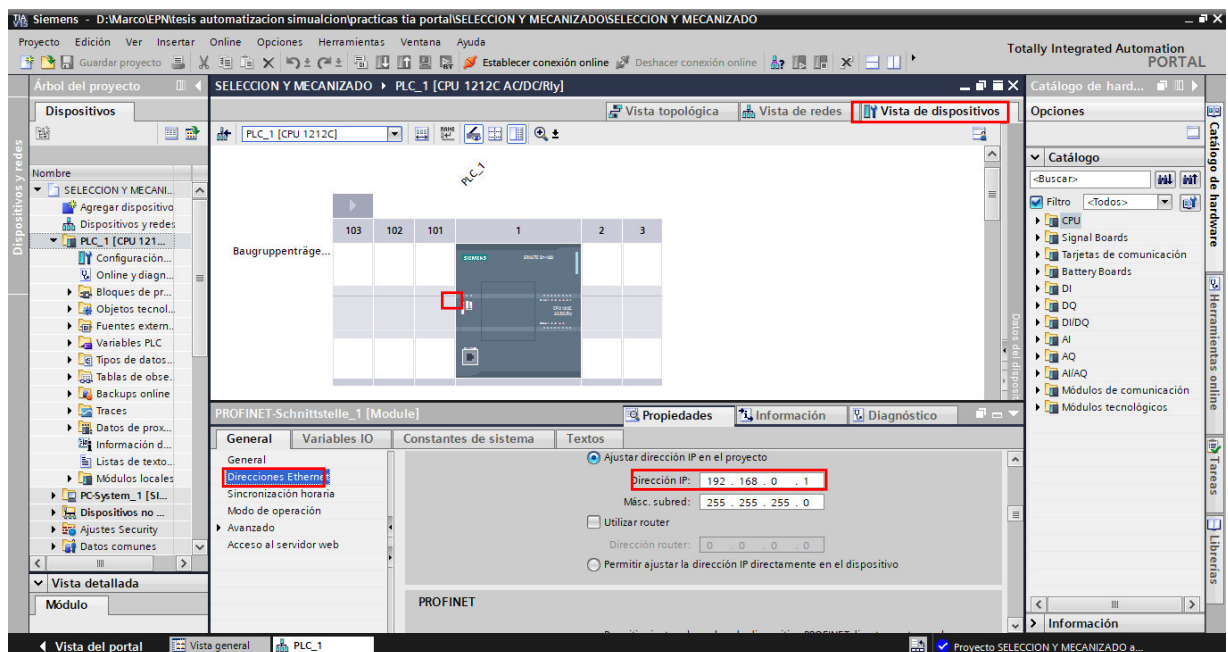


Figura 3.1 Ventana TIA PORTAL para la asignación de dirección IP al PLC

Vinculación entre TIA PORTAL y FACTORIO I/O

En la Figura 3.2, se observa en el bloque de esquema un módulo de conexión el cual permite la vinculación entre TIA Portal V15 y Factory I/O.

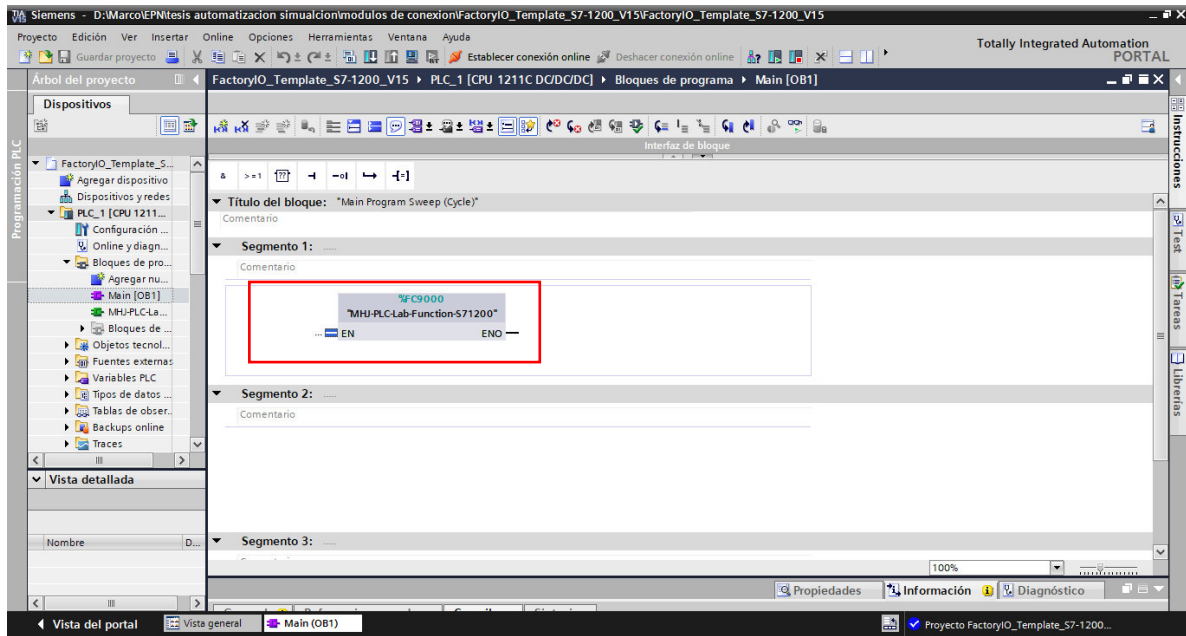


Figura 3.2 Módulo de conexión entre TIA PORTAL V15 y Factory I/O

Se debe cambiar el tipo del lenguaje del bloque del segmento 1 "Figura 3.3", para esto se dirige al árbol del proyecto en TIA Portal V15, dar CLIC derecho en "Main (OB1)" y seleccionar "Cambiar lenguaje de programación".

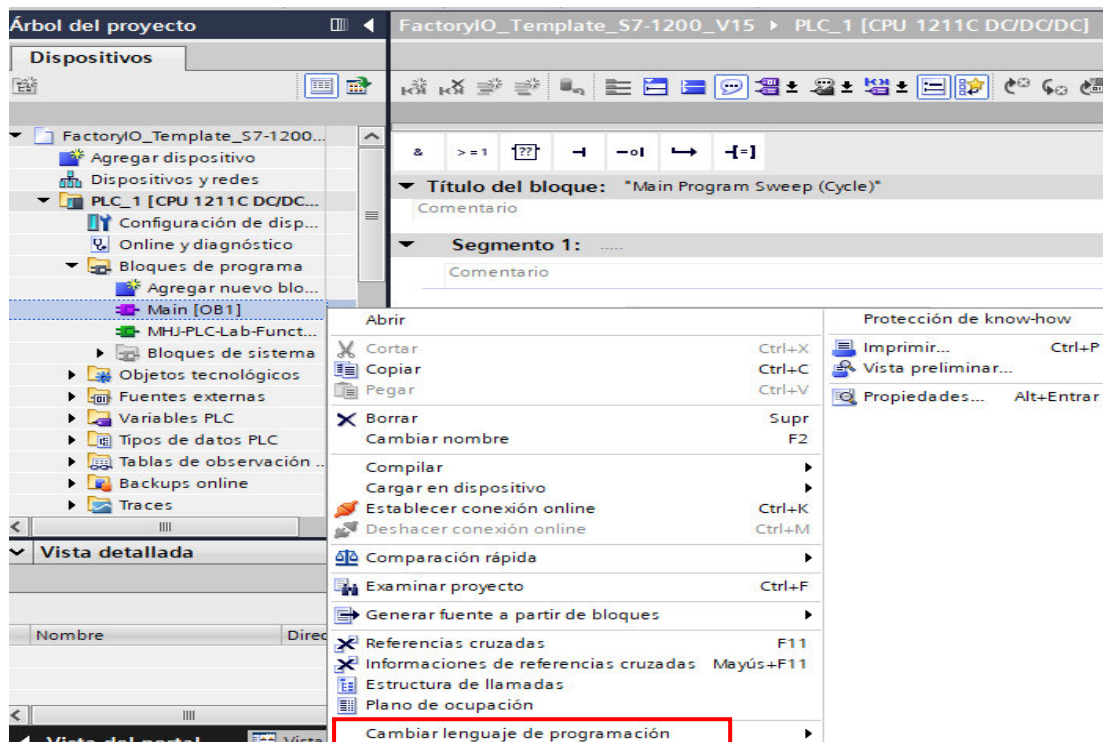


Figura 3.3 Cambio de lenguaje de programación

En la Figura 3.4, se observa la selección del lenguaje de programación la cual es "KOP", es decir: esquema de contactos, escalera o Ladder.

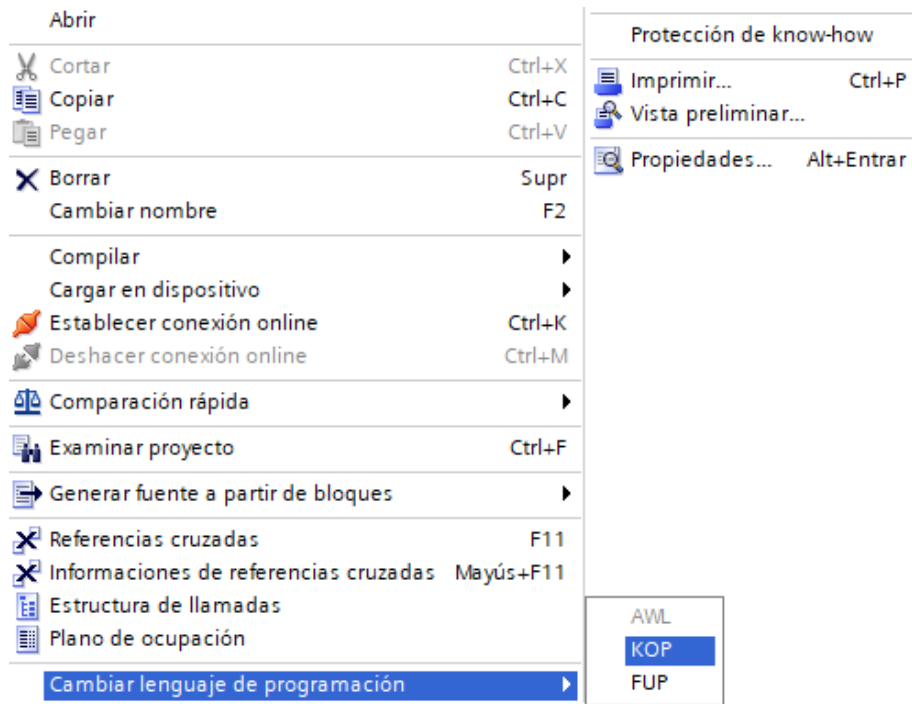


Figura 3.4 Seleccionar lenguaje de programación "KOP"

Al dar CLIC en "KOP", se debe esperar por unos segundos hasta que el lenguaje de programación cambie y se observa en la Figura 3.5, el módulo de conexión en bloque el cual puede ser reconocido por TIA Portal V15.

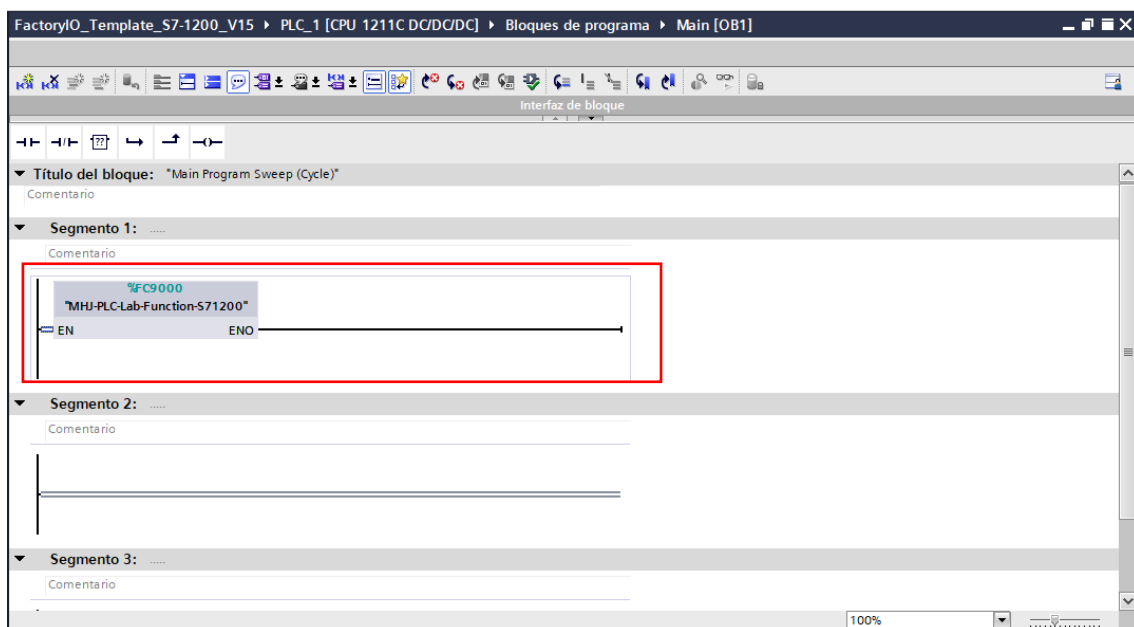


Figura 3.5 Entorno de programación KOP

A continuación, se crea una tabla de variables "Entradas" en el TIA Portal, que se utilizará para la programación en general, como se muestra en la Figura 3.6.

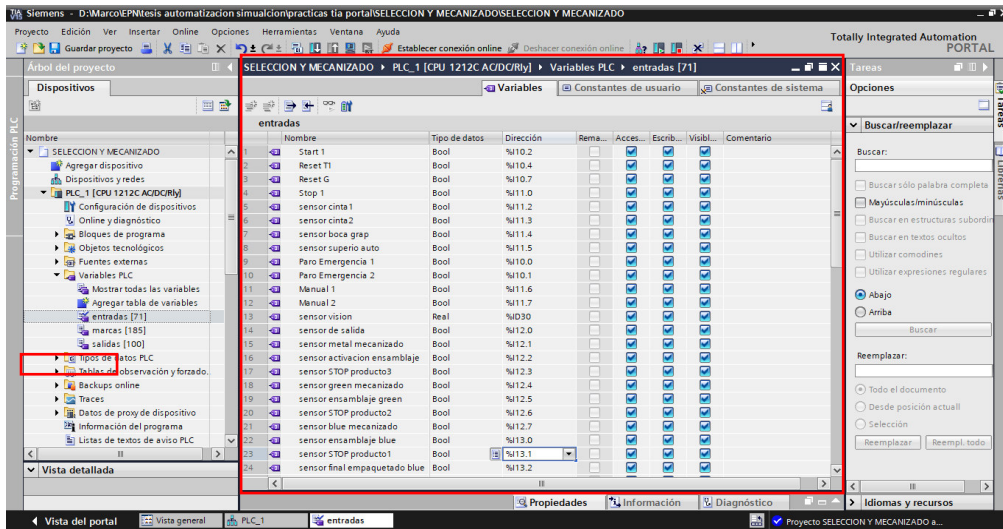


Figura 3.6 Tabla de variables para la programación del algoritmo de control Interfaz Humano Máquina “HMI”

Los paneles HMI Siemens SIMATIC son conocidos en el mercado industrial por los buenos resultados que proveen en producción. La gran ventaja de la tecnología SIMATIC es que se integra a través del TIA Portal, ofreciendo un beneficio en costos y tiempos.

Configuración HMI

Para agregar un HMI en el proyecto se debe seguir los siguientes pasos:

- a. Seleccionar “Agregar dispositivos” en la ventana “Árbol del proyecto” y se selecciona SIMATIC HMI Application de referencia 6AV2 105-0 tal como se muestra en la Figura 3.7, se procede agregar el nuevo dispositivo dando clic al aceptar.

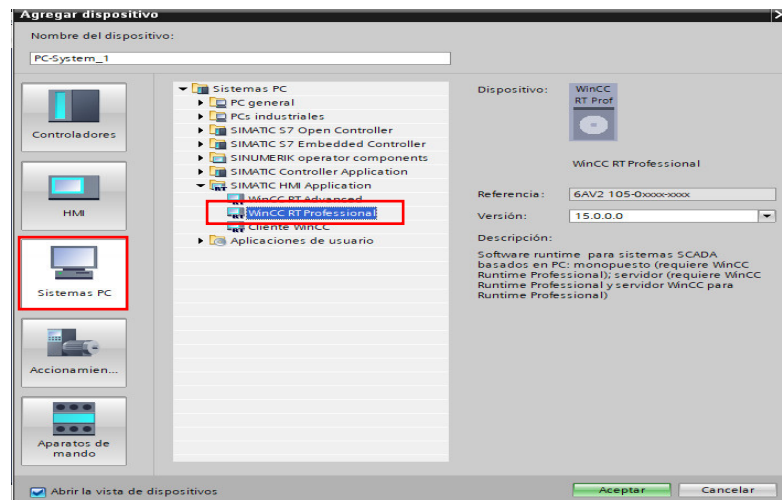


Figura 3.7 Selección de WinCC RT Profesional

- b. En la parte derecha del software se observa el “Catálogo de hardware”, el cual brinda los “Módulos de Comunicación”, abrir la flecha la cual despliega varias opciones; a continuación, se debe seleccionar “IE general”, el cual es agregado al PLC como se muestra en la Figura 3.8.

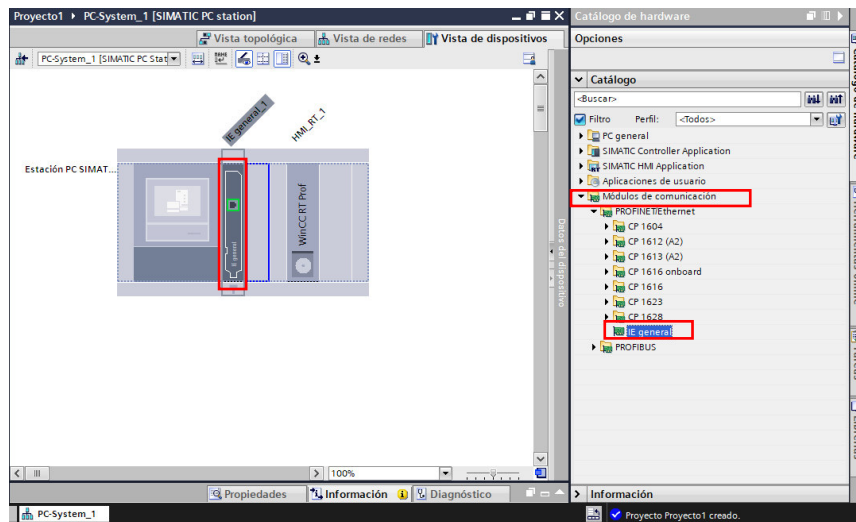


Figura 3.8 Selección de I/O para la ventana HMI

- c. Seleccionar vista de redes y se observa el PLC.

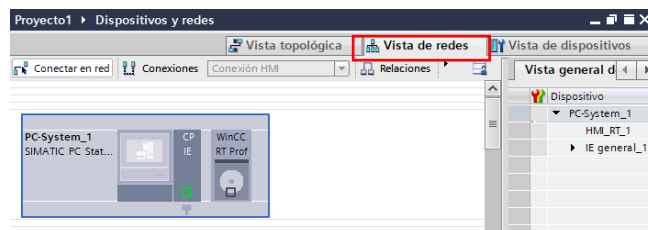


Figura 3.9 Vista de redes

- d. Se repite el proceso para la selección del tipo de controladores a utilizar, una vez establecidos los dos controladores se procede con la conexión entre los PLC's como se observa en la Figura 3.10.

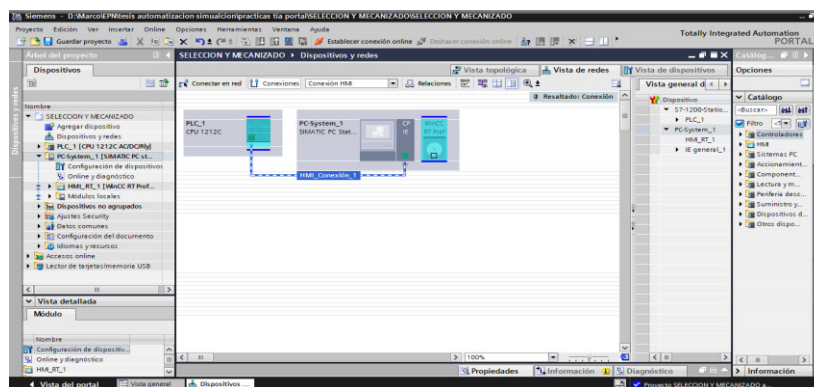


Figura 3.10 Conexión entre los PLC's

- e. Al dar clic en la línea de conexión, es posible evidenciar a los dos dispositivos, además de comprobar cada una de sus características como la dirección IP las mismas que deben ser distintas, como se observa en la Figura 3.11.

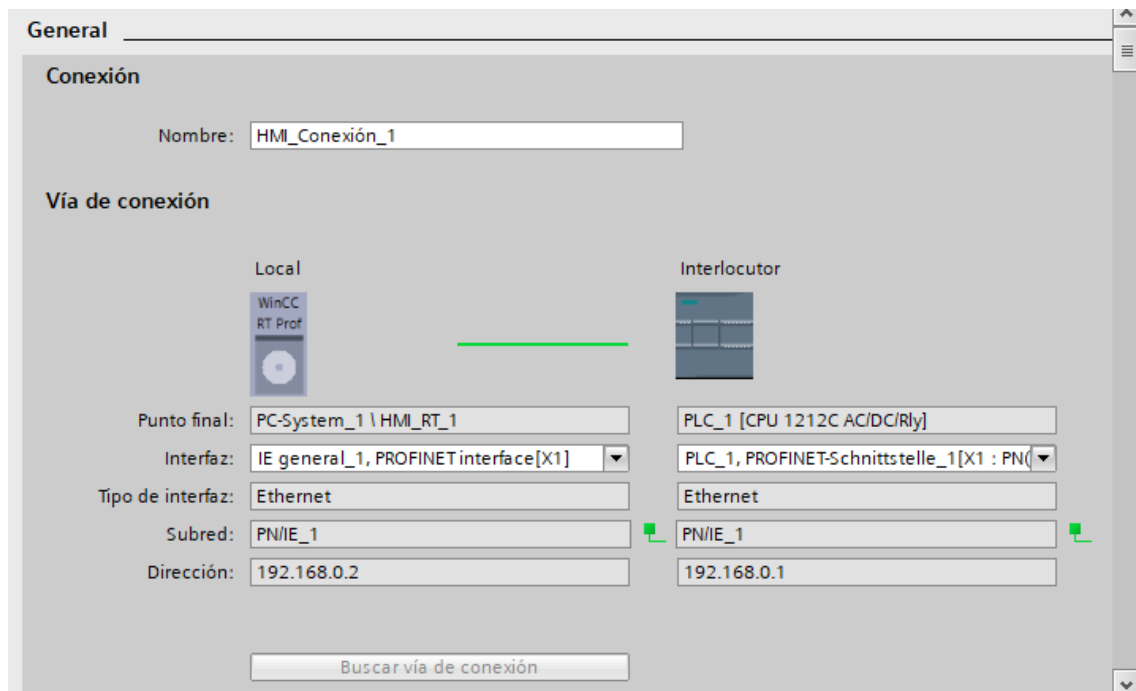


Figura 3.11 Verificación de la conexión entre los dos módulos

- f. Establecida la conexión se procede con la respectiva carga del programa en los PLC's con la finalidad de comprobar un arranque correcto de los mismos con la PC.

