

**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA  
AUTOMATIZAR LA PALETIZADORA DE CAJAS DE UNA LINEA DE  
ENVASADO DE GASEOSAS.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

Presentado por:

**Bach. Ing. Elec. Lenin Hernan Díaz Vásquez  
Bach. Ing. Elec. Hugo Fernando Chong Muguerza**

**Asesor:**

Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera

Lambayeque, 2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA  
AUTOMATIZAR LA PALETIZADORA DE CAJAS DE UNA LINEA DE  
ENVASADO DE GASEOSAS.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

Presentado por:

**Bach. Ing. Elec. Lenin Hernan Díaz Vásquez**

**Bach. Ing. Elec. Hugo Fernando Chong Muguerza**

Asesor:

**Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera**

**Lambayeque, 2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TESIS**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA  
AUTOMATIZAR LA PALETIZADORA DE CAJAS DE UNA LINEA DE  
ENVASADO DE GASEOSAS.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LOS SIGUIENTES MIEMBROS DEL JURADO**

**APROBADO POR:**

---

**Ing. Hugo Javier Chiclayo Padilla**  
**Presidente de Jurado**

---

**Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez**  
**Secretario de Jurado**

---

**Mg. Ing. Martín Augusto Nombera Lossio**  
**Vocal de Jurado**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA  
AUTOMATIZAR LA PALETIZADORA DE CAJAS DE UNA LINEA DE  
ENVASADO DE GASEOSAS.**

**AUTORES**

Bach. Ing. Elec. Lenin Hernan Díaz Vásquez

---

Bach. Ing. Elec. Hugo Fernando Chong Muguerza

---

**DIRIGIDA POR:**

Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera

---



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DECANATO  
Ciudad Universitaria - Lambayeque



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 058-2017-D/FACFyM

(Sustentación Autorizada por Resolución N° 1156-2017-D/FACFyM)

En la ciudad de Lambayeque, siendo las 11:00 AM del día 22 de DICIEMBRE DEL 2017 se reunieron en LA SALA de SUSTENTACIÓN DEL LABORATORIO DE los miembros del Jurado designados mediante Resolución N° 724-2017-D/FACFyM, los docentes:

Ing. Hugo Javier Chiclayo Padilla	Presidente
Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez	Secretario
Mg. Ing. Martín Augusto Nombera Lossio	Vocal

Para recibir la tesis titulada:

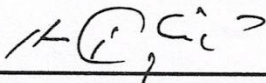
4. DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA AUTOMATIZAR LA PALETIZADORA DE CAYAS DE UNA LÍNEA DE ENVASADO DE GASEOSA;  
desarrollada por los Bachilleres en Ingeniería Electrónica, Díaz Vasquez Lenin Hernán y Chong Muguerza Hugo Fernando.


Después de escuchar la exposición y las respuestas a las preguntas formuladas por los miembros del Jurado, se acordó APROBAR el trabajo por UNANIMIDAD con el calificativo de BUENO.

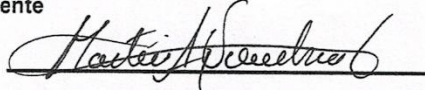
En consecuencia, los Bachilleres en referencia quedan aptos para recibir el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico**, de acuerdo a la Ley Universitaria, el Estatuto y Reglamento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque.

Observaciones:

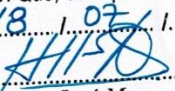
Para constancia del hecho firman.

  
Ing. Hugo Javier Chiclayo Padilla  
Presidente

  
Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez  
Secretario

  
Mg. Ing. Martín Augusto Nombera Lossio  
Vocal

CERTIFICO: Que, es copia fiel del original  
Fecha: 18 / 02 / 18

  
Dr. Armando José Moreno Heredia  
SECRETARIO DOCENTE - FACFyM  
VÁLIDO PARA TRÁMITES INTERNOS DE LA UNPRG

## **DECLARACION JURADA DE ORIGINALIDAD**

Nosotros, investigadores principales: Bach. Ing. Elec. DÍAZ VÁSQUEZ, Lenin Hernan, Bach. Ing. Elec. CHONG MUGUERZA, Hugo Fernando y el Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera, asesor del trabajo de investigación: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA AUTOMATIZAR LA PALETIZADORA DE CAJAS DE UNA LINEA DE ENVASADO DE GASEOSAS”, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrara lo contrario, asumimos responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 05 de diciembre de 2018

---

Bach. Ing. Elec. Lenin Hernan Díaz Vásquez

---

Bach. Ing. Elec. Hugo Fernando Chong Muguerza

---

Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos, por brindarme el  
apoyo con mucho amor.

Lenin

A mis padres y mis hermanos, por darme la  
suficiente fortaleza.

Hugo

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios Todo poderoso por darnos la vida,

A la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo” por habernos dado la oportunidad de prepararnos en el saber ,

A nuestros queridos maestros y maestras por el compromiso que asumieron en brindarnos sus nobles enseñanzas y experiencias en beneficio de nuestra formación académica.

Asimismo a las personas que nos brindaron su tiempo para apoyarnos en nuestro trabajo de investigación, de igual manera un reconocimiento sincero a nuestros familiares y amigos que siempre nos animan a seguir.

Lenin y Hugo



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
Firmas del Jurado	3
Firmas de Autores	4
Acta de Sustentación	5
Declaración Jurada de originalidad	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento	8
Indice General	9
Indice de Tablas	12
Indice de Figuras	13
Resumen	14
Abstract	15
Introducción	16
<b>I. ASPECTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>18</b>
<b>2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>18</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
3.1. OBJETIVO GENERAL	18
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
3.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.4. HIPOTESIS Y VARIABLES	20
3.4.1. FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS	20
<b>II. BASE TEORICA</b>	<b>21</b>
<b>1. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA</b>	<b>22</b>

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	22
<b>2. CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS</b>	<b>24</b>
2.1. ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE CONTROL?	24
2.2. DEFINICIONES BASICAS	25
2.3. LAZO CERRADO	25
2.4. LAZO ABIERTO	26
<b>3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL</b>	<b>26</b>
3.1. SENSORES	26
3.1.1 SENSORES INDUCTIVOS	26
3.1.2 SENSORES FOTOELECTRICOS	31
3.2. VARIADORES DE VELOCIDAD	33
3.3. MOTORES AC	38
3.3.1 COMO LEER UNA PLACA DE MOTOR	40
3.4. AUTÓMATAS PROGRAMABLES (PLC's)	42
3.4.1 INTRODUCCIÓN	42
3.4.2. CAMPOS DE APLICACIÓN	42
3.4.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES	43
3.4.4. NUEVAS FUNCIONES	44
3.4.5. ESTRUCTURA MODULAR	45
3.5. HMI	51
3.6. FUNCIONAMIENTO DE LA PALETIZADORA	52
3.6.1. LOGICA DE CONTROL DE PALETIZADO	53
 <b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	 <b>54</b>
<b>1. ESPECIFICACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD</b>	<b>55</b>
1.1. HOJA DE DATOS DE VARIADOR DE VELOCIDAD	55
<b>2. ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL</b>	<b>57</b>
2.1. DIMENSIONAMIENTO DEL PLC	57

2.1.1. HOJA DE DATOS DEL CPU	57
2.1.2. HOJA DE DATOS DE MODULO DE ENTRADAS DIGITALES	58
2.1.3. HOJA DE DATOS DE MODULO DE SALIDAS DIGITALES	59
2.1.4. HOJA DE DATOS DEL HM	60
<b>3. DESARROLLO DE ALGORITMOS DE CONTROL</b>	<b>61</b>
3.1. CONFIGURACIÓN DEL PLC	61
3.2. DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC	62
3.3. PROGRAMA DEL PLC, EN LENGUAJE LADDER	68
3.4. INTARFAZ GRAFICA DEL HMI	77
<b>4. DISEÑO DE PLANOS ELECTRICOS</b>	<b>79</b>
<b>IV. COSTO/BENEFICIO</b>	<b>80</b>
<b>1. COSTOS DEL PROYECTO</b>	<b>81</b>
1.1. COSTOS DE HARDWARE	81
1.1.1. COSTOS DE EQUIPOS	81
1.1.2. COSTOS SISTEMA DE CONTROL	81
1.2. COSTOS DE INGENIERÍA	82
1.3. COSTOS DE CAPACITACIÓN	82
<b>2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>83</b>
2.1. BENEFICIOS	83
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>85</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>90</b>

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>TABLA N° 01:</b> Leyenda (Partes de un Variador de Velocidad)	34
<b>TABLA N° 02:</b> Listado de Equipos (Variadores de Velocidad)	55
<b>TABLA N° 03:</b> Requerimientos mínimos del Variador de Velocidad	55
<b>TABLA N° 04:</b> Requerimientos mínimos del CPU del PLC	57
<b>TABLA N° 05:</b> Requerimientos mínimos del Módulo de Entradas Digitales	58
<b>TABLA N° 06:</b> Requerimientos mínimos del Módulo de Salidas Digitales	59
<b>TABLA N° 07:</b> Requerimientos mínimos del HMI	60
<b>TABLA N° 08:</b> Costos de los Equipos del Proyecto	81
<b>TABLA N° 09:</b> Costos del Sistema de Control	81
<b>TABLA N° 10:</b> Costos de Ingeniería del Proyecto	82
<b>TABLA N° 11:</b> Costos de Capacitación	82
<b>TABLA N° 12:</b> Resumen del Costo Total del Proyecto	83
<b>TABLA N° 13:</b> Comparación del tiempo perdido por fallas de máquina	83
<b>TABLA N° 14:</b> Comparación del tiempo perdido por fallas operativas	84

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>FIGURA N° 01:</b> Principio de la Caja Negra	24
<b>FIGURA N° 02:</b> Control Lazo Cerrado	25
<b>FIGURA N° 03:</b> Control Lazo Abierto	26
<b>FIGURA N° 04:</b> Sensor Inductivo	27
<b>FIGURA N° 05:</b> Sensor Inductivo Blindado	27
<b>FIGURA N° 06:</b> Sensor Inductivo NO Blindado	28
<b>FIGURA N° 07:</b> Características de Respuesta	29
<b>FIGURA N° 08:</b> Conexión Eléctrica Sensor Inductivo	31
<b>FIGURA N° 09:</b> Sensor Fotoeléctrico Tipo Reflexión sobre espejo	32
<b>FIGURA N° 10:</b> Conexión Eléctrica Sensor Fotoeléctrico	33
<b>FIGURA N° 11:</b> Diagrama de bloques del convertidor de frecuencia	34
<b>FIGURA N° 12:</b> Comportamiento de Cargas de Par Constante	38
<b>FIGURA N° 13:</b> Curva Par - Velocidad	39
<b>FIGURA N° 14:</b> Partes de un motor Asíncrono	39
<b>FIGURA N° 15:</b> Conexión de los Devanados de un motor Asíncrono	40
<b>FIGURA N° 16:</b> Ejemplo de placa de un motor Asíncrono	40
<b>FIGURA N° 17:</b> Estructura Modular del PLC	46
<b>FIGURA N° 18:</b> Símbolos de Contactos, Lenguaje Ladder	50
<b>FIGURA N° 19:</b> HMI Siemens KTP1000	52
<b>FIGURA N° 20:</b> Paletizadora de Cajas	52
<b>FIGURA N° 21:</b> Variador de Velocidad FC302	56
<b>FIGURA N° 22:</b> CPU 315-2EH14-0AB0	57
<b>FIGURA N° 23:</b> Módulo de Entradas Digitales 321-1BH02-0AA0	58
<b>FIGURA N° 24:</b> Módulo de Salidas Digitales 322-1BH01-0AA0	59
<b>FIGURA N° 25:</b> HMI KTP1000 Basic DP	60
<b>FIGURA N° 26:</b> Configuración del PLC	61

## **RESUMEN**

El presente proyecto propone el DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA AUTOMATIZAR LA PALETZADORA DE CAJAS DE UNA LINEA DE ENVASADO DE GASEOSAS.

El sistema de control estará basado un controlador lógico programable de la marca Siemens, modelo S7300-CPU315, para el sistema de supervisión se usará una HMI touchscreen a color de 10.4" de la marca Siemens, modelo KTP1000 Basic DP, el cual me permitirá controlar y monitorear el funcionamiento de la Paletizadora.

En el Capítulo I se plantea el problema, los objetivos y la justificación para el sistema de supervisión y control propuesto.

En el Capítulo II se muestra y/o propone la base teórica necesaria para poder diseñar el sistema de supervisión y control, como por ejemplo teoría acerca de variadores de velocidad, sensores fotoeléctricos, sensores inductivos, motores AC, PLC, etc.

En el Capítulo III se diseña el sistema de supervisión y control, se seleccionan los variadores de velocidad, PLC y módulos de entrada y salida digital, se elaboran planos eléctricos y se muestra la programación del PLC y los faceplate del HMI.

En el Capítulo IV se realiza todo el sustento económico del sistema de control, costos de hardware y software, costos de ingeniería, costos de capacitación y el tiempo de recuperación de la inversión realizada.

En el Capítulo V se muestran las conclusiones y las recomendaciones al sistema de supervisión y control.

## **ABSTRACT**

The present project proposes the DESIGN OF A SYSTEM OF SUPERVISION AND CONTROL TO AUTOMATE THE PALETZADORA OF BOXES OF A LINE OF PACKAGING OF GASEOUS.

The control system will be based on a programmable logic controller of the Siemens brand, model S7300-CPU315, for the supervision system a 10.4 "color touchscreen HMI of the Siemens brand will be used, model KTP1000 Basic DP, which will allow me to control and monitor the operation of the Palletizer.

In Chapter I, the problem, the objectives and the justification for the proposed supervision and control system are presented.

Chapter II shows and / or proposes the theoretical basis necessary to design the supervision and control system, such as theory about speed variators, photoelectric sensors, inductive sensors, AC motors, PLC, etc.

In Chapter III, the supervision and control system is designed, speed variators, PLCs and digital input and output modules are selected, electrical drawings are drawn up and the programming of the PLC and the HMI faceplate are shown.

In Chapter IV all the economic support of the control system, hardware and software costs, engineering costs, training costs and the time of recovery of the investment made is made.

Chapter V shows the conclusions and recommendations to the supervision and control system.

## INTRODUCCION

Los sistemas de supervisión y control son sistemas independientes e Integrados. Estos sistemas de control son responsables de controlar máquinas y/o procesos a través de interfaces con los equipos de campo. Los sistemas de supervisión son responsables de promover la interfaz entre los sistemas de control» los usuarios y otros sistemas, así como realizar operaciones como registro de datos y exhibición de alarmas.

Una máquina paletizadora se caracteriza por ser un complejo sistema con el que se consigue la transportar y acomodar de distintos formatos de productos. La máquina paletizadora que se pretende automatizar, es controlada por un operador a través de pulsadores ubicados en un pupitre cercano a la máquina, además toda la lógica de control de la paletizadora se realiza mediante relés y contactores, los cuales están formados por partes mecánicas que con el tiempo sufren desgaste, trayendo como consecuencia fallas de máquina y por ende pérdida de producción, adicionalmente el cableado excesivo en el tablero de control dificulta la resolución de problemas que se puedan presentar.

La paletizadora no posee un HMI. por lo que resolver las paradas de máquina producidas por fallas operativas o fallas de máquina propiamente dichas, toman demasiado tiempo en ser solucionadas debido a que no se tiene una ayuda textual y/o visual de la ubicación del origen de la falla.

Los motores son accionados mediante arranque directo, por lo que el costo del mantenimiento preventivo y el consumo de energía son elevados, por tal razón se sustituirán por variadores de velocidad para incrementar el tiempo de rampa de aceleración y controlar la velocidad de la paletizadora.



**CAPITULO I**  
**ASPECTO DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las empresas productoras de bebidas en el mundo, hoy en día deben enfrentarse a situaciones difíciles, por esta razón lo más importante es mejorar continuamente en todos los aspectos en que sea posible para reducir costos producción e incrementar la utilidad.

Actualmente, en el mundo casi toda la industria manufacturera ha empezado automatizar todas sus líneas de envasado de gaseosas.

Y en el Perú la empresa en estudio no es ajena a estos cambios, por lo que está destinando una partida presupuestal para automatizar su máquina Paletizadora de cajas de su línea de envasado.

## **2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo Diseñar un Sistema de Supervisión y Control para Automatizar la Paletizadora de Cajas de una Línea de Envasado de Gaseosas?.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un Sistema de Supervisión y Control para Automatizar la Paletizadora de Cajas de una Línea de Envasado de Gaseosas.

### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Estudiar el proceso de Paletizado de cajas
2. Plantear la lógica de control de Paletizado de cajas
3. Determinar y Seleccionar los Equipos del Sistema de Supervisión y Control para Automatizar la Paletizadora de Cajas.
4. Diseñar y Elaborar Planos Eléctricos

5. Identificar las condiciones de operación ideales para lograr la operación optima de la Paletizadora de Cajas.
6. Realizar la programación del HMI en base a la optimización de la operación de la Paletizadora de cajas.
7. Realizar la programación del PLC en base a la lógica de control planteada.

### **3.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN:**

Esta investigación es importante para la empresa de elaboración y ventas de bebidas gaseosas, debido a que al automatizar su Paletizadora de cajas, se reducirán las paradas por falla de máquina y las paradas por operación deficiente.

Actualmente el manejo de la Paletizadora lo realiza un operador mediante pulsadores ubicados en un pupitre cercano a la máquina, toda la lógica de control de la Paletizadora se realiza mediante relés y contactores, estos dispositivos al poseer partes mecánicas las cuales con el tiempo sufren desgaste, trae como consecuencia fallas de máquina y por ende perdida de producción, adicionalmente el cableado excesivo en el tablero de control dificulta la resolución de problemas que se puedan presentar.

Al ser la Paletizadora una máquina totalmente ciega en el sentido de que no posee un HMI, las paradas de máquina ya sea fallas operativas ó fallas de máquina propiamente dichas, toman demasiado tiempo en ser solucionadas, debido a que no se tiene una ayuda textual y/o visual de la ubicación de la falla, para poder ser solucionada en el menor tiempo posible. Finalmente los Motores al poseer solo arranque directo, el costo del mantenimiento preventivo y el consumo de energía son elevados, por tal razón se usará variadores de velocidad para incrementar el tiempo de Rampa de aceleración y la velocidad de la Paletizadora.

### **3.4. HIPOTESIS Y VARIABLES**

#### **3.4.1. FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS**

El Diseño de un Sistema de Supervisión y Control para Automatizar la Paletizadora de Cajas de una Línea de Envasado de Gaseosas.

Constará de:

- Un PLC el cual reemplazará a toda la lógica de control existente, la cual usa relé y contactores.
- El cual se programará de acuerdo a la lógica de funcionamiento existente
- Un HMI, el cual eliminará el pupitre de mando antiguo
- Variadores de velocidad para todos los motores de la Paletizadora
- Se usarán los mismos motores que actualmente usa la Paletizadora
- Se usarán los mismos sensores inductivos y fotoceldas que actualmente usa la máquina

## **CAPITULO II**

### **BASE TEORICA**

## 1. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

### 1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Titulo	Implementación De Un Sistema De Paletizado Para Acoplar A La Línea De Envasado De Líquidos Del Laboratorio De Automatización Industrial Utilizando Plc Twido Para Su Programación
Autor	Nelson Rodrigo Llangari Tzaqu
Universidad	Escuela Superior Politécnica De Chimborazo
Año	2011
Resumen	<p>El presente trabajo pretende implementar un sistema de paletizado para acoplar a la línea de envasado de líquidos que se encuentra implementada en el laboratorio de automatización de industrial de la EIS, para lo cual se inicia investigando el proceso de funcionamiento de la línea de envasado de líquidos.</p> <p>El trabajo fue diseñado con el propósito de reforzar los conocimientos de automatización industrial, ser el enlace tanto en la instrucción teórica como en la parte práctica, desarrollando habilidades y destrezas en los estudiantes y de esta manera se pueda responder a las exigencias del mundo laboral.</p> <p>En el sistema de paletizado se usa un motor eléctrico, tres electroválvulas, ocho sensores, cinco cilindros neumáticos, un tornillo sin fin, una interfaz de comunicación, dos relés que permite controlar el motor</p>

eléctrico, un módulo de ampliación de memoria del PLC TWIDO TWDLCAE40DRF modelo TM2DDI8DT, un cable de comunicación entre la interfaz y el PLC y la estructura de aluminio industrial creado de acuerdo a las medidas necesarias para acoplar a la línea de envasado, un programa desarrollado en TWIDOSUITE.

En la estructura se ensambla los equipos mencionados cada uno cumple una función específica, los sensores se encargan de transmitir las entradas o señales eléctricas hacia la interfaz de comunicación, este a su vez se encarga de transmitir al PLC para que pueda interactuar con el programa del computador, este envía una señal de salida que permite actuar a los cilindros mediante las electroválvulas que regulan el aire que se necesita para moverlos, el motor gira el tornillo sin fin para transportar a los cilindros tipo pinza que sujetan a las botellas de líquidos hacia el palet para ubicarlos de manera adecuada en cada división, una vez llenado el palet el cilindro con vástago más largo se encarga de mover las cajas y así terminar toda la secuencia de un sistema de paletizado.

