

REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

ESTACIÓN DE ENGRASADO

Autor: SALOMÓN LÓPEZ CHÁVEZ

**Tesis presentada para obtener el título de:
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**Nombre del asesor:
M.C. SERGIO ARMANDO GALVÁN CHÁVEZ**

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar, organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación "Dr. Silvio Zavala" que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo "Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada", se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





UNIVERSIDAD VASCO DE QUIROGA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

ESTACIÓN DE ENGRASADO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTA

SALOMÓN LÓPEZ CHÁVEZ

ASESOR

M.C. SERGIO ARMANDO GALVÁN CHÁVEZ

CLAVE: 16PSU02140

ACUERDO: LIC120614

MORELIA, MICHOACÁN

Enero - 2019

AGRADECIMIENTOS	6
ANTECEDENTES	7
JUSTIFICACIÓN	8
OBJETIVOS DEL TRABAJO	9
Generales	9
Específicos	9
HIPOTESIS	10
Capítulo I Marco teórico	11
1.1 PLC (Programable Logic Controller)	11
1.1.1 Hardware.....	11
1.1.2 Diagrama de bloques de un PLC.....	12
1.1.3 Tipos de lenguaje de PLC's	13
1.1.4 Circuito lógico cableado y su implementación del lenguaje de escalera PLC.....	14
1.2 Módulos entrada y salida	18
1.2.1 Entradas/salidas digitales.....	18
1.2.1.1 Entradas digitales	19
1.2.1.2 Salidas digital.....	19
1.3 HMI.....	21
1.4 Controlador digital	23
1.4.1 Controlador 7100 EFD	23
1.5 Válvula de alta presión	24
1.5.1 Válvula 736pha	25
1.6 Regulador de presión	26
1.6.1 Mastic regulator	26
1.6.2 Sensor de presión.....	27
1.7 Bomba neumática para grasa.....	28
1.8 Cuadros Eléctricos	28
1.8.1 Clasificación de los cuadros eléctricos	29
1.8.2 Aspectos constructivos.....	31
1.9 Elementos de cableado y conexión.....	33
1.9.1 Regletero	33

1.9.2 Tiras de bornes (clemas)	34
1.9.3 Marcado de bornes	35
1.9.4 Marcado de cables	36
1.9.5 Terminación de cables.....	37
1.10 Fijación de cableado.....	39
1.10.1 Canaletas	39
1.10.2 Brazaletes	40
1.10.3 Bridas.....	41
1.10.4 Espirales	41
1.11 Elementos para climatización	41
1.11.1 Climatización natural.....	42
1.11.2 Climatización forzada	44
1.12 Circuit Breaker.....	44
1.12.1 Características	45
1.12.2 Tipos	45
Capítulo II Diseño.....	47
2.1 Diagramas eléctricos	47
2.1.1 Conexión de 110.....	47
2.1.2 Conexión de I/O.....	48
2.1.3 Conexión controlador 7100.....	54
2.1.4 Harting.....	55
2.1.5 Sensor Keyence	56
2.1.6 Lámpara banner	57
2.1.7 Conexión pistones	58
2.1.8 Conexión sensores	59
2.1.9 Diagrama hidráulico y neumático del equipo EFD	59
2.2 Partes de la estación	61
Capítulo III Automatización.....	63
3.1 Añadir WAGOS	63
3.2 Programa PLC y HMI.....	65
3.2.1 Mapping entradas	66

3.2.2 Mapping salidas.....	68
3.2.3 Programa PLC	70
3.2.4 Fallas.....	88
3.3 Realizar la pantalla HMI	94
3.4 Valores del sensor de presión y controlador EFD	96
3.5 Realización de gabinete.....	97
3.6 Funcionamiento de la estación	99
Capítulo IV Resultados y fallas	103
Referencias	107
ANEXO	108

AGRADECIMIENTOS

En este momento que presento mi tesina y concluyo mis estudios de Ingeniería en Mecatrónica quiero agradecer primeramente a Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres (Adriana y Salomón) que con sus trabajo y esfuerzo me han otorgado mi ingeniería. Además de su cariño, amor y apoyo incondicional que nunca me han faltado para cumplir mis metas, definitivamente sin ellos no habría podido ser lo que ahora soy.

A mis hermanos que nunca me han dejado solo, siempre han sido un apoyo incondicional en todo momento.

A mis amigos que me han apoyado, por todos los momentos que pasamos juntos en la carrera y en la vida.

A mi novia por estar siempre conmigo, por apoyarme en aquellos momentos de estudio y siempre estar al pendiente de mí mientras realizaba este trabajo. Gracias por todo, te amo.

A mis maestros les agradezco por todo el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo, amistad y por los conocimientos que me transmitieron.

ANTECEDENTES

La motivación principal por la cual se realiza el presente trabajo de investigación es la necesidad de la empresa Daimay para el cambio de una engrasadora manual a una automática, por la necesidad de aumentar la producción, también el cliente (HONDA) le está pidiendo a Daimay que el producto necesita ser más rápido y eficiente.

Daimay es la empresa número uno a nivel mundial en hacer viseras de carros, tiene clientes como HONDA, CHRYSLER, FORD, BMW y se crean viseras para diferentes países como Brasil, China, Estados Unidos y México.

Por esto mismo Daimay llegó a In-tech automation en la cual trabajo para poder realizar esto, ya que es una empresa dedicada en la automatización de procesos y años de experiencia. Por este motivo se manejó un plazo muy corto de tiempo para la creación de la estación desde la programación hasta el gabinete.

Este proyecto fue asignado a 2 ingenieros de In-tech automation para su creación y monitoreo de posibles fallas.

JUSTIFICACIÓN

Debido a la demanda que se tiene en la industria, se ha tenido que iniciar a automatizar cada vez más los procesos propios de cada ramo. Las empresas han tenido que optar por la instalación de robots, sensores, controladores para así, poder agilizar los procesos y obtener una mayor ganancia. Con base en lo anterior surge el planteamiento del problema, ya que muchas veces es escaso el conocimiento o tiempo acerca de cómo automatizar.

El problema inicia con el aumento en la necesidad de las empresas de producir más, lo que provoca que la demanda para la industria sea mayor y tienen que bajar sus tiempos de fabricación de los diferentes productos para lograrlo. Esto ha creado que la industria invierta en la modernización de sus empresas tratando de automatizarlas lo más que pueda, y así no depender tanto de trabajadores y/o facilitarles el trabajo para bajar los tiempos de producción que actualmente tienen.

Algunas de las ventajas con el uso de la automatización son las siguientes, mejora en la calidad del trabajador de la máquina o instalación y en el desarrollo del proceso. También se presenta una gran flexibilidad para adaptarse a nuevos productos, produce una disminución de contaminación y daño ambiental. Al mismo tiempo aumenta la protección y seguridad de los trabajadores.

OBJETIVOS DEL TRABAJO

Generales

- Desarrollar la tecnología necesaria para la automatización de la dispensadora de grasa de uso industria, mediante la utilización de PLC.

Específicos

- Diseñar el prototipo y los diagramas eléctricos de la estación.
- Realizar el software para la necesidad que presente la empresa.
- La tecnología por desarrollar sea eficaz y eficiente.

HIPOTESIS

Construir un control para la automatización de una estación engrasadora. La cual, con la ayuda de dispensadores y controladores lograr que la grasa necesaria sea depositada para la aplicación que se requiere.

Capítulo I Marco teórico

1.1 PLC (Programmable Logic Controller)

El controlador lógico programable (PLC) está basado en un microprocesador que usa memoria programable para almacenar instrucciones e implementar funciones tales como lógica, secuenciación, temporización, conteo y aritmética para controlar máquinas y procesos. Está diseñado para ser operado por ingenieros con un conocimiento de computadoras y lenguajes de computación. No están diseñados para que solo los programadores de computadoras pueden configurar o cambiar los programas. El término lógica se usa porque la programación es principalmente relacionada con la implementación de operaciones de lógica y conmutación. (Bolton, 2009)

El primer PLC se desarrolló en 1969. Los PLC ahora se usan ampliamente y se extienden desde pequeñas unidades autónomas para usar con quizás 20 entradas y salidas digitales a sistemas modulares que se puede usar para un gran número de entradas/salidas, manejar entradas/salidas digitales o analógicas, y llevar a cabo modos de control proporcional-integral-derivativo. (Bolton, 2009)

1.1.1 Hardware

Normalmente, un sistema PLC tiene los componentes funcionales básicos de la unidad de procesador, memoria, unidad de fuente de alimentación, sección de interfaz de entrada/salida, interfaz de comunicaciones y dispositivo de programación (Figura 1.0).

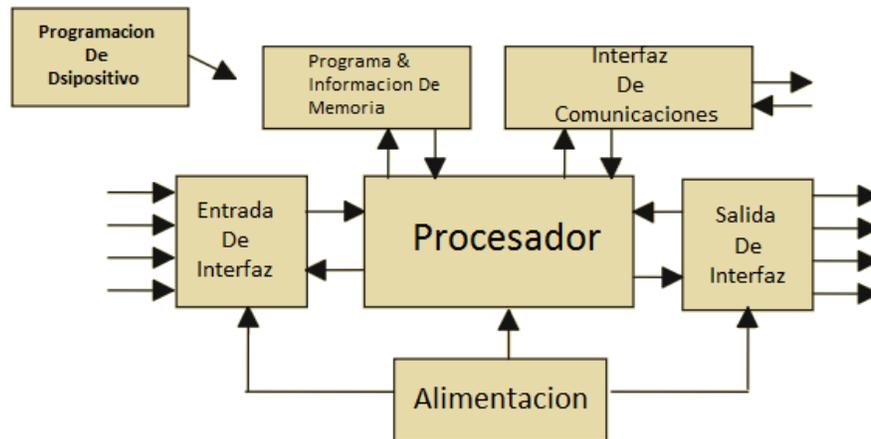


Figura 1.0 se muestra un diagrama de bloques de la estructura de un PLC.

1.1.2 Diagrama de bloques de un PLC

- La unidad de procesamiento central (CPU) del PLC, es donde se encuentra el microprocesador. Aquí se interpretan las señales de entrada, y se llevan a cabo las acciones de control según el programa almacenado en su memoria, comunicando las decisiones como accionar señales a las salidas.
- La unidad de suministro de energía, es necesaria para convertir la tensión de CA (Corriente Alterna) de la red eléctrica a la tensión de CD (Corriente Directa), baja (5V) necesarios para el procesador y los circuitos en la interfaz de los módulos de entrada y salida.
- El dispositivo de programación, se usa para ingresar el programa requerido en la memoria del procesador. Aquí se desarrolla el programa y luego se transfiere a la unidad de memoria del PLC.
- Unidad temática, es donde el programa contiene las acciones de control que deben ser ejercidas por el microprocesador y donde los datos se almacenan desde la entrada para el procesamiento y para la salida.

Las secciones de entrada y salida son donde el procesador recibe información de dispositivos externos y comunica información a dispositivos externos. Las entradas

podrían ser, desde los interruptores u otros sensores tales como celdas fotoeléctricas, sensores de temperatura, sensores de flujo, o similares.

Las salidas pueden ser bobinas de arranque del motor, válvulas de solenoide u objetos similares. Los dispositivos se pueden clasificar como señales discretas, digitales o analógicas como se muestra en la Figura 1.1.

Los dispositivos que ofrecen señales digitales discretas son aquellas en las que las señales están apagadas o encendidas.

- La interfaz de comunicaciones se usa para recibir y transmitir datos en las redes de comunicación desde o hacia otros PLC remotos. Realiza acciones tales como la verificación de dispositivos, adquisición de datos, sincronización entre aplicaciones de usuario y gestión de conexión.

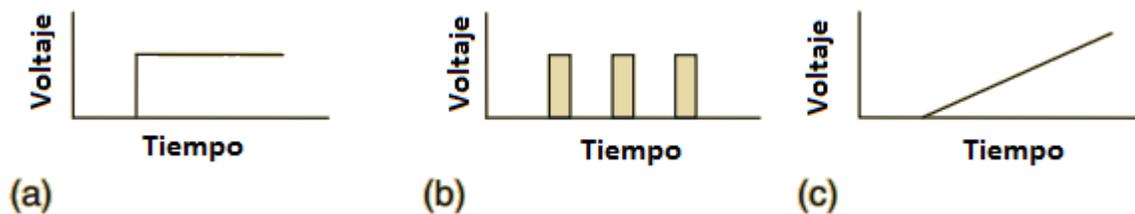


Figura 1.1 Señales: A) Discreta, B) Digital, C) Análoga.

1.1.3 Tipos de lenguaje de PLC's

Los tres tipos de lenguajes de programación utilizados en los PLC son:

- Escalera
- Booleano
- *Grafcet*

El lenguaje escalera y booleano implementan esencialmente operaciones de la misma manera, pero se diferencian en la forma en que se representan sus instrucciones y cómo se ingresan en el PLC. El lenguaje *Grafcet* implementa el

control de instrucciones de una manera diferente, basada en pasos y acciones en un programa orientado a gráficos.

El controlador programable fue desarrollado para facilitar la programación usando símbolos de escalera de *relé* existentes y expresiones para representar la lógica del programa necesario para controlar la máquina o el proceso. El resultado de la programación, que utilizaba estos símbolos de escalera de relevación, recibió el nombre de lenguaje de escalera. (L.A Bryan, 1997). En la Figura 1.2 se muestra un circuito escalera mediante relevación y otro circuito en PLC.