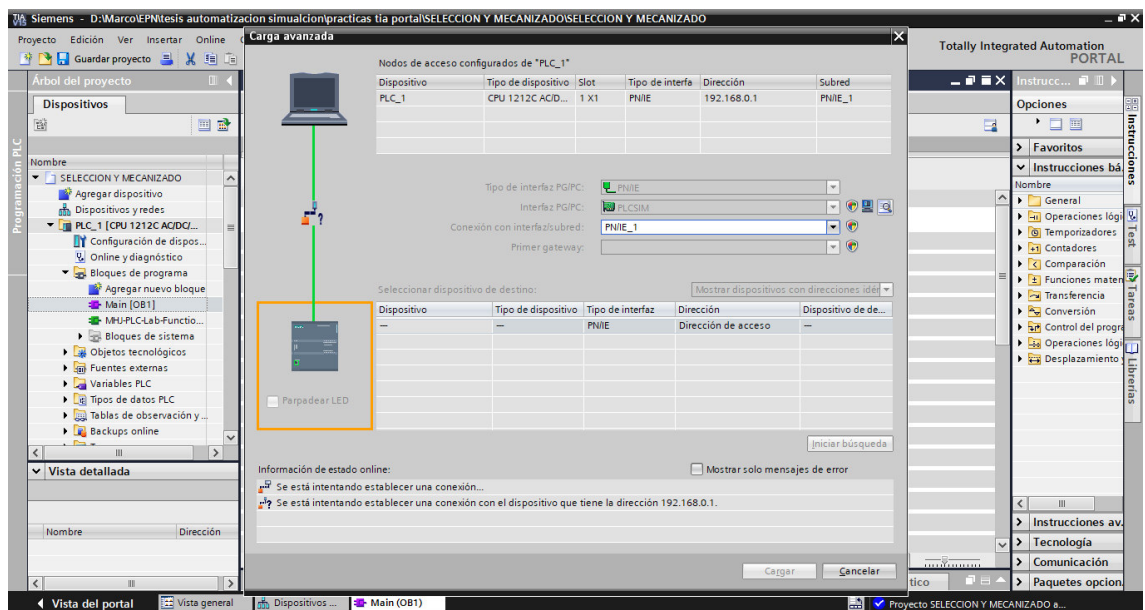


Figura 3.12 Comprobación de verificación de conexión y carga del programa

Editar pantalla

Finalizada la configuración del HMI, es necesario configurar la plantilla de la pantalla o imagen. En la cual se inserta cada uno de los elementos requeridos para el HMI. El diseño de la interfaz Humano Máquina es importante en el desarrollo del proyecto, ya que debe ajustarse a las necesidades del usuario y debe constar de: accesos directos, imágenes, advertencias, símbolos o textos que faciliten al usuario comprender las distintas funciones con las que cuenta HMI

- a. Para este proceso en la Figura 3.13, se selecciona en el “Árbol del proyecto” la opción “PC – System_1 (Sematic)” el cual muestra diferentes carpetas. Dentro de esta se da un clic en “HMI_RT_1[WinCC]”. El cual despliega varias opciones y se selecciona la carpeta “Imágenes” y luego doble clic en “Agregar imagen”. Esto muestra una ventana gris la cual puede ser diseñada de acuerdo con el usuario como se muestra en la Figura 3.14.

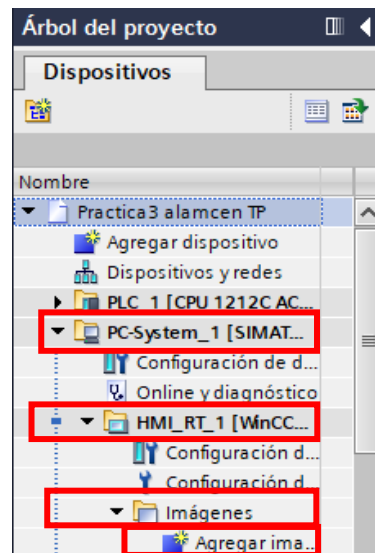


Figura 3.13 Proceso de creación ventana HMI

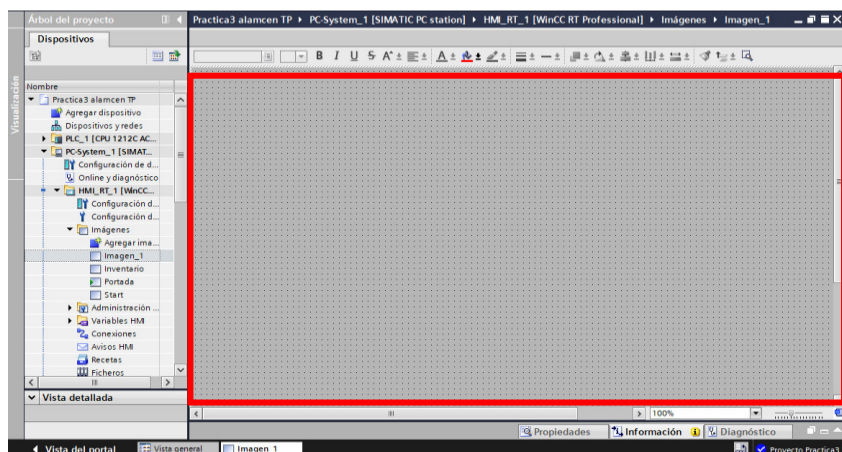


Figura 3.14 Espacio de trabajo para la ventana HMI

- b. Creada la imagen se procede con el respectivo diseño de la ventana, se arrastra de la barra de “Herramientas” los objetos, elementos o controladores necesarios que requiera el diseño de la ventana. En la Figura 3.15, se observa las herramientas necesarias para el diseño.

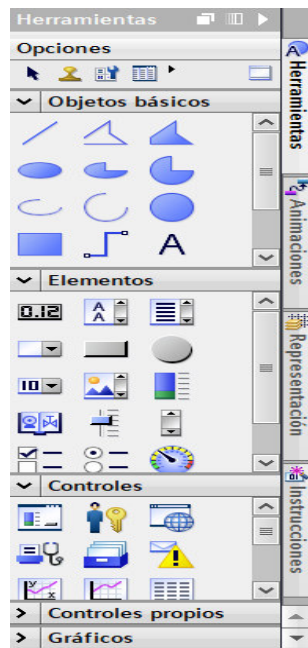


Figura 3.15 Barra Herramientas

- c. Dentro del espacio de trabajo se puede arrastrar el texto, imágenes o controladores necesarios, tal y cual muestra la Figura 3.16.

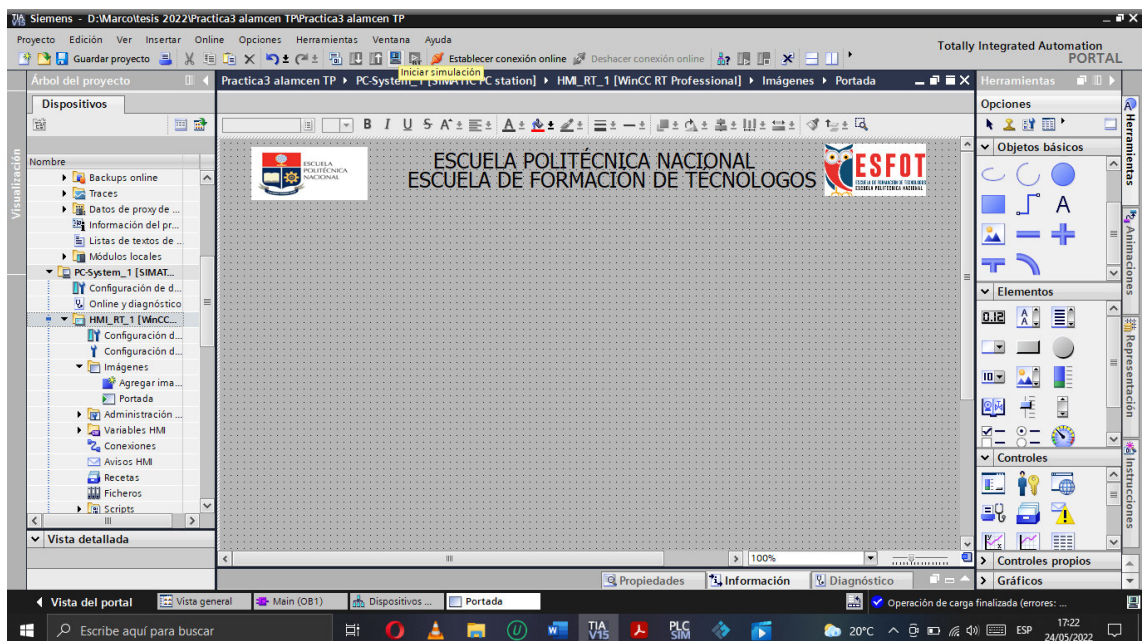


Figura 3.16 Inserta títulos de la portada

- d. Inicializado el proceso del diseño de la ventana se procede a compilar e iniciar la simulación de esta como se muestra en la Figura 3.17, este proceso se repite para las demás ventanas requeridas para la información requerida.

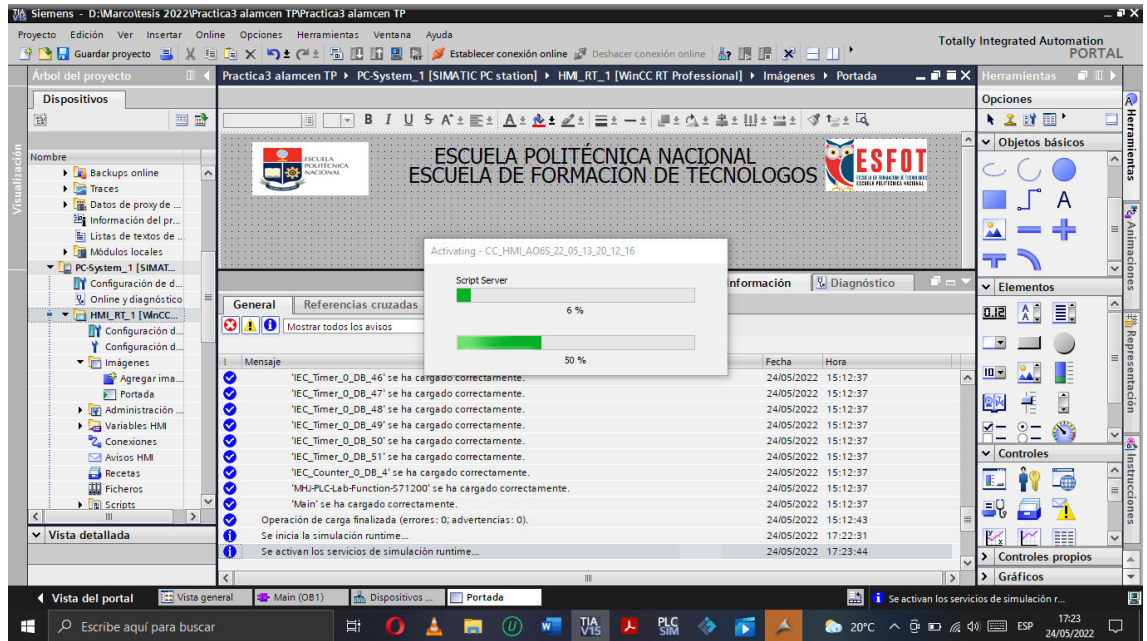


Figura 3.17 Compilación y simulación de la ventana HMI

A continuación, se muestra el diseño de las ventanas creadas con su respectivo funcionamiento:

- Ventana 1: Portada

En la Figura 3.18, se encuentra la información básica del proyecto.



Figura 3.18 Ventana Portada

- Ventana 2: Información

En la Figura 3.19, se encuentra la ventana principal del proyecto la cual consta con las estaciones en función al avance del proceso. Además, consta en el almacén de 3 luces indicadores respectivamente a cada almacén que esté activo.



Figura 3.19 Ventana de Procesos

- Ventana 3: Inventario

En la Figura 3.20, se muestran los productos almacenados tanto de entrada como de salida, es decir, los productos ensamblados y el almacenaje de cada producto finalizado en las respectivas estanterías.

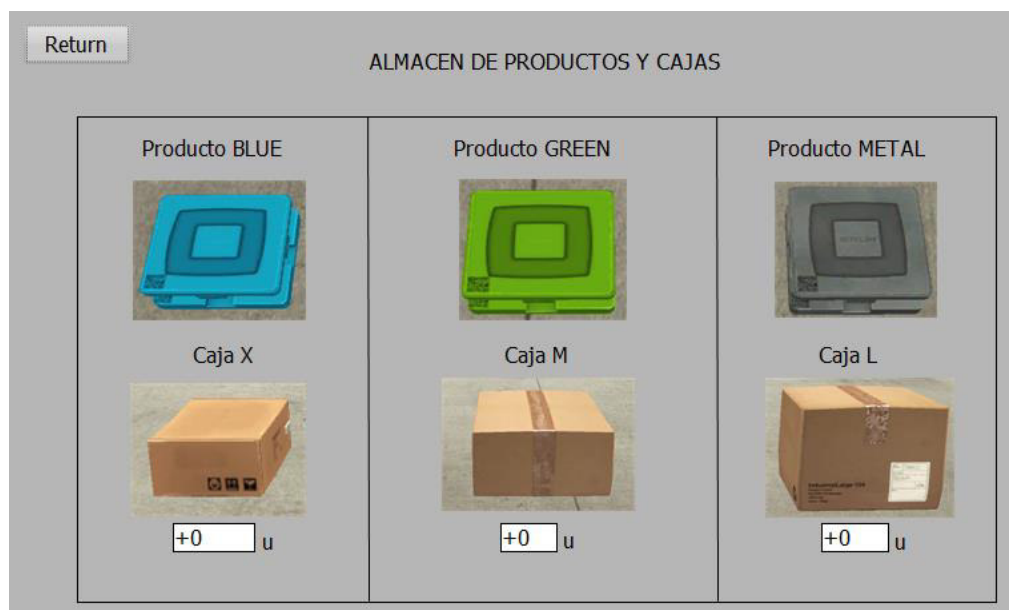


Figura 3.20 Ventana Inventario

3.3 Simulación del proceso industrial

El objetivo de esta planta, como se menciona anteriormente, consiste en el empaqueo y almacenaje de cajas que se puede observar en la industria.

Tras el diseño la línea queda de la siguiente manera:

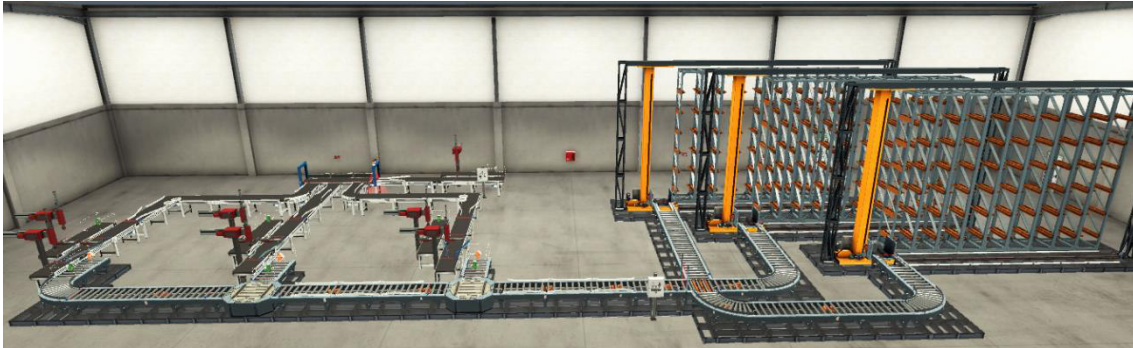


Figura 3.21 Diseño de la línea de producción

A continuación, se ha diseñado la línea para cumplir con los requerimientos y mejor la comprensión de esta.

La primera parte del proceso industrial consiste en dos paneles de control en donde se encuentran los interruptores de encendido, apagado, reseteo, paro de emergencia y el selector de mando, es decir; manual o semiautomático para la planta, así mismo con sus respectivas luces indicadoras que revelan si el sistema está encendido o apagado. También, cuenta con contadores independientes y generales permitiendo visualizar la cantidad de cada producto ingresado para obtener una mejor visualización y comprensión.

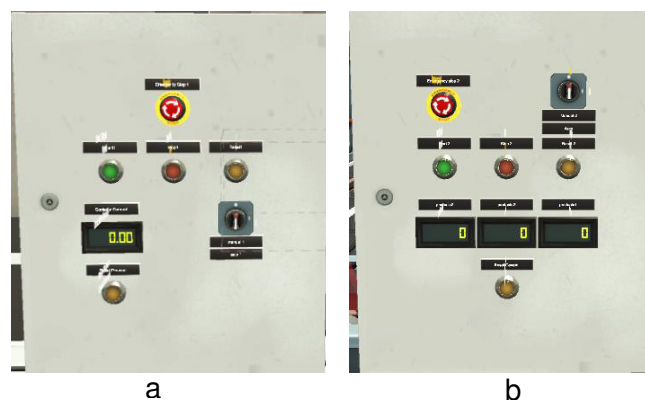


Figura 3.22 Paneles de control. a) General b) Secundario

Etapa 1

Encendido el sistema de selección, se debe clasificar según el color de las piezas. Para ello hay que utilizar un sistema para detectar el color, que separe las piezas azules, verdes y metales.

Para la detección, simplemente se va a utilizar un sensor capaz de enviar al PLC-SIM una señal diferente en función del color que detecte. El sensor que ofrece Factory I/O proporciona una señal entera como se puede observar en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Valores de detección para el sensor de visión.

Ítem	Valor
Ninguno	0
Materia prima azul	1
Tapa producto azul	2
Base producto azul	3
Materia prima verde	4
Tapa producto verde	5
Base producto verde	6
Materia prima metal	7
Tapa producto metal	8
Base producto metal	9

Como se observa en la Figura 3.23, el inicio de la estación está constituido por unas cintas transportadoras sobre la cual llegan los diferentes tipos de piezas. El bloque emisor coloca la pieza aleatoriamente, y será transportado a lo largo de la cinta transportadora hasta que el sensor 1, que detecta la pieza y el brazo robótico cilíndrico tipo SCARA es encendido, este baja la parte hacia el eje Z, succiona la pieza y regresará al punto de origen, se extenderá hacia el eje X y este volverá a bajar en Z, desactivará la succión cuando el sensor de la banda transportadora 2 se active, completado este proceso, el brazo retorna sobre el eje Z y a su posición de origen en el eje X.

Para esta parte de la simulación, se toma en cuenta la diferenciación de color, ya que el producto va a clasificarse en líneas diferentes. Activadas las bandas transportadoras 2, 3 y 4 las piezas de color azul, verde o metal son transportadas a unas cintas de aluminio que desvían a las piezas hacia el centro del rango de detección del sensor de visión del proceso de clasificado.

Por otro lado, para la separación de las piezas en función del color se utiliza un actuador de rodillo, de forma que las piezas se desvían hacia la dirección de una nueva banda, estas bandas transportan la pieza clasificada a la siguiente etapa del proceso.

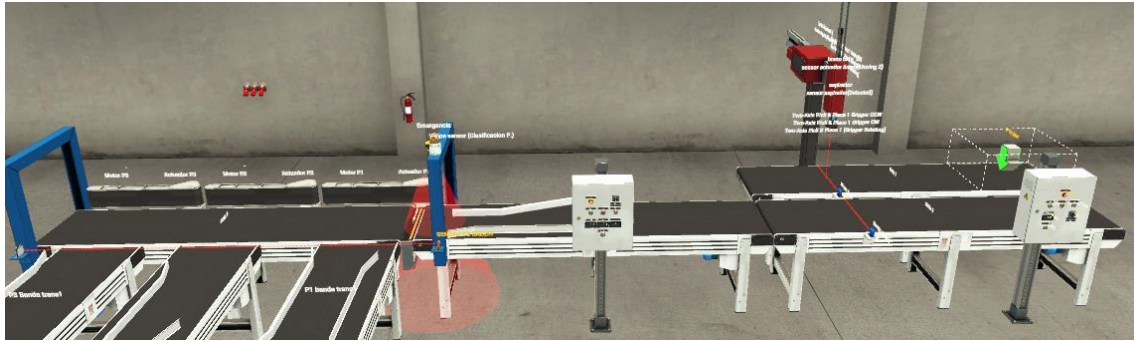


Figura 3.23 Etapa clasificación del producto

Etapa 2

En esta etapa la Figura 3.24, del sistema automatizado se encuentra el proceso de montaje de las piezas transportadas y clasificadas respectivamente que serán esperadas por un sensor, este se activa y acciona una tapa de ensamblaje de la banda que se encuentra a un costado por un bloque emisor, de tal manera, la pieza clasificada será posicionada hacia un costado de la banda por una brida neumática.

La pieza a montar es activada, y el bloque emisor coloca la tapa en la banda, un nuevo sensor que detecta la tapa y el brazo robótico cilíndrico tipo SCARA, es encendido, esta baja hacia el eje Z, succiona la tapa y regresará al punto de origen, se extiende hacia el eje X y baja nuevamente en Z, desactiva la succión y coloca la tapa en la pieza maquinada, completado este proceso, el brazo regresar nuevamente sobre el eje Z y también a su posición de origen en el eje X.