Este trabajo es un modelo que ayuda a obtener conocimientos de las empresas de producción que normalmente utilizan equipos industriales para su trabajo eficiente y de calidad.

## 2. CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS

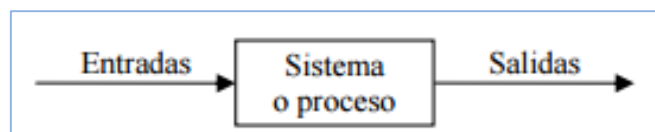
### 2.1. ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE CONTROL?

Un sistema de control manipula indirectamente los valores de un sistema controlado.

Su objetivo es gobernar un sistema sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos.

El operador manipula valores de referencia y el sistema de control se encarga de transmitirlos al sistema controlado a través de sus accionamientos de sus salidas.

**Figura N° 01:** Principio de Caja Negra



**Fuente:** Gomáriz, Biel, Matas, y Reyes, 1999, p 15

Los elementos principales de un lazo de control son:

- El elemento de medición (sensor / transmisor)
- El elemento de decisión (controlador)
- El elemento de acción (actuador / elemento final).



## 2.2. DEFINICIONES BÁSICAS

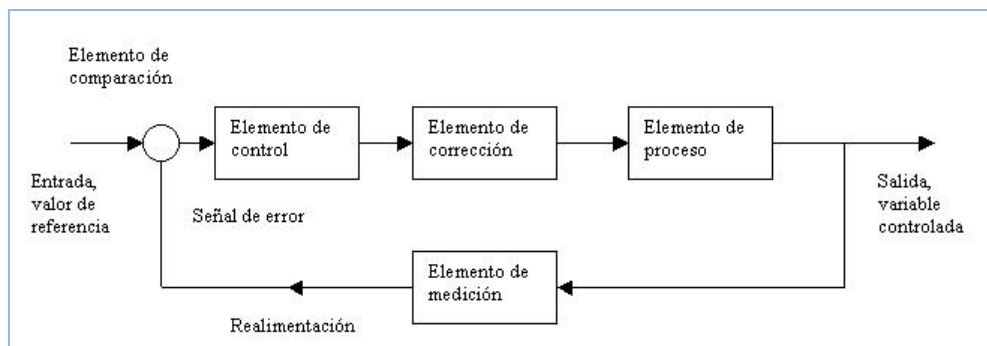
- Variable de entrada:  
Es una variable del sistema, una modificación de su magnitud o condición puede alterar el estado del sistema.
- Variable de salida:  
Es una variable del sistema cuya magnitud o condición se mide.
- Perturbación:  
Es una señal que tiende a afectar el valor de la salida de un sistema.

## 2.3. LAZO CERRADO

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control de lazo cerrado.

En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la salida a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente.

**Figura N° 02:** Control Lazo Cerrado



**Fuente:** Internet

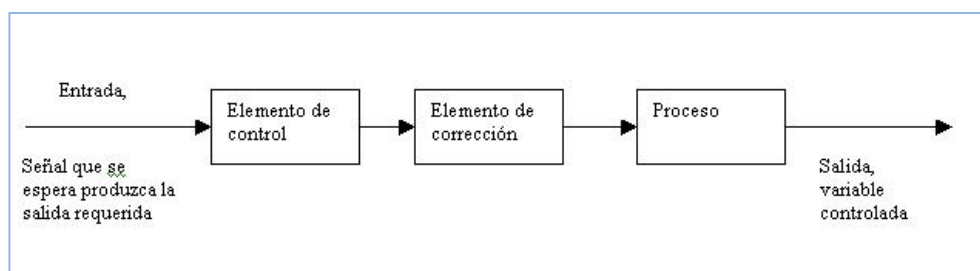
### 2.3. LAZO ABIERTO

Son los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control. En un sistema en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia.

Por tanto a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración.

**Figura N° 03:** Control Lazo Abierto



**Fuente:** Internet

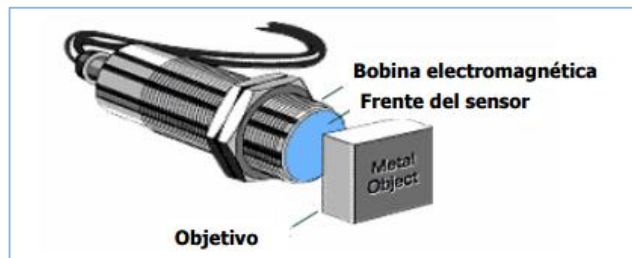
## 3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL

### 3.1. SENSORES

#### 3.1.1 SENSORES INDUCTIVOS

Los sensores de proximidad inductivos incorporan una bobina electromagnética la cual es usada para detectar la presencia de un objeto metálico conductor, este tipo de sensor ignora objeto NO metálicos.

**Figura N° 04:** Sensor Inductivo

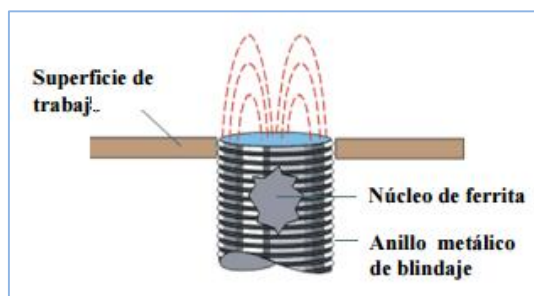


**Fuente:** Internet

#### **A. SENSORES INDUCTIVOS BLINDADOS**

- El núcleo de ferrita concentra el campo radiado en la dirección del uso
- Se le coloca alrededor del núcleo un anillo metálico para restringir la radiación lateral del campo
- Los sensores de proximidad blindados pueden ser montados al ras del metal, pero se recomienda dejar un espacio libre de metal abajo y alrededor de la superficie de sensado.

**Figura N° 05:** Sensor Inductivo Blindado

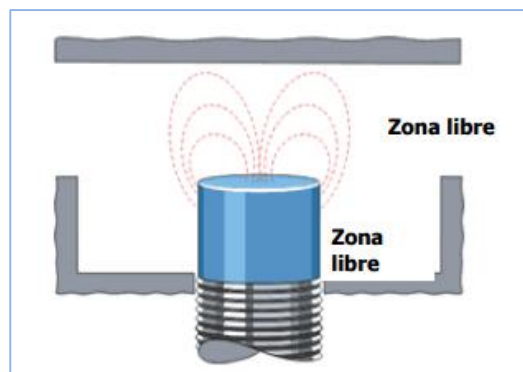


**Fuente:** Internet

## B. SENSORES INDUCTIVOS NO BLINDADOS

- Un sensor de proximidad no blindado no tiene el anillo de metal rodeando el núcleo para restringir la radiación lateral del campo
- Los sensores no blindados no pueden ser montados al ras de un metal
- Estos deben tener un área libre de metal alrededor de la superficie de sensado.

**Figura N° 06:** Sensor Inductivo NO Blindado

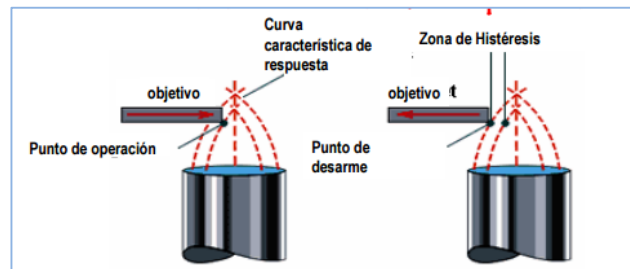


**Fuente:** Internet

## C. HISTÉRESIS

Se denomina histéresis a la diferencia entre la distancia de activación y desactivación. Cuando un objeto metálico se acerca al sensor inductivo, éste lo detecta a la "distancia de detección" o "distancia de sensado". Cuando el mismo objeto es alejado, el sensor no lo deja de detectar inmediatamente, sino cuando alcanza la "distancia de reset" o "distancia de restablecimiento", que es igual a la "distancia de detección" más la histéresis propia del sensor.

**Figura N° 07:** Características de respuesta



**Fuente:** Internet

#### **D. DISTANCIA DE SENSADO**

La distancia de sensado ( $S_n$ ) especificada en la hoja de datos de un sensor inductivo está basada en un objeto de estándar con medidas de 1" x 1" de hierro dulce. Este valor variará sensiblemente si se quiere detectar otros tipos de metales, incluso con materiales ferrosos como el acero inoxidable (SS). Para otros no ferrosos, como el aluminio, pueden ser detectados, pero a menores distancias.

#### **E. CONSIDERACIONES GENERALES**

- La superficie del objeto a detectar no debe ser menor que el diámetro del sensor de proximidad (preferentemente 2 veces más grande que el tamaño o diámetro del sensor). Si fuera menor que el 50% del diámetro del sensor, la distancia de detección disminuye sustancialmente.
- Debido a las limitaciones de los campos magnéticos, los sensores inductivos tienen una distancia de detección pequeña comparados con otros tipos de sensores. Esta distancia puede variar, en función del tipo de sensor inductivo, desde fracciones de milímetros hasta 40 mm en promedio.

- Para compensar el limitado rango de detección, existe una extensa variedad de formatos de sensores inductivos: cilíndricos, chatos, rectangulares, etc.
- Los sensores inductivos cilíndricos son los más usuales en las aplicaciones presentes en la industria.
- Posibilidad de montar los sensores tanto enrasados como no enrasados.
- Gracias a no poseer partes móviles los sensores de proximidad no sufren en exceso el desgaste.
- Gracias a las especiales consideraciones en el diseño, y al grado de protección IP67, muchos sensores inductivos pueden trabajar en ambientes adversos, con fluidos corrosivos, aceites, etc., sin perder operatividad.

## **F. TERMINOLOGIA**

Alcance nominal ( $S_n$ ):

Alcance convencional que sirve para designar el aparato. No tiene en cuenta las dispersiones (fabricación, temperatura, tensión).

Alcance real ( $S_r$ ):

El alcance real se mide con la tensión de alimentación asignada ( $U_n$ ) y a la temperatura ambiente asignada ( $T_n$ ). Debe estar comprendida entre el 90% y el 110% del alcance real ( $S_n$ ):  $0,9S_n < S_r < 1,1S_n$

Alcance útil ( $S_u$ ):

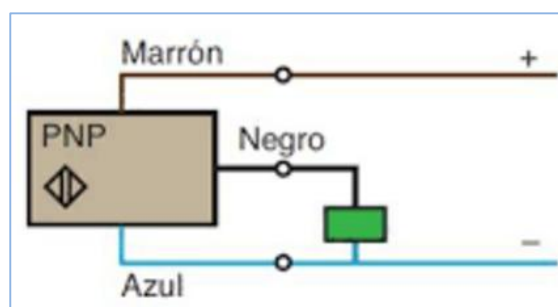
El alcance útil se mide dentro de los límites admisibles de la temperatura ambiente ( $T_a$ ) y de la tensión de la alimentación ( $U_b$ ). Debe estar comprendida entre el 90% y el 110% del alcance real:  $0,9S_r < S_u < 1,1S_r$

Alcance de trabajo ( $S_a$ ):

Es el campo de funcionamiento del aparato. Está comprendido entre el 0 y el 81% del alcance nominal ( $S_n$ ):  $0 < S_a < 0,9S_n$

## G. CONEXIÓN ELECTRICA

**Figura N° 08:** Conexión eléctrica del Sensor Inductivo



**Fuente:** Internet

### 3.1.2 SENSORES FOTOELECTRICOS

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor.

Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento.

Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

Existen tres tipos de sensores fotoeléctricos, los sensores por barrera de luz, reflexión sobre espejo o reflexión sobre objetos.

El sensor fotoeléctrico que se usa en la paletizadora es el de reflexión sobre espejo.

**Figura N° 09:** Sensor Fotoeléctrico tipo reflexión sobre espejo



**Fuente:** Internet

#### **A. SENSOR FOTOELECTRICO TIPO REFLEXIÓN SOBRE ESPEJO**

Tienen el componente emisor y el componente receptor en un solo cuerpo, el haz de luz se establece mediante la utilización de un reflector catadi-óptico.

El objeto es detectado cuando el haz formado entre el componente emisor, el reflector y el componente receptor es interrumpido.

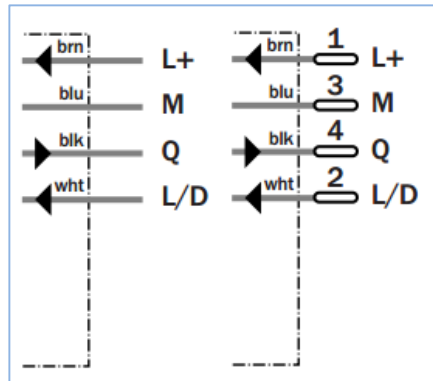
#### **B. VENTAJAS E INCONVENIENTES**

Las fotoceldas de reflexión sobre espejo se componen únicamente de un emisor y un receptor montados bajo una misma carcasa, por lo que el montaje es sencillo y rápido.



## C. CONEXIÓN ELECTRICA

**Figura N° 10:** Conexión eléctrica de Sensor Fotoeléctrico



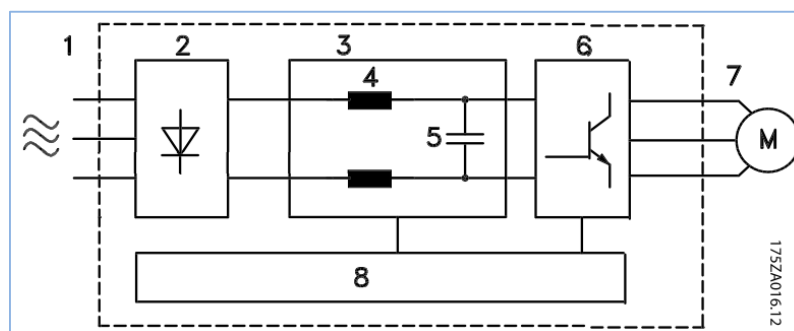
**Fuente:** Internet

### 3.2. VARIADORES DE FRECUENCIA

El convertidor de frecuencia, es la mejor solución para un arranque continuo y sin escalones de motor asíncrono trifásico. La limitación de corriente ajustable evita los picos de corriente en el suministro de red eléctrica y repentinas cargas en las partes mecánicas de la máquina y en los sistemas.

Además del arranque suave, el convertidor de frecuencia también permite el control de la velocidad del motor. Considerando que los motores estando conectados directamente a la red eléctrica sólo pueden lograr las condiciones ideales de funcionamiento en el punto de estado de funcionamiento constante (= indicación de la placa de características), pueden ser utilizados en todo el rango de velocidades con el control de frecuencia, por ejemplo, desde 4V a 0,5Hz a 400V 50Hz. La relación constante de voltaje / frecuencia (V/f) garantiza puntos independientes que operan con el par nominal de la carga (MM).

**Figura N° 11:** Diagrama de bloques del convertidor de frecuencia.



**Fuente:** [http://files.danfoss.com/documents/PE/doc\\_MG16J105.pdf](http://files.danfoss.com/documents/PE/doc_MG16J105.pdf)

**Tabla N° 01:** Leyenda (Partes de un Variador de Velocidad).

AREA	DENOMINACIÓN	FUNCIONES
1	Entrada de red	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuente de alimentación de la red de CA trifásica al convertidor de frecuencia.</li> </ul>
2	Rectificador	<ul style="list-style-type: none"> <li>El puente del rectificador convierte la entrada de CA en corriente CC para suministrar potencia al inversor</li> </ul>
3	Bus de CC	<ul style="list-style-type: none"> <li>El circuito de bus de CC intermedio trata la corriente CC.</li> </ul>
4	Reactores de CC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filtran la tensión de circuito de CC intermedio.</li> <li>Reducción de la corriente RMS</li> <li>Elevación del factor de potencia reflejado de vuelta a la línea</li> <li>Reducción de los armónicos en la entrada de CA.</li> </ul>
5	Banco de Condensadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacena la potencia de CC.</li> </ul>
6	Inversor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Convierte la CC en una forma de onda de CA PWM controlada para una salida variable controlada al motor</li> </ul>
7	Salida al motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regula la potencia de salida trifásica al motor.</li> </ul>
8	Circuitos de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>La potencia de entrada, el procesamiento interno, la salida y la intensidad del motor son monitorizadas para proporcionar un funcionamiento y un control eficientes.</li> </ul>

**Fuente:** [http://files.danfoss.com/documents/PE/doc\\_MG16J105.pdf](http://files.danfoss.com/documents/PE/doc_MG16J105.pdf)

## **A. VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD.**

- El variador de velocidad no tiene elementos móviles.
- La conexión del cableado es muy sencilla.
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- Controla la aceleración y el frenado progresivo.
- Limita la corriente de arranque.
- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo.
- Consigue un ahorro de energía cuando el motor funcione parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia
- Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo. Protege al motor.
- Puede controlarse directamente a través de un autómatas o microprocesador.
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor.
- Nos permite ver las variables (tensión, frecuencia, r.p.m, etc...).

## **B. SELECCIÓN DEL VARIADORES DE VELOCIDAD**

Para definir el equipo más adecuado para resolver una aplicación de variación de velocidad, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de carga: Par constante, par variable, potencia constante, cargas por impulsos.
- Tipo de motor: De inducción rotor jaula de ardilla o bobinado, corriente y potencia nominal, factor de servicio, rango de voltaje.
- Rangos de funcionamiento: Velocidades máximas y mínimas. Verificar necesidad de ventilación forzada del motor.

- Par en el arranque: Verificar que no supere los permitidos por el variador. Si supera el 170% del par nominal es conveniente sobredimensionar al variador.
- Frenado regenerativo: Cargas de gran inercia, ciclos rápidos y movimientos verticales requieren de resistencia de frenado exterior.
- Condiciones ambientales: Temperatura ambiente, humedad, altura, tipo de gabinete y ventilación.
- Consideraciones de la red: Micro interrupciones, fluctuaciones de tensión, armónicas, factor de potencia, corriente de línea disponible, transformadores de aislamiento.
- Consideraciones de la aplicación: Protección del motor por sobre temperatura y/o sobrecarga, contactor de aislamiento, bypass, re arranque automático, control automático de la velocidad.
- Aplicaciones especiales: Compatibilidad electromagnética, ruido audible del motor, bombeo, ventiladores y sopladores, izaje, motores en paralelo, etc.

### **C. RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN**

- Cableado:
  - En los cables de control, utilizar cable trenzado y blindado para los circuitos de consigna.
  - Debe haber una separación física entre los circuitos de potencia y los circuitos de señales de bajo nivel.
  - La tierra debe ser de buena calidad y con conexiones de baja impedancia.
  - Cables con la menor longitud posible.
  - El variador debe estar lo más cerca posible del motor.

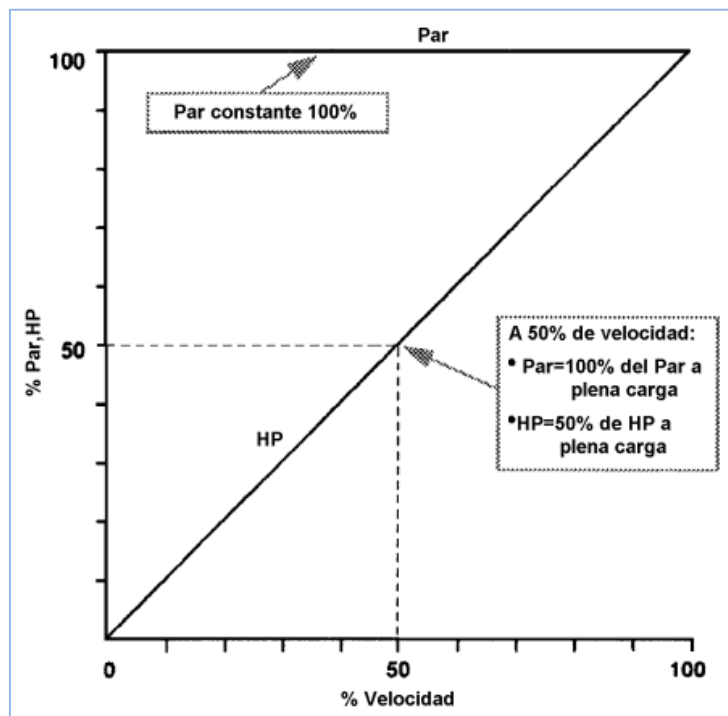
- Gabinete:
  - Metálico o al menos en una bandeja metálica conectada a la barra de tierra. En los manuales de uso de los variadores se hacen las recomendaciones en cuanto al tamaño.
- Ventilación:
  - Debe estar de acuerdo al calor disipado por el equipo a potencia nominal. Se proveen, como opcionales, ventiladores adicionales y kits de montaje de ventilación que garantizan una protección IP4 sin perder la posibilidad de una buena disipación.
- Puesta a tierra:
  - La tierra debe ser de buena calidad y con conexiones de baja impedancia. Se deberá realizar la conexión a tierra de todas las masas de la instalación, así como las carcasas de los motores eléctricos.

