

LÍNEA DE PRODUCCIÓN

MANUAL DE USUARIO

Laboratorio de Automatización

Versión 1.0

Noviembre, 2014

Hoja de Revisión

La siguiente tabla muestra el historial de cambios del manual de usuario.

Fecha	Versión	Descripción	Autor
18/11/2014	1.0	Manual de usuario	Jorge Paredes

Tabla de Contenido

1.	Introducción	6
1.1.	Organización del Manual	7
1.2.	Simbología Empleada	8
1.3.	Acrónimos y Abreviaturas.....	9
2.	Línea de Producción	10
2.1.	Modelo CIM	11
2.2.	Nivel de Instrumentación	13
2.2.1.	Sistema de Alimentación Neumático	13
2.3.	Nivel de Control	14
2.3.1.	Gabinete de la Estación de Clasificación	15
2.3.2.	Gabinetes de la Estación de Transporte.....	17
2.3.3.	Gabinete de la Estación de Empacado	19
2.4.	Nivel de Supervisión	21
3.	Estaciones de trabajo	22
3.1.	Control	23
3.1.1.	Piezas Cilíndricas	23
3.1.2.	Rechazo de Piezas	24
3.1.3.	Lector de Código de Barras	25
3.1.4.	Impresora de Código de Barras	25
3.2.	Clasificación	26
3.2.1.	Alimentación de Piezas	27
3.2.2.	Clasificación por Altura.....	28
3.2.3.	Clasificación por Material.....	30
3.2.4.	Calle de Selección.....	31
3.2.5.	Almacenamiento	33
3.2.6.	Gabinetes de Paso de Clasificación	34
3.3.	Etiquetado y Transporte	35
3.3.1.	Etiquetado de Piezas	36
3.3.2.	Transporte	37
3.3.3.	Gabinete de Paso de Transporte.....	40
3.4.	Empacado	41

3.4.1.	Detección de Color	42
3.4.2.	Sellado y corte	44
3.4.3.	Gabinetes de Paso de Empacado	47
4.	Configuración y Mantenimiento	49
4.1.	Configuración de la Impresora Zebra GK420t	49
4.2.	Programación de Controladores.....	49
4.3.	Cargar HMI de la Empacadora en Máquina Virtual Windows	52
4.4.	Transferir HMI del Robot Cartesiano a Pantalla Siemens.....	53
4.5.	Configuración de Altura de Piezas	54
4.6.	Configuración de Tiempos de Alimentación.....	55
4.7.	Ajuste de Posiciones del Robot Cartesiano mediante STEP7	56
4.8.	Ajuste de Posiciones del Robot Cartesiano mediante HMI	57
4.9.	Lubricación de Cilindros Neumáticos	58
4.10.	Limpieza de los Ejes del Robot Cartesiano	59
4.11.	Limpieza de Resistencias de Calentamiento.....	60
4.12.	Descarga del Compresor.....	61
5.	Operación de la Línea de Producción.....	62
5.1.	Encendido	62
5.1.1.	Desactivar Paradas de Emergencia	62
5.1.2.	Seccionares y Gabinetes de Control.....	63
5.1.3.	Energizar Seccionadores	63
5.1.4.	Energizar gabinete de clasificación	64
5.1.5.	Energizar los gabinetes de transporte	66
5.1.6.	Energizar el gabinete de empackado	68
5.1.7.	Energizar la Estación de Control.....	70
5.1.8.	Encender el compresor	70
5.1.9.	Energizar resistencias de calentamiento de la Estación Empacado.....	71
5.2.	Inicialización de las Estaciones de Trabajo	72
5.2.1.	Configuración de tiempos y velocidades del robot cartesiano	72
5.2.2.	Homing del robot cartesiano.....	73
5.2.3.	Arranque del motor de la calle de selección.....	74
5.2.4.	Verificación de posiciones del sistema cartesiano.....	75
5.2.5.	Calibración del sensor de color de la empacadora	77
5.3.	Operación de las Estaciones de Trabajo	78
5.3.1.	Control de piezas.....	78

5.3.2.	Arranque de la Estación de Clasificación de Piezas.....	79
5.3.3.	Ingreso de piezas en la Estación de Clasificación.....	80
5.3.4.	Clasificación de piezas.....	81
5.3.5.	Almacenamiento y etiquetado de piezas.....	82
5.3.6.	Transporte de piezas.....	83
5.3.7.	Modos de operación del Robot Cartesiano.....	84
5.3.7.1.	Modo real con operario.....	85
5.3.7.2.	Modo simulación con operario.....	86
5.3.7.3.	Modo real sin operario.....	87
5.3.7.4.	Modo simulación sin operario.....	88
5.3.8.	Detección de color y empaçado.....	89
5.3.9.	Sellado manual de la empacadora.....	90
5.4.	Orden de producción.....	91
5.4.1.	Programación de la orden de producción.....	91
5.4.2.	Supervisión de la orden de producción.....	92
5.4.3.	Producido de la orden de producción.....	93
5.5.	Apagado.....	94
Anexos.....		95
Lista de Figuras.....		96
Lista de Tablas.....		98
Referencias.....		99

1. Introducción

La implementación del modelo CIM (Computer Integrated Manufacturing) en la automatización de procesos industriales ha permitido la integración de los niveles de producción de las empresas en un sistema único que aumenta la productividad, mejora la calidad de los productos, reduce los costos y disminuye los tiempos de fabricación.

Las grandes ventajas que ofrece la automatización de procesos han sido aprovechadas por la industria que ha incluido tecnología avanzada en las líneas de producción para la fabricación de sus productos. Las líneas de producción se pueden dividir en dos grandes grupos: manuales y automatizadas. No obstante, se encuentra con frecuencia en la industria líneas de automatización híbridas.

Considerando la importancia y la masificación de las líneas de producción en los procesos industriales, la Universidad Pontificia Bolivariana ha desarrollado un prototipo de una línea de producción híbrida para la control, clasificación, transporte y empaque de piezas cilíndricas.

El prototipo de la línea de producción híbrida ha sido concebido como un sistema de entrenamiento para que los estudiantes realicen simulaciones, procedimientos, análisis y gestión de la información con el objetivo de dominar y afianzar conocimientos que aplicará en los sistemas de producción a nivel industrial. El prototipo se encuentra ubicado en el Laboratorio de Automatización de Procesos Industriales de la Universidad Pontificia Bolivariana.

La información contenida en este manual de usuario describe la línea de producción haciendo énfasis en: los niveles implementados del modelo CIM, funcionalidad de las estaciones de trabajo, configuración de software, mantenimiento de componentes y procedimientos para la operación correcta de la línea de producción.

1.1. Organización del Manual

Si es la primera vez que trabaja con la línea de producción es recomendable que lea todo el manual. Si ya cuenta con conocimiento previo, consulte la tabla de contenido para ir a la información que necesite.

El manual de usuario está dividido en 8 capítulos. En la Tabla 1 se muestra la descripción de cada una de las secciones.

Sección	Descripción
Capítulo 1: Introducción	Contextualiza al usuario antes de empezar a leer este manual. Incluye una descripción de la forma como está distribuida la información, muestra la simbología, los acrónimos y las abreviaturas empleadas que serán de ayuda para el entendimiento de todo el manual.
Capítulo 2: Línea de producción	Contiene la división jerárquica de los elementos de la línea de producción apoyado en el concepto del modelo CIM. También contiene una descripción general de las estaciones de trabajo que conforman la línea de producción.
Capítulo 3: Estaciones de trabajo	Está dividido en cuatro secciones que corresponden a las estaciones de trabajo de la línea de producción: control, clasificación, transporte y empaque. En cada sección se describen las tareas y los elementos de las estaciones de trabajo.
Capítulo 4: Configuración y mantenimiento	Describe los procedimientos a realizar por parte del coordinador de laboratorio o personal autorizado para instalación de software, programación de controladores, configuración de parámetros y tareas de mantenimiento.
Capítulo 5: Operación de la línea de producción	Especifica el protocolo a seguir para el correcto funcionamiento de la línea de producción. El encendido, la operación de las estaciones de trabajo, la programación de la orden de producción y el apagado de los equipos son temas que el usuario encontrará en este capítulo.
Capítulo 6: Anexos	Contiene recursos adicionales para complementar la información del manual de usuario.
Capítulo 7: Lista de figuras	Muestra una lista ordenada de las figuras mostradas en el manual de usuario.
Capítulo 8: Lista de tablas	Muestra una lista ordenada de las tablas utilizadas en el manual de usuario.

Tabla 1. Organización del manual de usuario

1.2. Simbología Empleada

En este manual el lector encontrará mensajes con información relevante encerrada en rectángulos. La estructura de los mensajes se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Estructura de los mensajes

El símbolo del mensaje representa el significado de su contenido. En la Tabla 2 se encuentran los símbolos empleados en el manual con su respectivo significado.

Símbolo	Significado
	Información importante
	Acción obligatoria
	Riesgo en un ajuste de parámetro o una acción específica
	Acciones reservadas para el coordinador de laboratorio
	Descarga de ficheros. Conexión a internet necesaria.

Tabla 2. Símbolos empleados en el manual de usuario

La descripción de los distintos componentes que conforman la línea de producción se realiza siguiendo la estructura mostrada en la Tabla 3. La estructura contiene el nombre, la imagen y la función del componente. La documentación enlaza a ficheros externos con información adicional del componente como datasheet, instrucciones de instalación, manuales, entre otros.

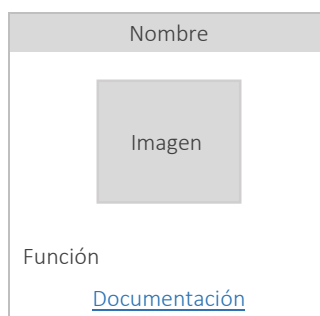


Tabla 3. Estructura de descripción de componentes

1.3. Acrónimos y Abreviaturas

A continuación se muestra una lista de acrónimos y abreviaturas que el usuario encontrará a lo largo de este manual.

CIM	Computer-Integrated Manufacturing (Manufactura Integrada por Computador)
HMI	Human Machine Interface (Interfaz Humano Máquina)
PLC	Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)
PC	Personal Computer (Computador Personal)
PSI	Pounds per Square Inch (Libra por Pulgada Cuadrada)
RTD	Resistance Temperature Detector (Detector de Temperatura Resistivo)

2. Línea de Producción

Las líneas de producción son empleadas en los procesos que tienen etapas secuenciales. En una línea de producción el trabajo total es dividido en estaciones de trabajo. Cada estación de trabajo tiene asignados un conjunto de operarios y máquinas para realizar las tareas con gran eficiencia. [1]

En la línea de producción desarrollada por la Universidad Pontificia Bolivariana se identifican cuatro estaciones de trabajo: control, clasificación, transporte y empaque de piezas cilíndricas. La Tabla 4 muestra el principio de operación y la función de cada una de las estaciones de trabajo. Para información detallada ver [Estaciones de trabajo– pág. 22](#).

Estación de trabajo	Operación	Función
Control	Manual	Control de Calidad. El operario comprueba las piezas y selecciona aquellas que cumplan con los requerimientos de calidad. Las imperfecciones encontradas son registradas empleando un sistema de código de barras.
Clasificación	Automatizada	Clasificación de piezas por material y altura. Un conjunto de sensores mide la altura (14mm o 16mm) e identifica el material de las piezas (metal, aluminio o plástico). Luego, las piezas recorren una banda transportadora y finalmente son clasificadas en depósitos de almacenamiento.
Transporte	Híbrida	Etiquetado y transporte de piezas. El operario debe etiquetar las piezas ubicadas en los depósitos de almacenamiento. Un robot cartesiano transporta las piezas etiquetadas a la estación de empaque. Los modos de operación del robot pueden ser configurados a través de una HMI.
Empacado	Híbrida	Empacado de piezas. Mediante una HMI el operario establece la orden de producción. El empaque se realiza en plástico empleando un sistema de sellado y corte.

Tabla 4. Funciones de las estaciones de trabajo



Cada empaque puede contener mínimo 1 pieza y máximo 6 piezas. Las piezas son etiquetadas con 6 colores de acuerdo a una combinación de material y altura. Por lo tanto, se pueden obtener 923 productos diferentes.

2.1. Modelo CIM

La pirámide de automatización nace del concepto de modelo CIM que agrupa los procesos de manufactura en 5 niveles jerárquicos como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Modelo CIM

- Instrumentación: Está formado por la instrumentación y elementos finales de control como sensores, variadores de velocidad, válvulas, entre otros. Este nivel entrega las señales al Nivel de Control. [2]
- Control: En este nivel se encuentran los controladores encargados de la regulación, el control de secuencias y la operación del proceso. [2]
- Supervisión y Adquisición de Datos: En este nivel se recoge la información en tiempo real generada en el nivel de control. Las principales tareas son la supervisión integral del proceso, la optimización de la operación y el mantenimiento preventivo. El operador puede modificar la configuración de los lazos de control del proceso desde las pantallas de supervisión. [2]
- Producción: Es este nivel se realiza la administración y planificación de la producción. Permite la identificación de falencias en distintas etapas y facilita la ingeniería de proceso al dar a los responsables información global actualizada de todo el proceso productivo. [2]
- Gestión: Este es el nivel de manejo corporativo. Permite la planificación corporativa, la administración de los recursos y la optimización de las finanzas. De esta manera los responsables del manejo corporativo pueden enviar señales correctivas de acuerdo a las políticas de la empresa. [2]

En el prototipo de la línea de producción se han integrado tres de los cinco niveles mencionados anteriormente: Instrumentación, Control y Supervisión. La Figura 3 muestra el modelo CIM de la línea de producción. El nivel de instrumentación se ha agrupado por simplicidad en las diferentes estaciones de trabajo: Control, Clasificación, Transporte y Empacado.

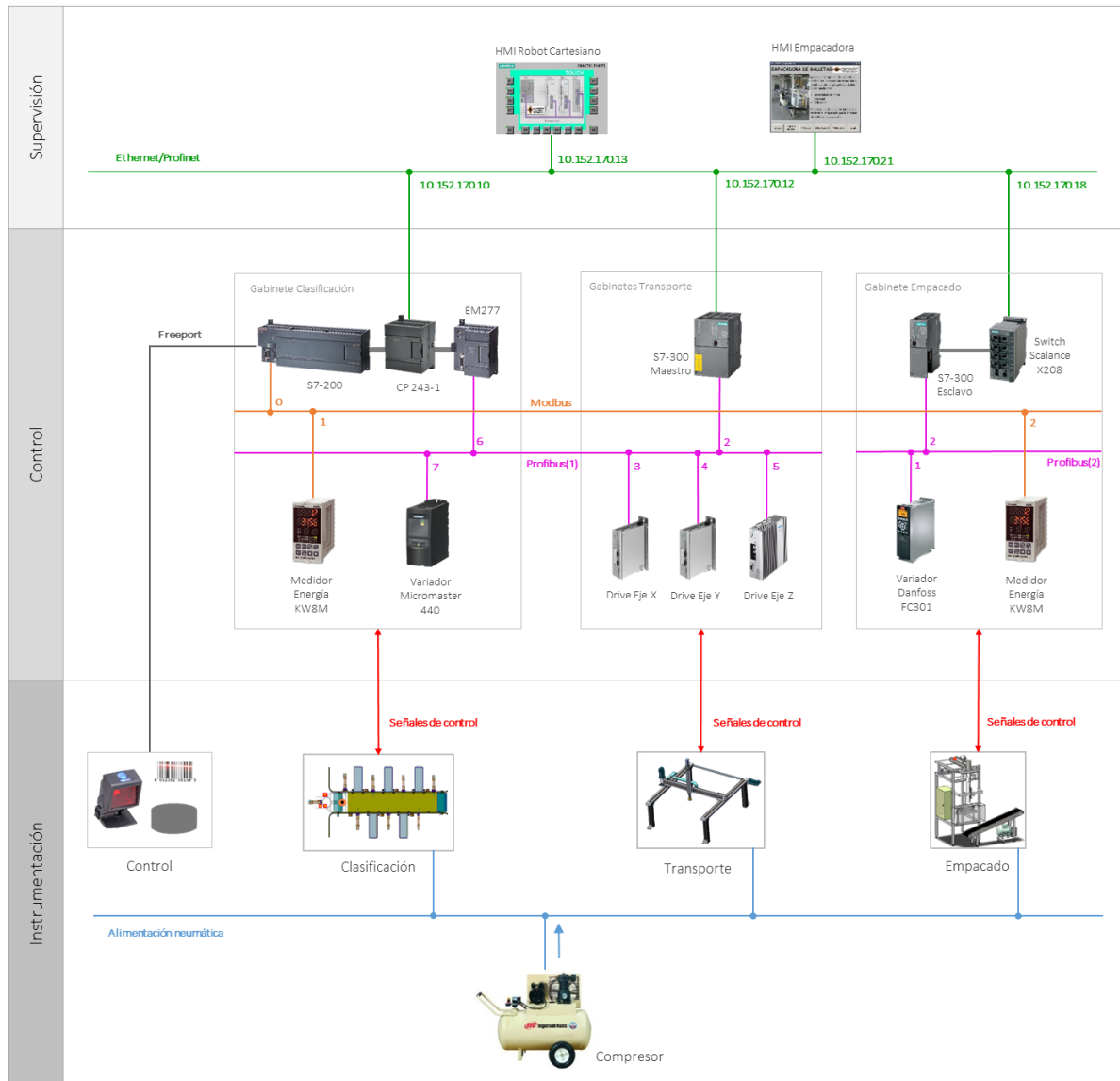


Figura 3. Modelo CIM de la línea de producción

2.2. Nivel de Instrumentación

La Figura 4 muestra una vista general de la instrumentación de la línea de producción compuesta por sensores, motores, cilindros neumáticos, pulsadores, resistencias de calentamiento, robot cartesiano, bandas transportadoras, compresor, entre otros.

La información detallada de la instrumentación de la línea de producción se encuentra en el capítulo Estaciones de trabajo - pág. 22.



Figura 4. Vista general de la instrumentación

2.2.1. Sistema de Alimentación Neumático

El sistema de alimentación neumático está formado por un compresor con capacidad máxima de 135 PSI y mangueras de 6mm de diámetro que suministran el aire comprimido a todos los elementos neumáticos (ver Tabla 5).

Compresor de aire comprimido Ingersoll Rand SS3F2-GM	Mangueras neumáticas de 6mm
	

Tabla 5. Elementos del sistema de alimentación de aire

2.3. Nivel de Control

El nivel de control de la línea de producción está formado principalmente por tres controladores Siemens (dos S7-300 y uno S7-200), dos variadores de velocidad, dos medidores de energía, tres controladores Festo para los ejes del sistema cartesiano, entre otros. Todos los elementos están ubicados en el cuarto de control, separados del nivel de instrumentación y organizados en distintos gabinetes (ver Figura 5).

Como se observa en el Modelo CIM de la línea de producción – pág. 12, los controladores están conectados a los niveles de instrumentación y supervisión. La conexión con el nivel de instrumentación permite la ejecución la estrategia de control sobre los sensores y actuadores de las diferentes estaciones de trabajo, mientras que, la conexión con el nivel de supervisión realiza la adquisición de la información de los controladores en tiempo real.

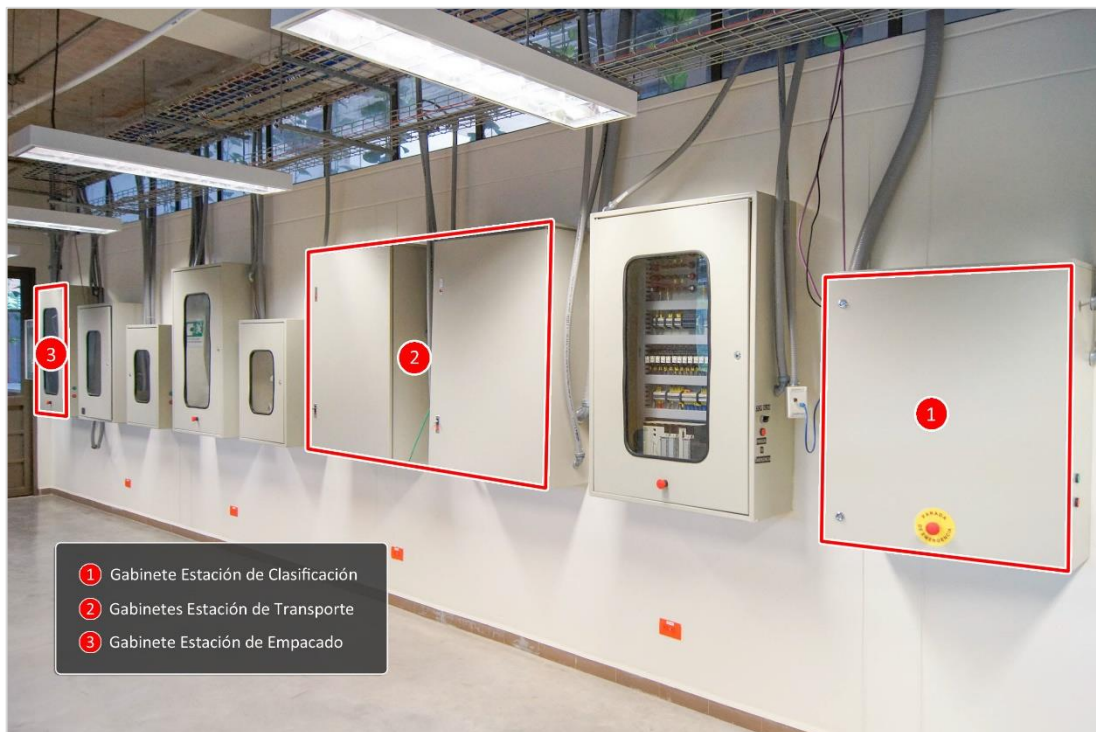


Figura 5. Cuarto de control de la línea de producción



Software empleado para la programación de los controladores Siemens:
STEP 7 v5.5 para la programación de los controladores S7-300
STEP 7 MicroWIN SP9 para la programación del controlador S7-200

2.3.1. Gabinete de la Estación de Clasificación

El gabinete mostrado en la Figura 6 contiene los elementos de control de la estación de clasificación (calle de selección).

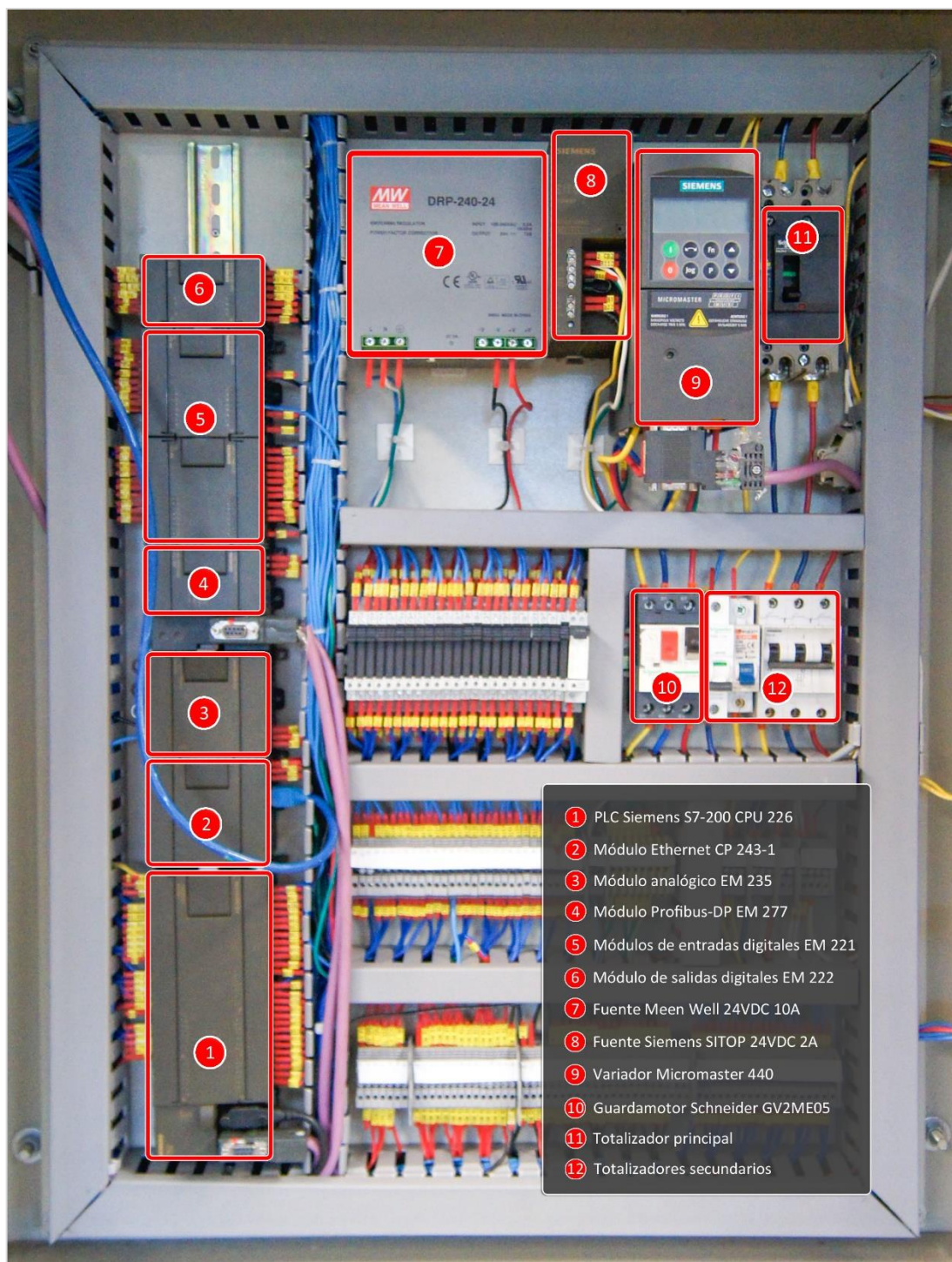


Figura 6. Gabinete de la estación de clasificación

Los elementos principales del gabinete de clasificación se muestran en la Tabla 6.

PLC Siemens S7-200 CPU 226 Ref. 216-2BD23-0XB0  Unidad central de procesamiento Datasheet – Manual	Procesador de comunicaciones Siemens CP 243-1 Ref. 6GK7 243-1EX00-0XE0  Comunicación ethernet Datasheet - Manual	Módulo analógico Siemens EM 235 AI4/AQ1 Ref. 235-0KD22-0XA0  Lectura del sensor de altura Datasheet
Módulo PROFIBUS-DP Siemens EM 277 Ref. 277-0AA22-0XA0  Comunicación Profibus Datasheet	Módulo entrada digital Siemens EM 221 DI16 (x2) Ref. 221-1BH22-0XA0  Entradas y salidas digitales Datasheet	Módulo salida digital Siemens EM 222 DQ8 Ref. 222-1BF22-0XA0  Salidas digitales Datasheet
Fuente 24VDC 10A Meen Well DRP-240-24  Alimentación de la instrumentación Datasheet	Fuente 24VDC 2A Siemens SITOP Power 2 Ref. 6EP1331-2BA00  Alimentación de los módulos de control Operating Instructions	Variador de frecuencia Siemens Micromaster 440 Ref. 6SE6440-2UC13-7AA1  Control de velocidad del motor de la calle de selección Datasheet – Instructions

Tabla 6. Elementos del gabinete de clasificación

2.3.2. Gabinetes de la Estación de Transporte

Los dos gabinetes mostrados en la Figura 7 contienen los elementos de control de la estación de transporte (robot cartesiano).

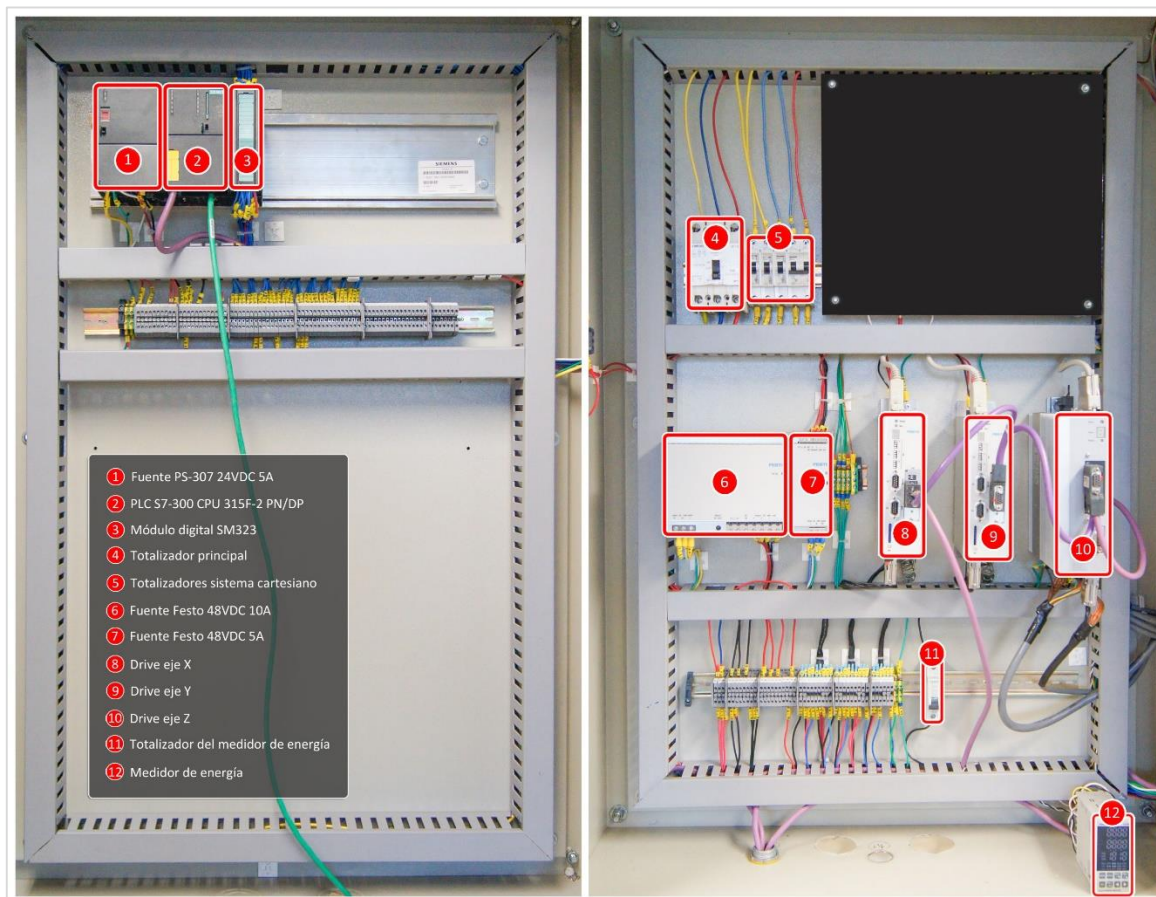


Figura 7. Gabinetes de la estación de transporte

Los elementos principales de los gabinetes de transporte se muestran en la Tabla 7.

