



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO:

ACTUALIZACIÓN DEL CONTROL DE LA ETIQUETADORA B&H 2500

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERÍA MECATRÓNICA

PRESENTA:

LUIS CARLOS TEXIS TORREZ

NOMBRE DEL ASESOR:

DR. RAFAEL ORDOÑEZ FLORES



APIZACO, TLAX., NOVIEMBRE 2025



Tzompantepec, Tlaxcala, **05/noviembre/2025**

Oficio No. MM-689/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	LUIS CARLOS TEXIS TORREZ
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	17370788
Nombre del Proyecto:	"ACTUALIZACIÓN DEL CONTROL DE LA ETIQUETADORA B & H 2500".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

MTRO. JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

DR. RAFAEL ORDOÑEZ FLORES
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel.
[241] 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Tzompantepec, Tlaxcala, **10/Noviembre/2025**

LUIS CARLOS TEXIS TORREZ
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 17370788.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"ACTUALIZACIÓN DEL CONTROL DE LA ETIQUETADORA B&H 2500"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

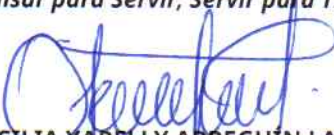
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®


CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo
CYAL/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304. e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día en confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar dispuesta acompañarme y darme su apoyo en cada decisión que tomo; gracias a mi padre por siempre demostrarme que día a día se aprenden cosas nuevas que sirven para superarme cada vez mas como persona.

La vida se encuentra de retos, y uno de ellos es cursar el nivel superior. Tras verme dentro de ella, me he dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para mi entendimiento del campo en el que me he visto inmerso, si no para lo que concierne a la vida y mi futuro.

Agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme y llegar al punto en el que me encuentro. Sencillo ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación que los ha regido, he logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de este proyecto con éxito.

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
GENERALIDADES DE LA DEPENDENCIA	9
Antecedentes de la dependencia:	9
Misión:	9
Visión:	9
Ubicación y giro:	10
PROBLEMAS A RESOLVER:	11
OBJETIVOS:	11
Objetivo general:	11
Objetivos específicos:	11
JUSTIFICACIÓN:	11
CAPITULO 1.- MARCO TEORICO	12
SISTEMAS DE ETIQUETADO:	12
¿QUÉ ES CONTROL?	13
Elementos que podemos encontrar en un sistema de control:	14
¿QUÉ SON LOS SISTEMAS DE CONTROL ANALÓGICO?	14
Ventajas de los sistemas analógicos:	14
Desventajas de los sistemas analógicos:	15
¿QUÉ SON LOS SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL?	15
Principales sistemas de control digital:	16
¿QUÉ ES CONTROL PID?	17
Sintonización manual de un controlador PID:	17
DISEÑOS DE TABLEROS DE CONTROL.	18
Características constructivas:	19
CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC'S):	20
¿Cómo funciona un PLC?	20
Tipos de PLC en la industria:	21
¿QUÉ ES UN VARIADOR DE FRECUENCIA?	21
Tipos de variadores de frecuencia:	22
¿QUÉ ES UN GUARDAMOTOR?	23
¿Composición de un guardamotor?	23



¿Cómo saber escoger un guardamotor?	24
¿QUÉ ES UN SERVOMOTOR?	25
Un servomotor lo compone:	25
Tipos de servomotores:	26
¿QUÉ ES UN HMI?	26
Ventajas de las HMI:	27
¿QUÉ SON LOS RELEVADORES?	28
Características principales:	28
Tipos de relevadores:	28
ETIQUETADORA B&H 2500:	30
Partes de la etiquetadora B&H 2500:	30
FUNCIONAMIENTO DE LA ETIQUETADORA B&H 2500:	32
CAPITULO 2.- DESARROLLO	34
DISPOSITIVOS REQUERIDOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO 1:	34
DISPOSITIVOS REQUERIDOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO 2:	35
DISEÑO DE DIAGRAMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA Y CONTROL:	36
DIAGRAMA DE FUERZA PARA EL TABLERO 1:	36
DIAGRAMA DE CONTROL DEL TABLERO 1:	44
DISEÑO 3D DEL PRIMER TABLERO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES EN EL GABINETE:	48
DISEÑO DE DIAGRAMA ELÉCTRICOS DE POTENCIA PARA EL TABLERO 2:	51
DIAGRAMA DE CONTROL DEL TABLERO 2:	54
DISEÑO 3D DEL SEGUNDO TABLERO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES EN EL GABINETE:	57
CAPÍTULO 3.- RESULTADOS E IMPLEMENTACIÓN	59
DIRECCIONAMIENTO DE DISPOSITIVOS:	59
PROGRAMACIÓN PLC S7 1200:	60
INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE FUERZA Y CONTROL:	68
INSTALACIÓN DE HMI:	69
INSTALACIÓN DE TABLEROS DE CONTROL EN ETIQUETADORA B&H 2500:	69
CONCLUSIÓN	70
REFERENCIAS:	71





ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1.- Controlador Lógico Programable	21
Imagen 2.- Diagrama básico de un variador de frecuencia.	23
Imagen 3.- Simbología para un guardamotor	24
Imagen 4.- Dinámica del funcionamiento de un servomoto.	26
Imagen 5.- Díagra básico de un sistema HMI	28
Imagen 6.- Tipos de relevadores	30
Imagen 7.- Diagrama de la etiquetadora B&H 2500 (Distribución de elementos)	30
Imagen 8.- Etapas de etiquetado	33
Imagen 9.- Software a utilizar.	36
Imagen 10.- Diagrama de fuerza para el tablero 1.	37
Imagen 11.- Líneas de alimentación	38
Imagen 12.- Diagrama del motor de la cinta transportadora para el tablero 1	39
Imagen 13.- Diagrama del motor de la turbina para tablero 1.	40
Imagen 14.- Diagrama para el accionamiento del motor principal	41
Imagen 15.- Diagrama de conexión de las resistencias que calientan el pegamento.	42
Imagen 16.- Conexión de elementos para dar fuerza y protección al PLC.	43
Imagen 17.- Conexión de resistencias	44
Imagen 18.- Diagrama de control del tablero 1.	45
Imagen 19.- Conexión de termopar	46
Imagen 20.- Diagrama de control para salidas digitales PLC S7-1200	47
Imagen 21.- Diseño 3D del gabinete para el tablero 1.	48
Imagen 22.- Componentes del gabinete 1.	49
Imagen 23.- Parte superior del gabinete del tablero 1	50
Imagen 24.- Parte media del gabinete del tablero 1.	50
Imagen 25.- Parte inferior del gabinete del tablero 1.	51
Imagen 26.- Diagra de fuerza del tablero 2.	51





Imagen 27.-Conexión del servomotor y el servodriver.	52
Imagen 28.- Conexión de la pantalla Beijer y la fuente de 24 V	53
Imagen 29.- Conexión del encoder y la fuente de 5V.	54
Imagen 30.- Diagrama de control del tablero 2.	55
Imagen 31.- Entradas digitales tablero 2.	56
Imagen 32.- Salidas digitales tablero 2	57
Imagen 33.- Diseño 3D del gabinete para el tablero 2.	57
Imagen 34.- Componentes del gabinete 2.	58
Imagen 35.- Parte superior del gabinete del tablero 2.	58
Imagen 36.- Parte media del gabinete del tablero 2.	59
Imagen 37.- Parte baja del gabinete del tablero 2.	59
Imagen 38.- Direcciones Ethernet.	60
Imagen 39.- Segmento 1 del bloque main "Temperature control"	61
Imagen 40.- Segmento 1 del bloque "Temperature control", normalización y escalamientos de señales analógicas.	61
Imagen 41.- Bloque PID Compact para la resistencia 1.	62
Imagen 42.- Bloque PID Compact para las resistencias 2.	63
Imagen 43.- Bloque PID Compact para la resistencia 3.	63
Imagen 44.- Direccionamiento de salidas tipo PWM para la resistencia 1.	64
Imagen 45.- Direccionamiento de salidas PWM para la resistencia 2.	64
Imagen 46.- Direccionamiento de salidas tipo PWM para la resistencia 3.	64
Imagen 47.- Segmento 2 del bloque main, paro y arranque del motor general de transportador y turbina	65
Imagen 48.- Interfaz principal del HMI.	66
Imagen 49.- Interfaz secundaria del HMI	67
Imagen 50.- Interfaz terciaria del HMI.	68



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Datos de la empresa.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 2.- Cuadro comparativo de los sistemas de control.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 3.- Dispositivos a utilizar para el tablero 1.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 4.- Dispositivos a utilizar para el tablero 2.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 5.- Dirección del PLC S7 1200.....</i>	<i>59</i>

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la constante evolución de las industrias dedicadas a la elaboración de productos en masa y su constante crecimiento de la demanda de productos que cumplan con los rigurosos estándares y normativas para su distribución y consumo, exige la constante actualización de los procesos de producción y con ello la mejora continua de los equipos para cumplir con los estándares requeridos, permitiendo la implementación de tecnologías actuales de automatización.

En envases TP se han orientado a una mejora continua de los estándares de calidad adoptando una política de inocuidad, logrando mejorar la calidad de los productos suministrados al sector de envasado de la industria alimenticia. El departamento de mantenimiento se encarga del correcto funcionamiento de los equipos, así como de la implementación de proyectos que permitan evitar fallas futuras en los equipos que afecten la terminación e inocuidad de los productos permitiendo satisfacer la demanda de productos.

El presente proyecto tiene como finalidad la actualización del control de una etiquetadora B&H 2500 de analógico a digital, ya que el estado actual en el que se encuentra presenta posibles fallas derivadas de la obsolescencia, un punto débil son los elementos que conforman el tablero de control que a su vez permiten el control de los subprocesos de etiquetado resultando en incertidumbre para la empresa.

Al término de este proyecto se pretende eliminar la incertidumbre que se tiene de las futuras fallas a causa de la obsolescencia actualizando el control de la etiquetadora que actualmente es analógico pasándolo a digital permitiéndonos extender la vida útil del equipo y su vez asegurar que los dispositivos que conformen el nuevo control estén disponibles y sean comerciales.

En el primer capítulo se detalla el funcionamiento de la etiquetadora B&H 2500, así como las etapas que se requieren para el etiquetado de botellas y además se identifican y analizan los elementos que intervienen en el control del etiquetado.

En el siguiente capítulo se realizan los diseños de los tableros de control de la etiquetadora B&H 2500 que comprenden diseño de diagramas de control y el modelado del tablero en 3D.

En el capítulo 3 se realiza la instalación de los elementos de control en los nuevos tableros de control y se realiza el conexonado de los mismos.

En el último capítulo se realiza la implementación de los nuevos tableros de control en la etiquetadora.

GENERALIDADES DE LA DEPENDENCIA

Nombre de la dependencia: Envases TP CO SA. DE. CV

Antecedentes de la dependencia:

En 1994 fue fundada en la Ciudad de México.

En 2003 se establece la segunda planta en Toluca.

En 2009 se cambió de ubicación al Estado de Tlaxcala para su crecimiento.

Las instalaciones ocupan un área física de $12,850 m^2$, proporcionan una fabricación mensual de 35,420,000 de botellas y ofrece más de 600 empleos.

Somos una empresa Mexicana, dedicada a la producción de envases especializados de PET y PEAD. Solucionamos necesidades de envase en diversos mercados como el industrial, alimenticio, bebidas, productos de limpieza, cuidado personal, farmacéuticos, aceites y lubricantes.

Nuestros procesos están avalados por una certificación internacional, usamos tecnología innovadora y contamos con personal altamente calificado en capacitación permanente.

Estamos enfocados en cumplir los requerimientos y normas mundiales a fin de brindar productos de alta calidad; nos encontramos en búsqueda constante del equilibrio con la sociedad y el medio ambiente.

Misión:

Ser una empresa líder en la fabricación de envases PET con Innovación, Integridad, Rentabilidad y Crecimiento buscando siempre la Satisfacción total de nuestros clientes.

Visión:

Producir Envases de PET con Calidad y Servicio de excelencia.

Ubicación y giro:

Nombre:	ENVASES TP CO S.A DE C.V			
Giro, Ramo: o Sector:	Industrial () Servicios () Otro () Público () Privado (x)	R.F.C.	ETP141201MW6	
Domicilio:	Carretera Federal Puebla, Tlax Km 14.5.			
Colonia:	La Ciénega- Papalotla de Xicohténcatl	C. P.	90796	Fax
Ciudad:	Papalotla, Tlaxcala	Teléfono (no celular)	222 263 3442	
Misión de la Empresa:	Es una empresa líder dedicada a la fabricación de envases PET con innovación, integridad, rentabilidad, calidad y servicio de excelencia buscando siempre la satisfacción total de nuestros clientes.			
Nombre del Titular de la empresa:	María Eugenia Posadas López	Puesto:	Gerente de recursos humanos	
Nombre del Asesor Externo:	Guillermo Alburquerque Tovar	Puesto:	Coordinador de mantenimiento preventivo	
Nombre de la persona que firmará el acuerdo de trabajo. Estudiante-Escuela-Empresa	María Eugenia Posadas López	Puesto:	Gerente de recursos humanos	

Tabla 1: Datos de la empresa

PROBLEMAS A RESOLVER:

La problemática surge de la incertidumbre que se tiene de funcionamiento de la etiquetadora B&H 2500, ya que con el pasar de los años las etiquetadoras tienen a ser obsoletas derivando en problemas de elementos obsoletos, por lo cual al llegar a fallar un elemento de estos desencadena en más problemas como lo son paros en la producción y por ende retrasos en la entrega del producto terminado, además de que al ser analógica la etiquetadora todavía los parametros de uso y los accionamientos de los mecanismos de la etiquetadora se realizan de forma manual en una botonera, lo cual resulta en tiempos de ajuste prolongados y material desperdiciado derivado del ajuste.

OBJETIVOS:

Objetivo general:

Diseñar e implementar una actualización del control analógico a digital de la etiquetadora B&H 2500.

Objetivos específicos:

- Investigación sobre funcionamiento del control de una etiquetadora B&H 2500 y control de temperatura mediante un control PID.
- Elaboración de lista componentes necesarios para la actualización de los tableros de control de la etiquetadora.
- Investigación del control y programación de variadores de frecuencia Yaskawa GA500, PLC Simens S7-1200 y pantalla HMI Beijer para control de motores trifásicos, activación de relevadores y monitoreo del proceso de etiquetado.
- Obtención e instalación del software requerido para el manejo y programación del PLC Simens, variador de Yaskawa GA500 y pantalla HMI Beijer.
- Diseño de los nuevos tableros de control y realización de digramas de potencia y control de mediante el software EPLAN.
- Instalación de componentes en tablero de pruebas.
- Programación y realización de pruebas del PLC, variador defrecuencia Yaskawa GA500, HMI Beijer en el tablero de pruebas.
- Realización de las conexiones del cableado de componentes en el tablero de control.
- Instalación del tablero de control en la base de la etiquetadora
- Realización de las conexiones del cableado para los Motores trifasicos correspondientes a la cinta transportadora y al rodillo de etiquetado.
- Puesta en marcha de la etiquetadora para pruebas de su funcionamiento.

JUSTIFICACIÓN:

La adquisición de un equipo en la industria para la realización de una parte del proceso de producción o la realización de una tarea en específico reduce los tiempos de productividad y mejora el proceso, sin embargo estos equipos de uso industrial son parecidos a los dispositivos que utilizamos en nuestra vida cotidiana ya que en los dos casos estos tienden a ser obsoletos, pero a diferencia de lo que utilizamos a diario los equipos industriales no siempre es necesario la adquisición de un equipo nuevo pero tampoco se puede seguir utilizando el equipo como se adquirió, ya que como se mencionó estos equipos tienden a ser obsoletos y una vez cumplido un cierto tiempo los elementos que componen y ayudan a un correcto funcionamiento del equipo, dejan de ser comerciales por lo cual en dicho caso se opta por cambiar el elemento del sistema que se ha dañado por otro igual o con características similares.

De aquí también surgen dos tipos de reemplazos los cuales involucran piezas mecánica y los que involucran componentes electrónicos, en el caso de los componentes mecánicos es forzoso que al momento de realizar un reemplazo de una pieza está debe ser igual y no idéntica, pero no es el caso de los componentes electrónicos ya que estos si pueden ser iguales o de características similares que cumplan con el mismo objetivo esto debido a que no manipulan el producto directamente.

¿Qué sucede al cambiar más de un elemento?, el realizar estas acciones al final vamos a tener una mezcla de diferentes dispositivos que tal vez sí cumplan con lo requerido, pero no lo estarán haciendo de forma óptima ya que estos se fueron reemplazando en la marcha además de que cada vez que estos presenten un problema que involucre un reemplazo esto repercute en la entrega del producto terminado pues representa retrasos no programado, además que en varios casos hay que adaptar el nuevo dispositivo para su funcionamiento como es el caso de los elementos que permiten el control del proceso como lo son las botoneras y tableros de control.

Sin embargo gracias a los constantes avances en el ramo de la automatización industrial como lo son los PLC y HMI que permiten el control del proceso de una forma más eficiente, y además estos dispositivos ya no son análogos sino digitales, podemos realizar actualizaciones del control de la maquinaria o equipos para extender su tiempo de vida útil y eliminar los posibles paros no programados por causa de la obsolescencia de los elementos dañados.

CAPÍTULO 1.- MARCO TEÓRICO

SISTEMAS DE ETIQUETADO:

Los sistemas de etiquetado se utilizan para aplicar etiquetas pre-impresas a productos, envases individuales, cartones, cajas y cargas de palés para identificar los elementos únicos. También se suelen utilizar para aplicar etiquetas a productos con el fin de promover la imagen de marca del fabricante. El contenido de estas etiquetas puede variar desde un simple código de barras en blanco y negro (un código en 1D o 2D que sirve para la identificación) hasta una compleja etiqueta de producto multicolor con una identidad de la marca llamativa.

Toda información contenida en la etiqueta debe cumplir con lo establecido en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 en la que se establece la información comercial y sanitaria que debe contener el etiquetado de los alimentos y bebidas no alcohólicas pre envasados de fabricación nacional o extranjera, así como determinar las características de dicha información.

Los sistemas de etiquetado están disponibles en una variedad de diseños y configuraciones, y cada uno de ellos se adapta a la aplicación de etiquetas que satisfacen unas necesidades específicas. Las máquinas de etiquetado totalmente automáticas se integran en el proceso de producción, aplicando etiquetas a los productos que pasan a velocidades de las líneas de producción.

Entre las soluciones de etiquetado, se encuentran las impresoras aplicadoras de etiquetas de impresión y aplicación que producen etiquetas de forma individual que luego se aplican a envases o cargas de envío, y las etiquetadoras de caja que registran el contenido de las cajas.

Estas soluciones de etiquetado, además de identificar los productos para cumplir los requisitos de los distribuidores y los minoristas, también pueden colocar etiquetas que registren los ingredientes de los productos, la temperatura a la que se han almacenado, la imagen de marca del propietario de la marca, la dirección de envío, etc. También pueden imprimir el tipo de tamaño que el cliente necesite, así como asegurar que los caracteres y los códigos de barras sean claros y legibles.

En la línea de producción, las soluciones de etiquetado se integran con otros sistemas de línea y reciben automáticamente los productos o los envases que se deben etiquetar.

Aquellos sistemas y máquinas de etiquetado que apliquen etiquetas de marca a productos y envases individuales deben poder aplicarlas con gran precisión, ya que una etiqueta arrugada o descentrada proyecta una imagen negativa de la marca del producto. [1]

¿QUÉ ES CONTROL?

Los sistemas de control industrial (ICS) son una parte esencial de muchas organizaciones, suministran controles automatizados para una amplia gama de componentes en múltiples centros. Los ICS están disponibles en varios tipos diferentes y son compatibles con una enorme cantidad de elementos de diversas operaciones, desde la energía hasta la fabricación de productos farmacéuticos. Ofrecen beneficios en cuanto a eficiencia, calidad, análisis y, por supuesto, su balance final.

Los sistemas de control industrial manejan diversos componentes, como dispositivos de monitorización y sistemas de software para gestionar operaciones y automatizarlas en la medida de lo posible. Equilibran los muchos componentes necesarios para operar un entorno industrial, garantizando que dichos componentes funcionen de manera eficiente y en sincronía entre sí.

Elementos que podemos encontrar en un sistema de control:

- Unidad terminal remota (RTU): Una RTU es un dispositivo de campo que se comunica con una unidad terminal maestra y funciona como un controlador de supervisión.
- Interfaz humano-máquina (HMI): Con una HMI, los humanos pueden interactuar con el hardware que controla la maquinaria. La HMI suele ser una interfaz gráfica de usuario (GUI) que crea una plataforma legible por los humanos, en esencia, un software. Los usuarios pueden visualizar estados actuales, monitorear puntos de referencia, recibir alertas de seguridad, ajustar parámetros y algoritmos, evaluar datos históricos y mucho más.
- Controlador lógico programable (PLC): Como uno de los controladores de un ICS, un PLC permite gestionar procesos locales o conectarse a una HMI. También puedes visualizar controladores de automatización programables (PAC), que son similares a los PLC, pero suelen ser más avanzados y pueden incluir más memoria y flexibilidad de programación junto con características adicionales.
- Dispositivos electrónicos inteligentes: Un dispositivo inteligente puede recopilar datos y comunicarse con otros dispositivos. Con infraestructuras de SCADA y DCS, estos dispositivos pueden ejecutar controles locales automáticamente. [2]

¿QUÉ SON LOS SISTEMAS DE CONTROL ANALÓGICO?