### **C. CARGAS DE PAR CONSTANTE**

Son cargas en las que el Par no es función de la velocidad sino que permanece constante, mientras que la potencia varía linealmente con la velocidad. Las aplicaciones típicas son:

- Bandas transportadoras
- Bombas de desplazamiento positivo
- Grúas

**Figura N° 12:** Comportamiento de Cargas de Par Constante.



**Fuente:** <http://www.waterymex.org>

### 3.3. MOTORES AC

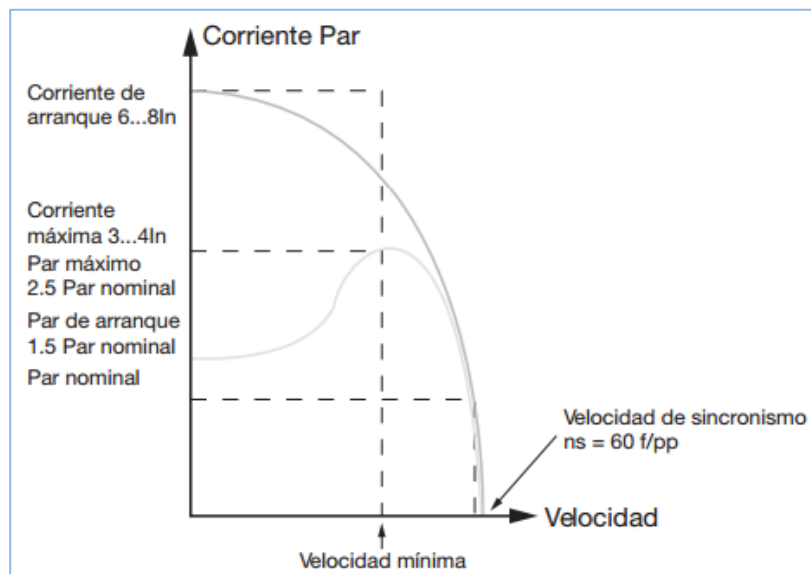
Los motores asíncronos trifásicos pueden incluirse entre las máquinas eléctricas más fiables que existen; desarrollan su función durante muchos años con intervenciones de mantenimiento muy reducidas.

Los motores se utilizan en los sectores industriales más variados, como por ejemplo las industrias alimentaria, química, metalúrgica, papelera, minera o las instalaciones de tratamiento de aguas.

Las aplicaciones incluyen máquinas con piezas móviles a velocidad fija o variable, como por ejemplo los sistemas de elevación, como:

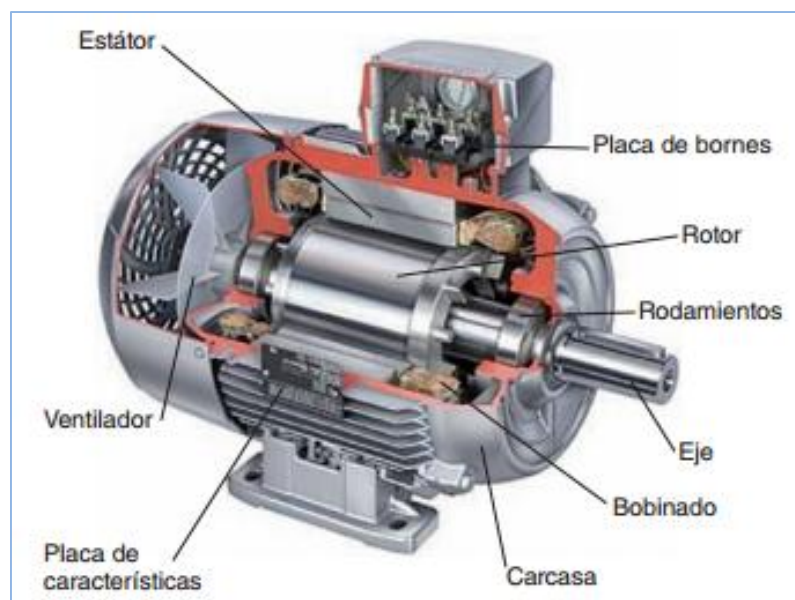
ascensores o montacargas; cintas transportadoras; los sistemas de ventilación y climatización, sin olvidar el que es probablemente el uso más común: las bombas y los compresores.

**Figura N° 13:** Curva Par - Velocidad.



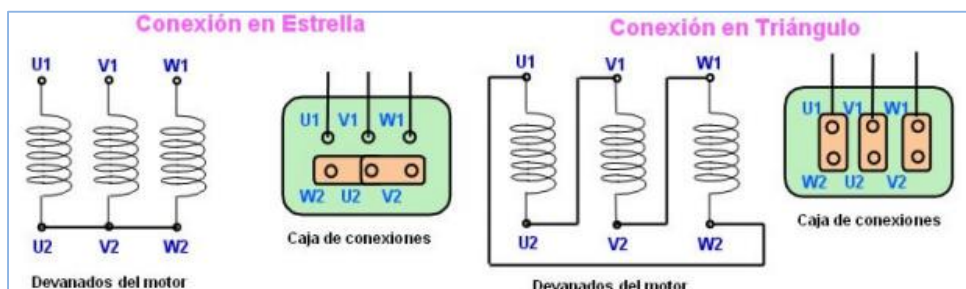
**Fuente:** <http://www.schneider-electric.com.ar>

**Figura N° 14:** Partes de un motor Asíncrono.



**Fuente:** <http://assets.mheducation.es>

**Figura N° 15:** Conexión de los Devanados de un motor Asíncrono.

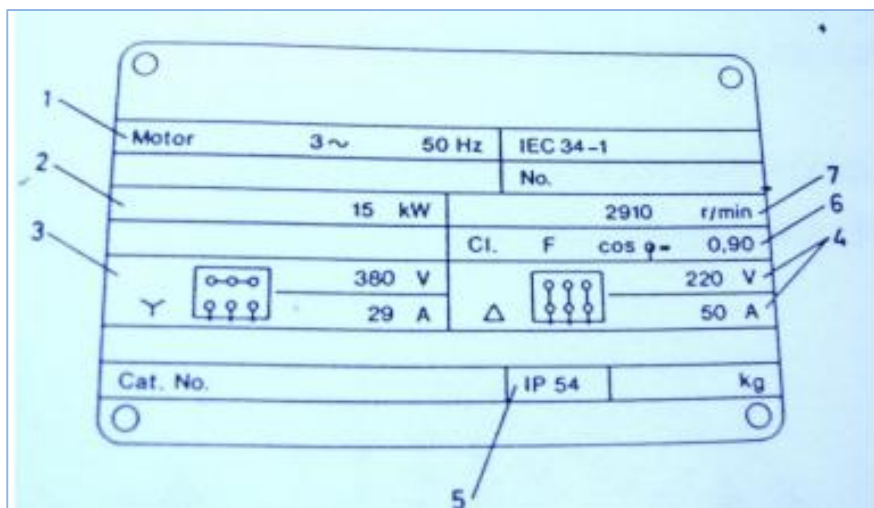


**Fuente:** <http://www1.frm.utn.edu.ar>

### 3.3.1. COMO LEER UNA PLACA DE MOTOR

El dibujo de la siguiente figura representa un ejemplo de una placa de características que corresponde a un motor trifásico. Seguidamente se analiza en detalle los distintos datos y su significado.

**Figura N° 16:** Ejemplo de placa de un motor Asíncrono.



**Fuente:** <http://platea.pntic.mec.es>



1. Se trata de un motor trifásico de corriente alterna a 50 Hz
2. Potencia nominal o asignada en el eje del motor 15 kW.
3. Los bobinados se pueden conectar en estrella hasta una tensión máxima de 380V, circulando en ese caso una corriente por cada línea de alimentación de 29A
4. En conexión triángulo la tensión compuesta entre las fases de alimentación podrá ser máximo de 220 V, en cuyo caso circulará por cada una de las líneas de alimentación 50 A
5. Indica el grado de protección de la carcasa del motor contra agentes externos, atendiendo a la clasificación establecida por la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), para nuestro caso:  
IP54: Carcasa protegida a prueba de polvo y proyecciones de agua

Otras opción:

IP55: Carcasa protegida a prueba de polvo y chorros de agua

6. El F nos indica la clase del motor en lo que se refiere a la máxima temperatura de funcionamiento y tipo de aislamiento, en este caso clase F nos indica que puede funcionar hasta una temperatura máxima de 155°C.

Por otro lado, el  $\cos \phi = 0,9$  es el factor de potencia

7. Velocidad del rotor con tensión, corrientes nominales en carga 2910 r.p.m.
8. Dado que la frecuencia es 50 Hz, el motor será de 2 polos, siendo su velocidad de sincronismo 3000 r.p.m.

Con estos datos podemos calcular el deslizamiento  $s = 3000 - 2910 = 90$  r.p.m. (típicamente en la práctica estos datos suelen variar un  $\pm 10\%$  del valor dado por el fabricante)

### **3.4. AUTÓMATAS PROGRAMABLES (PLC's)**

#### **3.4.1. INTRODUCCIÓN**

Un Controlador Lógico Programable (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

#### **3.4.2. CAMPOS DE APLICACIÓN**

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

### **3.4.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES**

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente.

#### **A. VENTAJAS**

Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

- No es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.

- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

## **B. INCONVENIENTES**

- Hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.

### **3.4.4. NUEVAS FUNCIONES**

#### **A. REDES DE COMUNICACIÓN:**

Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden intercambiar tablas de memoria compartida.

#### **B. SISTEMAS DE SUPERVISIÓN:**

También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

### **C. CONTROL DE PROCESOS CONTINUOS:**

Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

### **D. ENTRADAS- SALIDAS DISTRIBUIDAS:**

Los módulos de entrada salida no tienen por qué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

### **E. BUSES DE CAMPO:**

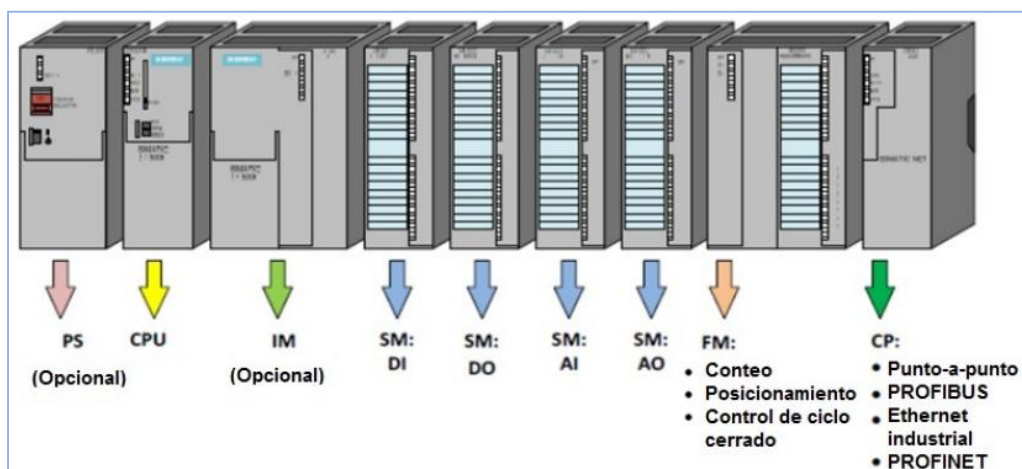
Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

#### **3.4.5. ESTRUCTURA MODULAR**

Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el autómata como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.

La sujeción de los mismos se hace por carril DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

**Figura N° 17:** Estructura Modular.



**Fuente:** <http://www.ieec.uned.es>

## **A. FUENTE DE ALIMENTACIÓN (PS)**

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. La alimentación a la CPU puede ser de continua a 24 Vcc, tensión muy frecuente en cuadros de distribución, o en alterna a 110/220 Vca.

En cualquier caso es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

La alimentación a los circuitos E/S puede realizarse, según tipos, en alterna a 48/110/220 Vca o en continua a 12/24/48 Vcc.

La fuente de alimentación del autómatas puede incorporar una batería, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el autómatas.

## **B. CPU**

La CPU (Central Processing Unit) es la parte inteligente del sistema. Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas.

## **C. ENTRADAS Y SALIDAS (SM)**

### **C.1. ENTRADAS DIGITALES**

Los módulos de entrada digitales permiten conectar al autómata, captadores de tipo todo o nada como finales de carrera pulsadores. Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un "1" y cuando llegan cero voltios se interpreta como un "0". El proceso de adquisición de la señal digital consta de varias etapas.

- Protección contra sobretensiones
- Filtrado
- Puesta en forma de la onda
- Aislamiento galvánico o por optoacoplador.

### **C.2. SALIDAS DIGITALES**

Un módulo de salida digital permite al autómata programable actuar sobre los pre-accionadores y accionadores que admitan ordenes de tipo todo o nada.

El valor binario de las salidas digitales se convierte en la apertura o cierre de un relé interno del autómata en el caso de módulos de salidas a relé.

En los módulos estáticos (bornero), los elementos que conmutan son los componentes electrónicos como transistores o triacs, y en los módulos electromecánicos son contactos de relés internos al módulo.

Los módulos de salidas estáticas al suministrar tensión, solo pueden actuar sobre elementos que trabajan todos a la misma tensión, en cambio los módulos de salida electromecánicos, al ser libres de tensión, pueden actuar sobre elementos que trabajen a tensiones distintas.

El proceso de envío de la señal digital consta de varias etapas:

- Puesta en forma
- Aislamiento
- Circuito de mando (relé interno)
- Protección electrónica
- Tratamiento cortocircuitos

#### **D. LA PROGRAMACIÓN**

El sistema de programación permite, mediante las instrucciones del autómatas, confeccionar el programa de usuario. Posteriormente el programa realizado, se trasfiere a la memoria de programa de usuario.

Una memoria típica permite almacenar como mínimo hasta mil instrucciones con datos de bit, y es del tipo lectura/escritura, permitiendo la modificación del programa cuantas veces sea necesario.

Tiene una batería para mantener el programa si falla la tensión de alimentación. La programación del autómatas consiste en el establecimiento de una sucesión ordenada de instrucciones, escritas en un lenguaje de programación concreto.

Estas instrucciones están disponibles en el sistema de programación y resuelven el control de un proceso determinado.



## **D.1. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN**

Cuando hablamos de los lenguajes de programación nos referimos a diferentes formas de poder escribir el programa usuario.

Los softwares actuales nos permiten traducir el programa usuario de un lenguaje a otro, pudiendo así escribir el programa en el lenguaje que más nos conviene.

Existen varios tipos de lenguaje de programación, los lenguajes de programación más empleados en la actualidad son LD (Ladder), LI (Lista de Instrucciones) y Bloques.

### **D.1.1. CONTACTOS**

Es un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés, que mediante símbolos representa contactos, solenoides.

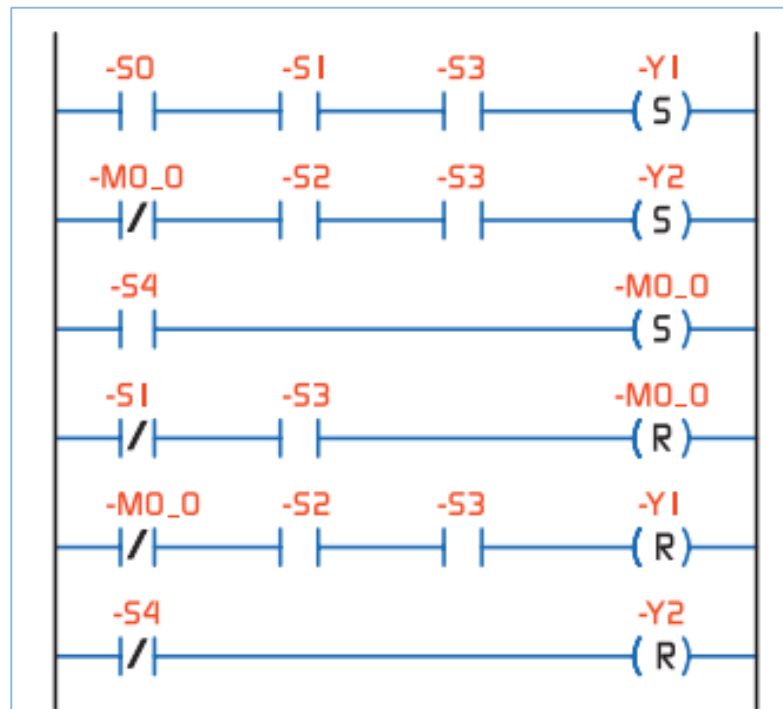
Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

Podemos encontrar los siguientes contactos:

- Contacto abierto
- Contacto cerrado
- Bobina SET
- Bobina RESET

Los cuales se muestran en la siguiente figura:

**Figura N° 18:** Símbolos de Contactos, Lenguaje Ladder



**Fuente:** Internet

Los elementos básicos que configuran la función se representan entre dos líneas verticales que simbolizan las líneas de alimentación. Para las líneas de función más complejas como temporizadores, registros de desplazamiento, etc., se emplea el formato de bloques.

Estos no están formalizados, aunque guardan una gran similitud entre sí para distintos fabricantes y resultan mucho más expresivos que si se utiliza para el mismo fin el lenguaje en lista de instrucciones o mnemónico.

### **3.5. HMI**

HMI significa “Human Machine Interface”, es decir es el dispositivo o sistema que permite la interacción entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso.

En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas, como mostraremos a continuación.

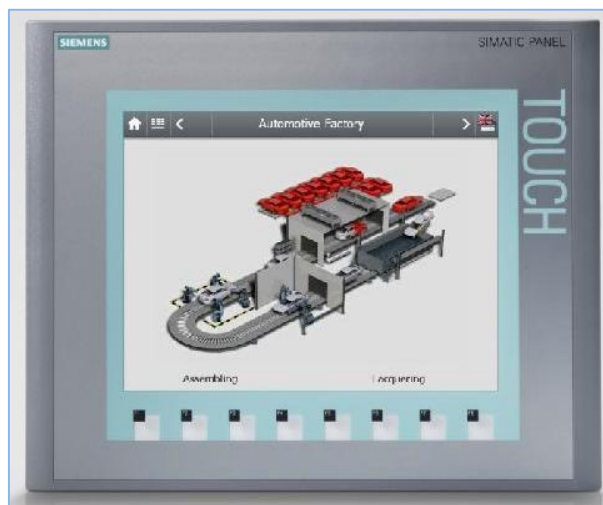
#### **SOFTWARE:**

Permiten entre otras cosas las siguientes funciones: Interface gráfica de modo de poder ver el proceso e interactuar con él, registro en tiempo real e histórico de datos, manejo de alarmas.

Si bien es cierto sólo con la primera función enunciada es la propiamente HMI, casi todos los proveedores incluyen las otras dos ya sea en el mismo paquete o bien como opcionales.

También es normal que dispongan de muchas más herramientas. Al igual que en los terminales de operador, se requiere de una herramienta de diseño o desarrollo, la cual se usa para configurar la aplicación deseada, y luego debe quedar corriendo en el PC un software de ejecución (Run Time).