PLC Siemens S7-300 CPU 315F-2 PN/DP Ref. 315-2FH13-0AB0  Unidad central de procesamiento Datasheet - Manual	Fuente 24VDC 5A Siemens PS-307 Ref. 307-1EA00-0AA0  Alimentación del PLC y módulo de control Datasheet - Instructions	Módulo digital Siemens SM 323 DI16/DO16 Ref. 323-1BL00-0AA0  Entradas y salidas digitales Datasheet
Fuente Festo 48VDC 10A SVG-1/230VAC-48VDC-10A  Alimentación de los controladores eje X y eje Y Installation	Fuente Festo 24VDC 5A SVG-1/230VAC-24VDC-5A  Alimentación del controlador eje Z Installation	Controlador de motor Festo CMMS-ST-C8-7-G2  Controlador motor paso a paso eje X Datasheet
Controlador de motor Festo CMMS-ST-C8-7  Controlador motor paso a paso eje Y Datasheet	Controlador de motor Festo SEC-AC-305-PB  Controlador servomotor eje Z Manual – Functional Block S7	Medidor de energía Panasonic KW8M  Consumo de energía de la estación de transporte Manual - Installation

Tabla 7. Elementos de los gabinetes de transporte

2.3.3. Gabinete de la Estación de Empacado

En este gabinete se encuentran los elementos de control, protección y acondicionamiento de señal de la estación de empacado (ver Figura 8).

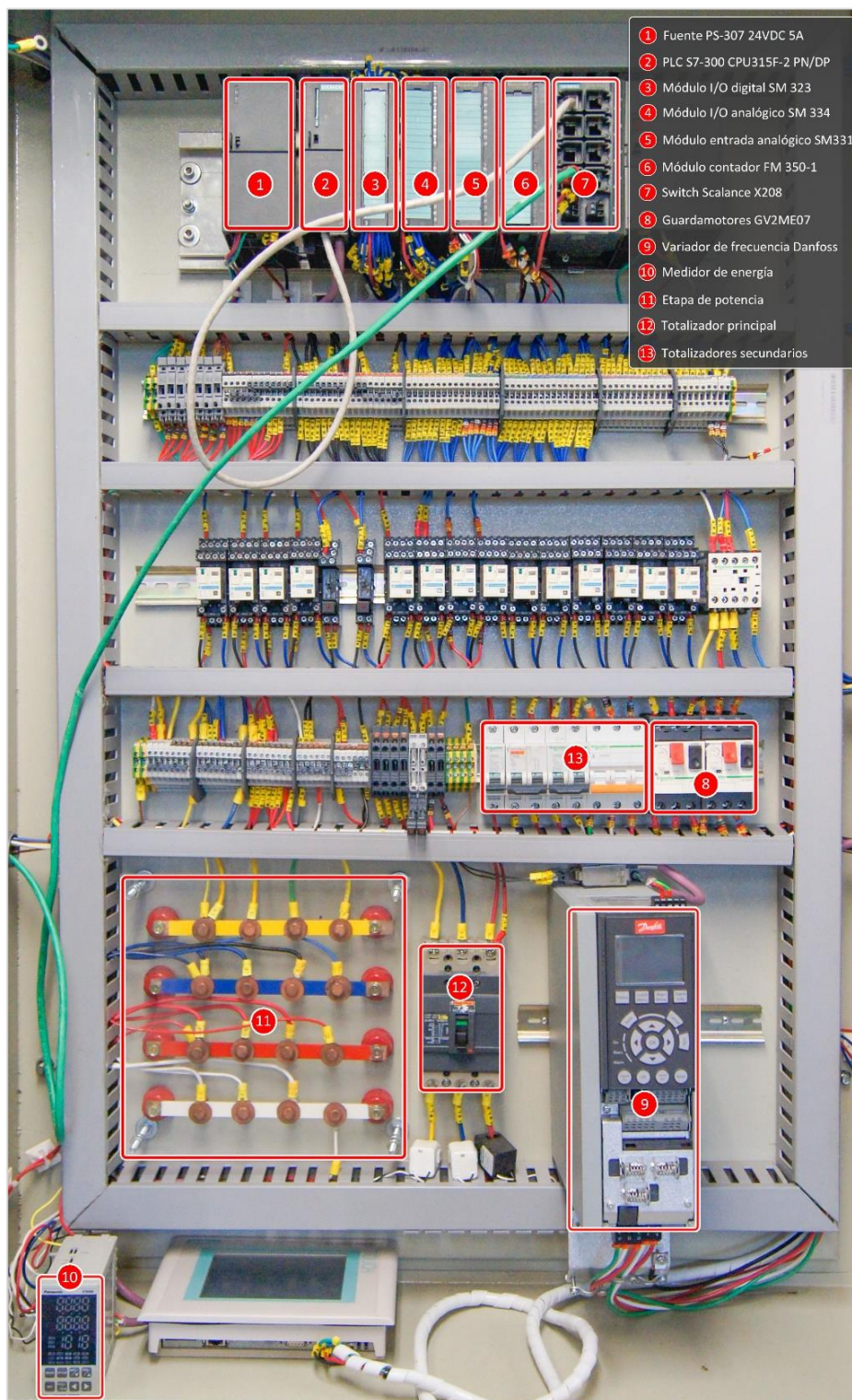


Figura 8. Gabinete de la estación de empacado

Los elementos principales del gabinete de empacado se muestran en la Tabla 8.

PLC Siemens S7-300 CPU315F-2 PN/DP Ref. 315-2FJ14-0AB0  Unidad central de procesamiento. Datasheet - Manual	Fuente 24VDC 5A Siemens PS-307 Ref. 307-1EA01-0AA0  Alimentación del PLC y módulos de control Datasheet - Instructions	Módulo digital Siemens SM 323 DI16/DO16 Ref. 323-1BL00-0AA0  Entradas y salidas digitales Datasheet
Módulo analógico Siemens SM 334 AI4/AO2 Ref. 334-0CE01-0AA0  Entradas y salidas analógicas Datasheet	Módulo de entrada analógico Siemens SM 331 8AI Ref. 331-7KF02-0AB0  Lectura del sensor de color y de los sensores de temperatura Datasheet Started Parte1 Parte2 Parte3	Módulo contador Siemens FM 350-1 Ref. 350-1AH03-0AE0  Lectura del encoder de la banda transportadora de empacado Datasheet - Manual
Switch Scalance X208 8x10/100MBIT/RJ45 Ref. 208-0BA10-2AA3  Comunicación ethernet Datasheet	Variador de frecuencia Danfoss FC301  Control de velocidad del motor de la empacadora Instruction manual	Medidor de energía Panasonic KW8M  Consumo de energía de la estación de transporte Manual - Installation

Tabla 8. Elementos del gabinete de empacado

2.4. Nivel de Supervisión

En este nivel se realiza la adquisición en tiempo real de la información generada en el nivel de control. Su función principal es la supervisión y control del proceso a través de las HMIs. En el prototipo de la Línea de Producción se han implementado dos HMIs como se muestra en la Figura 9. Una de ellas es utilizada para la configuración del robot cartesiano (panel táctil de Siemens) y la otra para la programación de la orden de producción y ajuste de funciones de la empacadora (máquina virtual en Windows).



Figura 9. Nivel de supervisión de la línea de producción

Los elementos del nivel de supervisión se muestran en la Tabla 9.

HMI Robot Cartesiano Touch Panel Siemens Ref. 642-0DA01-1AX1	HMI Empacadora
 Inicialización y configuración de las estaciones de trabajo: Clasificación (calle de selección) Transporte (robot cartesiano) Datasheet	 Inicialización y configuración de la estación de Empacado Programación de la orden de producción.

Tabla 9. Elementos del nivel de supervisión



Software empleado para la programación de las HMIs: WinCC Flexible 2008 SP2.

3. Estaciones de trabajo

El prototipo de la Línea de Producción está formado por cuatro estaciones de trabajo: control, clasificación, transporte y empaçado.

En este capítulo se describen en detalle las tareas que realizan y los elementos que conforman cada estación de trabajo. Para empezar se muestra el esquema diseñado y una vista del esquema real de las estaciones de trabajo de la línea de producción (ver Figura 10).

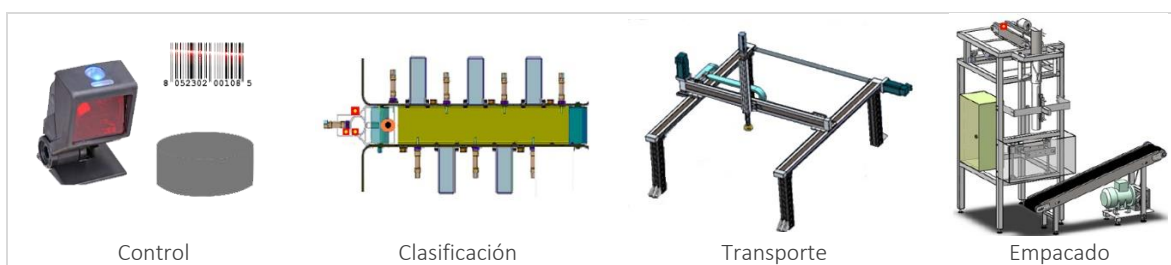


Figura 10.1. Esquema diseñado de las estaciones de trabajo [3]

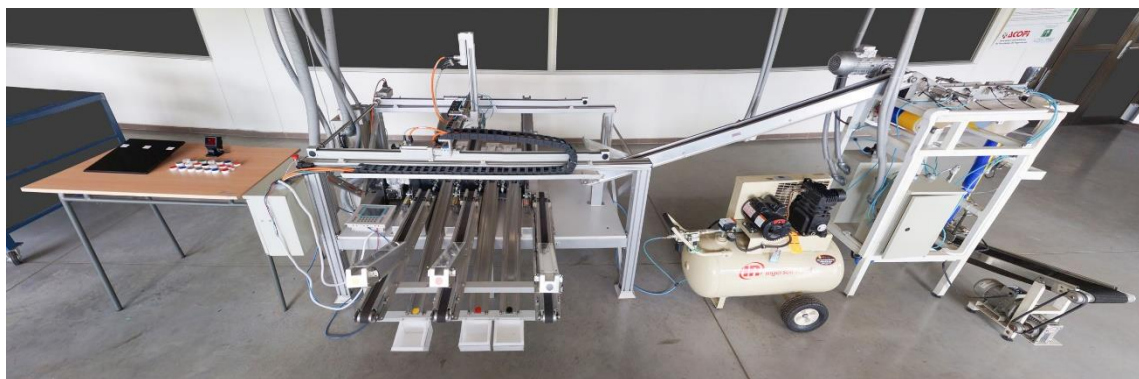


Figura 10.2. Esquema real de las estaciones de trabajo

Figura 10. Estaciones de trabajo de la línea de producción

3.1. Control

En la primera estación de trabajo se realiza el control de calidad de las piezas cilíndricas de diferente material y altura. En la Figura 11 se muestran los elementos principales de esta estación.



Figura 11. Estación de control de piezas

3.1.1. Piezas Cilíndricas

Las piezas cilíndricas empleadas como materia prima de la Línea de Producción tienen un diámetro de 34mm y una altura de 14mm o 16mm como se muestra en la Figura 12.

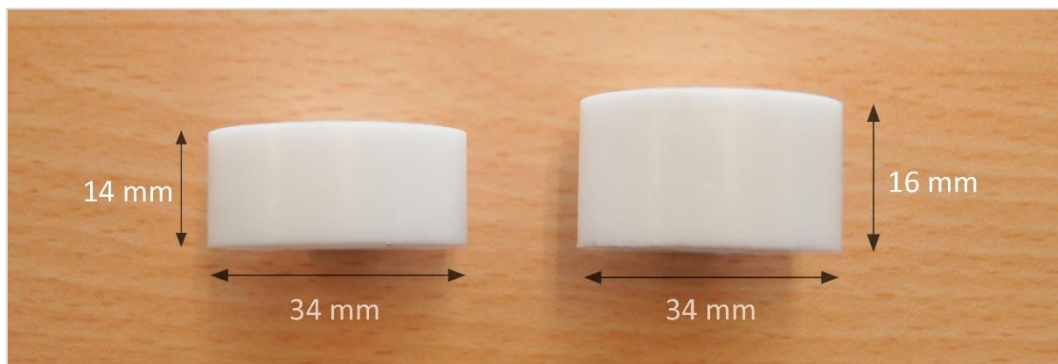


Figura 12. Diámetro y altura de las piezas cilíndricas

La cara inferior de las piezas tiene un tornillo insertado en el centro, mientras que, la cara superior tiene un material que puede ser metal, aluminio o plástico (ver Figura 13).



Figura 13. Cara inferior y superior de las piezas

Cada combinación de material y altura tiene asignado un color específico. En la sección Almacenamiento - pág. 33 se muestra la correspondencia de colores.

3.1.2. Rechazo de Piezas

Un operario realiza las mediciones y observaciones necesarias para determinar si la pieza cumple con los requerimientos de calidad. Las piezas son rechazadas en esta estación por tres imperfecciones: aluminio descentrado, metal descentrado o corte de pieza inclinado. Cada una de las imperfecciones está asociada a un código de barras (ver Figura 14).



Figura 14. Piezas Rechazadas



Las piezas rechazadas deben ser retiradas del proceso para evitar atascamientos y fallos inesperados del sistema.

3.1.3. Lector de Código de Barras

El registro de las piezas rechazadas se realiza a través del lector de código de barras. Cada vez que se encuentra una pieza defectuosa, el operario debe realizar manualmente una lectura del código de barras correspondiente para efectuar el registro en el controlador.

3.1.4. Impresora de Código de Barras

La impresora de código de barras permite realizar el diseño y la impresión de las etiquetas que se emplean para el rechazo de las piezas (ver Figura 15).



Figura 15. Impresora de código de barras

Los elementos que conforman la estación de control se muestran en la Tabla 10.

Lector código de barras QuantumT MS3580	Impresora de código de barras Zebra GK420t
	
Datasheet	Guía de Usuario

Tabla 10. Elementos de la estación de control



La instalación de drivers, software de la impresora y configuración de etiquetas de impresión se encuentra en el [Anexo 1](#).

3.2. Clasificación

Esta estación de trabajo está formada por cinco subsistemas: alimentación de piezas, clasificación por altura, clasificación por material, calle de selección y almacenamiento como se muestra en Figura 16.

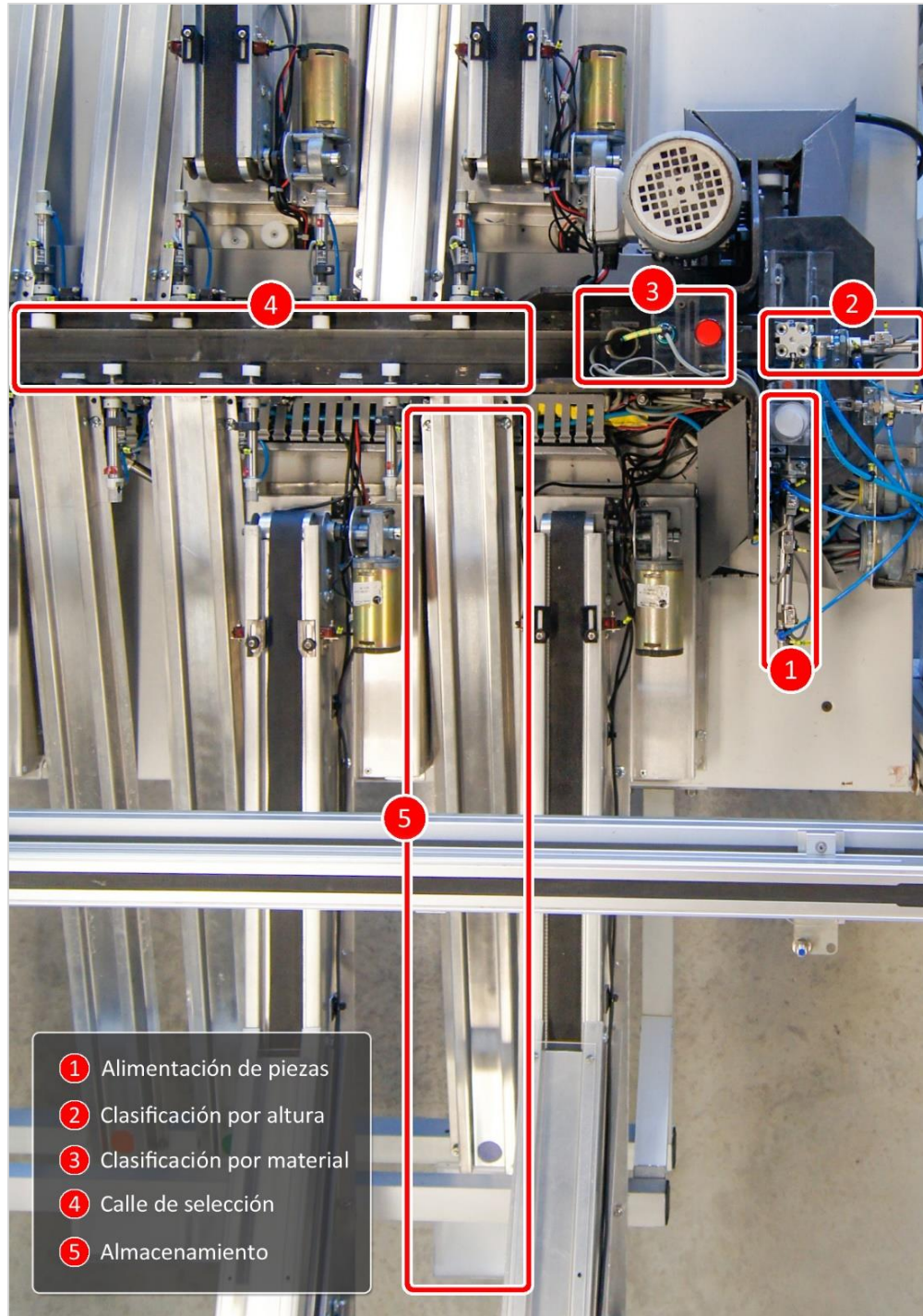


Figura 16. Estación de clasificación de piezas

3.2.1. Alimentación de Piezas

Las piezas provenientes de la estación de control son introducidas con la cara del material hacia arriba por un operario en el sistema de alimentación. Un sensor réflex detecta la presencia de las piezas y las desplaza mediante un cilindro neumático hacia el sistema de clasificación por altura (ver Figura 17).

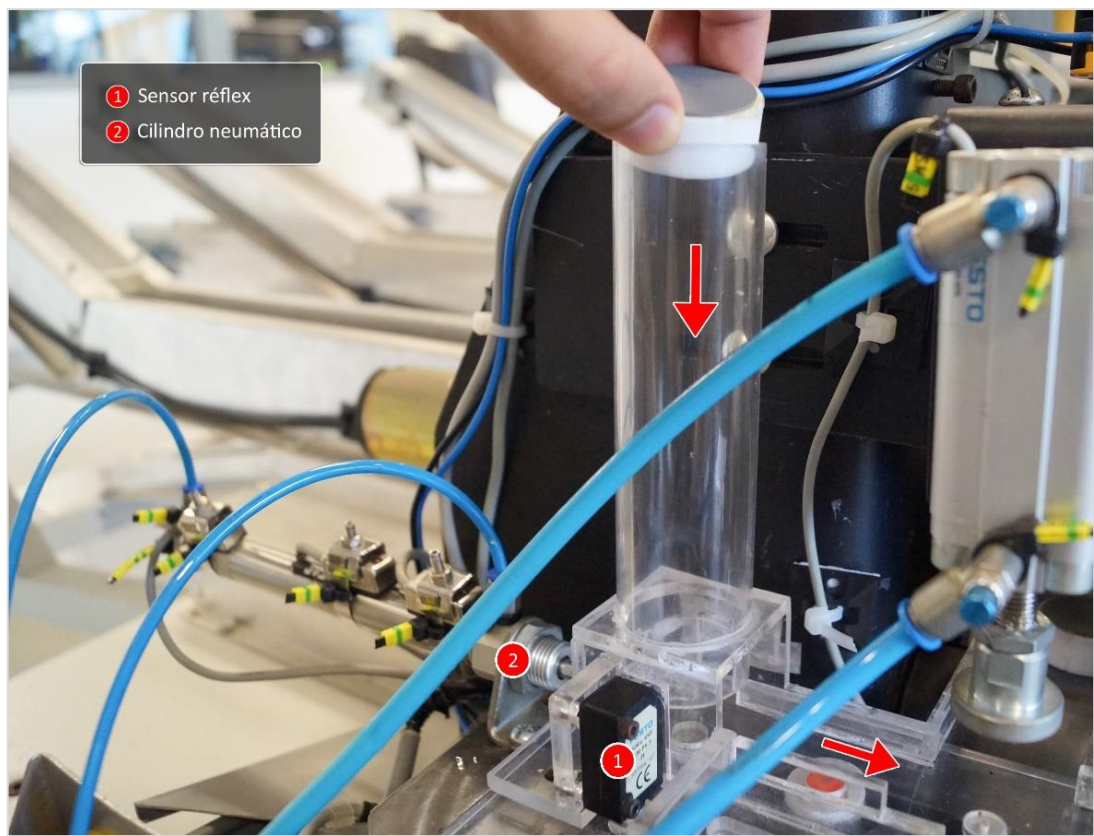


Figura 17. Sistema de alimentación

Los elementos principales del sistema de alimentación de piezas se muestran en la Tabla 11.

Sensor réflex Festo SOEG-RSP-Q20-PS-S-2L	Cilindro neumático Airtac MI 16x125
	
Datasheet	Datasheet

Tabla 11. Elementos del sistema de alimentación

3.2.2. Clasificación por Altura

El sistema de clasificación por altura utiliza un cilindro compacto, un sensor de proximidad y un transmisor de posición para determinar la altura de la pieza. El sistema considera válidas las piezas que estén dentro de los rangos de altura de 13.8mm-14.2mm (para 14mm) y 15.8mm-16.2mm (para 16mm). También cuenta con un sensor inductivo para la detección de piezas sin tornillo en la cara inferior y piezas invertida (ver Figura 18).

El sensor de proximidad y el transmisor de posición están ubicados en el cuerpo del cilindro; el sensor de proximidad es usado como punto de referencia mientras que el transmisor de posición mide el desplazamiento del vástago del cilindro para medir la altura de la pieza.

Además de medir la altura, este sistema se encarga del rechazo de piezas que están fuera del rango de altura, piezas invertidas y aquellas que no tienen el tornillo insertado en su cara inferior (detección del sensor inductivo). Las piezas con altura válida son llevadas al sistema de clasificación por material empleando un cilindro neumático (ver Figura 18).

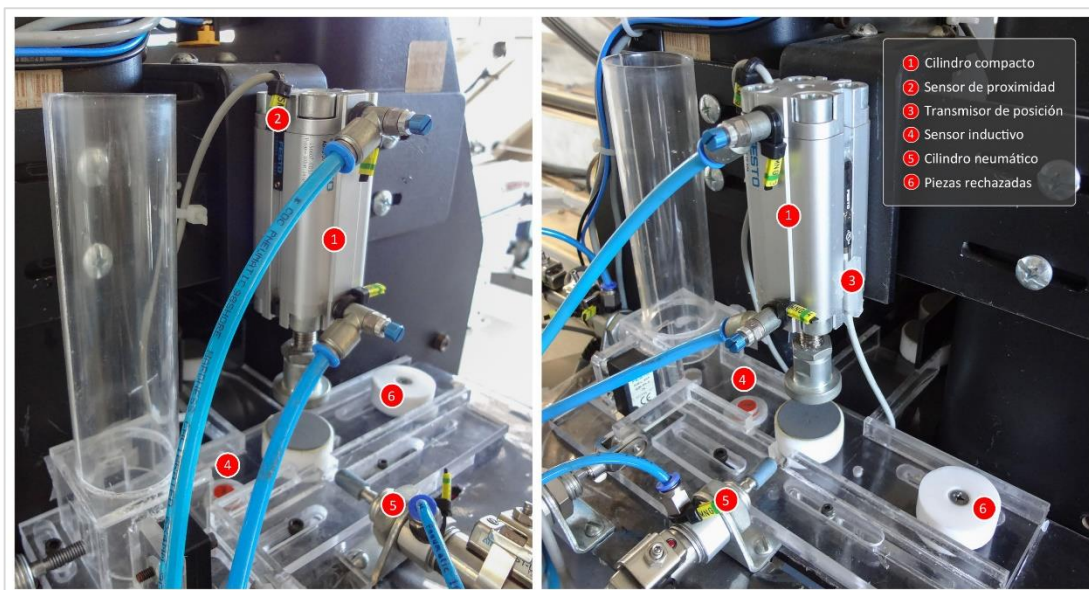


Figura 18. Sistema de clasificación por altura

Los elementos principales del sistema de clasificación por altura se muestran en la Tabla 12.

Cilindro compacto Festo ADVU-20-50-A-P-A  Datasheet	Sensor de proximidad Festo SME-8-K-LED-24  Datasheet	Transmisor de posición Festo SMAT-8M  Datasheet
Sensor Inductivo Autonics PR12-4DP  Datasheet	Cilindro neumático Airtac MI 16x125  Datasheet	

Tabla 12. Elementos del sistema de clasificación por altura



El rango de altura de las piezas es 12mm - 19mm. Las piezas con una altura superior a 19mm pueden ocasionar la ruptura del acrílico y las piezas con altura menor a 12mm al no ser detectadas bloquean el sistema de alimentación. En este último caso la pieza se debe retirar manualmente.

3.2.3. Clasificación por Material

Dos sensores situados en el recorrido de las piezas determinan el material de la cara superior. Un sensor fotoeléctrico es utilizado para la detección del aluminio y un sensor inductivo para la detección del metal (ver Figura 19). Si ninguno de los sensores registra actividad, el material se considera plástico.

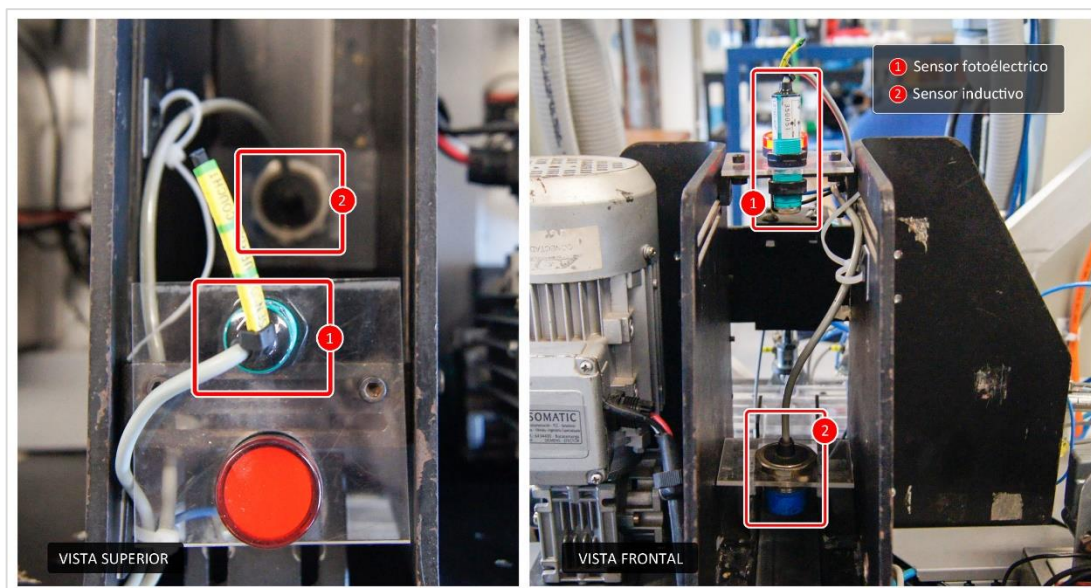


Figura 19. Sistema de clasificación por material

Los elementos principales del sistema de clasificación por material se muestran en Tabla 13.