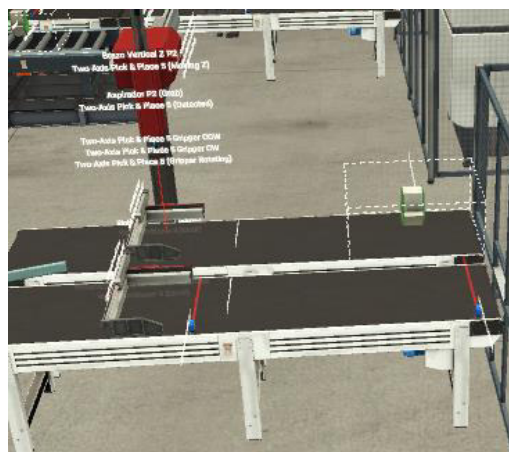


Figura 3.24 Montaje de las piezas

Listo el ensamblaje de la pieza, luego de 10 segundos el actuador de la brida se acciona, permitiendo que la pieza pase a la etapa siguiente que será el proceso de empaquetado.

Etapa 3

En esta etapa un nuevo sensor detecta la pieza ensamblada, posicionándose por una barra de aluminio al centro de la banda, permitiendo que el brazo robótico pueda sostener correctamente la pieza. Una tercera banda transportadora del tipo rodillo que contiene un bloque emisor, el cual coloca los pallets sobre la banda transportadora son accionados a partir de la detección del sensor de la pieza que proviene del ensamblaje. A su vez con ayuda de la detección de sensor de la pieza, se desactiva la banda transportadora, para posteriormente activar el brazo robótico provocando que baje el eje Z, succione la pieza, regrese nuevamente al origen del eje Z, se desplaza en X baje nuevamente en Z, desactive la succión, colocando la pieza en un pallet, este regresa a su punto de origen, activando la banda que lo desplaza para la siguiente etapa del sistema, el proceso de empaquetado queda en espera de una nueva detección de pieza.

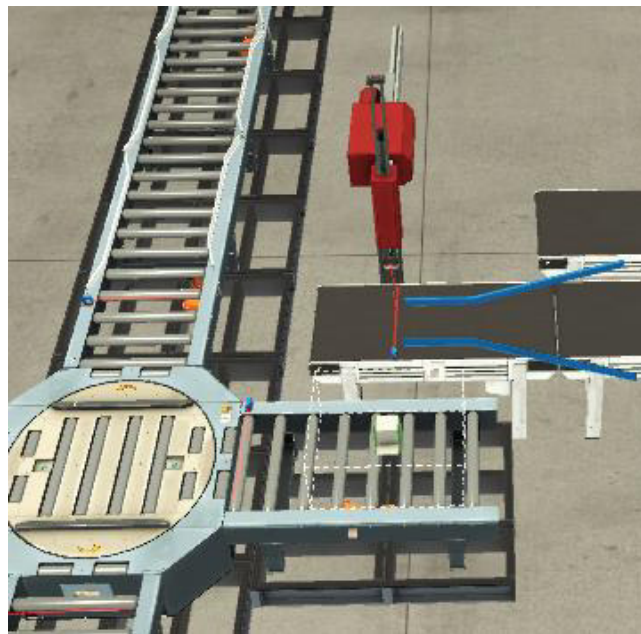


Figura 3.25 Proceso de empaclado

Para llevar las piezas ensambladas desde el punto de partida para el embalaje hasta el almacén, se utiliza unos sistemas de cintas transportadoras en las que además se agrupan algunos pallets en caso necesario.

Para la clasificación de las cajas por tamaño y distribución para el almacén respectivo se cuenta con una barra sensorial que interactúan con el tamaño de la caja. Como se observa en la Figura 3.26, esta barra identifica a las cajas lo cual activa una cadena de

transferencia “Chain Transfer” de la Figura 3.27, la cual con su respectiva programación este distribuye al almacén establecido. El cual cuenta con tres tipos de almacenes para las cajas X, M y L.

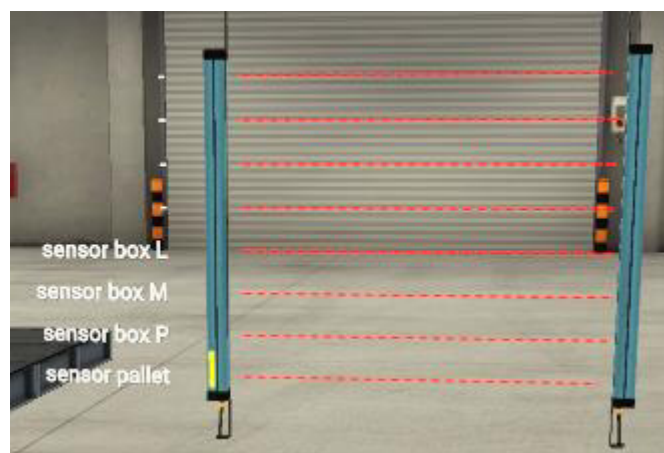


Figura 3.26 Barra sensorial para cajas



Figura 3.27 Cadena de transferencia “Chain Transfer”

Etapas 4

Al llegar al almacén Figura 3.28, que cuenta con un “transelevador”, este almacena los pallets que contienen la caja.

Para la activación del proceso de los almacenes, se efectúa a partir de los sensores difuso, estos sensores detectan el pallet, que permite el funcionamiento de la máquina que transportará los pallets a un espacio dentro del almacén. El sistema activa unas varillas que se desplazan en dirección a la banda de rodillos, este se eleva y toma la caja, retrocede, baja y la máquina; le asigna un lugar en los estantes del almacén, dato importante, el almacén contiene 54 lugares disponibles para colocar los pallets que contienen las piezas.

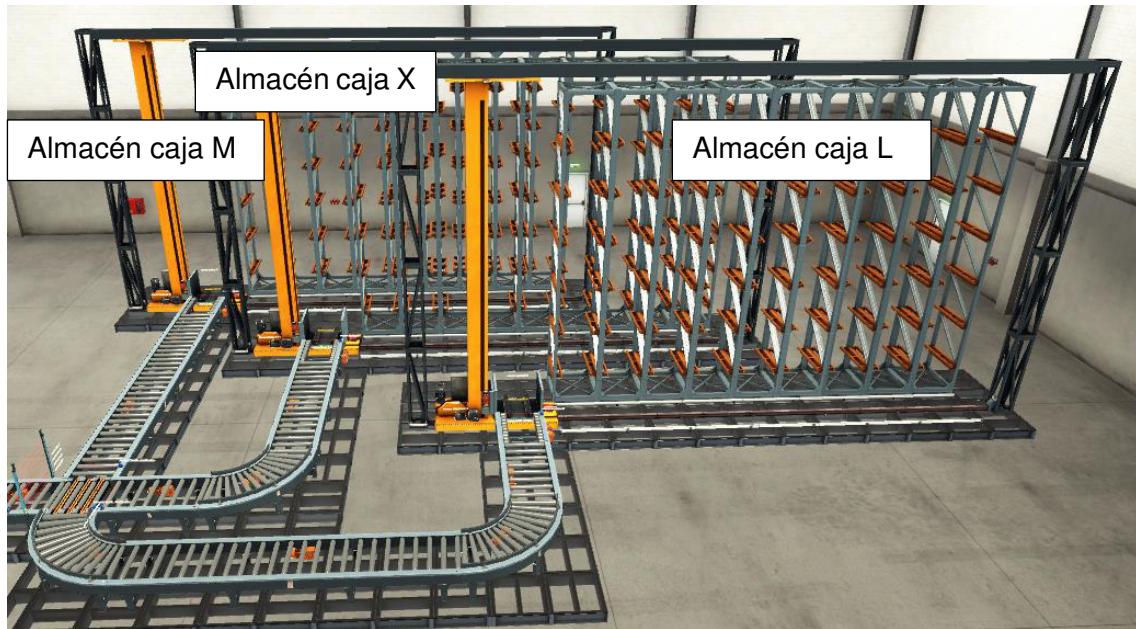


Figura 3.28 Almacenaje de cajas

3.4 Pruebas y Análisis de Resultados

En la opción de proceso en la Figura 3.29, se evidencia los procesos correspondientes con sus respectivas luces indicadores. Mostrando el proceso actual, además, en la parte clasificación como son tres tipos de productos se activa un diferente motor mostrando de esta manera que tipo de producto en este caso el color es clasificado respectivamente. Lo mismo pasa en el almacén consta de una luz indicadora de manera general y otras tres que muestran el almacén activo según la caja.



Figura 3.29 Ventana de procesos clasificación HMI

En la obtención de los resultados se observa en la Figura 3.30, como cada caja es ubicada en la estantería o percha correspondiente. Además, es evidente que el almacenaje tiene una diferencia según el bloque emisor emita los productos de manera manual o semiautomática.

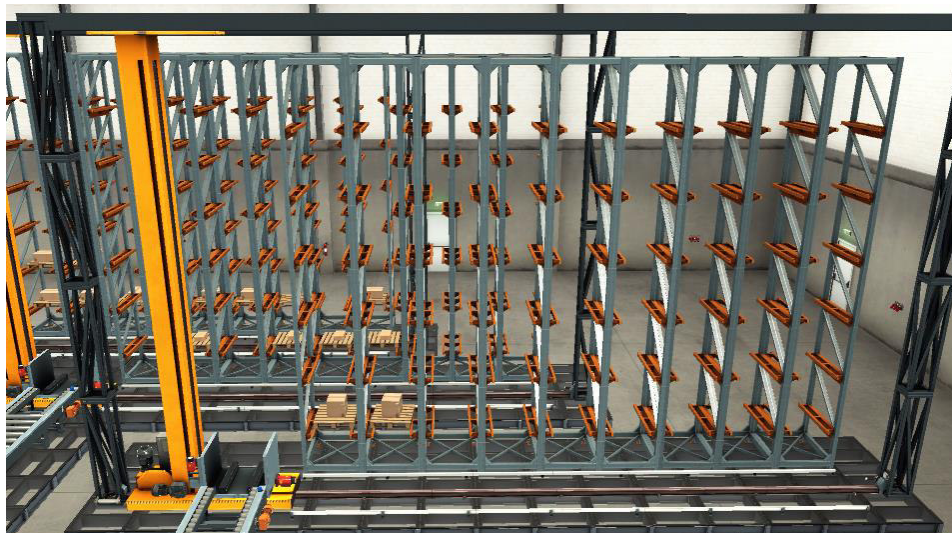


Figura 3.30 Almacenaje de cajas simulación

En la Figura 3.31, se obtiene los valores de las cajas que se encuentran almacenadas en las estanterías respectivamente, a su vez, se lo puede comprobar con el tablero de Factory I/O “Figura 3.32”, los mismos valores tanto de productos con sus cajas respectivas.

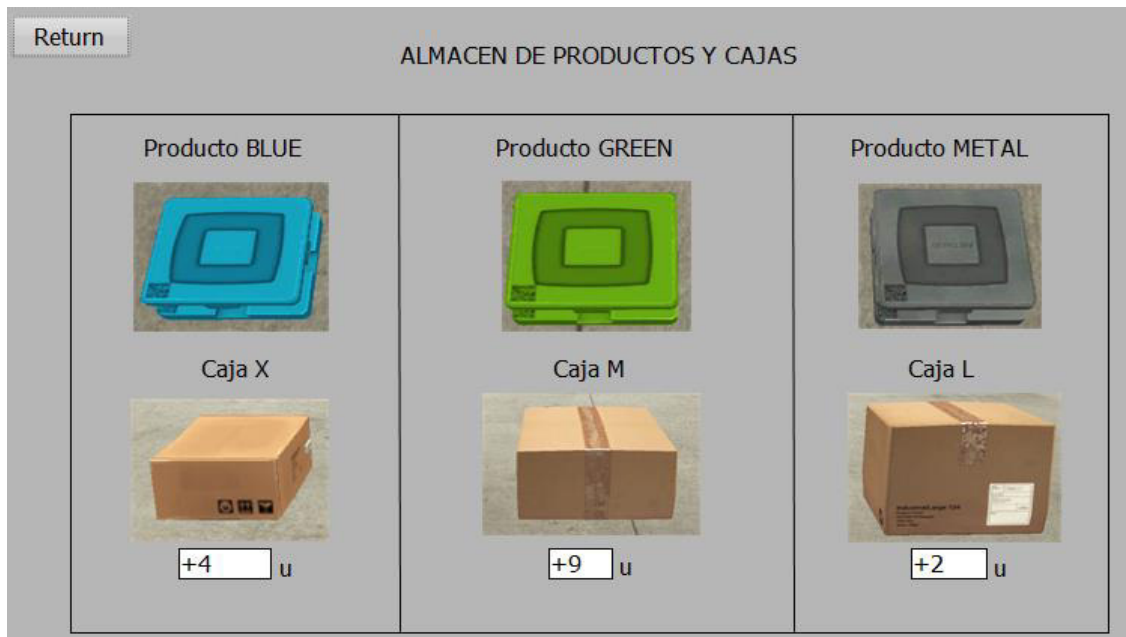


Figura 3.31 Ventana Inventario HMI



Figura 3.32 Tablero 2 Factory I/O

3.5 Manual de uso y mantenimiento

A continuación, se presenta el código QR del video de la simulación de empaclado y almacenamiento con visualización en 3D, donde se explica de manera detallada sobre el funcionamiento y conexión entre los programas utilizados. Como se muestra en la Figura 3.33.



Figura 3.33 Código QR del proyecto de simulación

Enlace: <https://youtu.be/Bm5rX-0faHI>

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Tras la finalización de la programación y la simulación en el presente trabajo, con los programas utilizados, y luego de haber observado los resultados, se pudo establecer que el uso del software Factory I/O facilita claramente la adquisición de nuevos conceptos en cuanto al tema de automatización.
- El uso del elemento de simulación proporcionado por Factory I/O permite observar el efecto que tiene sobre dicho elemento y las diferentes estrategias de control, de otro modo hubiera sido necesario la existencia de un sistema físico con su respectivo costo y mantenimiento para poder observar los resultados.
- Además, se ha observado que se obtiene grandes ventajas en el uso de Factory I/O debido a la gran cantidad de tiempo que se ahorra el usuario al programar un sistema HMI con todas las variables y movimientos requeridos para monitorizar el sistema. Factory I/O permite apreciar el efecto inmediato que tiene sobre cualquier estación, que de otro modo hubiera sido muy complicado de simular.
- Así que los requisitos que se consideran para la selección de procesos en los diferentes productos que se puede presentar en la industria ya sean por lotes, colores, tamaños y formas las operaciones a ejecutarse son las mismas con un cambio significativamente pequeño en su programación.
- El diseño de la estación de almacenamiento puede ser distribuido por el entorno amplio de trabajo que presta Factory I/O, esto permite observar la actuación de cada elemento que compone el almacén. A través, de los actuadores y sensores que lo componen y transportan la carga al espacio establecido. Al finalizar el proceso del almacenamiento, el almacén queda totalmente lleno, ya que el mismo consta de 54 espacios.
- Para la vinculación entre los dos programas se necesita de un módulo de conexión que sea compatible con la versión de TIA Portal a utilizarse. Este módulo debe ser cambiado a un lenguaje de programación que sea entendible para el programa, es decir, un lenguaje KOP.
- El programa "Factory I/O" es un excelente simulador de escenas reales. Esto permite preparar y adquirir experiencias en la programación de sistemas automatizados para el futuro. El programa creado, permitió visualizar los procesos que se utilizan en la industria ya sea para empacar, recoger y trasladar

cajas u objetos, de un lugar a otro. Este programa simula esta situación, indica cambios de procesos al ser transportados por las diferentes bandas y activando los diferentes componentes tanto actuadores como los indicadores que presenta.

4.2 Recomendaciones

- El programa asistido por computadora Factory I/O es un software recomendado para todos aquellos que se estén iniciando en el mundo de la automatización industrial, como para aquellas instituciones que se dediquen a la enseñanza de dicha materia.
- Para futuras investigaciones se podría trabajar el software Factory I/O de manera independiente, debido a que este posee un sistema de programación integrado denominado "Control I/O" permitiendo al estudiante programar y simular sin la necesidad de ningún dispositivo físico o software adicional, como TIA Portal en este estudio.
- La gran flexibilidad de Factory I/O permite realizar interfaces no solo con el PLC S7 – 1200 planteado en este proyecto, sino también con otras marcas altamente reconocidas ampliando de esta manera la cantidad de proyectos que pueden desarrollarse.
- En la versión a seleccionar del PLC se debe considerar la v1 ya que en una versión anterior no cuenta con las librerías requeridas para el uso del módulo de conexión entre TIA Portal y Factory I/O.
- La conexión entre los programas al principio puede tener una pequeña falla de conexión, ya que el programa de Factory I/O al no ser una versión completa tiende a limitarse a un ámbito educativo. Por lo tanto, este debe ser ejecutado como administrador.
- El amplio campo de aplicación del software Factory I/O permite incluso generar sistemas de comunicación personalizadas con otras interfaces de software que se incluyen en el sistema de programación o comunicación, ya sean de control o monitoreo.

5 REFERENCIAS

- [1] V. del Barrio Lagándara, «Diseño y Programación de Varias Estaciones de Trabajo Mediante el Uso de PLC y Softwares Específicos,» Valladolid, Universidad de Valladolid ; Escuela de Ingenieros Industriales, 2017.
- [2] Real Games, «Factory I/O,» [En línea]. Available: <https://factoryio.com/docs/>. [Último acceso: 09 mayo 2022].
- [3] S. Latorre Muñoz, «DESARROLLO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO CON IMPLEMENTACIÓN MEDIANTE AUTÓMATA SCHNEIDER M241 Y EVALUACIÓN CON DISEÑO EN PLANTA MEDIANTE SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE PROCESOS FACTORY I/O.,» Valencia - España, Universidad Politécnica de Valencia, 2019.
- [4] R. P. Mera Pozo, «IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA VIRTUAL PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA,» Ibarra, Universidad Técnica del Norte, 2019.
- [5] P. A. Andrade Jara y J. f. Peralta Saca, «Diseño e Implementación de una miniplanta industrial para llenado de sólidos mediante la técnica de numero de vueltas,» Guayaquil, Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [6] A. Araujo Delgado, «DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA UNIDAD AUTOMATIZADA DE RECEPCIÓN DE LECHE DE 15,000 L/H,» Quito, Escuela Politécnica Nacional, 2012.
- [7] O. Bolaños Plata, «IMPORTANCIA DE LA SIMULACIÓN EN LA MEJORA DE PROCESOS,» México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
- [8] J. Cabot Almela, «Proyecto de automatización y control mediante SCADA de un sistema de almacenamiento y recuperación industrial de piezas,» Valencia ; España, Universidad Politécnica de Valencia, 2014 - 2015.
- [9] M. F. Fernandez, «SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE EMBALAJE DE KITS,» España, Universidad de Coruña, 2017.

- [10] M. X. Lopez Flores, «"INDUSTRIA 4.0 PARA LA MONITORIZACIÓN DE UN PROCESO INDUSTRIAL",» Ambato - Ecuador, Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [11] PRODINTEC, «Simulacion de Procesos Industriales,» [En línea]. Available: <http://www.prodintec.es/es/nuestra-actividad/ingenieria-de-procesos/simulacion-de-procesos-industriales>. [Último acceso: 09 Febrero 2022].
- [12] A. H. Recalde Gomez, «DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGUA ESTRUCTURADA ENVASADA,» Sangolqui - Ecuador, Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 18 de julio de 2022

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, Abraham Ismael Loja Romero, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de la simulación de empacado y almacenamiento de cajas con visualización en 3D, el cual fue diseñado y programado por el estudiante Marco Toapanta.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan usar las instalaciones con seguridad para los equipos y las personas.

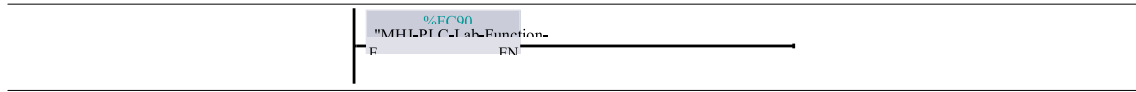
DIRECTOR

Ing. Abraham Ismael Loja Romero, MSc.