Un sistema analógico es aquel cuyas señales pueden admitir valores infinitos que pueden variar de forma continua.

Los datos que forman parte de la naturaleza son de origen analógico: la temperatura, la distancia, el sonido, voltaje, imágenes, etc. Si bien todas estas variables se pueden convertir a datos digitales son, originalmente, analógicas.

Ventajas de los sistemas analógicos:

Si bien existe un interés creciente en la transformación digital porque en términos técnicos es superior a la tecnología analógica, esta también tiene sus ventajas:

- **Instantaneidad:** en los sistemas analógicos la señal se procesa en tiempo real, por ejemplo cuando usamos un parlante o un micrófono.
- **Economía:** los dispositivos basados en sistemas analógicos son más baratos que los digitales.
- **Fidelidad:** la calidad de la señal es más fiel a la realidad y no es tan fácil de manipular. Las grabaciones de audio en antiguos sistemas análogos son un ejemplo de ello.

Desventajas de los sistemas analógicos:

Los inconvenientes de utilizar dispositivos basados en sistemas analógicos son:

- **Ruido:** los sistemas analógicos son más susceptibles a las perturbaciones de la señal, y eso puede interferir en la calidad de los datos que transmiten.
- **Degradación:** a medida que se repite la transmisión de los datos, estos van perdiendo calidad.
- **Dificultades técnicas:** si se presenta alguna falla en un dispositivo analógico es mucho más difícil de reparar. Además, los sistemas análogos no pueden ser reparados de forma remota. [3]

¿QUÉ SON LOS SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL?

Con la aparición de los computadores, se vio la gran aplicabilidad de estos al control y aparecieron los sistemas de control digital. Un sistema de control digital es un sistema de control que procesa las señales que le vienen de los sensores en un computador. Para ello, la señal analógica (continua en su valor y en el tiempo) tiene que muestrearse y tomar valores discretos a determinados intervalos de tiempo. A este proceso se le conoce por digitalización de la señal.

A estos sistemas de control, que incluyen la conversión analógico-digital se les ha llamado también sistemas de control digital directo. La aplicación del computador en el control de procesos supuso un salto tecnológico enorme, que se tradujo en la implantación de nuevos modelos de control en el entorno industrial y permitió, por ejemplo, el desarrollo de la navegación espacial.

Principales sistemas de control digital:

Hay diferentes tipos de sistemas de control digital que han evolucionado de diferentes tipos de control analógico.

Los sistemas de control distribuido o SCD aparecen posteriormente, a finales de la década de los 70, en el entorno del control de procesos continuos, petroquímicas, papeleras, centrales de generación eléctrica, plantas de tratamiento de agua, farmacéuticas, etc.

Surgen con la necesidad de aprovechar las capacidades de los primeros computadores para mejorar la competitividad de las empresas y se emplearon inicialmente para sustituir los paneles analógicos en las tareas de supervisión remota de los procesos.

La principal diferencia entre sistema digital y sistema analógico radica en que el primero es mucho más preciso y la información se puede almacenar de manera más eficiente y en mayor cantidad que en un sistema analógico. [4]

	SISTEMA DIGITAL	SISTEMA ANALÓGICO
Definición	Sistema de manipulación de datos mediante dígitos (números).	Sistema de manipulación de datos físicos representados en valores continuos .
Valores de la señal	Valores discretos (finitos).	Valores continuos (infinitos).
Ventajas	• Menor tamaño. • Eficiencia. • Precisión. • Diseño. • Estabilidad	• Instantaneidad. • Economía. • Fidelidad.
Desventajas	• Conversión. • Ancho de banda. • Alteración.	• Menor tolerancia al ruido. • Degradación de la señal. • Dificultades técnicas.
Ejemplos	• Computadoras. • Teléfonos móviles. • Sistemas de grabación de audio y video. • Instrumentos de precisión digitales.	• Sistemas de audio y video antiguos. • Fotografía analógica. • Instrumentos de precisión tradicionales.

Tabla 2.- Cuadro comparativo de los sistemas de control.

¿QUÉ ES CONTROL PID?

El control PID es un mecanismo de control que, a través de un lazo de retroalimentación, permite regular la velocidad, temperatura, presión y flujo entre otras variables de un proceso en general. El controlador PID calcula la diferencia entre nuestra variable real contra la variable deseada (Set-Point).

La correcta sintonización o programación de estos parámetros nos ayuda a controlar de manera efectiva nuestra presión o flujo deseado. Si no programamos adecuadamente estos parámetros, el sistema puede presentar inestabilidad y el motor y la bomba pueden comenzar a vibrar y dañarse.

El algoritmo de control incluye tres parámetros fundamentales: Ganancia proporcional (P), Integral (I) y Derivativo (D).

- **Parámetro proporcional (P):** El parámetro Proporcional (P) mide la diferencia entre el valor actual y el set-point (en porcentaje) y aplica el cambio. Para aplicaciones sumergibles, el valor recomendado es 50% y para aplicaciones centrífugas, el valor recomendado es 10%.
- **Parámetro integral (I):** El parámetro Integral (I) se refiere al tiempo que se toma para llevar a cabo acción correctiva. Mientras el valor sea más pequeño, el ajuste del valor (set-point) es más rápido, pero se debe tener precaución, ya que reducir demasiado el valor puede causar inestabilidad en el sistema, oscilaciones, vibración de motor y de la bomba. Por otro lado, valores más altos proveen una respuesta más lenta, lo que puede provocar un rebasamiento del punto de ajuste y oscilación de la frecuencia de salida.
- **Parámetro derivativo (D):** El parámetro Derivativo (D) emite una acción predictiva, es decir, prevé el error e inicia una acción oportuna. Responde a la velocidad del cambio del error y produce una corrección significativa antes de que la magnitud del error se vuelva demasiado grande. [5]

Sintonización manual de un controlador PID:

Al proceso de ajustar las ganancias para lograr el comportamiento deseado del sistema se le llama sintonización del controlador. Para sintonizar exitosamente las ganancias de un control PID, se sigue de este modo:

1. **Acción Proporcional.** Se aumenta poco a poco la acción proporcional para disminuir el error (diferencia entre el estado deseado y el estado conseguido) y para aumentar la velocidad de respuesta. Si se alcanza la respuesta deseada en velocidad y error, el PID ya está sintonizado. Si el sistema se vuelve inestable antes de conseguir la respuesta deseada, se debe aumentar la acción derivativa.
2. **Acción Derivativa.** Si el sistema es demasiado inestable, se aumentará poco a poco la constante derivativa para conseguir de nuevo estabilidad en la respuesta.
3. **Acción Integral.** En el caso de que el error del sistema sea mayor que el deseado, se aumentará la constante integral hasta que el error se minimice con la rapidez deseada. Si el sistema se vuelve inestable antes de conseguir la respuesta deseada, se debe aumentar la acción derivativa. [6]

DISEÑOS DE TABLEROS DE CONTROL.

Los equipos de control, protección, medida y supervisión estarán diseñados de forma modular compuestos de elementos con funciones concretas y definidas, agrupados entre ellos de forma adecuada para conseguir la funcionalidad deseada. Los equipos de control, protección y medida serán adecuados para su operación bajo las condiciones eléctricas y del medio ambiente presente en la sala de control y/o en el patio de la subestación.

Los módulos de entradas y salidas digitales manejarán directamente las tensiones y corrientes de las señales provenientes de los equipos de patio de alta y media tensión, transformador de potencia y servicios auxiliares, sin que se requiera usar opto-acopladores o relés de interposición para aislamiento.

Las protecciones deben tener conexión por la parte posterior y ser apropiadas para montaje empotrados en la tapa frontal del tablero o en una puerta tipo rack. Si las protecciones son modulares, los diferentes módulos o tarjetas deben ser del tipo extraíble, que puedan ser retirados sin necesidad de cortocircuitar el secundario de los transformadores de corriente o desconectar los cables, externamente.

Los relés de protección deben incorporar o tener externamente bloques de prueba que permitan aislar completamente los equipos de los transformadores de medida, de los circuitos de disparo, polaridades y del arranque de la protección por falla de interruptor.

Características constructivas:

Tablero: El tablero de control, protección debe ser compacto y contener todos los relés e instrumentos de medición y control especificados en los diagramas unifilares.

El tablero y gabinete deberán ser fabricados de láminas de acero moldeadas en frío, convenientemente fijados y asegurados, libres de abolladuras, grietas y otros defectos.

Las dimensiones del compartimiento interno deberán ser adecuadas para el equipo, con suficiente espacio para la entrada del cable y el alambrado hasta las borneras y de fácil acceso para inspección y mantenimiento.

Los equipos deberán estar montados en el interior del tablero. Los tableros se dimensionarán para contener los equipos de control, medida y protección en una sola columna por módulo; los cables entraran por la parte inferior y estarán provistos de medios para asegurar los cables al tablero.

Cableado: El tablero de control deberá ser suministrado completamente alambrado.

Todos los conductores convencionales deberán ser de no menos de 14 AWG o equivalente, de cobre trenzado y aislados para operar hasta 600 voltios. Para las conexiones del transformador de corriente, se tendrá como mínimo conductor calibre 10 AWG.

Para el cableado desde el tablero hasta el gabinete de patio se deben cablear los servicios auxiliares para el transformador en AC y DC. Señales de alarmas, disparos, cambiador de TAP, alimentación ventiladores, gabinete cambiador de TAP.

Borneras: Todos los tableros de control deberán suministrarse con borneras. Cada cable que llegue a una bornera deberá ser identificado por su número correspondiente. Las borneras deberán estar diseñadas para satisfacer las demandas de economía de espacio, seguridad en la operación y flexibilidad en la disposición de las tuberías y alambrado de control.

Resistencia De Calefacción: El tablero deberá proveerse de un espacio totalmente encerrado con calefacción para protección contra humedad.

Las resistencias de calefacción deberán estar localizadas en la parte más baja del tablero en forma tal que no sea un peligro para el equipo o cableado y también para que no afecte el rango de temperatura del equipo o la calibración de los relés.

Acabado: El color final deberá ser igual o similar al color de los tableros existentes en la subestación y estar sujeto a aprobación por parte de EMSA ESP. Para este propósito deberán ser suministradas muestras por el CONTRATISTA. [7]

CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC'S):

Un Controlador Lógico Programable, más conocido PLC (Programmable Logic Controller, debido a sus siglas en inglés) es básicamente una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas.

Se trata de dispositivos electrónicos programables que se pueden adaptar a las necesidades de tu compañía o fábrica, sobre todo en las líneas de producción. Existen diferentes proveedores que ayudarán a programar cada uno de estos dispositivos, con el objetivo de que funcione correctamente.

También se le conoce como cerebro electrónico, encargado de accionar a otros componentes de maquinaria para que realicen acciones que pudieran ser peligrosas para los seres humanos o muy lentas si se hace manualmente. [8]

¿Cómo funciona un PLC?

La operatividad del PLC está basada en procesos periódicos y de sucesión. A continuación se presentan una secuencia de este aparato:

- Autodiagnóstico: Es la revisión de todos los circuitos. En caso de presentarse un inconveniente, el dispositivo indica una señal.
- Lectura de entrada y grabación: Evalúa cada entrada para diagnosticar si está en estado de prendido o apagado y graba estos procesos en la
- memoria, instaurando una imagen.
- Lectura y realización del programa: Utilizando la imagen que se encuentra en la memoria, el ordenador realiza el programa instruido por el usuario.
- Registro y actualización de salidas: En este paso se restaura de manera coetánea todas las salidas

Tipos de PLC en la industria:

En rasgos generales estos autómatas se clasifican en compactos, modular, banda estrecha, banda baja, montaje en rack, ordenador industrial, software y de ranura.

En el mercado actual existe una gran gama de PLC disponibles para cada necesidad de automatización, siendo los más reconocidos por su calidad y seguridad los fabricados por las marcas Siemens y Allen Bradley.

Presentamos una lista de los modelos PLC más demandados de estas dos potencias tecnológicas para el área industrial.

- Siemens: S7-200, S7-300, S7-400, S7-1500. Cada uno de estos modelos tiene disponibles accesorios que serán de utilidad para optimizar los procesos de automatización en las industrias.

- Allen Bradley: Sistemas de control de PLC grandes, sistemas de control de PLC pequeños, controladores de procesos, sistemas de control micro PLC. Al igual que los equipos Siemens, estos equipos cuentan con accesorios. [9]



Imagen 1.- Controlador Lógico Programable

¿QUÉ ES UN VARIADOR DE FRECUENCIA?

Los variadores o convertidores de frecuencia son sistemas que se encuentran entre la fuente de alimentación eléctrica y los motores eléctricos. Sirven para regular la velocidad de giro de los motores de corriente alterna (AC).

Por sus siglas en inglés, solemos referirnos al variador de frecuencia como VFD, que viene de *variable frequency drive*, que se traduciría literalmente como “regulador/variador de frecuencia variable”. A pesar de ello, también están presentes en el mercado otras acepciones como puede ser VSD (*variable speed drive* o regulador de velocidad variable) o ASD (*adjustable speed drive*, conocido en castellano como “accionamiento de velocidad variable”).

Regulando la frecuencia de la electricidad que recibe el motor, el variador de frecuencia consigue ofrecer a este motor la electricidad demandada, evitando así la pérdida de energía, o lo que es lo mismo, optimizando el consumo.

Tipos de variadores de frecuencia:

Para saber cuál es el variador de frecuencia que más se ajusta a los fines deseados, tendremos que conocer de antemano dos factores: cuál es el voltaje con el que estamos trabajando y cuál es el tipo de motor al que conectaremos el variador.

A grandes rasgos, estas serían las diferentes tipologías:

- **Variadores de frecuencia de corriente alterna:** Generalmente, son los aquí explicados en este artículo.
- **Variadores de frecuencia de corriente directa:** Destinados a motores alimentados por corriente continua.
- **Variadores de frecuencia de voltaje de entrada:** Se encargan de generar una nueva onda sinusoidal de tensión, introduciendo una serie de onda cuadrada y mediante la variación del voltaje.
- **Variadores de frecuencia de fuentes de entrada:** En este caso es el caudal de onda cuadrada el que se recibe de entrada. Requieren grandes inversores para mantener una corriente constante.
- **Variadores de frecuencia de ancho pulso modulado:** Llamado PWM (por sus siglas en inglés *pulse-width modulation*), mantiene el par motor constante por medio de una serie de pulsos de voltaje constantes realizados por unos transistores. [10]

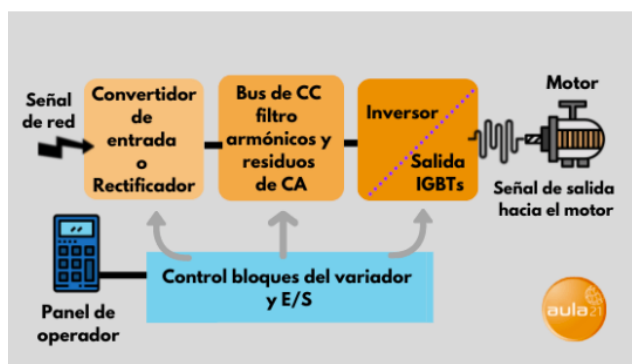


Imagen 2.- Diagrama básico de un variador de frecuencia.

¿QUÉ ES UN GUARDAMOTOR?

Un guardamotor es un interruptor magnetotérmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores. Su curva característica se denomina D o K.

Las características principales de los guardamotores, al igual que de otros interruptores automáticos magnetotérmicos, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

Pero contrariamente a lo que ocurre con los pequeños interruptores automáticos magnetotérmicos, los guardamotores son regulables; resultado de lo cual se dispone en una sola unidad de las funciones que de otra manera exigirían por ejemplo la instalación de al menos tres unidades a saber: interruptor, contactor y relé térmico.

¿Composición de un guardamotor?

- **Bimetal:** Tiene una lámina compuesta de varios metales acoplados juntos, no como aleación, sino en capas de diferentes metales. Por aquí transita la electricidad del y cuando la corriente alcanza una cantidad de energía muy elevada, la placa de metal se expande y dobla, hasta accionar un tensor y cesar el paso de electricidad.
- **Carrete del percutor magnético:** Por este carrete o bobina pasa electricidad y cuando se excede de energía, el magnetismo que se produce en la bobina dispara la función del guardamotor.
- **Contacto fijo:** Por aquí circula la corriente, más no se genera movimiento desde esta pieza.
- **Contacto móvil:** En esta sección circula la energía y sí, involucra movimiento cuando se activa.

¿Cómo saber escoger un guardamotor?

Primero tiene que estar al tanto de las características que posee el motor, que necesita proteger. Algunos datos básicos que debe tomar en cuenta son: la potencia, el factor de servicio, código, tensión y si es un motor NEMA, que son los fabricados con medidas americanas, en pulgadas.

En caso de que sean motores IEC, cuyas medidas van expresadas en milímetros, debes saber cuál es la potencia, diseño, kW y tensión. Cuando se trata de un motor pequeño, puede ser monofásico, debes definir la corriente nominal con la que funciona, esto lo hace de acuerdo a lo que aparece en la letra código del motor.

Este esquema de selección sirve para los motores que son monofásicos o trifásicos. Si es un motor más grande, en el que utilizas un arranque de tensión completa por un arrancador

combinado, determinas primero: qué corriente nominal usa el motor, cuál es la de arranque y qué nivel de corriente continua tiene en la instalación del controlador de motor. [11]

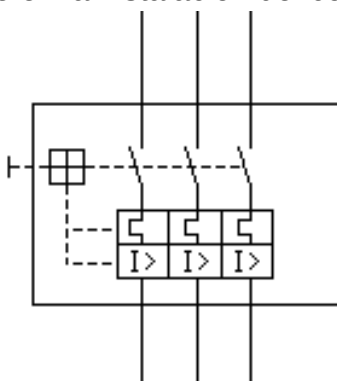


Imagen 3.- Simbología para un guardamotor

¿QUÉ ES UN SERVOMOTOR?

También llamado servo, son dispositivos de accionamiento para el control de precisión de velocidad, par motor y posición. Constituyen un mejor desempeño y precisión frente a accionamientos mediante convertidores de frecuencia, ya que éstos no nos proporcionan control de posición y resultan poco efectivos en bajas velocidades.

Es un servomotor, aquel que contiene en su interior un encoder, conocido como decodificador, que convierte el movimiento mecánico (giros del eje) en pulsos digitales interpretados por un controlador de movimiento. También utilizan un driver, que en conjunto forman un circuito para comandar posición, torque y velocidad.

Con la aparición de los servomotores digitales se han conseguido grandes avances en las posibilidades de control y eficiencia. La mejora del rendimiento se produce debido a que la electrónica de control utiliza un microcontrolador para hacer todo el trabajo. Este hecho permite mandar más pulsos de control al motor aumentando la precisión de movimiento y el rendimiento.

Por otro lado, también se hacen más lecturas del potenciómetro por segundo y se emplean drivers más eficaces y de reducido tamaño que permiten controlar mayor potencia con un circuito mucho más pequeño. Por si esto fuera poco, el microcontrolador incorpora la posibilidad de programar algunos parámetros como el recorrido, la posición central, la zona neutra, etc.

Un servomotor lo compone:

- **Un motor eléctrico:** Que es el encargado de generar el movimiento a través de su eje.
- **Un sistema de control:** Este sistema permite controlar el movimiento del motor mediante el envío de pulsos eléctricos.
- **Un sistema de regulación:** Está formado por engranajes por los cuales puede aumentar la velocidad y el par o disminuirlas.
- **Un potenciómetro:** Se encuentra conectado al eje central y permite en todo momento saber el ángulo en el que se encuentra el eje del motor. [12]

Tipos de servomotores:

Los servos vienen en muchos tamaños y en tres tipos básicos: rotación posicional, rotación continua y lineal.