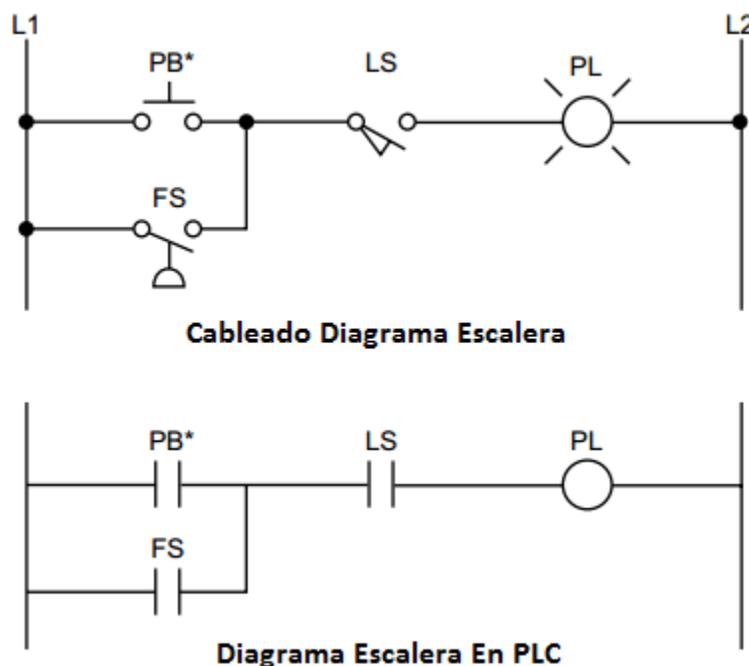


Figura 1.2 se muestra un circuito escalera mediante relevación y otro circuito en PLC.

1.1.4 Circuito lógico cableado y su implementación del lenguaje de escalera PLC

El lenguaje de escalera se ha convertido en un conjunto de instrucciones muy poderoso. Se han agregado nuevas funciones a las operaciones básicas de retransmisión, temporización y conteo. El término función se usa para describir

instrucciones que manejan y transfieren datos dentro del controlador programable.
(L.A Bryan, 1997)

Los nuevos complementos a la lógica de escalera también incluyen bloques de funciones, que usan un conjunto de instrucciones para operar en un bloque de datos. El uso de la función bloques aumenta la potencia del lenguaje escalera, formando lo que es conocido como lenguaje de escalera mejorado como se aprecia en la figura 1.3.

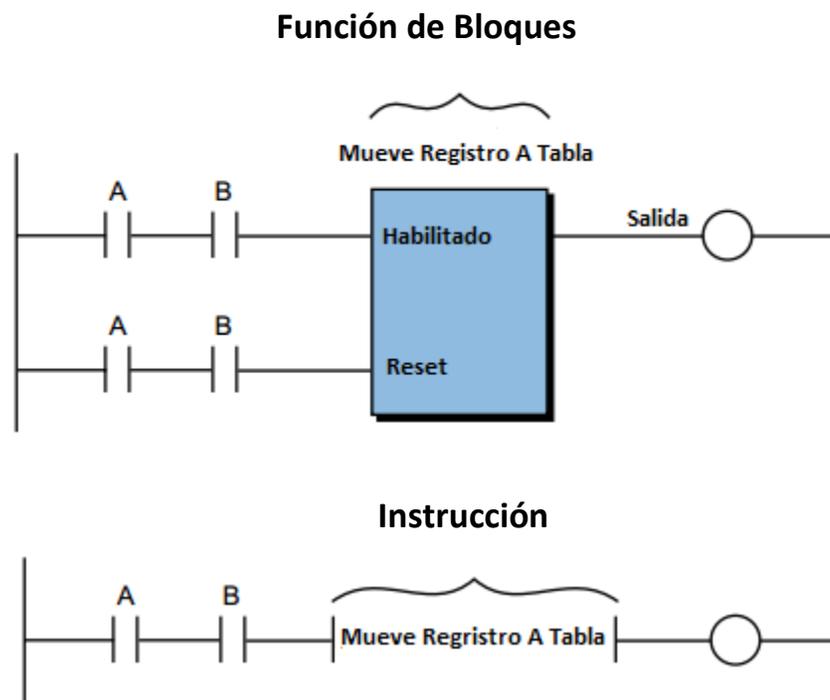


Figura 1.3 Un bloque o una instrucción funcional entre dos símbolos de contacto representan una mejora bloque funcional.

Formato de bloque funcional mejorado.

Los lenguajes de escalera disponibles en los PLC se pueden dividir en dos grupos:

- Lenguaje básico de escalera.
- Lenguaje de escalera mejorado.

Cada uno de estos grupos consta de muchas instrucciones de PLC que forman el idioma. A veces, las instrucciones básicas de escalera se conocen como lenguaje de bajo nivel, mientras que las funciones de escalera mejoradas se conocen como lenguaje de alto nivel.

Booleano

El lenguaje booleano usa sintaxis Booleana para ingresar y explicar la lógica de control. Es decir, usa las funciones lógicas *AND*, *OR* y *NOT* para implementar el control de circuitos en el programa de control. En la Figura 1.4 se muestra la representación de circuitos por medio de relevación y como sería con representación booleana.

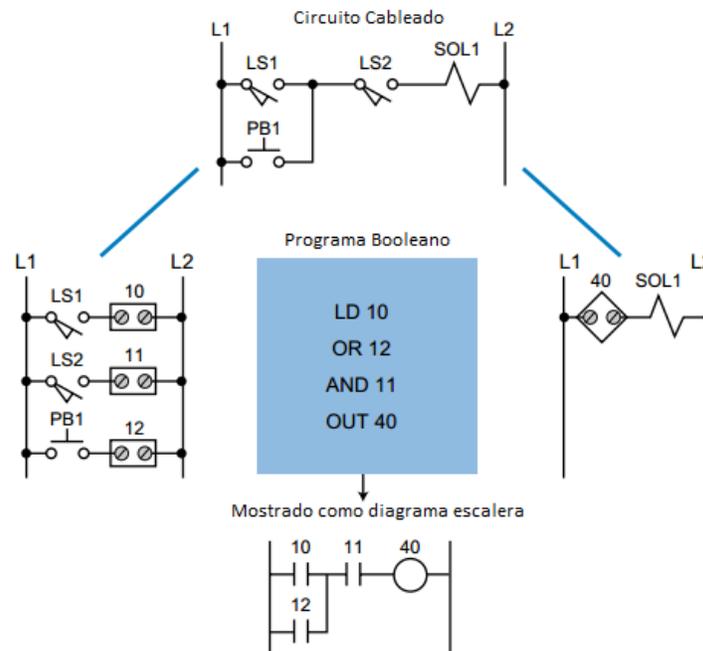


Figura1.4 Representación de circuitos por relevación.

Circuito lógico cableado y su representación booleana

Cuando se muestra en la interfaz de programación, el idioma booleano generalmente se ve como un circuito de escalera y no como los comandos booleanos que define la instrucción.

Grafcet

Grafcet (Grphe Fonctionnel de Commande Étape Transition) es un lenguaje gráfico simbólico, que representa el control de programa como pasos o etapas en la máquina o proceso.

Los gráficos de *Grafcet* proporcionan una representación tipo diagrama de flujo de los eventos en cada etapa del programa de control. Estos gráficos usan tres componentes: pasos, transiciones y acciones para representar eventos. La Figura 1.5 muestra cómo se representa circuito de manera gráfica.

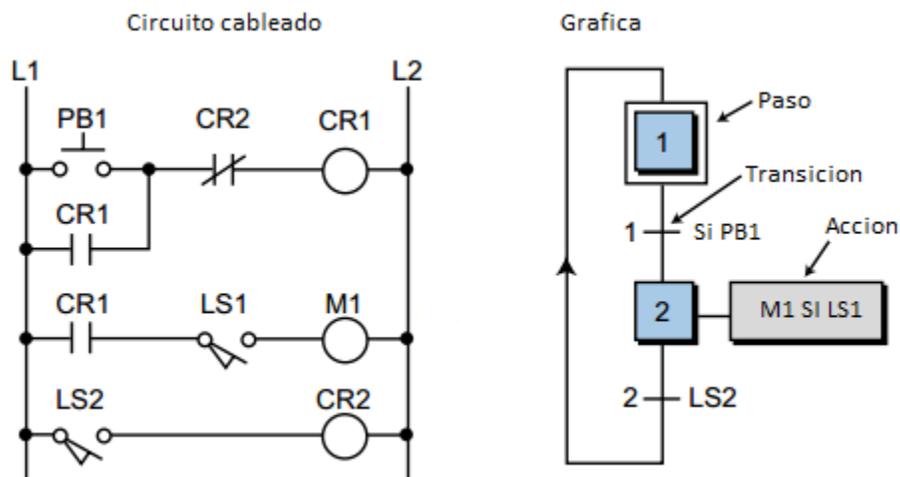


Figura 1.5 Circuito manera gráfica.

Circuito lógico cableado y su representación *Grafcet*

Una vez programado en la PC, las instrucciones de *Grafcet* se pueden transferir a un PLC a través de un traductor o un controlador que traduce el programa *Grafcet* en un diagrama de escalera o lenguaje booleano, como se puede observar en la Figura 1.6.

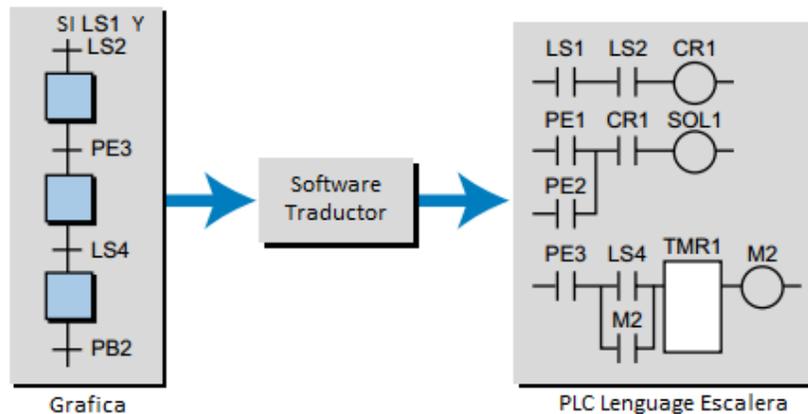


Figura 1.6 Traslación de lenguaje grafico a diagrama escalera en PLC.

1.2 Módulos entrada y salida

Son tarjetas electrónicas que proporcionan el vínculo entre la CPU del controlador programable y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellas se origina el intercambio de información, ya sea con la finalidad de adquirir datos, o para el mando o control de las máquinas presentes en el proceso.

1.2.1 Entradas/salidas digitales

Tienen la función de informar a la CPU, de la presencia o ausencia de señal, tensión o corriente, en un circuito, apertura o cierre de un contacto, pulsador, límite de carrera, etc. En el caso de las salidas estas se conectan o desconectan al circuito de actuación de un solenoide, contactor, lámpara, entre otros.

Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo, cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un “1” y cuando llegan cero voltios se interpreta como un “0”.

1.2.1.1 Entradas digitales

Tienen la función de informar a la CPU del estado de presencia o ausencia de tensión en un circuito (cierre o apertura de un contactor, pulsador, etc.). Las interfaces discretas abarcan un amplio rango de opciones, un contacto externo puede estar conectado a distintos voltajes, según la máquina o el proceso.

Existen interfaces para corriente continua o alterna, y a su vez para distintos niveles de tensiones. Las interfaces están construidas de forma de módulos que se alojan en bases de montaje, con estructura semimodular, modular o formando parte del conjunto de estructura compacta. En la imagen 1.0 se muestra el módulo de entradas marca WAGO que se usó.



Imagen 1.0 Modulo entrada digitales marca WAGO.

1.2.1.2 Salidas digital

Permite al controlador lógico programable actuar sobre los preaccionadores y accionador para que admitan ordenes de tipo todo o nada. El valor binario de salidas

digitales se convierte en la apertura o cierre de un relé interno del automático en el caso de módulos de salidas a relevador.

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



Imagen 1.1 Modulo salidas digitales marca WAGO.

Conectores

La comunicación entre el fieldbus acoplador/controlador de bus de campo y los módulos de entradas y salidas, como el suministro del sistema de los módulos, se realiza a través del bus interno. De eso constan los 6 contactos de datos que están disponibles en el módulo (Imagen 1.2).



Imagen 1.2 Fieldbus WAGO.

1.3 HMI

HMI significa “Human Machine Interface”, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas, como mostraremos a continuación.

Tipos de HMI:

Descontando el método tradicional, podemos distinguir básicamente dos tipos de HMIs:

Terminal de Operador, consiste en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues

numéricos, alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto (touch screen).

PC + Software, esto constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación. Como PC se puede utilizar cualquiera según lo exija el proyecto, en donde existen los llamados Industriales (para ambientes agresivos), los de panel (Panel PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador, y en general veremos muchas formas de hacer uno, pasando por el tradicional PC de escritorio. Respecto a los softwares a instalar en el PC de modo de cumplir la función de HMI se describe a continuación.

Software HMI: Estos softwares permiten entre otras cosas las siguientes funciones: Interfase gráfica para poder ver el proceso e interactuar con él, registro en tiempo real e histórico de datos, manejo de alarmas. Si bien es cierto sólo con la primera función enunciada es la propiamente HMI, casi todos los proveedores incluyen las otras dos ya sea en el mismo paquete o bien como opcionales. También es normal que dispongan de muchas más herramientas.

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

Por otro lado, este software puede comunicarse directamente con los dispositivos externos (proceso) o bien hacerlo a través de un software especializado en la comunicación, cual es la tendencia actual.

Comunicación:

La comunicación con los dispositivos de las máquinas o proceso se realiza mediante comunicación de datos empleando las puertas disponibles para ello, tanto en los dispositivos como en los PCs.

Actualmente para la comunicación se usa un software denominado servidor de comunicaciones, el que se encarga de establecer el enlace entre los dispositivos y software de aplicación (HMI u otros) los cuales son sus clientes. La técnica estandarizada en estos momentos para esto se llama OPC (Ole for Process Control), por lo que contamos entonces con Servidores y Clientes OPC, sin embargo, aún quedan algunas instalaciones donde se usaba DDE para este propósito, como también muchos softwares de aplicación sólo son clientes DDE por lo que lo usual es que los servidores sean OPC y DDE.

1.4 Controlador digital

Son pequeñas instalaciones inteligentes que se componen de una entrada de un sensor, un indicador digital y una salida de regulación. Existen controladores digitales para diferentes trabajos de medición y regulación. Los controladores digitales se configuran a través de las teclas del propio controlador.