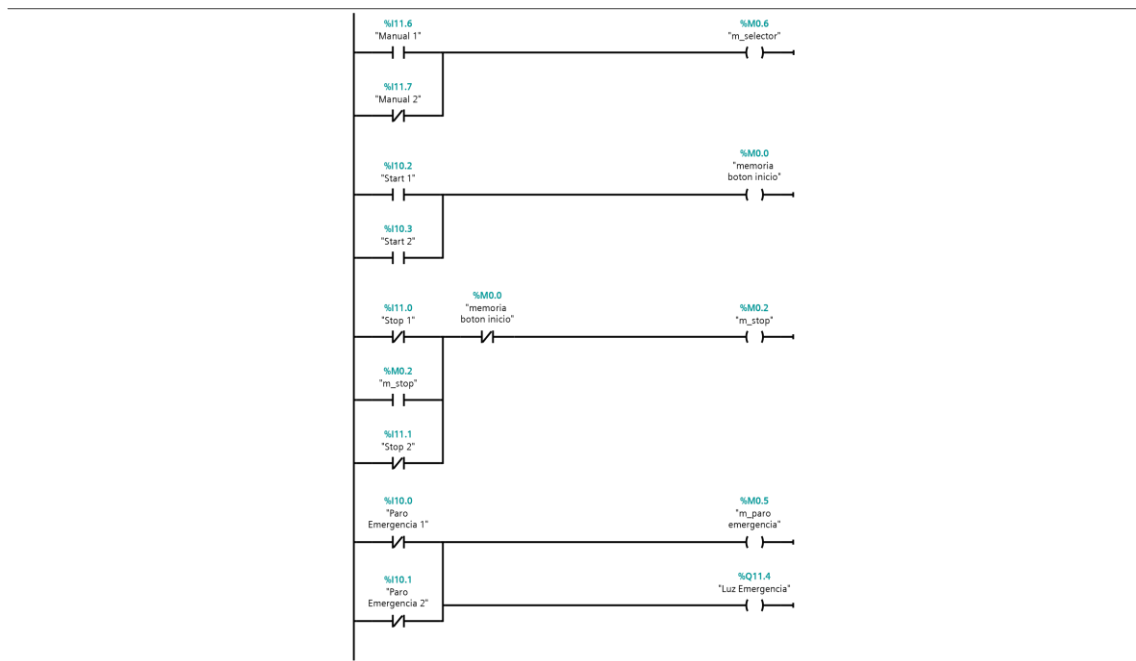
Ladrón de Guevara E11-253, Escuela de Formación de Tecnólogos, Oficina 28. EXT: 2726
email: abraham.loja@epn.edu.ec Quito-Ecuador

ANEXO 2: PLANOS Y ESQUEMAS

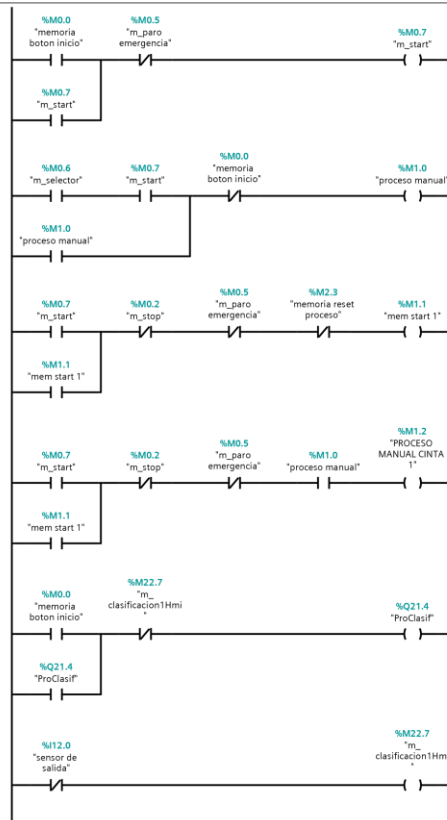
Segmento 1: Modulo de conexión



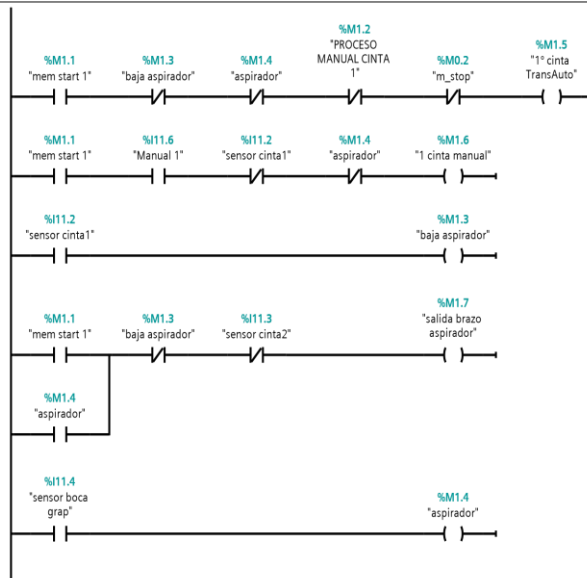
Segmento 2: Entradas



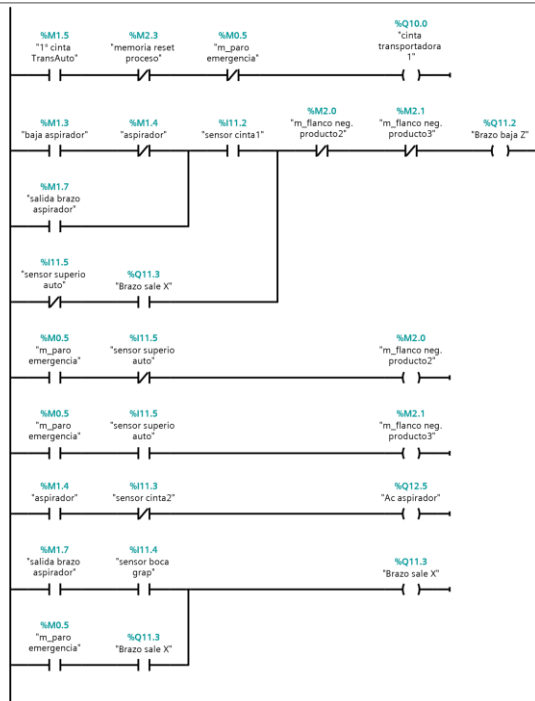
Segmento 3: Proceso de activación



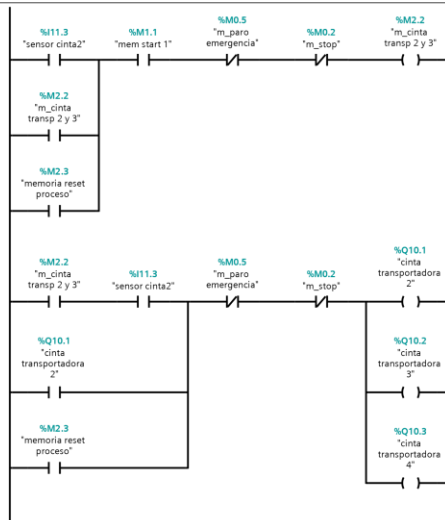
Segmento 4: Cintas transportadora y brazo automático



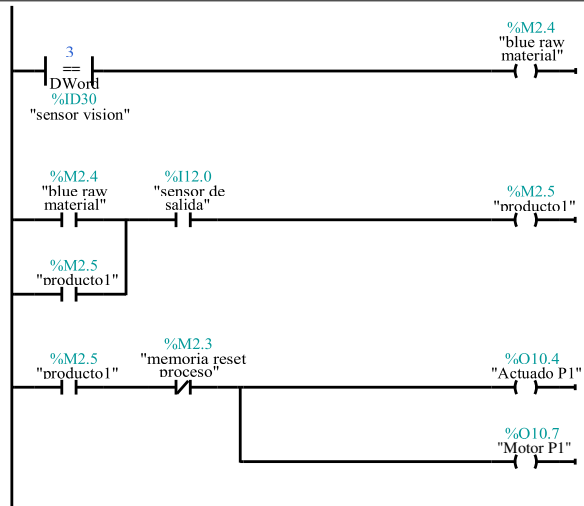
Segmento 5: actuadores proceso 1



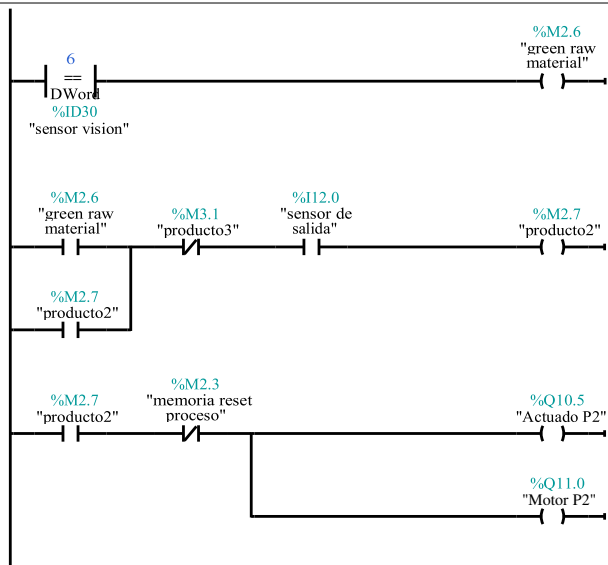
Segmento 6: activación cinta transportadoras 2, 3 y 4