Sensor fotoeléctrico Conch LS18D-40P	Sensor inductivo Festo SIEN-M30NB-PS-K-L
	
Datasheet	Datasheet

Tabla 13. Elementos del sistema de clasificación por material

3.2.4. Calle de Selección

La calle de selección está formada por una banda transportadora, un motor de inducción trifásico, un encoder, ocho sensores réflex y ocho cilindros neumáticos (ver Figura 20). En el momento de ingresar a la calle de selección, el controlador ya tiene almacenado el material y la altura de la pieza. Los sensores réflex detectan el paso de las piezas y se activa el cilindro neumático correspondiente para llevar la pieza a su depósito de almacenamiento. El encoder es utilizado para modificar la velocidad de la banda transportadora.

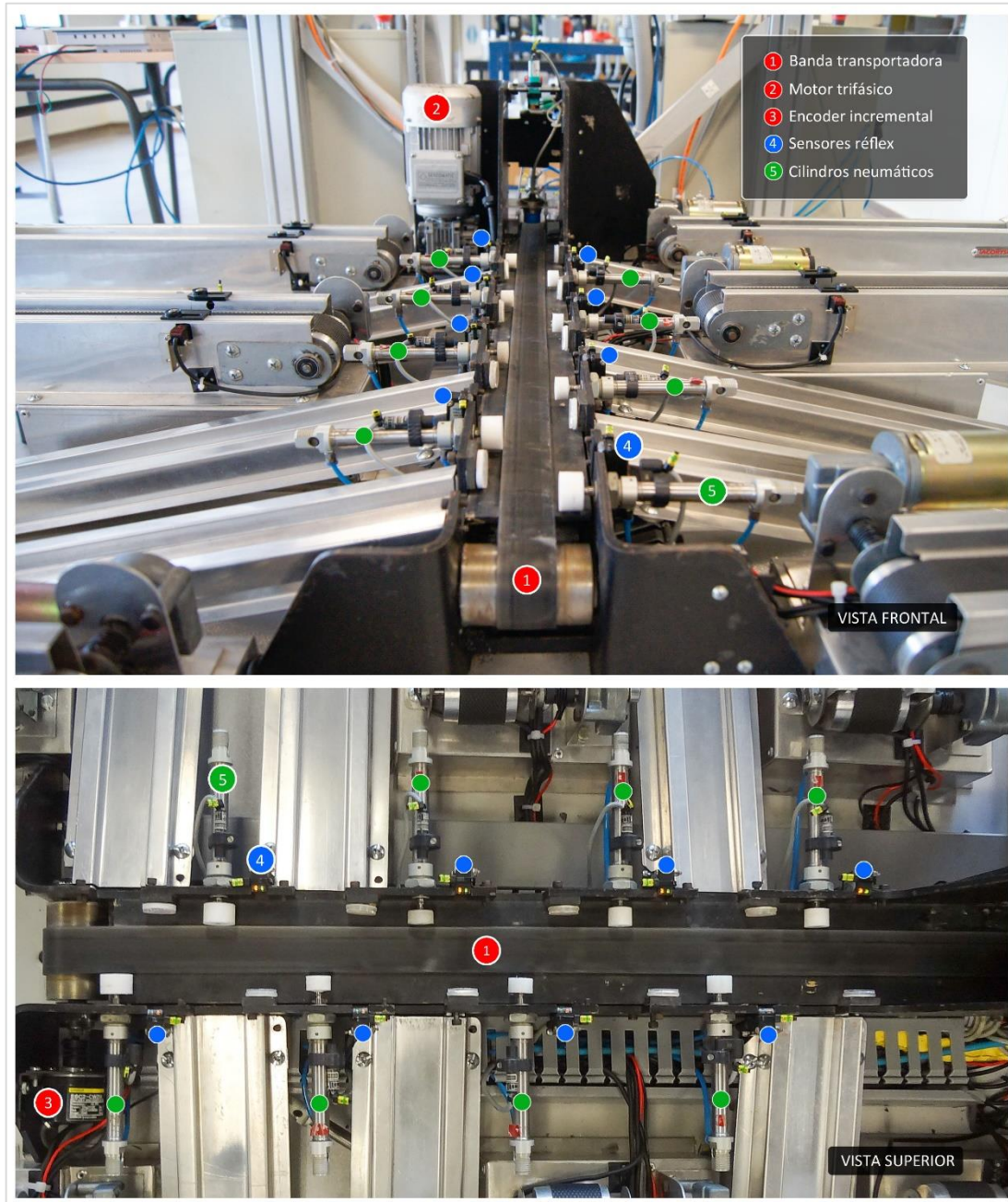


Figura 20. Calle de selección

Los elementos principales de la calle de selección se muestran en la Tabla 14.

Motor de inducción trifásico Y2-632-4 (B14)  Datasheet	Encoder rotatorio incremental Omron E6C2-CWZ5B  Datasheet
Sensor réflex (x8) Festo SOEG-RSP-Q20-PS-S-2L  Datasheet	Cilindro neumático (x8) Airtac MI 16x25  Datasheet

Tabla 14. Elementos de la calle de selección

3.2.5. Almacenamiento

El sistema de almacenamiento está formado por seis canales y seis depósitos. Cada conjunto de canal-depósito está identificado con un color que corresponde a una combinación de material y altura como se muestra en la Figura 21 y en la Tabla 15.

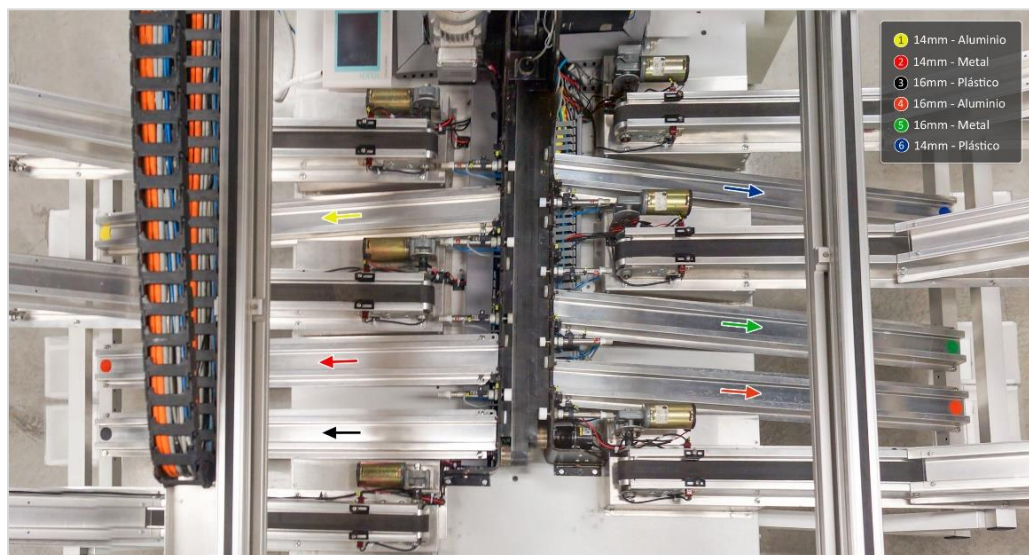


Figura 21. Sistema de almacenamiento

Almacenamiento	Color	Material	Altura
1	Amarillo	Aluminio	14mm
2	Rojo	Metal	14mm
3	Negro	Plástico	16mm
4	Naranja	Aluminio	16mm
5	Verde	Metal	16mm
6	Azul	Plástico	14mm

Tabla 15. Clasificación de piezas

Los depósitos son cajas de acrílico en las cuales se almacenan las piezas clasificadas. En la Figura 22 se muestran los depósitos 2 y 3 que corresponden a los colores rojo y negro.

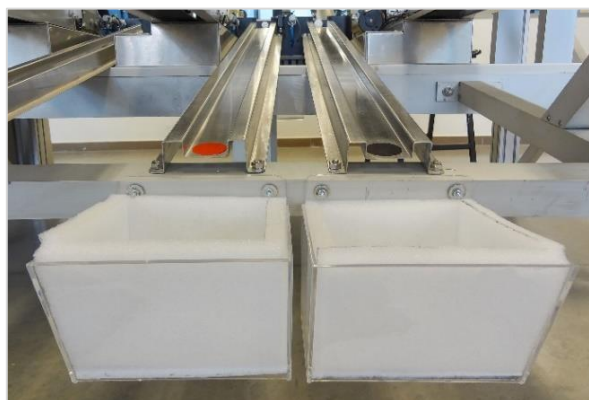


Figura 22. Depósitos de almacenamiento

3.2.6. Gabinetes de Paso de Clasificación

Los gabinetes de paso de la estación de clasificación manejan las señales de control de los sensores, electroválvulas, motor de la banda transportadora y los demás elementos que conforman la instrumentación de esta estación de trabajo. En la Figura 23 se muestra la ubicación y el interior de los gabinetes.

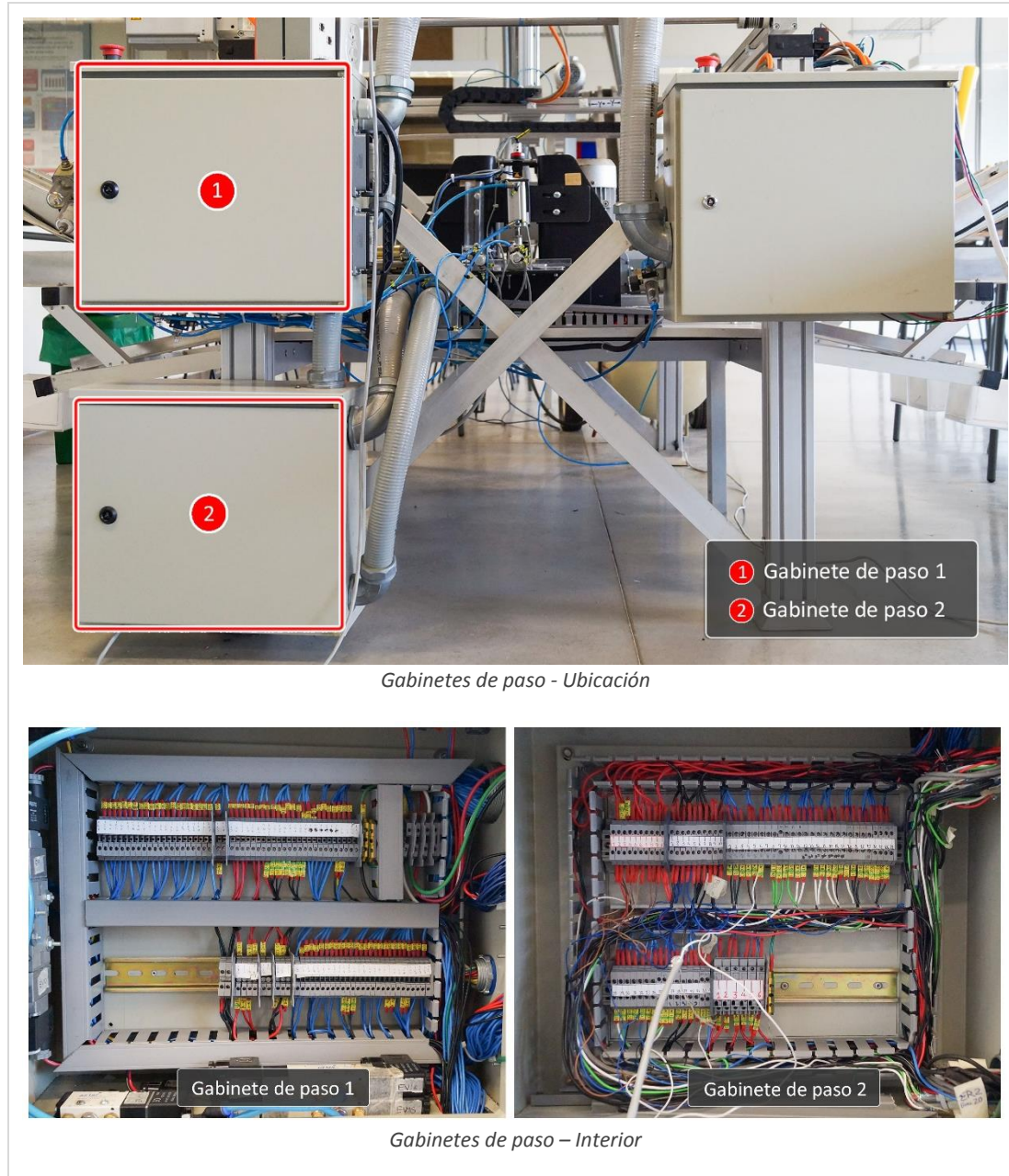


Figura 23. Gabinetes de paso de la estación de clasificación

3.3. Etiquetado y Transporte

En esta estación de trabajo el operario debe etiquetar la pieza almacenada y luego ingresarla a la estación de transporte a través de los canales de alimentación. El robot recoge la pieza y la lleva hasta el tablero de almacenamiento o hasta la banda transportadora de empaque dependiendo del modo de operación programado.

La estación de transporte está formada por seis canales de alimentación, seis bandas transportadoras, un robot cartesiano y un tablero de almacenamiento (ver Figura 24).

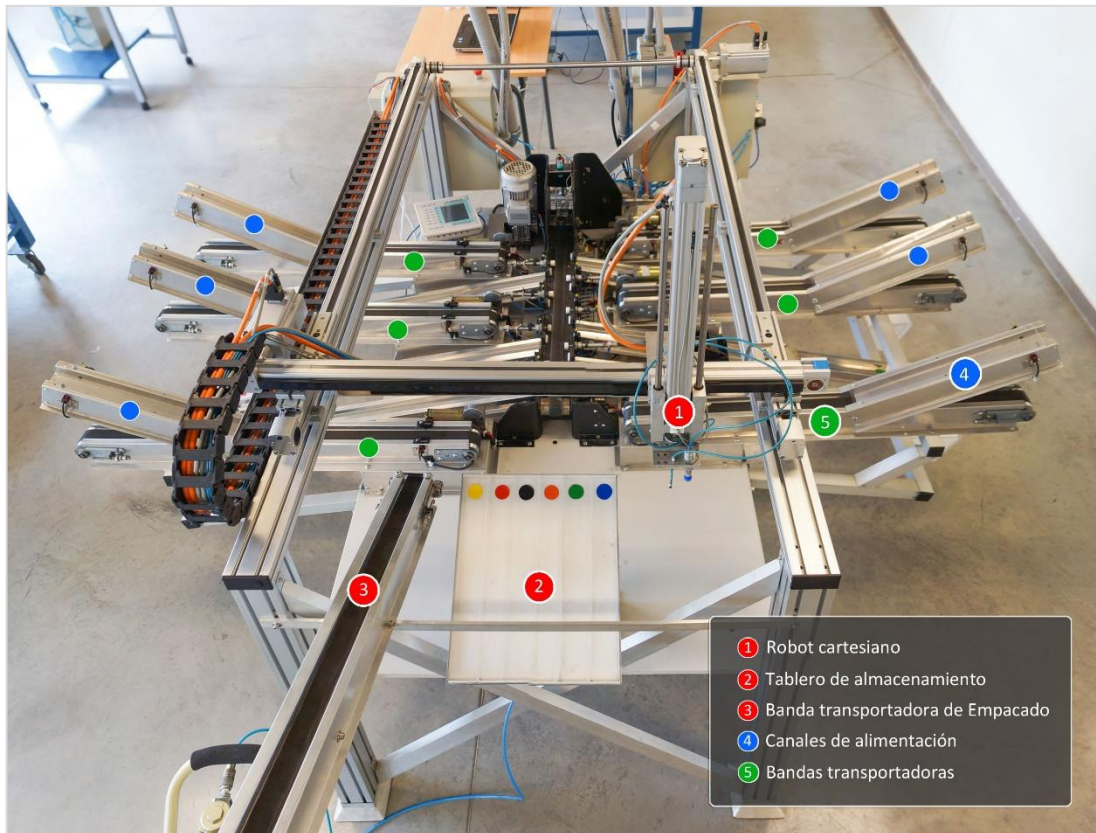


Figura 24. Estación de Transporte

3.3.1. Etiquetado de Piezas

En esta estación de trabajo el operario debe etiquetar las piezas almacenadas en los depósitos con el adhesivo de color correspondiente. El material empleado para el etiquetado de piezas es papel contact de diferentes colores (ver Figura 25).



Figura 25. Etiquetado de piezas

3.3.2. Transporte

El operario debe llevar la pieza etiquetada desde el depósito de almacenamiento hasta el canal de alimentación. Al ingresar al canal, un sensor fotoeléctrico detecta la pieza y activa el motorreductor de la banda transportadora. Las piezas atraviesan el canal y llegan al final de la banda donde otro sensor fotoeléctrico desactiva el motorreductor. En ese momento la pieza estaría disponible para ser transportada por el robot cartesiano (ver Figura 26).

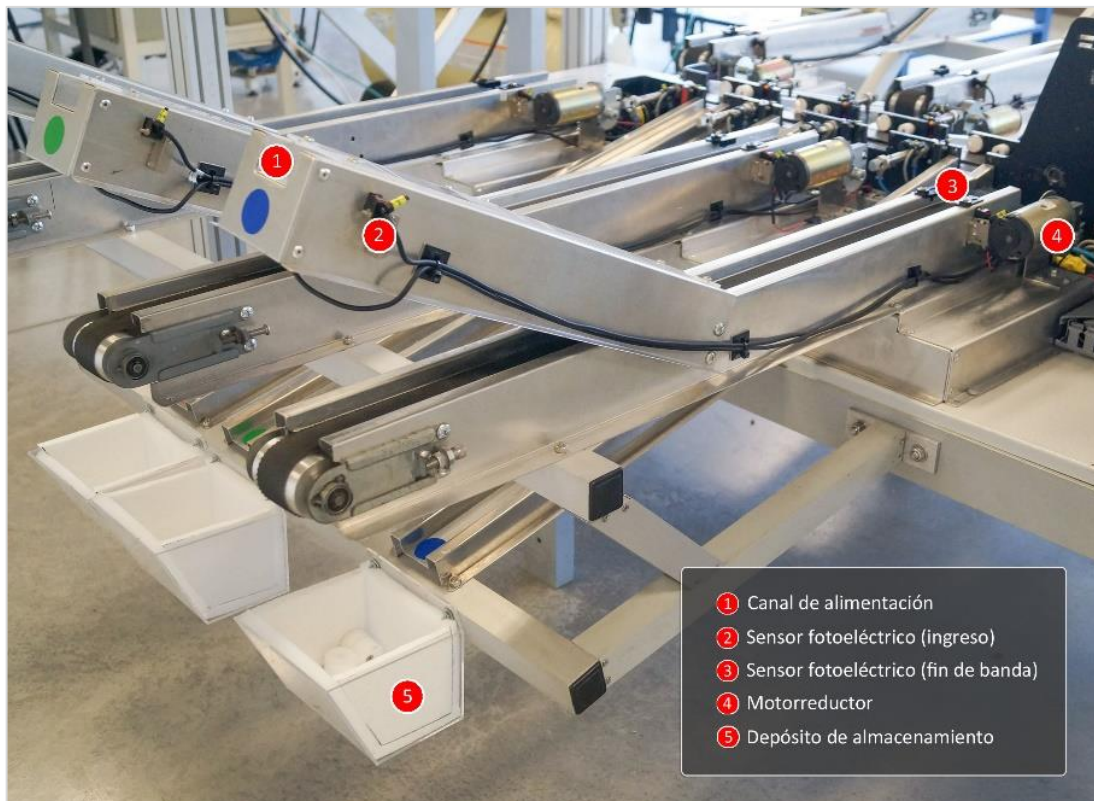


Figura 26. Ingreso de piezas a la estación de transporte

El robot cartesiano recoge la pieza y la lleva hasta el tablero de almacenamiento o hasta la banda transportadora que comunica con el empaquetado, dependiendo del modo de operación programado (ver Figura 27).

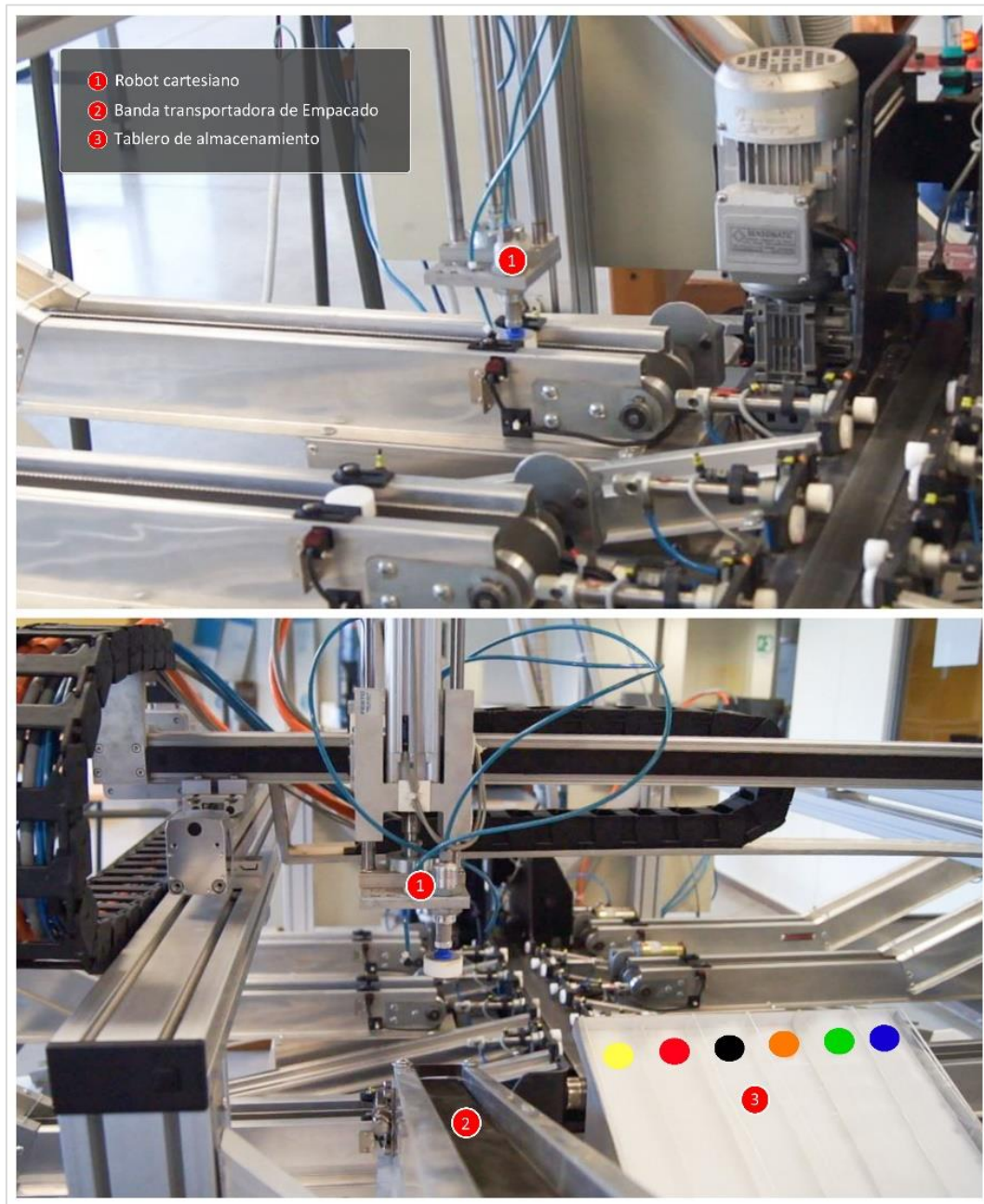


Figura 27. Transporte de piezas



Los modos de operación del robot cartesiano pueden ser programados a través de la HMI. Ver Modos de operación del Robot Cartesiano – pág. 84.

Los elementos principales de la estación de transporte se muestran en la Tabla 16.

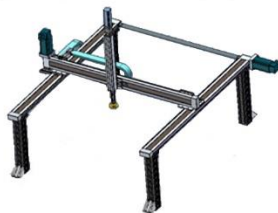
Motorreductor Buehler 1.61.031.111.06	Sensor fotoeléctrico Autonics BY500-TDT	Robot Cartesiano Festo Sistemas de Manipulación
	 Datasheet	 Brochure

Tabla 16. Elementos de la estación de transporte

Los elementos del robot cartesiano no se mencionan en este manual de usuario. A título informativo, se muestran algunos sensores y actuadores en la Tabla 17.

Sensor magnético de proximidad Festo SME-8-K-LED-24	Sensor de proximidad inductivo Festo SIEN-M8B-PS-K-L	Height Compensator Festo VAL-1/8-10
 Datasheet	 Datasheet	 Datasheet
Motor paso a paso Festo EMMS-ST-87-M-SE-G2	Suction Cup Complete Festo VASB-30-1/8-NBR	Sistema generador de vacío Festo VADMI-95-LS-P
 Datasheet	 Datasheet	 Datasheet

Tabla 17. Elementos del robot cartesiano

3.3.3. Gabinete de Paso de Transporte

El gabinete de paso de la estación de transporte maneja las señales de control de los motores paso a paso, servomotor, sensores inductivos y magnéticos del sistema de desplazamiento, electroválvulas y los demás elementos que conforman la instrumentación de esta estación de trabajo. En la Figura 28 se muestra la ubicación y el interior del gabinete.

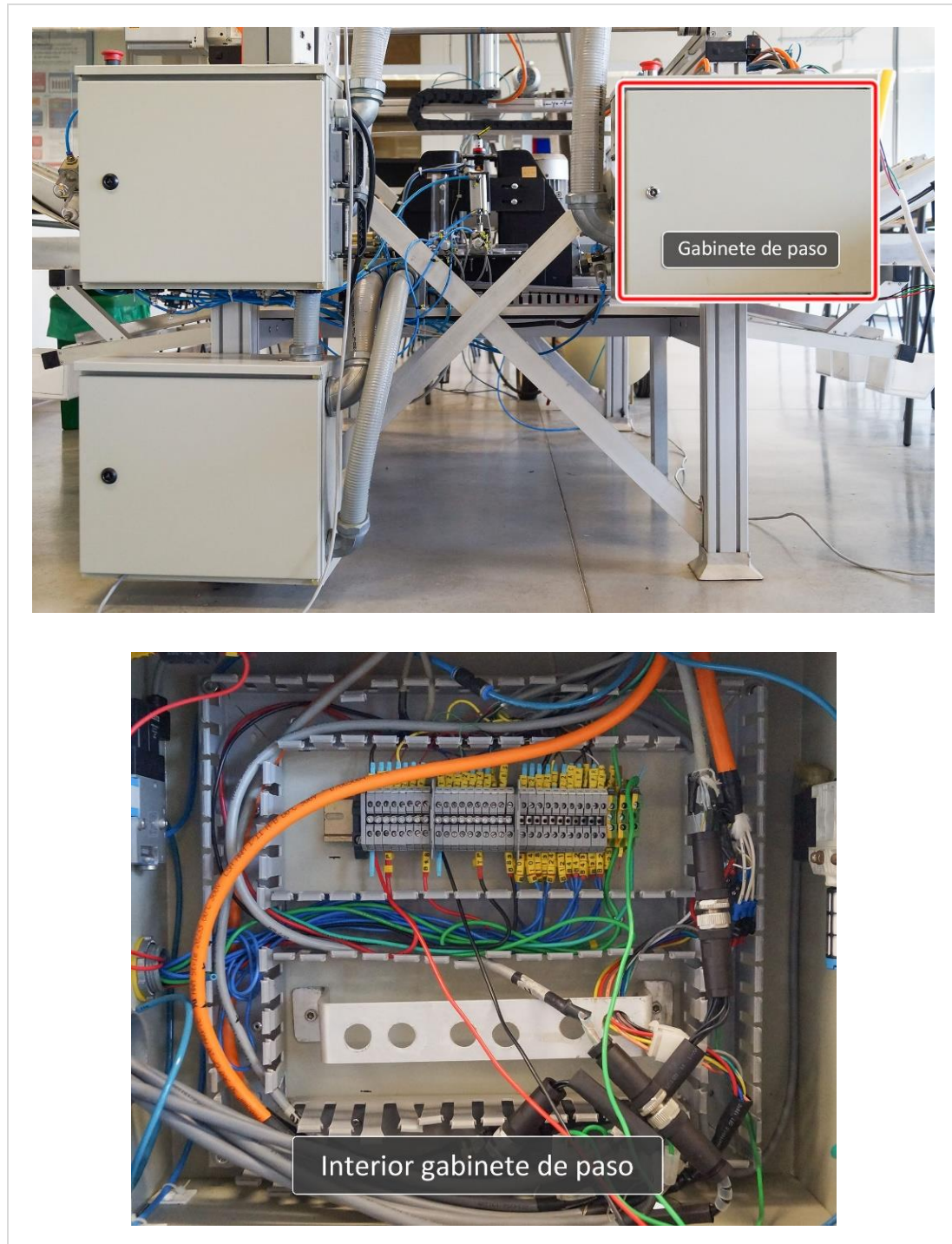


Figura 28. Gabinete de paso de la estación de transporte

3.4. Empacado

La estación de Empacado está formada por tres subsistemas: detección de color, sellado y corte y gabinetes de paso (ver Figura 29).