Existe la posibilidad de establecer valores nominales para definir así el proceso de regulación. Varios controladores digitales disponen, además de la salida de regulación, salidas para señales normalizadas, a las que puede conectar un sistema de visualización para controlar el proceso de regulación.

1.4.1 Controlador 7100 EFD

Es un controlador para válvulas dosificadoras EFD, el cual incorpora tiempo programable de dosificación, pantalla digital de tiempo, programación por medio del teclado para facilitar al usuario la comunicación de interfase y entrada/salida con el PLC de la computadora principal.

Otras funciones que incluyen son:

- Designación de tiempo por medio de botones o programación sincronizada.
- El punto decimal flotante permite rangos de dosificación de 0.001 a 99.9 seg.
- Display con LED rojo brillante.
- Función de purga por medio de botón.
- Detección de baja presión de aire, detección opcional de baja presión en el tanque u otros dispositivos de detección de alarma.
- Señal de retroalimentación de final de ciclo.

Los objetivos son acercar el control de dosificación al punto de aplicación y proporcionar las funciones necesarias para que la programación y operación sean fáciles y precisas.



Imagen 1.3 Controlador 7100 EFD.

1.5 Válvula de alta presión

Es una válvula usada para controlar el flujo de un fluido, comportándose como un orificio de área continuamente variable, que modifica la pérdida de carga, según lo dirigido por la señal de un controlador.

1.5.1 Válvula 736pha

Es una válvula de alta presión de acero inoxidable (imagen 1.4) incluye un control de carrera del pistón ajustable para mantener anchos de cordón y perfiles de punto homogéneos y evitar babeo entre los disparos. El control de carrera de pistón ajustable también ayuda a reducir la sobretensión en la apertura y a regular el corte de succión.

Características

- Control de sobretensión en la apertura
- Corte con succión ajustable
- Cierre asistido por aire de la entrada de aire auxiliar
- La velocidad de ciclo supera los 400 ciclos por minuto
- Peso y tamaño compactos

Fluidos compatibles

- Adhesivos
- Grasas
- Selladores



Imagen 1.4 Válvula 736 HPA.

1.6 Regulador de presión

Es un dispositivo que permite reducir la presión de un fluido en una red. El más sencillo consiste en un estrangulamiento en el conducto que produce una pérdida de carga o presión (ej. válvula medio cerrada), pero la presión final variará mucho según la presión de entrada y el caudal. Si aumenta el flujo la presión bajará y si se detiene esta se igualará con la alta presión.

1.6.1 Mastic regulator

Es un componente accionado por resorte y por aire de alta presión. Estos reguladores controlan la presión del líquido semisólido. Se recomienda instalar un regulador delante de cada pistola rociadora o pistola extrusora en un sistema de múltiples salidas.

El mastic proporciona un control de presión para cada pistola rociadora desde un cabezal común del sistema, también amortigua los picos de flujo cuando se abren las válvulas de la línea y durante la carrera de la bomba.



Imagen 1.5 Mastic regulator.

1.6.2 Sensor de presión

Estos sensores también son conocidos como transductores de presión, su uso es para transformar una magnitud física en una eléctrica, en este caso transforman una fuerza por unidad de superficie en un voltaje equivalente a esa presión ejercida.

Hay diferentes tipos:

- Sensores de presión industriales: son los más empleados para todo tipo de aplicaciones y sectores. Abarcan todos los rangos posibles, desde vacío hasta varios miles de bar, para aplicaciones en industria pesada. Este tipo de sensor tiene salida analógica y digital (Imagen 1.6).



Imagen 1.6 Sensor industrial.

- Sensor de presión con membrana, estos tienen una membrana enrasada que permite realizar una medida superficial que evita errores de medida por acumulación de burbujas en el tubo, así como la eliminación de suciedad en el tubo de medido, de tal forma que es fácilmente limpiable.



Imagen 1.7 Sensor de presión con membrana.

-
- Sensor de presión sumergible, también llamados limnímetros o piezómetros, son transductores de presión específicamente para trabajar sumergidos en líquidos como agua, aceite, etc. Por lo cual también pueden medir nivel (imagen 1.8).



Imagen 1.8 Sensor de presión sumergible.

1.7 Bomba neumática para grasa

El motor neumático se basa en una aleación de bronce y aluminio de fácil manejo. El sistema de bombeo dispone de un pistón en acero endurecido para soportar usos pesados.

1.8 Cuadros Eléctricos

Un cuadro eléctrico es un componente de una instalación eléctrica industrial que está formado por los siguientes elementos (Imagen 1.9):

Envolvente: armario que protege eléctrica y mecánicamente los dispositivos y equipos en su interior.

Equipo eléctrico: dispositivos eléctricos y electrónicos que protegen a los demás componentes. Se conectan a través de clemas I/O (entradas y salidas) para el control del proceso que realizará.



Imagen1.9 Elementos que constituyen un cuadro eléctrico.

1.8.1 Clasificación de los cuadros eléctricos

Material constructivo

Dependiendo del material utilizado en su construcción, se pueden distinguir dos tipos de cuadros.

- **Metálicos:** son construidos en chapa de acero soldado. Se presentan como armarios de fijación mural o de apoyo en el suelo.
- **Aislante:** construidos de poliéster con fibra de vidrio. Suelen ser de fijación mural o bien en superficie.

Topología constructiva

Pueden ser dos tipos:

- **Cerrados,** los cuales son paneles que tienen protecciones que cubren por completo el interior del cuadro, su acceso a los componentes eléctricos solo puede ser abriendo la puerta de forma que el acceso a los equipos eléctricos se pueda hacer de forma voluntaria o retirando algún tipo de tapa protectora, como se muestra en la imagen 1.10

-
- **Abiertos**, en este tipo de cuadro se puede acceder a los equipos eléctricos sin necesidad de retirar ningún elemento de protección. Este tipo de cuadro solamente se debe instalar en aquellos lugares permitidos por la reglamentación vigente. (Juan Carlos Marín, 2011)



Imagen 1.10 Cuadro mono modular tipo cerrado.

Montaje funcional

Actualmente las envolventes están basadas en sistemas funcionales de montaje. Esto consiste en formar el cuadro o el armario, con múltiples módulos individuales denominados unidades funcionales. (Juan Carlos Marín, 2011)

Según este criterio se pueden clasificar en:

- **Cuadros mono-modulares:** este tipo de cuadro no tienen la posibilidad de expandirse interna y externamente.
- **Cuadros multi modulares:** a comparación del cuadro mono modular, estos tienen la principal característica de ampliarse y acoplarse con otros módulos del mismo tipo.
- **Cuadros enchufables:** son aquellos que utilizan unidades funcionales extraíbles, denominadas *racks*. Éstas pueden ser conectadas y desconectadas con facilidad del cuadro principal, incluso con tensión. Se utilizan en sectores que necesitan la reposición inmediata de sus elementos para continuar en servicio.

- **Cuadros tipo pupitre:** como su nombre lo dice son unidades con forma de pupitre o mesa. Son ideales para mostrar gráficas del proceso que se está controlando cuentan con sistemas de supervisión y adquisición de datos (SCADA).

1.8.2 Aspectos constructivos

Tapas

Podemos encontrar tapas de plástico o metálicas y su función es ocultar las conexiones eléctricas con el fin de tener mayor estética y limpieza en el cuadro eléctrico y dejando los componentes de acción al descubierto para que se pueda trabajar sobre ellos en caso de que fallen o tengan que ser reemplazados como se muestra en el pequeño ejemplo de la Figura 1.7

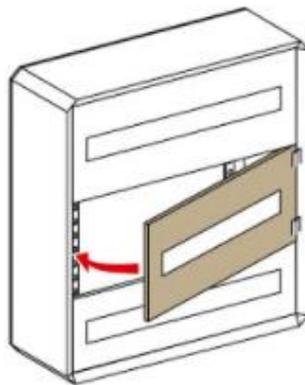


Figura 1.7 Colocación de una tapa en cuadro eléctrico.

Perfiles

El perfil o carril es una pletina doblada que se utiliza para la fijación de elementos en cuadros eléctricos. Se fija en el fondo del armario, o en el chasis, con remaches,

tornillos o piezas especiales. En la Figura 1.8 se muestran los diferentes tipos de perfiles comerciales.

La gama de productos que pueden ser situados sobre el perfil es muy amplia: interruptores de protección, de maniobra, aparatos de medida, regletas, etc.

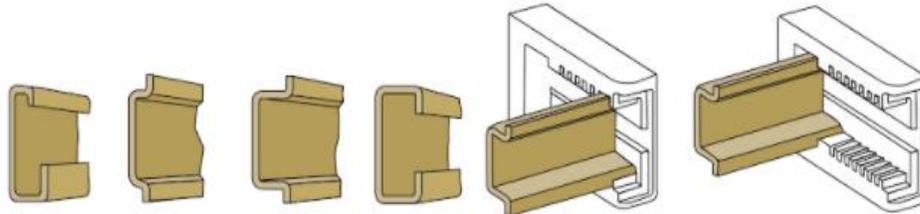


Figura 1.8 Diferentes tipos de perfiles.

Placas

Las placas son utilizadas como fondo en armarios y existen diferentes tipos de placas.

- **Placas lisas:** están hechas de material plástico o metálico. Es necesario trabajar sobre la placa para poder fijar los elementos que compondrán el armario. La Figura 1.9 muestra bosquejos de placas de fondo liso metálica y de plástico marca LEGRAND™.

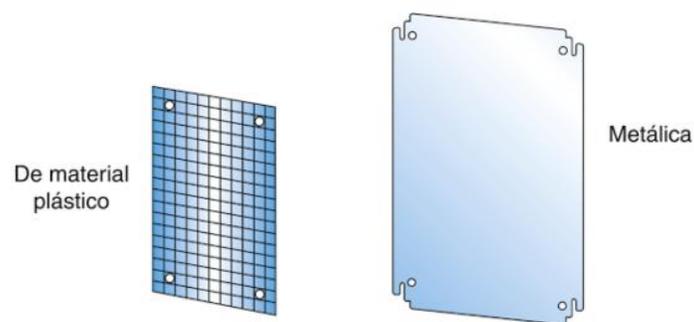


Figura 1.9 Placa de fondo liso (LEGRAND).

- **Placa perforada:** es una placa soporte, este tipo de placa ya no requiere ser trabajada, ya que por su diseño permite que el montaje del componente eléctrico sea más rápido para su montaje es necesario un accesorio llamado tuerca. En la Figura 1.10 se muestra una placa perforada y el accesorio para el montaje de los componentes.

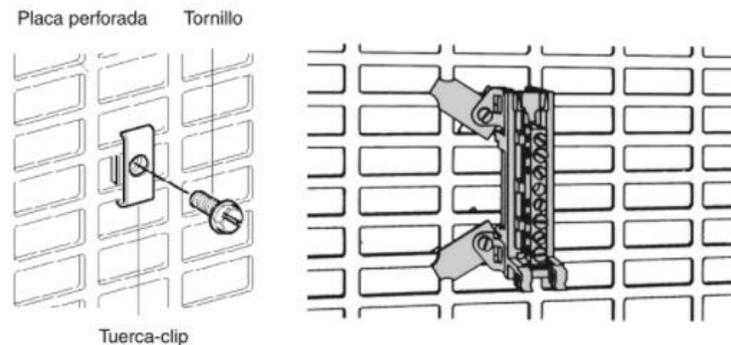


Figura 1.10 Placa perforada y tuerca-clip.

1.9 Elementos de cableado y conexión

Los elementos para el cableado y conexión permiten realizar la unión eléctrica entre los aparatos eléctricos del interior del cuadro y los situados en el exterior.

1.9.1 Regletero

Las regletas o bornes de conexión se fijan en perfiles normalizados con pestañas tipo clip. La conexión de los cables es lateral y su fijación se realiza desde la parte superior con los tornillos de apriete.

Su composición se realiza por bloques de bornes unidos lateralmente, separados por tabiques aislantes que facilitan su identificación. El atornillado de topes de fijación en los extremos evita el desplazamiento lateral de los elementos del regletero. Una pieza terminal, de material aislante, situada en uno de los laterales,

evita el contacto directo con zona conductora del último borne. (Juan Carlos Marín, 2011)

La Figura 1.11 muestra la composición de un regletero.

La elección del color se hace en función del tipo de conductor: azul para el neutro y verde con amarillo para el conductor de protección.

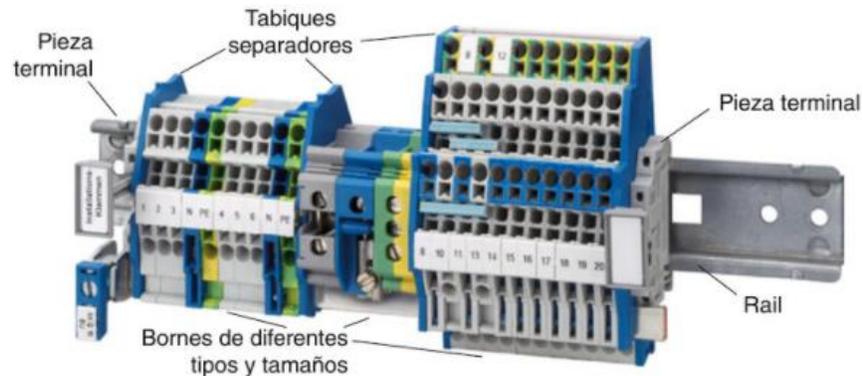


Figura 1.11 Regletero.

1.9.2 Tiras de bornes (clemas)

Los conductores de neutro y protección pueden tener bornes con múltiples agujeros para conectar a ellos cables de diferentes secciones. Generalmente se presentan sin aislar, aunque es posible la colocación de una tapa protectora.

Los cuadros pequeños suelen tener una tira de bornes fija en la propia caja, destinada a la conexión del conductor de toma de tierra. Los armarios mayores permiten la fijación de bornes en perfiles normalizados o sobre soportes especiales. La Figura 1.12 muestra lo que es un borne, soportes tipo metálico y aislante.