**Figura N° 19:** HMI Siemens KTP1000



**Fuente:** Internet

### 3.6. FUNCIONAMIENTO DE LA PALETIZADORA

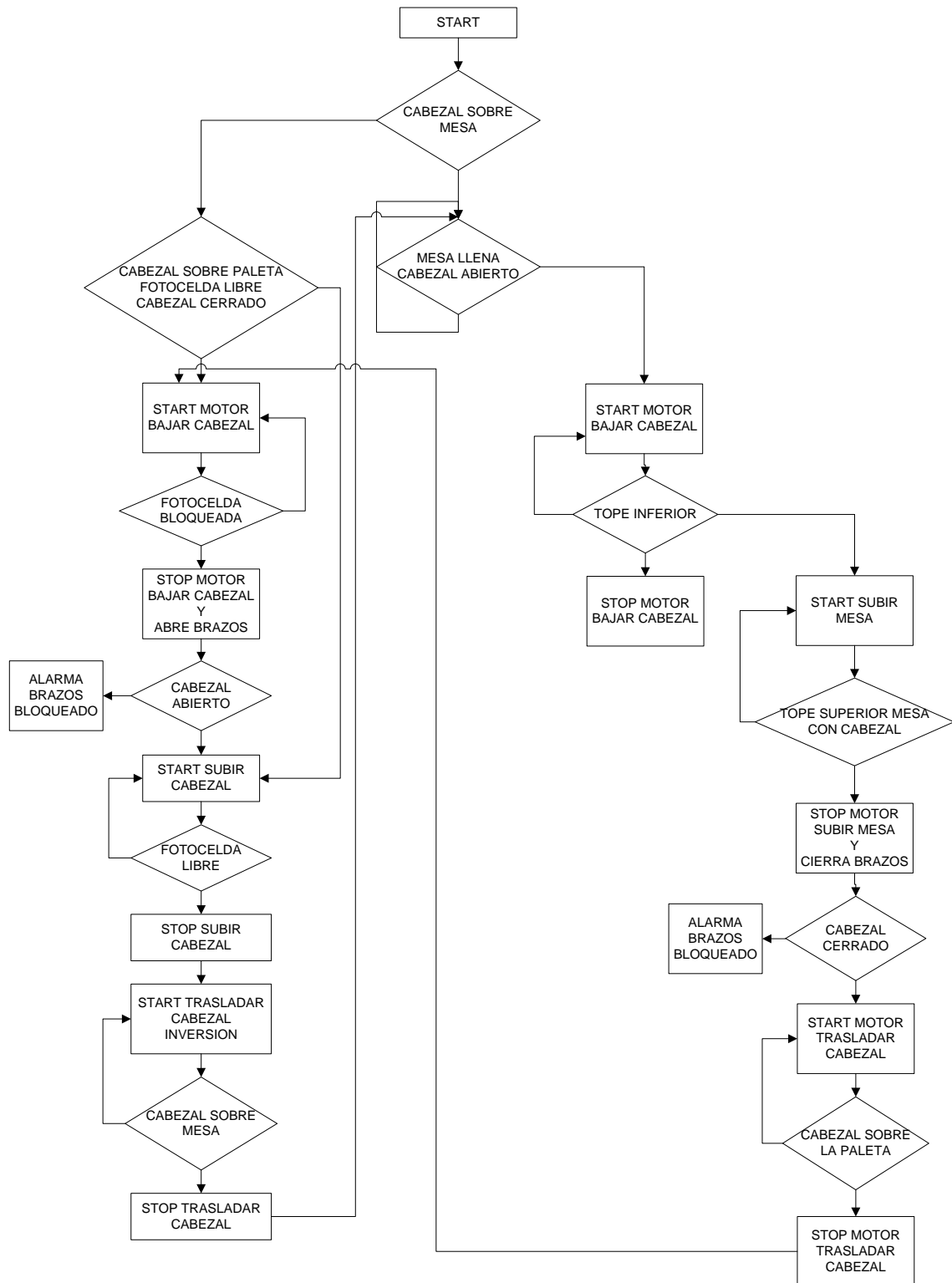
La Paletizadora es la máquina diseñada apilar las cajas en los palets.

**Figura N° 20:** Paletizadora de Cajas



**Fuente:** Internet

### 3.6.1. DIAGRAMA DE FLUJO - LOGICA DE CONTROL DE PALETIZADO



### **CAPITULO III**

## **RESULTADOS Y DISCUCION**

## 1. ESPECIFICACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

**Tabla N° 02:** Listado de Equipos

TAG	DESCRIPCIÓN	POTENCIA
4U2	SUBIR/BAJAR CABEZAL	2.2 Kw
5U2	TRASLACIÓN DE CABEZAL	1.5 Kw
6U2	SUBIR/BAJAR MESA DE ELEVACIÓN	2.2 Kw

**Fuente:** Elaboración Propia

### 1.1. HOJA DE DATOS DE VARIADOR DE VELOCIDAD

**Tabla N° 03:** Requerimientos mínimos del Variador de Velocidad

Manufacture		DANFOSS	
Modelo		FC302	
Potencia		Según Tabla N°01	
Alimentación		380 - 480 Vac	
Entrada Analógica	Entradas Digitales	2 (Tensión y Corriente)	4, Programables (PNP y NPN)
Salida Analógica	Salidas Digitales	1, Tipo 4 - 20 mA	2, Tipo 24 Vdc y 2, Tipo Relé
Grado de Protección		IP 55	
Protecciones Eléctricas del Variador		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección Térmica del Motor en caso de Sobre Carga</li> <li>• Protección Contra Cortocircuitos en los terminales del motor</li> <li>• Protección contra falta de fase</li> <li>• Protección contra falla a Tierra en los terminales del motor</li> </ul>	
Display de Configuración		SI, Alfa numérico	

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura N° 21:** Variador de Velocidad FC302.



**Fuente:** <http://www.vlt-drives.com.ua>



## 2. ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

### 2.1. DIMENSIONAMIENTO DEL PLC

#### 2.1.1. HOJA DE DATOS DEL CPU

**Tabla N° 04:** Requerimientos mínimos del CPU

Manufactura	Siemens
Modelo	S7300
Tipo	315-2EH14-0AB0
Alimentación	24 Vdc
Memoria	384 Kbyte
Protocolo de Comunicación	1 Interface MPI/DP 12 Mbit/s 1 Interface Ethernet Profinet

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura N° 22:** CPU 315-2EH14-0AB0



**Fuente:** <http://www.siemens.com>

### 2.1.2. HOJA DE DATOS DE MODULO DE ENTRADAS DIGITALES

**Tabla N° 05:** Requerimientos mínimos del Módulo de Entradas Digitales

Manufactura	SIEMENS
Modelo	S7300
Tipo	321-1BH02-0AA0
Alimentación	24 Vdc
Número de Canales	16
Tipo	PNP o NPN
Consumo de Corriente por Canal	10 mA

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 23:** Modulo de Entradas Digitales 322-1BH01-0AA0



Fuente: <http://www.siemens.com>

### 2.1.3. HOJA DE DATOS DE MODULO DE SALIDAS DIGITALES

**Tabla N° 06:** Requerimientos mínimos del Módulo de Salidas Digitales

Manufactura	SIEMENS
Modelo	S7300
Tipo	322-1BH01-0AA0
Alimentación	24 Vdc
Número de Canales	16
Tipo	Aisladas Ópticamente
Consumo de Corriente por Canal	0.5 A

Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 24:** Modulo de Salidas Digitales 322-1BH01-0AA0



Fuente: <http://www.siemens.com>

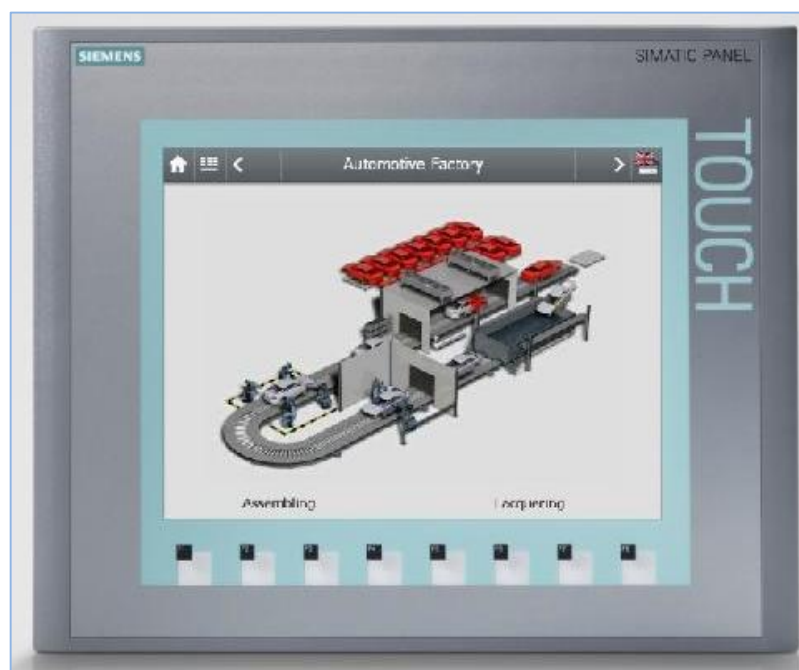
#### 2.1.4. HOJA DE DATOS DEL HMI (INTERFACE HOMBRE-MÁQUINA)

**Tabla N° 07:** Requerimientos mínimos del HMI (Interface Hombre Máquina)

Manufacture	SIEMENS
Modelo	6AV6647-0AE11-3AX0
Tamaño	14"
Tipo	TFT, LCD color
Touchscreen	SI
Resolución	VGA 640 x 480
Alimentación	24 Vdc
Protocolo de Comunicación	Profibus Dp

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura N° 25:** HMI KTP1000 Basic DP



**Fuente:** <http://www.siemens.com>

### 3. DESARROLLO DE ALGORITMOS DE CONTROL

#### 3.1. CONFIGURACIÓN DEL PLC

Figura N° 26: Configuración del PLC

Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Dirección S
1						
2	<b>CPU 315-2PN/DP</b>	<b>6ES7 315-2EH14-0AB0</b>	<b>V3.1</b>			
X1	<i>MPI/DP</i>				204.7*	
X2	<i>PN-IQ</i>				204.6*	
X2.1	<i>Puerto 1</i>				204.5*	
X2.1	<i>Puerto 2</i>				204.4*	
3						
4	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0				32...33
5	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0			32...33	
6	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0				0...1
7	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0			12...13	
8	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0				4...5
9	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0			6...7	

Fuente: Elaboración propia

#### RACK 0

Slot 0: CPU 315 2PN/DP: 6ES7-315-2EH14-0AB0

Slot 4: Módulo de salidas digitales: 6ES7-322-1BH01-0AA0

Slot 5: Módulo de entradas digitales: 6ES7-321-1BH02-0AA0

Slot 6: Módulo de salidas digitales: 6ES7-322-1BH01-0AA0

Slot 7: Módulo de entradas digitales: 6ES7-321-1BH02-0AA0

Slot 8: Módulo de salidas digitales: 6ES7-322-1BH01-0AA0

Slot 9: Módulo de entradas digitales: 6ES7-321-1BH02-0AA0

### 3.2. DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

<b>RACK</b>	<b>0</b>
<b>SLOT</b>	<b>4</b>
<b>TIPO MODULO</b>	<b>SALIDAS DIGITALES</b>
<b>MODELO</b>	<b>322-1BH01-0AA0</b>
<b>DIRECCION DE PLC</b>	<b>DESCRIPCION</b>
A32.0	START SUBIR/BAJAR CABEZAL
A32.1	REVERSA SUBIR/BAJAR CABEZAL
A32.2	RESERVA
A32.3	START TRASLACIÓN DE CABEZAL
A32.4	REVERSA TRASLACION DE CABEZAL
A32.5	RESERVA
A32.6	RESERVA
A32.7	RESERVA
A33.0	START SUBIR/BAJAR MESA DE ELEVACIÓN
A33.1	REVERSA SUBIR/BAJAR MESA DE ELEVACIÓN
A33.2	RESERVA
A33.3	RESERVA
A33.4	RESERVA
A33.5	RESERVA
A33.6	RESERVA
A33.7	RESERVA

<b>RACK</b>	<b>0</b>
<b>SLOT</b>	<b>5</b>
<b>TIPO MODULO</b>	<b>ENTRADAS DIGITALES</b>
<b>MODELO</b>	<b>321-1BH02-0AA0</b>
<b>DIRECCION DE PLC</b>	<b>DESCRIPCION</b>
E32.0	ELEVADOR BLOQUEADO BAJAR CABEZAL IZQUIERDO
E32.1	ELEVADOR BLOQUEADO BAJAR CABEZAL DERECHO
E32.2	ELEVADOR BLOQUEADO BAJAR MESA IZQUIERDA
E32.3	ELEVADOR BLOQUEADO BAJAR MESA DERECHA
E32.4	CABEZAL SOBRE LA MESA
E32.5	RESERVA
E32.6	RESERVA
E32.7	CABEZAL SOBRE LA PALETA
E33.0	CABEZAL ABIERTO
E33.1	CABEZAL CERRADO
E33.2	RESERVA
E33.3	CAMINO LIBRE
E33.4	RESERVA
E33.5	CONFIRMACION DE ARRANQUE SUBIR / BAJAR CABEZAL
E33.6	CONFIRMACION DE ARRANQUE TRASLACION DE CABEZAL
E33.7	CONFIRMACION DE ARRANQUE SUBIR/BAJAR MESA DE ELEVACION

<b>RACK</b>	<b>0</b>
<b>SLOT</b>	<b>6</b>
<b>TIPO MODULO</b>	<b>SALIDAS DIGITALES</b>
<b>MODELO</b>	<b>322-1BH01-0AA0</b>
<b>DIRECCION DE PLC</b>	<b>DESCRIPCION</b>
A0.0	RESERVA
A0.1	RESERVA
A0.2	RESERVA
A0.3	RESERVA
A0.4	RESERVA
A0.5	RESERVA
A0.6	RESERVA
A0.7	RESERVA
A1.0	RESERVA
A1.1	RESERVA
A1.2	RESERVA
A1.3	RESERVA
A1.4	RESERVA
A1.5	RESERVA
A1.6	RESERVA
A1.7	RESERVA



<b>RACK</b>	<b>0</b>
<b>SLOT</b>	<b>7</b>
<b>TIPO MODULO</b>	<b>ENTRADAS DIGITALES</b>
<b>MODELO</b>	<b>321-1BH02-0AA0</b>
<b>DIRECCION DE PLC</b>	<b>DESCRIPCION</b>
E12.0	RESERVA
E12.1	RESERVA
E12.2	RESERVA
E12.3	RESERVA
E12.4	RESERVA
E12.5	RESERVA
E12.6	RESERVA
E12.7	RESERVA
E13.0	RESERVA
E13.1	RESERVA
E13.2	RESERVA
E13.3	RESERVA
E13.4	RESERVA
E13.5	RESERVA
E13.6	RESERVA
E13.7	RESERVA

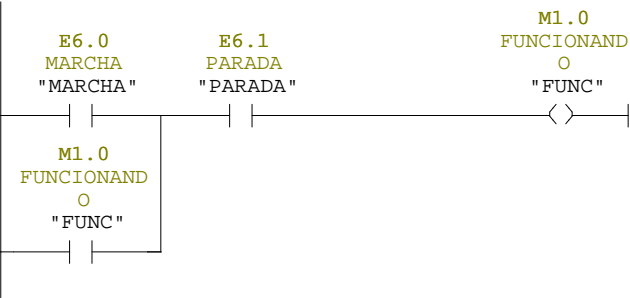
<b>RACK</b>	<b>0</b>
<b>SLOT</b>	<b>8</b>
<b>TIPO MODULO</b>	<b>SALIDAS DIGITALES</b>
<b>MODELO</b>	<b>322-1BH01-0AA0</b>
<b>DIRECCION DE PLC</b>	<b>DESCRIPCION</b>
A4.0	ABRIR/CERRAR CABEZAL
A4.1	RESERVA
A4.2	RESERVA
A4.3	RESERVA
A4.4	FRENO DE MOTOR ELEVACION CABEZAL
A4.5	FRENO DE MOTOR ELEVACION MESA
A4.6	RESERVA
A4.7	RESERVA
A5.0	RESERVA
A5.1	RESERVA
A5.2	RESERVA
A5.3	RESERVA
A5.4	RESERVA
A5.5	RESERVA
A5.6	RESERVA
A5.7	RESERVA

<b>RACK</b>	<b>0</b>
<b>SLOT</b>	<b>9</b>
<b>TIPO MODULO</b>	<b>ENTRADAS DIGITALES</b>
<b>MODELO</b>	<b>321-1BH02-0AA0</b>
<b>DIRECCION DE PLC</b>	<b>DESCRIPCION</b>
E6.0	MARCHA PANEL HMI
E6.1	PARO PANEL HMI
E6.2	RESERVA
E6.3	RESERVA
E6.4	RESERVA
E6.5	RESERVA
E6.6	RESERVA
E6.7	RESERVA
E7.0	TOPE SUPERIOR MESA CON CABEZAL
E7.1	TOPE SUPERIOR MESA SIN CABEZAL
E7.2	TOPE INFERIOR MESA
E7.3	TOPE INFERIOR
E7.4	TOPE SUPERIOR
E7.5	BLOQUEAR BAJAR EN CAMA 2
E7.6	SEGURIDAD OPERADOR FOTOCELDA
E7.7	RESERVA