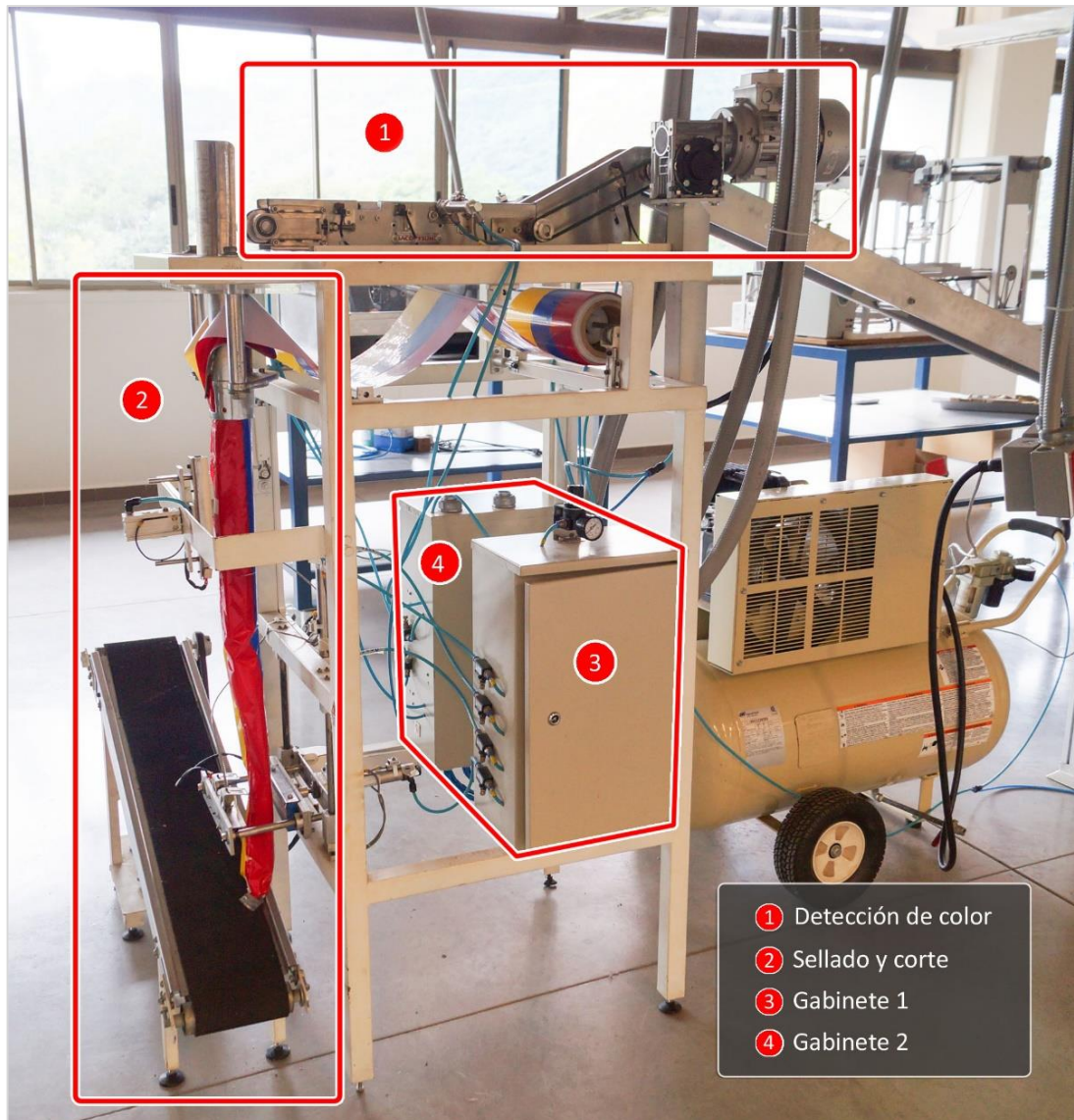


Figura 29. Estación de Empacado

3.4.1. Detección de Color

Las piezas ingresan a la estación de empacado a través de la banda transportadora que comunica con la estación de transporte. Un cilindro neumático detiene el recorrido de la pieza para la verificación del sensor de color. Luego, un conjunto de sensores fotoeléctricos y cilindros neumáticos se encargan de rechazar las piezas que no fueron reconocidas por el sensor (rechazo por color) y aquellas que no corresponden a la orden de producción (rechazo por orden). El encoder es empleado para modificar la velocidad de la banda transportadora. El sensor de color se encuentra instalado en el interior de la estructura a 5mm de distancia de la superficie (ver Figura 30).

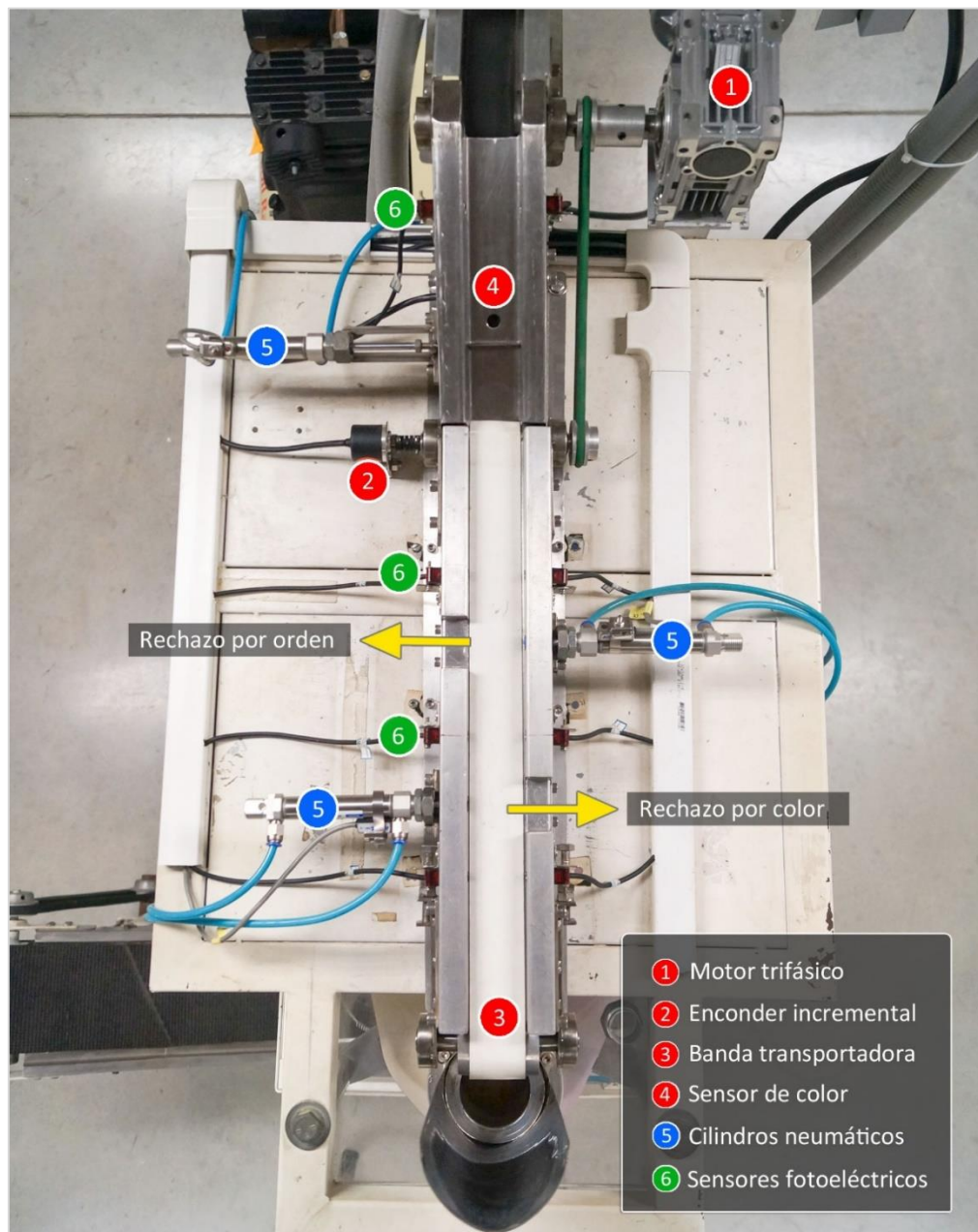


Figura 30. Detección de color

Los elementos del sistema de detección de color se muestran en la Tabla 18.

Sensor de color Tri-tronics smarteye CW-1  Datasheet - Brochure	Sensor fotoeléctrico Autonics BY500-TDT  Datasheet	Cilindro neumático MI16x50-S-CA  Datasheet
Motor de inducción trifásica MS7124  Datasheet	Encoder rotatorio incremental Autonics E30S4-1024-3-T-2A  Manual	

Tabla 18. Elementos del sistema de detección de color

3.4.2. Sellado y corte

Las piezas válidas para la orden de producción continúan en la banda transportadora y caen sobre un cilindro de polipropileno cubierto de plástico (se recomienda utilizar plástico de calibre #2 o superior). Una unidad se encarga del sellado vertical y otra del sellado horizontal y corte. El producto final es recogido por una banda transportadora (ver Figura 31).

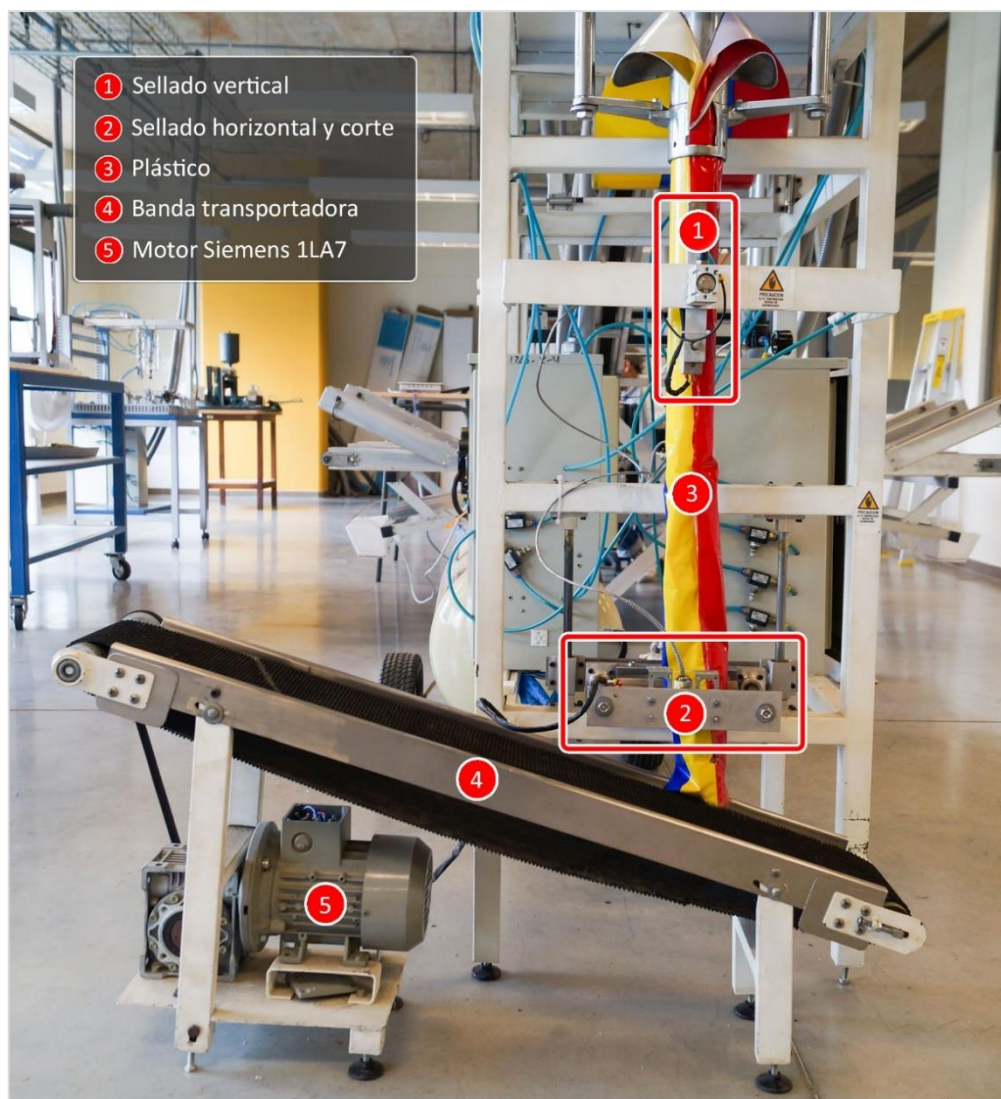


Figura 31. Sellado y corte

Sellado vertical: La unidad de sellado vertical está formada por un cilindro neumático (AirTAC MSD-20x20-S), una resistencia de calentamiento y una RTD Pt-100 (ver Figura 32).

Sellado horizontal y corte: La unidad de sellado horizontal y corte está formada por dos cilindros neumáticos (AirTAC SAL-20x75-S y AirTAC MI-20x150), una resistencia de calentamiento y una RTD Pt-100 (ver Figura 33). Para realizar el corte, el tiempo de contacto entre el plástico y la resistencia es mayor al que se utiliza para el sellado.



Figura 32. Sellado vertical

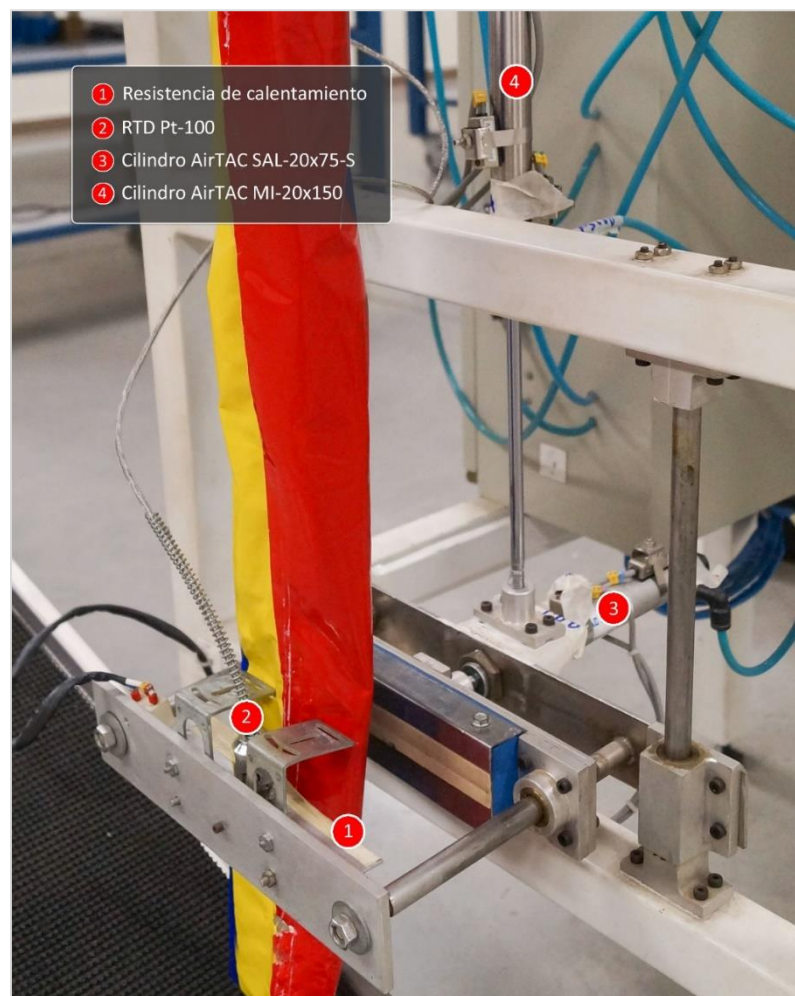


Figura 33. Sellado horizontal

Los elementos del sistema de sellado y corte se muestran en la Tabla 19.

Sensor de temperatura RTD Pt-100	Motor Siemens 1LA7 AH071	Cilindro neumático AirTAC MSD-20x20-S Datasheet
		
Cilindro neumático AirTAC MI-20x150 Datasheet	Cilindro neumático AirTAC SAL-20x75-S Datasheet	
		

Tabla 19. Elementos del sistema de sellado y corte

3.4.3. Gabinetes de Paso de Empacado

Los gabinetes de paso de la estación de empacado manejan señales de control de electroválvulas, sensores, resistencias de calentamiento, motores, entre otros. En la Figura 34 se muestra el interior de los gabinetes.

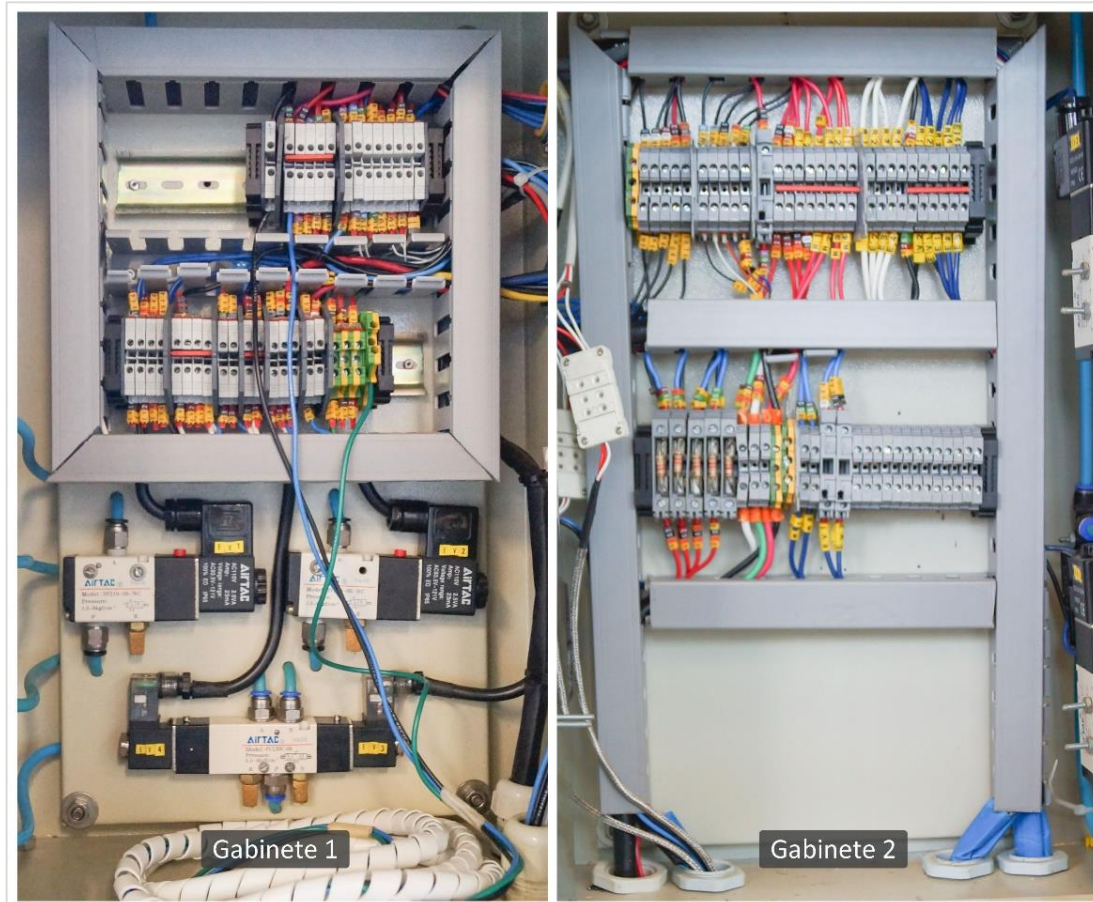


Figura 34. Gabinetes de paso de la estación de empacado

En la Tabla 20 se muestran los elementos, la nomenclatura y la función de los elementos que los conforman los gabinetes de paso de empaçado. [4]

	Elemento	Nomenclatura	Función
Gabinete 1	Resistencias de calentamiento	R1	Sellado vertical
		R2	Sellado horizontal
	Electroválvulas	EV1	Prensado vertical
		EV2	Prensado horizontal
		EV3	Posiciones del cilindro (arriba - abajo)
		EV4	
	Motor	M2	Salida de empaque
	Sensores magnéticos	SM1	Indicación de estado de electroválvulas
		SM3	
		SM4	
		SM5	
		SM6	
		SM7	
		SM33	
Gabinete 2	Sensor de Color	SCX	Detección rangos analógicos para cada color de la producción.
		SCY	
		SCZ	
	Sensores fotoeléctricos	SR1	Garantizar lectura de color, conteo y rechazo de piezas.
		SR2	
		SR3	
		SR4	
	Encoder	EX	Realimentación para el control de velocidad del sistema de bandas.
		EY	
		EZ	
	Electroválvulas	EV11	Control de rechazos
		EV22	
		EV33	Liberación de pieza
	Sensores magnéticos	SM11	Indicación de estado de electroválvulas
		SM22	

Tabla 20. Elementos de los gabinetes de paso de empaçado [4]

4. Configuración y Mantenimiento

En este capítulo se encuentra la configuración y el mantenimiento de los componentes de la línea de producción.



Los procedimientos de configuración y mantenimiento deben ser realizados por el coordinador de laboratorio o personal autorizado.

4.1. Configuración de la Impresora Zebra GK420t

La instalación de drivers, software ZebraDesigner y configuración de etiquetas para impresión se encuentra en el [Anexo 1](#).

4.2. Programación de Controladores

Los programas de los controladores están almacenados en dos proyectos: CALLE_SELECCION_V# y LINEA_PRODUCCION_V#.

El proyecto CALLE_SELECCION_V# contiene el programa del controlador S7-200, mientras que, el proyecto LINEA_PRODUCCION_V# contiene los programas de los controladores S7-300 y las HMIs del nivel de supervisión.

Antes de programar los controladores es necesario encender los gabinetes ubicados en el cuarto de control (ver [Encendido – Pág. 62](#)). Los interruptores de los controladores deben estar en modo RUN.



La programación del controlador S7-300 maestro elimina las coordenadas de las posiciones del cartesiano. Para establecer nuevamente las coordenadas ver [Ajuste de Posiciones del Robot Cartesiano mediante HMI – Pág. 57](#).

- CALLE_SELECCION_V#

El proyecto CALLE_SELECCION_V#, creado en **STEP 7 MicroWIN SP9**, contiene el programa del controlador S7-200. En la Figura 35 se muestra el procedimiento de programación.



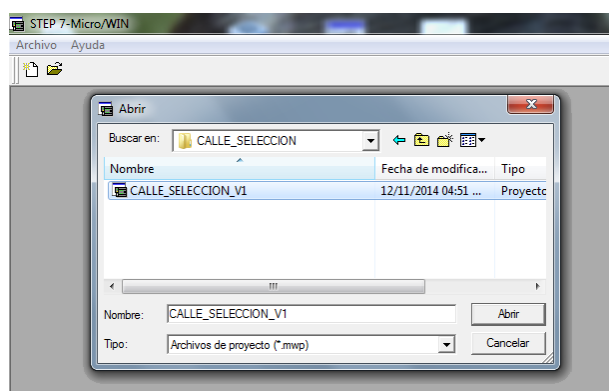
Descargar el proyecto [CALLE_SELECCION_V#](#).

Solicitar la contraseña al coordinador de laboratorio.

Controlador	Dirección IP
S7-200 (CP 243-1)	10.152.170.10

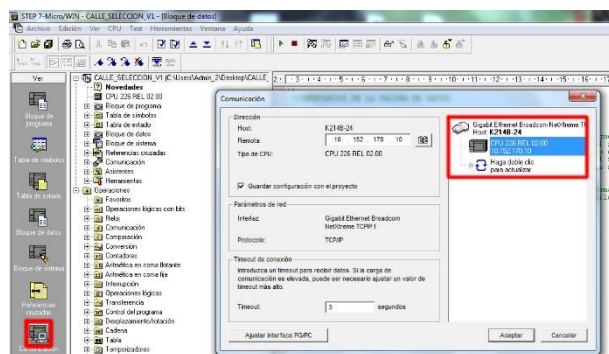
Direcciones IP de controlador S7-200

- Hacer ping a la dirección IP del controlador S7-200 para verificar comunicación.



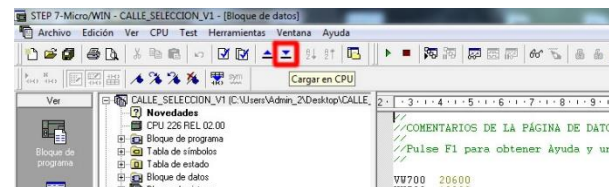
Step 7 MicroWIN - Abrir Proyecto

- Inicializar **STEP 7-MicroWIN** y abrir el proyecto **CALLE_SELECCION_V#**.



Step 7 MicroWIN - Comunicación

- Seleccionar el icono **Comunicación** (barra lateral izquierda).
- En la ventana **Comunicación** verificar la dirección IP del S7-200.
- Si no aparece la CPU (recuadro en rojo) hacer doble clic para actualizar.



Step 7 MicroWIN - Cargar en CPU

- Hacer clic en **Cargar en CPU**.
- En las ventanas emergentes que aparecen poner la CPU en modo **RUN**.

Figura 35. Programación del controlador S7-200

- LINEA_PRODUCCION_V#

El proyecto LINEA_PRODUCCION_V#, creado en **STEP 7 v5.5**, contiene los programas del S7-300 maestro (robot cartesiano), S7-300 esclavo (empacadora) y las HMIs del nivel de supervisión. En la Figura 36 se muestra el procedimiento de programación.

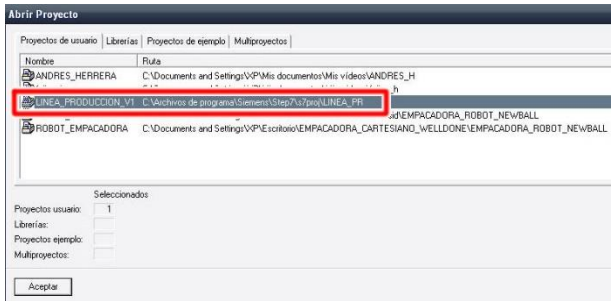


Descargar el proyecto [LINEA_PRODUCCION_V#](#).
Solicitar la contraseña al coordinador de laboratorio.

Controlador	Dirección IP
S7-300 Maestro	10.152.170.13
S7-300 Esclavo (Switch)	10.152.170.18

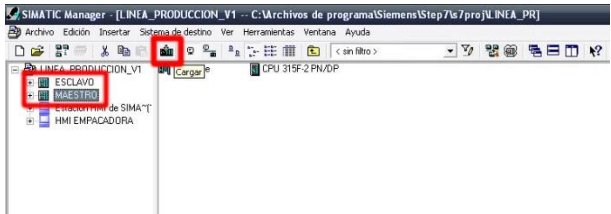
Direcciones IP de controladores S7-300

- Hacer ping a las direcciones IP de los controladores S7-300 para verificar comunicación.



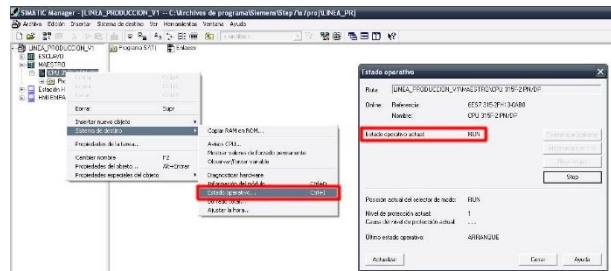
Administrador SIMATIC - Abrir Proyecto

- Inicializar el **Administrador SIMATIC** y abrir el proyecto **LÍNEA_PRODUCCIÓN_V#**.



Administrador SIMATIC - Proyecto LINEA_PRODUCCION_V#

- Seleccionar **ESCLAVO** y hacer clic en **CARGAR**.
- En las ventanas emergentes que aparecen hacer clic en sobrescribir todos los objetos y arrancar el módulo.
- Seleccionar **MAESTRO** y hacer clic en **CARGAR**.
- En las ventanas emergentes que aparecen hacer clic en sobrescribir todos los objetos y arrancar el módulo.



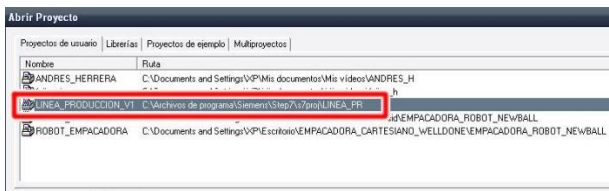
Administrador SIMATIC - Estado operativo

- Desplegar **MAESTRO** y hacer clic derecho sobre la **CPU** para abrir el menú contextual.
- Seleccionar **Sistema de destino** y luego **Estado operativo**.
- En la ventana **Estado Operativo** verificar que el Estado operativo actual es **RUN**.
- Si el estado operativo no es **RUN**, revisar el interruptor de los controladores S7-300.
- Repetir el procedimiento para verificar el estado operativo del **ESCLAVO**.

Figura 36. Programación de los controladores S7-300

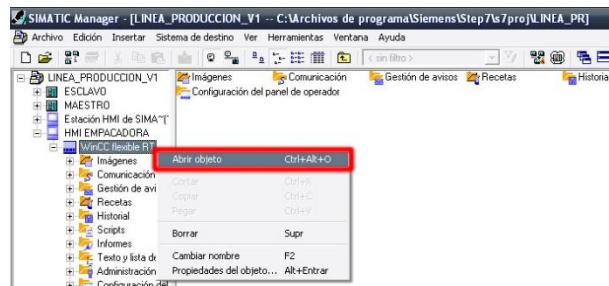
4.3. Cargar HMI de la Empacadora en Máquina Virtual Windows

La HMI de la empacadora permite manipular las resistencias de calentamiento, realizar la calibración del sensor de color y programar la orden de producción. La HMI se puede transferir a una pantalla externa o abrir directamente desde el runtime de WinCC Flexible. En la Figura 37 se muestra el procedimiento para cargar la HMI desde el runtime.