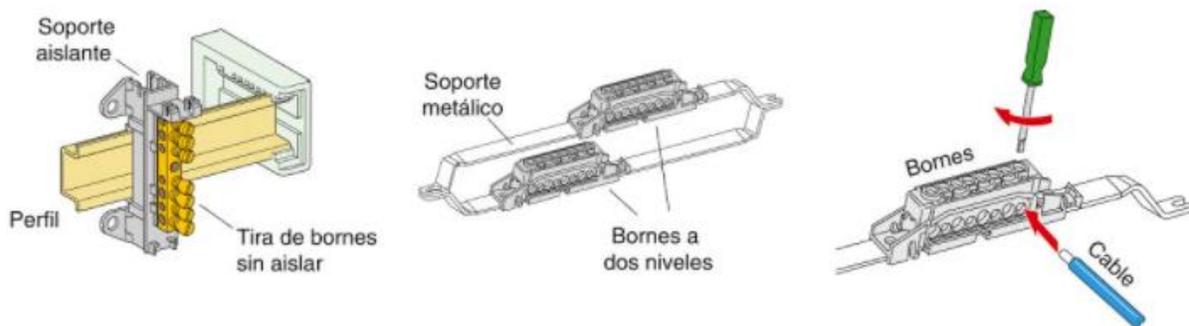


Figura 1.12 Bornes y soporte para bornes.

1.9.3 Marcado de bornes

Cada borne o regleta ha de ser identificada en el plano y en el cuadro para facilitar las operaciones de montaje y mantenimiento. La Figura 1.13 muestra un ejemplo de conexión de cables en los bornes.



Figura 1.13 Conexión de cable en bornes.

El marcaje se realiza con etiquetas identificativas de material plástico o con rotuladores de tinta inalterable. Todas las regletas se identifican por un código presentado de la siguiente manera Xn , donde X indica que es una borna y n el número que ocupa en el cuadro. Así todos los elementos que se encuentran en el

exterior del cuadro estarán representados en el plano entre los círculos etiquetados con X_n . (Juan Carlos Marín, 2011). La Figura 1.14 muestra la numeración de bornes con etiquetas de plástico.

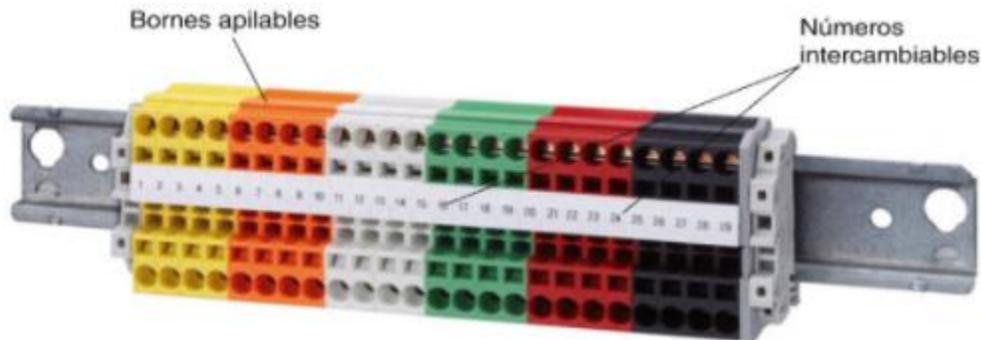


Figura 1.14 Numeración de bornes.

1.9.4 Marcado de cables

El marcado de cables permite y facilita la identificación de cada conductor, respecto a los planos de montaje, durante la construcción y el posterior mantenimiento del cuadro.

La señalización puede hacerse de forma alfabética, numérica o alfanumérica. Los elementos utilizados para el marcaje pueden ser:

- **Etiquetas:** de plástico con caracteres individuales que se colocan en las puntas de los conductores. Las de tipo anillo se colocan antes de conectar el cable a marcar y las de tipo brazaletes que se fijan una vez que ha sido conectado al aparato eléctrico. Existen modelos termorretractiles que se encogen, abrazando el cable, una vez que se les ha aplicado calor. La Figura 1.15 muestra algunos tipos de marcaje de cables.

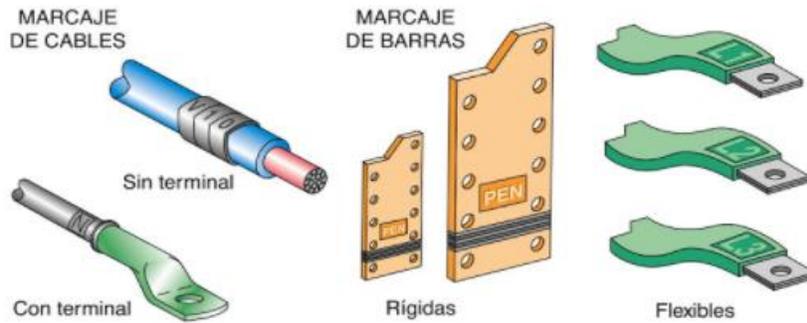


Figura 1.15 Numeración de cables.

1.9.5 Terminación de cables

Los conductores que se encuentran en el cuadro, además de estar identificados por etiquetas, deben tener una buena terminación que evite desconexiones o falsos contactos.

- **Casquillos o punteras:** son piezas cilíndricas de cobre estañado en cuyo interior se inserta el extremo del conductor. La fijación del casquillo al cable se hace por presión con pinzas crimpadoras. Pueden estar desnudos o con cubierta de material plástico de varios colores, que facilita su identificación y codificación. En la Figura 1.16 se muestra el correcto crimpado de terminales.

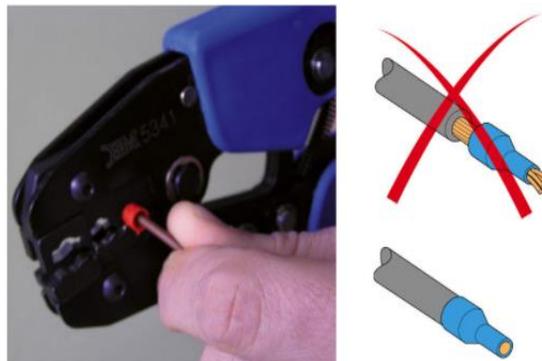


Figura 1.16 Crimpado de punteras o casquillos.

-
- **Terminales:** de la misma forma que los casquillos o punteras, las terminales permiten una correcta conexión de los cables en los bornes de los aparatos. Los de pequeña sección utilizan cubiertas codificadas por colores para su identificación. La fijación de la terminal al cable se realiza mediante las pinzas crimpeadoras. Como se muestra en la Figura 1.17 según su forma las terminales pueden ser:
 - **Ojillo:** Es de tipo cerrado. El tornillo de fijación al borne ha de ser introducido por el orificio en forma de ojal, que se encuentra en la superficie de conexión.
 - **Horquilla:** Es de tipo abierto con la superficie de conexión en forma de U. El tornillo al que va fijado no necesita extracción para su conexionado.
 - **Pin afilado:** Su aspecto es similar al de las punteras. La diferencia es que el conductor no se encuentra presionado por la pipa del adaptador.
 - **Lamina:** La superficie de conexión tiene forma plana. Están especialmente diseñados para su conexión con hembras tipo Faston.
 - **Manguitos de empalme:** Permiten realizar conexiones fiables entre los extremos de dos conductores. Se utilizan para realizar prolongaciones de cables en espacios reducidos, donde no se pueden aplicar regletas de conexión, como canaletas o tubos. Pueden estar aislados o desnudos.



Figura 1.17 Tipos de terminales.

1.10 Fijación de cableado

La correcta organización de los cables en un cuadro eléctrico es esencial para su óptimo funcionamiento y operaciones de mantenimiento además de dar un aspecto de orden. Un cableado inadecuado puede generar situaciones de peligro para el operario, además de averías inesperadas por calentamiento y falsos contactos. Siempre que sea posible se evitarán las mangueras o mazos de cable con conductores de potencia. En los cuadros en los que existan circuitos de maniobra y fuerza, se canalizarán independientemente. (Juan Carlos Marín, 2011)

1.10.1 Canaletas

Se utilizan para fijar los conductores eléctricos que no superen los 10 mm^2 de sección transversal, por el interior del cuadro, sin elementos auxiliares de sujeción. El reparto de cables, a los diferentes aparatos y regletas, se hace por las perforaciones realizadas en sus laterales. Con este tipo de canalización, la ampliación o modificación de los cableados resulta sencilla, ya que el acceso al interior, una vez retirada la tapa, se hace en toda su longitud. Así, la visualización y manipulación de los conductores es idónea. La Figura 1.18 muestra cómo se encuentran ubicadas las canaletas dentro de un cuadro eléctrico.

Su fijación al cuadro se realiza por remaches o tornillos.

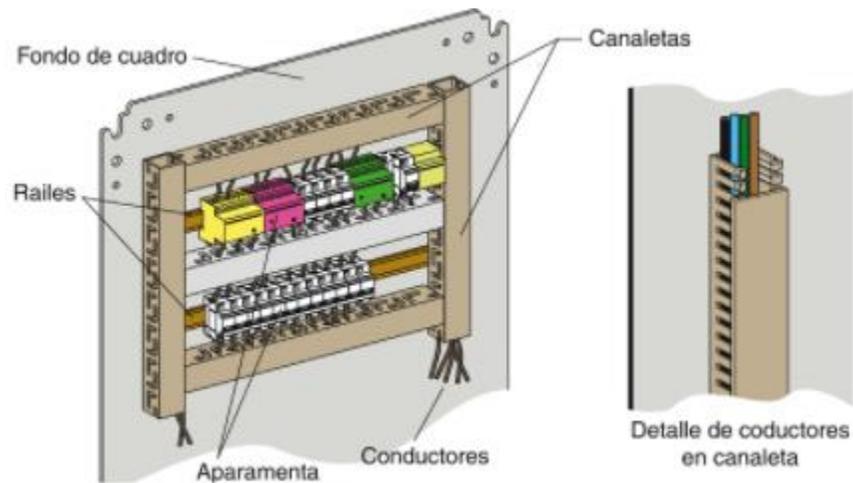


Figura 1.18 Canaletas.

1.10.2 Brazaletes

Sirven para hacer cableados al aire, con mangueras de conductores de gran sección, que necesitan una buena disposición térmica. Se enganchan directamente sobre perfiles normalizados, pasando los conductores por su interior. Es aconsejable utilizar un brazaletes cada 10 o 15 cm, para evitar el curvado excesivo de los cables debido a su propio peso.

En la Figura 1.19 se muestra cómo sería el cableado pasando por los brazaletes.

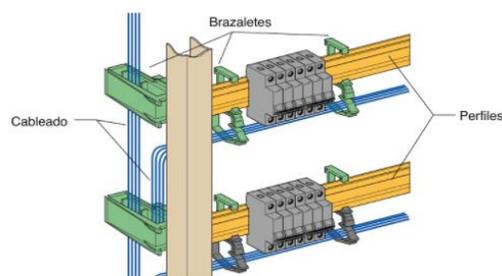


Figura 1.19 Brazaletes.

1.10.3 Bridas

Son cintas de nailon también llamadas cinchos, éstas son estriadas por una cara, y poseen en un extremo una cabeza con trinquete. Cuando el extremo libre se pasa a través la cabeza, se realiza el cierre de forma permanente, no permitiendo su extracción.

Se utilizan para sujeción de cables en cuadro, en la Figura 1.20 podemos observar un mazo de cables sujetados por medio de bridas.

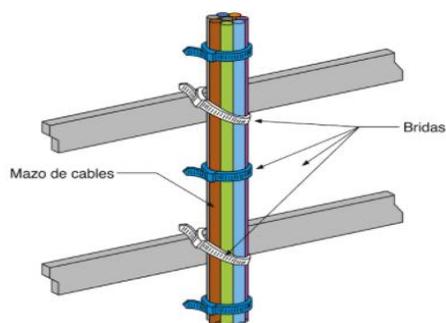


Figura 1.20 Sujeción de cables por medio de bridas o cinchos.

1.10.4 Espirales

Son cintas plásticas tubulares que permiten la creación de mangueras por arrollamiento en forma de espiral. Se utiliza en cuadros de automatización para dar libertad de movimiento a las puertas o portezuelas.

1.11 Elementos para climatización

Los armarios situados en lugares con condiciones climáticas adversas deben estar proyectados con los elementos necesarios para su correcta climatización. Conseguir una temperatura idónea, evitar la condensación y reducir el calentamiento excesivo serán los principales objetivos de estos elementos. Los

problemas de una incorrecta climatización pueden estar causados tanto por las altas y bajas temperaturas. Las elevadas temperaturas, generadas en gran medida por el calor de los propios aparatos del interior del cuadro, pueden causar el calentamiento excesivo de los elementos y, posterior, su destrucción. Por otro lado, las bajas temperaturas pueden producir la formación de agua por condensación. (Juan Carlos Marín, 2011)

Dependiendo de las características del armario y el lugar donde esté instalado, la gestión de su temperatura puede realizarse de forma natural o forzada.

1.11.1 Climatización natural

Consiste en instalar adecuadamente elementos pasivos en el interior y paredes del armario, para conseguir la climatización por convección natural. De esta forma se logra la aireación y temperatura adecuada en el interior del cuadro, sin costosos aparatos auxiliares. La Figura 1.21 como ventila un armario de manera natural.

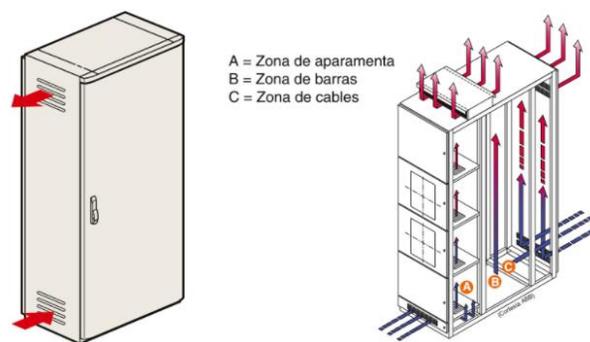


Figura 1.21 Climatización natural.

Ventanas y rejillas de ventilación

Se utilizan en todos los armarios que necesiten ventilación, tanto forzada como pasiva. Se colocan en caras opuestas para favorecer la ventilación natural. En la Figura 1.22 se muestran uno ejemplo de ventanillas para ventilación en armarios.