- **Servo de rotación posicional:** Este es el tipo más común de servomotor. El eje de salida gira aproximadamente la mitad de un círculo, o 180 grados. Tiene topes físicos colocados en el mecanismo de engranaje para evitar que se gire más allá de estos límites para proteger el sensor de rotación.
- **Servo de rotación continua:** Este tipo es muy similar al servomotor de rotación posicional común, excepto que puede girar en cualquier dirección indefinidamente. La señal de control, en lugar de ajustar la posición estática del servo, se interpreta como la dirección y la velocidad de rotación.
- **Servo lineal:** Es similar al servomotor de rotación posicional descrito anteriormente, pero con engranajes adicionales (normalmente un mecanismo de cremallera y piñón) para cambiar la salida de circular a vaivén. [13]

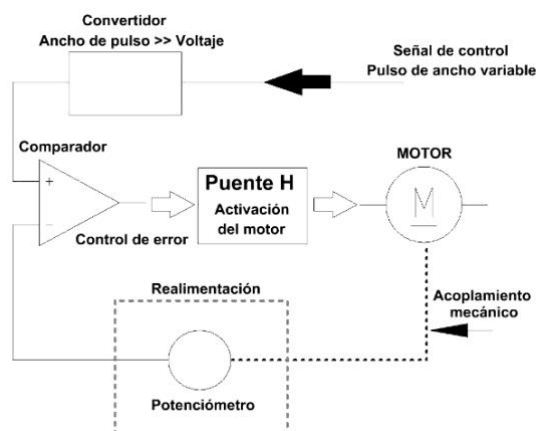


Imagen 4.- Dinámica del funcionamiento de un servomotor.

¿QUÉ ES UN HMI?

La Interfaz Hombre-Máquina (HMI, por sus siglas en inglés) es la interfaz entre la máquina procesadora y el operario. En esencia, es el panel de control del operario. Es la herramienta principal que los operarios y los supervisores de línea utilizan para coordinar y controlar procesos y máquinas industriales y de fabricación.

Los sistemas HMI se especializan en mostrar información operativa casi en tiempo real. Los gráficos visuales de proceso dan significado y contexto al estado del motor y de las válvulas, los niveles del tanque y otros parámetros del proceso. Los HMI dan una visión operativa del proceso y permiten su control y optimización mediante el ajuste de la producción y de los objetivos del mismo.

El propósito de los HMI es mostrar información operativa en tiempo real y de forma fácilmente comprensible. Los gráficos visuales de proceso dan significado y contexto al estado del motor y de las válvulas, los niveles del tanque, presión, vibración y otros parámetros del proceso. Los sistemas HMI le introducen en el proceso para que pueda controlarlo y optimizarlo ajustando la producción y los objetivos del mismo. Los HMI también ayudan a los gerentes y supervisores a mejorar el proceso proporcionando datos históricos y de tendencias sobre la eficiencia de las máquinas o la calidad del producto. [14]

Ventajas de las HMI:

Las HMI proporcionan una serie de ventajas en las organizaciones industriales actuales, entre otras:

- **Mayor visibilidad:** una HMI de alto rendimiento le ofrece una mayor visibilidad de sus operaciones en todo momento, lo que le permite ver el rendimiento de sus equipos o instalaciones desde un solo panel, al que puede acceder incluso remotamente, aumentando la productividad con el tiempo y respondiendo a las alertas con mayor rapidez.
- **Eficiencia mejorada:** gracias al acceso en tiempo real de la HMI a los datos, puede usarla para supervisar la producción y ajustarla a los requisitos cambiantes. La visualización de los datos, combinados con las tecnologías de análisis de datos, le permiten identificar áreas en las que puede mejorar la eficiencia de sus operaciones.
- **Menos periodos de inactividad:** con las alertas en un panel central puede responder a los problemas con más rapidez, reduciendo los periodos de inactividad. Visualizar y analizar los datos de rendimiento de los equipos también le pueden ayudar a detectar futuros problemas mecánicos.
- **Usabilidad mejorada:** Las HMI facilitan a los usuarios ver y entender los datos y equipos de control. Presentan los datos en forma gráficas, etc., permitiendo a los usuarios interpretarlos rápidamente.
- **Sistema unificado:** Se puede controlar todos los equipos usando la misma plataforma, lo que facilita a los operarios su control. También puede ver todos los datos en una ubicación, para tener una visión general clara de las instalaciones. [15]

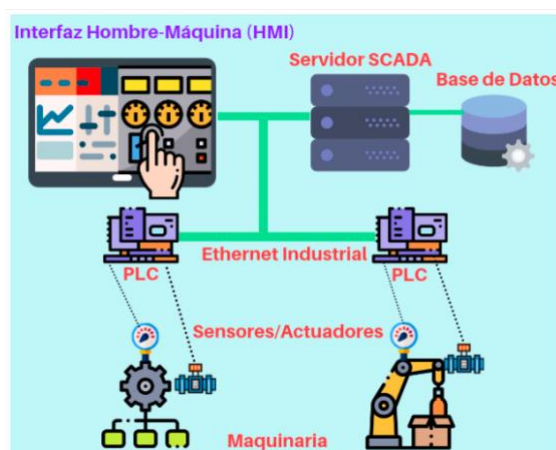


Imagen 5.- Diagrama básico de un sistema HMI

¿QUÉ SON LOS RELEVADORES?

Los relevadores principalmente se usan en sistemas que requieran controlar una carga o usar un interruptor que pueda ser controlado eléctrica o mecánicamente. Una de las aplicaciones originales fue usarlos para diseñar maquinas de estado finito o autómatas. Una de las aplicaciones actuales es el de controlar cargas inductivas o resistivas mediante pulsos de control digital. Los relés también son usados en equipos de pruebas, sistemas de comunicación, seguridad, medición, circuitos de potencia., inversores o sistemas de potencia foto-voltaicos.

Características principales:

Las características generales de cualquier relé son: El aislamiento entre los terminales de entrada y de salida. Adaptación sencilla a la fuente de control. Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida. [16]

Tipos de relevadores:

1.- Relé de estado sólido: Funciona como switch eléctrico que conmuta entre los estados abierto y cerrado, es muy similar al relé electromecánico, su uso es para operaciones que necesiten una utilización continua de los contactos del relevador, sin que se tenga que producir deterioro mecánico.

Aparte de su extenso rango de operación con cargas de potencia eléctrica los relevadores de estado sólido tienen el beneficio de efectuar el cambio de estado a grandes velocidades, medidas en nanosegundos.

2.- Relés electromecánicos: Cuando hablamos de este relé estamos nombrando el relevador de tipo armadura, este tipo de relé contiene una bobina, núcleo y electroimán que son las piezas principales para que pueda realizar su funcionamiento.

Este relé funciona como un pulsador o interruptor, primero pasa corriente por la bobina, se magnetiza el núcleo y se transforma en un imán proporcionando una potencia dependiendo del porcentaje de la fuerza que produce la corriente.

3.- Relés Polarizados: Están compuestos por un escudo y a un imán permanente. La esquina inferior (derecha o izquierda) da vueltas dentro del electroimán mientras tanto la otra parte contiene una cabeza de contacto.

Al mover el electroimán, el escudo se pone en movimiento y se produce el cierre de los contactos. En caso de polarizarlo al revés el giro será al revés, es decir, en sentido contrario, abriendo los contactores o cerrando el circuito.

4.- Relés de corriente alterna: Cuando se excita la bobina de un relé con corriente alterna, el flujo imantado en el circuito imantado, asimismo es alterno, generando una fuerza pulsante, habitualmente doble, hacia los contactos.

En los relés de corriente alterna se cambia la resonancia de los contactores para evitar la oscilación.

5.- Relés con retardo a la conexión: Tenemos la probabilidad de que se produzca retardo en la desconexión ya sea por la disminución de la presión o por medios mecánicos, esto ya dependerá de los diferentes factores de la situación que se de en ese momento.

6.- Relés en paralelo con capacitor: Es muy sencillo de explicar, es un relé que tiene un capacitor en paralelo y cada vez que se produzca un corte de la alimentación, habrá una demora en la desconexión por la descarga del capacitor en la bobina, con esta función los tiempos son muy exactos a veces pueden superar el segundo de tiempo.

7.- Relé térmico: Es un elemento electromecánico inventado para proporcionarle seguridad a los motores eléctricos, aumentando así su durabilidad y protegerlos en todo momento mediante factores como sobrecalentamientos o sobrecargas. Están compuestos por una fina lámina metálica con distintos tipos de dilatación.

Las dos láminas que componen este relé una es de hierro y otra de níquel. Cuando el motor se pone en marcha le da energía a la bobina y el motor comienza a realizar su funcionamiento. [17]



Imagen 6.- Tipos de relevadores

ETIQUETADORA B&H 2500:

La etiquetadora B&H 2500 está diseñada y acoplada para aplicar etiquetas a envases cilíndricos (por ejemplo, botellas de plástico) a partir de un rollo continuo, la capacidad de etiquetado difiere según el tamaño del rollo o bobina de etiquetas, el tamaño de botella con las que puede trabajar la etiquetadora es ajustable mediante mecanismos manuales.

Partes de la etiquetadora B&H 2500:

A continuación, se ilustra las partes mecánicas de la etiquetadora.

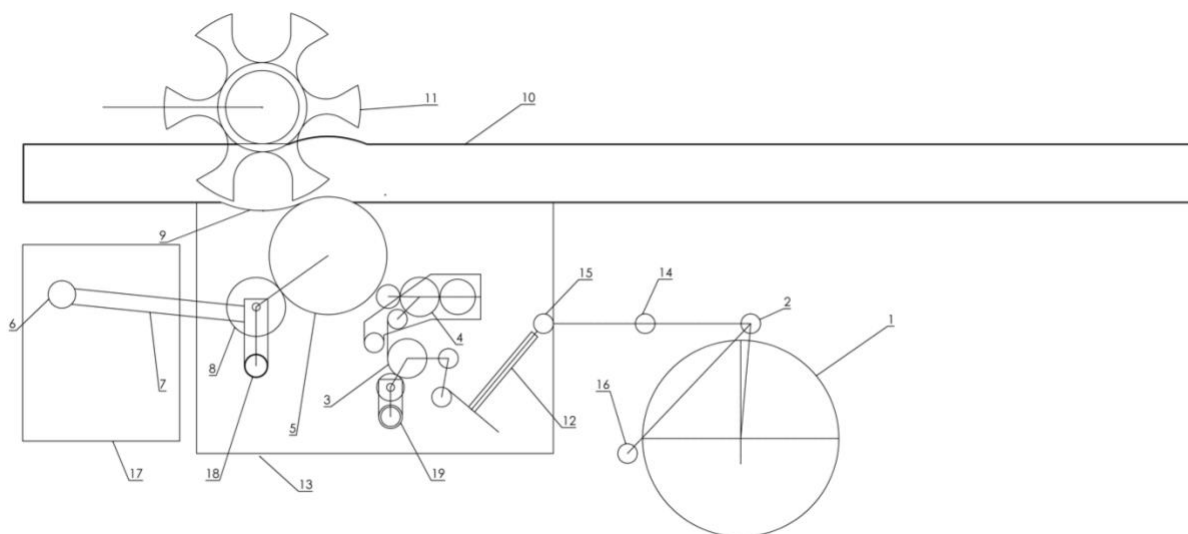


Imagen 7.- Diagrama de la etiquetadora B&H 2500 (Distribución de elementos)

1. Bobina de etiquetado: Es un rollo de etiquetas continuo que suministra etiquetas a la etiquetadora.
2. Rodillo de tensado 1: El rodillo tensa las etiquetas, ayudando a prevenir defectos o imperfecciones a la hora de que la etiqueta pase por el rodillo de arrastre.
3. Rodillo de arrastre: Es un rodillo de superficie rugosa que arrastra la tira de etiquetas para su posterior corte.
4. Rodillo de corte: Es un rodillo con una cuchilla vertical que realiza el corte a la tira de etiquetas, el corte se realiza cuando la cuchilla hace contacto con el rodillo auxiliar de corte, el lugar del corte es indicado por dos barras de color negro que vienen impresas al inicio y final de la etiqueta y son detectadas por un sensor fotoeléctrico.

5. Tambor de etiquetado: Es un disco de espesor generalmente igual al ancho de la etiqueta con orificios de succión en su cara cilíndrica, la etiqueta es adherida al tambor mediante los orificios de succión.
6. Cilindro de bombeo de pegamento: Este rodillo bombea el pegamento al cilindro de engomado a través de la manguera de suministro.
7. Manguera de suministro de pegamento: Manguera especial para altas temperaturas por la cual se suministra el pegamento líquido al rodillo de engomado.
8. Rodillo de engomado: Es un rodillo de cara cilíndrica rugosa, el pegamento cae en la parte superior del cilindro permitiendo que se disperse sobre la cara cilíndrica del rodillo, el pegamento es suministrado a la etiqueta cuando el tambor de etiquetado gira levemente con el rodillo de engomado, el contacto entre el rodillo y el tambor solo se realiza en dos superficies que sobresalen levemente de la cara cilíndrica del tambor.
9. Vías curvas de superficie rugosa: Son dos vías en forma de curvas con caras rugosas opuestas que permiten que la botella gire al pasar por ellas.
10. Cinta transportadora: Es un transportador de banda con dos rieles a los lados que traslada la botella a través de la etiquetadora, permitiendo la colocación de la etiqueta en la botella, hay que recordar que la cinta es accionada por un motorreductor.
11. Estrella separadora de botellas hexagonal: Engranaje que separa las botellas cuando estas ingresan a la etiquetadora, gracias a su forma de estrella y la fuerza que ejerce sobre la botella causa que la botella gire sobre su propio eje y esté lista para la colocación de la etiqueta.
12. Barra de ajuste de altura de etiqueta: Bloque de acero por el que pasa la etiqueta con dos tornillos de ajuste a los lados para modificar la altura de la etiqueta según se requiera.
13. Bancada: Es la estructura donde van sujetos parte de los rodillos de ajuste, el rodillo de arrastre, de corte y de engomado.
14. Rodillo de tensado 2: Rodillo que tensa las etiquetas, ayudando a prevenir defectos o imperfecciones a la hora de que la etiqueta pase por el rodillo de arrastre.
15. Rodillo de tensado 3: El rodillo tensa las etiquetas, ayudando a prevenir defectos o imperfecciones a la hora de que la etiqueta pase por el rodillo de arrastre.

16. Rodillo de tensado 4: El rodillo tensa las etiquetas, ayudando a prevenir defectos o imperfecciones a la hora de que la etiqueta pase por el rodillo de arrastre. En particular este rodillo es parte de una articulación movida por un motor a pasos y a su vez este motor es controlado por un servodrive (YASKAWA LEGEND10), esta articulación tensa la etiqueta para que al momento del corte este se haga en el lugar indicado.
17. Cámara almacenadora de pegamento: Depósito donde se almacena y se calienta el pegamento. Este pegamento es calentado mediante tres resistencias las cuales se energizan o des-energizan cuando la temperatura del pegamento sea la indicada.
18. Brazo sujetador de rodillo de engomado: Pieza que sirve para sostener y posicionar el rodillo de engomado.
19. Brazo sujetador de rodillo auxiliar de arrastre: Pieza que sostiene y da soporte al rodillo auxiliar de arrastre.

FUNCIONAMIENTO DE LA ETIQUETADORA B&H 2500:

El funcionamiento de una etiquetadora difiere dependiendo del fabricante y del modelo de la misma, también depende del sector al que va dedicada, por ejemplo si está dedicada a la industria farmacéutica se tienen parámetros que se deben cumplir para que durante el proceso de etiquetado, el producto o el empaque del producto no sea contaminado, pero al final del día estas cumplen con un mismo objetivo el cual es colocar un cuadro de texto con información importante y referente al producto, desde el nombre del producto, la empresa que lo fabrica, los químicos involucrados en su elaboración y hasta información nutrimental que nos ayuda a estar informados acerca de lo que consumimos. En este caso el propósito de las etiquetadoras B&H es aplicar etiquetas a envases cilíndricos a partir de un rollo continuo y en particular es utilizada para el etiquetado de empaques de plástico PET.

De forma general el funcionamiento de la etiquetadora B&H se basa en tres etapas, la etapa 1 es la de suministro de la etiqueta, la etapa 2 es la del engomado de la etiqueta y la etapa 3 colocación de etiqueta.

A continuación, se ilustra la forma como se encuentran distribuidas las etapas del proceso de etiquetado para la etiquetadora B&H 2500.

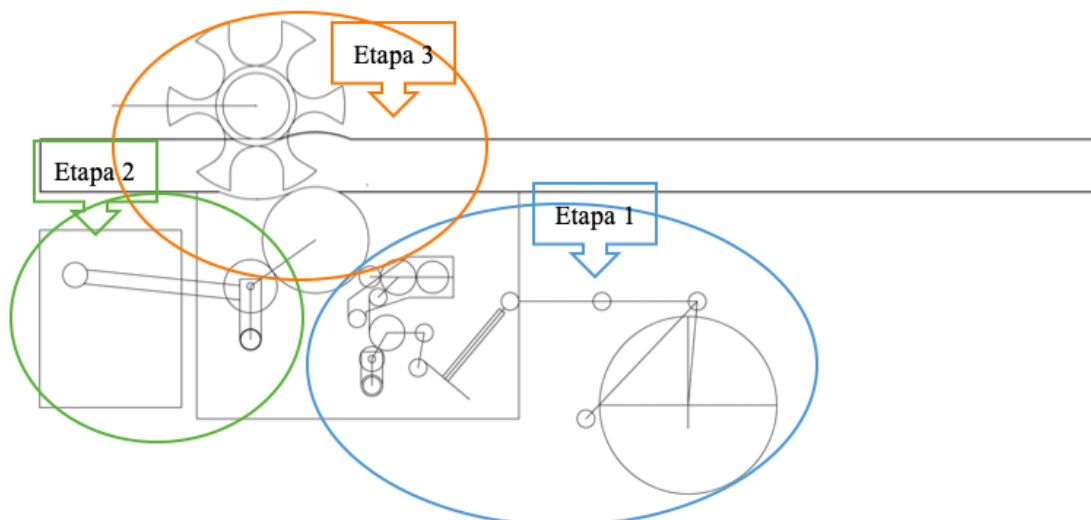


Imagen 8.- Etapas de etiquetado

En la primera etapa, la etiqueta se suministra al tambor de etiquetado a partir de una bobina de etiquetas a través de una serie de rodillos de tensado y un rodillo de arrastre, los rodillos de tensado se encargan de tensar la etiqueta permitiendo prevenir la formación de imperfecciones (doblecillos o arrugas) a la hora de que la etiqueta es jalada por el rodillo de arrastre.

En la segunda etapa o etapa de engomado, se le suministra a la etiqueta una porción de pegamento el cual ayudara a su posterior sujeción en la botella, el pegamento es calentado por medio de resistencias y bombeado a la parte superior del rodillo de engomado, el rodillo engomador suministra una porción de pegamento a la etiqueta al girar tangencialmente al tambor de etiquetado.

Y por ultimo en la etapa final, cuando la etiqueta ya se encuentra con pegamento en el tambor de etiquetado, la botella entra a la etiquetadora por medio de una cinta transportadora, la botella recorre un camino de vías curvas con superficie rugosa, provocando gracias a la rugosidad de la superficie que la botella gire y al momento de que la botella se encuentra con el tambor de etiquetado, esta al estar girando permita la colocación y adhesión de la etiqueta en la botella a continuación una vez colocada y pegada la etiqueta la botella sigue su camino a través de la cinta transportadora, dejándola lista para el siguiente proceso. [18]

CAPÍTULO 2.- DESARROLLO

A continuación se detalla el diseño de la actualización del software del control de la etiquetadora B&H 2500, así mismo se presenta una lista con los dispositivos seleccionados para la parte del tablero de control perteneciente al hardware.

DISPOSITIVOS REQUERIDOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO 1:

Dentro del tablero 1 se propone se ubicarán los dispositivos pertenecientes al control de la temperatura de la cámara del pegamento, el motor de la cinta transportadora, turbina de succión y el motor principal.

Nº de unidades	Nombre del dispositivo	Modelo	Marca
1	PLC	S7-1200 CPU 1214c dc/dc/dc	Siemens
1	Modulo de señales analógicas	SM 1231 TC	Siemens
3	Interruptores termomagnéticos (circuit breaker 10ka 3pol c10)	5SY4310-7	Siemens
1	Interruptor termomagnético de 2 polos (circuit breaker 10ka 2pol c16)	5SY4216-7	Siemens
1	Interruptor termomagnético (Circuit breaker 6ka 1pole c2)	5SL6102-7CC	Siemens
1	Fuente de alimentación	ABB CP-E 24/5.0	ABB
1	Contactor de 3 polos	3RT1016-1BB41	Siemens
1	Rele térmico	3RU1116-1KB0	Siemens
1	Disyuntor de motor	GV2ME326	Schneider electric
3	Rele de estado solido	G3PE-215B	Omron
1	Transformador de control industrial	9070T100D1	Schneider electric

1	Variador de frecuencia	GA 500	Yaskawa
2	Relevadores de estado solido	38.51.0.024.0060	Finder
1	Rele de seguridad	PNOZX3	Pilz

Tabla 3.- Dispositivos a utilizar para el tablero 1.

DISPOSITIVOS REQUERIDOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO 2:

Nº de unidades	Nombre del dispositivo	Modelo	Marca
1	Interruptores termomagnético (circuit breaker 10ka 3pol c10).	SY4216-7	Siemens
1	Interruptor termomagnético (circuit breaker 6ka 1 pole c2).	5SL6102-7CC	Siemens
1	Fuente de alimentación.	PS Tsl Systron 24VDC	Entrelec SCHIELE
1	Fuente de Poder DIN Rail.	MDR-20-5	MeanWell
1	Servopack.	SGDV SigmaLogic	Yaskawa
1	Tarjeta de controlador de máquina de un solo eje.	MP2600iec	Yaskawa
2	Conectores CN 13	CBK-U-MP2B-xx	Yaskawa

Tabla 4.- Dispositivos a utilizar para el tablero 2.