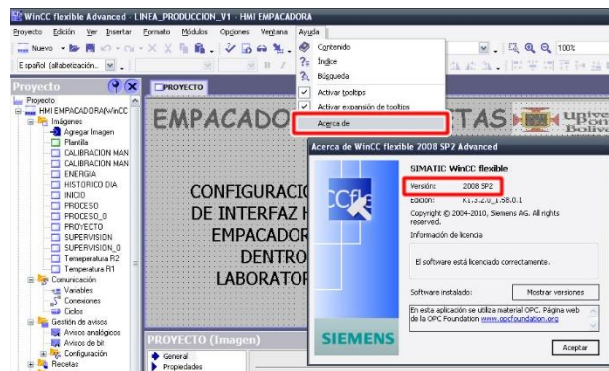
Administrador SIMATIC - Abrir Proyecto

- Inicializar el **Administrador SIMATIC** y abrir el proyecto **LÍNEA_PRODUCCIÓN_V#**.



Administrador SIMATIC - Proyecto LINEA_PRODUCCION_V#

- Desplegar **HMI EMPACADORA** y hacer clic derecho sobre **WINCC flexible RT**.
- En el menú contextual, seleccionar **Abrir Objeto** para inicializar **WinCC Flexible Advanced**.



WinCC Flexible Advanced – Acerca de

- En **WinCC Flexible Advanced** seleccionar el menú **Ayuda** y luego seleccionar **Acerca de**.
- En la ventana **Acerca de** verificar que la versión instalada sea **WinCC Flexible Advanced 2008 SP2** o superior.



WinCC Flexible Advanced - HMI EMPACADORA

- Hacer clic en **Iniciar Runtime**.

Figura 37. Cargar HMI de la empacadora

4.4. Transferir HMI del Robot Cartesiano a Pantalla Siemens

La HMI del robot cartesiano permite inicializar el motor de la calle de selección, ajustar las posiciones del robot cartesiano, seleccionar el modo de operación del robot cartesiano, entre otras. La HMI se puede transferir a una pantalla externa o abrir directamente desde el runtime de WinCC Flexible. En la Figura 38 se muestra el procedimiento para transferir la HMI a una pantalla externa.

- Inicializar el **Administrador SIMATIC** y abrir el proyecto **LINEA_PRODUCCION_V#**.

Administrador SIMATIC - Abrir Proyecto

- Desplegar **Estación HMI de SIMATIC** y hacer clic derecho sobre **WINCC flexible RT**.
- En el menú contextual, seleccionar **Abrir Objeto** para inicializar **WinCC Flexible Advanced**.

Administrador SIMATIC - Proyecto LINEA_PRODUCCION_V#

- En **WinCC Flexible Advanced** seleccionar el Proyecto – Transferir – Transferencia.

WinCC Flexible Advanced – Transferencia

- Verificar el **Modo** y la **Dirección IP** de la pantalla externa.
- Hacer clic en **Transferir**.
- Durante la transferencia **sobrescribir la administración de usuarios** si es necesario.

WinCC Flexible Advanced - Transferir

Figura 38. Transferir HMI del robot cartesiano

4.5. Configuración de Altura de Piezas

El sistema de clasificación de piezas por altura está programado para la operación con dos alturas específicas 14mm y 16mm. Si es necesario realizar un ajuste de alturas se debe realizar el siguiente procedimiento: [3]

- Inicializar el software STEP7 MicroWIN.
- Abrir el proyecto de la CALLE_SELECCION_V#.
- Hacer clic en el icono **Estado de Tabla** (ver Figura 39 – Estado de tabla).
- La variable **A_FOTOGRAFICA:VW303** corresponde a la última lectura del sensor.
- Verificar el valor de la variable si se tienen dudas sobre la altura de la pieza o si se quiere ingresar alturas adicionales.
- Importante: piezas con altura superior a 19mm ocasionan la ruptura del acrílico del sistema de alimentación de piezas.
- Hacer clic en el icono **Bloque de datos** (ver Figura 39 – Bloques de datos). En esta ventana se visualizan las direcciones con los datos que se cargan al PLC.
- Los valores de las memorias **VW700** y **VW702** corresponden al rango de altura para las piezas de 14mm (13.8mm y 14.2mm).
- Los valores de las memorias **VW704** y **VW706** corresponden al rango de altura para las piezas de 16mm (15.8mm y 16.2mm).
- Modificar los valores de las memorias para ajustar las alturas de las piezas.

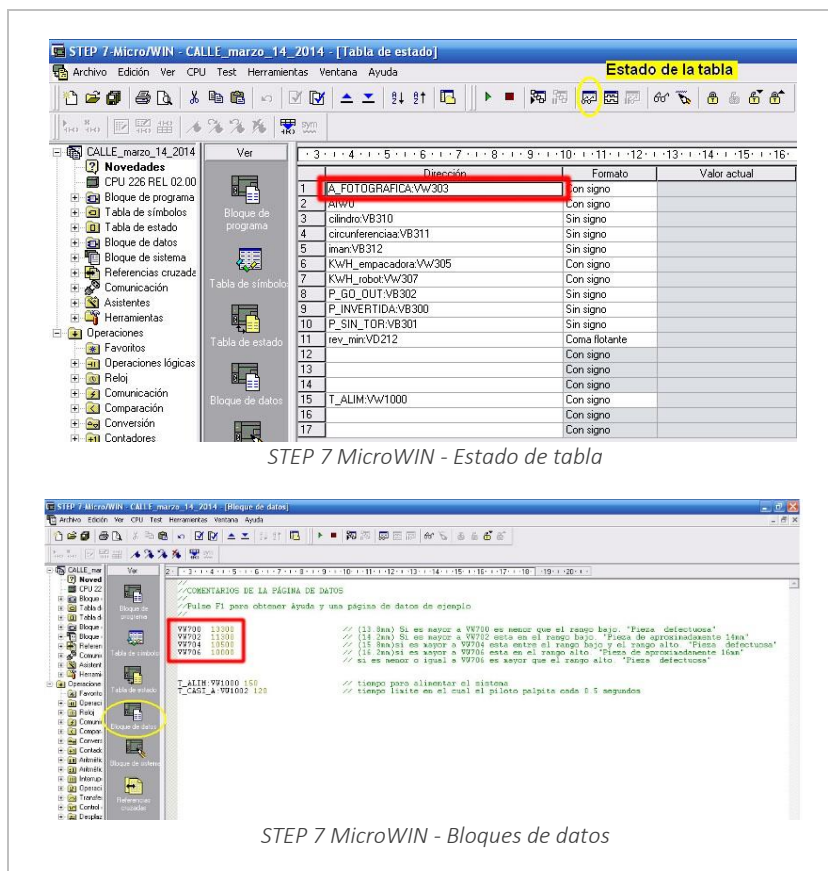


Figura 39. Configuración de altura de piezas [3]

4.6. Configuración de Tiempos de Alimentación

Los tiempos de alimentación hacen referencia a los tiempos que toma el sistema de alimentación en iniciar una vez se han detectado piezas. Para modificar estos tiempos se deben realizar el siguiente procedimiento: [3]

- Inicializar el software STEP7 MicroWIN.
- Abrir el proyecto de la CALLE_SELECCION_V#.
- Hacer clic en el icono **Bloque de datos** (ver Figura 39).
- La variable **T_ALIM:VW1000** corresponde al tiempo dado para la alimentación de piezas al acrílico por parte del operario. Este temporizador inicia cuando el sistema de alimentación detecta una pieza. Mientras transcurre este tiempo el indicador de la calle de selección palpita cada 0.5 segundos.
- Para indicar que el sistema está próximo a iniciar, el indicador de la calle de selección cambia el período de palpitación de 0.5 segundos a 0.25 segundos durante el tiempo almacenado en la variable **T_CASI_A:VW1002**. Una vez se ha cumplido este tiempo el indicador permanece encendido y se inicia la clasificación de piezas.
- Modificar los valores de las variables para ajustar los tiempos de alimentación.

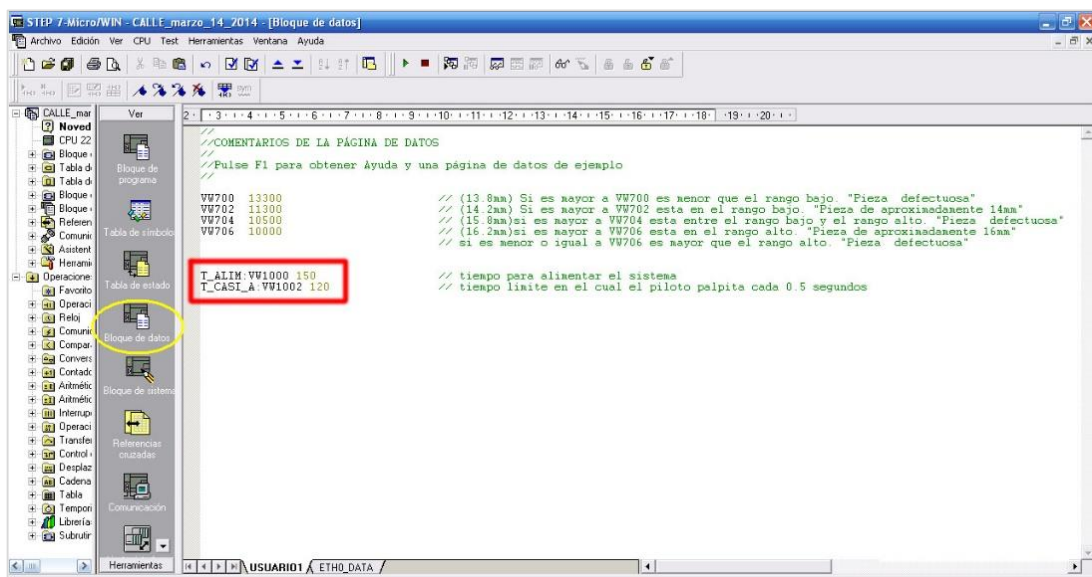


Figura 40. Configuración de tiempos de alimentación [3]

4.7. Ajuste de Posiciones del Robot Cartesiano mediante STEP7

Se llaman posiciones del robot cartesiano a las coordenadas X,Y,Z en las cuales el robot toma y deposita las piezas. El robot recoge las piezas de las bandas (6 posiciones) y dependiendo del modo de operación configurado las deposita en la banda transportadora de empaclado (1 posición) o en el tablero de almacenamiento (6 posiciones). En total son 13 posiciones que deben ser programadas. Para modificar las posiciones se debe realizar el siguiente procedimiento: [5]

- Inicializar el Administrador SIMATIC.
- Abrir el proyecto de la LÍNEA_PRODUCIÓN_V#.
- Seleccionar **Bloques** del **S7-300 MAESTRO** (ver Figura 41 – Bloques del S7-300 Maestro).
- En el bloque **DB3** están almacenadas las posiciones del robot cartesiano para el modo sin operario.
- En el bloque **DB4** están almacenadas las posiciones del robot cartesiano para el modo con operario.
- Abrir el bloque **DB3** modo sin operario (los ajustes del bloque **DB4** son similares).
- En la Figura 41 – Bloque DB3 se muestran las variables del bloque **DB3**. Las variables resaltadas corresponden a las posiciones de la **Banda 1** del modo sin operario (el ajuste de las posiciones de las demás bandas es similar).
- Los valores encerrados en color amarillo corresponden a las coordenadas X,Y,Z de recogida de piezas de la banda 1. El valor subrayado en verde es la posición Z a la cual regresa el robot después de recoger la pieza. Los valores rodeados de azul corresponden a las coordenadas X,Y,Z de depósito de piezas. Como el modo es sin operario, el depósito de piezas será la banda transportadora de empaclado.
- Modificar los valores necesarios para ajustar las posiciones del cartesiano.

The image shows two screenshots from the SIMATIC Manager software. The top screenshot displays the 'SIMATIC Manager - Bloques del S7-300 Maestro' window, showing a list of blocks. The 'DB3' block is highlighted. The bottom screenshot shows the 'SIMATIC Manager - Bloque DB3' window, displaying a table of variables and their values.

SIMATIC Manager - Bloques del S7-300 Maestro

Nombre	Comentario
DB3	Posiciones del robot cartesiano para el modo sin operario.

SIMATIC Manager - Bloque DB3

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0	DB_VAR	INT	0	Variable provisional
+0.0	X1B1SOP	DINT	L#700326	Cordenada X numero uno de la banda 1 en la funcion sin operario.
+6.0	Y1B1SOP	DINT	L#694835	Cordenada Y numero uno de la banda 1 en la funcion sin operario.
+10.0	Z1B1SOP	DINT	L#-344657	Cordenada Z numero uno de la banda 1 en la funcion sin operario.
+14.0	ZSB1SOP	DINT	L#-68024	Cordenada Z de subida de la banda 1 en la funcion sin operario.
+18.0	X2B1SOP	DINT	L#877929	Cordenada X numero dos de la banda 1 en la funcion sin operario.
+22.0	Y2B1SOP	DINT	L#97394	Cordenada Y numero dos de la banda 1 en la funcion sin operario.
+26.0	Z2B1SOP	DINT	L#-126935	Cordenada Z numero dos de la banda 1 en la funcion sin operario.
+30.0	X1B2SOP	DINT	L#400722	Cordenada X numero uno de la banda 2 en la funcion sin operario.

Figura 41. Ajuste de posiciones del cartesiano mediante STEP7 [5]

4.8. Ajuste de Posiciones del Robot Cartesiano mediante HMI

Las posiciones del robot cartesiano pueden ser configuradas a través de STEP7 o desde la HMI del Robot Cartesiano. En la Figura 42 se muestra el procedimiento para realizar el ajuste de las posiciones desde la HMI del robot cartesiano.



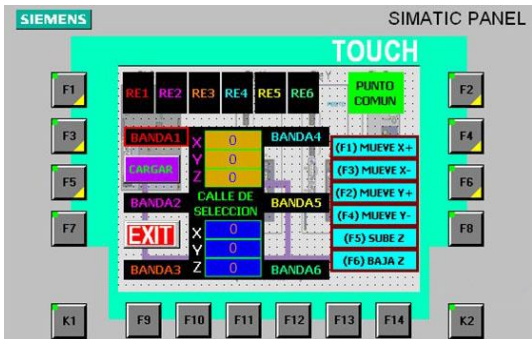
Pantalla de Homing

- Hacer el Homing del cartesiano. El color verde del indicador ubicado a la derecha de **HOMING HECHO** indica que ya se ha realizado el Homing. Si no es así, oprimir el pulsador verde ubicado a la derecha de **INICIO MOTORES** para hacer el Homing.
- Oprimir **F3** para ir a la configuración de posiciones del robot cartesiano.



Pantalla de configuración de posiciones

- **BANDA#**: Corresponden a las 6 posiciones de recogida de piezas.
- **RECEPCIÓN#**: Corresponden a las 6 posiciones del tablero de almacenamiento en las cuales el robot deposita las piezas cuando está configurado en el modo con operario.
- **PUNTO COMUN**: Posición de la banda transportadora que comunica con empacado en la cual el robot deposita las piezas cuando está configurado en el modo sin operario.
- Oprimir **BANDA 1** para ir a la pantalla de configuración de la posición Banda1.



Pantalla de posiciones: Banda 1

- Utilizar los botones **F1, F2... F6** para llevar el robot hasta la posición correspondiente a la **Banda1**. En los recuadros de color naranja X,Y,Z se mostrará la posición actual del cartesiano.
- Oprimir **CARGAR** para almacenar las coordenadas X,Y,Z en memoria. Las coordenadas guardadas se mostrarán en los recuadros azules X,Y,Z.
- Oprimir **EXIT** para regresar a la pantalla anterior y ajustar las posiciones restantes.

Figura 42. Ajuste de posiciones del cartesiano mediante HMI



En la figura Posiciones del sistema cartesiano – pág. 76 se muestra una vista superior de las posiciones que deben ser configuradas.

4.9. Lubricación de Cilindros Neumáticos

Frecuencia: Antes de cada operación de la Línea de Producción.

Duración: 10 minutos.

El lubricante proporcionado por el fabricante se aplica en los vástagos de los cilindros para prolongar su vida útil. En la Figura 43 se muestran los cilindros que requieren mayor atención, están ubicados en el ingreso de piezas de la Estación de Clasificación.

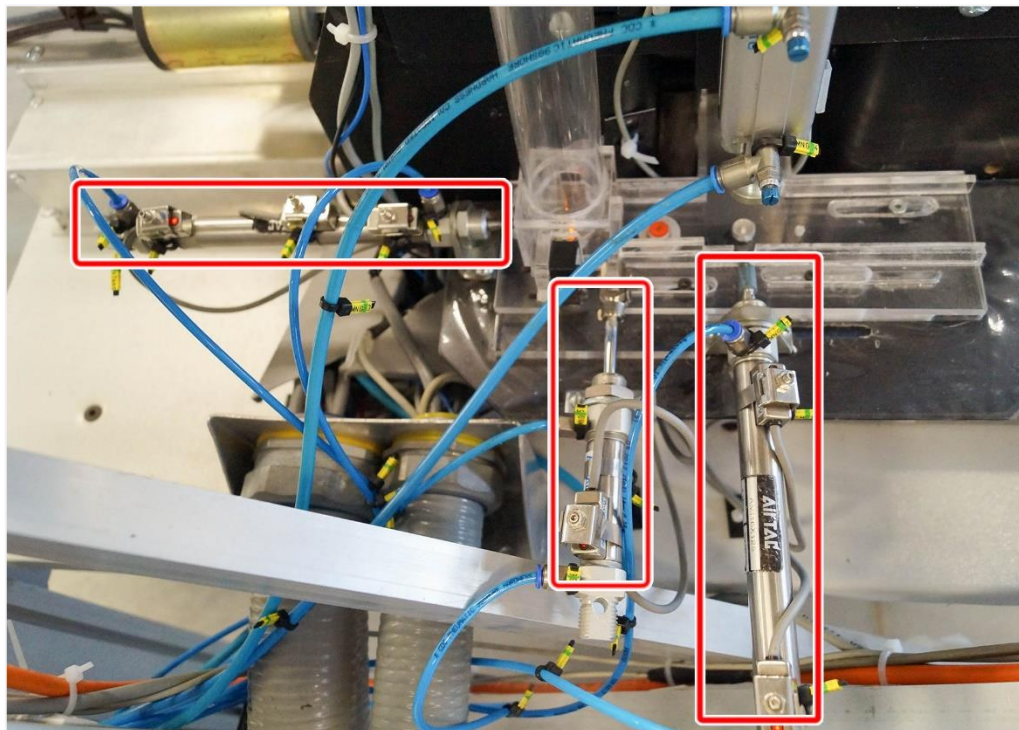


Figura 43. Lubricación de cilindros

4.10. Limpieza de los Ejes del Robot Cartesiano

Frecuencia: Una vez al mes.

Duración: 5 minutos.

El lubricante proporcionado por el fabricante se debe aplicar sobre el eje vertical del robot cartesiano (ver Figura 44).

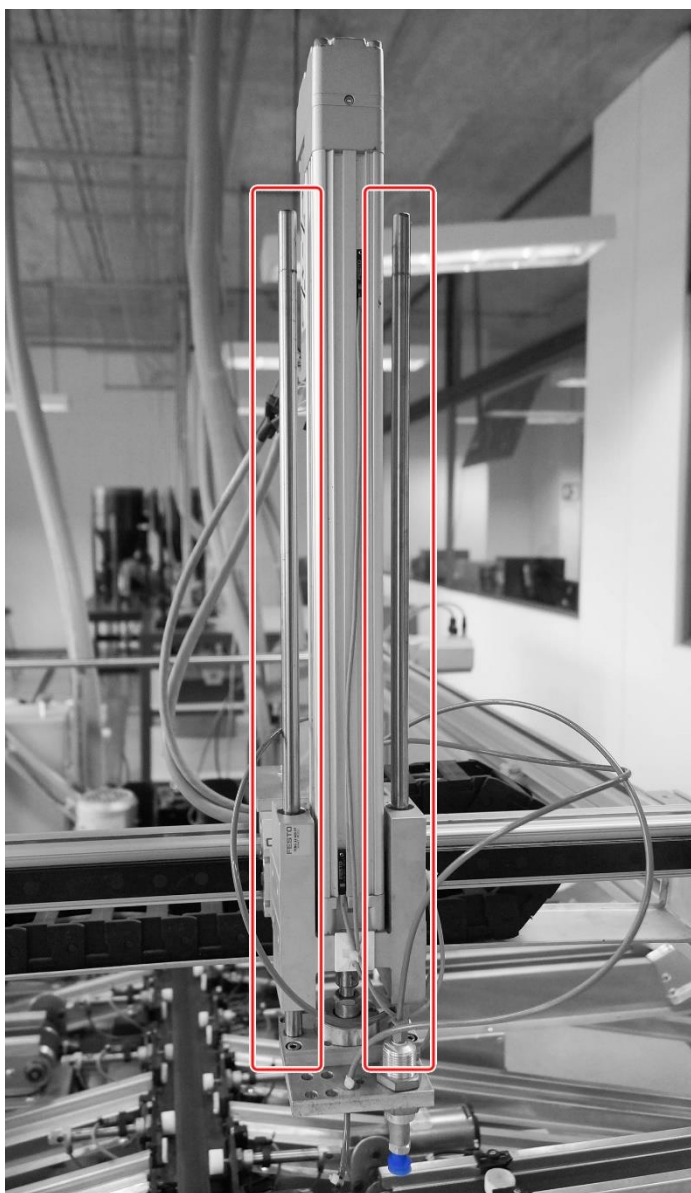


Figura 44. Limpieza de los ejes del robot cartesiano

4.11. Limpieza de Resistencias de Calentamiento

Frecuencia: Antes de cada operación de la Línea de Producción.

Duración: 30 minutos

Las resistencias de calentamiento están cubiertas con cinta eléctrica de vidrio para asegurar un correcto sellado del plástico. Debido a las temperaturas que se alcanzan, la cinta eléctrica va perdiendo las propiedades y es necesario reemplazarla. El procedimiento para reemplazar la cinta se muestra a continuación:

- Extraer las resistencias de la estación de empaque.
- Quitar la cinta eléctrica usada y limpiar la superficie de las resistencias con alcohol.
- Pegar cinta eléctrica nueva sobre la superficie limpia.
- Poner nuevamente las resistencias en la Estación de Empacado.



Figura 45. Limpieza de resistencias de calentamiento

4.12. Descarga del Compresor

Frecuencia: Después de cada operación de la Línea de Producción.

Duración: 15 minutos con apertura de válvula al 50%.

Al finalizar la jornada de trabajo se debe realizar la descarga del compresor abriendo la válvula manual (ver Figura 46) para evitar que el aire comprimido en su interior se condense y produzca oxidación de sus componentes.

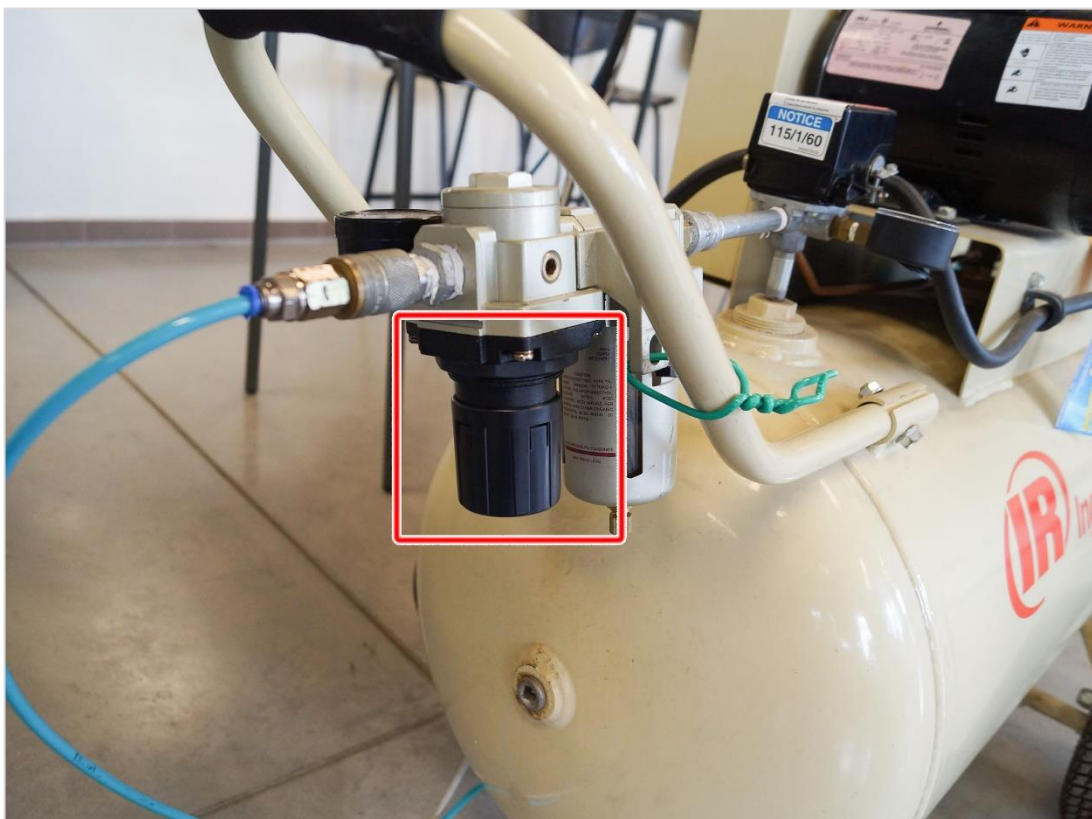


Figura 46. Válvula manual para descarga del compresor

5. Operación de la Línea de Producción

En este capítulo se describe el protocolo para la correcta operación de la Línea de Producción.



El coordinador de laboratorio o personal autorizado debe efectuar las tareas de Configuración y Mantenimiento – pág. 49 antes del encendido.

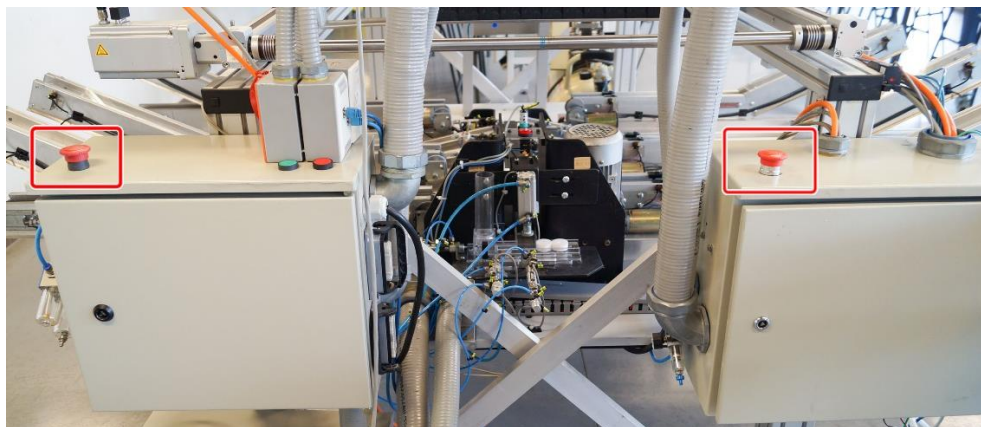
5.1. Encendido

5.1.1. Desactivar Paradas de Emergencia

Verificar que los interruptores de parada de emergencia del nivel de control y del nivel de instrumentación se encuentren desactivados.



Paradas de emergencia del nivel de control



Paradas de emergencia del nivel de instrumentación

Figura 47. Desactivar paradas de emergencia

5.1.2. Seccionares y Gabinetes de Control

El encendido de la Línea de Producción se realiza a través de los seccionares y los gabinetes de control ubicados en el cuarto de control (ver Figura 48).

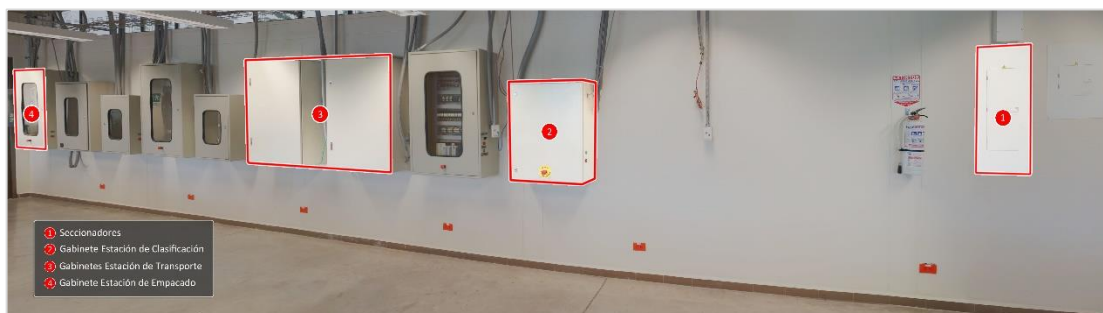


Figura 48. Seccionares y gabinetes de control

5.1.3. Energizar Seccionadores

Activar los seccionadores de los gabinetes de control y del compresor como se muestra en la Figura 49 (el seccionador del compresor puede variar dependiendo del punto de conexión en nivel de instrumentación).