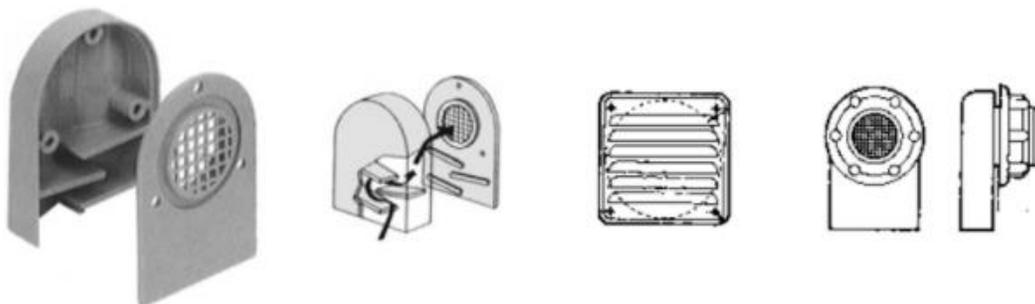


Figura 1.22 Ventanillas para ventilación pasiva en armarios.

Techo de ventilación

Mejora la ventilación natural o forzada del cuadro. Se instala sobre la parte superior del armario, apoyado directamente sobre la armadura. Si se desea aumentar el grado de protección IP, se ha de colocar un filtro entre el armario y el techo. La Figura 1.23 permite observar cómo es un techo de ventilación elevado en un gabinete.

Grado de protección IP: Es un estándar que ha sido desarrollado para calificar de una manera alfanumérica a equipos en función del nivel de protección que sus materiales le proporcionan contra la entrada de materiales extraños. Mediante la asignación de diferentes códigos numéricos, el grado de protección del equipo puede ser identificado de manera rápida y con facilidad.

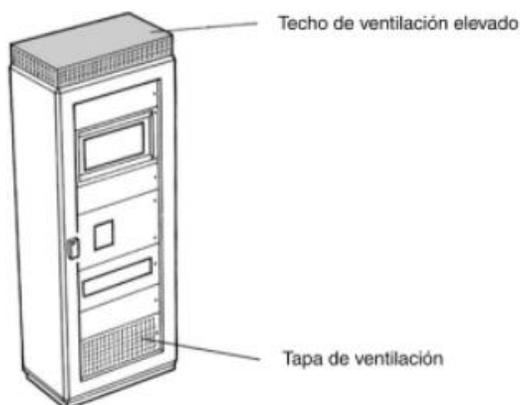


Figura 1.23 Techo de ventilación.

1.11.2 Climatización forzada

En aquellos armarios en los que la climatización por convección natural no sea suficiente, se debe utilizar la climatización forzada con elementos de tipo activo, que los diferentes fabricantes proponen para sus envolventes.

Resistencias calefactoras

Permiten elevar la temperatura del cuadro, evitando la condensación interior cuando la temperatura externa es muy baja.

Pueden ser de montaje horizontal o vertical, con aletas de aluminio o en forma de horquilla. Su alimentación se realiza en el interior del cuadro directamente a la red de 230V.

Ventiladores

Son necesarios en armarios cuya temperatura interior es elevada.

Termostatos

Regulan la temperatura interior del cuadro, gestionando el funcionamiento de las resistencias calefactores y/o ventiladores.

1.12 Circuit Breaker

Es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos. A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el problema que haya causado su disparo o desactivación automática. En la imagen 1.11 se muestra un ejemplo de circuit breaker.

1.12.1 Características

Los parámetros más importantes que definen un disyuntor son:

- **Calibre o corriente nominal:** corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo. Existen desde 5 hasta 64 amperios.
- **Tensión de trabajo:** tensión para la cual está diseñado el disyuntor. Existen monofásicos (110 – 220 V) y trifásicos (300 - 600 V).
- **Poder de corte:** intensidad máxima que el disyuntor puede interrumpir. Con mayores intensidades se pueden producir fenómenos de arcos eléctricos o la fusión y soldadura de materiales que impedirían la apertura del circuito.
- **Poder de cierre:** intensidad máxima que puede circular por el dispositivo al momento del cierre sin que éste sufra daños por choque eléctrico.
- **Número de polos:** número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor automático. Existen de uno, dos, tres y cuatro polos.

1.12.2 Tipos

Los disyuntores más comúnmente utilizados son los que trabajan con corrientes alternas, aunque existen también para corrientes continuas.

Los tipos más habituales son:

- Magnetotérmico.
- Magnético.
- Térmico.
- Guardamotor.



Imagen 1.11 Circuit Breaker.

Capítulo II Diseño

Se realizó el diseño mecánico, diagramas eléctricos de la estación engrasadora, así como los diagramas hidráulicos y neumáticos del equipo Nordson, para llegar a estos diseños se tuvieron que seguir una serie de pasos que se explican a continuación:

2.1 Diagramas eléctricos

Para poder realizar la instalación se tuvo que efectuar antes los diagramas eléctricos para saber la conexión que iba a llevar cada sensor, bobina, lámpara y controlador.

2.1.1 Conexión de 110

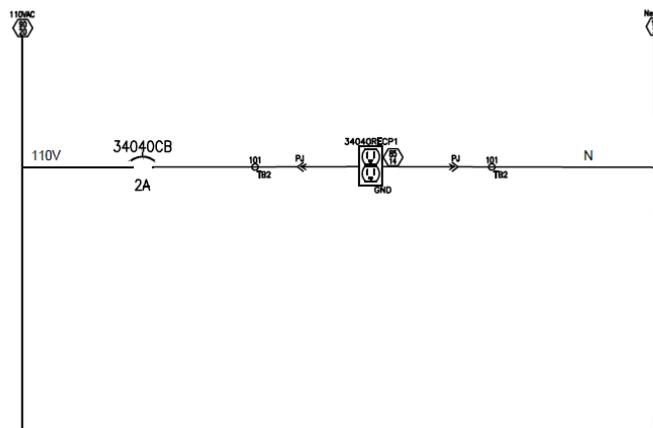


Imagen 2.1 Conexión 110V.

Como se muestra en la en la imagen 2.1, se conectó los 110V al circuit breaker a una terminal de la clavija y la otra punta se conectó a neutral. Estos 110V y neutral se suministran de planta.

Estas conexiones fueron hechas para el tablero que se realizó para la estación, ya que se necesitaba una conexión para el eliminador del controlador 7100.

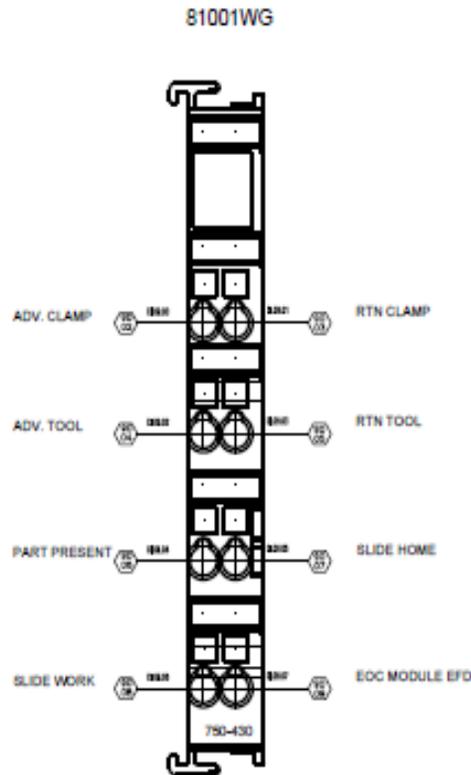


Imagen 2.3 Modulo entradas de 8 bits.

Como se muestra en la imagen 2.3, la primera entrada que empieza en el 0 va conectado al avance del clamp, este sensor es el encargado de monitorear que el clamp está arriba, por ende la mesa no se moverá de su lugar, de eso se encargará el pistón.

El segundo bit, tiene como valor al 1 el cual es el retorno del clamp, esto significa que indicará al pistón del clamp que se encuentra abajo y ya estará la mesa disponible para moverse.

El tercer bit con valor a 2, se encarga de hacer saber que el pistón, el cual contiene las válvulas dispensadoras está en posición baja, y así poder agregar la grasa al vanity (es el espejo con su base de las viseras de los carros).

El cuarto bit tiene como valor 3, se encarga de dar a conocer que el pistón, el cual contiene las válvulas dispensadoras está arriba.

El quinto bit con valor 4, es la parte presente, como su nombre lo dice detectará que haya una pieza presente y así, poder comenzar el proceso y no marcar error.

El sexto bit que tiene como valor 5, es la posición de casa (home), este sensor se encarga de indicar que está en posición para recibir la pieza y poder comenzar el proceso.

El séptimo bit con valor a 6, es la posición de trabajo, este sensor se encarga de indicar que está en posición de trabajo y poder realizar todo el proceso de aplicación de grasa.

El octavo bit tiene como valor 7, este se encarga de la retroalimentación entre el módulo y el PLC, y de indicar cuando se ponga la grasa, más adelante se presenta el diagrama de la conexión del diagrama para explicar cómo funcionan las entradas y salidas del EOC MODULE EFD (controlador 7100).

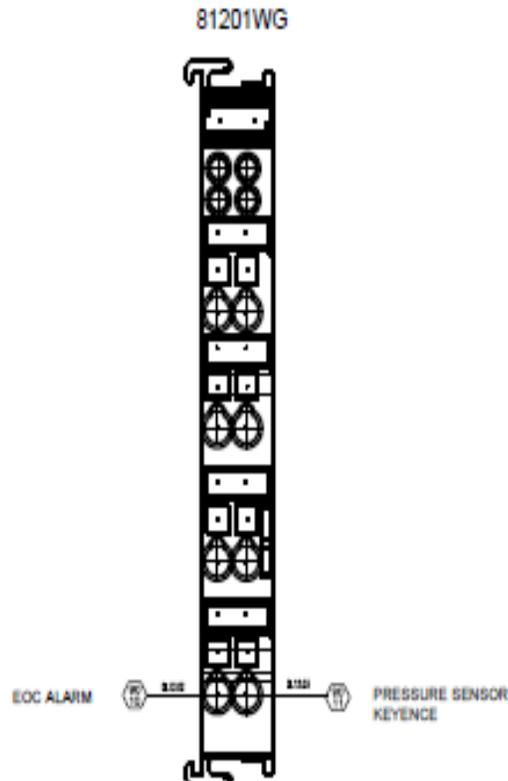


Imagen 2.4 Módulo entradas de 4 bits.

En la imagen 2.4 se muestra el segundo módulo de entradas que se agregó en el cual, solo se añadieron 2 señales las cuales se agregaron en los bits 3 y 4.

En el bit 3 se agregó el EOC ALARM este se encarga, como su nombre lo dice, de mandar las alarmas que detecte el módulo, para así saber las cosas que fallan en él.

En el bit 4 se puso el sensor Keyence el cual se encarga solo de monitorear que haya grasa disponible en el manifold.

En los módulos de salida, se tenían libre 3 bits por lo cual se agregó 1 más para así completar los 7 bits de salida que se ocupan.

En el que se agregó se conectó de la siguiente manera (imagen 2.5):

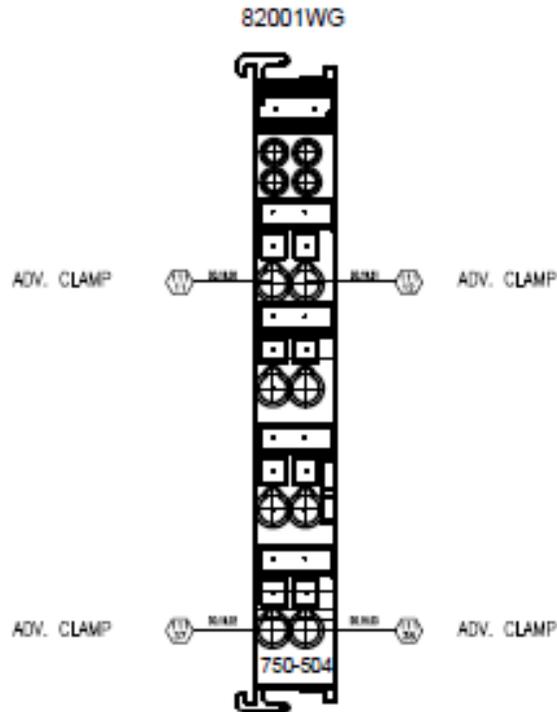


Imagen 2.5 Modulo salidas de 4 bits.

En el primer bit está conectado a la bobina que permite que avance hacia arriba el clamp, y así asegurar la posición de la mesa.

En el segundo bit está la bobina de retorno del clamp para que la mesa quede libre y se pueda remover la pieza.

En el tercero esta la bobina del pistón, que permite que los dispensadores se pongan en posición para añadir la grasa.

En el cuarto está la bobina del retorno de este pistón, el cual hace que los dispensadores se queden arriba y evita que dañe la estación.

A continuación, en la imagen 2.6 se aprecia la conexión del módulo el cual tenía espacio libre:

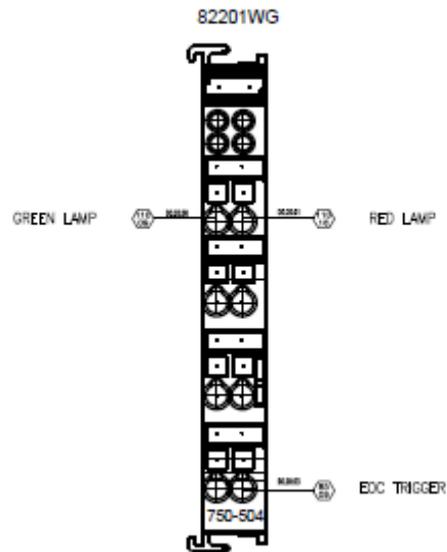


Imagen 2.6 Modulo salida 4 bits.

De los 3 bits disponibles, dos de ellos se usaron para conectar 2 opciones de las 3 disponibles en la lámpara indicadora.