### **3.3. PROGRAMA DEL PLC, EN LENGUAJE LADDER**

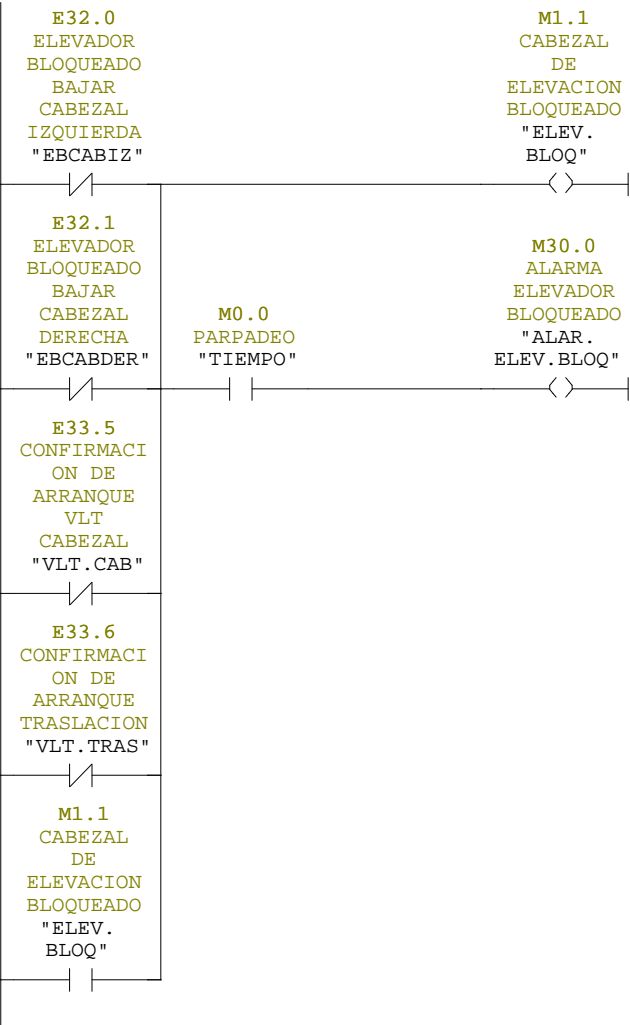
Bloque: FC1

Segm.: 1      FUNCIONANDO



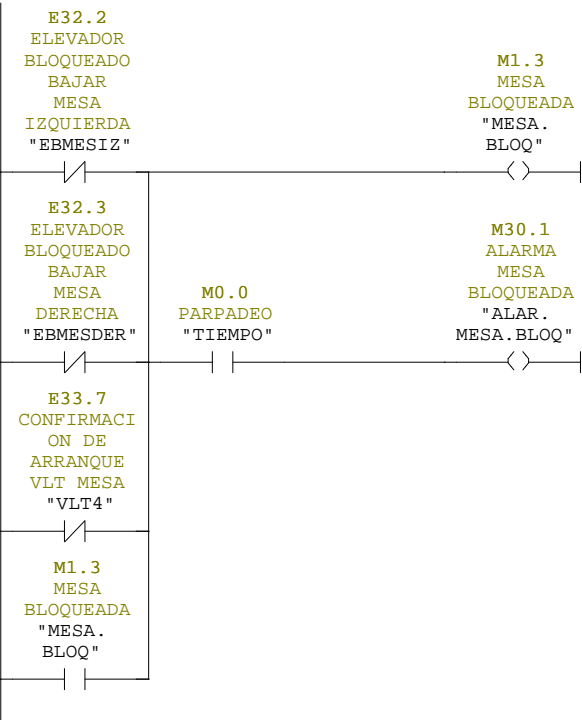
Segm.: 2

CABEZAL DE ELEVACION BLOQUEADO

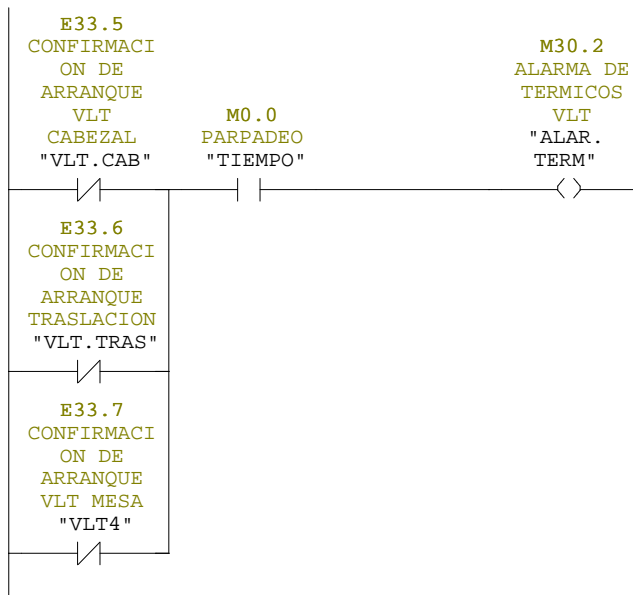


Segm.: 3

MESA BLOQUEADA



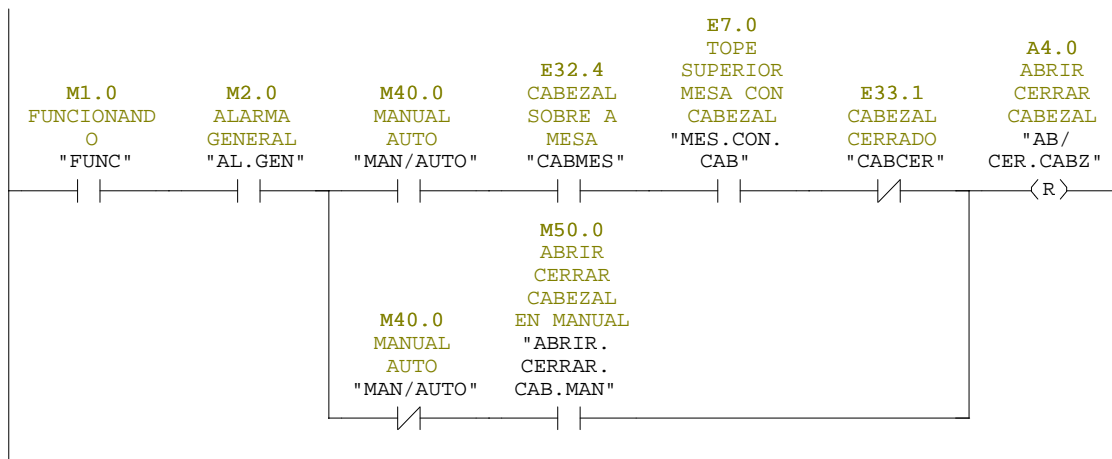
Segm.: 4 TERMICOS



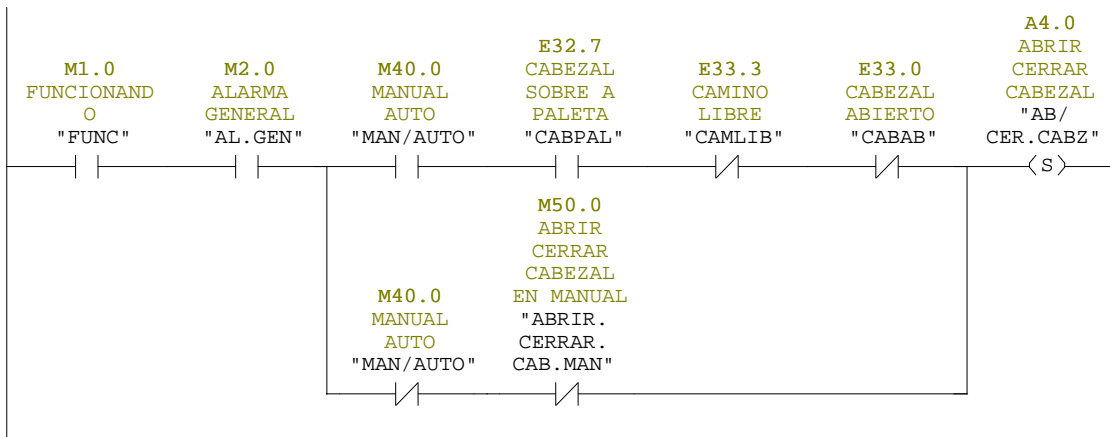
Segm.: 5 ALARMA GENERAL



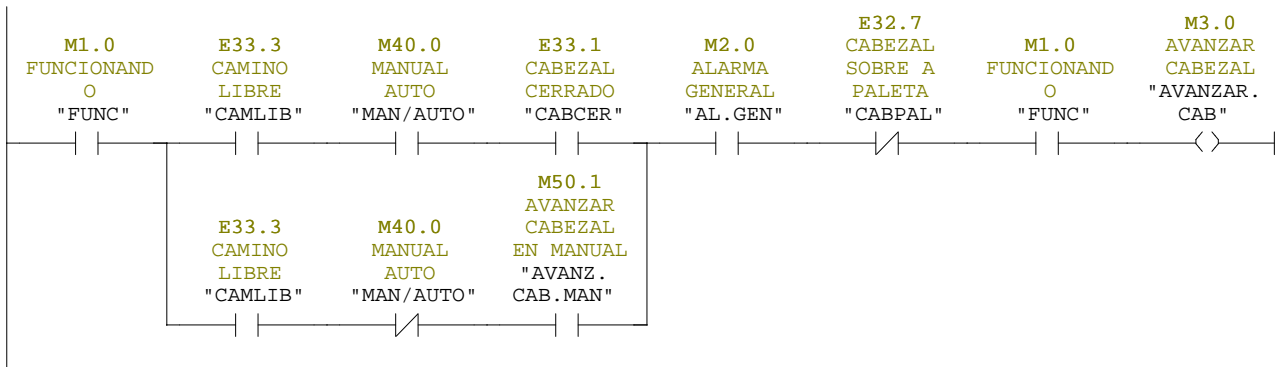
Segm.: 6 CERRAR CABEZAL



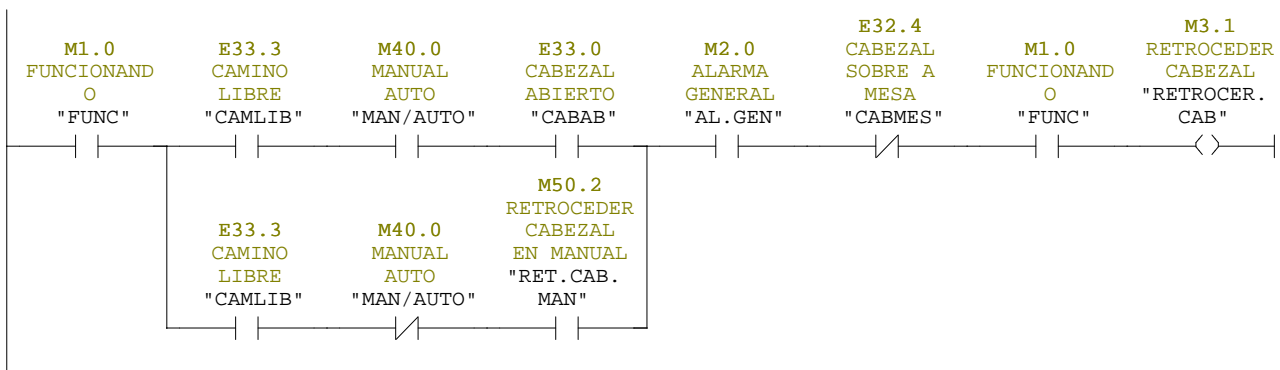
## Segm.: 7 ABRIR CABEZAL



## Segm.: 8 AVANZAR CABEZAL



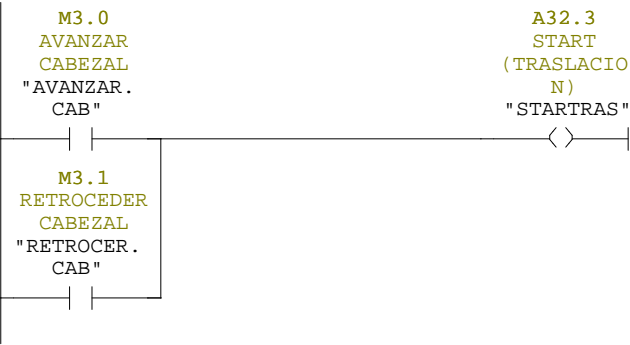
## Segm.: 9 RETROCEDER CABEZAL





Segm.: 10

START (TRASLACION CABEZAL)



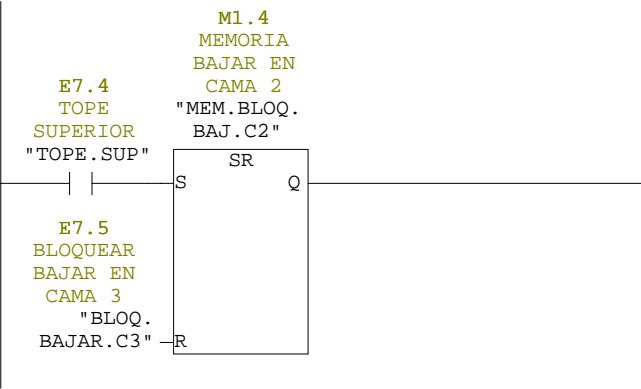
Segm.: 11

INVERSION DE MARCHA (TRASLACION CABEZAL)

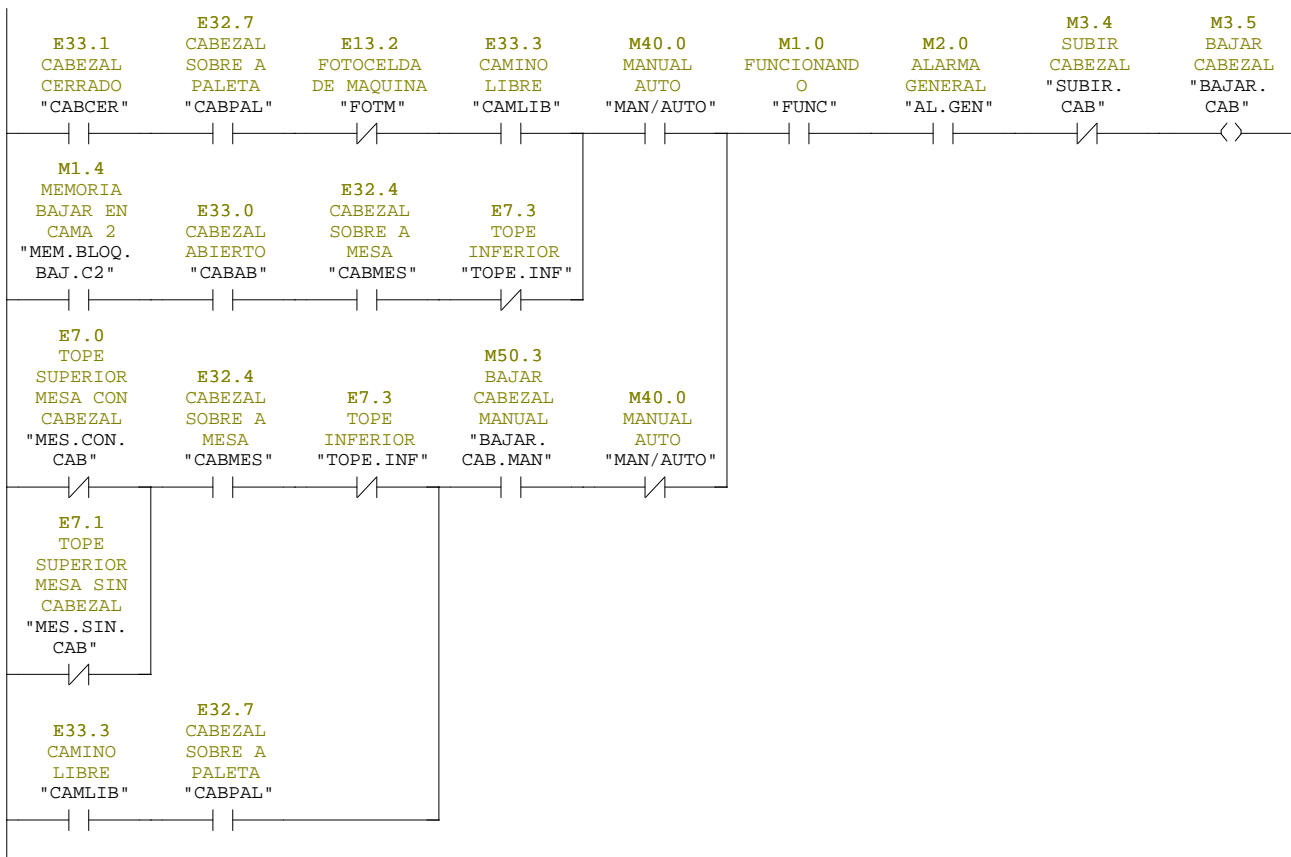


Segm.: 12

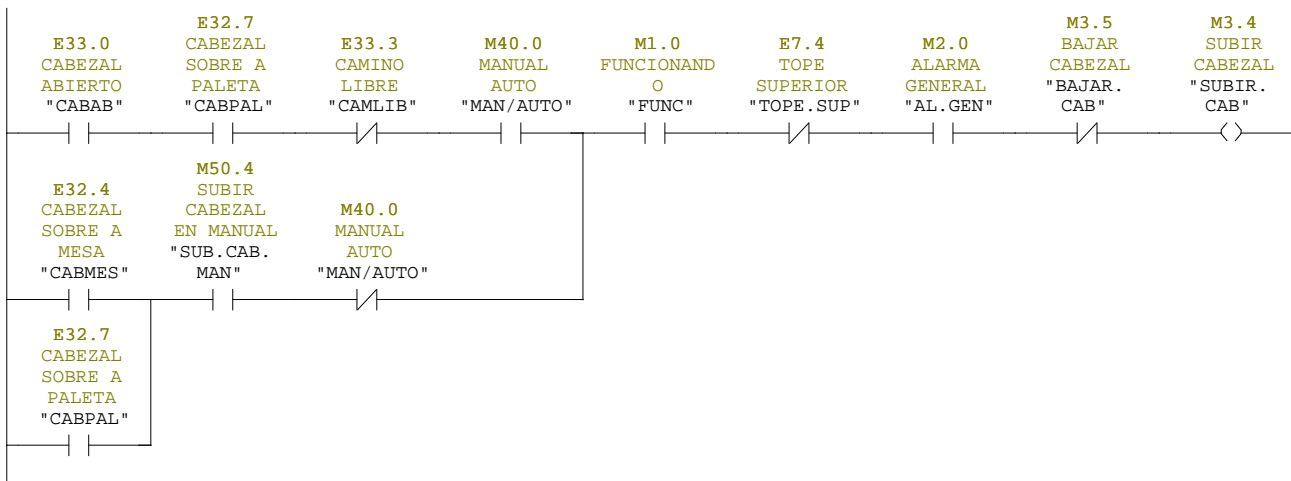
MEMORIA NO BAJAR CABEZAL A PARTIR DE CAMA 2



## Segm.: 13 BAJAR CABEZAL



## Segm.: 14 SUBIR CABEZAL



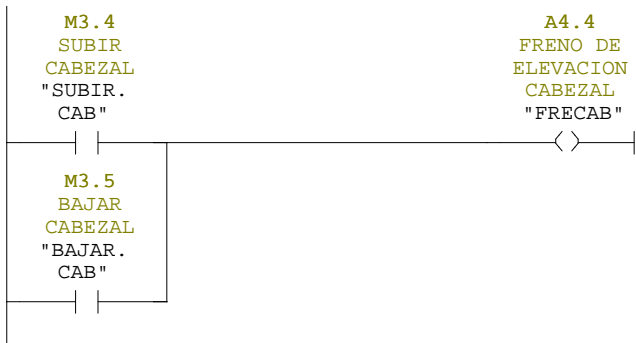
Segm.: 15      START (ELEVACION CABEZAL)



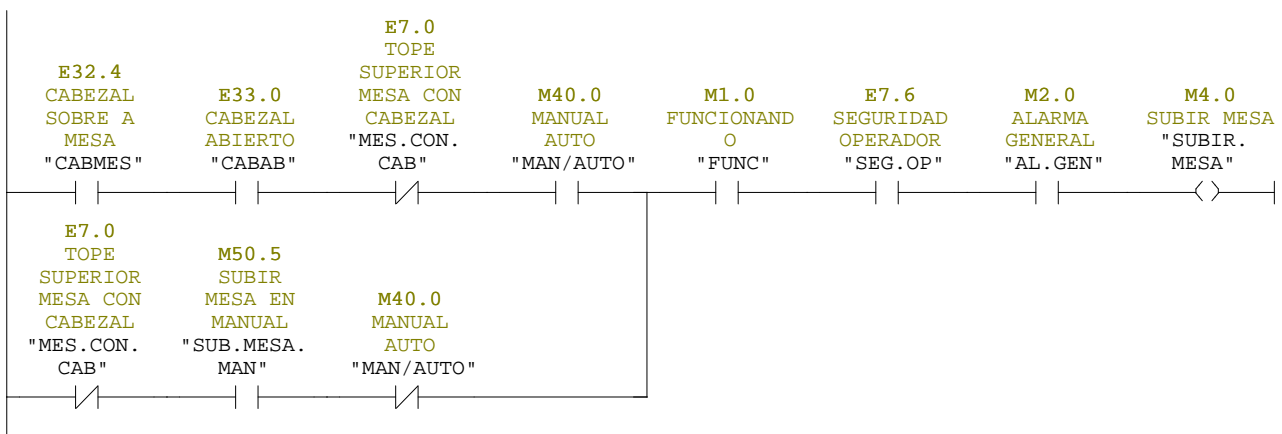
Segm.: 16      INVERSION DE MARCHA (ELEVACION CABEZAL)



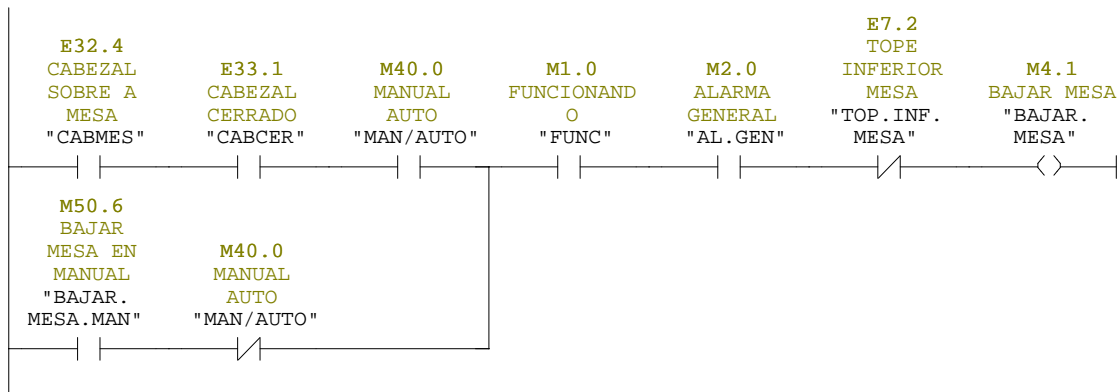
Segm.: 17      FRENO DE ELEVACION CABEZAL



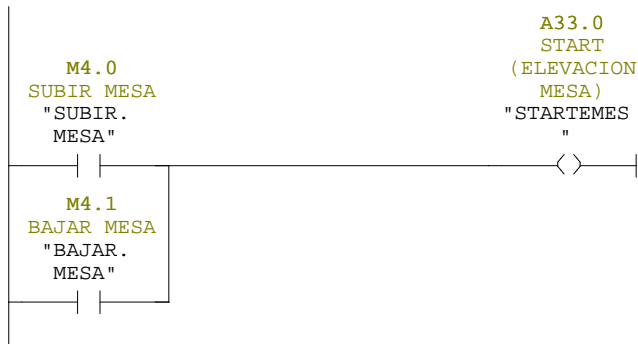
Segm.: 18      SUBIR MESA



Segm.: 19 BAJAR MESA



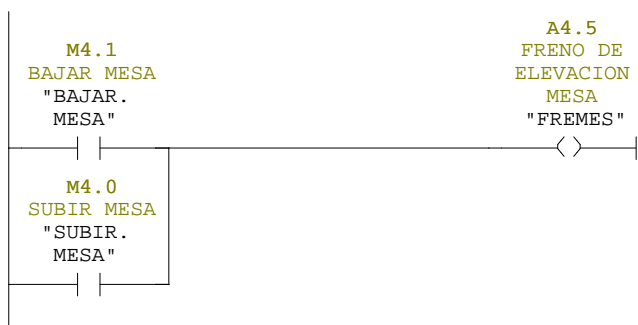
Segm.: 20 START (ELEVACION MESA)