DISEÑO DE DIAGRAMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA Y CONTROL:

Para la realización de los diagramas de control y de potencia se utilizó el software Eplan Electric P8 2.9 SP1, ya que éste contiene todos los componentes necesarios.



Imagen 9.- Software a utilizar.

Basándonos en el funcionamiento de la etiquetadora B&H 2500, se diseñaron los diagramas de control y potencia con el fin de interpretar de forma más clara el funcionamiento y la conexión de los componentes así como la función que se cumplen dentro del control del equipo, ya que estos diagramas nos ayudan para comprender mejor el control de la máquina y además de que ayudan en posteriores reparaciones si es que llegara a ocurrir algún problema o inconveniente.

DIAGRAMA DE FUERZA PARA EL TABLERO 1:

Como podemos observar a continuación se presenta el diagrama de control correspondiente al tablero 1 y en éste se especifican la forma de conexión de los componentes que permiten la activación o desactivación y protección del motor principal, el motorreductor de la cinta transportadora, el control de la temperatura para las resistencias, así como la activación de la turbina de succión.

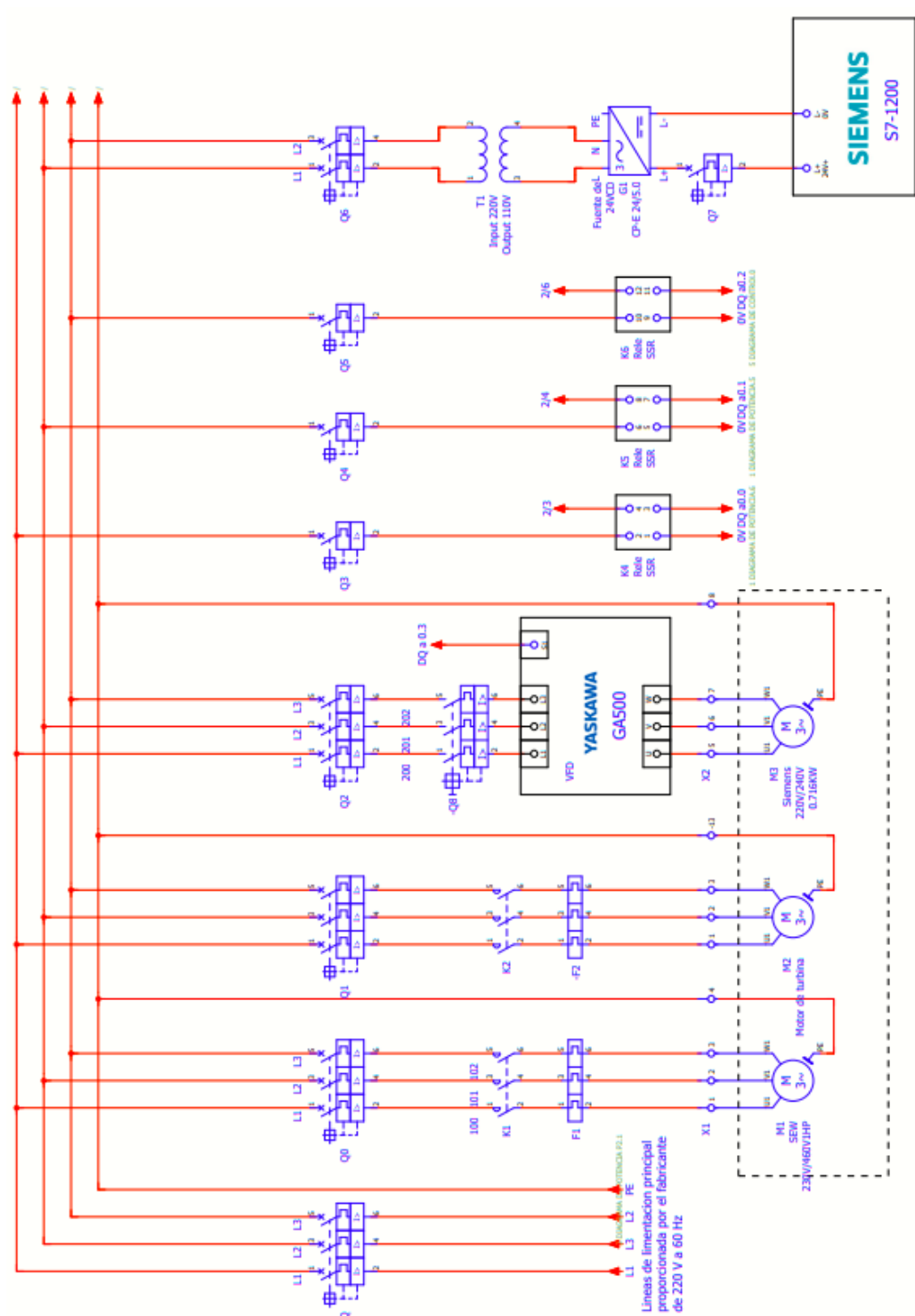


Imagen 10.- Diagrama de fuerza para el tablero 1.

Como se puede ver en la primera parte de diagrama de fuerza tenemos las 4 líneas de alimentación alterna principal correspondientes a la línea 1, línea 2 y línea 3, las cuales pasa por un interruptor termomagnético, que protege a todos los componentes de fuerza, esté corta o interrumpe el paso de la corriente cuando está sobrepasa ciertos límites de operación, adicional a las líneas de corriente alterna tenemos una línea PE perteneciente al conductor de puesta a tierra que funciona como otra protección para nuestro circuito ya que permite liberar la carga que genera el circuito.

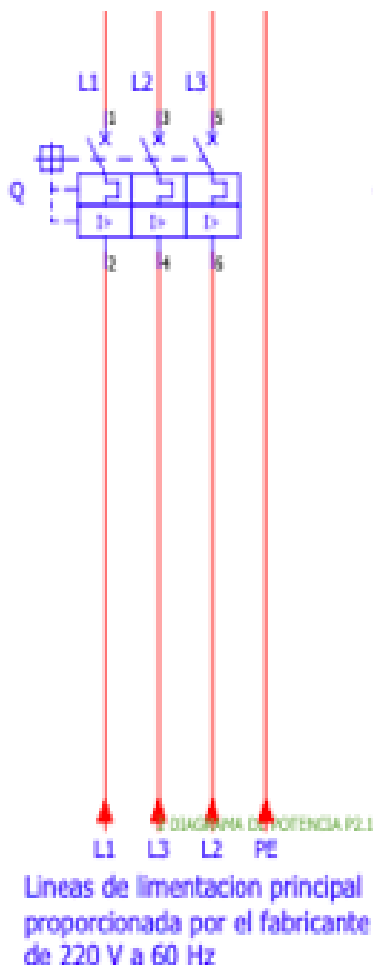


Imagen 11.- Líneas de alimentación

En la siguiente imagen se presenta la parte del diagrama de fuerza perteneciente a los elementos de fuerza que permiten poner en marcha el motor de la cinta transportadora, entre estos elementos tenemos un interruptor termomagnético Q0 de tres polos que protege a las otras partes del circuito ya que si el motor o alguno de estos elementos llegara a estar el corto este se abre en seguida tenemos un contactor K1 que acciona el motor, acoplado al contactor tenemos un relé térmico F1 que en conjunto funcionan como una protección para el motor y X1 que representa a las clemas de conexión.

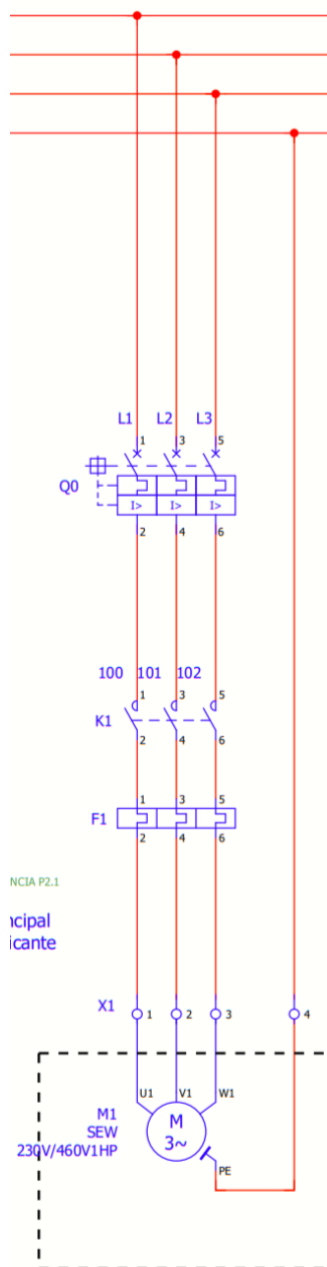


Imagen 12.- Diagrama del motor de la cinta transportadora para el tablero 1

En la siguiente imagen se muestra los elementos de fuerza para la turbina encargada de la de generar la succión para la fijación de la etiqueta, donde Q1 es el interruptor termomagnético para esta parte del circuito, K2 es el contactor que permite el accionamiento por programa y F2 es un rele térmico x1 representa las conexiones o clemas dentro del tablero.

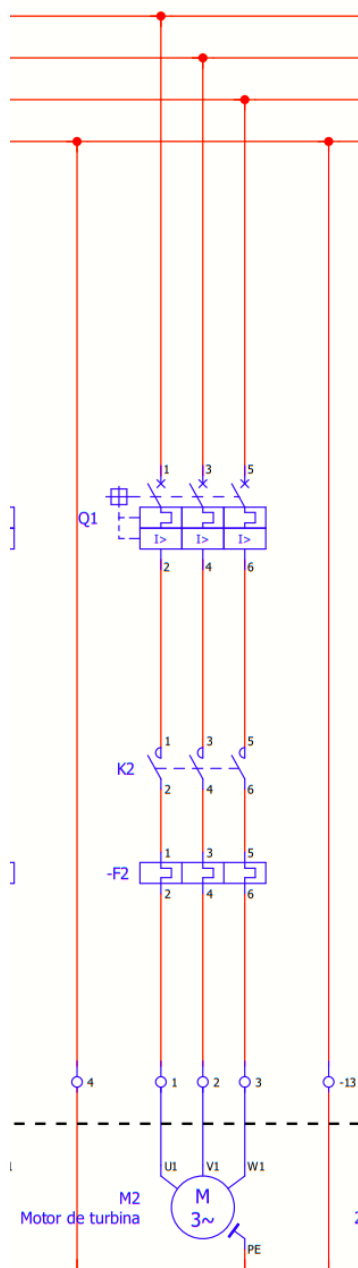


Imagen 13.- Diagrama del motor de la turbina para tablero 1.

A continuación tenemos la parte del circuito con los elementos de fuerza para el accionamiento del motor principal de la etiquetadora, en el que se encuentra en primera instancia un interruptor termomagnético de tres polos el cual nos ayuda a la protección de los demás componentes del circuito, en seguida tenemos un guardamotor que protege al motor principal, después tenemos un variador de frecuencia (VFD) Yaskawa GA500 que nos permite variar la velocidad del motor principal y finalmente estara conectado al motor principal de la etiquetadora.

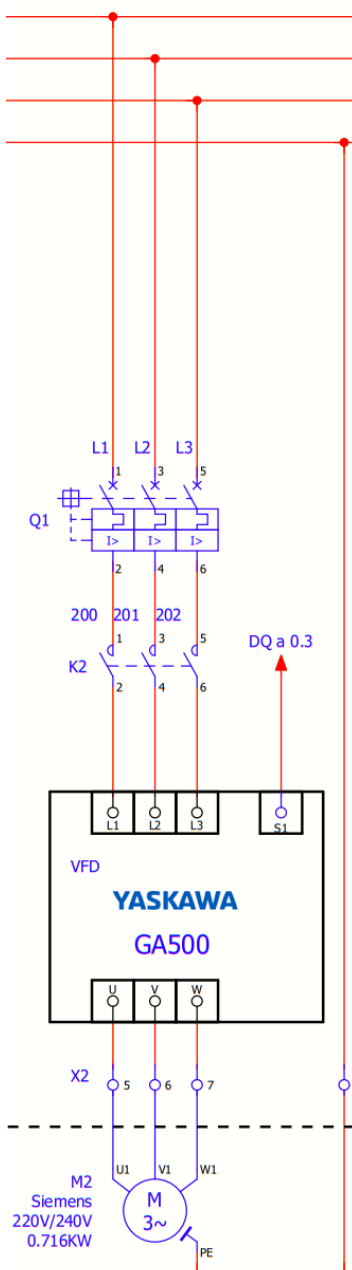


Imagen 14.- Diagrama para el accionamiento del motor principal

En la siguiente imagen se muestra la parte del circuito que da fuerza a las resistencias que calientan el pegamento, al inicio de las líneas de alimentación tenemos tres interruptores termomagnéticos de 1 polo, en esta parte se colocaron interruptores de un polo en lugar de un interruptor de 3 polos, ya que las resistencias se encuentran separadas y por lo mismo si colocáramos un interruptor de tres polos y llegara a ocurrir un problema en la resistencia 1 se abriría el interruptor para las tres resistencias y por lo tanto provocara mas tiempo en el diagnostico de la falla, ya que se tendrían que revisar cada una de las resistencias, para evitar esto se colocan 3 interruptores de 1 polo, seguido de los interruptores tenemos 3 relés de estado solido que abren o cierran, siguiendo tenemos elementos indicadores que permiten especificar hacia donde se encuentran las demás terminales de los relés.

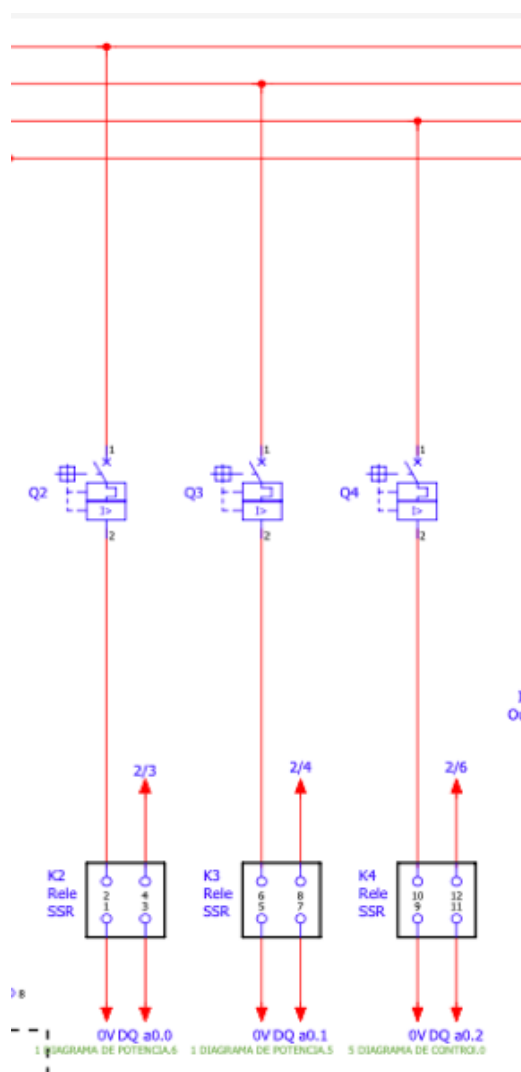


Imagen 15.- Diagrama de conexión de las resistencias que calientan el pegamento.

En la siguiente imagen se muestra la conexión de los elementos que necesitamos para dar fuerza y protección al PLC, en el inicio de esta parte del circuito tenemos un interruptor termomagnético de dos polos al que llegan la L1 Y L2 que al igual que los anteriores funciona como una protección, después tenemos un transformador que reduce el voltaje de 220V AC, esta entrada ya nos entrega 110V AC la cual necesitaremos para alimentar a nuestra fuente de voltaje que a su vez nos entrega una salida 24V DC, esta nos servirá para la alimentación del PLC, y al final de esta parte la fuente suministra 24 V DC al PLC Siemens S7 1200.

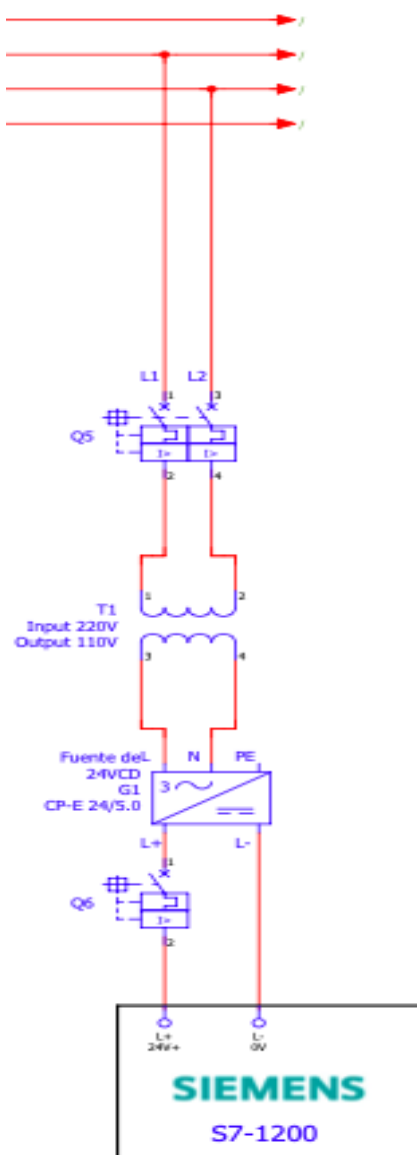


Imagen 16.- Conexión de elementos para dar fuerza y protección al PLC.

En la siguiente imagen se muestra la conexión de las resistencias con elementos identificadores que permiten saber dónde están conectadas las terminales.

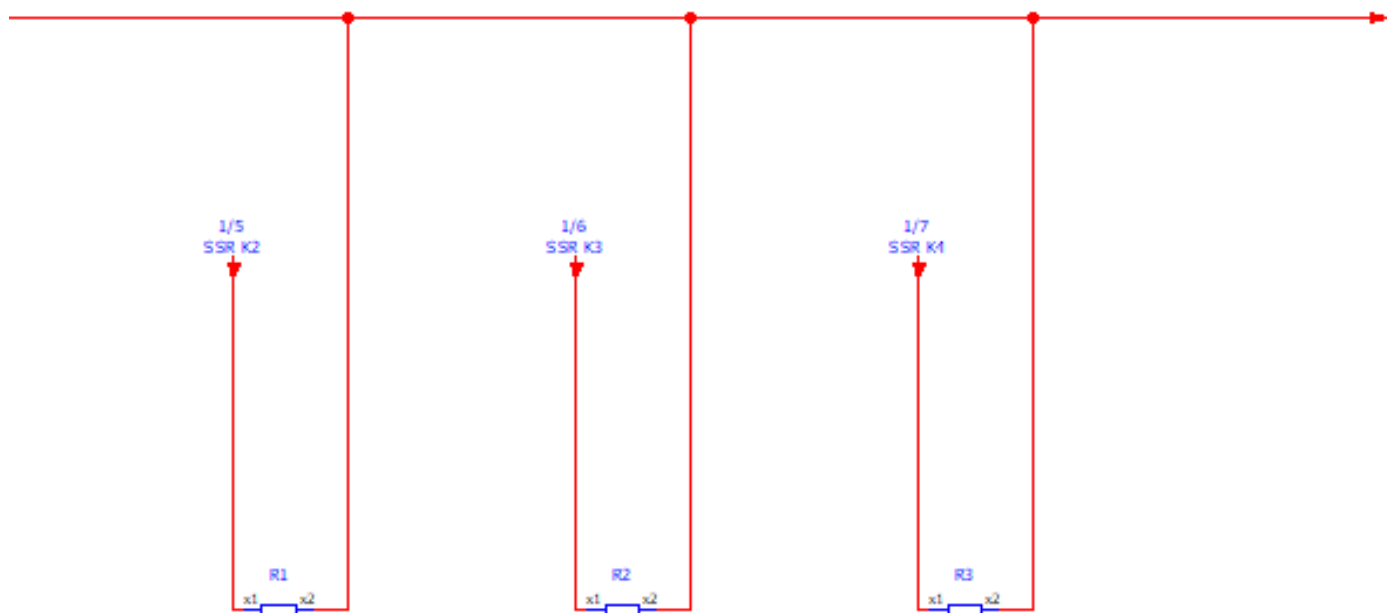


Imagen 17.- Conexión de resistencias

DIAGRAMA DE CONTROL DEL TABLERO 1:

Ya que no podemos tener un circuito de fuerza sin uno de control, en la siguiente imagen se muestra el circuito de control para el tablero 1, en este se muestra que parte de control es realizada por el PLC, para lo cual el PLC necesita de parámetros para poder realizar la ejecución de su programa, estos parámetros son configurados en base a señales analógicas y digitales que se obtienen de dispositivos externos como un sensor, en este caso se obtiene de un termopar tipo J que está conectado al módulo de entradas analógicas del PLC en los terminales -L Y M.