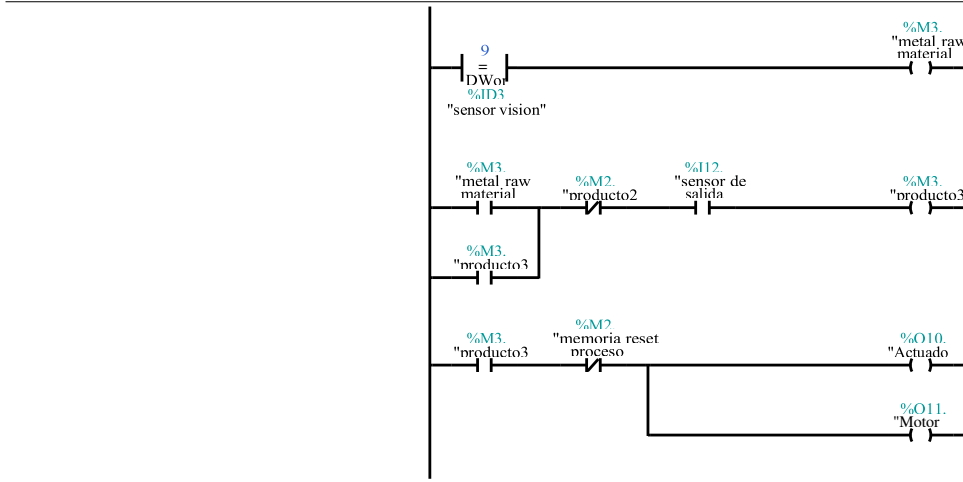
Segmento 7: blue material



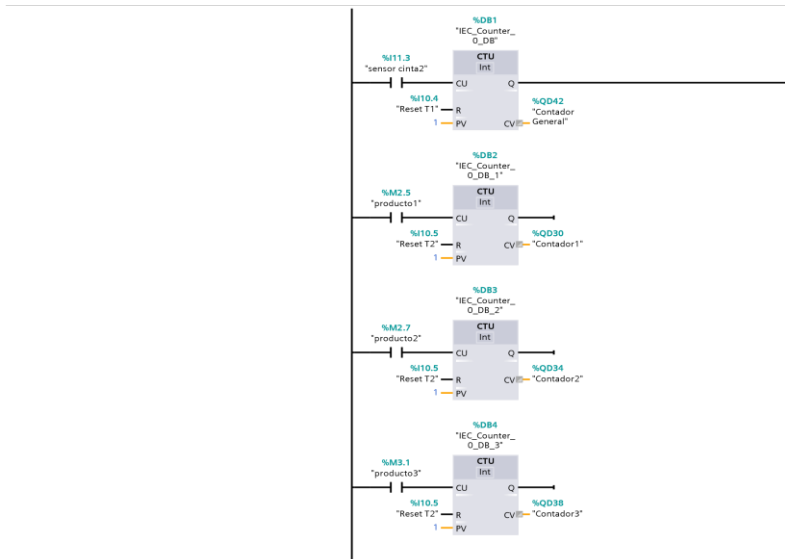
Segmento 8: Green material



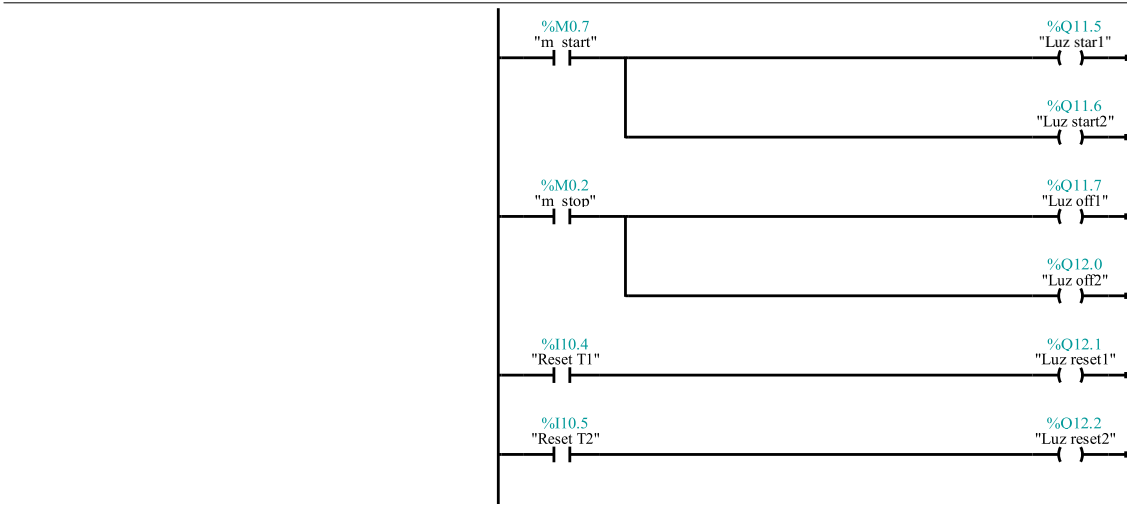
Segmento 9: metal material



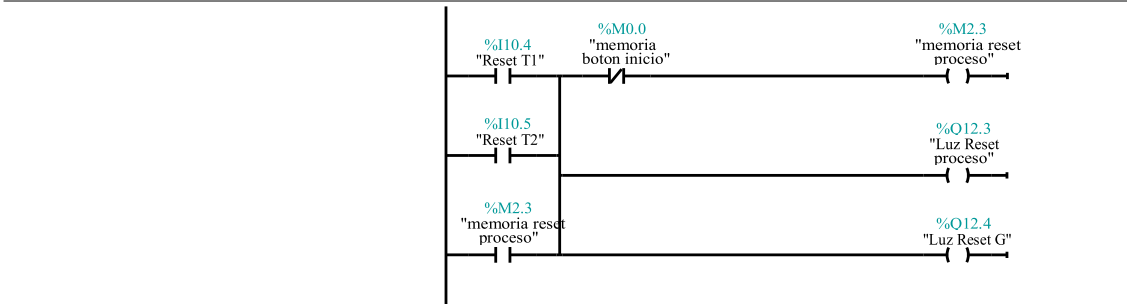
Segmento 10: contadores productos



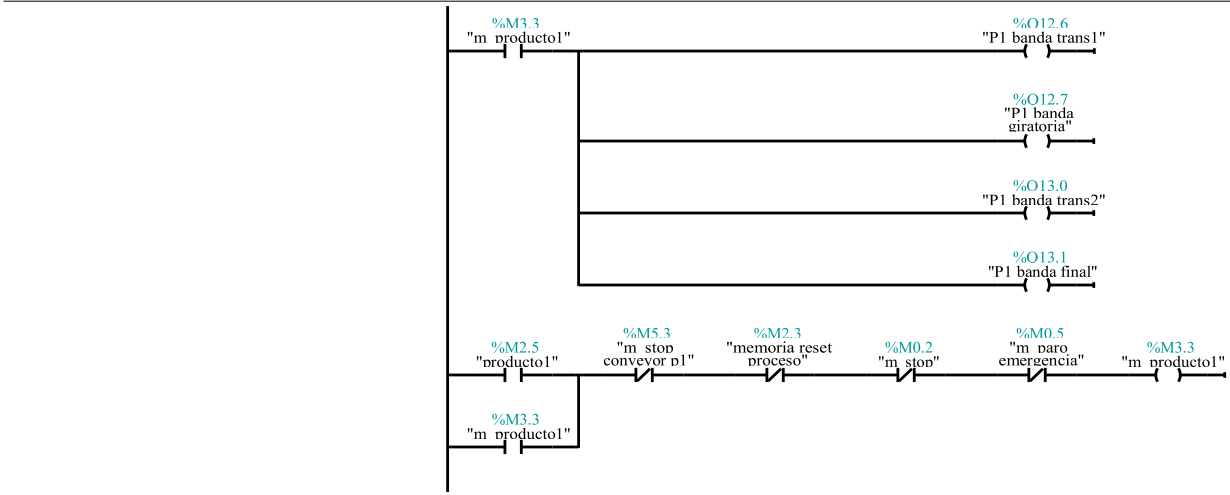
Segmento 11: luces indicadoras



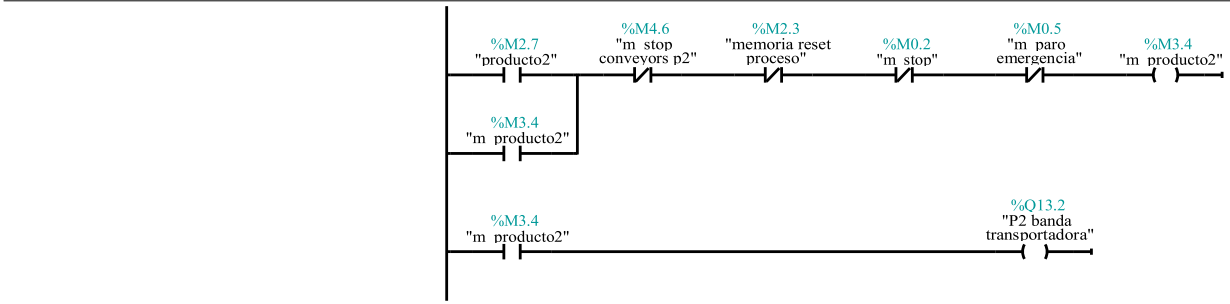
Segmento 12: reset



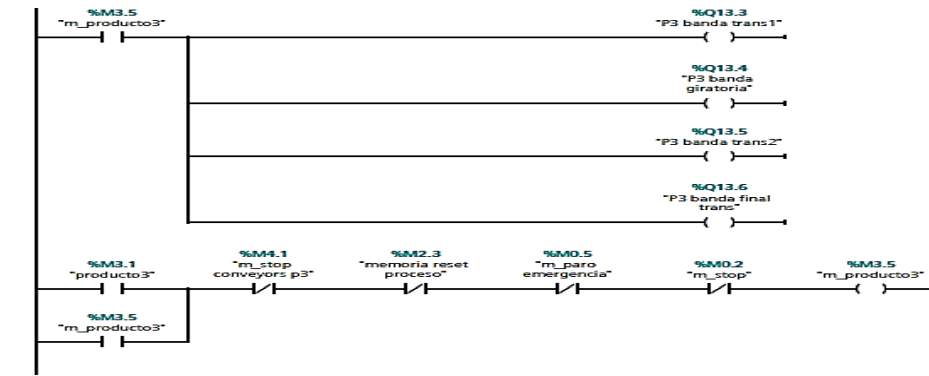
Segmento 13: Producto 1 Blue material



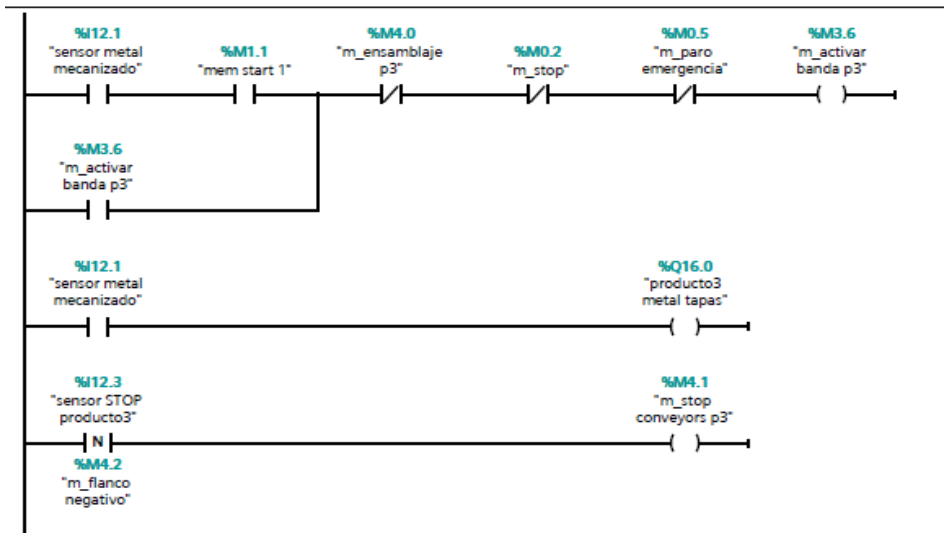
Segmento 14: Producto2 green material

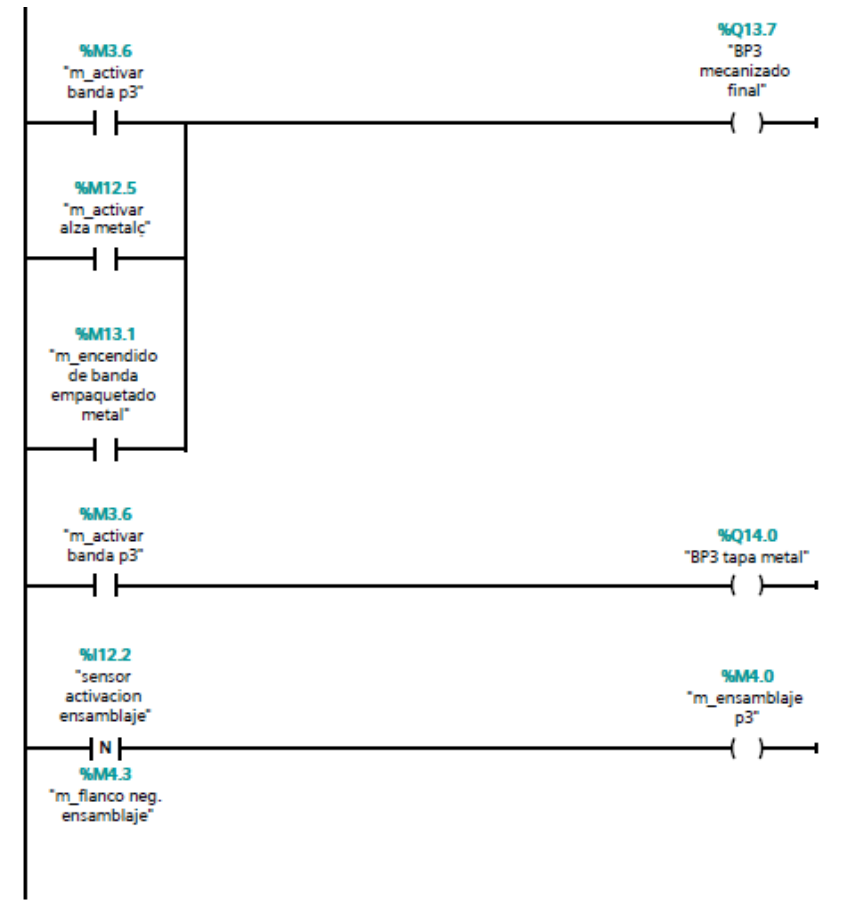


Segmento 15: producto3 metal material

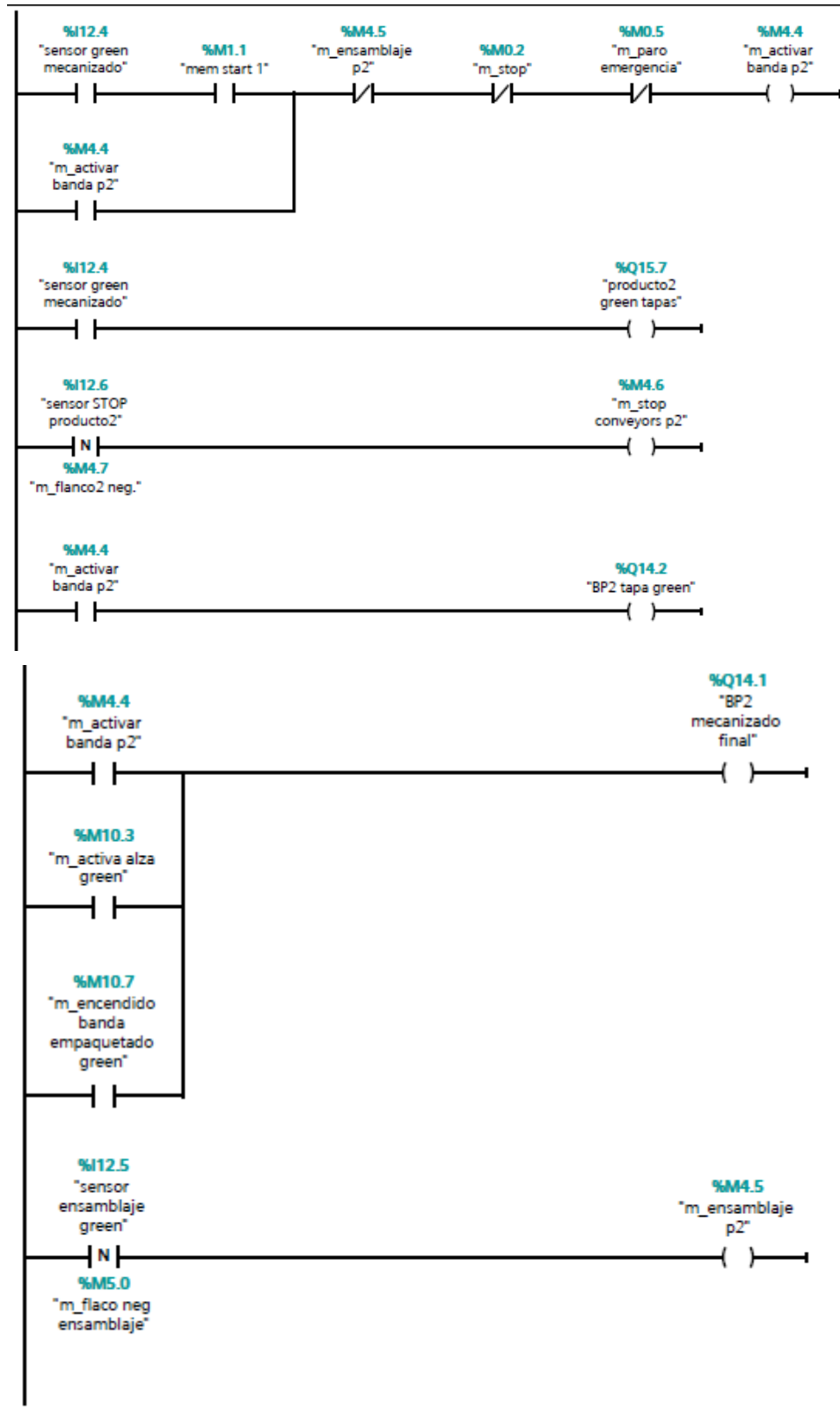


Segmento 16: producto 3 cambio de etapa

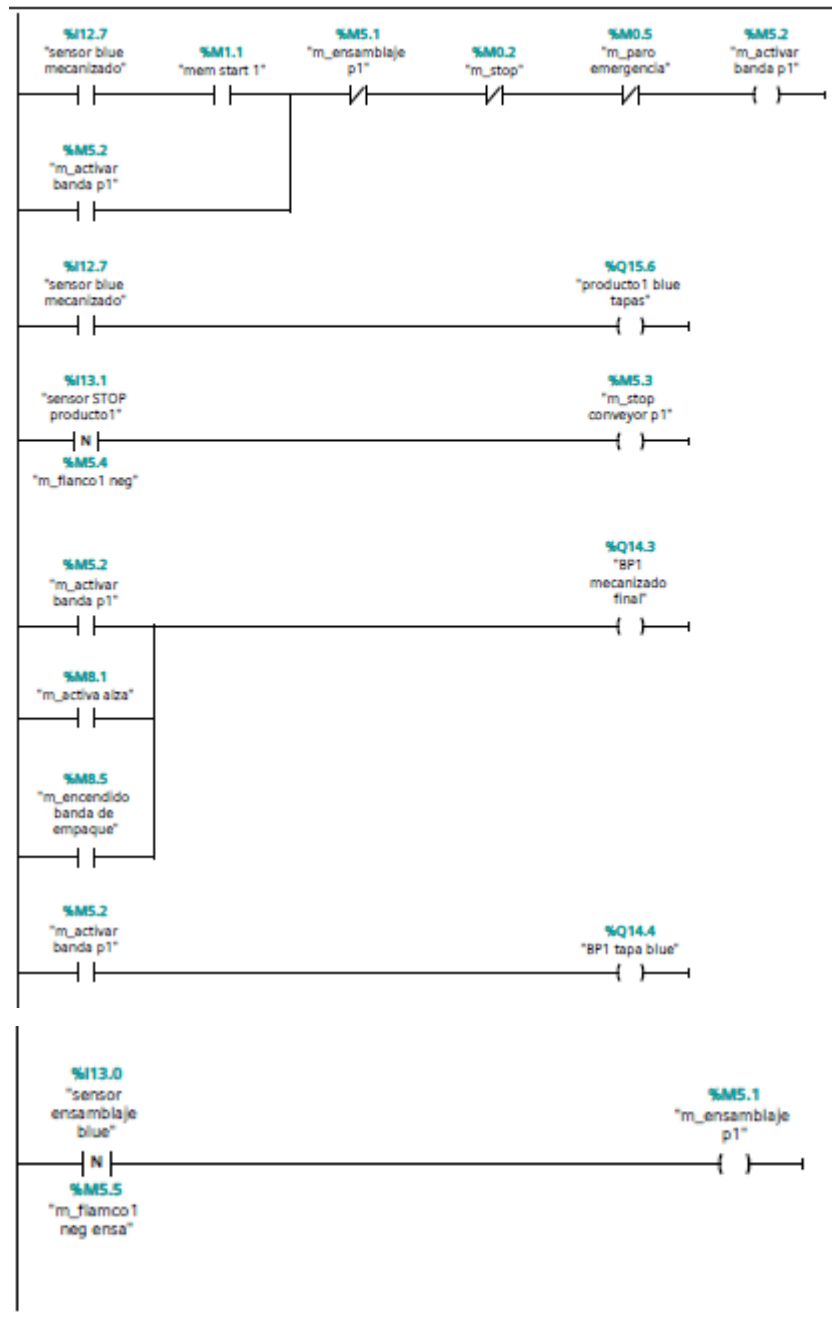




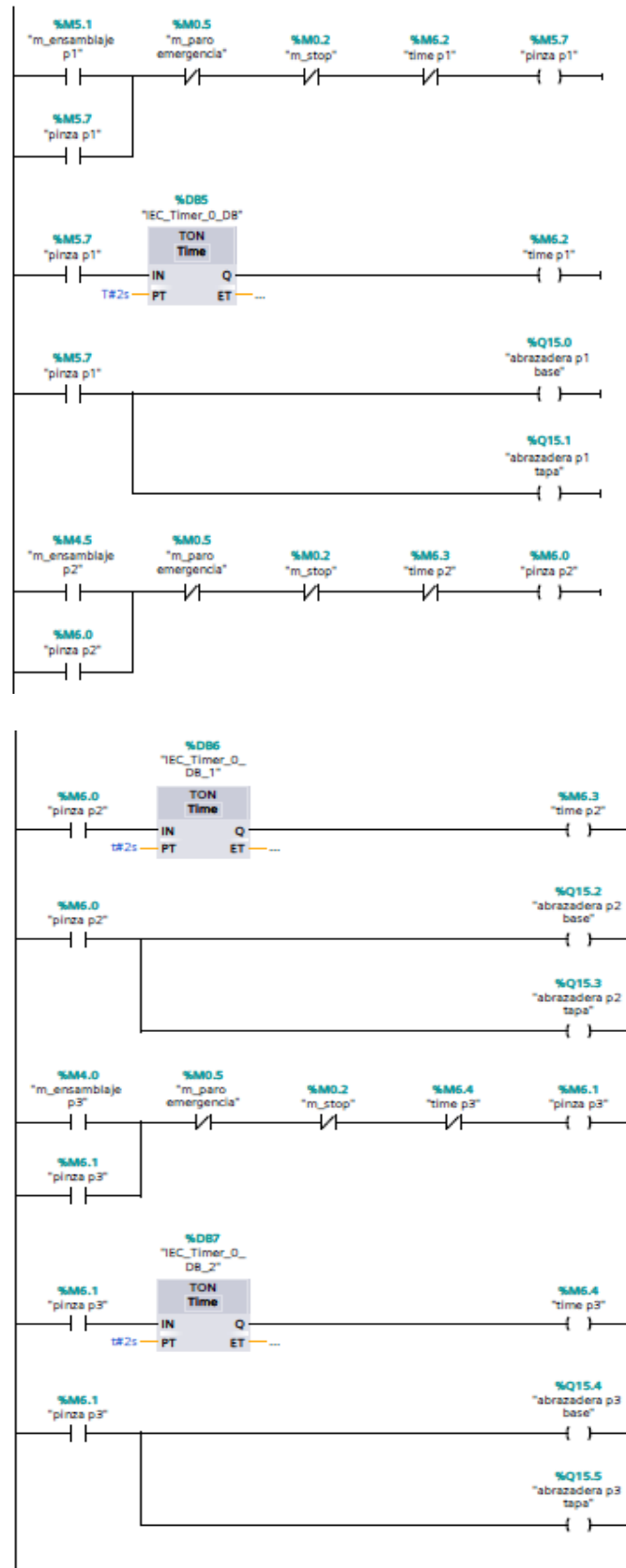
Segmento 17: producto 2 cambio de etapa



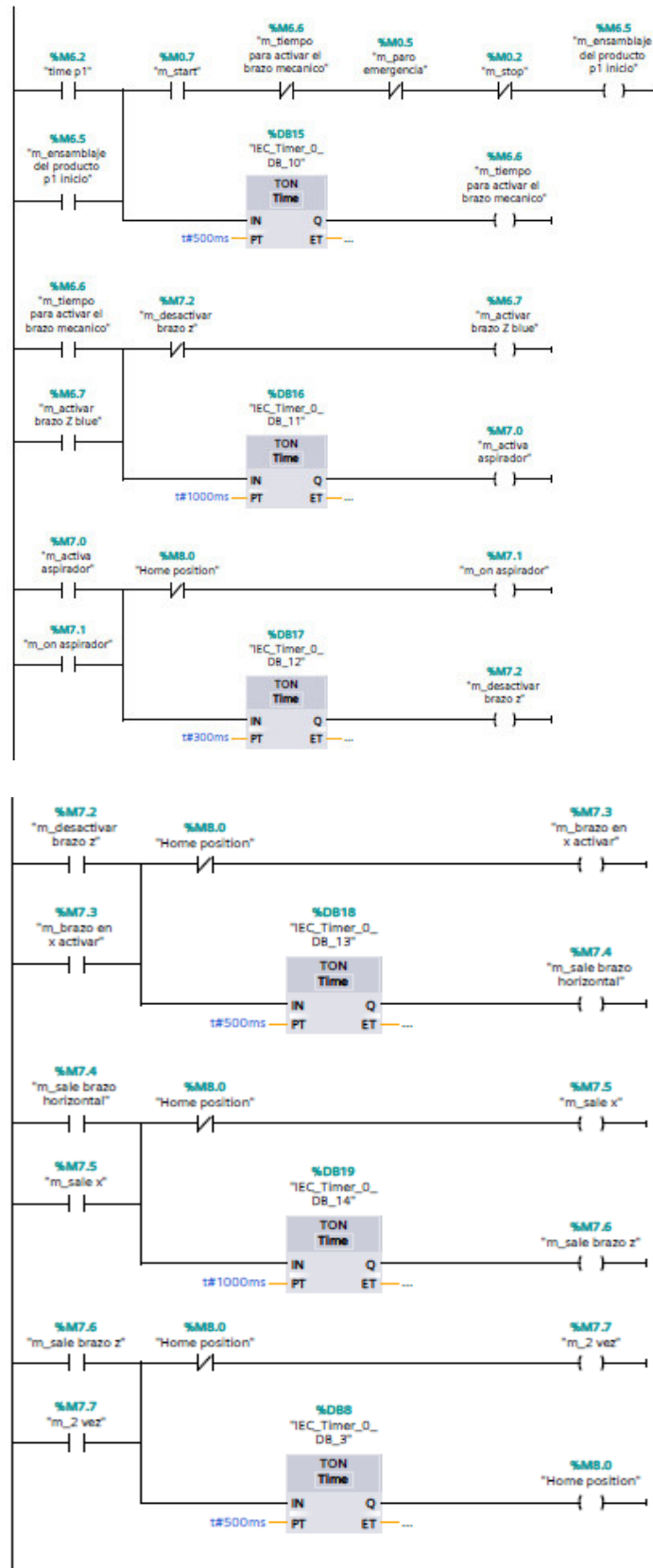
Segmento 18: producto1 cambio de etapa



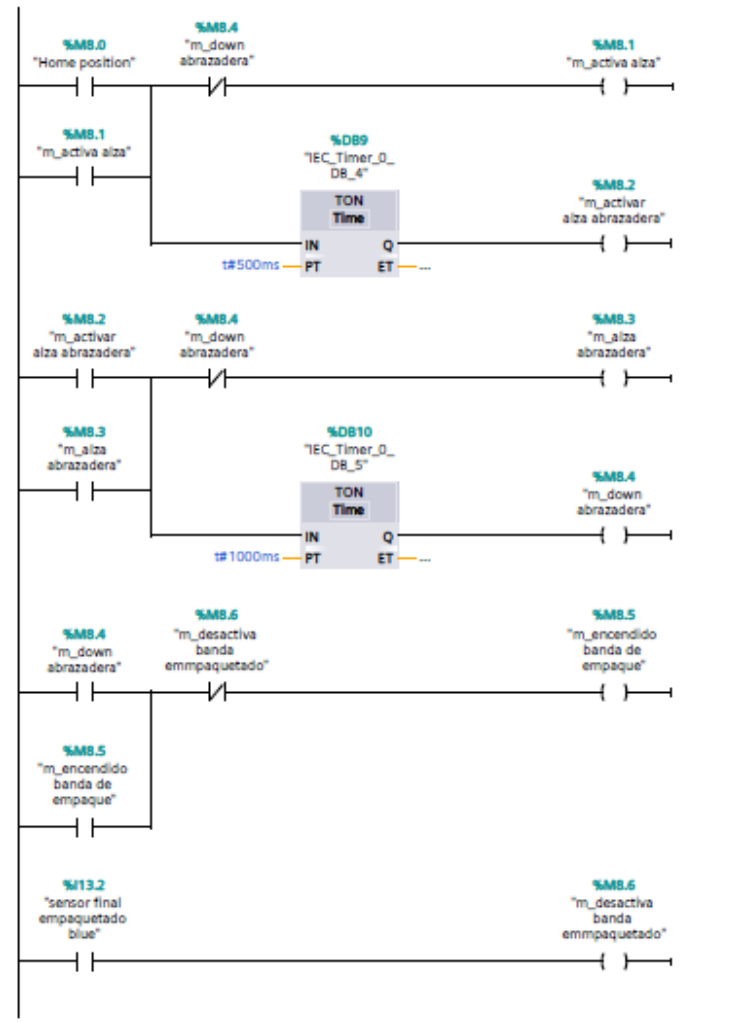
Segmento 19: proceso de sujeción para los productos



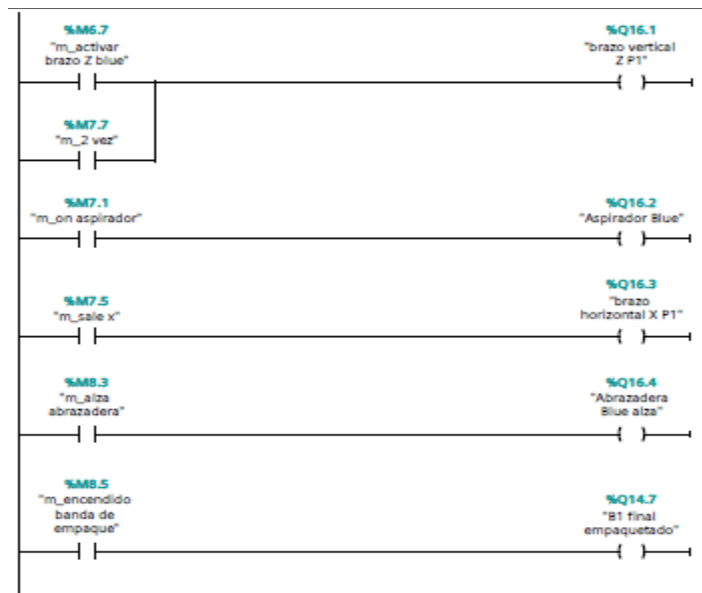
Segmento 20: proceso de ensamblaje producto 1



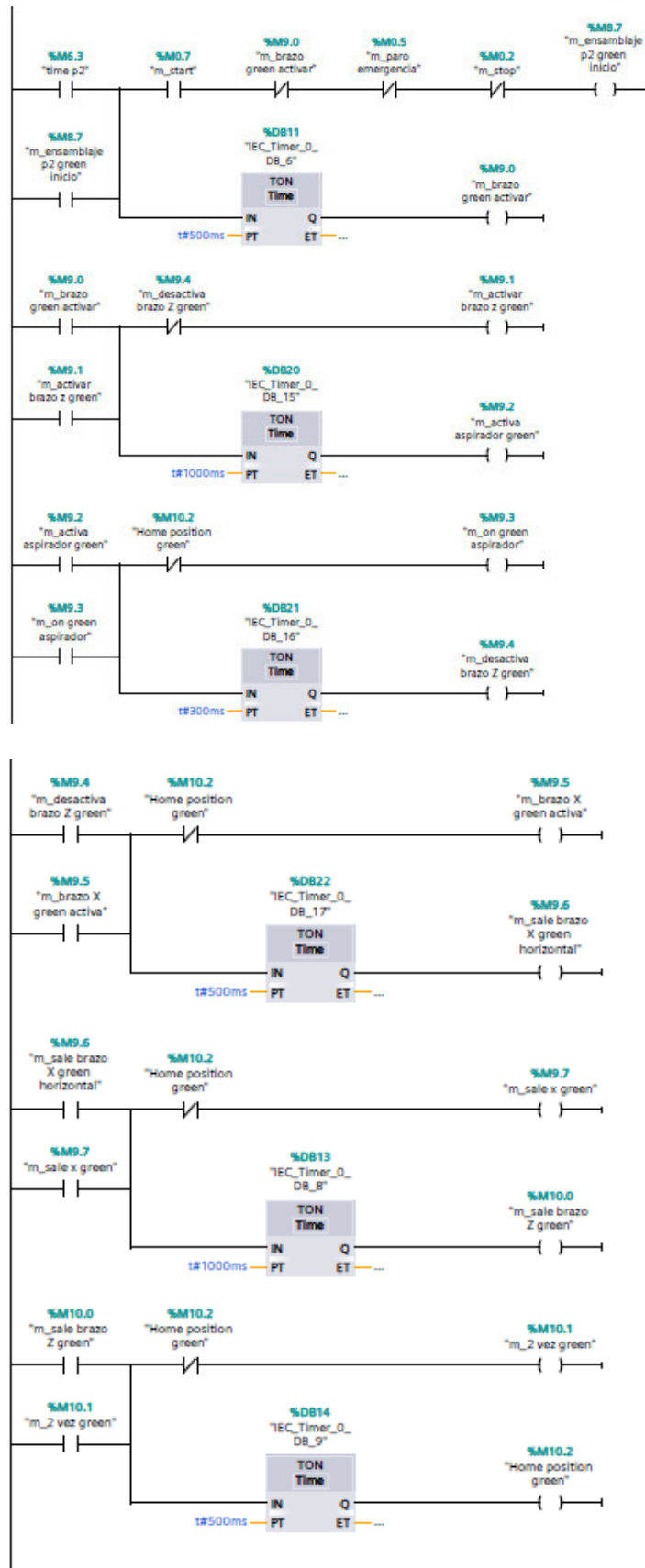
Segmento 21: proceso de ensamblaje producto1 y cambio a la siguiente etapa



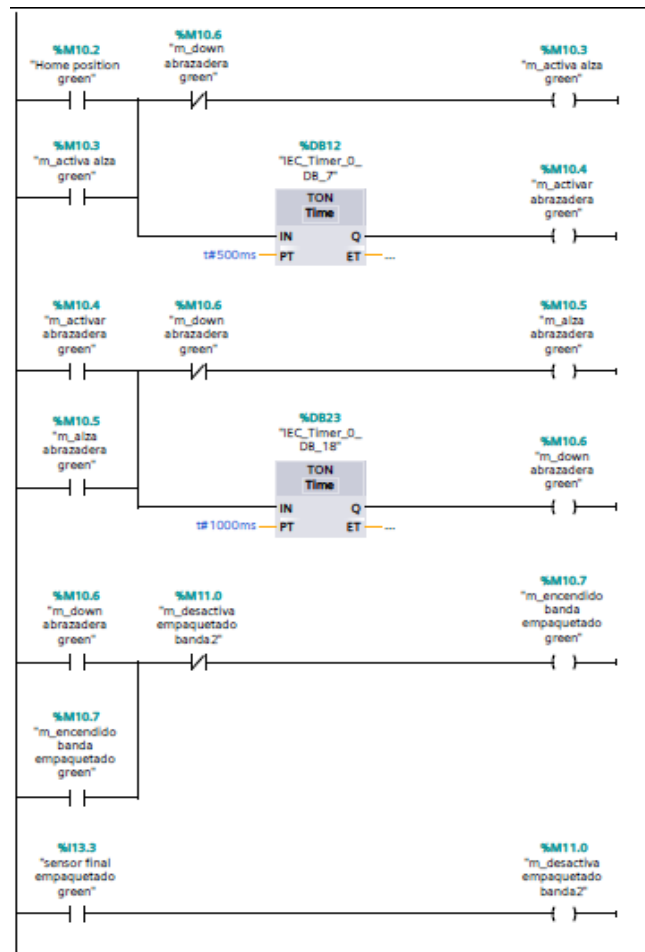
Segmento 22: Activación de bandas y brazos para el ensamblaje producto azul