La primera opción se conectó en el bit 3 del módulo, al cual se conectó la luz verde, esta va a indicar que todo está funcionando como se debe.

La segunda opción se conectó en el bit 4 del módulo, en donde se conectó la luz roja la cual va a indicar si la máquina tiene alguna falla.

El último bit disponible es el cuarto del slot 15, este va a dispensar la grasa del controlador 7100 y se activa conectándoles 5 a 24 VDC.

2.1.3 Conexión controlador 7100

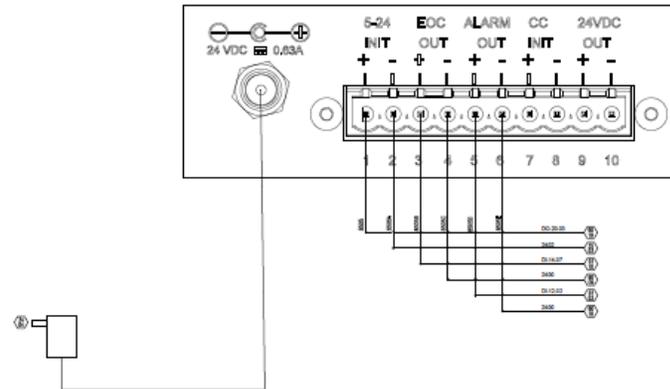


Imagen 2.7 Controlador 7100.

Como se puede observar (imagen 2.7) la conexión del controlador para lograr su óptimo funcionamiento. Como se explicó con anterioridad el módulo se activa con 24VDC, por ello se puso una clavija en el tablero para que se pueda conectar ahí este módulo. También se puede observar que se conectaron 2 salidas y 1 entrada del controlador 7100, por ende, en los módulos de entradas y salidas de PLC se conectaron 2 entradas y 1 salida.

- En la entrada del controlador (5-24 Volts) su positivo se conectó al módulo de salidas que se explicó anteriormente, y el negativo se conectó a 0 volts.
- La salida del controlador (EOC FEEDBACK) su positivo se conectó al módulo de entradas y el negativo se conectó a 24 volts.
- La salida del controlador (ALARM) su positivo se conectó al módulo de entradas y el negativo se conectó a 24 volts.

2.1.4 Harting

El harting son conectores macho y hembra lo cual permite conectar y desconectar el cable cuando se use o se necesite mover y conectar en otro lado.

Para enlazar la estación con el PLC que ya está en planta fue necesario poner un harting, el cual va a ayudar en esto. En la conexión del harting se hicieron las siguientes conexiones (Imagen 2.8).

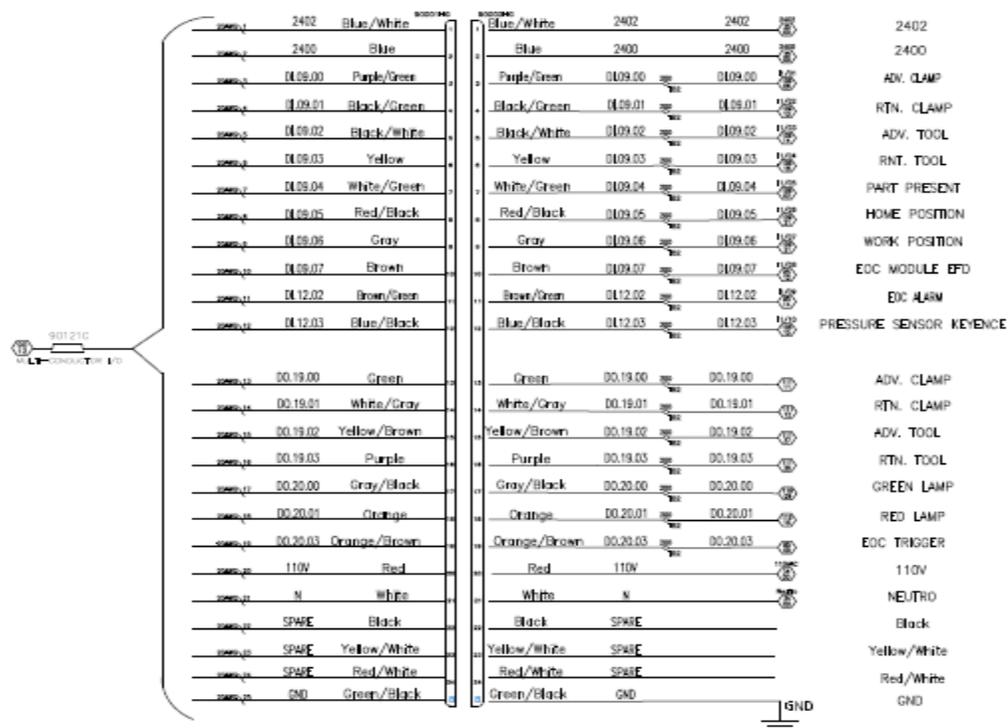


Imagen 2.8 Conexión harting.

Como ya se explicó con anterioridad y como se muestra en la imagen, todas las señales para los módulos de entrada y salida, la conexión de tierra, 0 volts, 24 volts, neutro y 110 volts son mandados por este cable para llegar a su destino y poder enlazar esta estación con la línea, como se puede observar también se dejaron 3 pines libres para que en un futuro puedan conectar lo que necesiten y se puedan

comunicar con cualquier sensor que se quiera agregar en la engrasadora con el PLC de la línea.

También se agregó tierra física en este cable el cual se va a conectar a las clemas de tierra que hay en ambos tableros.

2.1.5 Sensor Keyence

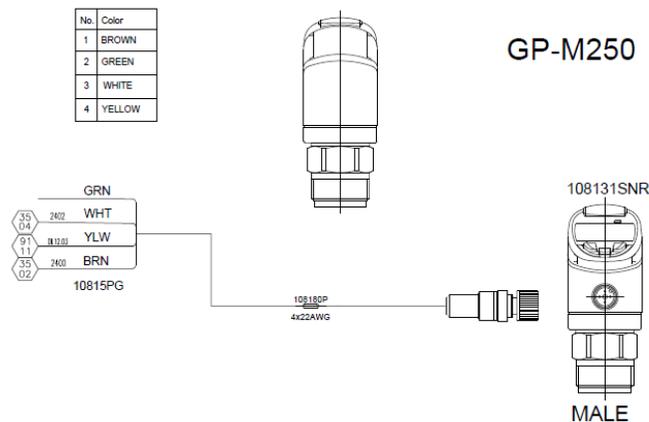


Imagen 2.9 Conexión Keyence.

Como se aprecia (imagen 2.9) este sensor tiene un cable de 4 hilos de los cuales solo se usaron 3, ya que solo se tuvo la necesidad de usar una salida y no las 2 que tiene el sensor. Los otros 2 cables son para alimentación del sensor.

De las 2 señales que se utilizan para las 2 salidas que tiene el sensor, las cuales se representan físicamente en forma de indicadores que van a mandar la señal de que todo está bien, se conectó la salida 1 del sensor, la cual es la señal que permite que encienda el indicador más grande de este sensor.

2.1.6 Lámpara banner

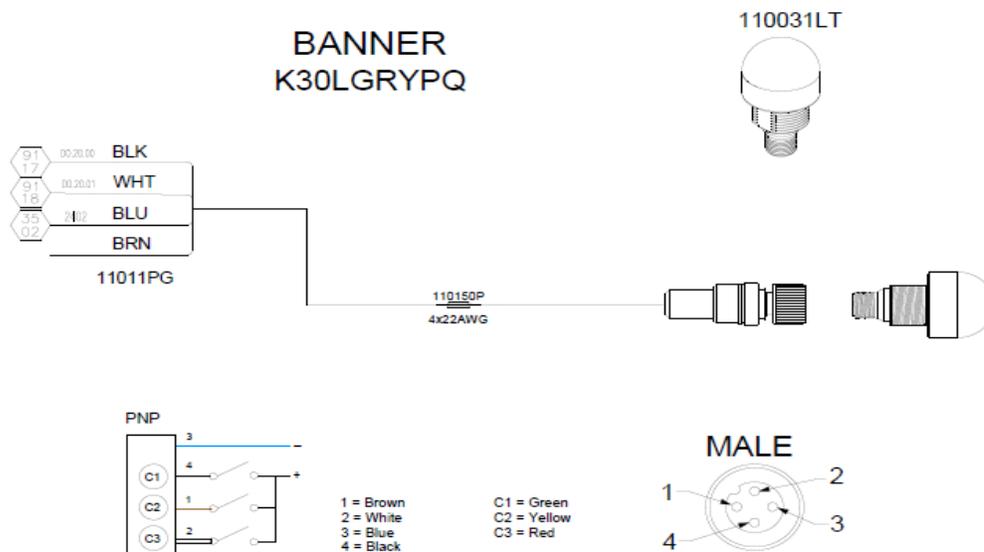


Imagen 2.10 Conexión banner.

En la imagen 2.10 se puede apreciar como el cable de la lámpara banner es de 4 hilos, en el cual un cable es 0 volts y los otros 3 son los diferentes colores que tiene la lámpara indicadora.

- El cable negro es el indicador de color verde.
- El cable blanco es el indicador de color rojo.
- El cable café es el indicador de color ámbar.

Como se puede observar se conectaron el color verde y el rojo, el verde es el que indica que todo está en orden y puede seguir el proceso, al rojo se le dio la tarea de indicar al operador que hay un error y es necesario presionar el botón de reset, ya que algo está mal.

2.1.7 Conexión pistones

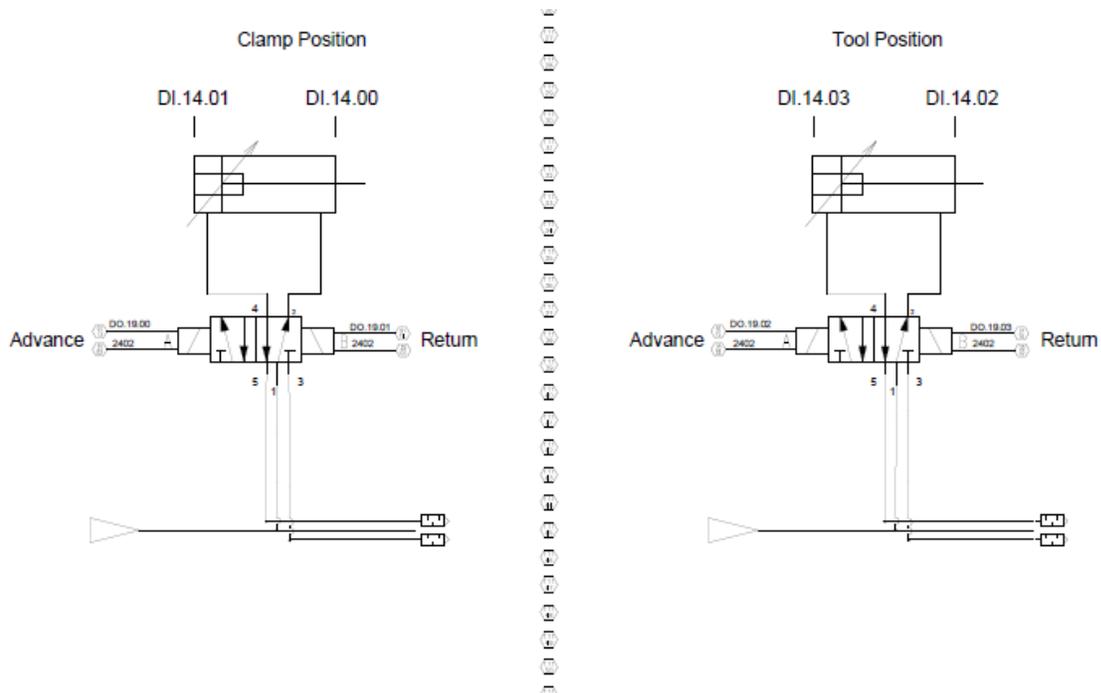


Imagen 2.11 Conexión pistones.

Como se puede observar (imagen 2.11) el diagrama ilustra la manera de conectar las electroválvulas, así como la conexión neumática de los pistones.

En las electroválvulas se conectó una salida del PLC y el otro lado de la bobina se conectó 0 volts. Se puede apreciar también la posición de los sensores y por ende cuando se van a activar.

2.1.8 Conexión sensores

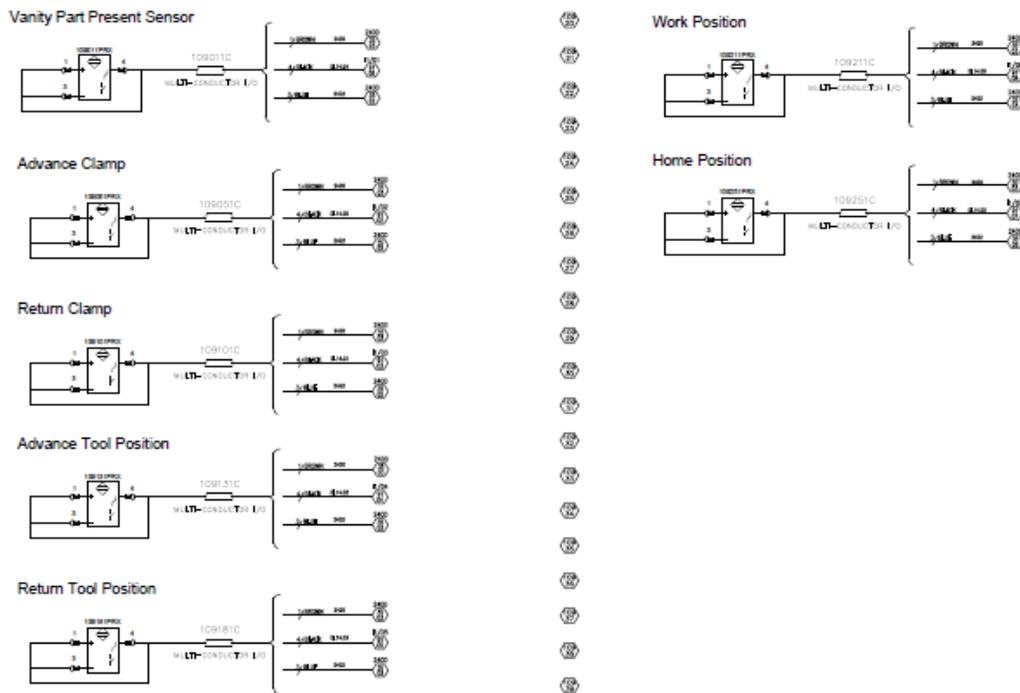


Imagen 2.12 Conexión sensores.