Las terminales a0 y a1 están conectadas al contactor y al guardamotor, en estas terminales nos darán una señal de que el contactor y el guardamotor están activados o desactivados, las terminales +24 y 0 son las terminales de alimentación y están conectadas a la fuente de 24V DC.

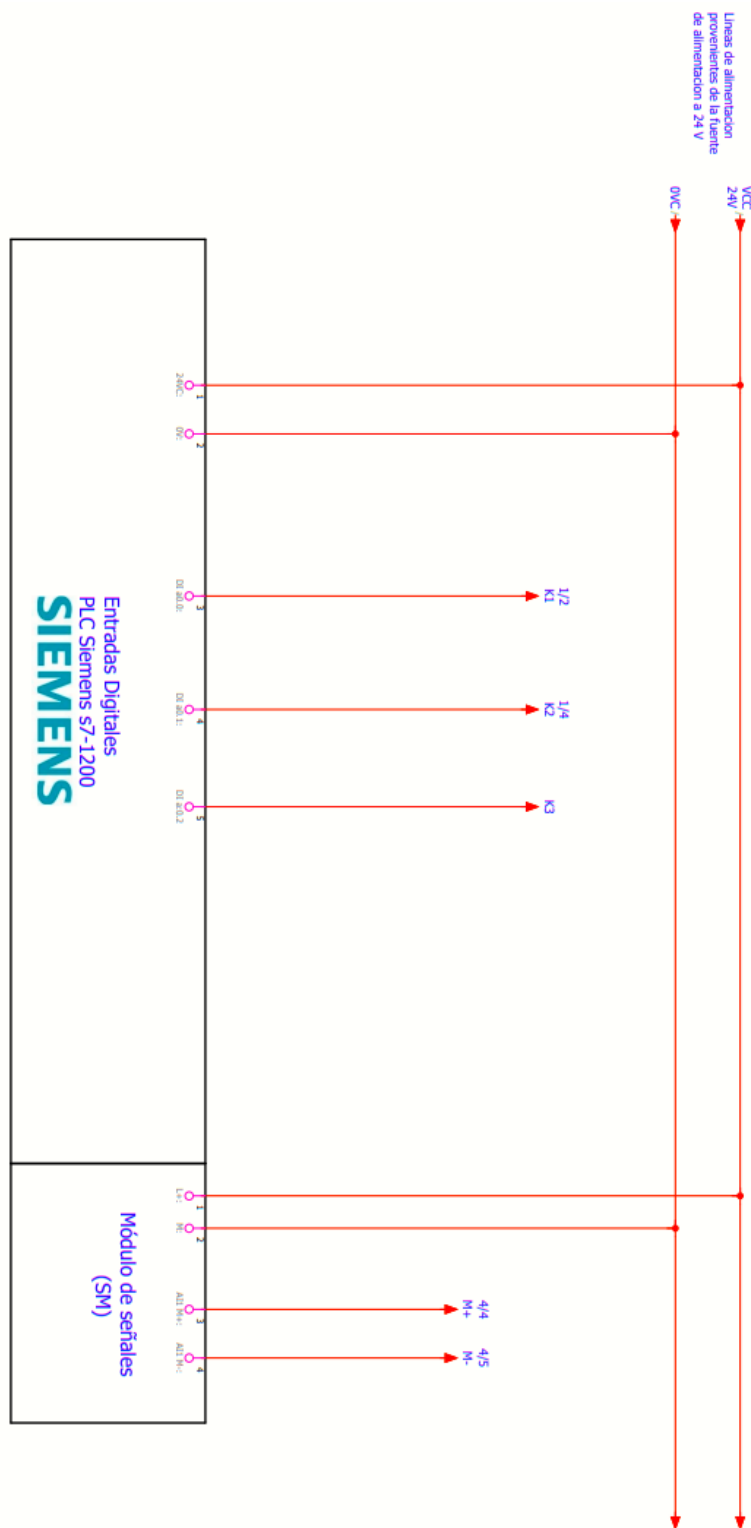


Imagen 18.- Diagrama de control del tablero 1.

En la siguiente imagen se muestra la conexión de termopar.

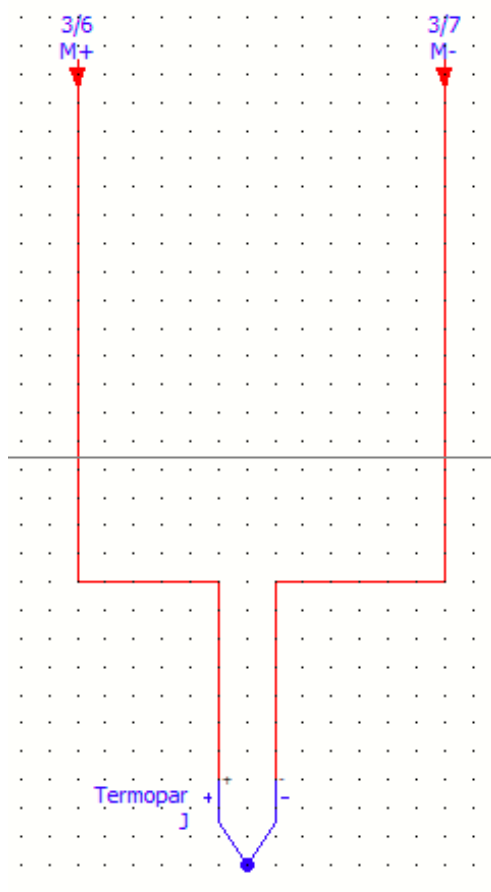


Imagen 19.- Conexión de termopar

A continuación, se muestran las salidas digitales del PLC en las que la terminal a0.0 está conectada al relé de la resistencia 1, la terminal a0.1 está conectada al relé de estado sólido de la resistencia 2, la terminal a0.2 está conectada al relé de la resistencia 3, la terminal a0.3 está conectada al variador de frecuencia, la terminal a0.4 está conectada al contactor del motor de la cinta transportadora.

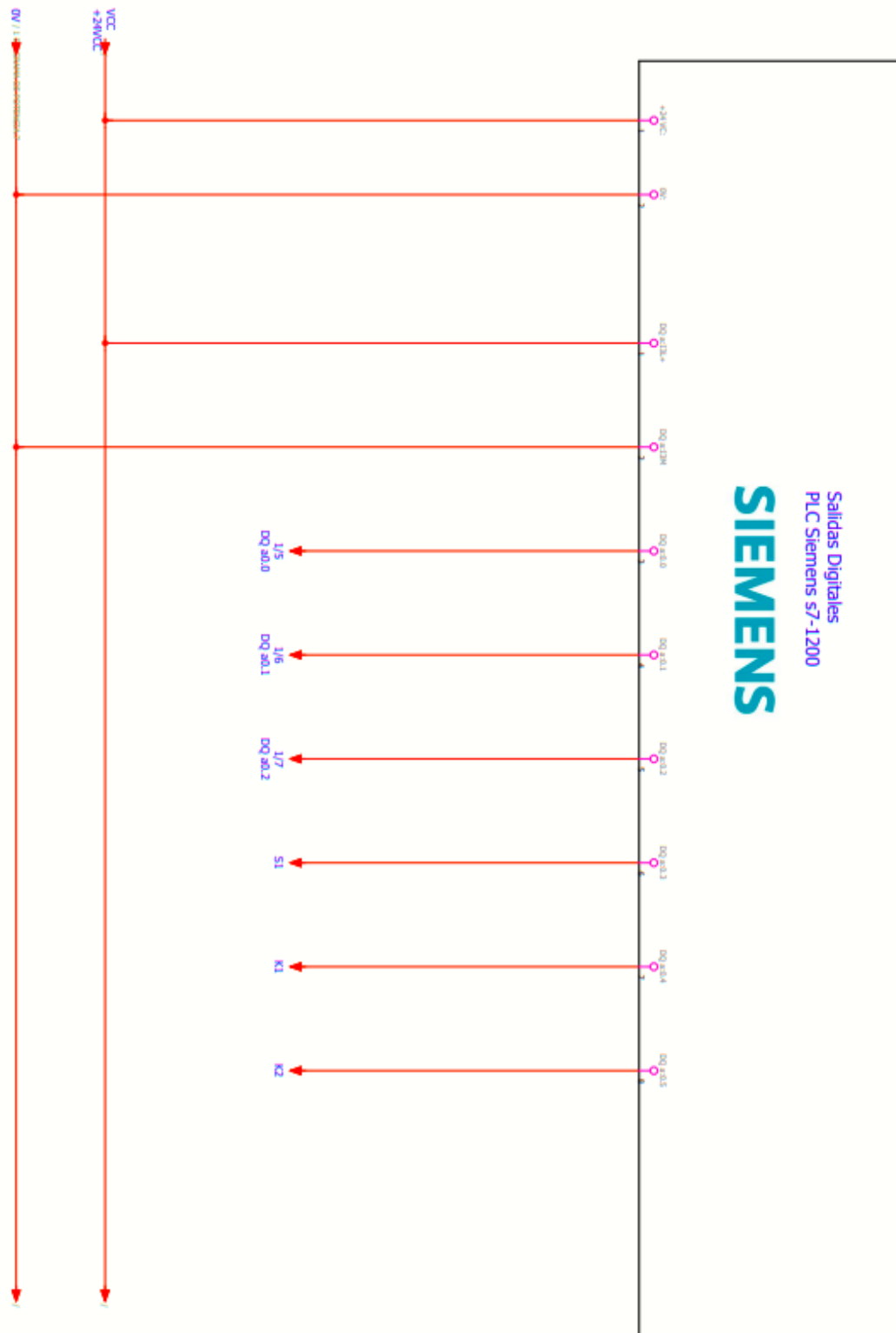


Imagen 20.- Diagrama de control para salidas digitales PLC S7-1200

DISEÑO 3D DEL PRIMER TABLERO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES EN EL GABINETE:

El diseño del tablero de control 1 de etiquetadora B&H 2500 se realizó en el software Eplan el mismo que se utilizó para el diseño de los diagramas de fuerza y control, como se puede ver en la siguiente imagen se muestra el gabinete por fuera.

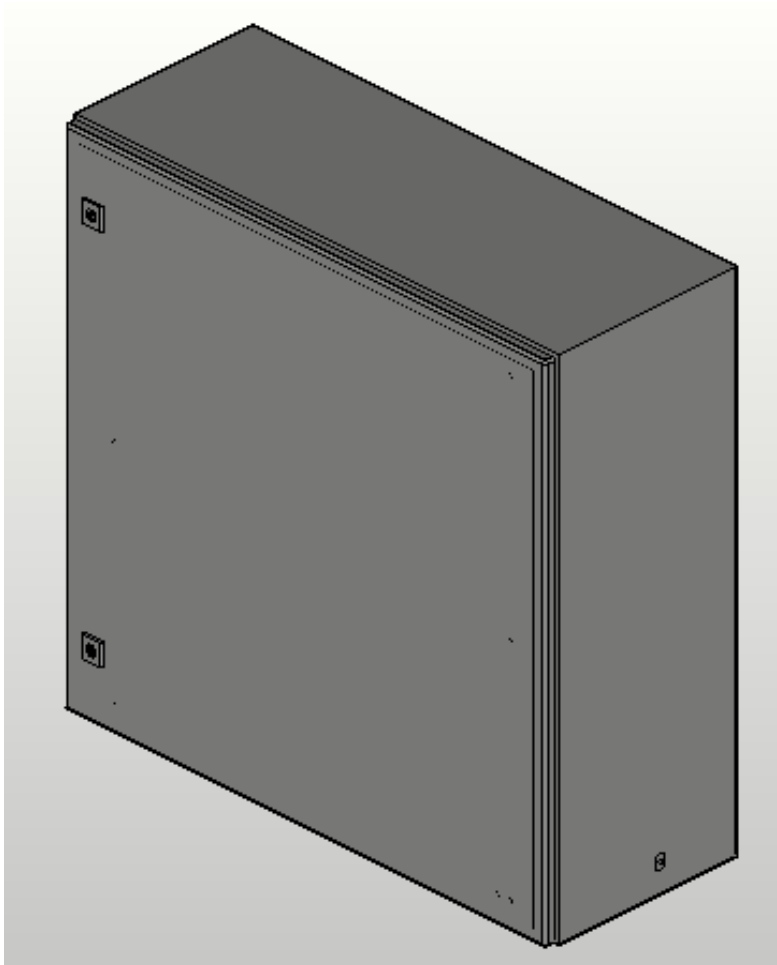


Imagen 21.- Diseño 3D del gabinete para el tablero 1.

A continuación se muestra el gabinete con la tapa abierta, donde se aprecia que los componentes junto con las canaletas y rieles donde se encuentran instalados en la placa de montaje del gabinete.

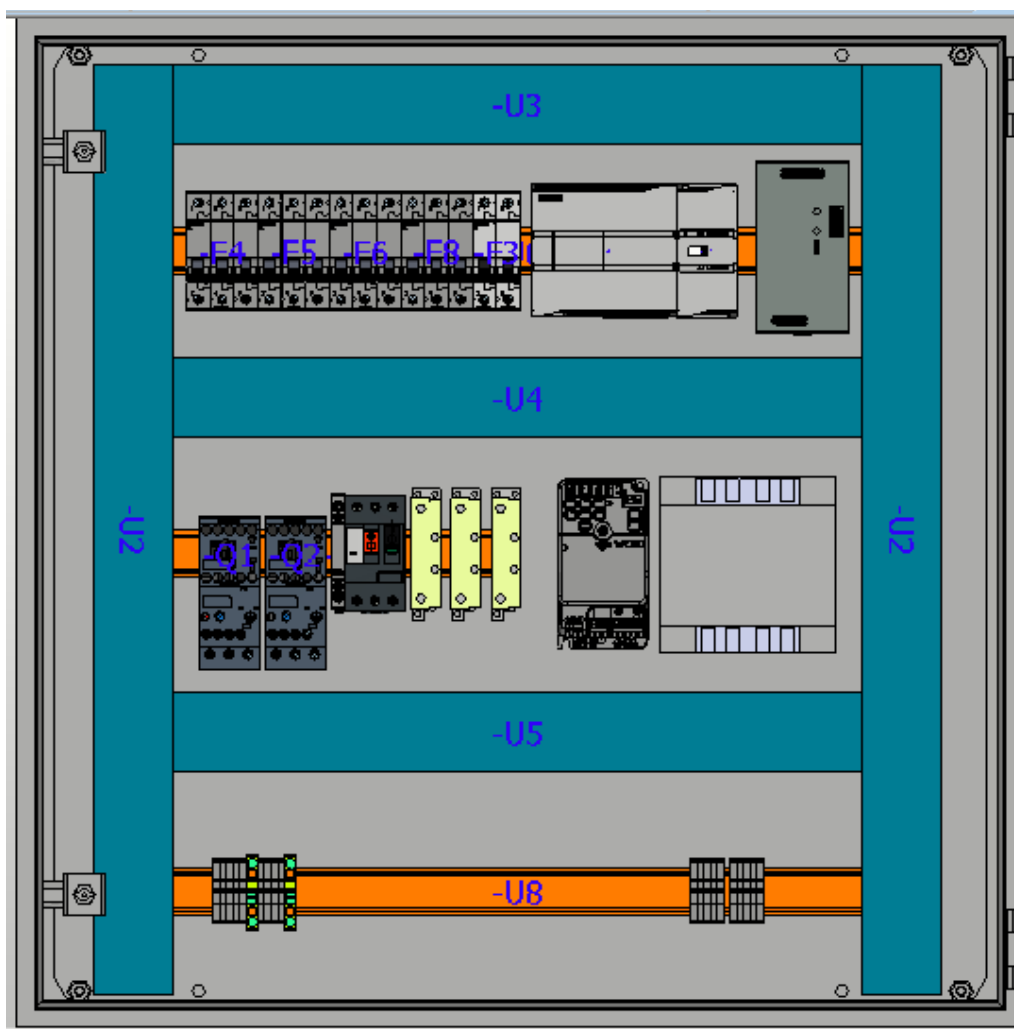


Imagen 22.- Componentes del gabinete 1.

Por requerimientos de la empresa la disposición de los elementos o componentes del tablero de control quedaron de la siguiente forma, en la parte superior se encuentran los interruptores termomagnéticos junto con el PLC s71200 de siemens y su correspondiente módulo de señales analógicas junto con la fuente de voltaje.

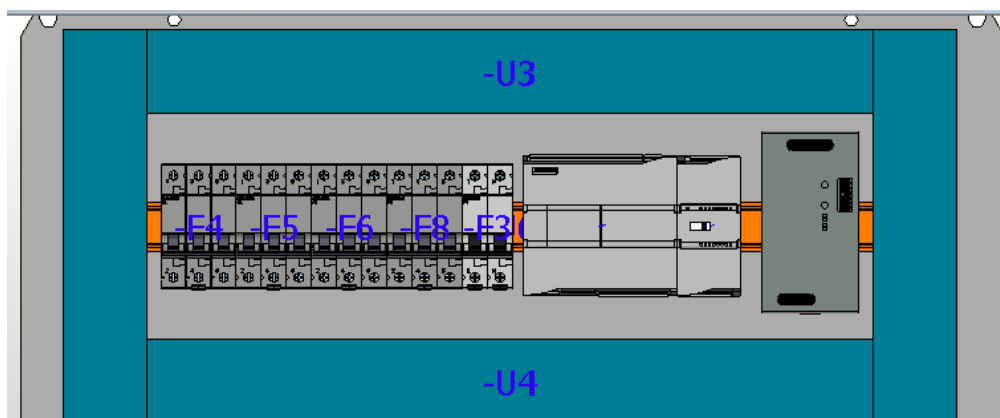


Imagen 23.- Parte superior del gabinete del tablero 1

A continuación, en la parte media de la placa de montaje se encuentran instalados 2 contactores con sus relés térmicos correspondientes a la turbina y la cinta transportadora, un guardamotor o disyuntor junto con 3 relés de estado sólido correspondientes a las resistencias, un variador de frecuencia GA 500 y un transformador de voltaje.

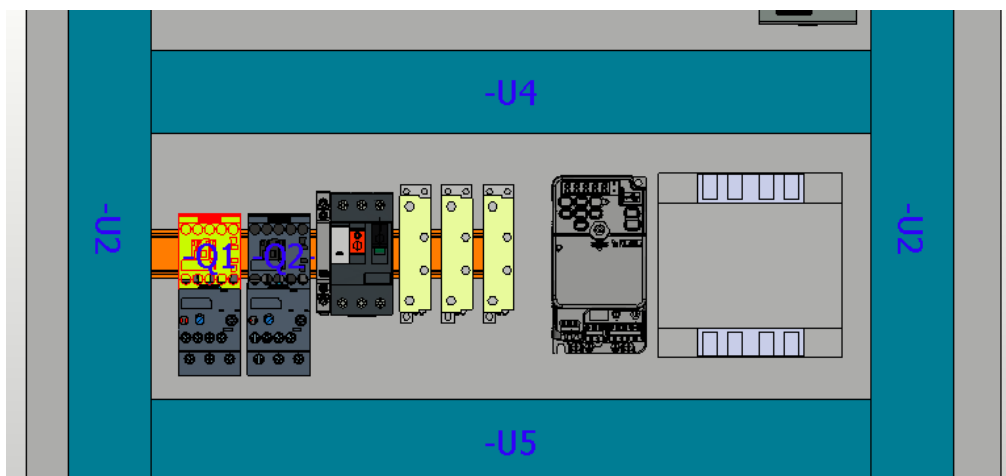


Imagen 24.- Parte media del gabinete del tablero 1.

Y finalmente en la parte inferior de la placa de montaje se encuentran instaladas las cremas para conexiones externas y para las conexiones que se requieran entre dispositivos del tablero.

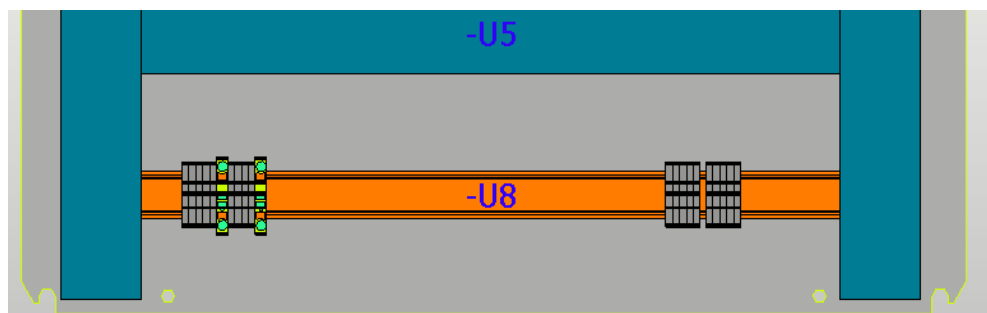


Imagen 25.- Parte inferior del gabinete del tablero 1.