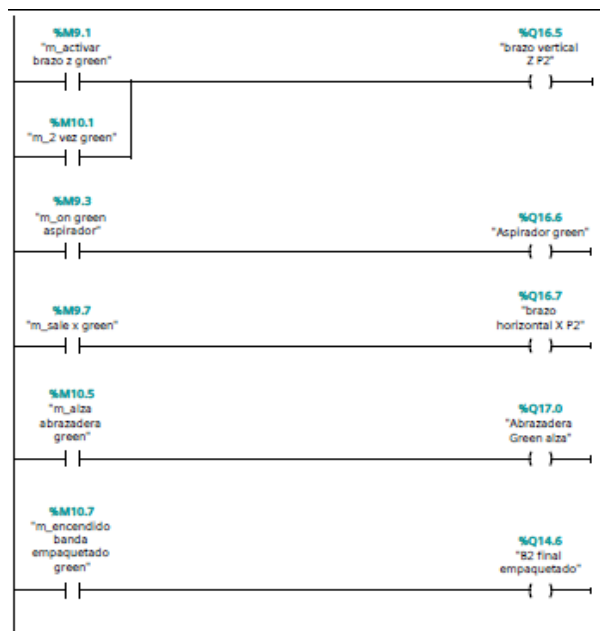
Segmento 23: proceso de ensamblaje producto 2 "green"



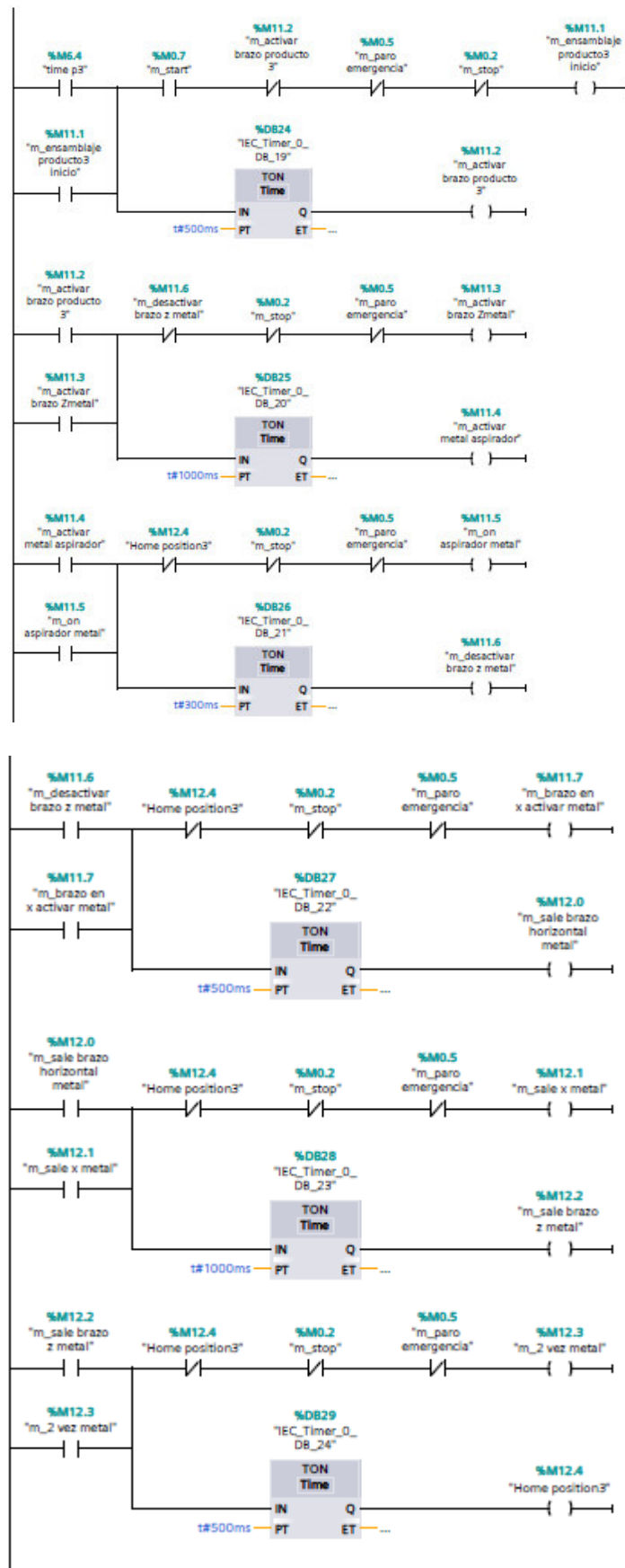
Segmento 24: proceso de ensamblaje producto 2 y cambio a la siguiente etapa



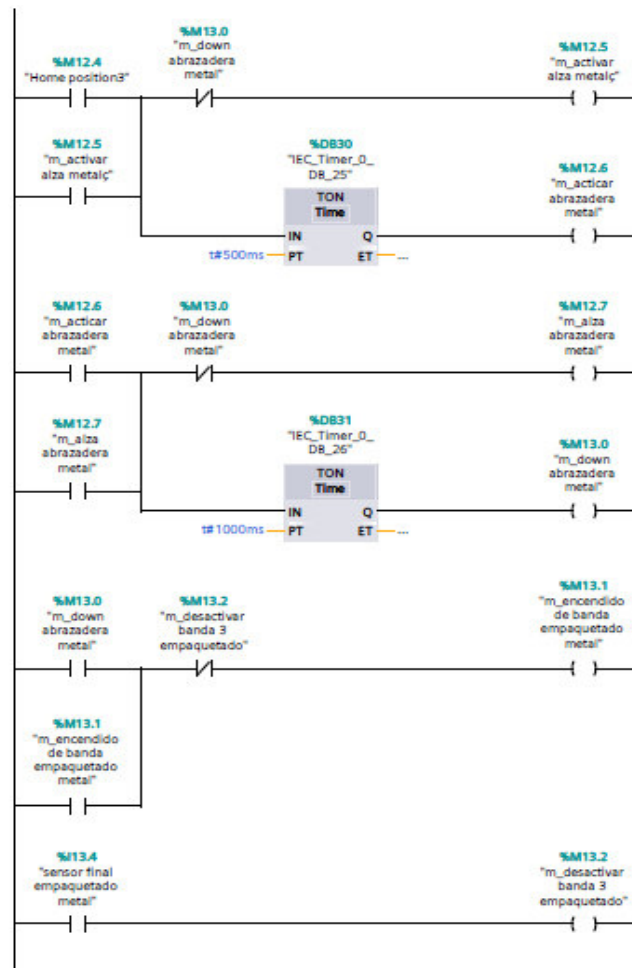
Segmento 25: salidas de actuadores p2 verde



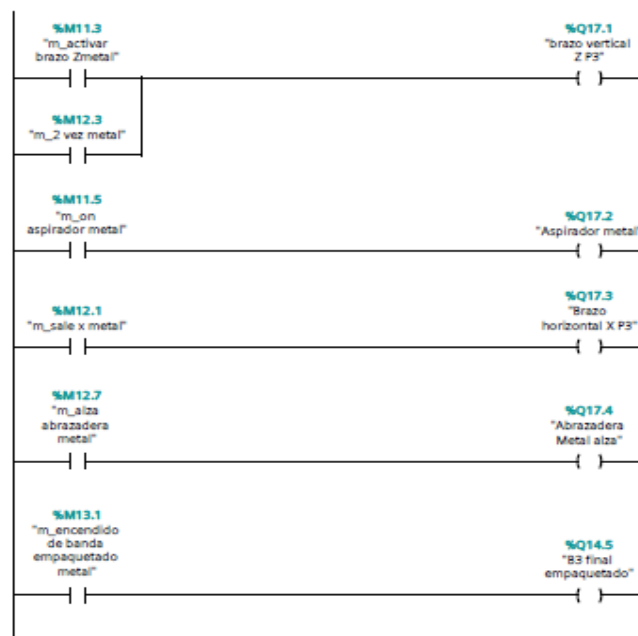
Segmento 26: proceso de ensamblaje producto2 "metal"



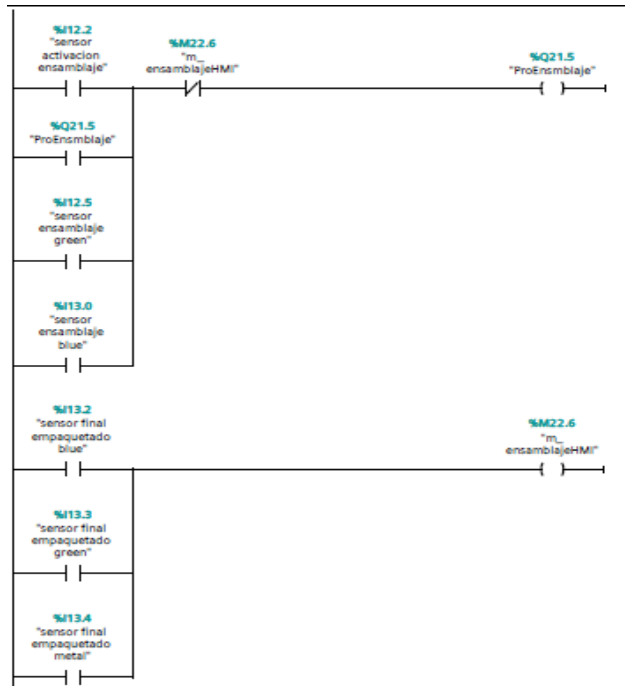
Segmento 27: proceso de ensamblaje producto 3 y cambio a la siguiente etapa



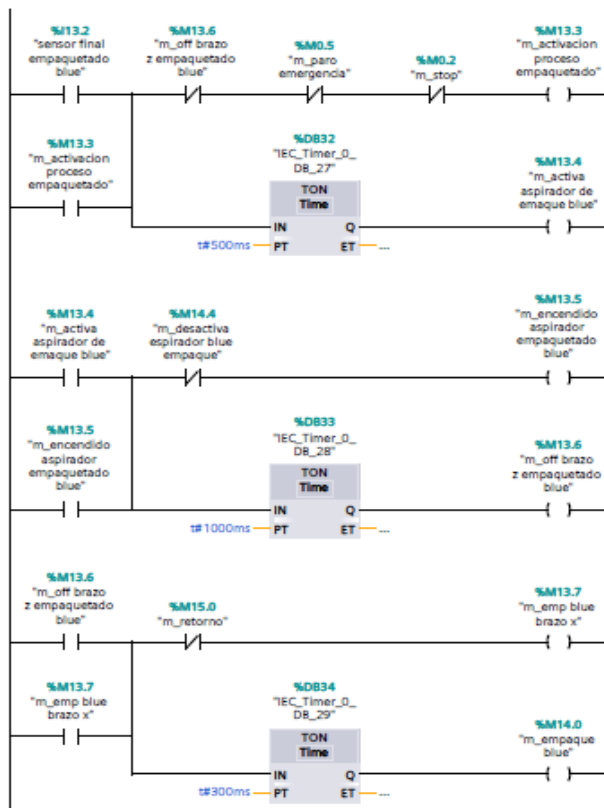
Segmento 28: salidas y activación de actuadores p3 metal