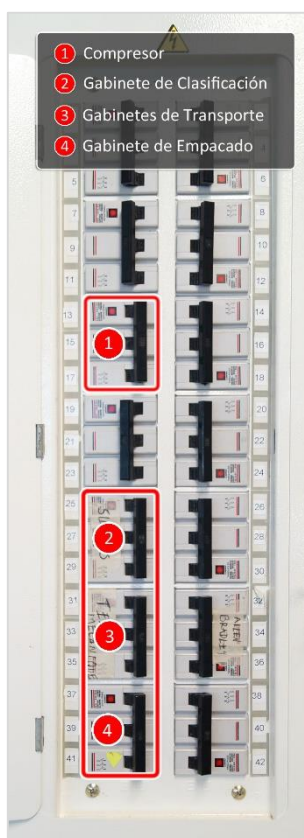


Figura 49. Energizar seccionadores

5.1.4. Energizar gabinete de clasificación

El gabinete de clasificación se muestra en la Figura 50. Este gabinete alimenta la instrumentación y los elementos de control de la Estación de Clasificación (calle de selección).

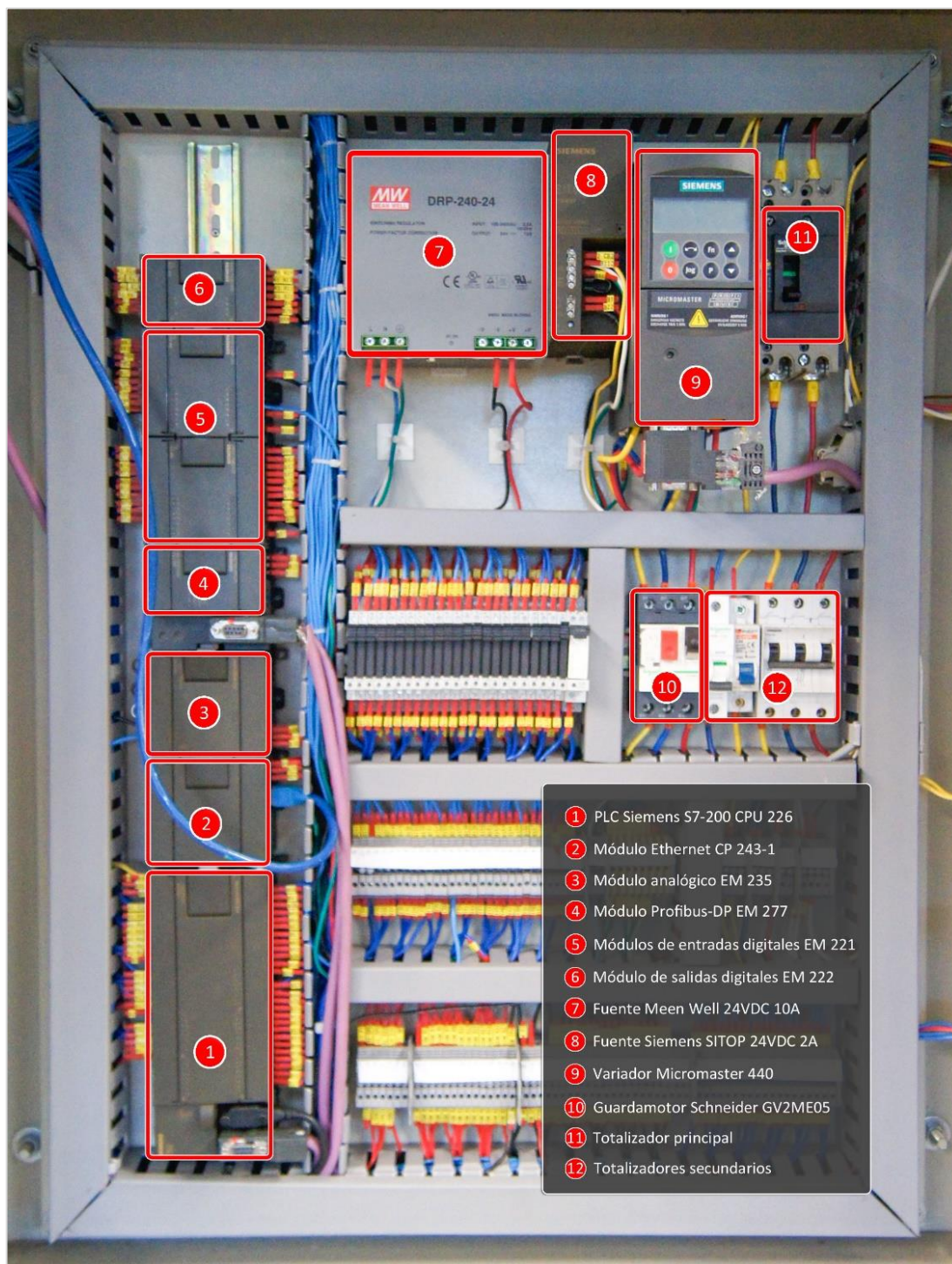


Figura 50. Gabinete de clasificación

Para energizar el gabinete de Clasificación seguir el procedimiento mostrado en la Figura 51. Si en el proceso de verificación alguno de los leds se enciende en rojo llevar el interruptor del S7-200 a STOP, revisar los cables de comunicaciones y retornar nuevamente a RUN.



1. Encender el totalizador principal



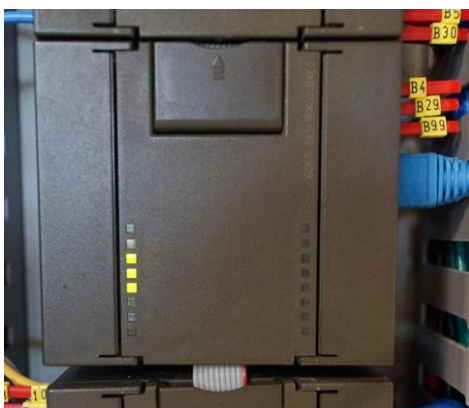
2. Encender los totalizadores secundarios y oprimir el botón START (color negro) del guardamotor.



3. Llevar el interruptor del S7-200 al modo RUN



4. Verificar el encendido del S7-200



5. Verificar el encendido del procesador Ethernet



6. Verificar el encendido de las fuentes de alimentación y el variador de velocidad

Figura 51. Energizar gabinete de clasificación

5.1.5. Energizar los gabinetes de transporte

Los gabinetes de transporte se muestran en la Figura 52. Estos dos gabinetes alimentan la instrumentación y los elementos de control de Estación de Transporte (robot cartesiano).

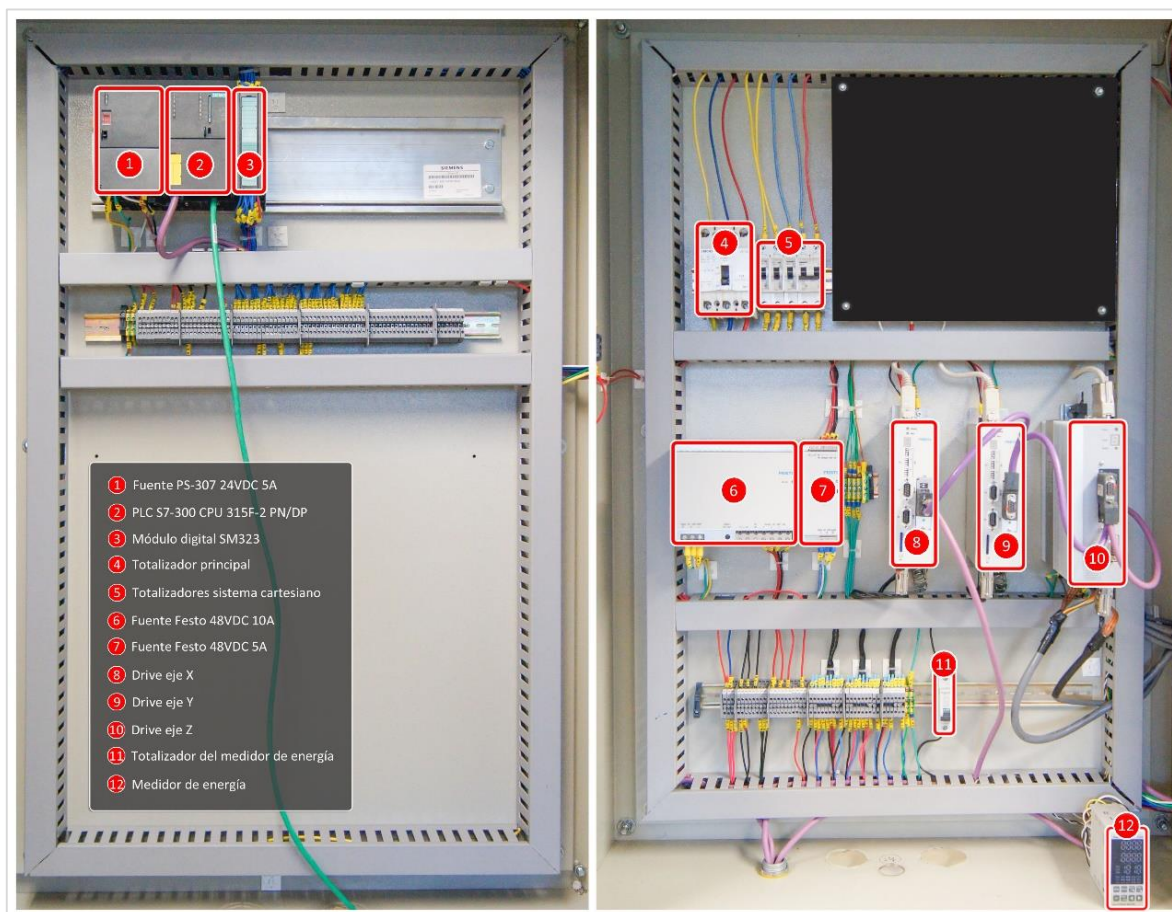


Figura 52. Gabinetes de transporte

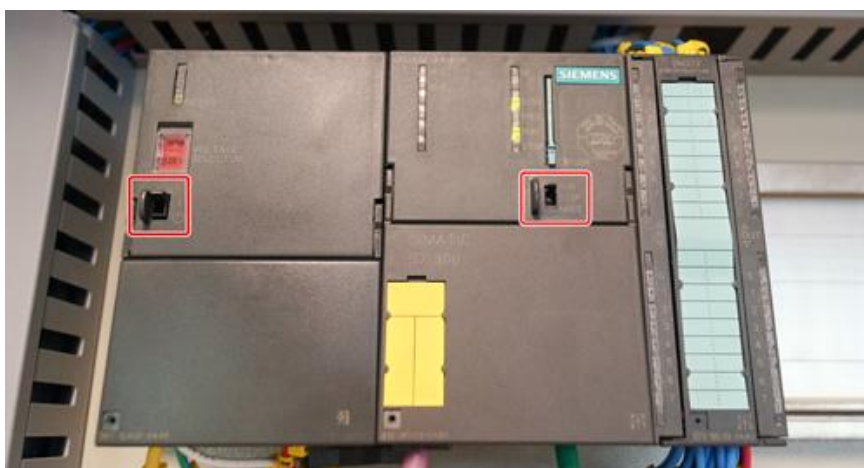
Para energizar el gabinete de Clasificación seguir el procedimiento mostrado en la Figura 53. Si en el proceso de verificación alguno de los leds se enciende en rojo llevar el interruptor del S7-300 a STOP, revisar los cables de comunicaciones y retornar nuevamente a RUN.



1. Encender el totalizador principal y luego los totalizadores secundarios



2. Encender el totalizador del medidor de energía



3. Encender la fuente del S7-300 y llevar el interruptor al modo RUN. Verificar el encendido del S7-300.



4. Verificar el encendido de las fuentes de alimentación de los controladores del cartesiano. Si el encendido es correcto los controladores del eje X y Y deberán parpadear en secuencia P-0-0-0 y el indicador Ready del controlador Z debe encenderse.

Figura 53. Energizar gabinetes de transporte

5.1.6. Energizar el gabinete de empacado

El gabinete de empacado se muestra en Figura 54. Este gabinete alimenta la instrumentación y los elementos de control de la Estación de Empacado.

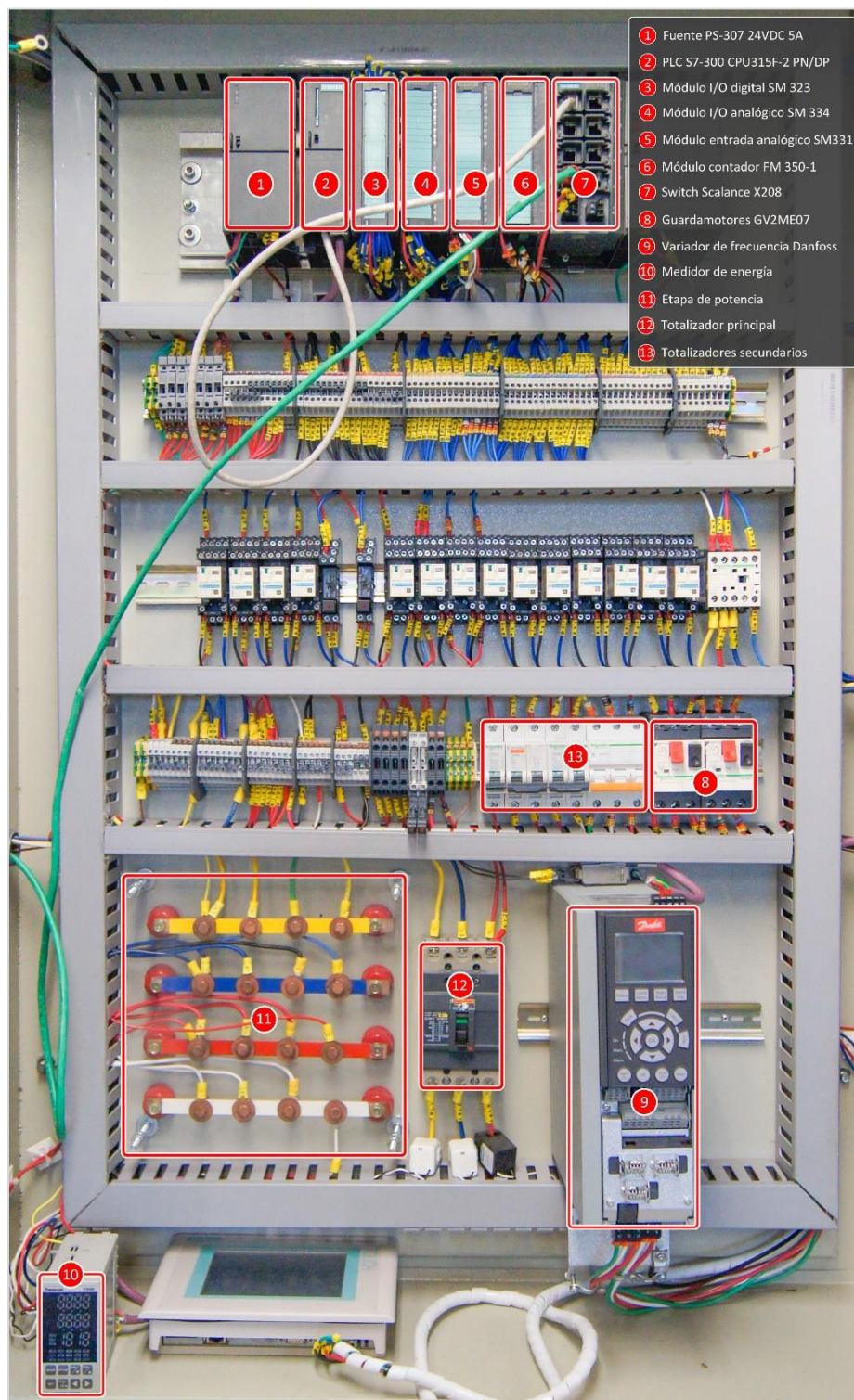


Figura 54. Gabinete de empacado

Para energizar el gabinete de empacado seguir el procedimiento mostrado en la Figura 55. Si en el proceso de verificación alguno de los leds se enciende en rojo llevar el interruptor del S7-300 a STOP, revisar los cables de comunicaciones y retornar nuevamente a RUN.

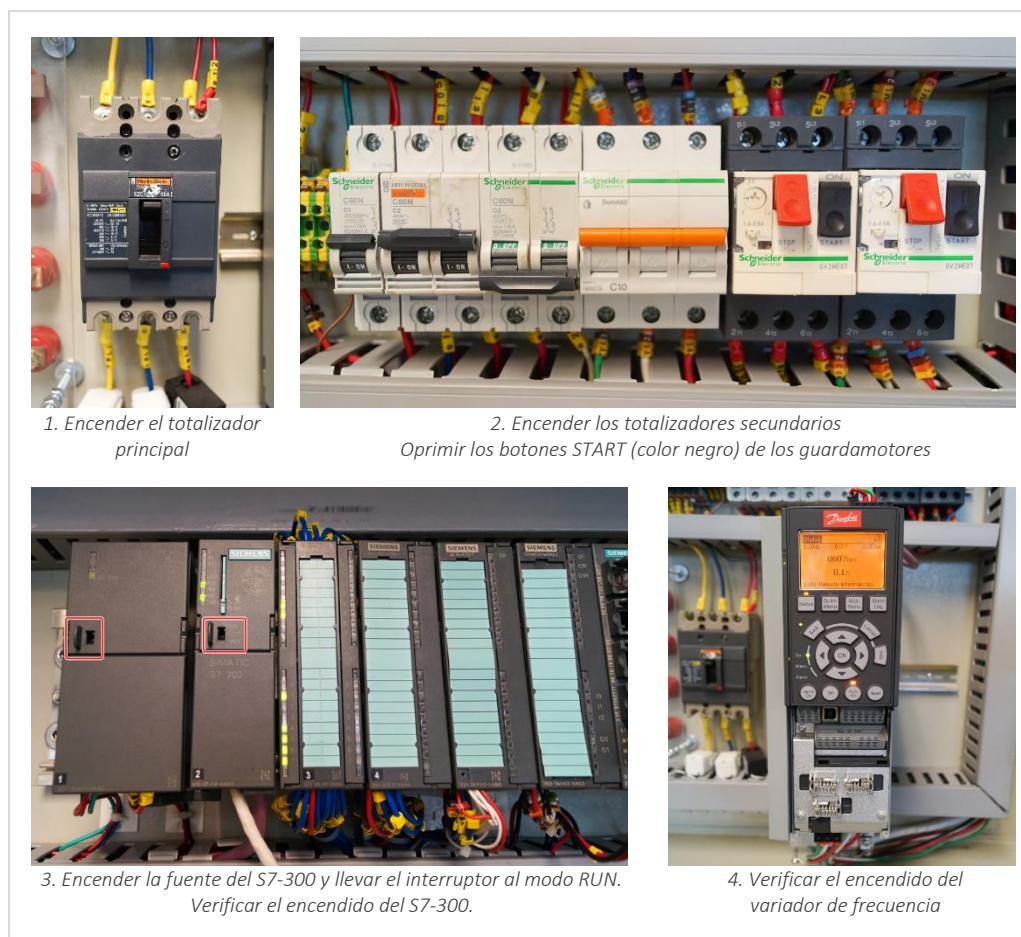


Figura 55. Energizar gabinete de empacado

5.1.7. Energizar la Estación de Control

En la Estación de Control se debe realizar la conexión eléctrica del lector de código de barras y verificar el conector de comunicación (ver Figura 56).



Figura 56. Energizar lector de código de barras

5.1.8. Encender el compresor

Para realizar el encendido del compresor lleve la perilla al estado ON/AUTO como se muestra en la Figura 57.



Figura 57. Encendido del compresor

5.1.9. Energizar resistencias de calentamiento de la Estación Empacado

Las resistencias de calentamiento se encienden desde la HMI de la Empacadora como se muestra en la Figura 58.



Figura 58. HMI Empacadora - Energizar resistencias de calentamiento

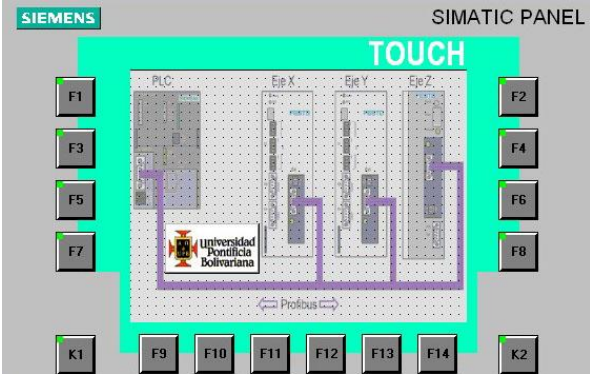


El tiempo de calentamiento de las resistencias de empacado es de 25 minutos aproximadamente.

5.2. Inicialización de las Estaciones de Trabajo

5.2.1. Configuración de tiempos y velocidades del robot cartesiano

La configuración de tiempos y velocidades del robot cartesiano se realiza mediante la HMI del Robot Cartesiano siguiendo el procedimiento mostrado en la Figura 59.



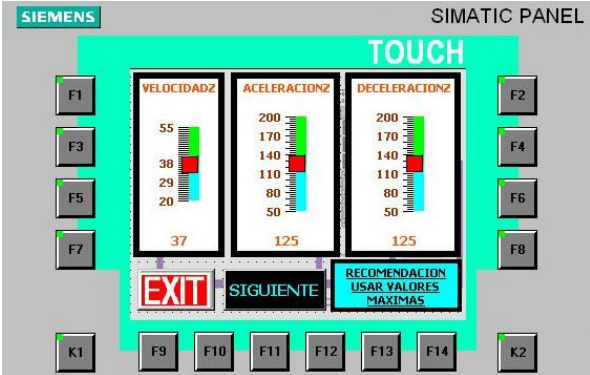
Pantalla inicial HMI Robot Cartesiano

- Oprimir el **logo Universidad Pontificia Bolivariana** para ir a la pantalla de configuración de tiempos y velocidades del robot cartesiano.



Pantalla de configuración de tiempos y velocidades del robot cartesiano (ejes X e Y)

- Introducir el valor **1000** en **TIEMPO ABAJO COGE** para establecer un tiempo de espera de 1 segundo entre la llegada del robot a la posición de recogida de pieza y la succión de la pieza.
- Introducir el valor **1000** en **TIEMPO ABAJO SUELTA** para establecer un tiempo de espera de 1 segundo entre la llegada del robot a la posición de depósito de pieza y la orden de soltar la pieza.
- Introducir el valor **1000** en **TIEMPO VERIFICACIÓN** para establecer 1 segundo como tiempo máximo para que el robot llegue de una posición a otra.
- Oprimir **VELOCIDAD ALTA**, **VELOCIDAD MEDIA** o **VELOCIDAD BAJA** para seleccionar la velocidad del robot cartesiano en los ejes X-Y.
- Oprimir **SIGUIENTE** para configurar el eje Z del robot cartesiano



Pantalla configuración del eje Z del robot cartesiano

- Ajustar deslizadores de **VELOCIDADZ**, **ACELERACIONZ** y **DECELERACIONZ** para configurar el eje Z del robot cartesiano.
- Oprimir **SIGUIENTE** para ir a la pantalla de Homing.

Figura 59. HMI Robot Cartesiano - Configuración de tiempos y velocidades

5.2.2. Homing del robot cartesiano

El Homing es el proceso de calibración de los ejes del robot cartesiano mediante el cual se realiza un reconocimiento de máximos desplazamientos disponibles por de los sensores. Para ejecutar el Homing se debe seguir el procedimiento mostrado en la Figura 60.



Antes de realizar el Homing asegurar que no hayan obstáculos en el recorrido del robot cartesiano.



Pantalla de Homing en la HMI del Robot Cartesiano

El Homing se realiza mediante dos pulsadores (**INICIO MOTORES** y **RESETEO**) y un indicador (**HOMING HECHO**).

- Oprimir el pulsador ubicado a la derecha de **INICIO MOTORES** (color verde).
- El robot se desplazará hasta las coordenadas 0,0,0 del sistema.
- Al finalizar el Homing, el indicador ubicado a la derecha de **HOMING HECHO** debe cambiar a color verde y el **state** del controlador del eje Z (ubicado en el cuarto de control) mostrará una **P** (Profibus).



Indicadores del controlador del eje Z

- En la pantalla de Homing, si se oprime el pulsador ubicado a la derecha de **RESETEO** (color rojo) se produce un reinicio general de todo el sistema cartesiano y se pierden los parámetros previamente configurados.
- Al oprimir **EXIT** la interfaz regresa a la pantalla inicial de la HMI del Robot Cartesiano.

Figura 60. HMI Robot Cartesiano - Homing

5.2.3. Arranque del motor de la calle de selección

El arranque del motor de la calle de selección se realiza mediante la HMI del Robot Cartesiano siguiendo el procedimiento mostrado en la Figura 61.



Pantalla de Homing

- En la pantalla de Homing oprimir **F1** para ir a la configuración de motor de la calle de selección.



Pantalla de configuración del motor de la calle de selección

- Oprimir **F3** para reiniciar un bit que puede indicar un fallo de comunicación.
- Ajustar el valor de **FRECUENCIA** para determinar la velocidad de la banda transportadora de la calle de selección.
- Oprimir **F2** para arrancar el motor.
- Oprimir **EXIT** para volver a la pantalla de Homing.



Pantalla de configuración del motor de la calle de selección

- Verificar el encendido (movimiento) de la banda transportadora de la calle de selección

Figura 61. HMI Robot Cartesiano - Motor de la calle de selección



Desde la pantalla de configuración del motor también es posible detener el motor (F4) o invertir el sentido de giro (F6 y F8).

5.2.4. Verificación de posiciones del sistema cartesiano

Las posiciones del sistema cartesiano corresponden a las coordenadas X,Y,Z en las cuales el robot recoge y deposita las piezas. El robot recoge las piezas de las bandas (6 posiciones) y dependiendo del modo de operación configurado las deposita en la banda transportadora de empackado (1 posición) o en el tablero de almacenamiento (6 posiciones). En total son 13 posiciones que deben ser verificadas mediante el procedimiento mostrado en la Figura 62.



Pantalla de Homing

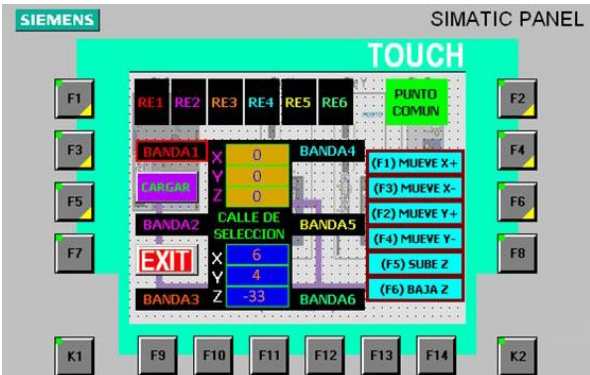
- En la pantalla de Homing oprimir **F3** para ir a la configuración de posiciones del robot cartesiano.



Pantalla de configuración de posiciones del robot cartesiano

En esta pantalla se configuran las 13 posiciones del robot cartesiano: **6 bandas**, **6 recepciones** y **1 punto común**. La Figura 63 muestra la correspondencia entre las posiciones del prototipo de la línea de producción y el nombre correspondiente en la HMI.

- Oprimir **BANDA 1** para ir a la pantalla de configuración de la posición Banda1.



Pantalla de posiciones: Banda 1

- Verificar que las coordenadas **X,Y,Z** (fondo azul) contengan almacenados los valores correctos. En la Tabla 21 se muestran las coordenadas que deben estar almacenados en las posiciones del robot cartesiano.
- Oprimir **EXIT** para regresar a la pantalla anterior y verificar las posiciones restantes.
- Si los valores almacenados no son correctos ir a Ajuste de Posiciones del Robot Cartesiano mediante HMI – página 57.