DISEÑO DE DIAGRAMA ELÉCTRICOS DE POTENCIA PARA EL TABLERO 2:

A continuación tenemos el diagrama de fuerza, en el cual podemos ver la conexión correspondiente al tablero 2, en esta parte se explican como están conectados los componentes para su correcto funcionamiento, como lo son la pantalla beijer, las fuentes de alimentación, el servodriver, el servomotor, el encoder y así mismo el contacto para el paro de emergencia.

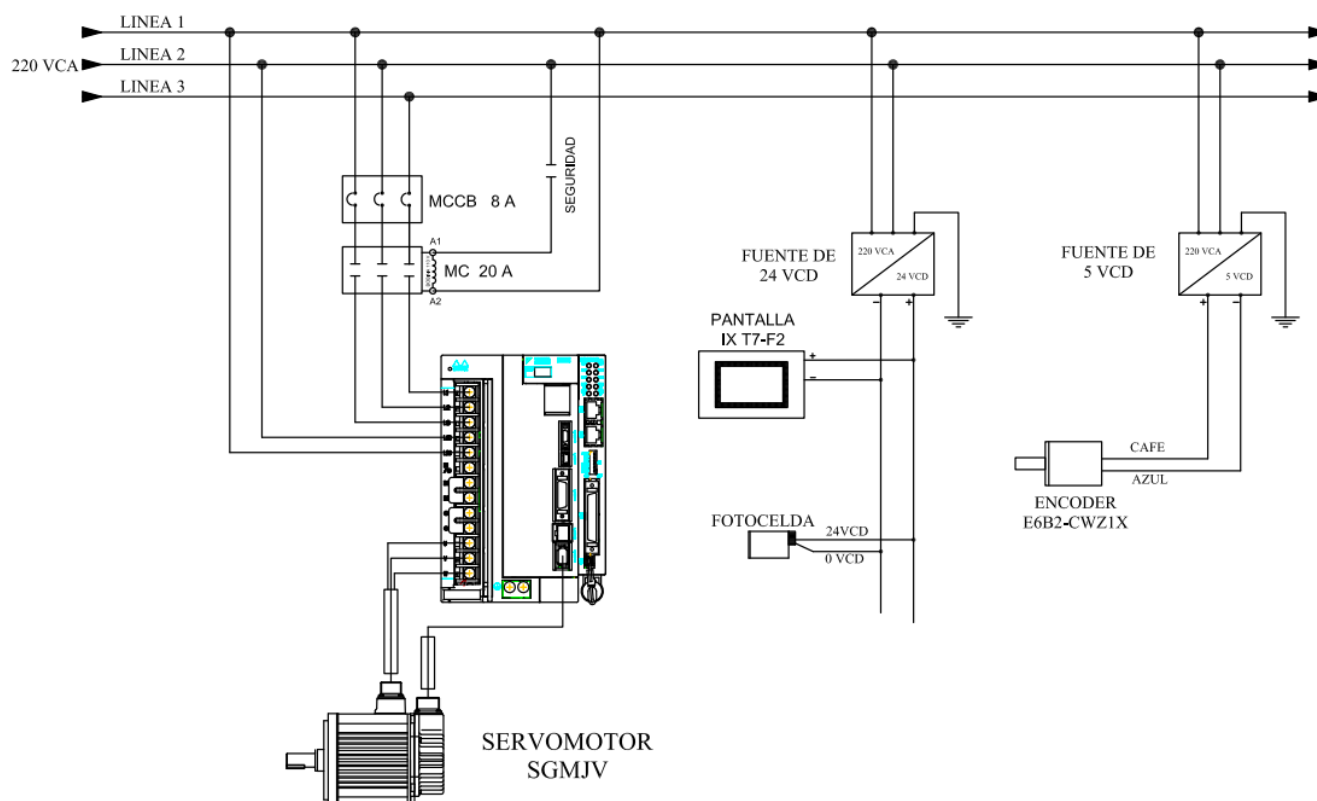


Imagen 26.- Diagrama de fuerza del tablero 2.

Como podemos observar que en la primera parte del diagrama esta cuenta con 3 líneas de alimentación las cuales tienen un voltaje de 220 V CA, las líneas L1 y L2 estarán conectadas a las terminales de entrada de alimentación del servodriver, también podemos observar que las terminales U, V, W del circuito principal están conectadas al servomotor y así mismo va a estar conectado al encoder del servodriver. Por último tenemos conectado unos interruptores de seguridad que van a ayudar para el contacto normalmente abierto que en este caso es un paro de emergencia.

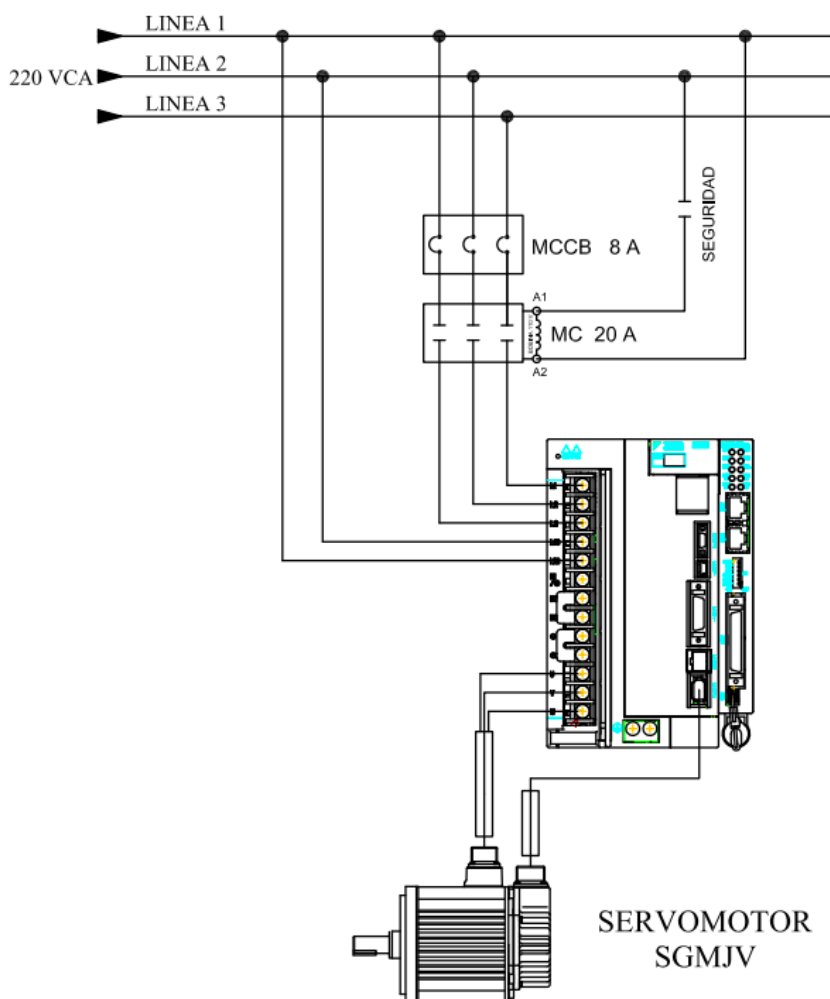


Imagen 27.-Conexión del servomotor y el servodriver.

A continuación tenemos conectada la fuente de alimentación a las líneas L1 y L2, esta fuente va a estar trabajando con 24V CD con el fin de energizar la pantalla Beijer y a la fotocelda. Esta fotocelda nos ayudara a detectar dos barras de color negro que están impresas al inicio y final de la etiqueta.

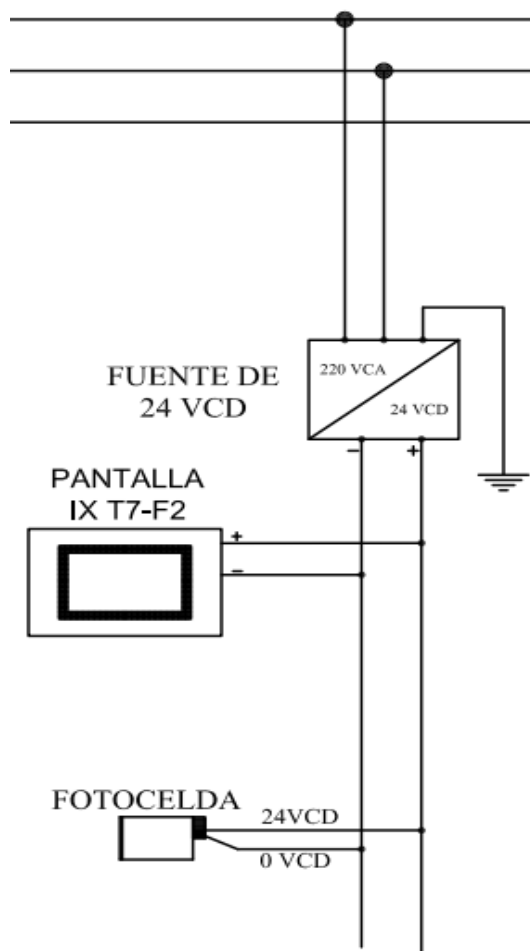


Imagen 28.- Conexión de la pantalla Beijer y la fuente de 24 V

Por ultimo tenemos una fuente de 5V CD que van conectadas a la L1 y L2, dicha fuente va a estar alimentando un encoder y una fotocelda, que nos ayudaran a programar el corte a realizar, ya que dependiendo de la señal que mande la fotocelda el Servodrive va a mover al servomotor tensando la etiqueta mas o menos permitiendo que la etiqueta pase más rápido o más lento realizando el corte donde se requiere

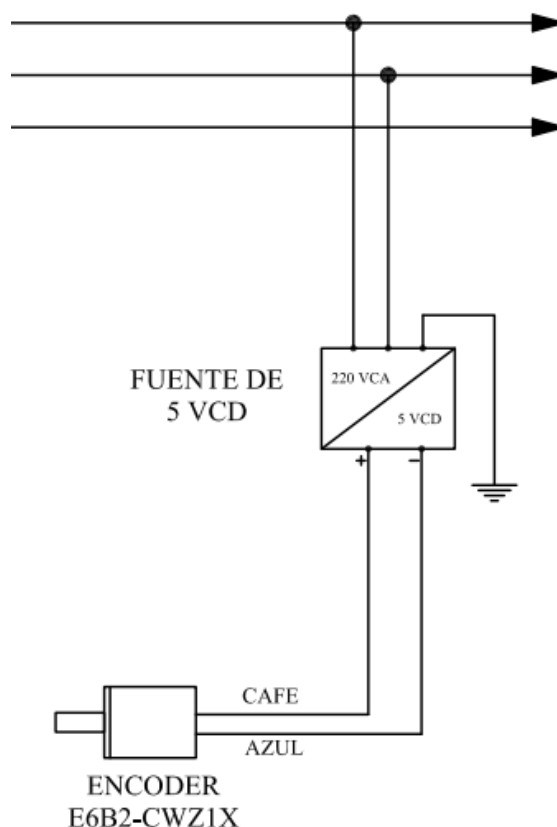


Imagen 29.- Conexión del encoder y la fuente de 5V.

DIAGRAMA DE CONTROL DEL TABLERO 2:

Una vez realizado el circuito de fuerza se procede hacer el circuito de control, como se puede observar en la siguiente imagen tenemos un conector I/O CN 13, este conector tiene la función de adaptar el cableado de señales a un conector admitido por el servodrive ya que de otra forma este cableado de señales seria imposible conectarlo pues el servo no cuenta con conectores rápidos o bornes de conexión como clemas.

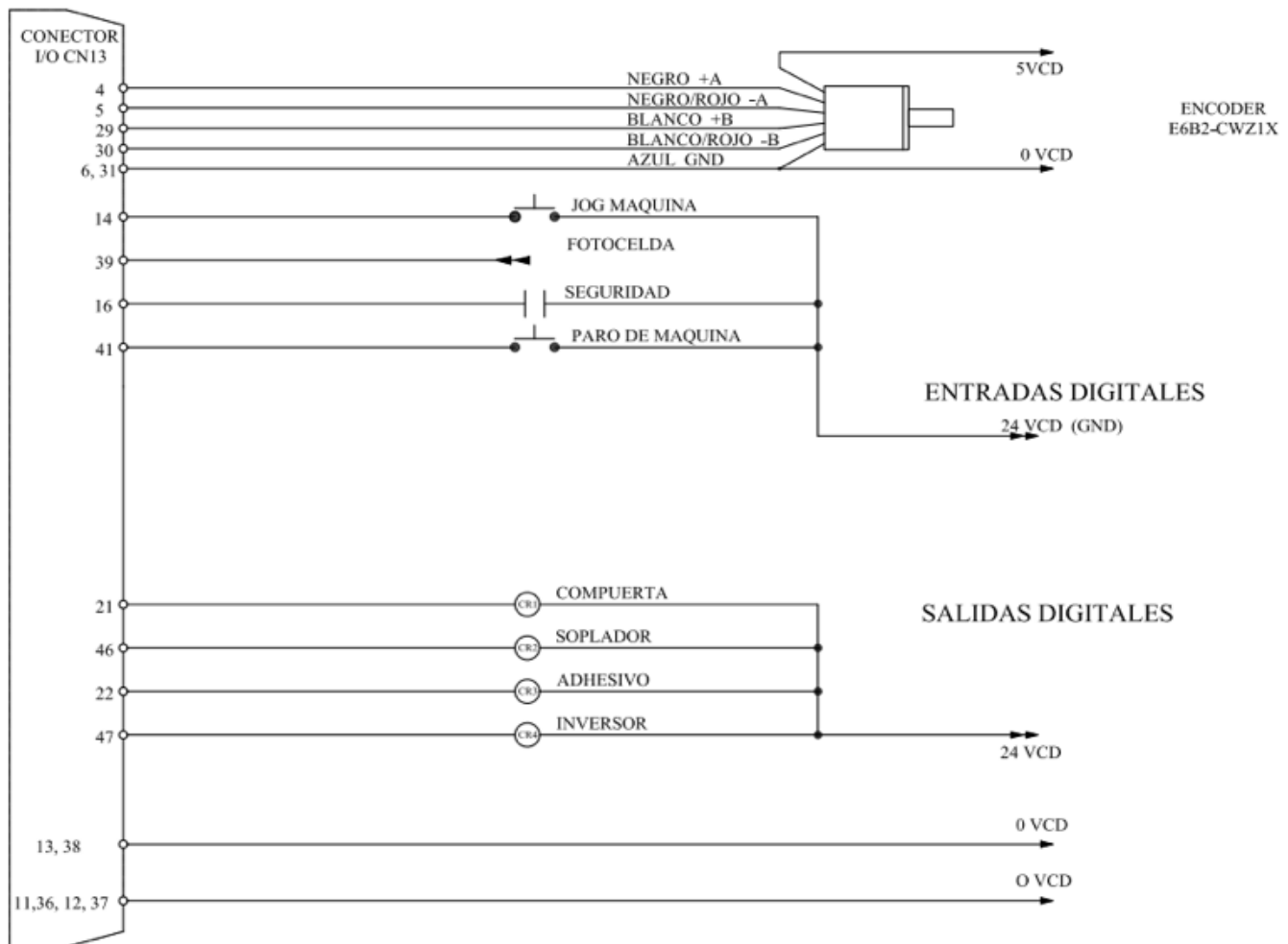


Imagen 30.- Diagrama de control del tablero 2.

En la imagen podemos ver los dispositivos conectados a las entradas digitales, primero tenemos al conder que esta alimentado con un voltaje de 5 CD como ya se menciono antes, para que el conder realice su trabajo tenemos que conectar las terminales +A y +B al conector I/O CN 13.

Para poder identificarlos mejor se utilizarán un color en especifico que para en este caso la terminal +A es de color negro y esta conectada a la entrada 4 y para la terminal -A será de color negro/rojo y esta estará conectada a la terminal 5 del I/O CN 13.

Para la terminal +B será identificada con el color blanco y estará conectada a la entrada 29, así mismo para la terminal -B será identificada con el color Blanco/Rojo la cual es conectada a la entrada 30 del I/O CN y para terminar la tierra estará conectada a las entradas 6, 31.

También podemos darnos cuenta que en las entradas digitales tenemos conectados la fotocelda y esta será conectada a la entrada 39, el paro de emergencia conectado a la entrada 41, el jog maquina que estará conectado la terminal 14, pero hay que recordar que estos estarán alimentados por 24 VCD.

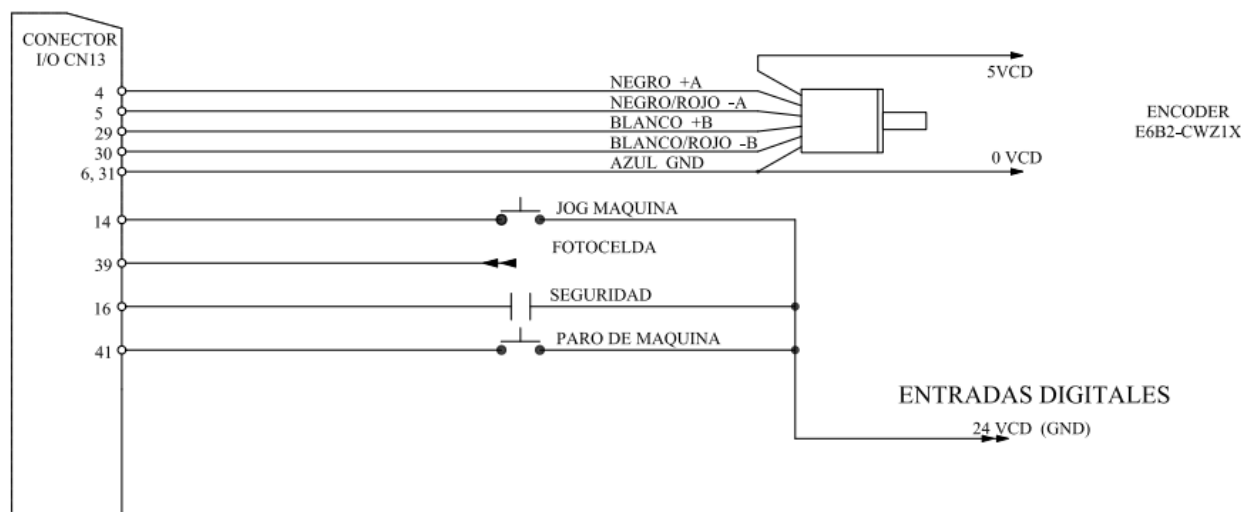


Imagen 31.- Entradas digitales tablero 2.

En la siguiente parte del diagrama tenemos las salidas digitales en las cuales tenemos una compuerta conectada a la terminal 21 del I/O CN 13, dicha compuerta nos ayuda activar y desactivar el rodillo de corte.

Posteriormente tenemos el soplador que está conectado a la terminal 46, esta sirve cuando ya se realizó el corte correspondiente de la etiqueta, ya que con la ayuda de un rodillo sopla aire para poder colocarla en el tambor de etiquetado el cual tiene el mismo ancho que la etiqueta.

Después tenemos el adhesivo el cual está conectado a la terminal 22 del conector I/O CN 13, el cual va a bombear el pegamento con la ayuda de un pistón y así mismo suministra la cantidad necesaria de pegamento a la etiqueta.

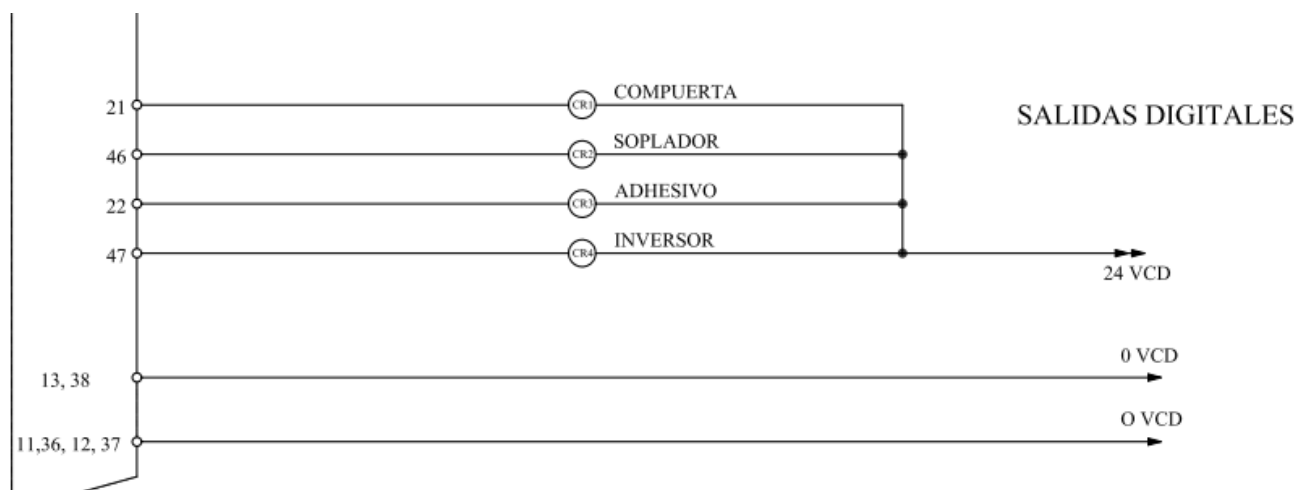


Imagen 32.- Salidas digitales tablero 2

DISEÑO 3D DEL SEGUNDO TABLERO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES EN EL GABINETE:

Para el diseño del segundo tablero se realizó de igual forma el software Eplan y como podemos ver en la imagen tenemos el diseño del gabinete en donde se colocarán los elementos correspondientes.