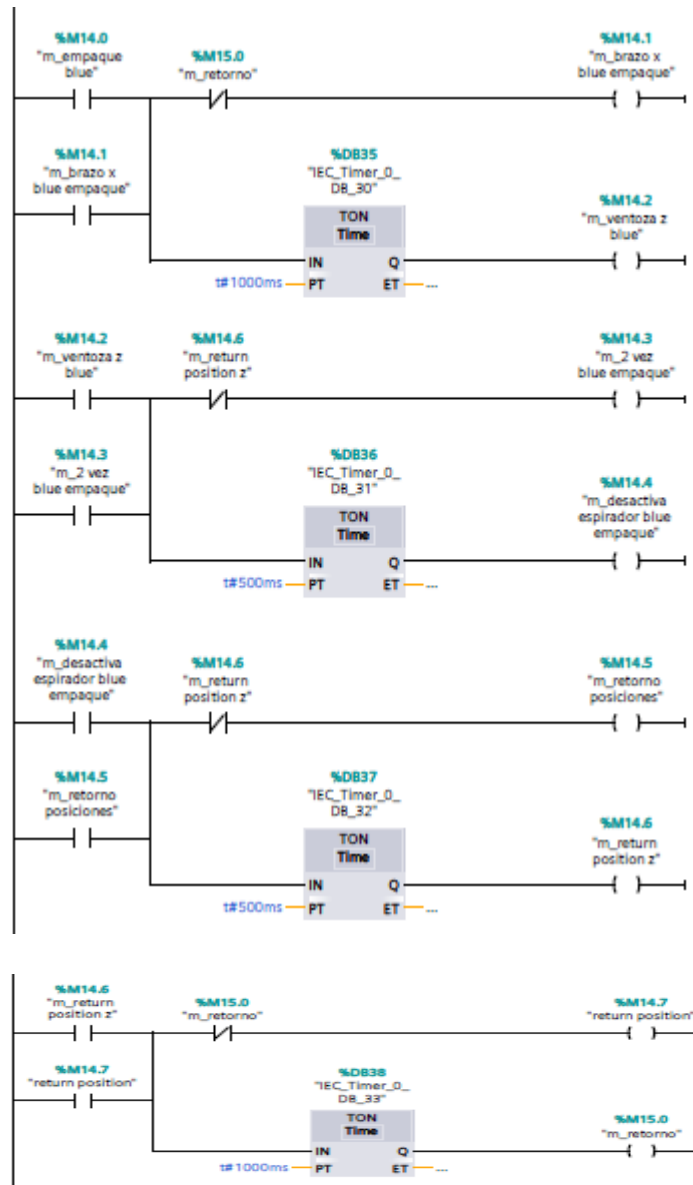


Segmento 29: hmi indicadores

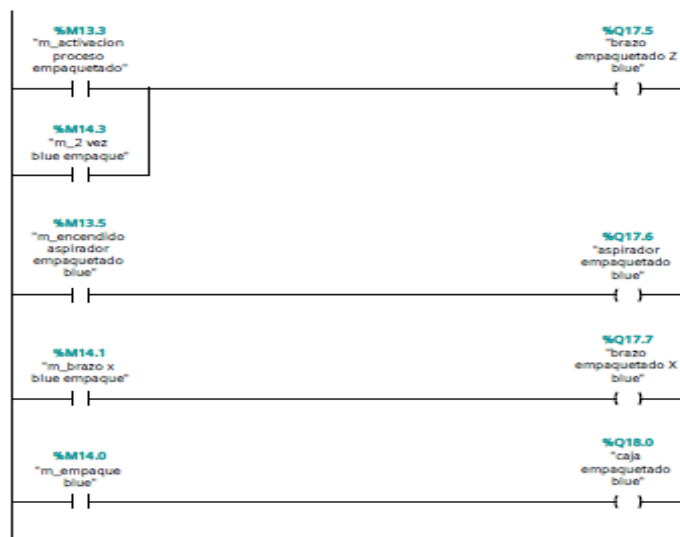


Segmento 30: empaquetado producto1

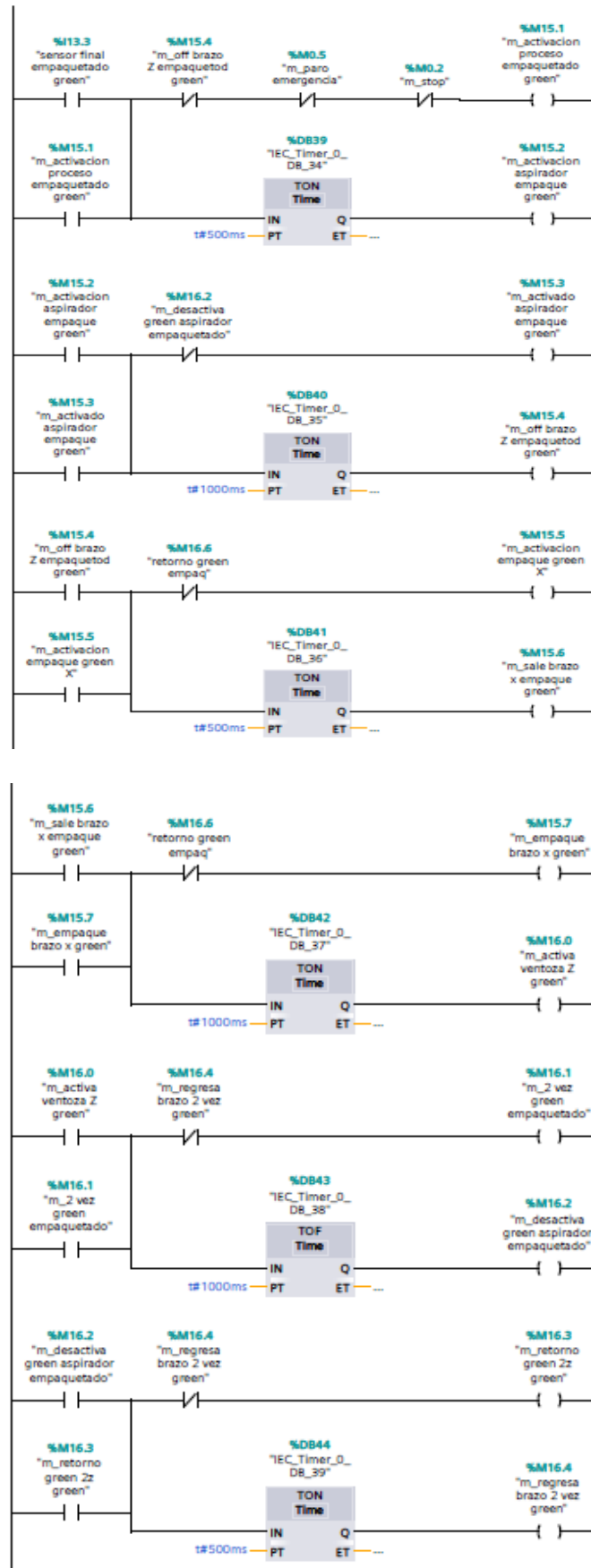


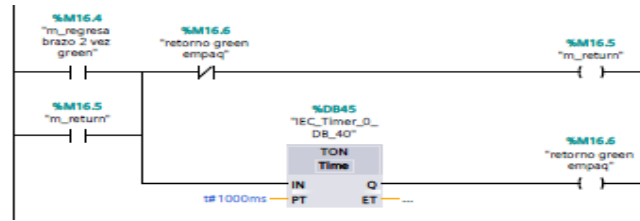


Segmento 31: empaçado salidas1

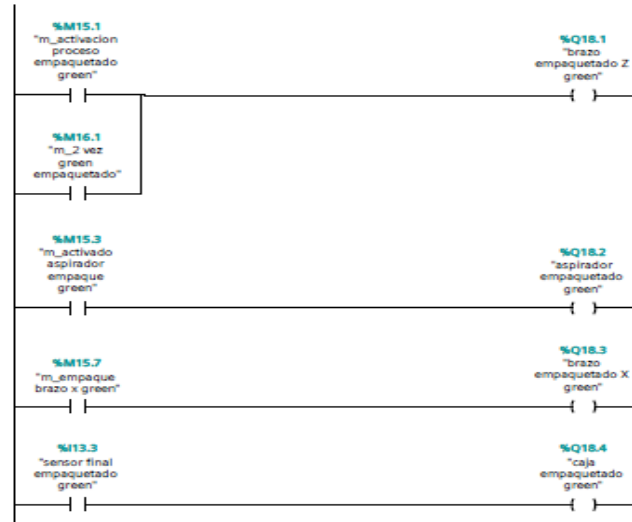


Segmento 32: empackado producto 2

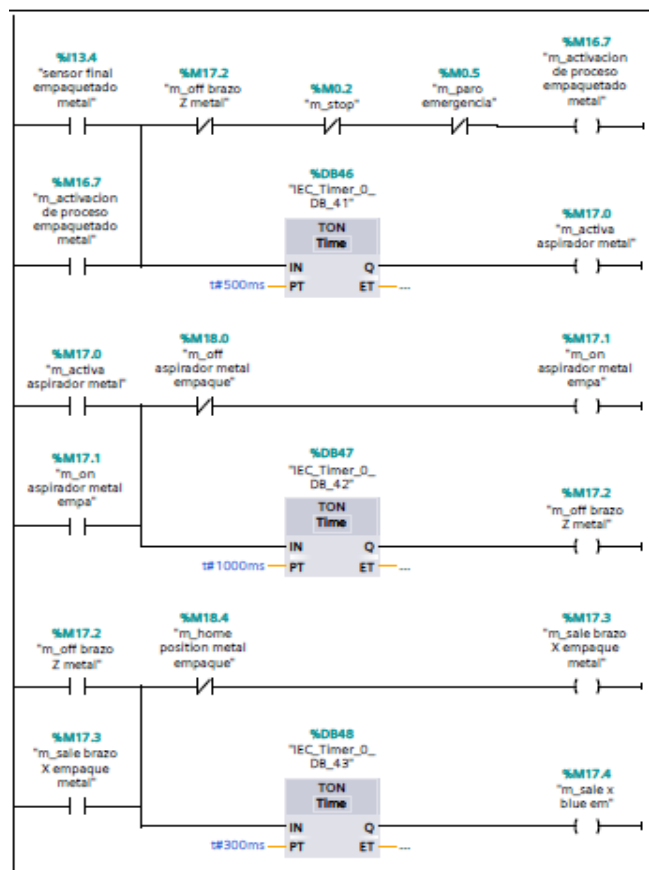


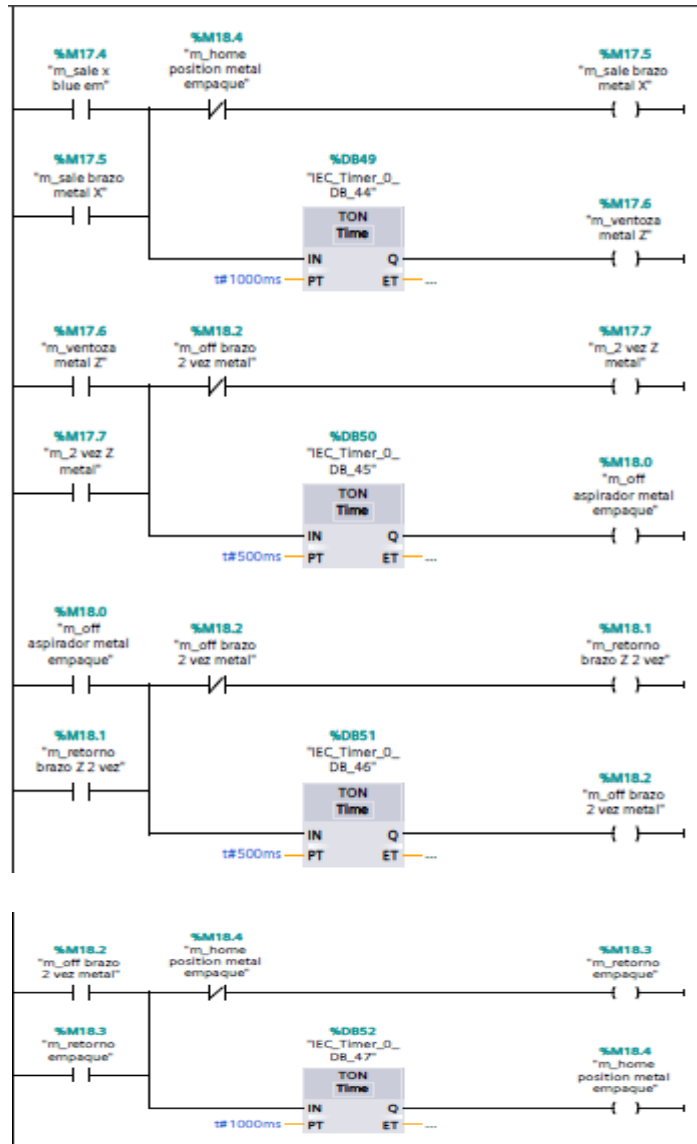


Segmento 33: empackado salidas2

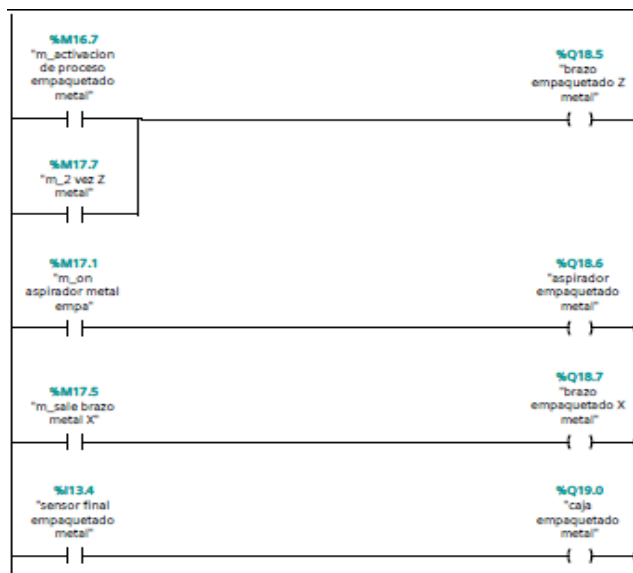


Segmento 34: empackado producto 3

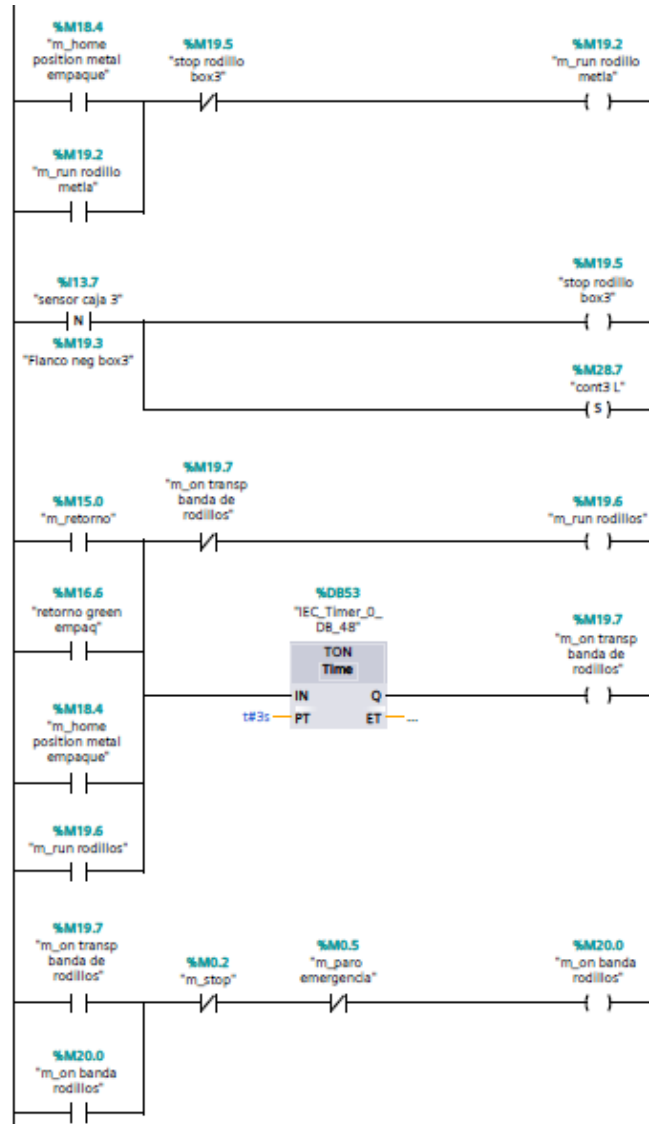
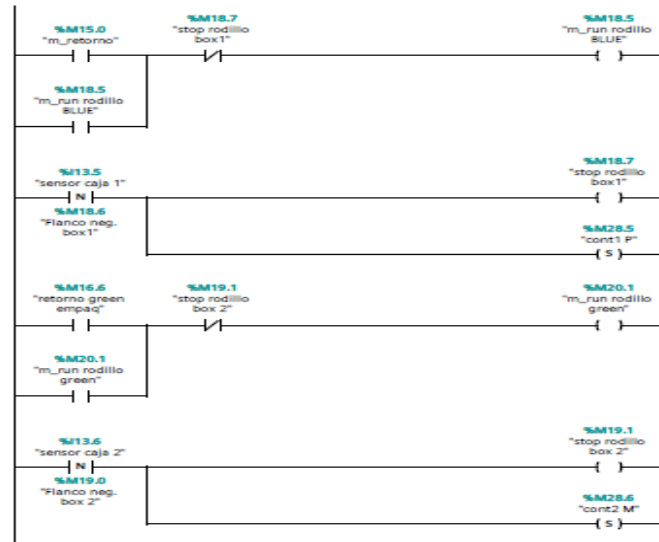