Figura 62. HMI Robot Cartesiano – Ajuste de posiciones

Posición	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z
Banda 1	6	4	-33
Banda 2	29	4	-33
Banda 3	64	3	-33
Banda 4	58	73	-32
Banda 5	23	72	-32
Banda 6	0	69	-32
Recepción 1	91	24	-7
Recepción 2	90	29	-7
Recepción 3	90	35	-8
Recepción 4	90	40	-8
Recepción 5	90	46	-8
Recepción 6	90	51	-8
Punto común	90	7	-10

Tabla 21. Coordenadas de las posiciones del robot cartesiano

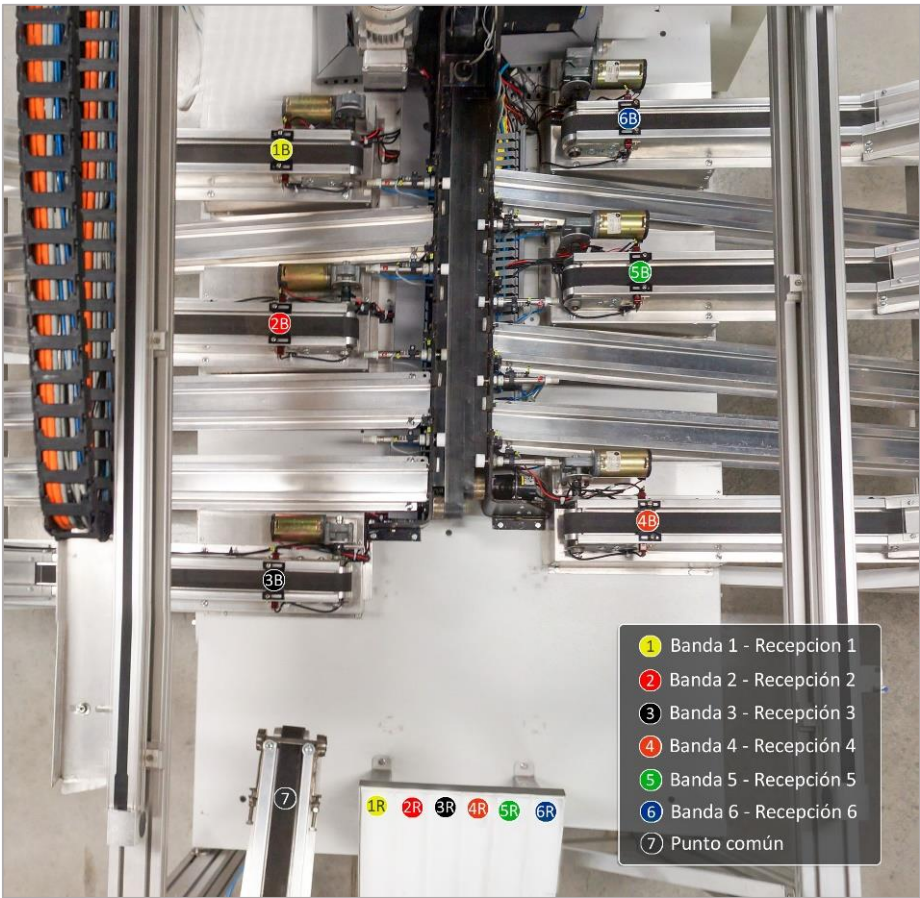


Figura 63. Posiciones del sistema cartesiano



Las posiciones del cartesiano son borradas de la memoria si se carga un nuevo programa o si se hace un reset “en frío” al S7-300 de la Estación de Transporte.

5.2.5. Calibración del sensor de color de la empacadora

La calibración del sensor de color se debe ejecutar cada vez que se enciende la Línea de Producción. El procedimiento se realiza a través de la HMI de la Empacadora como se muestra en la Figura 64.



Insertar piezas para calibración

- Situar una pieza de color amarillo (cara del color hacia abajo) sobre el sensor de color.
- El sensor de color realiza la calibración y libera la pieza (aproximadamente 5 segundos).



Pantalla AJUSTE MANUAL

- En la HMI de la Empacadora seleccionar la pantalla **AJUSTE MANUAL**.
- Oprimir **HABILITAR** para activar la funcionalidad de los controles de **RANGO COLOR**.
- Seleccionar **AMARILLO** para realizar la calibración de la pieza.



Pantalla AJUSTE MANUAL

- Esperar a la liberación de la pieza.
- Seleccionar nuevamente **AMARILLO** para finalizar la calibración, el botón debe cambiar a color gris.
- Repetir el procedimiento para calibrar los colores restantes. La calibración de **ALUMINIO**, **METAL** y **BLANCO** se deben poner las piezas invertidas
- Al finalizar la calibración de todos las piezas deshabilitar **RANGOS COLOR** oprimiendo **HABILITAR** (el indicador debe cambiar a color gris).

Figura 64. HMI Empacadora - Calibración del sensor de color

5.3. Operación de las Estaciones de Trabajo

5.3.1. Control de piezas

En la Estación de Control el operario debe inspeccionar las piezas para extraer del proceso las piezas defectuosas. Se consideran piezas defectuosas aquellas que tengan corte inclinado, metal descentrado y aluminio descentrado.

El registro de piezas defectuosas se realiza a través del lector del código de barras. Existe un código de barras para cada tipo de rechazo. El operario debe situar el lector sobre el código de barras correspondiente hasta escuchar el pitido que indica el registro de la pieza rechazada (ver Figura 65).



Las piezas rechazadas deben ser retiradas del proceso para evitar atascamientos y fallos inesperados del sistema.



Figura 65. Control de rechazo de piezas



Información adicional de la Estación de Control en la sección Control – pág. 23.

5.3.2. Arranque de la Estación de Clasificación de Piezas

El procedimiento para el arranque de la Estación de Clasificación se muestra en Figura 66.

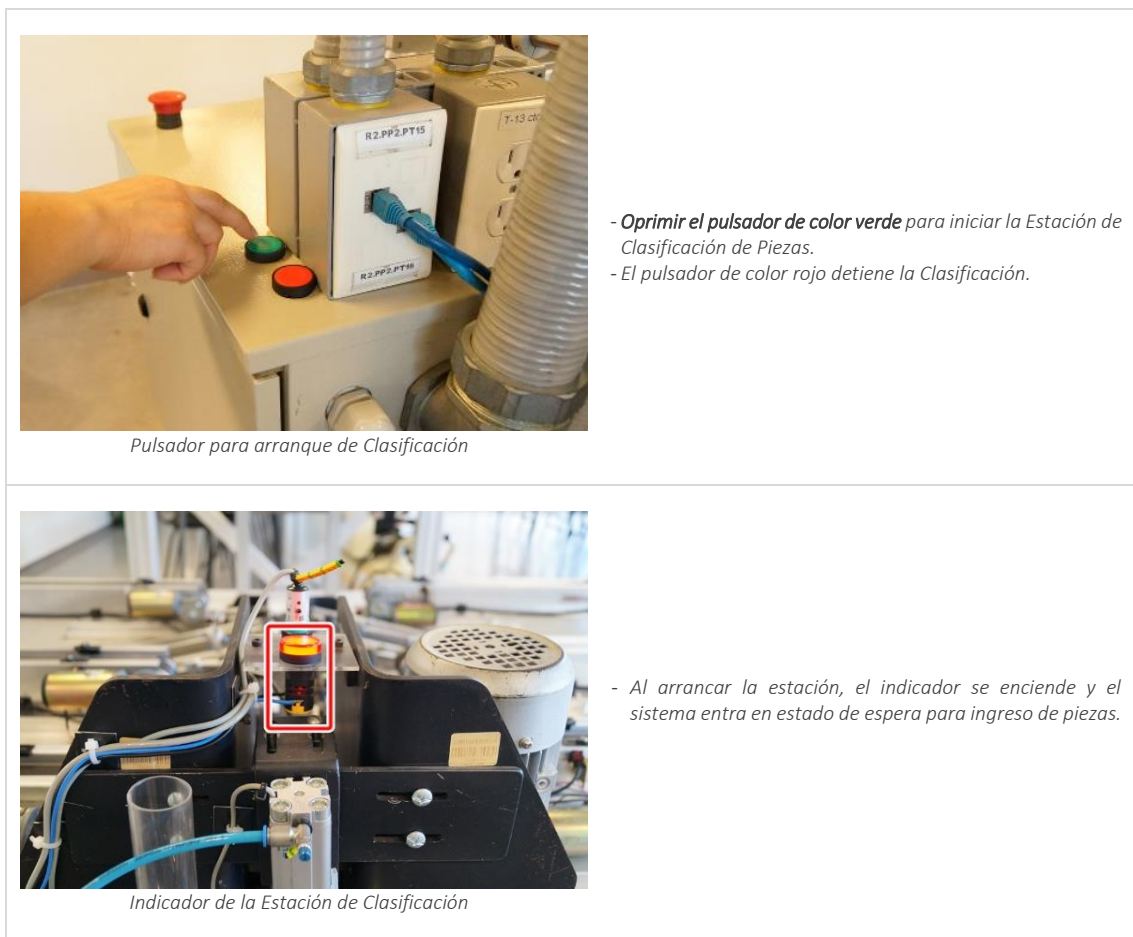


Figura 66. Arranque de la Estación de Clasificación

5.3.3. Ingreso de piezas en la Estación de Clasificación

El procedimiento para el ingreso de piezas en la Estación de Clasificación se muestra en la Figura 67.

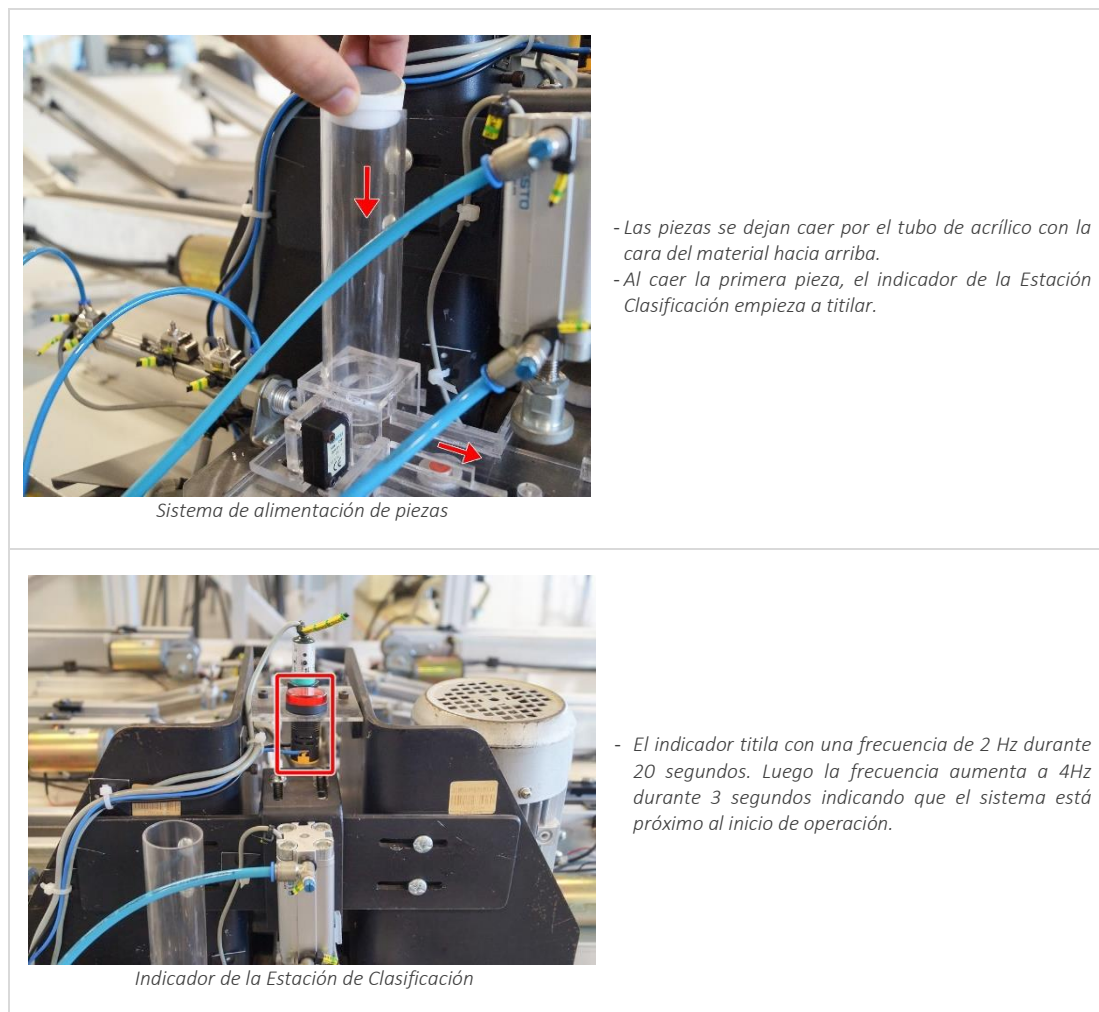


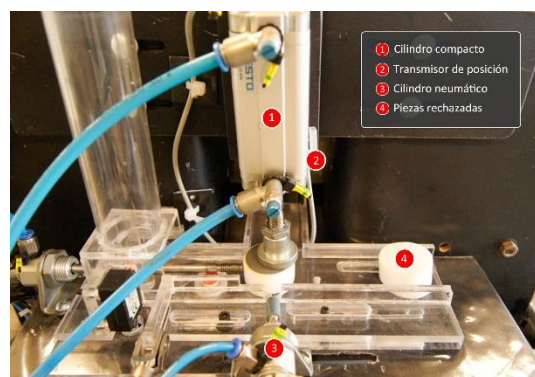
Figura 67. Ingreso de piezas a la Estación de Clasificación



Información adicional del ingreso de piezas a la Estación de Clasificación en la sección Alimentación de Piezas – página 27.

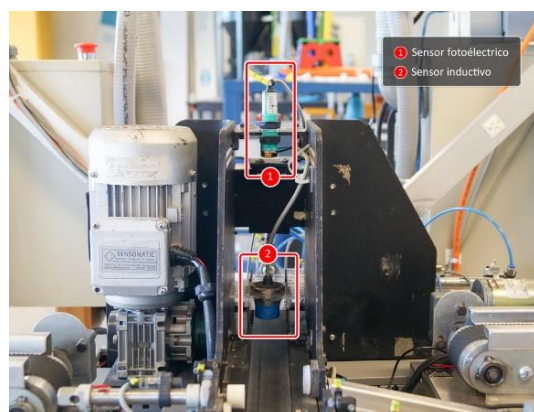
5.3.4. Clasificación de piezas

Las piezas que ingresan al sistema son clasificadas por altura y material antes de ir a la calle de selección (ver Figura 68).



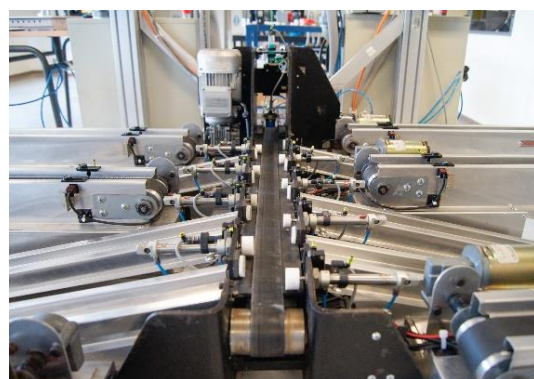
Clasificación por altura

- El transmisor de posición determina la altura de pieza válida (14mm o 16mm).
- Las piezas válidas son llevadas por un cilindro neumático al sistema de clasificación por material.
- Este sistema rechaza las piezas con alturas fuera de rango, piezas invertidas y piezas que no tengan el tornillo en su cara inferior.
- Las piezas rechazadas se ubican a la derecha.



Clasificación por material

- Se emplean dos sensores para la detección del material de la cara superior de las piezas.
- Un sensor fotoeléctrico determina si el material es aluminio.
- Un sensor inductivo determina si el material es metal.
- Si ninguno de los dos sensores registra actividad, el material se considera plástico.
- Una vez se ha determinado el material, las piezas son llevadas por una banda transportadora a la calle de selección.



Calle de selección

- Mientras las piezas recorren la banda transportadora de la calle de selección, un sistema de sensores y cilindros neumáticos se encargan de expulsar la pieza a los depósitos de almacenamiento.
- Cada depósito de almacenamiento corresponde a una combinación específica de material y altura de la pieza.

Figura 68. Clasificación de piezas



Información adicional de la clasificación de piezas en las secciones:

Clasificación por Altura – pág. 28

Clasificación por Material – pág. 30

Calle de Selección – pág. 31

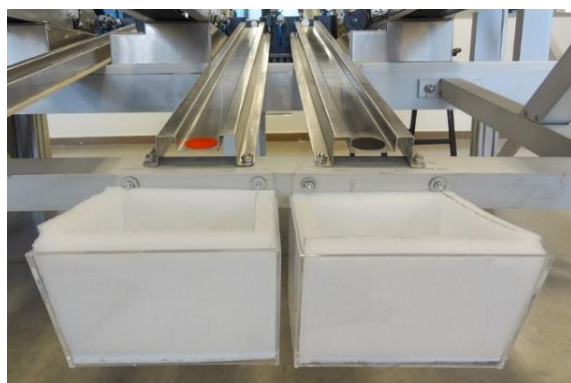
5.3.5. Almacenamiento y etiquetado de piezas

Las piezas clasificadas son almacenadas en diferentes depósitos y etiquetadas manualmente como se muestra en la Figura 69.



Sistema de almacenamiento

- Las piezas son enviadas desde la calle de selección a los depósitos de almacenamiento.
- El sistema de almacenamiento está formado por seis depósitos, cada uno de ellos identificado con un color que corresponde a una combinación de material y altura de la pieza.



Depósitos de almacenamiento

- Los depósitos de almacenamiento son cajas de acrílico que contienen las piezas clasificadas por material y altura.



Etiquetado de piezas

- El operario debe etiquetar la pieza manualmente pegando en la cara inferior de las piezas (opuesta al material) el adhesivo correspondiente.

Figura 69. Almacenamiento y etiquetado de piezas



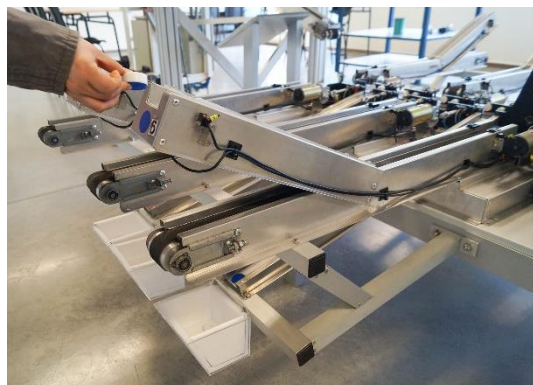
Información adicional del almacenamiento y etiquetado de piezas en las secciones:

Almacenamiento – pág. 33

Etiquetado de Piezas – pág. 36

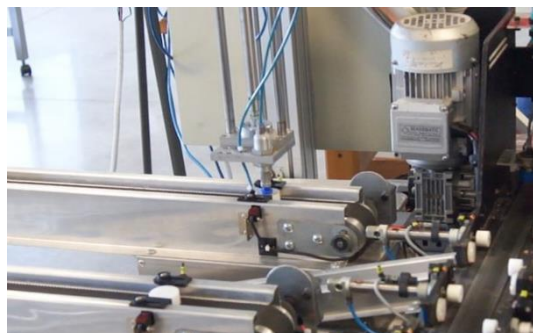
5.3.6. Transporte de piezas

Dependiendo del modo de operación configurado en el robot cartesiano, las piezas son llevadas por el robot hasta el tablero de almacenamiento o hasta la banda transportadora que comunica con la empacadora como se muestra en la Figura 70.



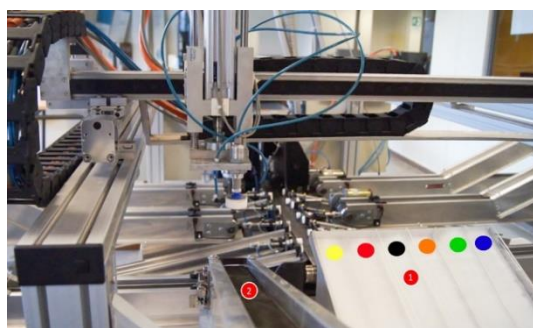
Ingreso de piezas etiquetadas a la estación transporte

- El operario debe introducir las con la etiqueta de color hacia abajo en los canales de alimentación.
- Las piezas atraviesan los canales y se detienen al final de una banda transportadora.



Recogida de piezas

- El sensor que detiene la pieza informa al sistema de la disponibilidad de la pieza.
- El robot cartesiano se desplaza hasta la posición de la banda para su recogida.



Deposito de piezas

- Dependiendo del modo de operación programado, el robot cartesiano lleva la pieza hasta el tablero de almacenamiento (1) o hasta la banda transportadora que comunica con la empacadora (2).

Figura 70. Transporte de piezas



**Información adicional del transporte de piezas en la sección Etiquetado y Transporte
– pág. 35.**

5.3.7. Modos de operación del Robot Cartesiano

Los modos de operación pueden ser configurados a través de la HMI del robot cartesiano como se muestra en la Figura 71.

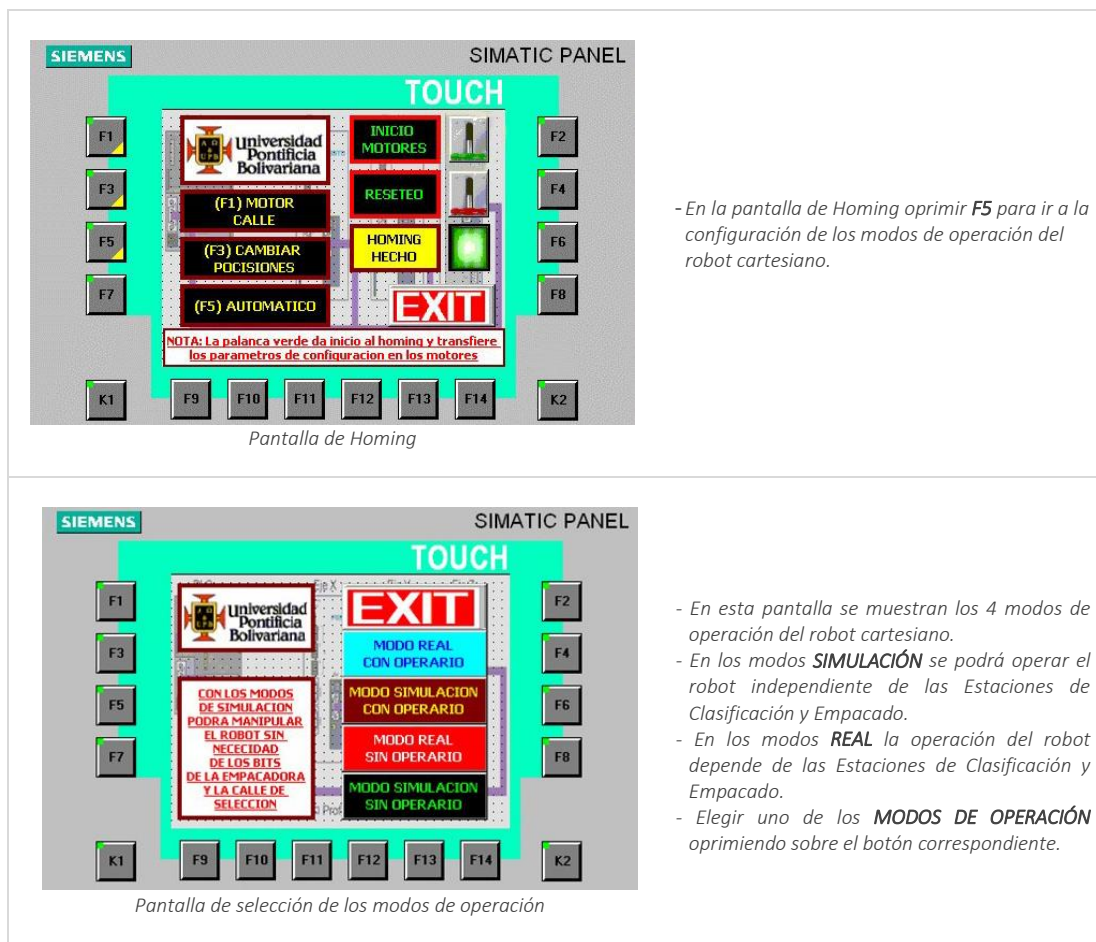


Figura 71. Modos de operación del robot cartesiano

Los cuatro modos de operación del robot cartesiano son:

- Modo real con operario
- Modo simulación con operario
- Modo real sin operario
- Modo simulación sin operario

5.3.7.1. Modo real con operario

En el modo real con operario el robot cartesiano transporta las piezas desde las bandas hasta el tablero de almacenamiento. Luego un operario lleva las piezas del tablero a la empacadora. En la Figura 72 se muestra la HMI del modo real con operario.

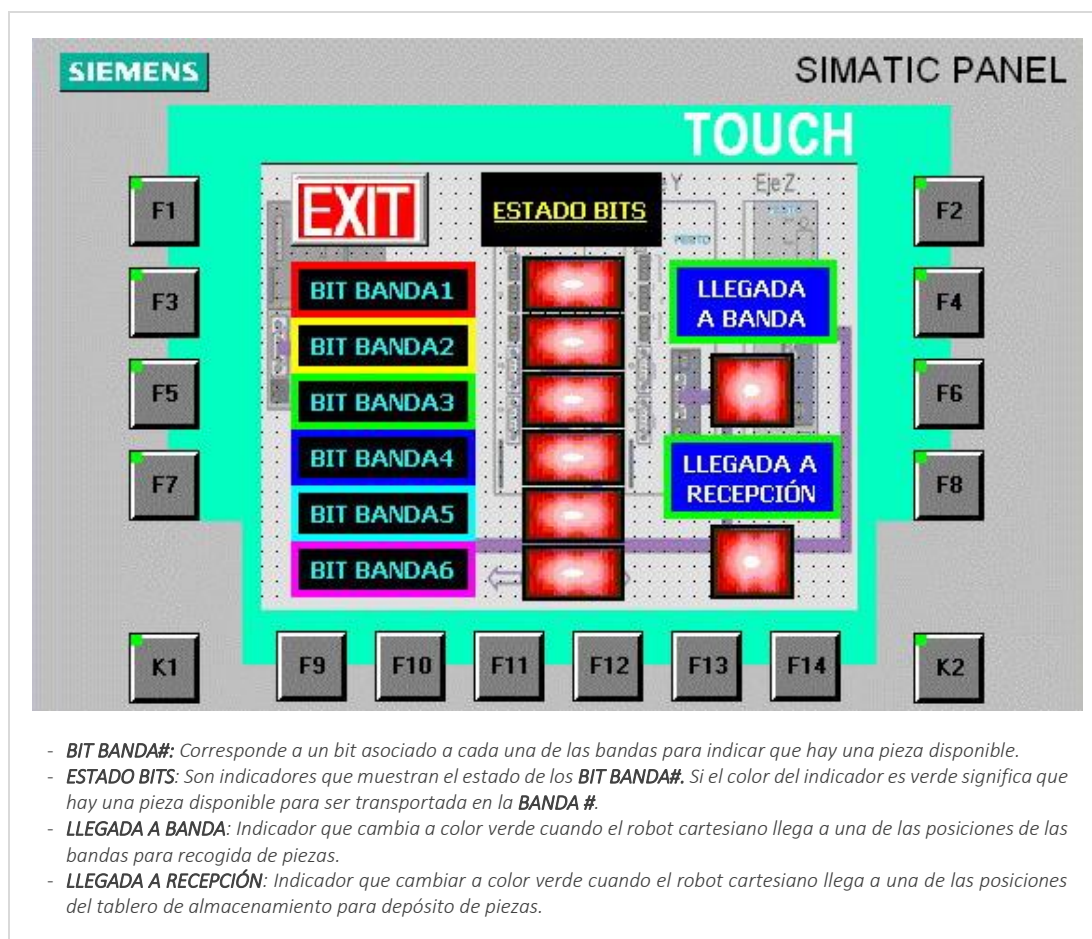


Figura 72. HMI Robot Cartesiano – Modo real con operario

5.3.7.2. Modo simulación con operario

Este modo de operación es similar al modo real con operario: el robot cartesiano transporta las piezas desde las bandas hasta el tablero de almacenamiento. Sin embargo, en el modo simulación los estados de los bits que indican presencia de piezas disponibles pueden ser modificados desde la HMI como se muestra en la Figura 73.

Este modo de operación ha sido diseñado para pruebas del sistema.

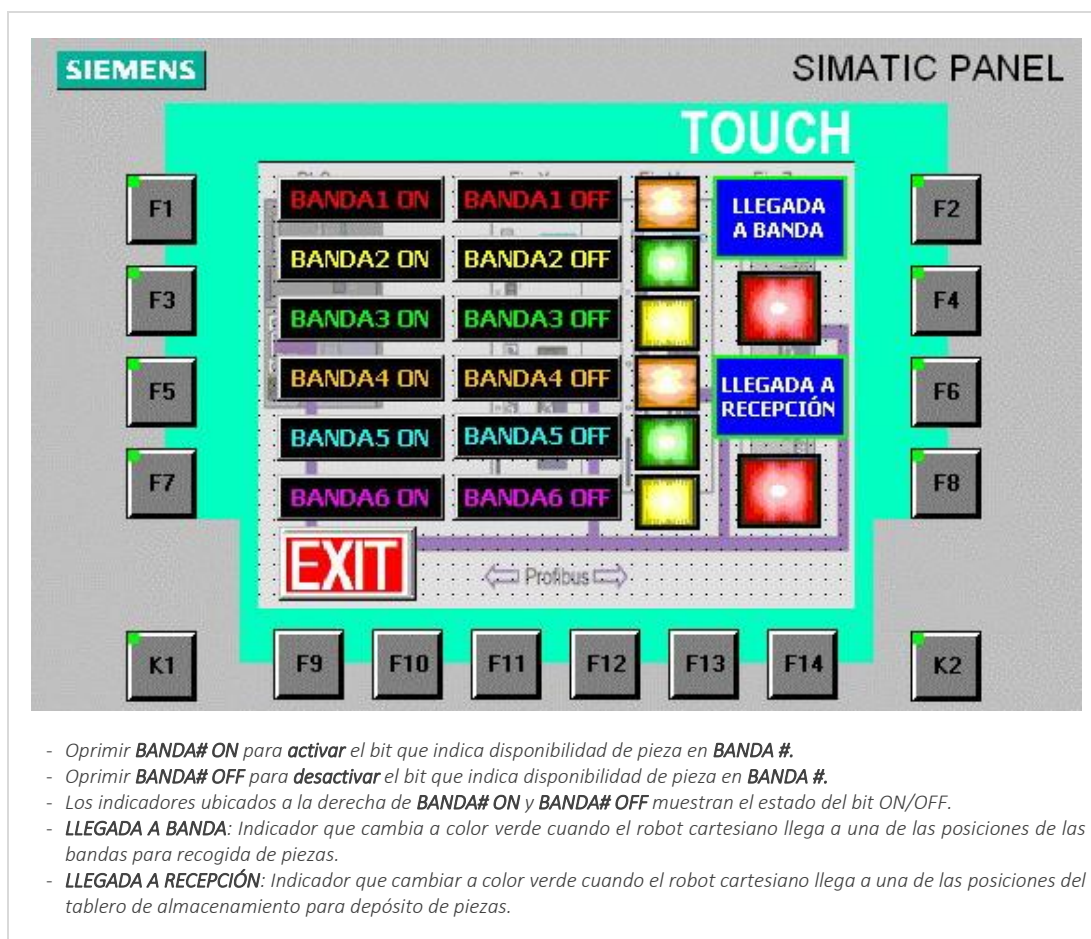


Figura 73. HMI Robot Cartesiano – Modo simulación con operario

5.3.7.3. Modo real sin operario

En este modo de operación, el robot cartesiano no realiza ninguna operación hasta no recibir una señal de la orden de producción. La orden de producción se programa en la HMI de la empacadora (ver Orden de producción – pág. 91).