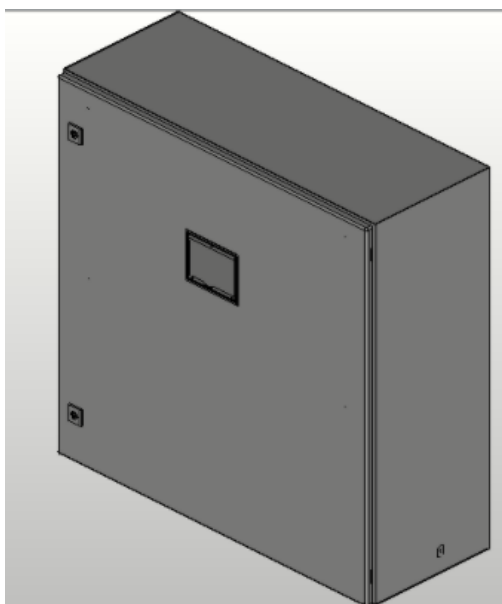


Imagen 33.- Diseño 3D del gabinete para el tablero 2.

A continuación se muestran los elementos que se encuentran dentro del gabinete, y de igual tenemos instalados los rieles y canales en la placa de montaje del gabinete.

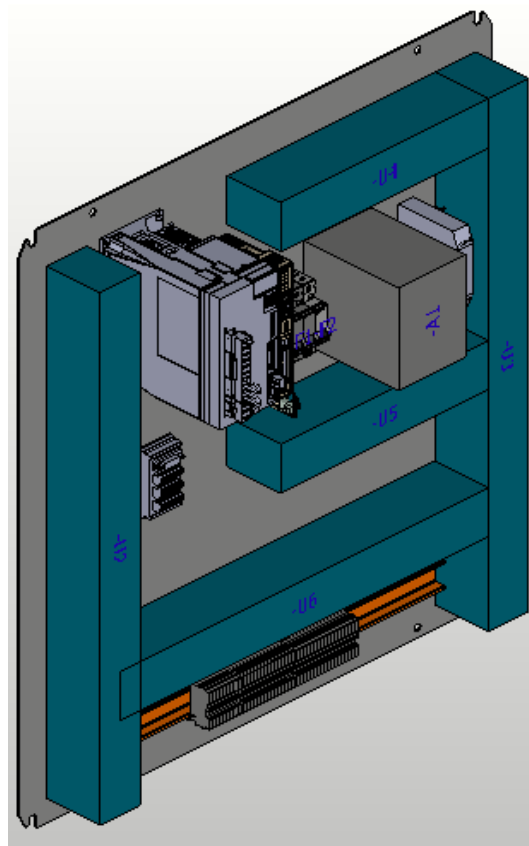


Imagen 34.- Componentes del gabinete 2.

En la parte superior se encuentra el servodriver y también se encuentran cuatro interruptores termomagnéticos y su correspondiente fuente de alimentación.

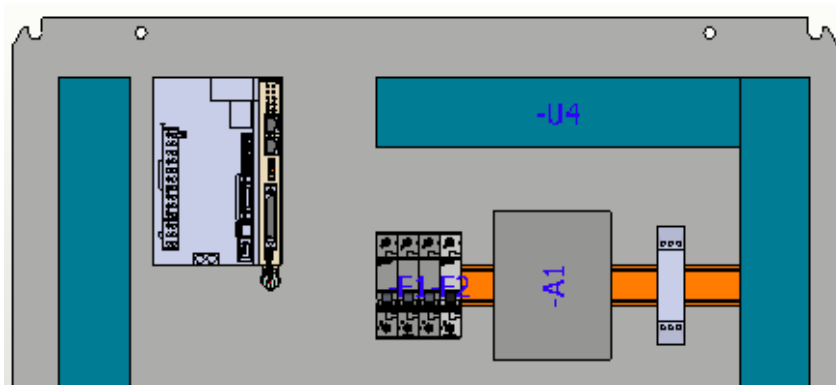


Imagen 35.- Parte superior del gabinete del tablero 2.

En la parte media de la placa de montaje tenemos dos conectores CN13 modelos CBK-U-MP2B-XX.

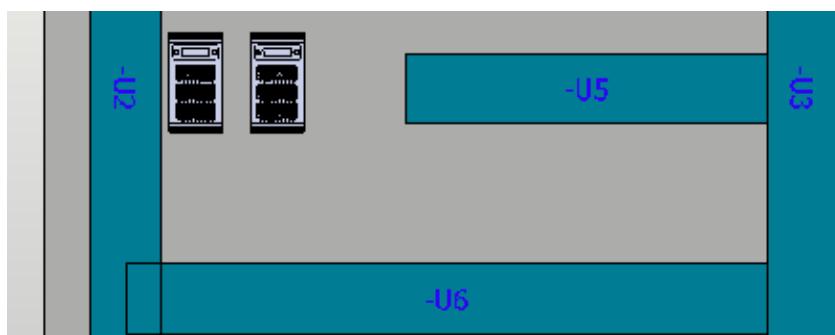


Imagen 36.- Parte media del gabinete del tablero 2.

Y finalmente en la parte inferior de la placa de montaje se encuentran instaladas las clemas para conexiones externas y para las conexiones que se requieran entre dispositivos del tablero.

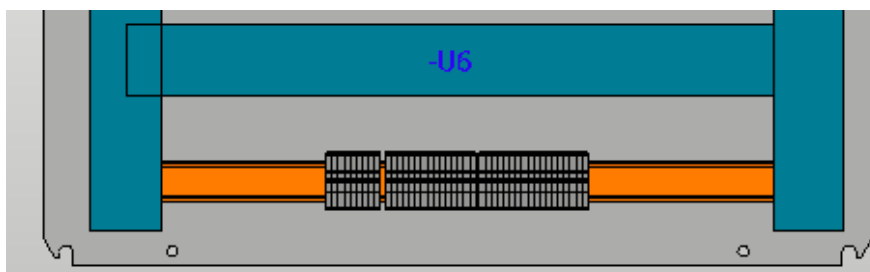


Imagen 37.- Parte baja del gabinete del tablero 2.

CAPÍTULO 3.- RESULTADOS E IMPLEMENTACIÓN

DIRECCIONAMIENTO DE DISPOSITIVOS:

Para que los dispositivos operen y cumplan con su función estos necesitan estar conectados entre sí por lo cual se requiere otorgar direcciones a los mismos, a continuación, se muestra una tabla con las direcciones dispuestas para el PLC.

Dispositivo	Tipo	Dirección Ethernet
PLC S7 1200 Siemens	Dirección IP	192.168.1.1
PLC S7 1200 Siemens	Mascara de subred	255.255.255.0

Tabla 5.- Dirección del PLC S7 1200

PROGRAMACIÓN PLC S7 1200:

Para la programación del Controlador Lógico Programable s7 1200 de Siemens se utilizó el software TIA PORTAL, en el cual se realizó el programa que permite el control del accionamiento de las resistencias, la turbina, junto con la cinta transportadora y del motor principal.

Como primera parte se configuran los módulos a utilizar mediante software, se agrega un módulo s71200 y un módulo de señales analógicas SM 1231 TC, también se direcciona y se crea una subred para el PLC, estas direcciones están especificadas en la tabla de direccionamiento del PLC.

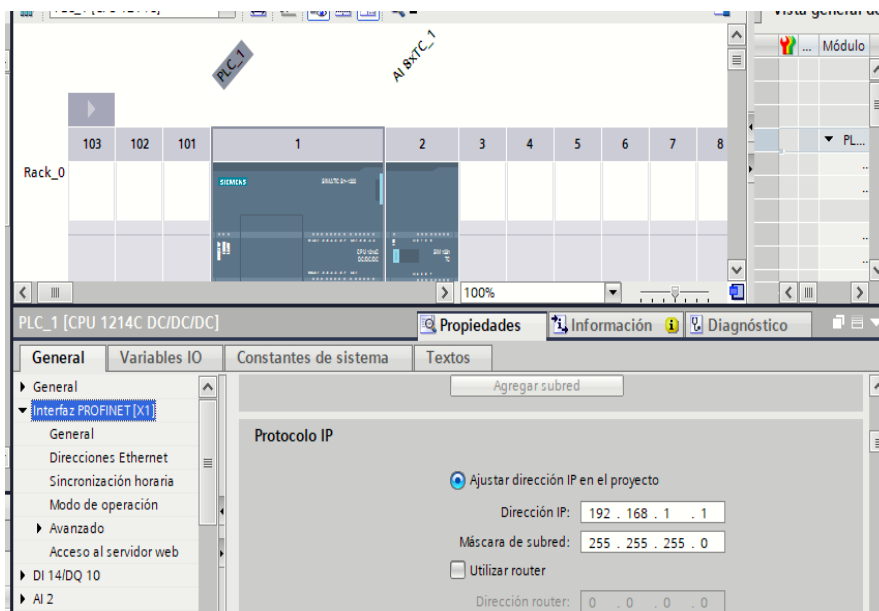


Imagen 38.- Direcciones Ethernet.

A continuación se se presenta la programación del PLC el TIA PORTAL, para la cual se utiliza el lenguaje de programación KOP, este es un lenguaje de tipo gráfico que se parece a los esquemas de cableado de circuitos, dentro del cual como bloque principal tenemos un MAIN, este bloque de instrucciones es donde tenemos como su nombre lo indica el programa principal. Como se muestra a continuación dentro de este bloque tenemos 2 segmentos que forman nuestro programa, en el primer segmento tenemos un bloque para el control de temperatura llamado "Temperature Control".

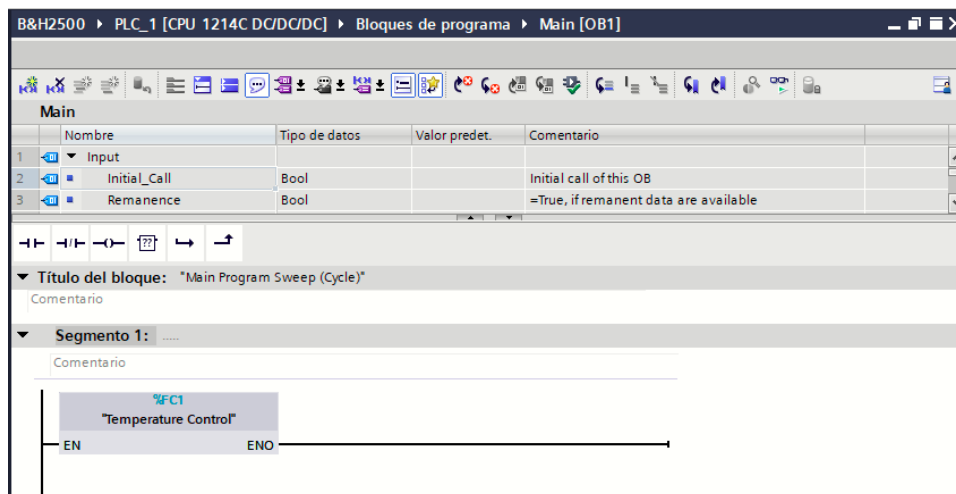


Imagen 39.- Segmento 1 del bloque main "Temperature control"

Este bloque llama al bloque Temperature Control, este es un bloque de tipo función, en cual se normalizan y se escalan los valores obtenidos del termopar correspondientes a la temperatura del pegamento, el valor resultante es utilizado a continuación para el control de la temperatura mediante el control PID.

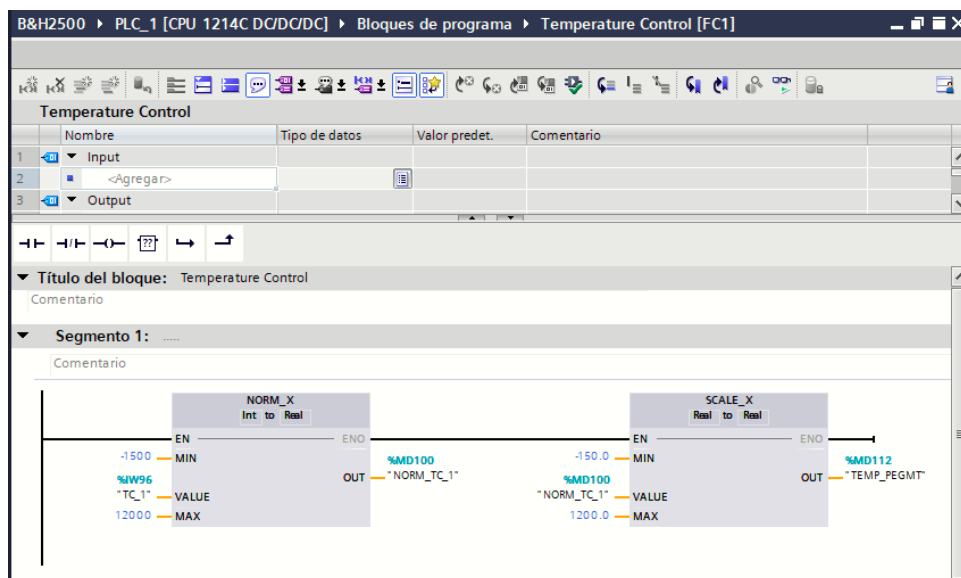


Imagen 40.- Segmento 1 del bloque "Temperature control", normalización y escalamientos de señales analógicas.

Como se menciona anteriormente el control de la temperatura del pegamento es realizado mediante un control PID, para esto se agregó otro bloque de tipo cyclic interrupt, ya que nos permite iniciar programas en intervalos periódicos, independientemente de la ejecución cíclica del programa, dentro de este bloque colocamos un bloque llamado PID compact, este una vez configurado permite el control de la temperatura, para esto previamente se agrega un objeto tecnológico.

Para los valores que requiere el control PID se utiliza como señal de entrada o valor de entrada el valor obtenido del escalamiento de la medición de la temperatura, el valor del setpoint difiere para la activación de las 3 resistencias, para un mejor control de la temperatura este es programado mediante el HMI y es almacenado dependiendo de la resistencia que sea en las marcas MD124, MD128 Y MD132 respectivamente, esto se puede apreciar en las siguientes imágenes.

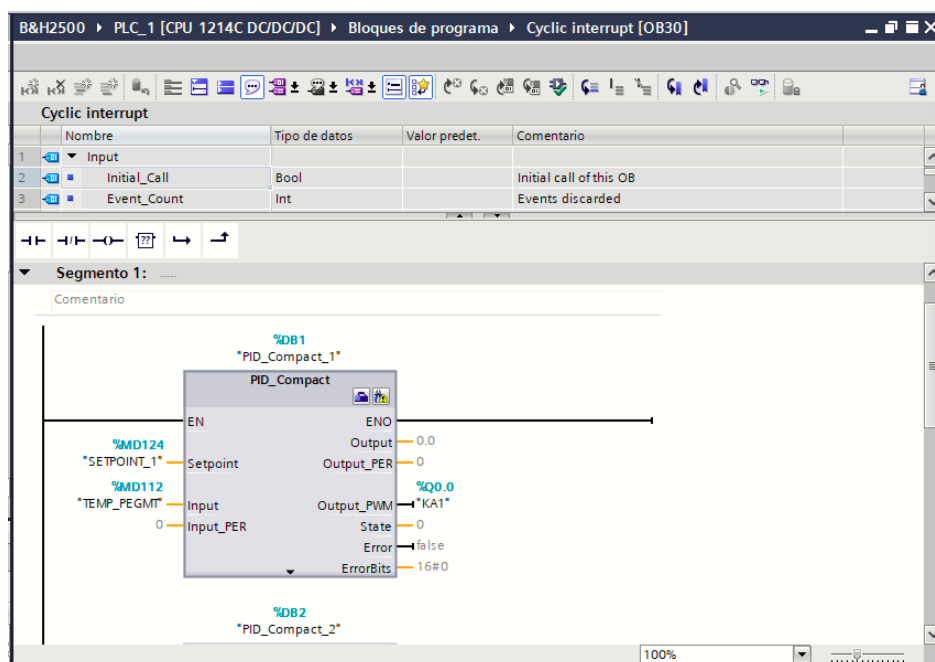


Imagen 41.- Bloque PID Compact para la resistencia 1.

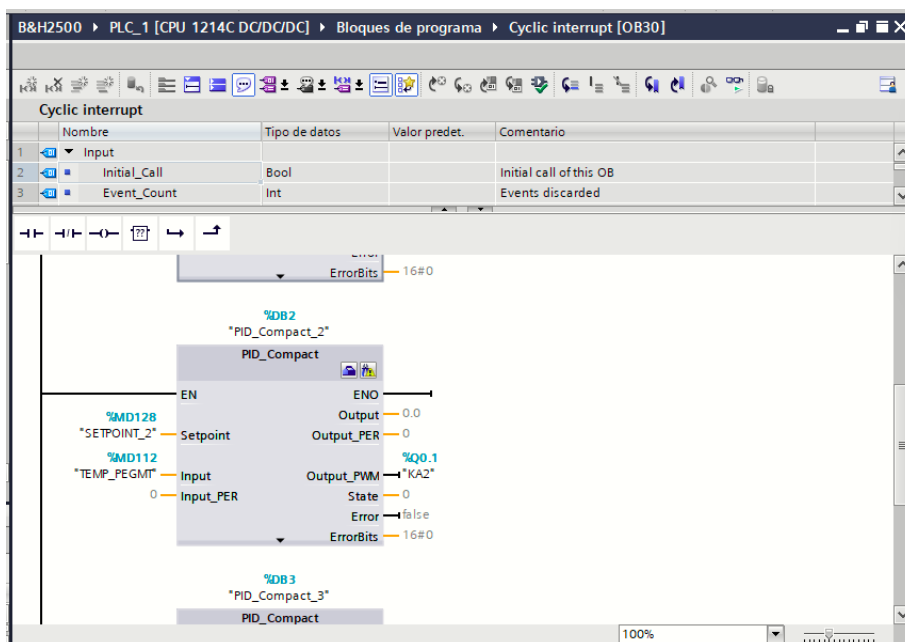


Imagen 42.- Bloque PID Compact para las resistencias 2.

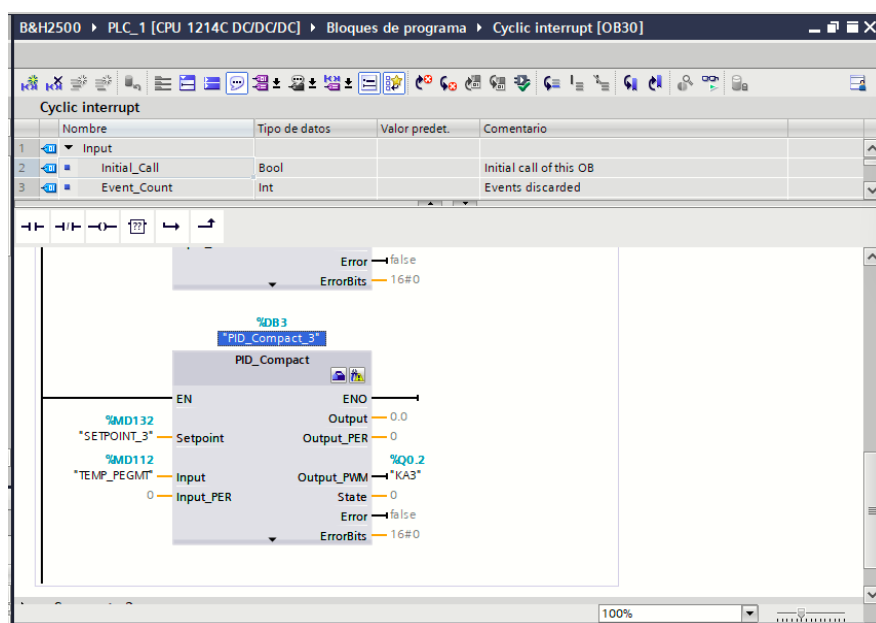


Imagen 43.- Bloque PID Compact para la resistencia 3.

En este caso las salidas son del tipo PWM, ya que están optimizadas para el uso con el control PID, las salidas dependiendo de las resistencias están direccionadas en Q0.0, Q0.1, Q0.2 como se muestra en las siguientes imágenes.

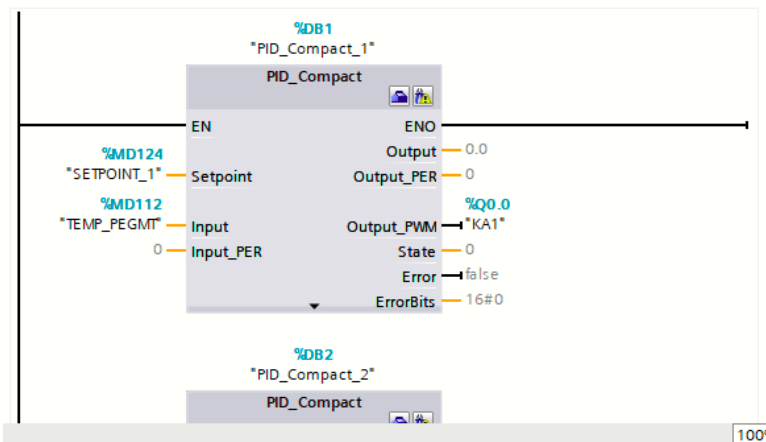


Imagen 44.- Direccionamiento de salidas tipo PWM para la resistencia 1.