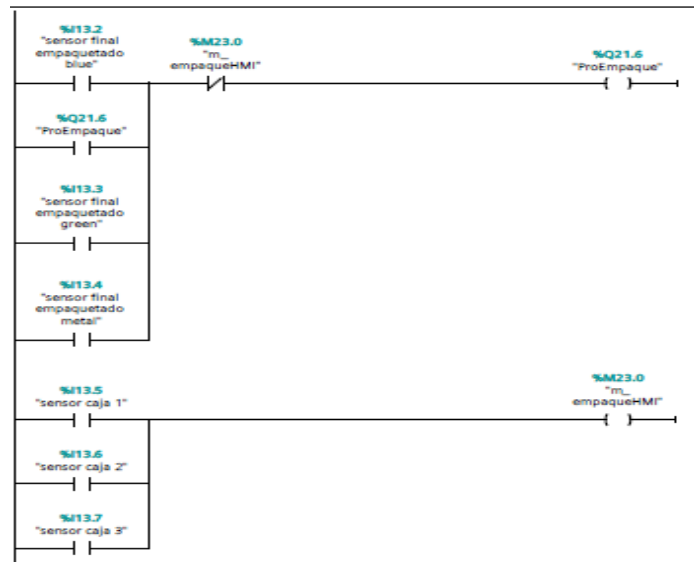
Segmento 35: empackado salidas 3



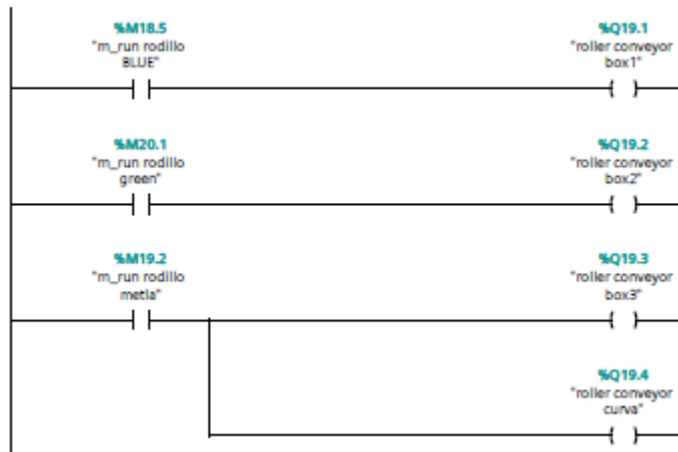
Segmento 36: ON rodillos

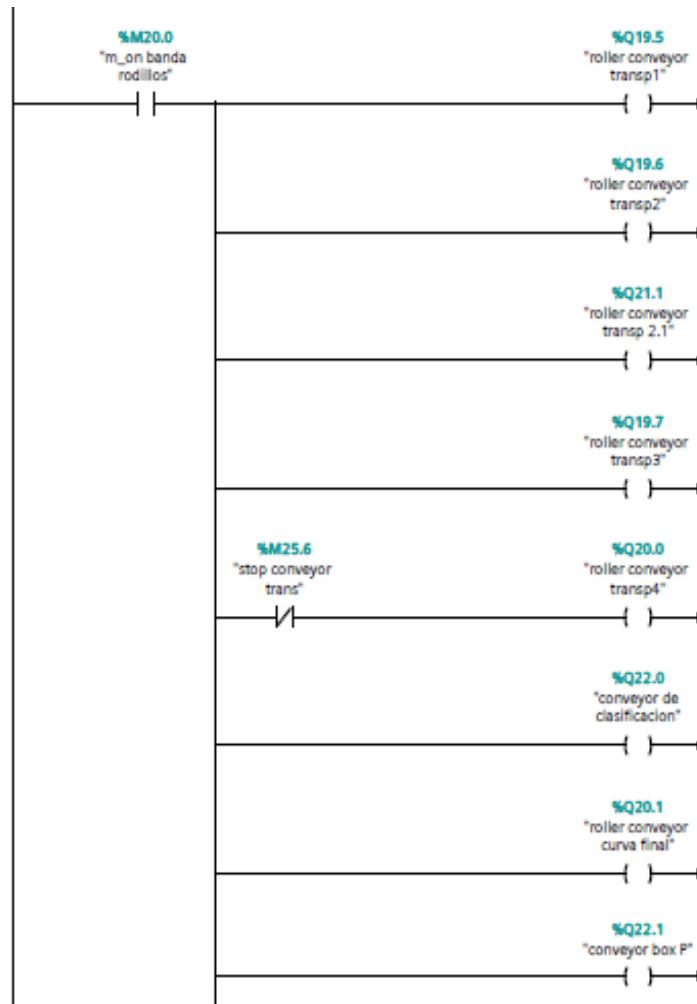


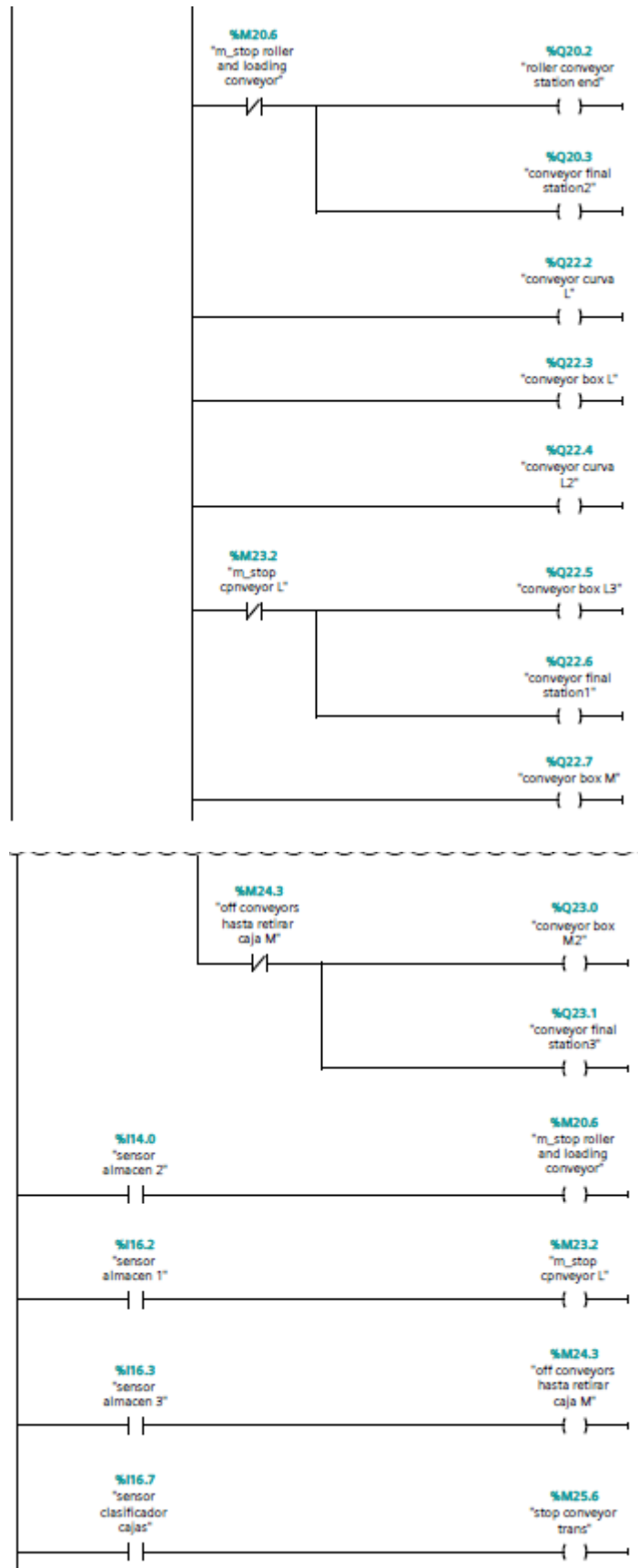
Segmento 37: HMI indicadores empaque



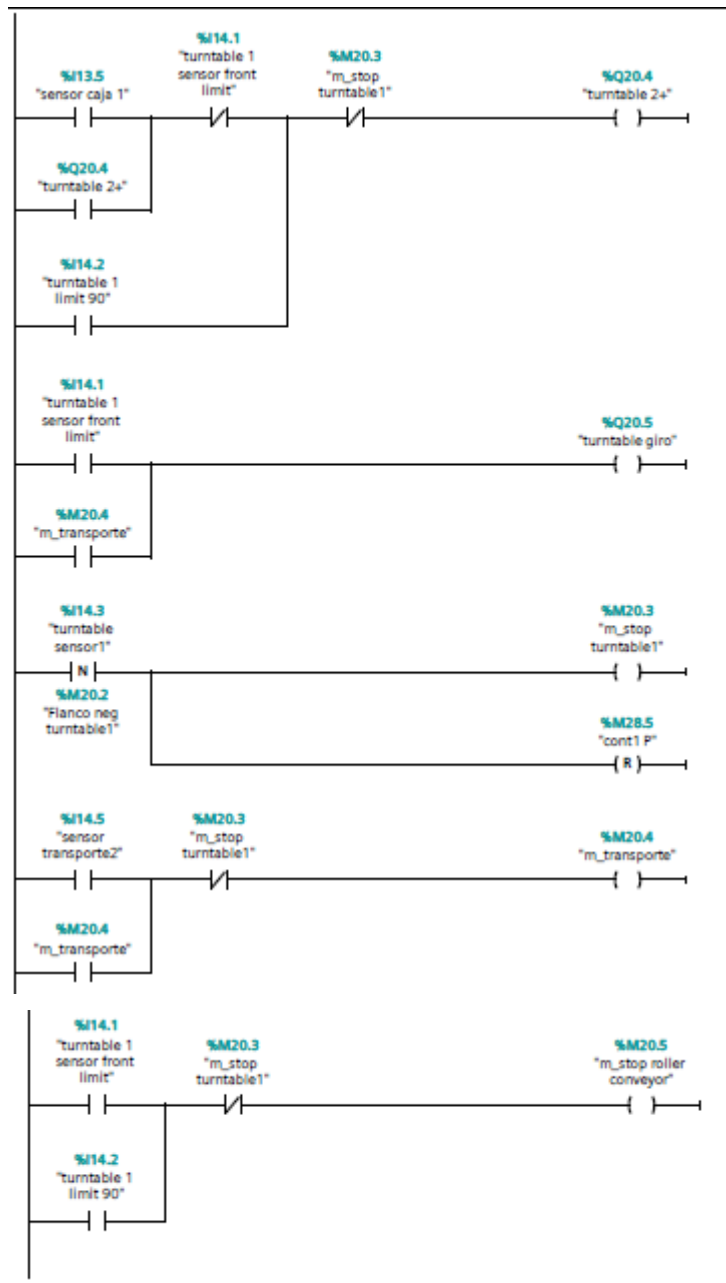
Segmento 38: START ROLLER CONVEYOR



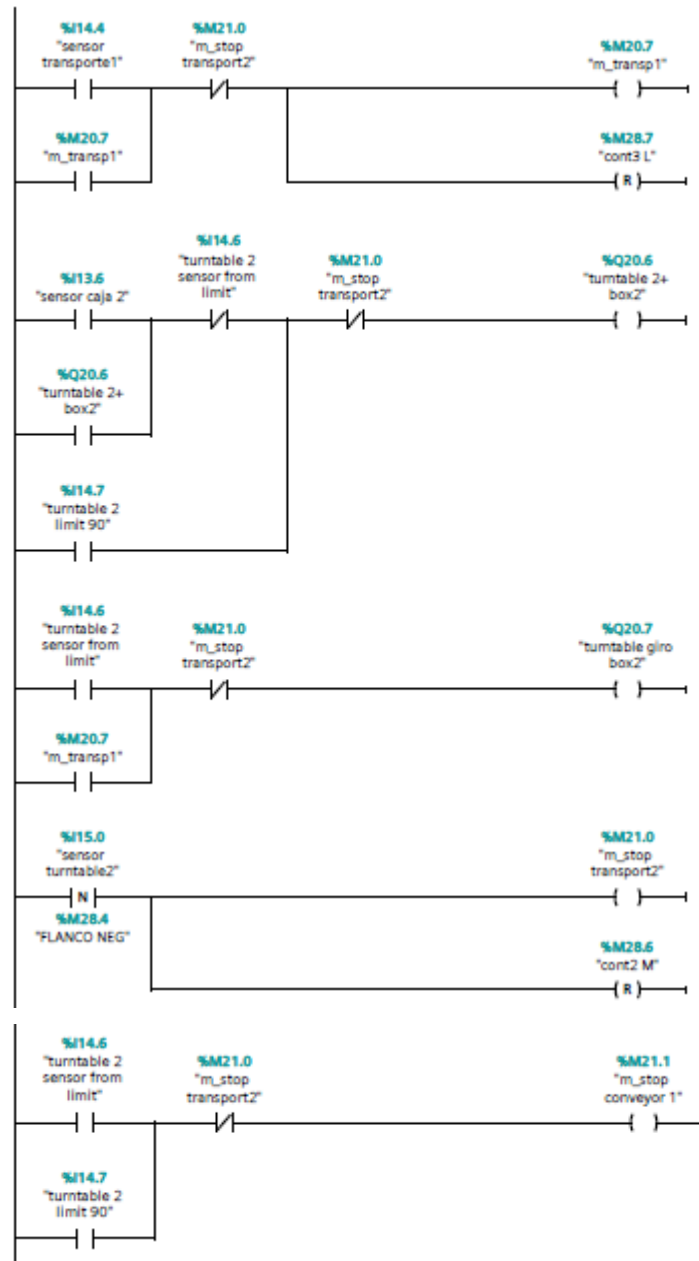




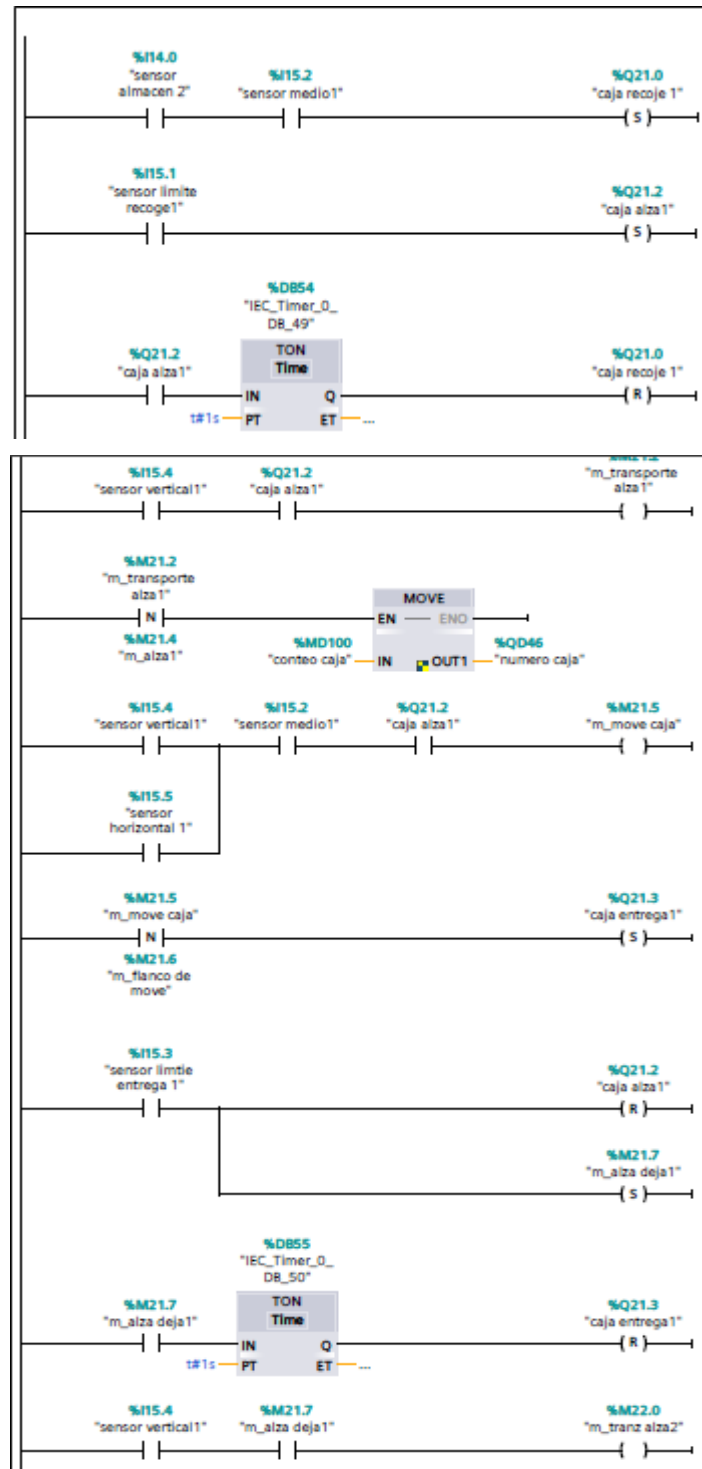
Segmento 39: turntable box1

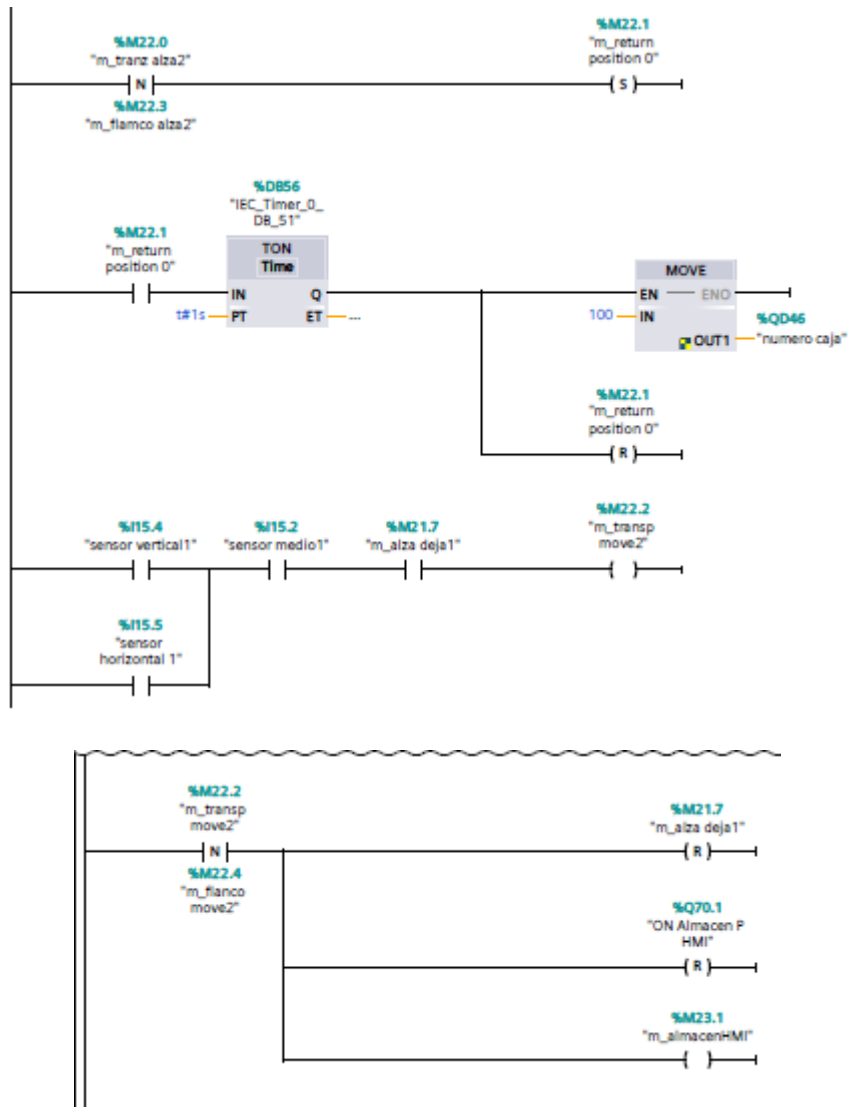


Segmento 40: Turntable box 2

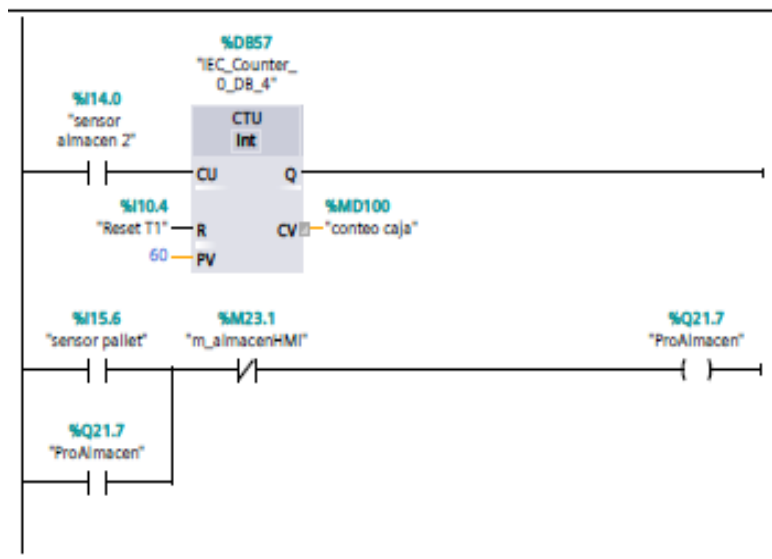


Segmento 41: Almacén caja P

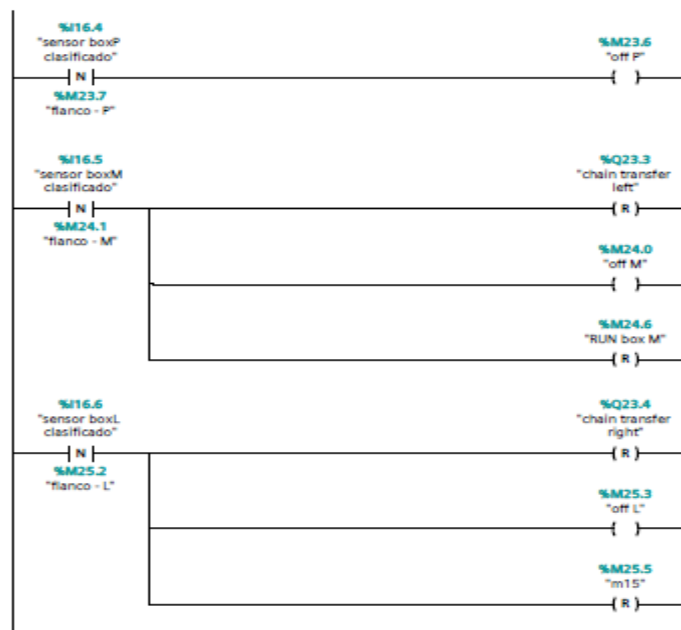




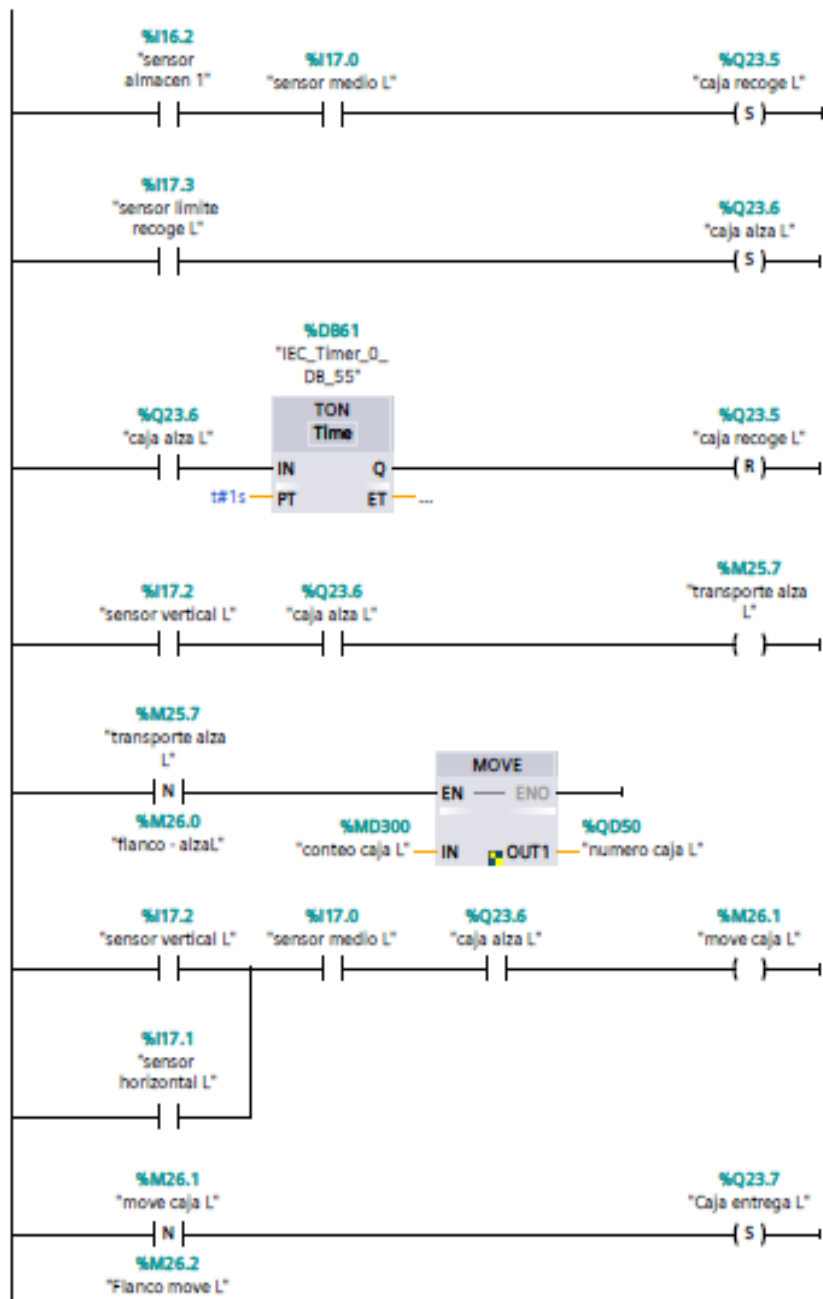
Segmento 42: contador almacén

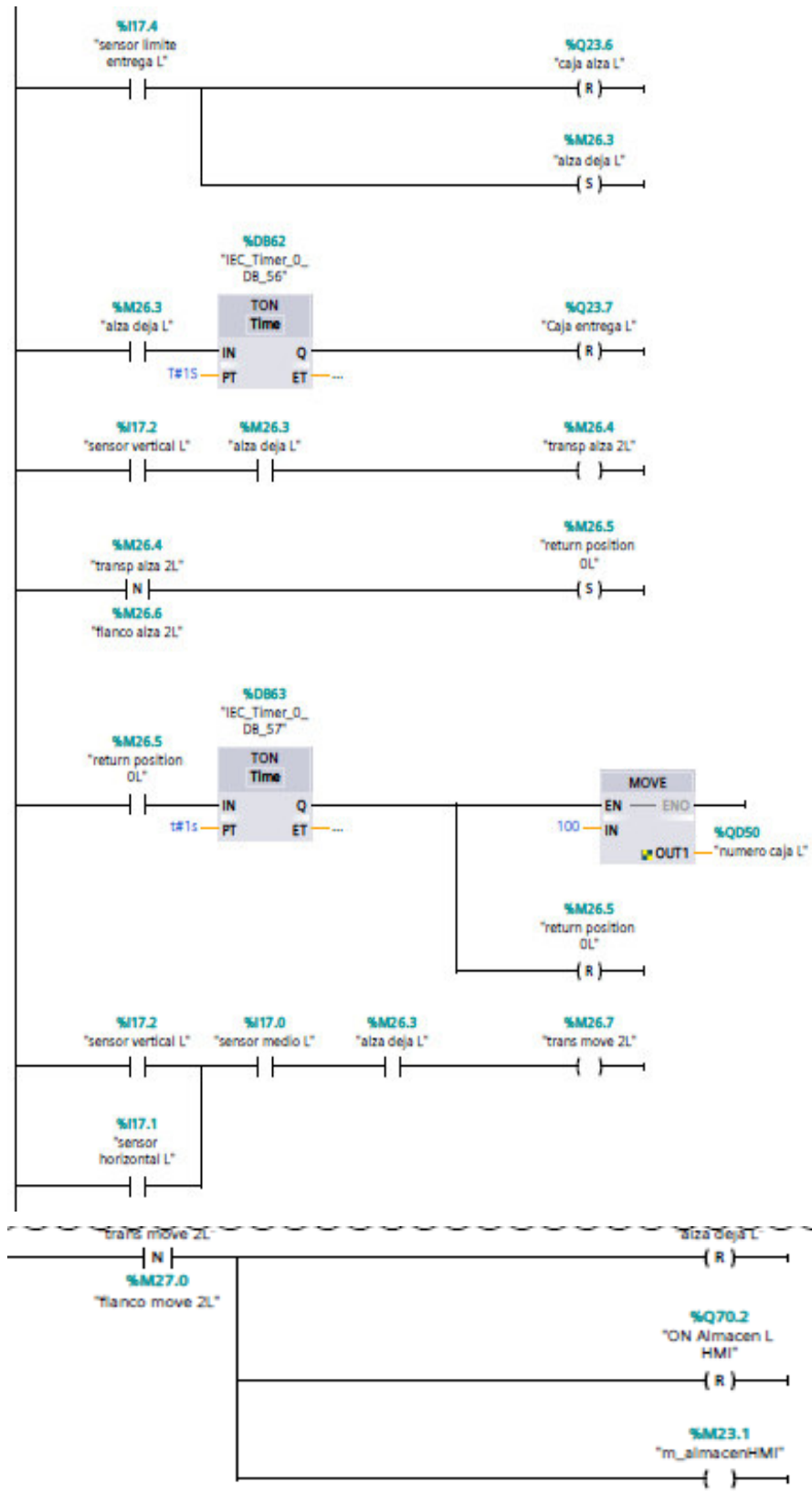


Segmento 45: apagado de cadenas

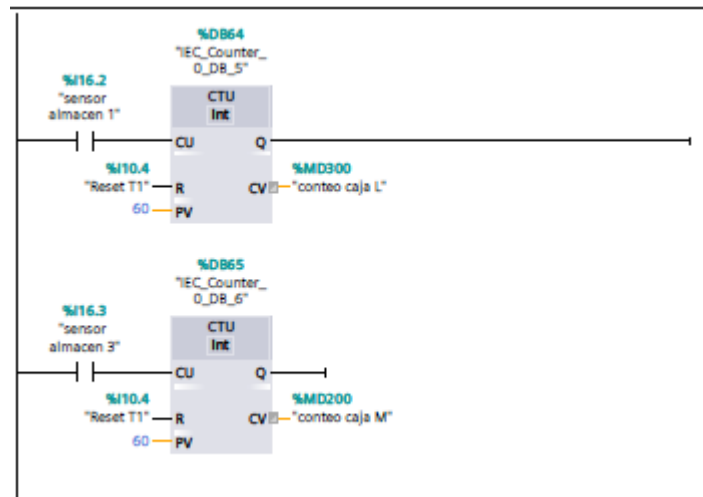


Segmento 46: Almacén caja L

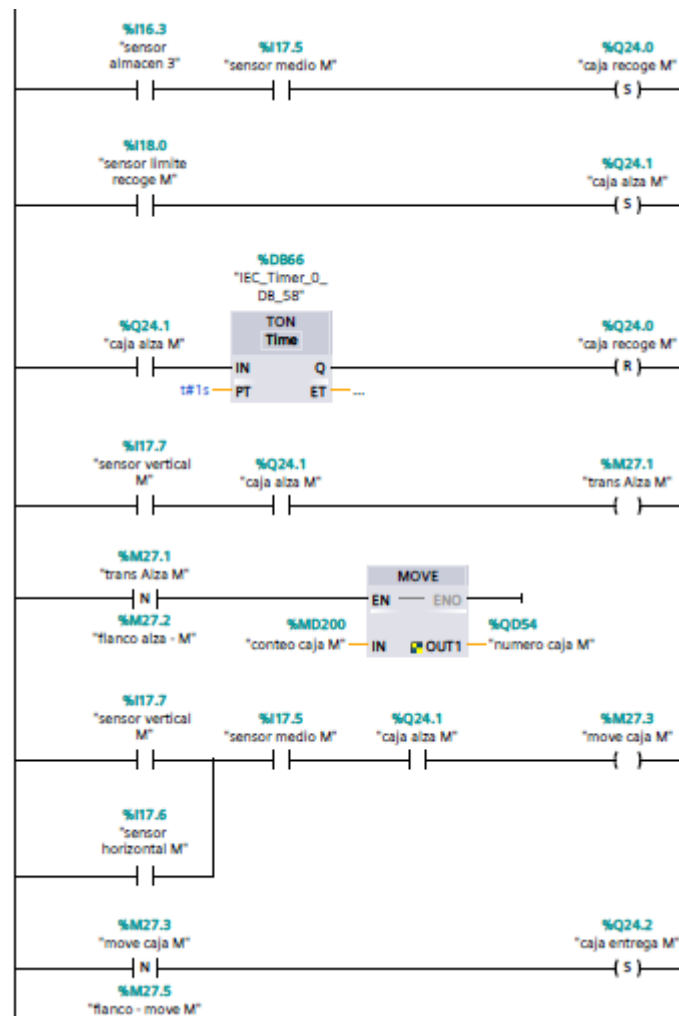


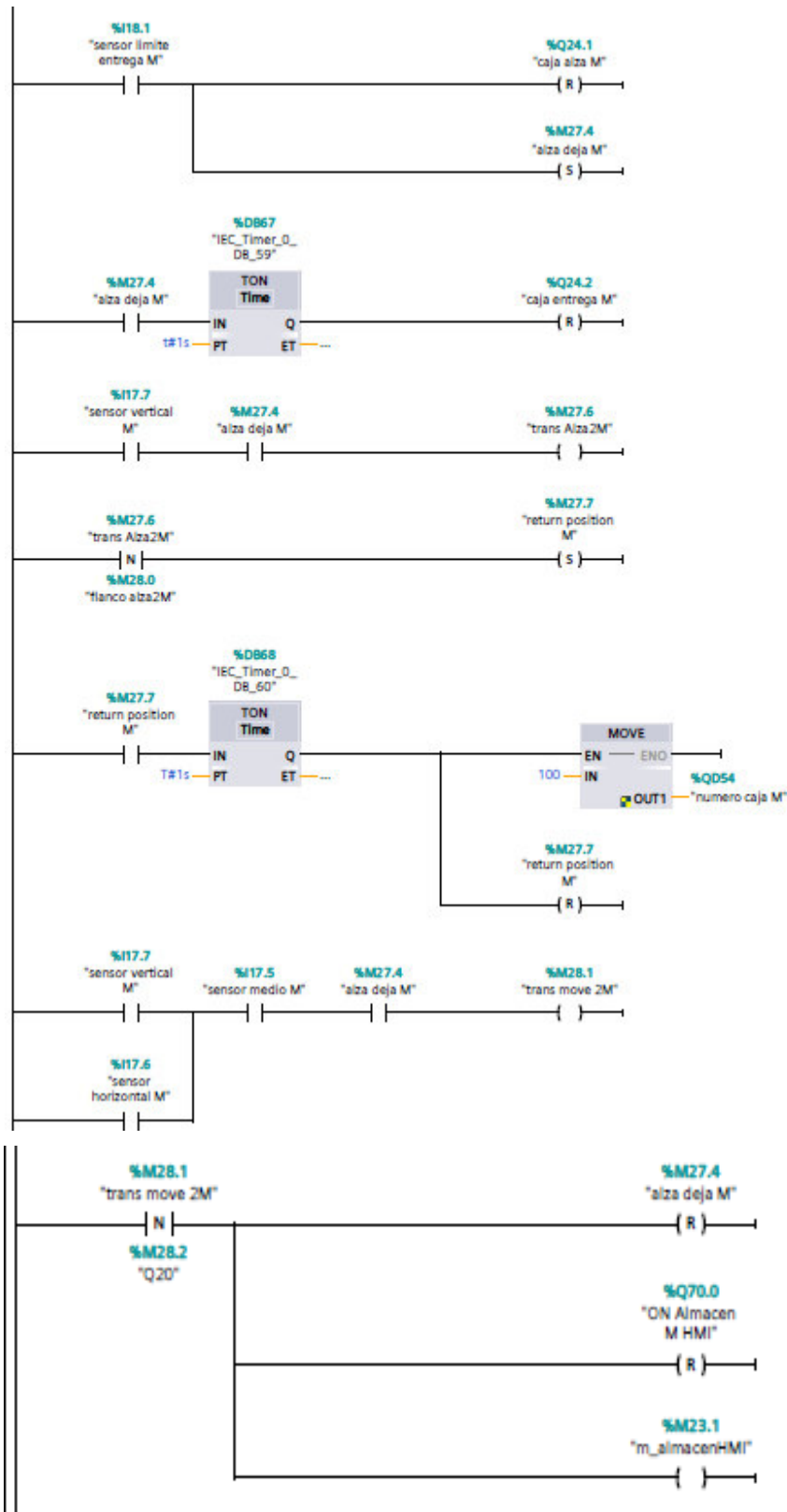


Segmento 47: contador almacén 1 y 3

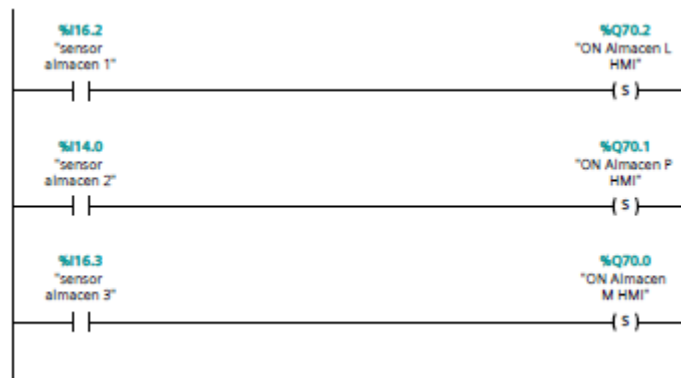


Segmento 48: Almacén caja M





Segmento 49: HMMI almacén ON



Segmento 50: contadores caja