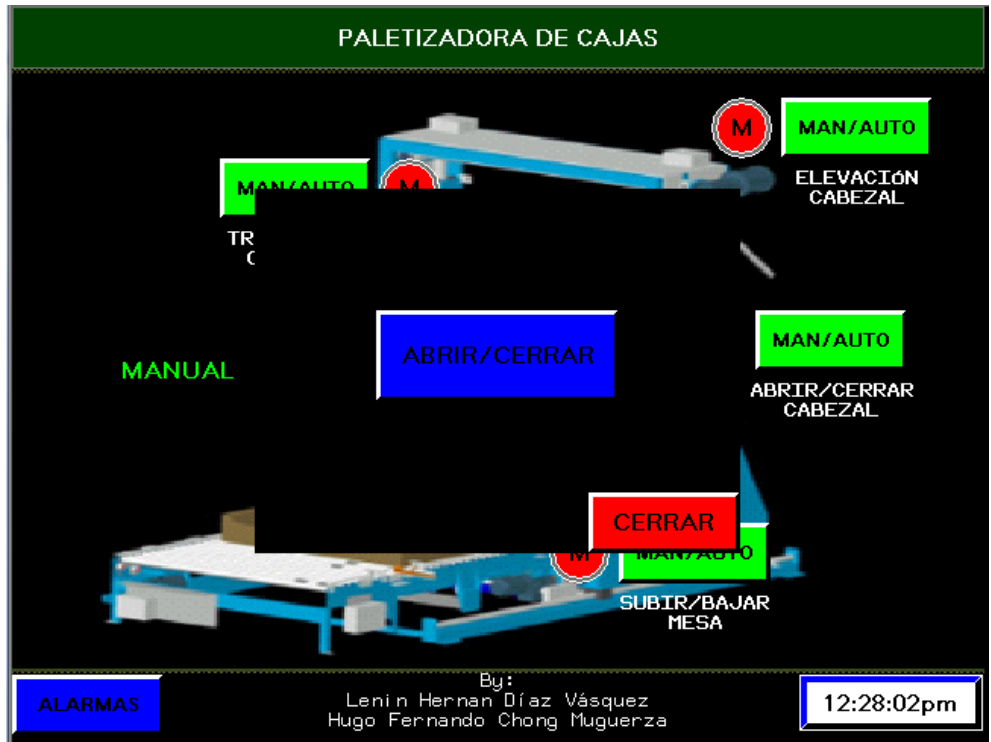
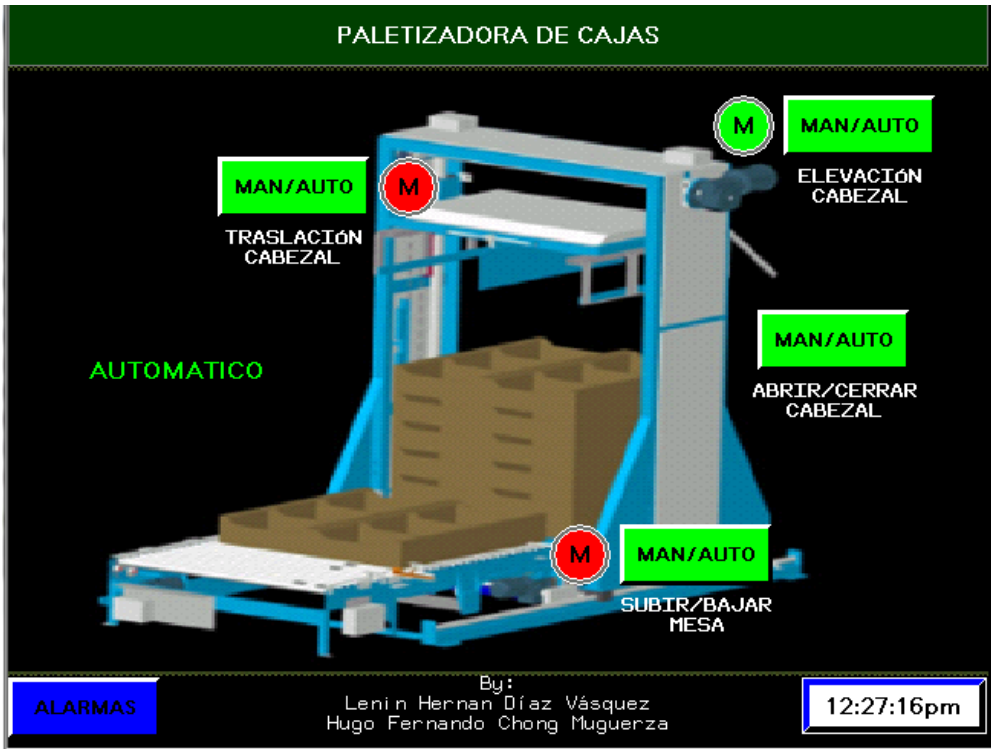
Segm.: 21 INVERSION MARCHA (ELEVACION MESA)

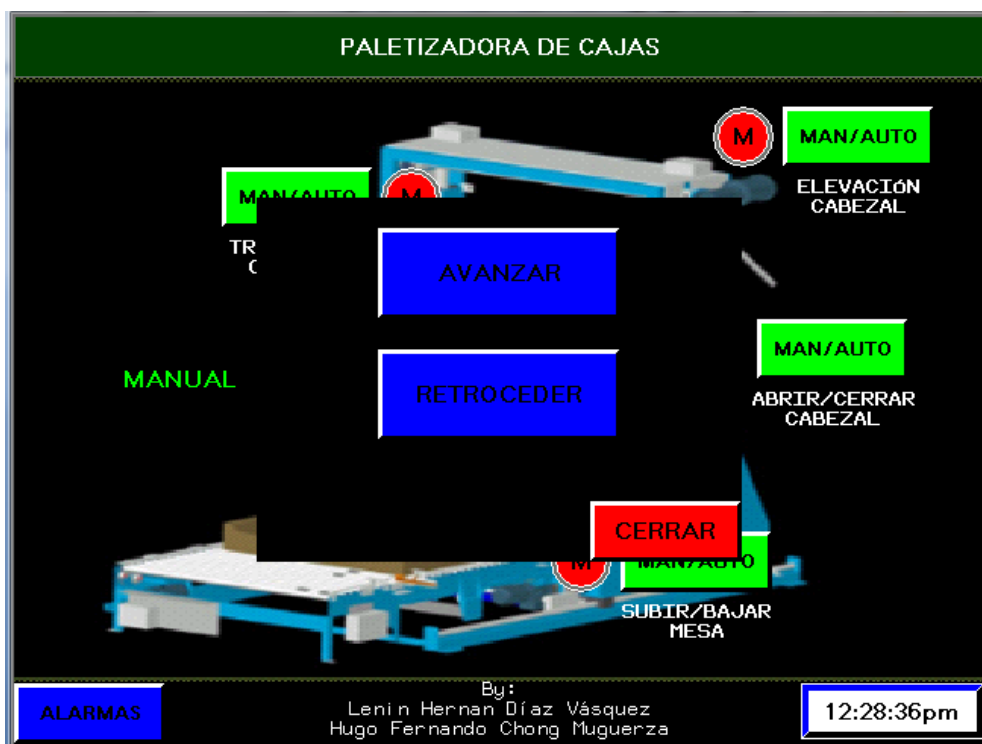
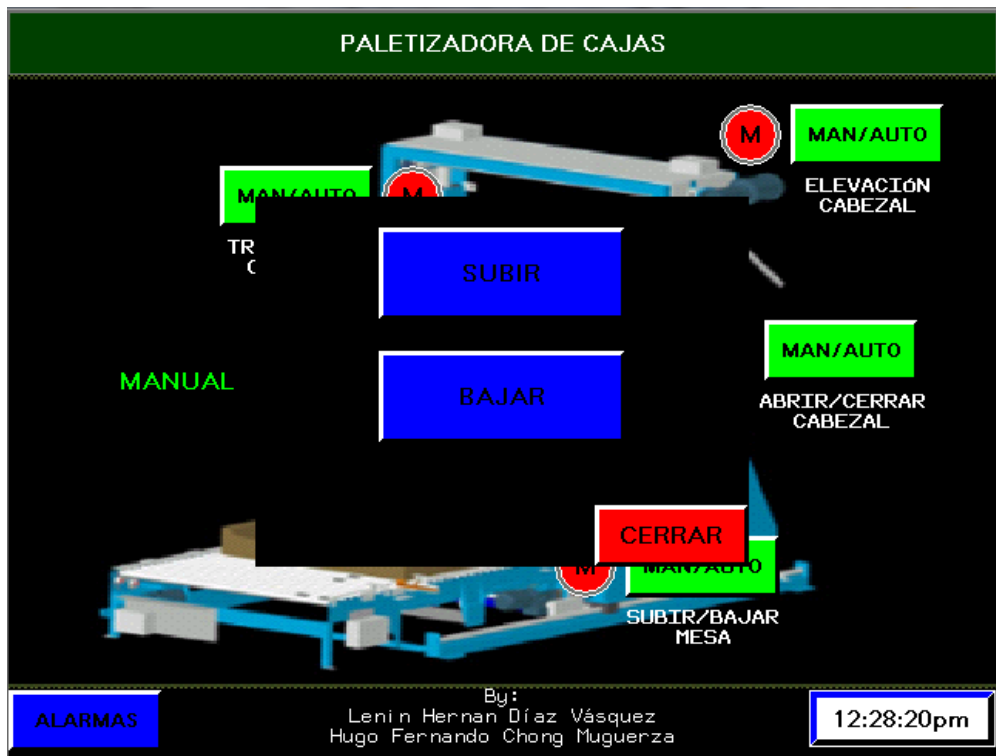


Segm.: 22 FRENO DE ELEVACION MESA



3.4. INTARFAZ GRAFICA DEL HMI





#### **4. DISEÑO DE PLANOS ELECTRICOS**

1. Arquitectura de Control
2. Conexión de Fuentes
3. Circuito Trifásico de Frenos de Subir/Bajar y Traslación de cabezal
4. Variador Subir/Bajar Cabezal
5. Variador Traslación de Cabezal
6. Variador Subir/Bajar Mesa
7. Mando Contactores de Frenos
8. PLC
9. Entradas Digitales M6
10. Salidas Digitales M1
11. Salidas Digitales M1
12. Salidas Digitales M5
13. Entradas Digitales M2
14. Entradas Digitales M2
15. Entradas Digitales M6

**CAPITULO IV**  
**COSTO/BENEFICIO**



## 1. COSTOS DEL PROYECTO

### 1.1. COSTOS DE HARDWARE

#### 1.1.1. COSTOS DE EQUIPOS

Solo se considera el costo de los variadores de velocidad, los motores, los sensores inductivos, los sensores fotoelectricos, el tablero de control, electroválvulas y pistones se utilizaran lo ya existente.

**Tabla N° 08:** Costos de los Equipos del Proyecto (Variadores de Velocidad)

DESCRIPCIÓN	MODELO	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Variador de Velocidad	FC302-1.1KW	1	S/.2 970	S/.2 970
Variador de Velocidad	FC302-2.2KW	2	S/.6 900	S/.13 800
SUBTOTAL				S/.16 770

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 1.1.2. COSTOS SISTEMA DE CONTROL

**Tabla N° 09:** Costos del Sistema de Control

DESCRIPCIÓN	MODELO	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
HMI	6AV6 647-0AE11-3AX0	1	S/.5 500	S/.5 500
CPU	315-2EH14-0AB0	1	S/.6 900	S/.6 900
Módulo de Entradas Digitales	321-1BH02-0AA0	3	S/.541	S/.1 626
Módulo de Salidas Digitales	322-1BH01-0AA0	3	S/.838	S/.2 514
Recableado	-	1	S/.5 000	S/.5 000
SUBTOTAL				S/.21 540

**Fuente:** Elaboración Propia

## 1.2. COSTOS DE INGENIERÍA

Solo se considera el costo de la mano de obra para programación del PLC y HMI y costo de mano de obra para la elaboración de planos eléctricos, el software para programación del PLC (Step 7) y el software para programación del HMI (Wincc Flexible) fueron proporcionados por la empresa, es por eso que no ingresan en esta tabla.

**Tabla N° 10:** Costos de Ingeniería del Proyecto

DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Recableado, comisionamiento y puesta en marcha	1	S/.10 000	S/.10 000
Elaboración de Planos	1	S/.6 000	S/.6 000
Programación del PLC	1	S/.3 500	S/.3 500
Programación del HMI	1	S/.2 800	S/.2 800
SUBTOTAL			S/.22 300

**Fuente:** Elaboración Propia

## 1.3. COSTOS DE CAPACITACIÓN

**Tabla N°11:** Costos de Capacitación

DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Capacitación en el Manejo del HMI	1	S/.2 000	S/.2 000
SUBTOTAL			S/.2 000

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla N° 12:** Resumen del Costo Total del Proyecto

COSTOS DE HARDWARE	S/.38 310
COSTOS DE INGENIERÍA	S/.22 300
COSTOS DE CAPACITACIÓN	S/.2 000
COSTO TOTAL	S/.62 610

**Fuente:** Elaboración Propia

## 2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

$$R = \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}}$$

### 2.1. BENEFICIOS

- Reducción del tiempo perdido por solución de fallas de máquina.

**Tabla N° 13:** Comparación del tiempo perdido por fallas de máquina al mes

ANTES	AHORA
3.5 H	2.5 H
3.5 – 2.5= 1 H adicionales para producción	
1 H x 15 parihuelas/H x 400 S//Parihuela = S/.6 000	
Ahorro	S/.6 000 al mes

**Fuente:** Elaboración Propia

- Reducción del tiempo perdido fallas operativas.

**Tabla N° 14:** Comparación del tiempo perdido por fallas operativas al mes

ANTES	AHORA
2.4 H	2 H
2.4 – 2= 0.4 H adicionales para producción	
0.4 H x 15 parihuelas/H x 400 S//Parihuela = S/.2 400	
Ahorro	S/.2 400 al mes

**Fuente:** Elaboración Propia

Los beneficios en total ascienden a S/.8 400

Por lo tanto el tiempo de recuperación de la inversión será de:

$$\frac{S/.62\,610}{S/.8\,400 \frac{S/}{mes}} = 7.4 \text{ meses}$$

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

- Siempre que se habla de Automatización Industrial, los PLC son los dispositivos más adecuados para el desarrollo de sistemas de este tipo, donde el uso de un PLC facilita la automatización del proceso por las altas prestaciones que brinda en cuanto a comunicaciones y flexibilidad.
- Se diseñó un sistema de control utilizando PLCs Siemens S7-300, el cual por su capacidad cubre los requerimientos de la automatización.
- Reducción del tiempo perdido para solución de problemas por falla máquina, en 1H
- Reducción del tiempo perdido por falla operativas, en 0.4H
- Se redujo el cableado en el tablero de control en un 60%
- El tiempo promedio para mantenimiento preventivo de los motores se amplió de 4 a 8 meses, debido al uso de variadores de velocidad.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un procedimiento de operación del HMI, hasta lograr 100% de capacitación de los operadores.
- Se recomienda automatizar las demás máquinas para seguir incrementando la productividad de la línea de envasado e incrementar el tiempo de producción.
- Se recomienda guardar y realizar backup al PLC y HMI como respaldo ante una contingencia y futuras modificaciones.
- Se recomienda contar con una copia impresa de los planos eléctricos en el tablero principal.

**CAPITULO VI**  
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **1.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. J. Acedo Sanchez, Control Avanzado De Procesos Teoría Y Practica
2. Antonio Creus Sole , Instrumentacion Industrial (7ª Edicion); Editorial Marcombo, S.A
3. Elonka, Michael. Operación De Plantas Industriales.Mc Graw-Hill
4. Richard C. Dorf, Robert H. Bishop; Sistemas de Control Moderno; 2005; 10º Edición; Editorial Pearson – Prentice Hall.
5. Katsuhiho Ogata; Ingeniería de Control Moderna; 2003; 4º Edición; Editorial Pearson – Prentice Hall.
6. Benjamin C. Kuo; Sistemas de control Automático; 1996; 7º Edición; Editorial Prentice Hall.
7. Distefano, Stubberud y Williams; Retroalimentación y Sistemas de Control; 1992; 2º Edición; Colección SCHAUM; Editorial Mc. Graw Hill.
8. Carlos A. Smith y Armando B. Corripio; Control Automático de Proceso. Teoría y Práctica; 1991; 1º Edición; Editorial LIMUSA.

## **1.2 REFERENCIAS WEBGRÁFICAS**

1. [http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo04\\_1907.pdf](http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo04_1907.pdf)
2. [http://prof.usb.ve/jaller/Guia\\_Maq\\_pdf/cat\\_motores\\_ind.pdf](http://prof.usb.ve/jaller/Guia_Maq_pdf/cat_motores_ind.pdf)
3. <http://banrepcultural.org/sites/default/files/lablaa/ciencias/sena/mineria/electricidad-minas/modulo%204/modulo%204%20-%20d.pdf>
4. [http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpcoroso/gl/system/files/1TXA007106G0701\\_CT6.pdf](http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpcoroso/gl/system/files/1TXA007106G0701_CT6.pdf)
5. <https://library.e.abb.com/public/60c66ea11b71473099ee019f266ddc77/GUIA%20MOTOR%20COLOR%20BAJA.pdf>



6. <https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/Articulo%20variador%20de%20velocidad%20Siemens.pdf>
7. <http://www.schneider-electric.com.co/documents/press-release/soluciones-y-ahorro-de-energia-con-variadores-de-velocidad.pdf>
8. <http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-seleccion-y-aplicacion-de-variadores-de-velocidad-articulo-tecnico-espanol.pdf>
9. <http://new.abb.com/docs/librariesprovider78/newsletters/actualidad-colombia/actualidad-413.pdf?sfvrsn=2>
10. [www.siemens.com](http://www.siemens.com)

## **ANEXOS**

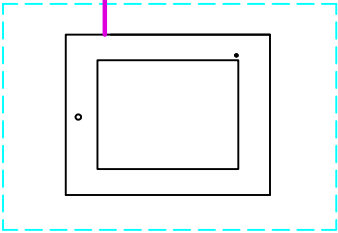
# **DISEÑO DE PLANOS ELECTRICOS**

TABLERO CONTROL

315-2EH14-0A80	322-1BH01-0A40	321-1BH02-0A40	322-1BH01-0A40	321-1BH02-0A40	322-1BH01-0A40	321-1BH02-0A40
PSU	IO	DI	DO	AI	AO	DI

PROFIBUS DP

TABLERO PANEL HMI



NOTAS:

ARQUITECTURA DE CONTROL  
PALETIZADORA DE CAJAS



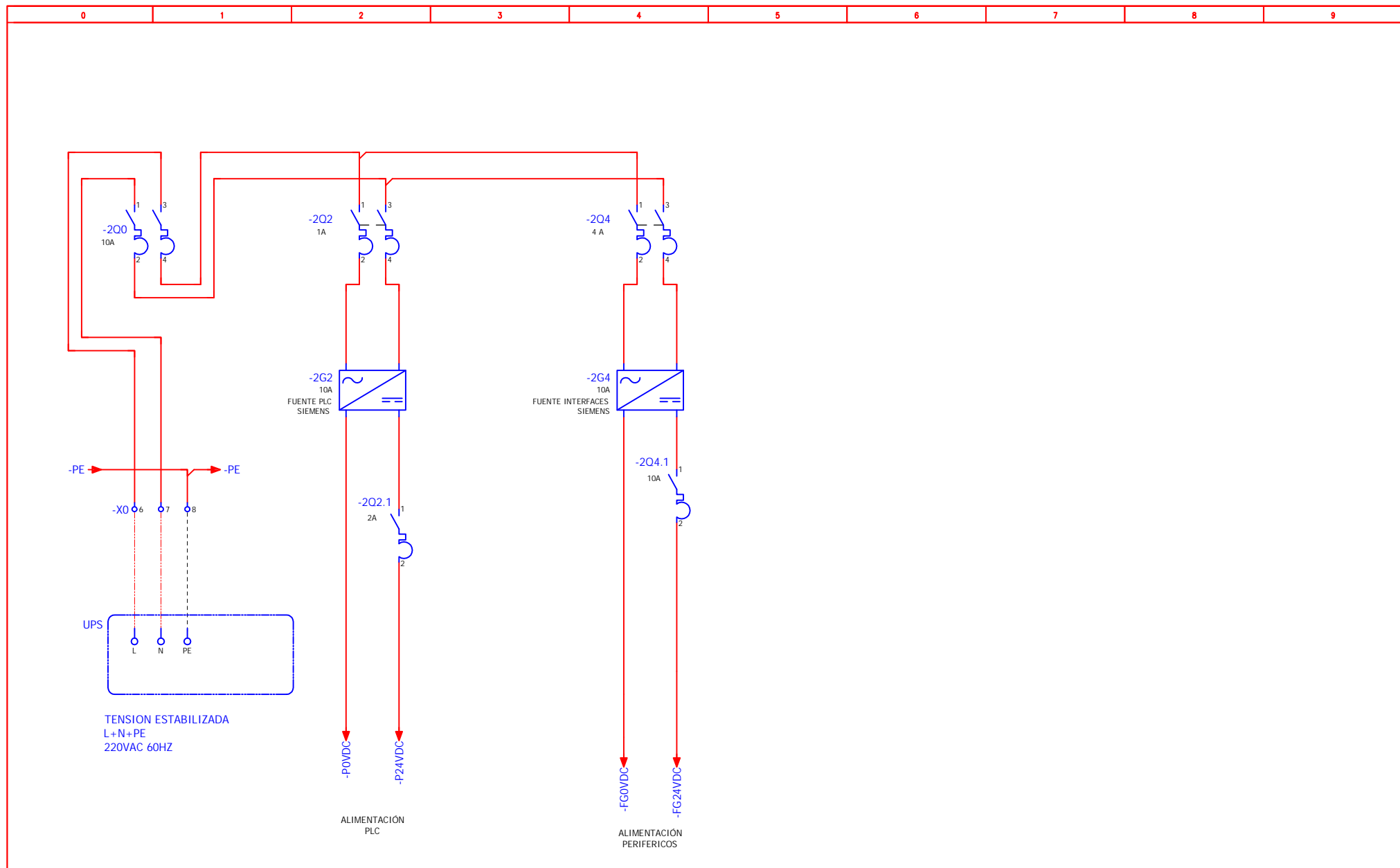
ESCALA  
S/E

PLANO

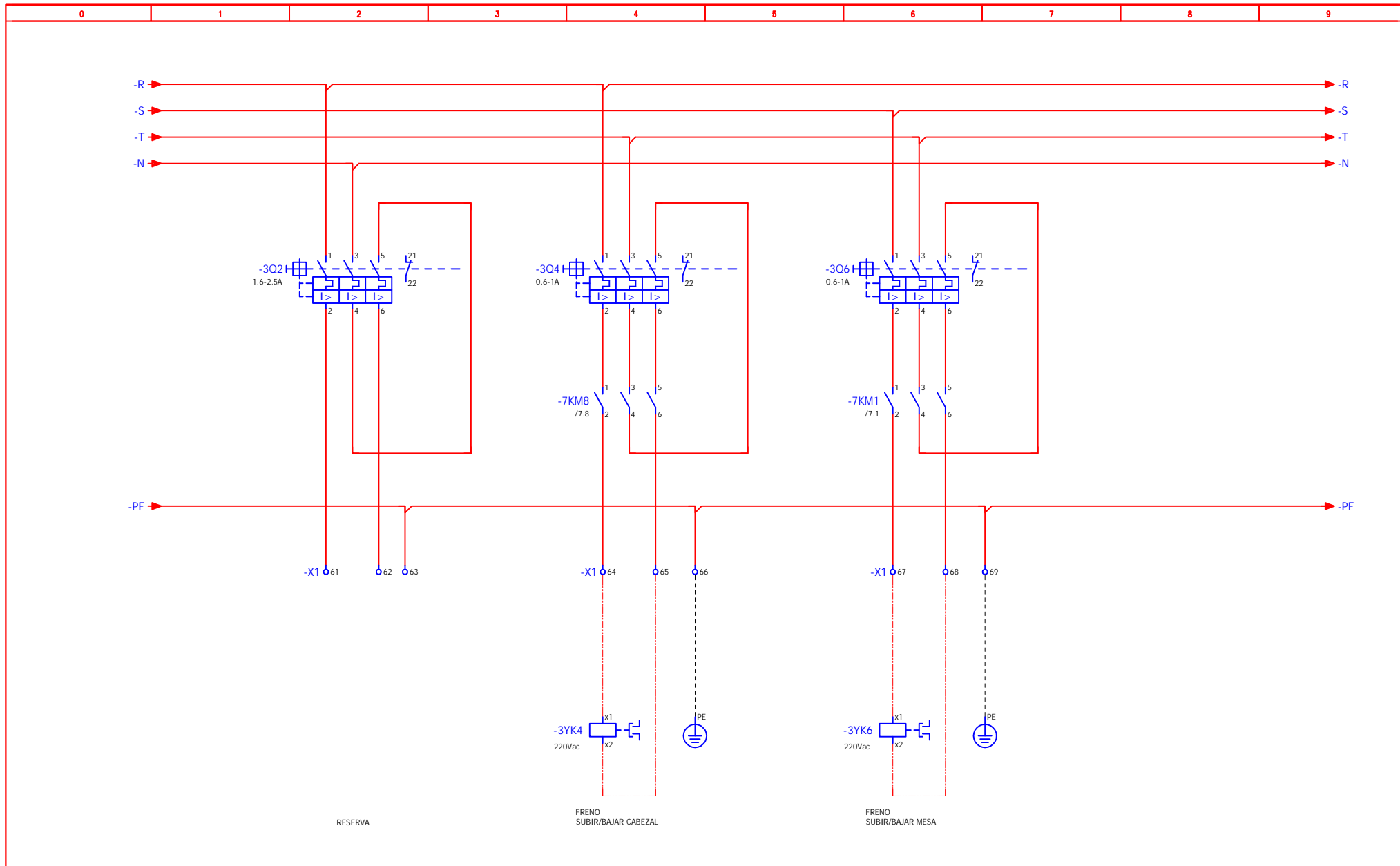
1

REV.

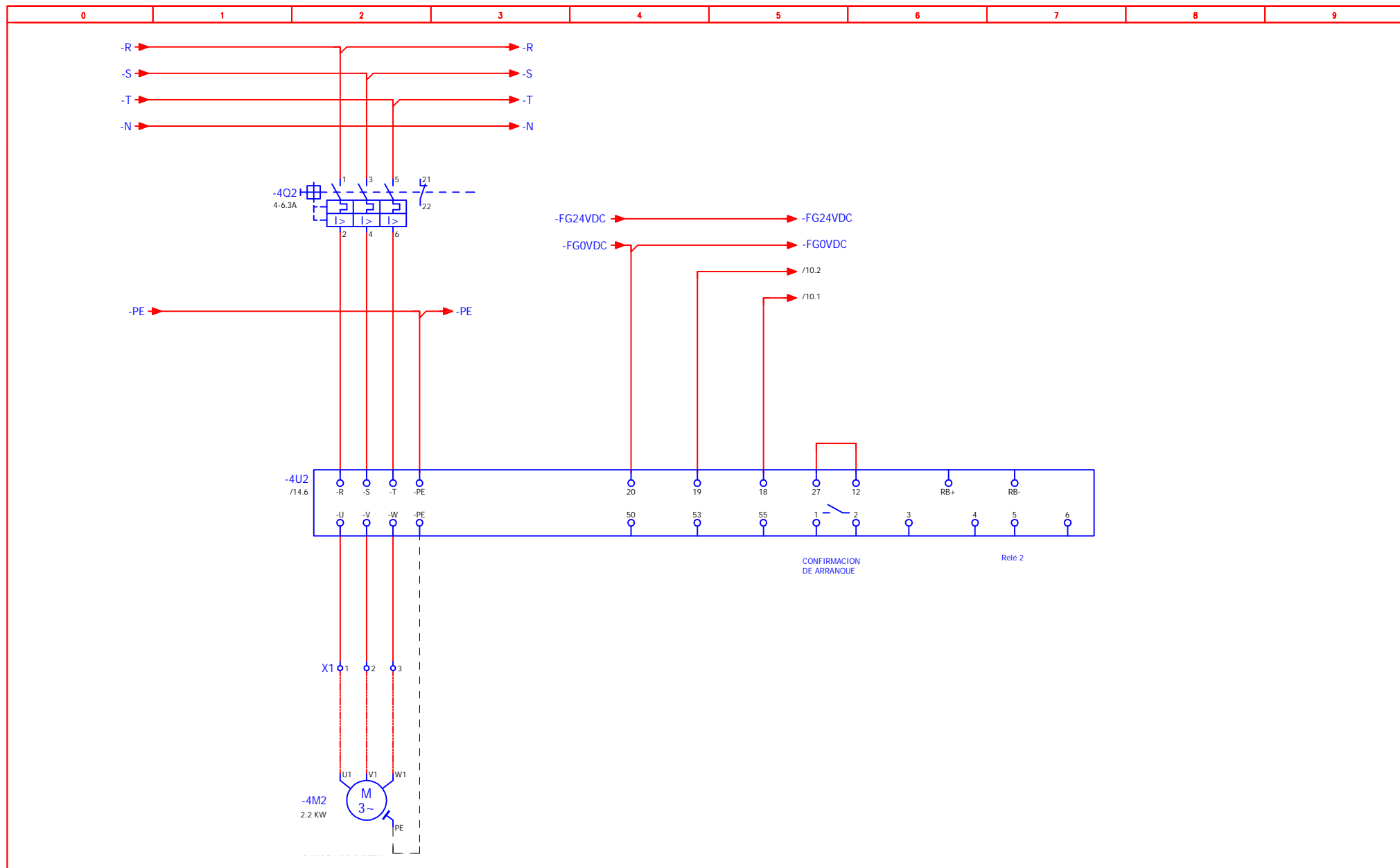
A



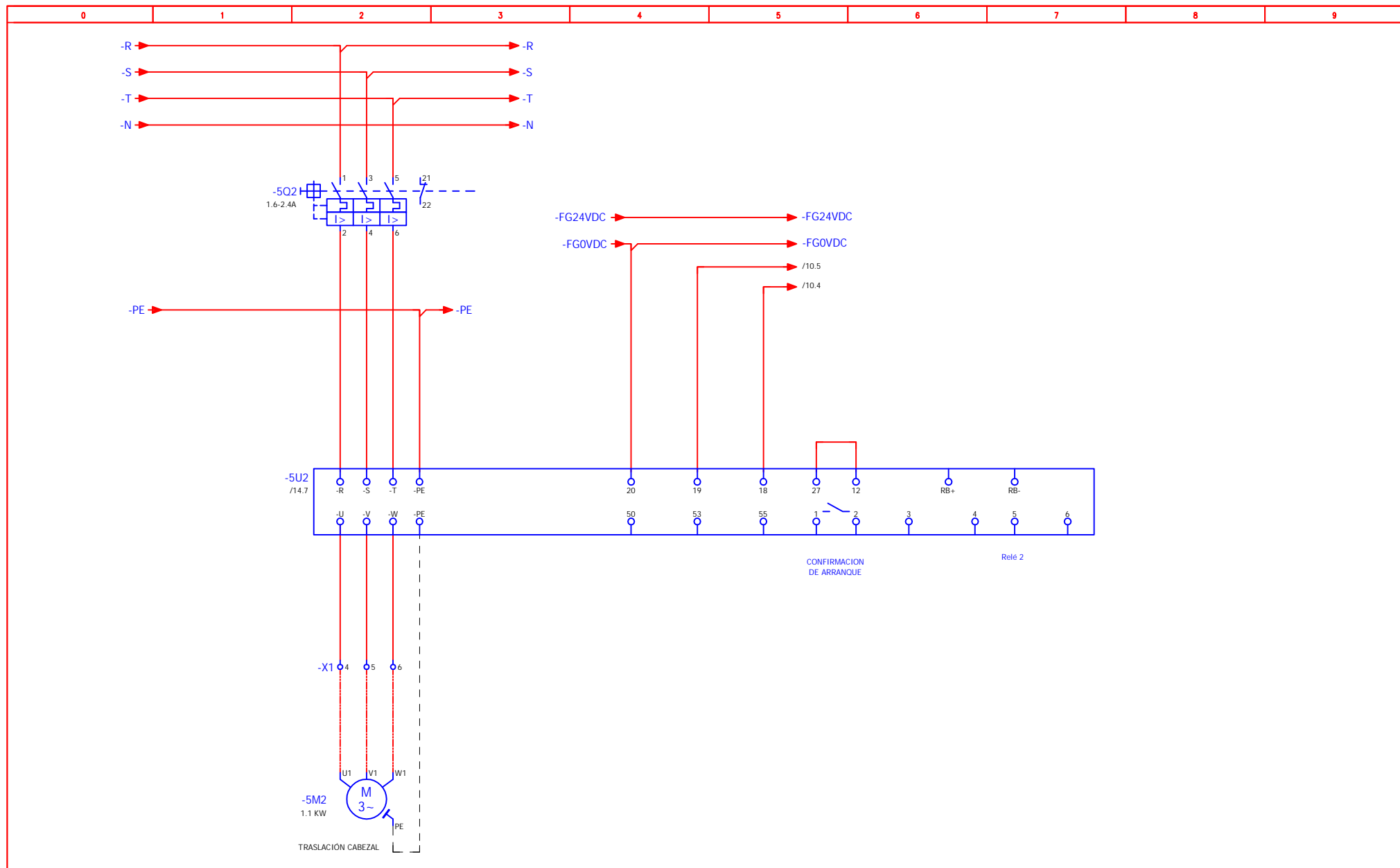
CONEXION DE FUENTES  
PALETIZADORA DE CAJAS



CIRCUITO TRIFÁSICO FRENO CABEZAL Y MESA  
PALETIZADORA DE CAJAS



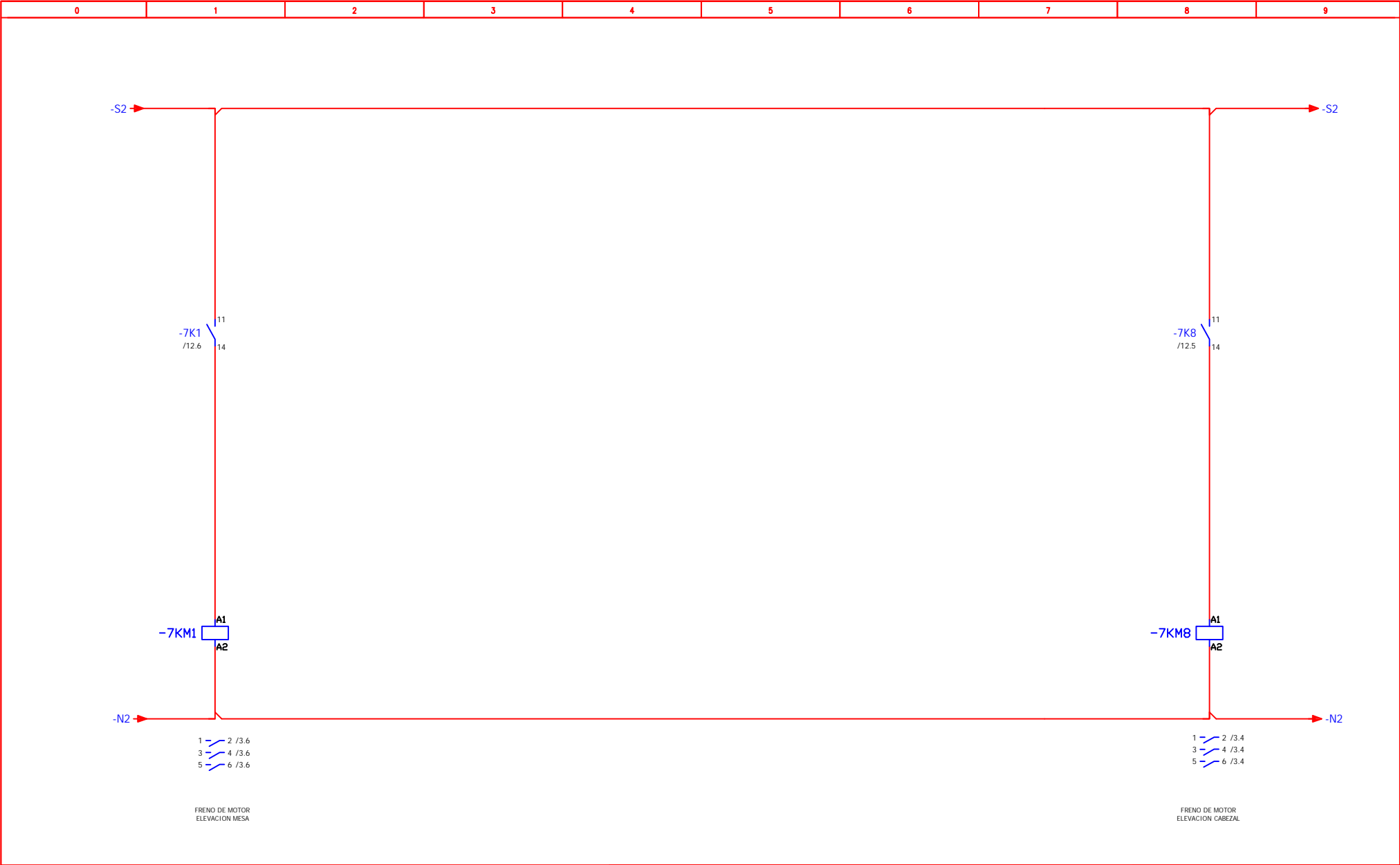
VARIADOR SUBIR/BAJAR CABEZAL  
PALETIZADORA DE CAJAS

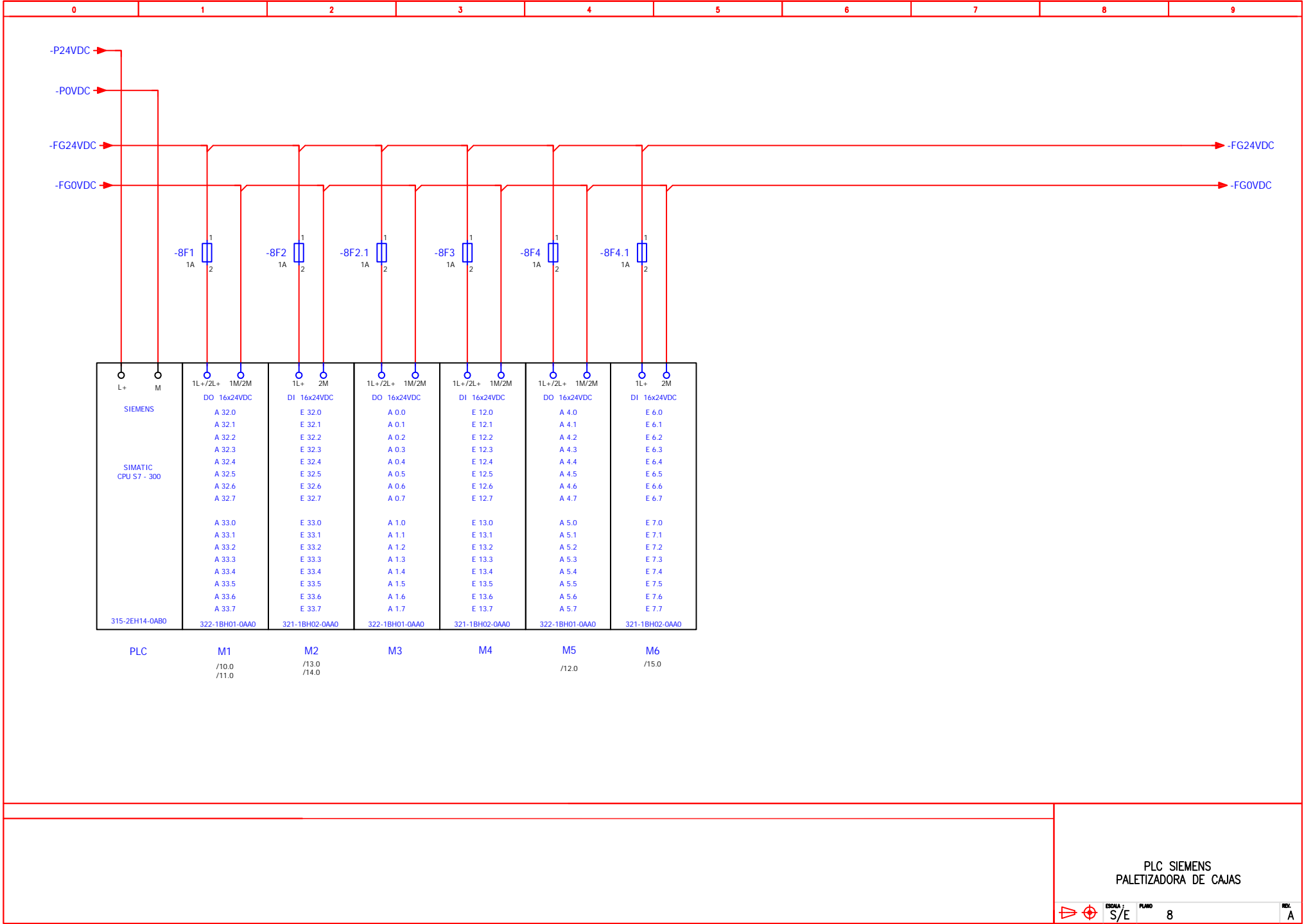


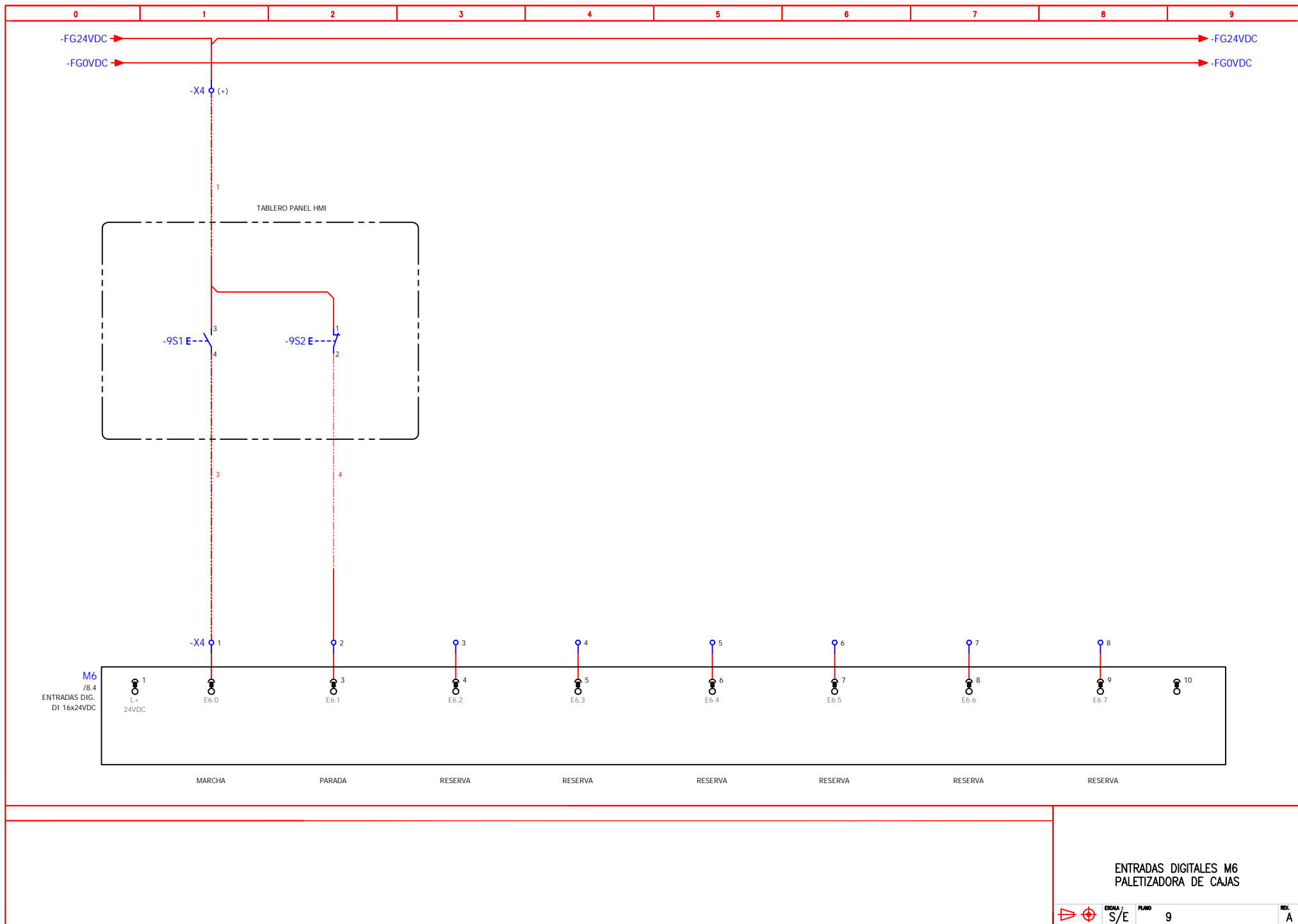
VARIADOR TRASLACION DE CABEZAL  
PALETIZADORA DE CAJAS