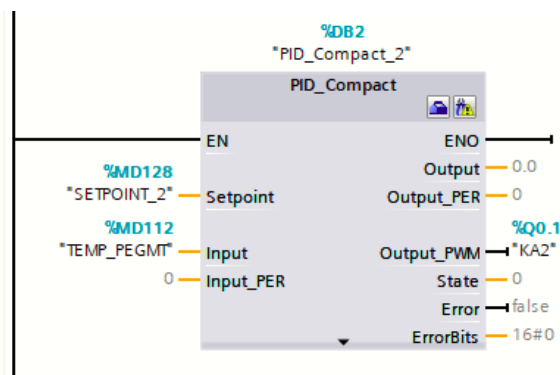


Imagen 45.- Direccionamiento de salidas PWM para la resistencia 2.

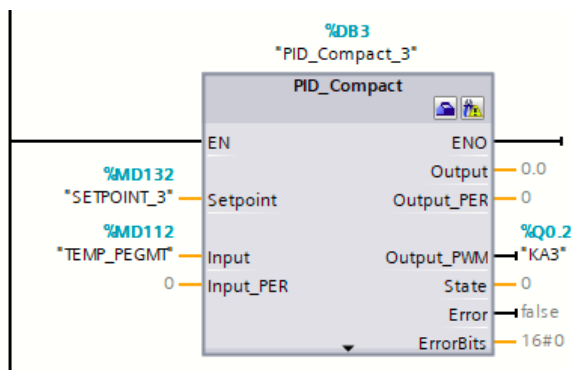


Imagen 46.- Direccionamiento de salidas tipo PWM para la resistencia 3.

A continuación, en el bloque de main en el segmento 2 se presenta las líneas de código para el control de la cinta transportadora, del motor general y de la turbina.

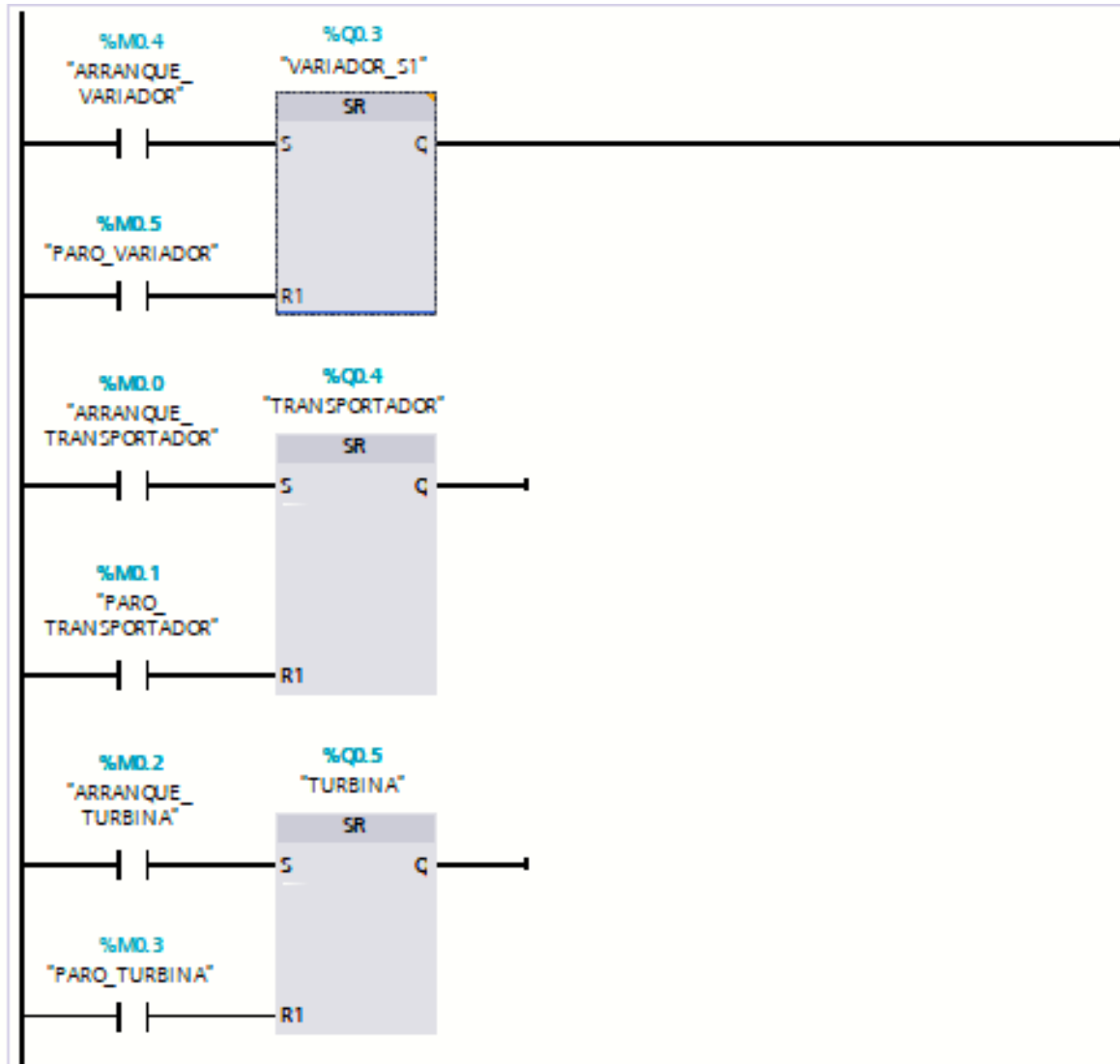


Imagen 47.- Segmento 2 del bloque main, paro y arranque del motor general de transportador y turbina

En esta parte para el control de los tres motores se utilizan contactos normalmente abiertos y bloques SR.

Los contactos normalmente abiertos están son activados mediante el HMI, así de esta manera los botones que tenemos en la pantalla HMI al pulsarlos cierran el contacto NA para arranque o paro dependiendo de la acción que se realice en el bloque SR y logrando la activación de la salida que en este caso va a los motores de turbina, motor general y de cinta transportadora

respectivamente, en caso contrario el bloque SR nos permite ligar otra entrada para el reseteo de este mismo bloque desactivando de nuevo la salida cada vez que el contacto NA se cierre, al igual que el set el contacto NA para el reset es activado mediante el HMI.

DISEÑO DE LA INTERFAZ DE LA HMI:

Como sabemos una HMI nos permite visualizar en tiempo real el estado de un proceso, así como la introducción de datos en el momento que se requiere, es por eso que se nos pidió realizar el diseño de la pantalla HMI con la ayuda del programa iX-Developer 2.40.

En la siguiente imagen podemos observar la interfaz principal de nuestra pantalla, en la cual tenemos el botón de color verde de inicio para que funcione nuestra etiquetadora y a la derecha tenemos el botón de parar, ya que cuando se realice su respectivo mantenimiento o si llega a ocurrir un problema se detenga la maquina y se arregle el problema. También podemos observar que podemos seleccionar si va funcionar de manera automática o manual esto principalmente para tener una mayor facilidad y comodidad a la hora de maniobrar el sistema.



Imagen 48.- Interfaz principal del HMI.

Después tenemos el botón de configuración el cual nos llevará a otra interfaz y en esta nos permitirá modificar la velocidad del motor principal, la velocidad del motor de la cinta transportadora, el tiempo de bombeo para el pegamento y la velocidad en la que va a cortar la etiqueta.

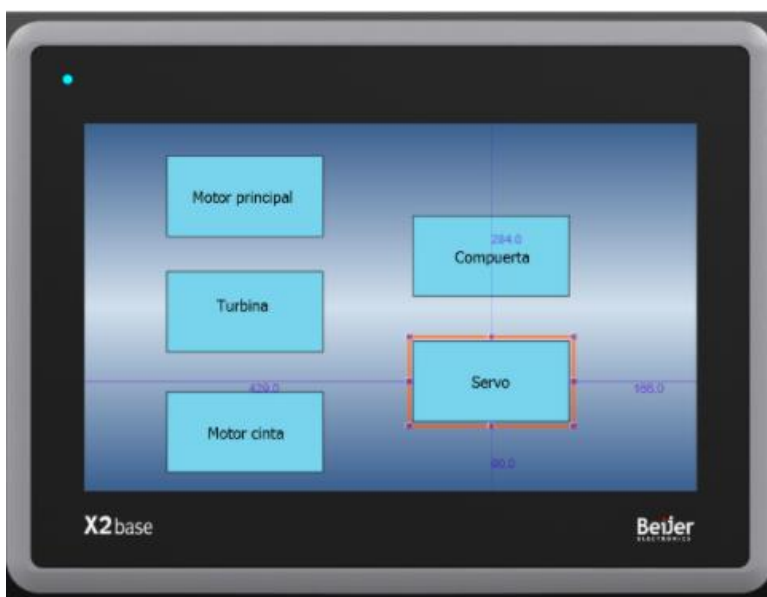


Imagen 49.- Interfaz secundaria del HMI

En la ultima interfaz tenemos el botón de alarmas, en los cuales podemos encontrar las fallas que se pueden presentar en la etiquetadora, como lo pueden ser:

- Etiqueta baja: Esta alarma se activa cuando el sensor detecta que quedan pocas etiquetas en la bobina de etiquetado.
- Etiquetas no encontradas: Esta alarma se activa cuando se detecta que no hay etiquetas para realizar el proceso.
- Error en el sensor para el corte: Se activa cuando el sensor no detecta el inicio ni el fin de la etiqueta para que el rodillo de corte se active.
- Error en el bombeo de pegamento: Se activa cuando el pistón que bombea el pegamento deja de funcionar.

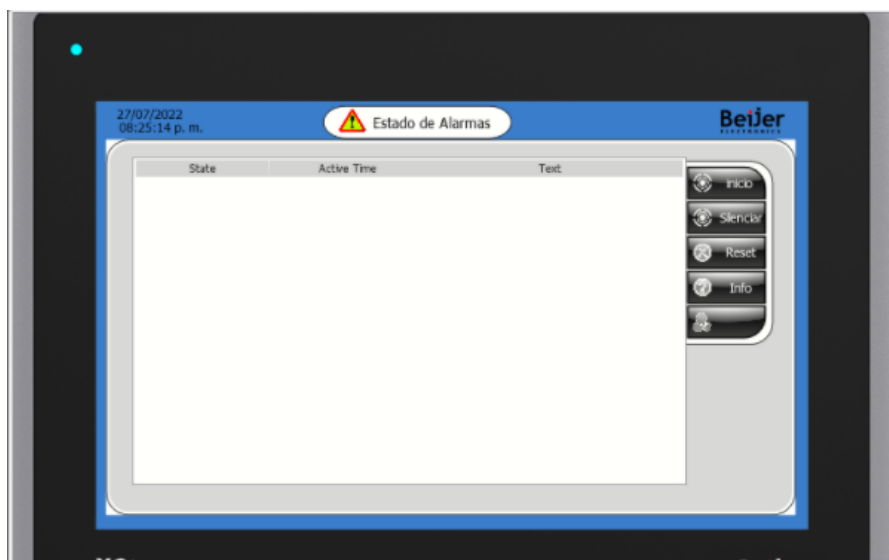


Imagen 50.- Interfaz terciaria del HMI.

INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE FUERZA Y CONTROL:

Para la parte de implementación se llevó a cabo primeramente la instalación de los componentes en los tableros, para esto se instalaron en los gabinetes y de acuerdo con lo dispuesto en los diseños los rieles DIN, los cuales sirvieron para el montaje de los elementos eléctricos de fuerza y control.

De igual forma, se instaló en los tableros de control canaletas ranuradas para la conducción del cableado, el tipo de canaleta y sus dimensiones fueron adquiridas específicamente para la cantidad del cableado utilizado en la interconexión de los equipos de forma interna, la instalación de las canaletas ranuradas se realizó de acuerdo al diseño del tablero, en este caso se instalaron canaletas tipo ranuradas ya que al interior de los tableros nos permiten conducir de una forma óptima el cableado sin tener que estar realizando perforaciones a las mismas ya que estas cuentan con ranuras para introducir el cableado.

La instalación de los elementos eléctricos y de control se realizó de acuerdo con el diseño de los tableros. Como bien sabemos la mayoría de los componentes utilizados para el control en la industria son diseñados y normalizados para su instalación sobre rieles DIN en tableros de control, por lo que el montaje de los elementos de control se realizó sobre los rieles DIN previamente instalados, a excepción de algunos elementos que en su diseño no vienen aptos para el montaje en rieles DIN, como es el caso del transformador, el servodrive, la fuente de alimentación PS Tsl Systron y los conectores CN13, que en dicho caso se realizaron perforaciones en la placa de montaje para la instalación de estos elementos.

Para el cableado de los elementos de fuerza y de control se utilizó cable calibre 12 AWG, el cual por las dimensiones del proyecto fue el ideal, para la identificación del cableado se le colocó un número de tag al mismo de acuerdo a los códigos de identificación que se manejan en ENVACES TP CO, estos números de tag se colocaron con etiquetas a los extremos de cada cable, esta práctica se realizó para poder identificar los cables, sus direcciones y saber en donde se encontraban conectados y para evitar tener problemas con las conexiones entre equipos además de que esto nos permite realizar reparaciones futuras si es que se llegara a dar el caso, también una vez terminada la conexión de los dispositivos se realizó el peinado de el cableado.

INSTALACIÓN DE HMI:

Para la instalación de la pantalla HMI se realizaron cambios con respecto al diseño ya que por disposición de la empresa se nos pidió que la pantalla estuviera a la mano del operador y no en los tableros ya que estos se encuentran en la parte baja de la etiquetadora por lo que se optó por montar la HMI en un gabinete con dimensiones menores ya que solo contiene el HMI en la parte frontal, este gabinete posteriormente se instaló en la base en la que anteriormente se encontraba ubicada la botonera, la comunicación entre el HMI y el PLC se realizó a través de sus puertos Ethernet RJ 45, la programación de estos equipos se realizó previamente a su instalación en los nuevos tableros de control.

INSTALACIÓN DE TABLEROS DE CONTROL EN ETIQUETADORA B&H 2500:

Una vez terminada la instalación de los elementos en los tableros de control por disposición de ENVACES TP. CO. Se paró el proyecto por tiempo indefinido por lo que se extendió el tiempo en la entrega del proyecto, cabe resaltar que este paro no se encontraba contemplado al inicio, una vez que se reanuda el proyecto se continuó con la instalación, por lo que se procedió a desmontar los anteriores tableros, dejando la etiquetadora para la instalación de los nuevos tableros, una vez terminado el desmontaje se aprovechó para checar y reemplazar el cableado anterior en mal estado que permitía la conexión entre los equipos externos como motores y los elementos de control ubicados al interior del gabinete, se realizó la interconexión de los equipos, se verificó que la conexión de los equipos estén correctamente, así como la instalación del termopar en la cámara del pegamento.

Posterior a la instalación de los tableros se realizaron pruebas de funcionamiento de la etiquetadora ya con los nuevos tableros de control, ajustando los parámetros para un periodo de funcionamiento de prueba con un tipo de botella específico con lo cual se corrigieron algunos parámetros para el correcto funcionamiento de la etiquetadora, dejándola lista para su operación.

CONCLUSIÓN

La actualización del sistema de control de la etiquetadora B&H 2500 requirió de una migración del anterior control de la etiquetadora pues el tipo de control anterior era analógico y el actual es digital, con dicha migración se realizó la sustitución de la totalidad de los elementos de control como relevadores, interruptor, variadores, servo drive entre otros, para lo cual también se realizó el diseño completo de los nuevos tableros de control que incluyen los diagramas de control y de potencia, aunado a ello también se realizó el diseño de los tableros y disposición de los elementos de control de acuerdo a cómo lo requirió la empresa en los gabinetes.

Al realizar la programación y realizar pruebas se corrigieron mínimos errores en la programación para el correcto funcionamiento de los nuevos elementos y por consiguiente el correcto funcionamiento de la etiquetadora, se realizó el diseño de la interfaz de comunicación, dicho de otro modo se realizó el diseño de las pantallas de diálogo para la interfaz HMI, se estableció la comunicación entre el HMI y el PLC verificando que la funcionalidad de las pantallas y del HMI fuera la óptima, se instalaron los elementos en las placas de montaje de los gabinetes de acuerdo a lo dispuesto en los diseños gráficos de distribución expuestos en la parte de diseño y se realizó el interconexionado de acuerdo a los diagramas de control y de potencia expuestos también en la parte de diseño de este documento, también se realizó un cambio no contemplado en el proyecto referente a la programación del servodriver de YASKAWA, puesto que se llevó a cabo por parte de personal externo a la empresa por motivos de tiempo, esto ocurrido antes del paro del proyecto mencionado a continuación.

En la fase final o fase de colocación de tableros y puesta en marcha de la etiquetadora se tuvieron algunos problemas ajenos al funcionamiento del equipo referentes a un paro del proyecto por tiempo indefinido no contemplado en cronograma de actividades, al final del paro se reanudó el proyecto en donde se había dejado, realizando la colocación y puesta en marcha de los tableros de la etiquetadora, no sin antes de realizar pruebas para verificar así el correcto funcionamiento y funcionalidad del nuevo sistema de control implementado.

REFERENCIAS:

- [1] *¿Qué es un sistema de etiquetado?* (2021, 10 junio). México. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://www.videojet.mx/mx/homepage/resources/glossary/product-coding/labeling-systems.html>
- [2] *Sistemas de control industrial*. (2021, 6 enero). COPA DATA. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://www.copadata.com/es/productos/platform-editorial-content/sistemas-de-control-industrial/>
- [3] *Sistema digital y sistema analógico: diferencias, ventajas y desventajas*. (2021, 15 abril). Diferenciador. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://www.diferenciador.com/sistema-digital-y-sistema-analogico/>
- [4] T. (2020, 14 mayo). *¿Que son los sistemas de control distribuido y control digital?* Tecnatom. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://www.tecnatom.es/blog/sistemas-de-control-distribuido-y-control-digital/>
- [5] C. (2022, 17 febrero). *¿Qué es el control PID?* Franklin Electric | Noticias del Mercado. Recuperado 7 de junio de 2022, de <https://franklinlinkmx.wordpress.com/2022/02/16/que-es-el-control-pid/>
- [6] Camarillo, A. (2021, 11 noviembre). *¿Qué es un control PID?* 330ohms. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://blog.330ohms.com/2021/06/02/que-es-un-control-pid/>
- [7] Solano, M. E. (2017, 22 marzo). *especificaciones tecnicas de tableros de control*. slideshare. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://es.slideshare.net/MarlesEnequeSolano/especificaciones-tecnicas-de-tableros-de-control>
- [8] A. (2020a, junio 1). *¿Para qué sirve un PLC?* AUTYCOM. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://www.autycom.com/para-que-sirve-un-plc/>
- [9] A. (2021, 26 mayo). *¿Qué es un PLC y cómo funciona?* Industrias GSL. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://industriassgl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>
- [10] S. (2020b, enero 8). *¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia?* | S&P. S&P Sistemas de Ventilación. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>
- [11] G.B. (2022a, mayo 15). *¿Qué es un guardamotor y para qué se usa?*. EraRelmo. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://www.erarelmo.com/post/qu%C3%A9-es-un-guardamotor-y-para-qu%C3%A9-se-usa>

- [12] ¿Qué es un servomotor y cuándo se utiliza? (2019, 15 noviembre). CLR. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://clr.es/blog/es/servomotor-cuando-se-utiliza/>
- [13] A. (2021a, enero 4). *Qué es un Servomotor y para qué sirve*. aula21 | Formación para la Industria. Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-servomotor/>
- [14] *HMI - The Interface Between Process and Operators*. (2021, 2 enero). AVEVA. Recuperado 20 de abril de 2022, de <https://www.aveva.com/es-es/solutions/operations/hmi/>
- [15] ¿Qué significa HMI? *Interfaz humano-máquina* | COPA-DATA. (2022, 13 junio). Copadata. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-significa-hmi-interfaz-humano-maquina-copa-data/>
- [16] Torres, H. (2021, 7 marzo). *Qué es un Relevador o Relé*. HETPRO/TUTORIALES. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-un-relevador-o-rele/>
- [17] R. (2022b, enero 25). *¿Qué es un relevador?* | *Revista Española de Electrónica*. Revista Española de Electrónica | Todas las noticias de electrónica actualizadas a diario. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://www.redeweb.com/actualidad/que-es-un-relevador/>
- [18] Elaboración propia Luis Carlos Taxis Torrez, Ing. Mecatrónica.