Se puede apreciar la conexión de los sensores (Imagen 2.12) que tiene la engrasadora los cuales se separaron por colores para referenciarlos mejor, ya que esta conexión es muy importante.

2.1.9 Diagrama hidráulico y neumático del equipo EFD

Para saber de este tipo de conexión se tuvo que hacer una investigación de

manuales y unos detalles con el proveedor para poder entender y saber cómo va la conexión. A continuación, se muestra el diagrama (Imagen 2.13):

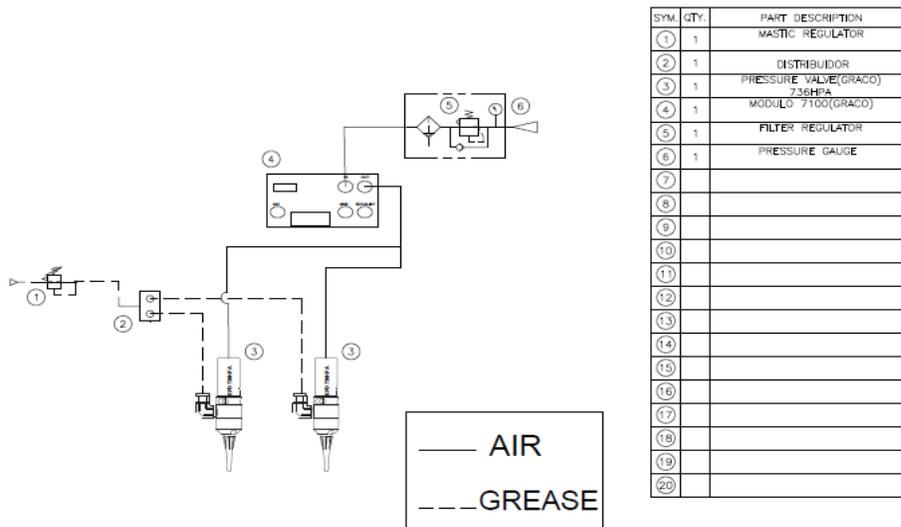


Imagen 2.13 conexión hidráulica y neumática equipo EFD.

En este diagrama se puede observar la conexión que tienen las válvulas junto al módulo, así como los componentes que se usaron.

Para esto se conectó la bomba al mastic regulator, el cual es el regulador de la grasa que se usará, este está conectado al manifold junto a los dispensadores de grasa hablando de la hidráulica que está manejando en la estación.

En la neumática se puso un filtro para evitar que llegue agua al controlador del aire que la empresa suministra, y a la salida del controlador irá conectado a los dispensadores.

2.2 Partes de la estación

Para entender mejor las conexiones y cómo funciona la estación es necesario explicar algunas piezas que se pusieron. En la imagen 2.14 se pondrá la estación.

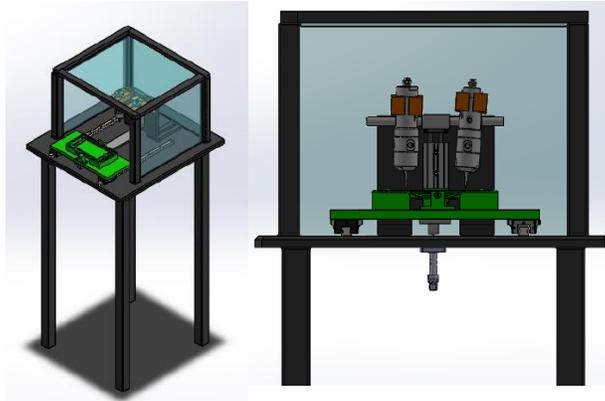


Imagen 2.14 Estación engrasadora.

En la imagen 2.15 se puede observar la mesa de trabajo, los rieles que permitirán el movimiento de la pieza en ella, también se puede apreciar el 'nido' esta parte de la engrasadora es donde se pone la pieza a realizar, esta se puede ver en color verde.

Hay que señalar que todos los componentes que se mueven para el cambio de posición work y home se les conoce también como cajonera, ya que la engrasadora está cubierta completamente de acrílico lo que permite ver el conjunto de componentes, en el cual se quitan y ponen las piezas, de manera de una cajonera.

También algo que se puede notar es la solera de aluminio la cual ya tiene las perforaciones para dar la posición de work y así, el pistón que se encuentra en la parte de inferior pueda asegurar esta posición.

En estas imágenes también se puede apreciar la posición de los dispensadores de grasa que se usaran, así como los brackets de los dispensadores los cuales sujetan a estos en la posición óptima para realizar su tarea.

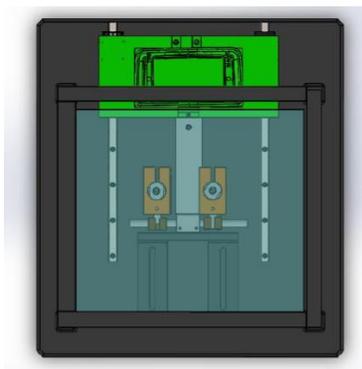


Imagen 2.15 Mesa completa.

En la imagen 2.16 se puede apreciar la pieza en la cual se trabajará y se deberá poner en el nido para el proceso de engrasado. También en esta imagen se puede observar el lugar en el cual se pondrá la grasa que el cliente requiere, al mismo tiempo los 2 orificios en las orillas donde embonará el vanity al nido y así, no permitir que se mueva esta pieza.



Imagen 2.16 Vanity.

Capítulo III Automatización

3.1 Añadir WAGOS

Para agregar los módulos de entradas y salidas se tuvo que ir a la empresa para revisar los bits disponibles en los módulos que están en el rack y así, observar si se necesitan agregar más o no. A continuación, se plasma la imagen del estado de los WAGOS como los tiene la planta (imagen 3.1):

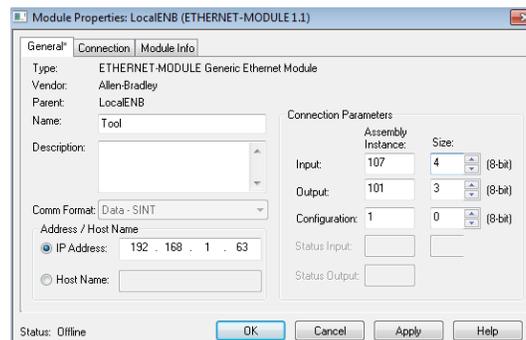


Imagen 3.1 Cantidad de bits.

En la imagen anterior se puede corroborar que no hay bits disponibles en los módulos de entrada por lo cual para poder conectar las 10 entradas se tiene que agregar 1 modulo con 8 bits y otro con 4 por ende, se dejaran 2 bits libres para la empresa.

También se puede apreciar que se necesitan 7 salidas de las cuales como se puede observar se tiene 3 disponibles, ya que los que se encuentran libres en el slot tiene 4 físicamente pero este módulo es de 2 bits nada más.

Por ello se necesita agregar un WAGO de 4 bits disponibles para completar los 7 que se necesitan, con esto ya se tienen cubiertas las entradas y salidas de la estación.

Después se necesitó contar los módulos ya que cada 8 bits es un byte por ende la cantidad de byte que se va a necesitar de entradas y salidas se tiene que agregar en el PLC, por ello como se aprecia en la imagen 3.2 ya con los módulos agregados se tiene lo siguiente:

- Módulos de entradas de 4 bits se tiene 9 y también se tiene 1 de 8 bits, por lo cual en bytes se usarán 6 bytes.
- Módulos de salidas de 4 bits se tienen 6 por lo cual en bytes se usarán 3.

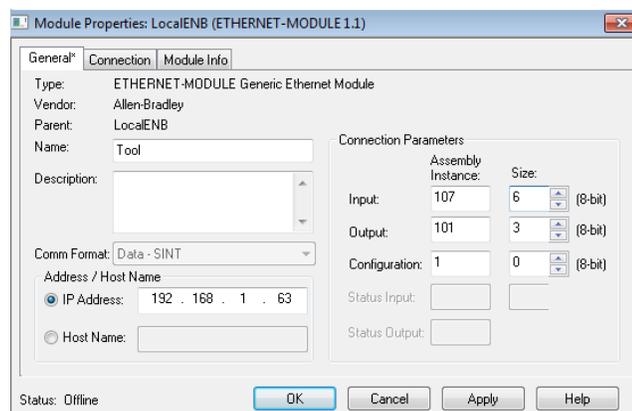


Imagen 3.2 Cantidad de bits actualizados.

A continuación (imagen 3.3) se muestra paso por paso como se agregan los bytes al PLC. Se tiene que tener en cuenta que no se pueden agregar más de los que en realidad están conectados, de otra manera se irán a falla los WAGOS, hasta que se cambien los bytes o se agreguen más módulos físicos.

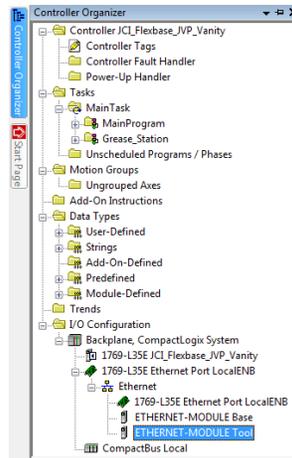


Imagen 3.3 Paso para agregar bytes.

Es importante resaltar que son módulos digitales, por ello se van agregando así los módulos y no afecta en la enumeración de los bits ya que de igual manera aparecerán así en el controller tags (imagen 3.4) del programa. Pero si se hubiera agregado un analógico no importa la posición que se ponga en el rack, ya que tomará el valor del primer byte por lo cual, en el controller tags se recorrería todo un byte, y si se tuvieran ya las entradas referenciadas cambiaría, por ello se tendrá que volver a referenciar de manera manual cada entrada.

-	Tool1.Data	{...}	{...}	Decimal	SINT[S]			
+	Tool1.Data[0]		57	Decimal	SINT			
+	Tool1.Data[1]		53	Decimal	SINT			
+	Tool1.Data[2]		48	Decimal	SINT			
+	Tool1.Data[3]		64	Decimal	SINT			
+	Tool1.Data[4]		-86	Decimal	SINT			
+	Tool1.Data[5]		4	Decimal	SINT			

Imagen 3.4 Los 6 bytes de inputs que se agregaron.

3.2 Programa PLC y HMI

Se comenzará explicando el programa que se creó en el PLC y las cosas que se

tuvieron que cambiar al momento de entregar la máquina, ya que se estuvo cambiando las especificaciones por parte del cliente.

3.2.1 Mapping entradas

A continuación, se agrega la imagen 3.5 en donde se demuestra lo primero que se realizó para iniciar con la programación:



Imagen 3.5 Mapping señales de entrada.

En la imagen 3.5 se muestran las 10 entradas que se agregaron y la bobina que se ligara a ese sensor. Se empezará a explicar que nombre se le dio al sensor conforme se dio de alta, así como la bobina que es la que se activará al cumplirse la acción.

El primer sensor se llama 'Tool: I. Data [5].2' el cual, es la entrada de 'Grease EFD Fault', este contacto lo que hace es indicar que la grasa pasó satisfactoriamente.

El segundo sensor que aparece se llama 'Tool: I. Data [5].3' el cual, es la entrada 'Grease_Pressure_OK', este contacto es el sensor del Keyence y se activará cuando este la grasa en los parámetros que se le pusieron.

El tercer sensor se llama 'Tool:I.Data[4].0', este contacto activa a la bobina 'Grease_Station_Clamp.Extend_Input', este sensor se encargará de indicar cuando la mesa se encuentre en posición de home y no se pueda mover la cajonera porque el pistón no lo permitirá, es decir que esta lista para quitar la pieza que ya se procesó o para agregar un nuevo vanity.

El cuarto sensor que aparece en la imagen es el 'Tool:I.Data[4].1' este contacto es la entrada de 'Grease_Station_Clamp.Retract_Input', dicho sensor indicará cuando el pistón de la posición home esta abajo y por ende permitirá mover la cajonera a posición de trabajo y así, ponerle grasa al vanity.

El quinto sensor es el 'Tool:I.Data[4].3' este contacto permite activar 'Grease_Station_Tool.Retract_Input', dicho sensor se encargará de indicar que el pistón se encuentra en posición de espera para poder dispensar grasa.

El sexto sensor que se muestra es el 'Tool:I.Data[4].2' este contacto es la entrada de 'Grease_Station_Tool.Extend_Input', dicho sensor indicará cuando el pistón de los dispensadores esté en posición para inyectar grasa en el vanity.

El séptimo sensor se llama 'Tool:I.Data[4].4' este contacto hace es la 'Grease_Station_Auto_Sequence.Part_Present', dicho sensor se encargará de detectar que se ponga un vanity en el nido.

El octavo sensor es el 'Tool:I.Data[4].5' este contacto se encargará de 'Grease_Station_Auto_Sequence.SlideHomePosition', indicará cuando la cajonera se encuentra en la posición home que permite el quitar vanity o poner uno nuevo.

El noveno sensor que se puede apreciar es el 'Tool:I.Data[4].6' este contacto hace referencia 'Grease_Station_Auto_Sequence.SlideWorkPosition', este avisa cuando la cajonera se encuentra en la posición de work y por ello se le está dispensando grasa.

El décimo sensor se llama 'Tool:I.Data[4].7' este contacto es la entrada de 'EFD_Cycle_Complete', este es un pulso que mando el controlador 7100 al PLC lo cual interpreta que ya se le inyectó la grasa al vanity.

3.2.2 Mapping salidas

En la imagen 3.6 se podrá observar el cómo están las bobinas con la referencia de salidas que los WAGOS le dan al PLC, y están los contactos que encenderán esta bobina.