A diferencia del modo real con operario, en este modo el robot lleva las piezas directamente a la banda transportadora de la empacadora sin intervención del operario. En la Figura 74 se muestra la HMI de este modo de operación.

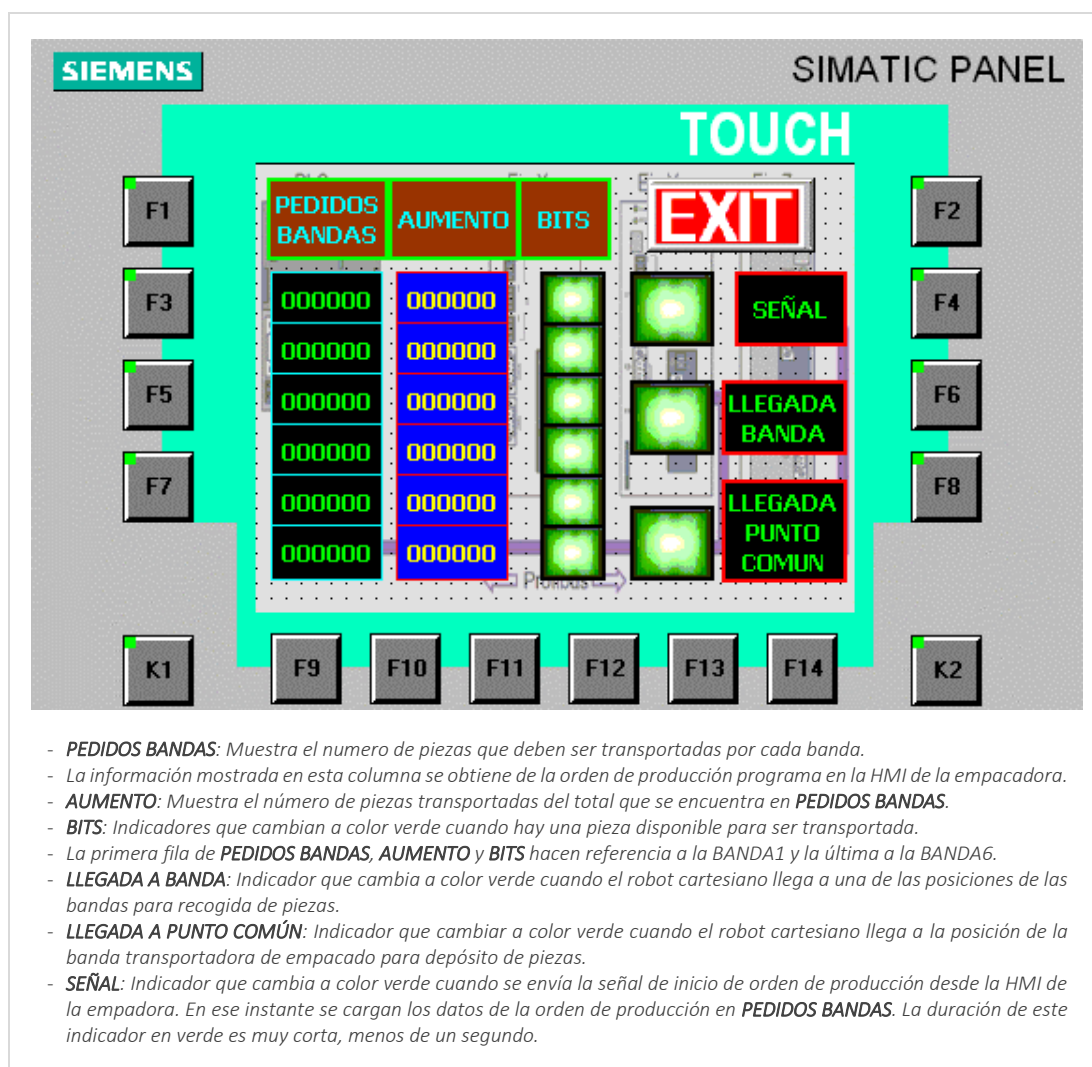


Figura 74. HMI Robot Cartesiano – Modo real sin operario



La comunicación entre la Estación de Transporte y la Estación de Empacado se realiza a través de PROFINET.

5.3.7.4. Modo simulación sin operario

Este modo de operación es similar al modo real sin operario: el robot cartesiano transporta las piezas directamente hasta la banda transportadora de empacado. Sin embargo, en el modo simulación no es necesario el envío de la orden de producción desde la HMI de la empacadora, en su lugar los datos requeridos son introducidos por el operario desde la HMI del robot cartesiano como se muestra en la Figura 75.

Este modo de operación ha sido diseñado para pruebas del sistema.

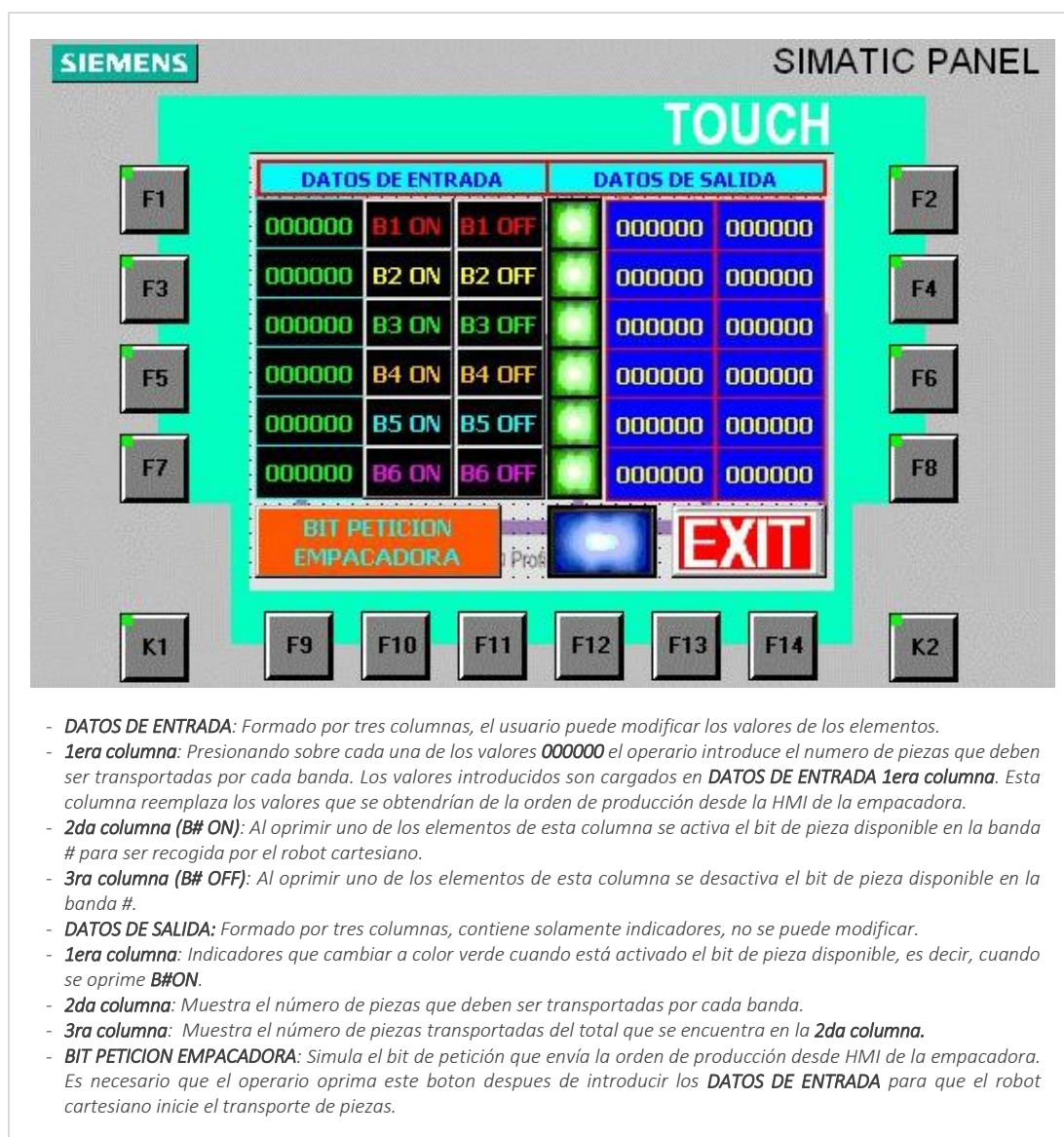


Figura 75. HMI Robot Cartesiano – Modo simulación sin operario

5.3.8. Detección de color y empackado

Las piezas que ingresan a la Estación de Empackado pasan por una etapa de detección de color antes de ir al sellado y corte del empacke como se muestra en la Figura 76.

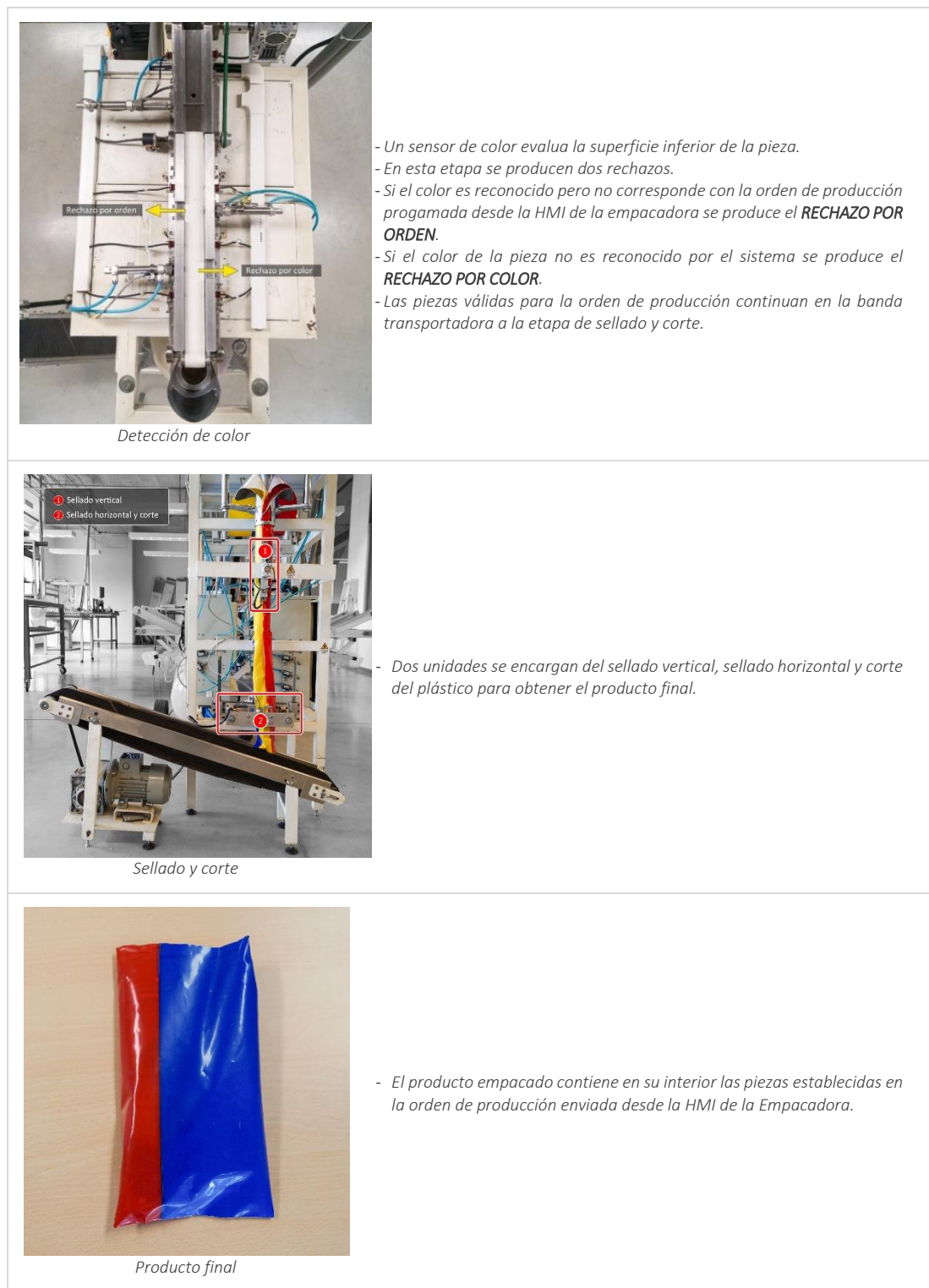


Figura 76. Detección de color y empackado

5.3.9. Sellado manual de la empacadora

El sellado manual de la empacadora es utilizado para corregir errores de sellado o para realizar pruebas de la empacadora. El procedimiento para el sellado manual se realiza mediante la HMI de la Empacadora como se muestra en la Figura 77.

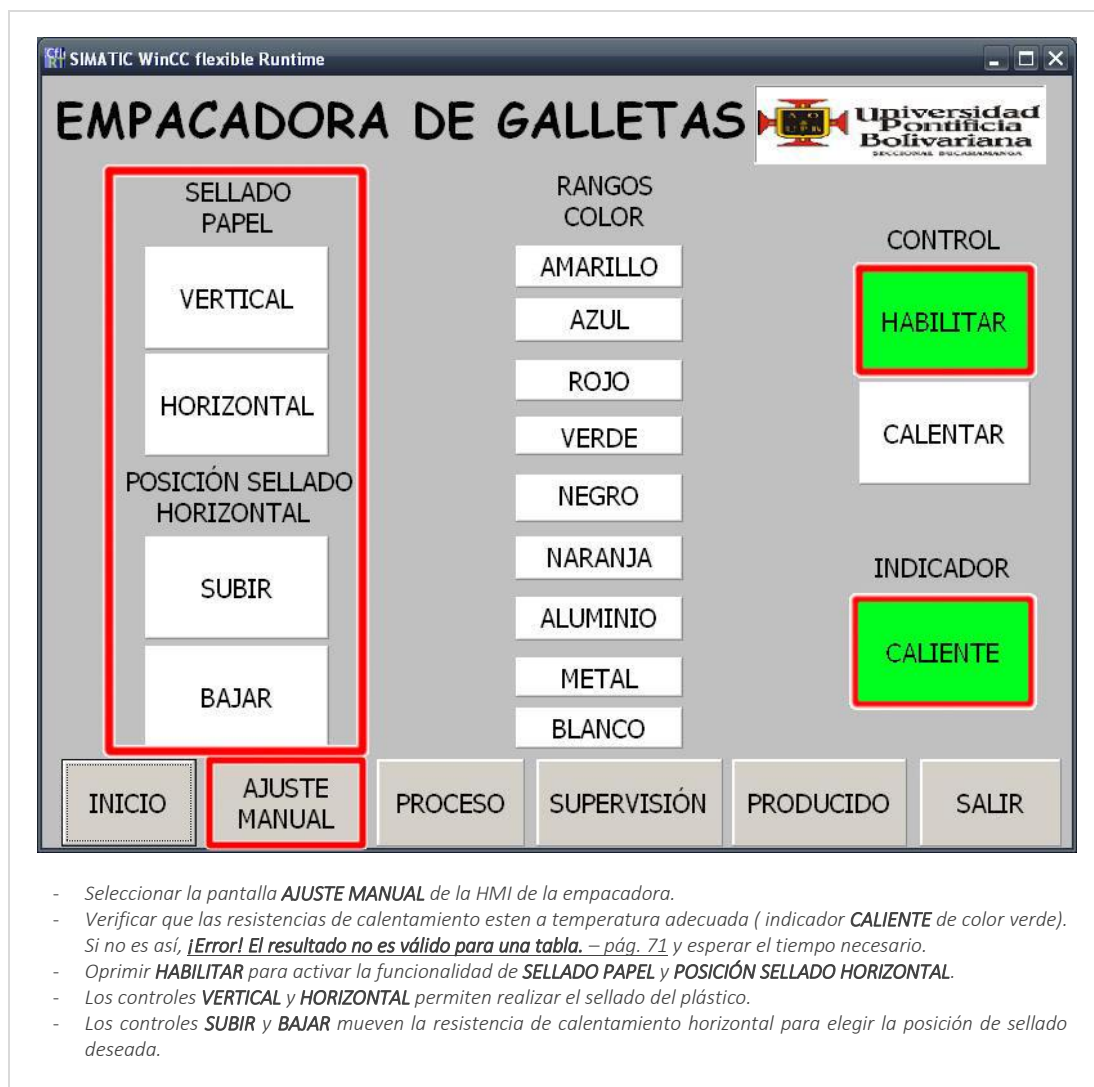


Figura 77. HMI Empacadora – Sellado manual de la empacadora



Información adicional de la Estación de Trabajo de Empacado en la sección Empacado – pág. 41.

5.4. Orden de producción

La orden de producción es la solicitud que realiza el operario mediante la HMI de la empacadora para producir determinada cantidad de producto. La orden contiene la información de producto relacionada con la cantidad de piezas por paquete, paquetes deseados, velocidad de producción, modo de operación, entre otras.



No introducir valores negativos y coincidir en la suma de los valores para evitar fallos.

5.4.1. Programación de la orden de producción

La programación de la orden de producción se realiza a través de la pantalla PROCESO de la HMI de la Empacadora como se muestra en la Figura 78.

EMPACADORA DE GALLETAS

Universidad Pontificia Bolivariana

1 PIEZAS DESEADAS

AMARILLO 0

ROJO 0

NEGRO 0

NARANJA 0

VERDE 0

AZUL 0

3 MODOS OPERACIÓN

MODO ROBOT MODO MANUAL

MODOS CONTROL TEMPERATURA

INICIO PROCESO CUMPLIR PIEZAS

2 PAQUETES DESEADOS 0

PIEZAS DESEADAS 0

VELOCIDAD PRODUCCIÓN 0

4 EJECUCIÓN

INICIO PARADA REALIMENTAR ROBOT

INICIO AJUSTE MANUAL **PROCESO** SUPERVISIÓN PRODUCIDO SALIR

- Seleccionar la pantalla **PROCESO** de la HMI de la empacadora.
- **1** A la derecha de cada **COLOR** introducir la cantidad de **PIEZAS DESEADAS** en cada paquete.
- **2** Introducir la cantidad de **PAQUETES DESEADOS**, la cantidad total de **PIEZAS DESEADAS** (corresponde a sumar las piezas introducidas en **1**) y la **VELOCIDAD PRODUCCIÓN** (valor entre 0 y 99 para ajustar la velocidad de la banda transportadora de empaclado).
- **3** Elegir el modo de operación. Si selecciona **MODO ROBOT** debe configurar el MODO REAL SIN OPERARIO en la HMI del Robot Cartesiano. Si selecciona **MODO MANUAL** debe configurar el MODO REAL CON OPERARIO en la HMI del Robot cartesiano (ver *Modos de operación del Robot Cartesiano – pág. 84*).
- **3** Oprimir **INICIO DEL PROCESO** (si se activa **CUMPLIR PIEZAS** se apaga el control de temperatura).
- **4** Oprimir **INICIO** para arrancar el proceso y enviar los datos de la orden de producción al robot cartesiano. Para detener el proceso oprimir **PARADA**. Si el robot se detiene en **MODO MANUAL**, oprimir **REALIMENTAR ROBOT** para enviar datos nuevamente al robot cartesiano.

Figura 78. HMI Empacadora - Proceso

5.4.2. Supervisión de la orden de producción

En la pantalla SUPERVISIÓN de la HMI de la Empacadora se puede visualizar en tiempo real información del estado de la orden de producción como se muestra en la Figura 79.



Figura 79. HMI Empacadora - Supervisión

5.4.3. Producido de la orden de producción

En la pantalla PRODUCIDO de la HMI de la Empacadora se muestra un resumen general de toda la producción (ver Figura 80).



Figura 80. HMI Empacadora - Producido

5.5. Apagado

El procedimiento para el apagado de la línea de producción se describe a continuación:

- Llevar la perilla de encendido del compresor al estado OFF.
- Apagar los gabinetes de control siguiendo el orden: fuentes de alimentación, totalizadores secundarios y totalizadores principales.
- Desactivar los seccionadores de los gabinetes de control y el compresor.

Anexos

[Anexo 1 – Instalación y configuración de Impresora Zebra GK420t \(Autor: Jorge Paredes\)](#)

[Anexo 2 – P&ID de la Calle de Selección \(Autor: Mathias Buchfelner\)](#)

[Anexo 3 – P&ID del Robot Cartesiano \(Autor: Mathias Buchfelner\)](#)

[Anexo 4 – P&ID de la Empacadora \(Autor: Carlos Newball\)](#)

[Anexo 5 – Plano Eléctrico de la Calle de Selección \(Autores: Carlos Grimaldos y Mateo Noriega\)](#)

[Anexo 6 – Plano Eléctrico del Robot Cartesiano \(Autores: Fabián Rincón y Javier Vesga\)](#)

[Anexo 7 – Plano Eléctrico de la Empacadora \(Autor: Carlos Newball\)](#)

[Anexo 8 – Conexiones neumáticas del Robot Cartesiano \(Autores: Fabián Rincón y Javier Vesga\)](#)

[Anexo 9 – Redes de comunicación del Robot Cartesiano \(Autores: Fabián Rincón y Javier Vesga\)](#)

[Anexo 10 – Análisis Termográfico de Resistencias de Calentamiento \(Autor: Juan Carlos Mantilla\)](#)

[Anexo 11 – Controladores: señales de entrada \(Autor: Mathias Buchfelner\)](#)

[Anexo 12 – Controladores: señales de salida \(Autor: Mathias Buchfelner\)](#)

Lista de Figuras

Figura 1. Estructura de los mensajes.....	8
Figura 2. Modelo CIM.....	11
Figura 3. Modelo CIM de la línea de producción.....	12
Figura 4. Vista general de la instrumentación.....	13
Figura 5. Cuarto de control de la línea de producción.....	14
Figura 6. Gabinete de la estación de clasificación.....	15
Figura 7. Gabinetes de la estación de transporte.....	17
Figura 8. Gabinete de la estación de empaado.....	19
Figura 9. Nivel de supervisión de la línea de producción.....	21
Figura 10. Estaciones de trabajo de la línea de producción.....	22
Figura 11. Estación de control de piezas.....	23
Figura 12. Diámetro y altura de las piezas cilíndricas.....	23
Figura 13. Cara inferior y superior de las piezas.....	24
Figura 14. Piezas Rechazadas.....	24
Figura 15. Impresora de código de barras.....	25
Figura 16. Estación de clasificación de piezas.....	26
Figura 17. Sistema de alimentación.....	27
Figura 18. Sistema de clasificación por altura.....	28
Figura 19. Sistema de clasificación por material.....	30
Figura 20. Calle de selección.....	31
Figura 21. Sistema de almacenamiento.....	33
Figura 22. Depósitos de almacenamiento.....	33
Figura 23. Gabinetes de paso de la estación de clasificación.....	34
Figura 24. Estación de Transporte.....	35
Figura 25. Etiquetado de piezas.....	36
Figura 26. Ingreso de piezas a la estación de transporte.....	37
Figura 27. Transporte de piezas.....	38
Figura 28. Gabinete de paso de la estación de transporte.....	40
Figura 29. Estación de Empaado.....	41
Figura 30. Detección de color.....	42
Figura 31. Sellado y corte.....	44
Figura 32. Sellado vertical.....	45
Figura 33. Sellado horizontal.....	45
Figura 34. Gabinetes de paso de la estación de empaado.....	47
Figura 35. Programación del controlador S7-200.....	50
Figura 36. Programación de los controladores S7-300.....	51
Figura 37. Cargar HMI de la empaadora.....	52
Figura 38. Configuración de altura de piezas.....	54
Figura 39. Configuración de tiempos de alimentación.....	55
Figura 40. Ajuste de posiciones del cartesiano mediante STEP7.....	56
Figura 41. Ajuste de posiciones del cartesiano mediante HMI.....	57
Figura 42. Lubricación de cilindros.....	58

Figura 43. Limpieza de los ejes del robot cartesiano	59
Figura 44. Limpieza de resistencias de calentamiento.....	60
Figura 45. Válvula manual para descarga del compresor	61
Figura 46. Desactivar paradas de emergencia	62
Figura 47. Seccionares y gabinetes de control.....	63
Figura 48. Energizar seccionadores.....	63
Figura 49. Gabinete de clasificación.....	64
Figura 50. Energizar gabinete de clasificación	65
Figura 51. Gabinetes de transporte	66
Figura 52. Energizar gabinetes de transporte	67
Figura 53. Gabinete de empacado	68
Figura 54. Energizar gabinete de empacado.....	69
Figura 55. Energizar lector de código de barras.....	70
Figura 56. Encendido del compresor.....	70
Figura 57. HMI Empacadora - Energizar resistencias de calentamiento.....	71
Figura 58. HMI Robot Cartesiano - Configuración de tiempos y velocidades.....	72
Figura 59. HMI Robot Cartesiano - Homing	73
Figura 60. HMI Robot Cartesiano - Motor de la calle de selección	74
Figura 61. HMI Robot Cartesiano – Ajuste de posiciones	75
Figura 62. Posiciones del sistema cartesiano	76
Figura 63. HMI Empacadora - Calibración del sensor de color	77
Figura 64. Control de rechazo de piezas	78
Figura 65. Arranque de la Estación de Clasificación.....	79
Figura 66. Ingreso de piezas a la Estación de Clasificación	80
Figura 67. Clasificación de piezas.....	81
Figura 68. Almacenamiento y etiquetado de piezas	82
Figura 69. Transporte de piezas	83
Figura 70. Modos de operación del robot cartesiano	84
Figura 71. HMI Robot Cartesiano – Modo real con operario	85
Figura 72. HMI Robot Cartesiano – Modo simulación con operario.....	86
Figura 73. HMI Robot Cartesiano – Modo real sin operario	87
Figura 74. HMI Robot Cartesiano – Modo simulación sin operario	88
Figura 75. Detección de color y empacado	89
Figura 76. HMI Empacadora – Sellado manual de la empacadora	90
Figura 77. HMI Empacadora - Proceso	91
Figura 78. HMI Empacadora - Supervisión	92
Figura 79. HMI Empacadora - Producido	93

Lista de Tablas

Tabla 1. Organización del manual de usuario	7
Tabla 2. Símbolos empleados en el manual de usuario	8
Tabla 3. Estructura de descripción de componentes	8
Tabla 4. Funciones de las estaciones de trabajo	10
Tabla 5. Elementos del sistema de alimentación de aire	13
Tabla 6. Elementos del gabinete de clasificación.....	16
Tabla 7. Elementos de los gabinetes de transporte.....	18
Tabla 8. Elementos del gabinete de empaçado	20
Tabla 9. Elementos del nivel de supervisión	21
Tabla 10. Elementos de la estación de control	25
Tabla 11. Elementos del sistema de alimentación.....	27
Tabla 12. Elementos del sistema de clasificación por altura	29
Tabla 13. Elementos del sistema de clasificación por material	30
Tabla 14. Elementos de la calle de selección	32
Tabla 15. Clasificación de piezas	33
Tabla 16. Elementos de la estación de transporte.....	39
Tabla 17. Elementos del robot cartesiano	39
Tabla 18. Elementos del sistema de detección de color.....	43
Tabla 19. Elementos del sistema de sellado y corte	46
Tabla 20. Elementos de los gabinetes de paso de empaçado	48
Tabla 21. Coordenadas de las posiciones del robot cartesiano.....	76

Referencias

- [1] A. Rodríguez Penin, Sistemas SCADA, Tercera ed., México: Alfaomega, 2013.
- [2] C. A. Newball González, «Configuración, Programación e Implementación de Interfaz Humano Máquina del Prototipo de Empacadora de Galletas para la Operación dentro de la Línea de Producción del Laboratorio de Automatización de la UPB,» Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, 2013.
- [3] F. Herrera, «Informe final de actividades. Proyecto: Diseño e Instalación de Piezas Mecánicas, Instalación de Instrumentos, Programación de los PLCs, Modelamiento del Proceso en la Plataforma Wonderware y la Implementación de un Sistema MES,» Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, 2014.
- [4] F. Herrera, «Informe de actividades V. Proyecto: Diseño e Instalación de Piezas Mecánicas, Instalación de Instrumentos, Programación de los PLCs, Modelamiento del Proceso en la Plataforma Wonderware y la Implementación de un Sistema MES,» Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, 2013.
- [5] M. P. Groover, Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas, Primera ed., Pearson Educación, 1997.