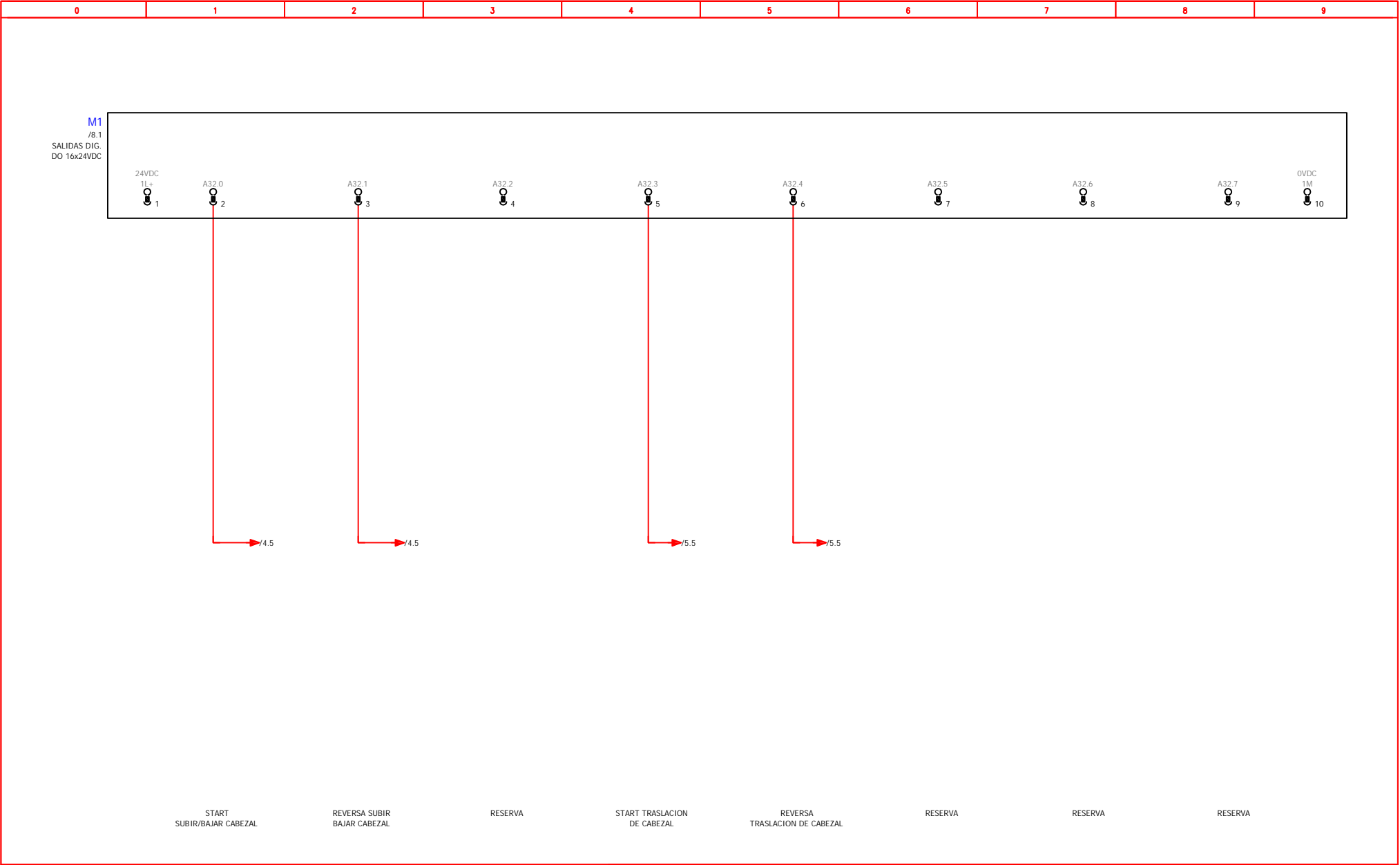


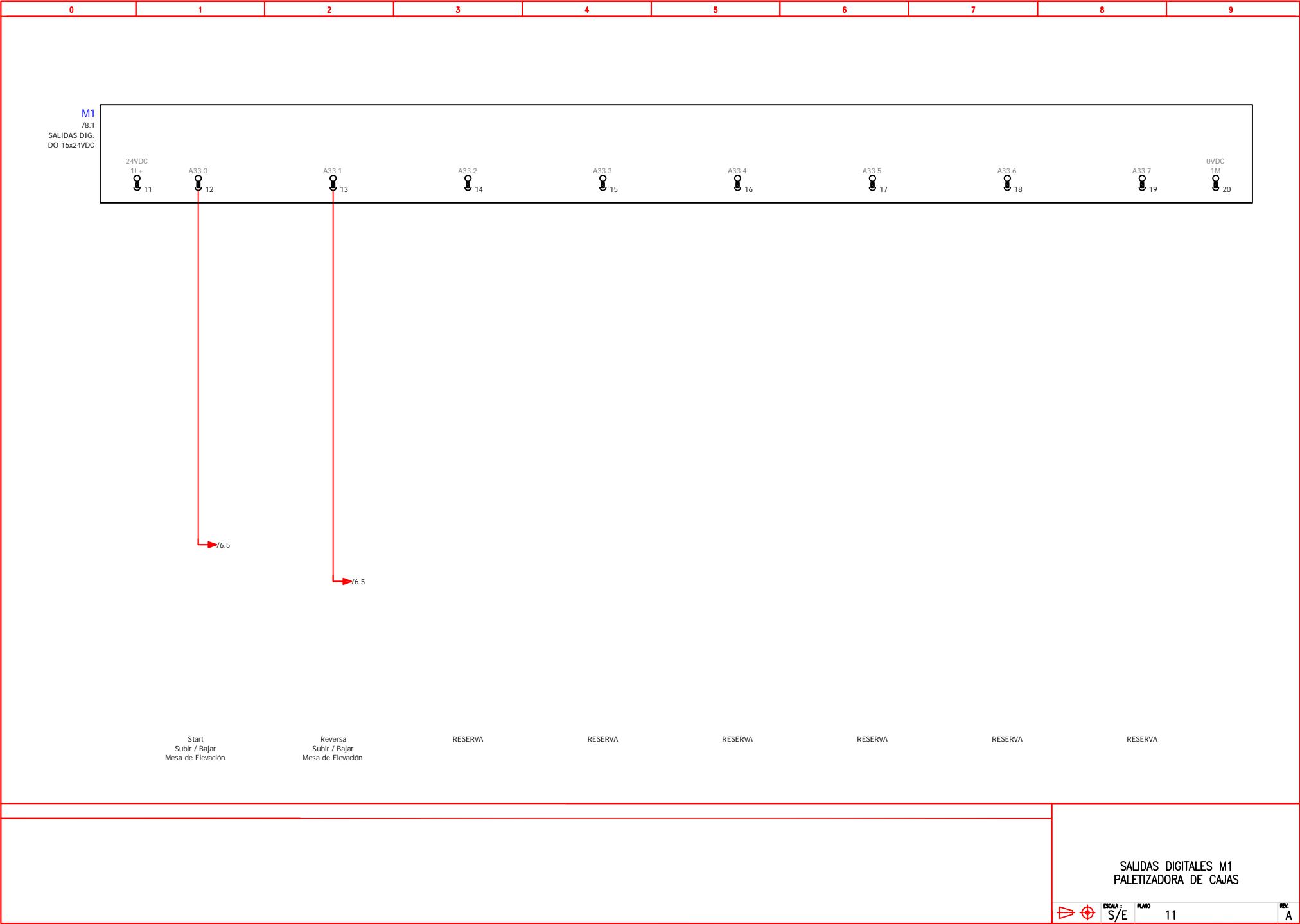


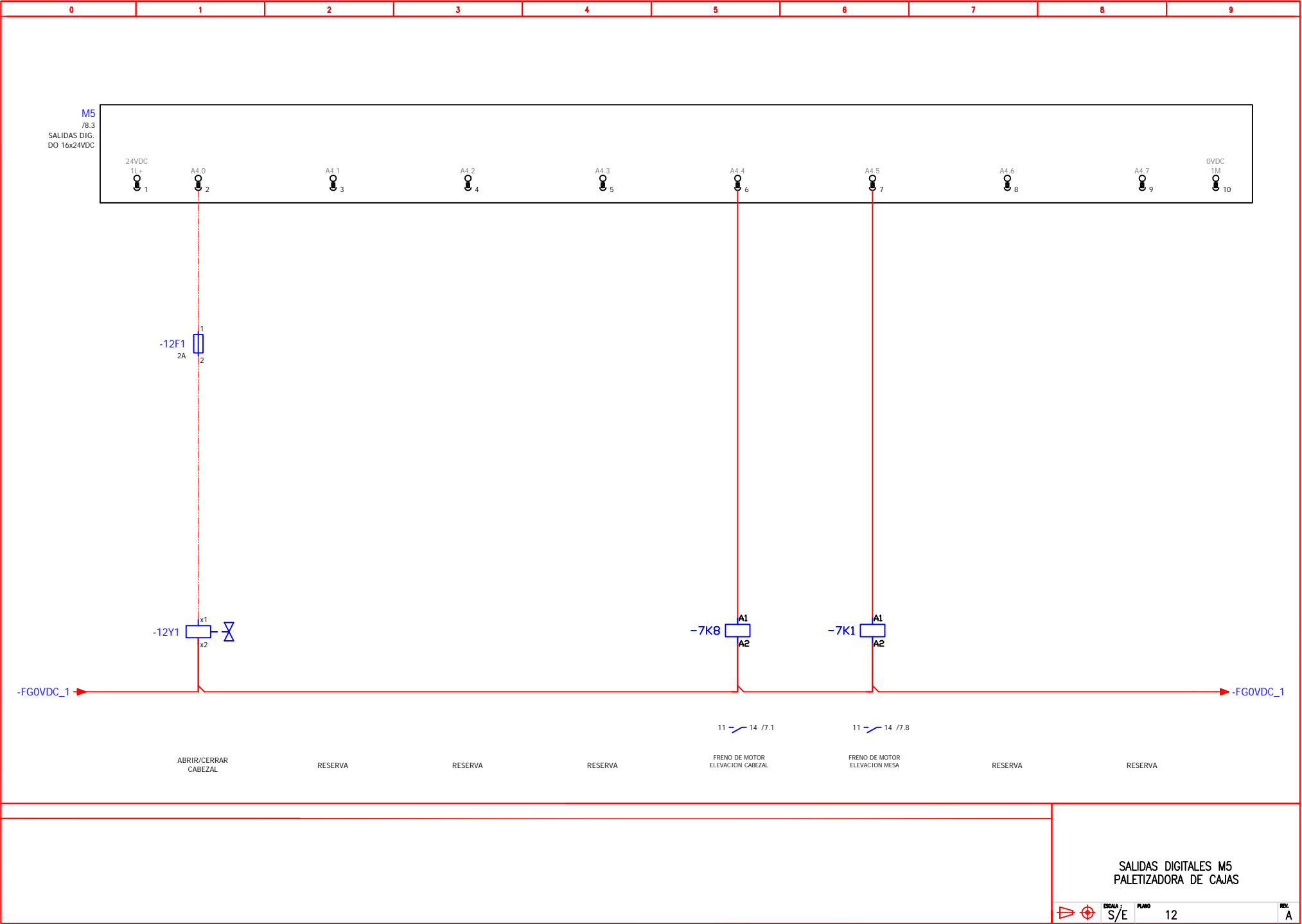


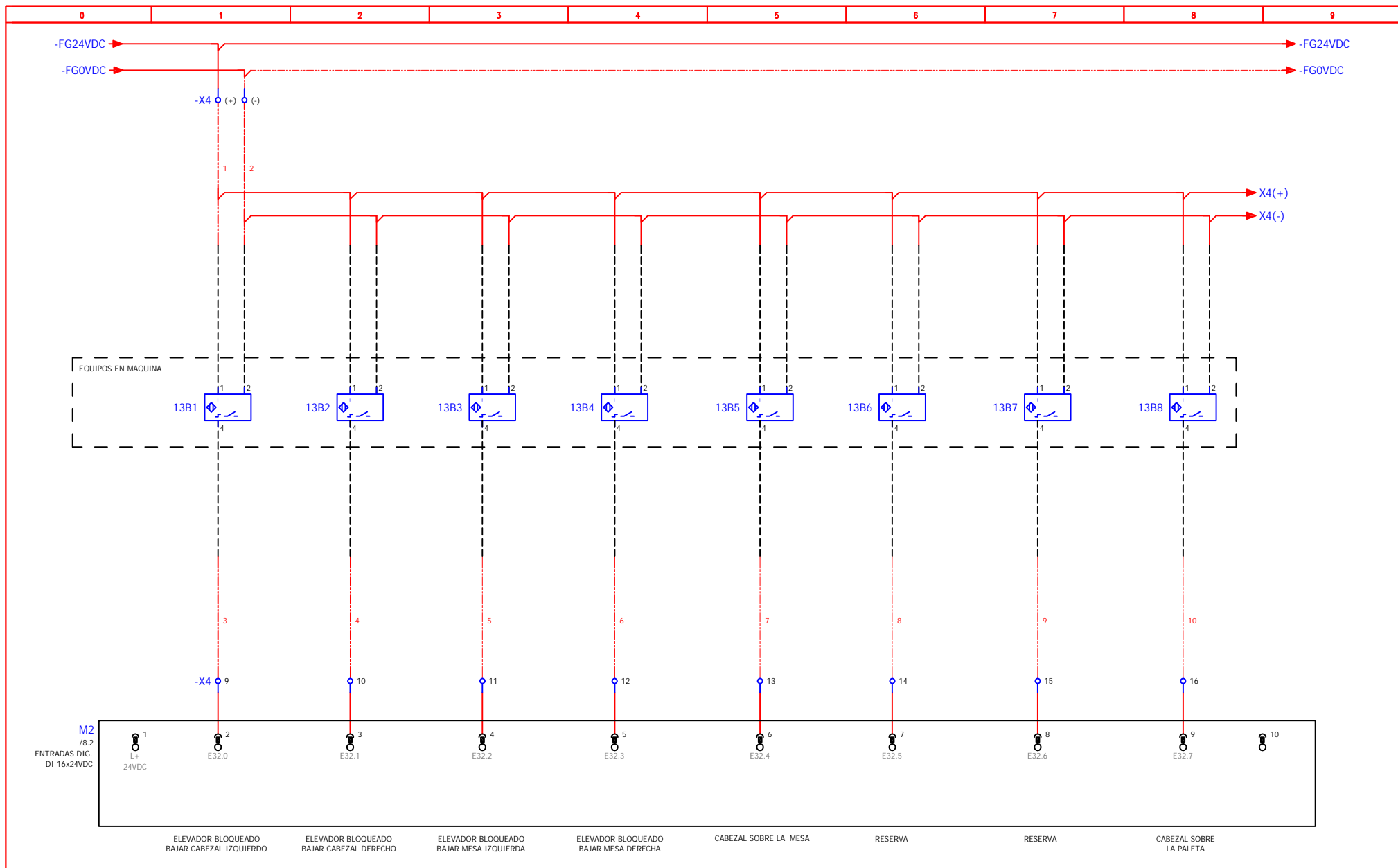






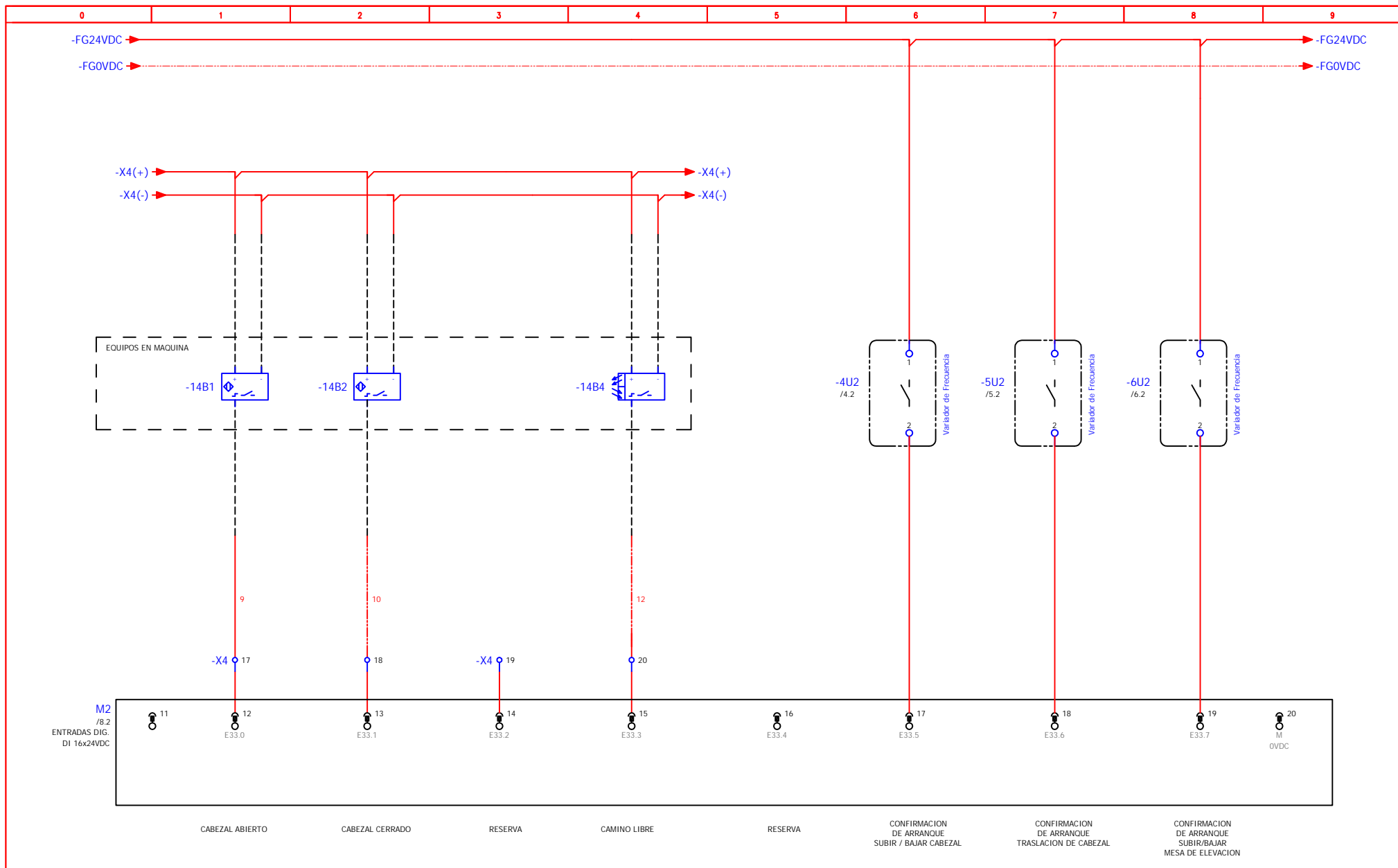






ENTRADAS DIGITALES M2  
PALETIZADORA DE CAJAS





ENTRADAS DIGITALES M2  
PALETIZADORA DE CAJAS