Imagen 3.6 Mapping señales de salida.

La primera salida es 'Tool:O.Data[0].0' su contacto que lo activará es el 'Grease_Station_Auto_Sequence.GreenIndicator', el cual se activa cuando se necesite encender el color verde de la lámpara banner.

La segunda salida es 'Tool:O.Data[0].1' el contacto que lo va a activar es el 'Grease_Station_Auto_Sequence.RedIndicator', este se activará cuando haya una falla y se necesita indicarla, con esto se enciende el color rojo de la lámpara.

La tercera salida es 'Tool:O.Data[1].7' esta bobina tiene 2 contactos que están en 'AND', esta configuración es muy utilizada para ofrecer seguridad al sistema por esto se le agrego 'Grease_Station_Machine_Fault', este contacto se puso cerrado para que cuando se active no permita que se encienda la bobina y así, evitar que la máquina se mueva, esta bobina su contacto es el de 'Grease_Station_Auto_Sequence.ApplyGrease' este activará la bobina para que pueda inyectar grasa.

La cuarta salida es 'Tool:O.Data[2].1' esta bobina tiene 2 contactos que están en 'AND' lo que es por seguridad por eso se le agrego 'Grease_Station_Machine_Fault', este contacto se puso cerrado para que cuando se active no permita que se encienda la bobina y así, evitar que la máquina se mueva, tiene el otro contacto que es el 'Grease_Station_Clamp.Extended' hace que el pistón se extienda y permita que la cajonera se quede en posición home.

La quinta salida es 'Tool:O.Data[2].0' esta bobina tiene 2 contactos que están en 'AND' lo que es por seguridad por eso se le agrego 'Grease_Station_Machine_Fault', este contacto se puso cerrado para que cuando se active no permita que se encienda la bobina y así, evitar que la máquina se mueva, el otro contacto es el 'Grease_Station_Clamp.Retracted', este hace que el pistón se retraiga para que la cajonera quede libre y se pueda mover.

La sexta salida es 'Tool:O.Data[2].2' esta bobina tiene 2 contactos que están en 'AND' lo que es por seguridad por eso se le agrego 'Grease_Station_Machine_Fault', este contacto se puso cerrado para que cuando se active no permita que se encienda la bobina y así, evitar que la máquina se mueva, el otro contacto es el 'Grease_Station_Tool.Retracted', es el que eleva los dispensadores de grasa después de que ponga grasa y se mantenga arriba si no se está usando.

La séptima salida es 'Tool:O.Data[2].3' esta bobina tiene 2 contactos que están en 'AND' lo que es por seguridad por eso se le agrego 'Grease_Station_Machine_Fault', este contacto se puso cerrado para que cuando se active no permita que se encienda la bobina y así, evitar que la máquina se mueva, el otro contacto es el 'Grease_Station_Tool.Extended', es el que baja los dispensadores para que pongan la grasa que se necesita.

3.2.3 Programa PLC

En este apartado se explica el programa, en el cual se muestra línea por línea de cómo se realizó y que fue lo que se tuvo que cambiar. También en casi todas las líneas se pone un auto enlace de la bobina para que no se desactive la bobina y se pierda la señal.

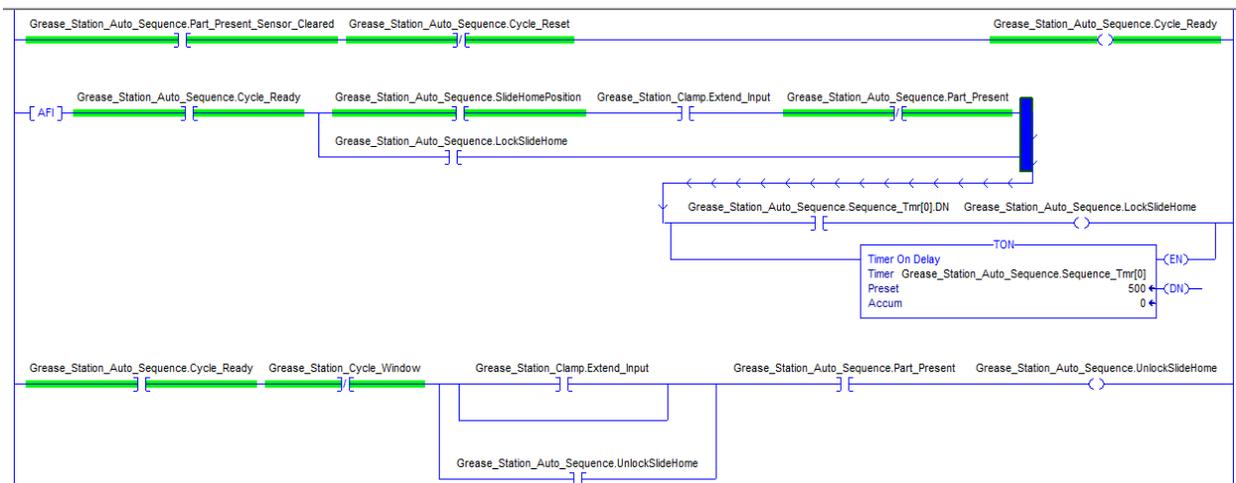


Imagen 3.7 Líneas del programa 0-2.

Estas líneas (imagen 3.7) son el comienzo del programa por lo cual se empezó con las condiciones que son el esperar que esté limpio el sistema y el ciclo, eso activará la bobina de que el ciclo está listo.

En la siguiente línea se pusieron las siguientes tareas antes de llegar a la bobina:

- El Ciclo está listo y esto lo da una acción antes.
- El sensor debe detectar que la cajonera se encuentre en posición home.
- El pistón debe estar extendido y con este no debe dejar mover la cajonera.
- No se debe encontrar ninguna parte presente.
- Va a retener 500 ms la señal para poder activar la bobina.

Como se puede observar en las anteriores condiciones se puso una acción

que se llama 'AFI', está acción desactiva toda la línea y se la brinca, esto se realizó porque el cliente ya no vio necesario que se bloquee cuando llegue a posición de home.

En la siguiente línea se pusieron las siguientes condiciones:

- El ciclo está listo y esto lo dio la primera línea, se usó este porque la segunda al quedar inhabilitada se tuvo que hacer referencia.
- Se puso una ventana la cual se explicará más adelante su funcionamiento.
- El sensor del pistón debe detectar que está extendido, el cual como el cliente no vio necesario que se bloqueara en posición de home por lo que se le tuvo que instalar un bypass.
- Se tiene que detectar una parte presente.

Con esto se activa la bobina de desbloqueo en la posición home, se podría quitar esta instrucción también, pero es necesario confirmar que se tiene la parte presente y así continuar con el proceso. También se dejaron porque no se sabe si el cliente en un futuro requiera o quiera cambiar el proceso a como se tenía anteriormente.

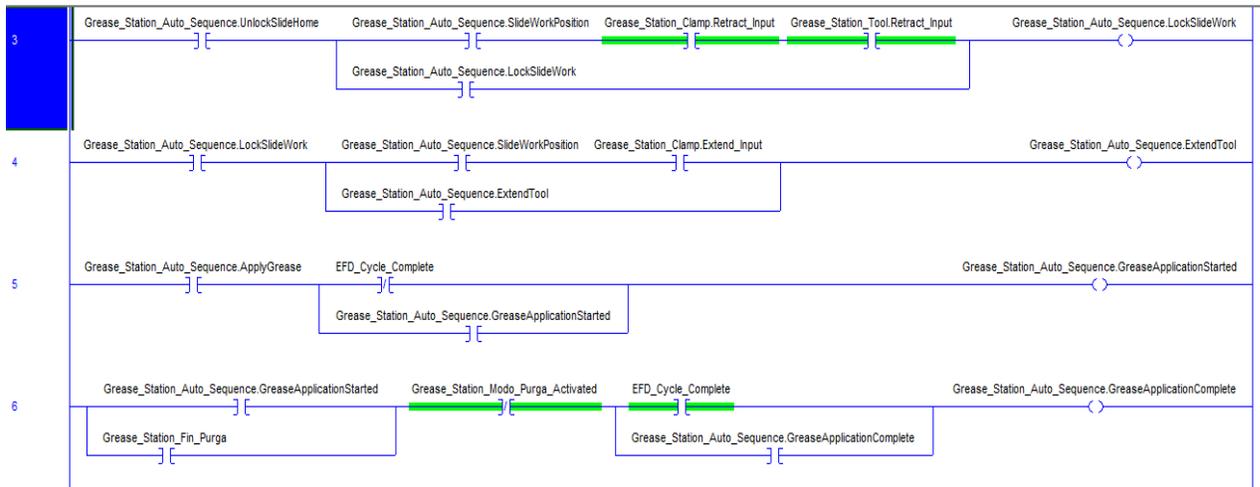


Imagen 3.8 Líneas del programa 3-6.

En la imagen 3.8 se muestran las siguientes 4 líneas del código de programación.

En la línea 3 se pusieron las siguientes tareas antes de llegar a la bobina:

- Debe estar desbloqueado la posición home.
- Debe detectar el sensor en posición de work.
- El sensor del pistón de los dispensadores debe indicar que los dispensadores están levantados y no habrá problemas al recorrer la cajonera.

Una vez que se cumplan todas se activará la bobina la cual señalará que ya se bloqueó en posición de work la cajonera.

En la línea 4 las condiciones son las siguientes:

- Debe estar activada la bobina de bloqueo en la posición de work.
- Debe estar en posición de work.
- Se debe activar el sensor que notifique que el pistón está extendido y así, no permita que la cajonera se pueda mover de su lugar.

Lo anterior activará la bobina la cual indicará que el pistón de los dispensadores está en posición para dispensar grasa.

En la línea 5 se usaron las siguientes condiciones:

- Debe esperar a que el controlador EFD le mande un pulso de que ya dispense la grasa en el vanity.
- También se puso el contacto normalmente cerrado del pulso que manda el controlador cuando acaba de dispensar la grasa, se puso cerrado para que active la bobina cuando está en proceso para así darle un poco más de tiempo al controlador de que mande los 2 pulsos al PLC.

Esto activará la bobina la cual especificará el inicio de la aplicación de la grasa al vanity.

En la línea 6 se pusieron los siguientes contactos:

- Debe estar activada de bobina pasada la cual ayudará al contacto de inicio de aplicación de grasa activarse.
- En 'OR' con el contacto de inicio de purga.
- También se tiene el contacto que se activa cuando la purga activada.
- Se tiene el contacto el cual es el pulso del controlador el cual indicará cuando el ciclo de poner grasa se ha completado.

Esto permitirá que se active la bobina que hará ver que la aplicación de grasa está completa.

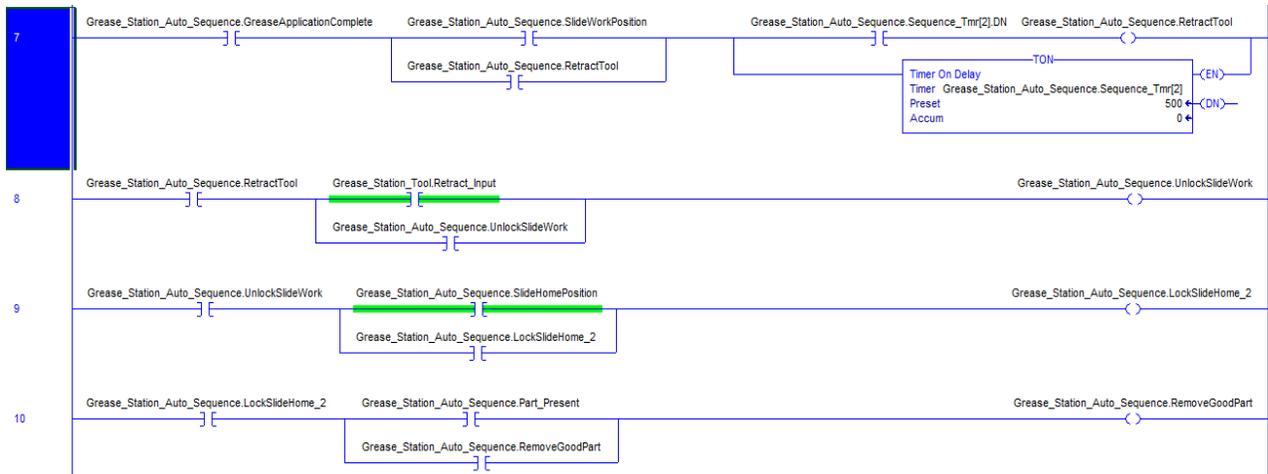


Imagen 3.9 Líneas del programa 7-10.

En la imagen 3.9 se puede apreciar la continuación del código.

En la línea 7 se pusieron las siguientes condiciones:

- Se debe activar el contacto que va a hacer referencia que la aplicación de grasa está completa.
- Si detecta el sensor que está en la posición de work.
- Se debe completar el contador que se le puso el cual es de 500ms, este contador se instaló para que dé tiempo a que salga toda la grasa del dispensador y no salga hacia arriba por culpa de la elevación de los dispensadores.
- Una vez que el contador se realice, va a permitir que se active la bobina la cual va a retraer el pistón de los dispensadores lo cual permitirá que el camino para la cajonera este libre.

En la línea 8 se tiene lo siguiente:

- Se tiene que esperar que el pistón de los dispensadores se retraiga.
- Con esto espera que no lo notifique el sensor.

Una vez que se cumplan estas 2 condiciones se va a proseguir a encender la bobina la cual va a hacer que el pistón que mantiene a la cajonera en posición de work se retraiga y con esto permitir el movimiento libre de está.

Las condiciones de la línea 9 son:

- Tiene que estar el pistón que mantiene la posición en work retraído.
- El sensor detecta que la cajonera este en posición de home.

Estas 2 condiciones permitirán que se active la bobina que dejará que el pistón se extienda y así, se bloquee en posición de home. El cual más adelante se podrá observar que tiene un 'AFI' y por eso no se bloquea.

En la línea 10 las condiciones que se usaron son:

- Debe activarse la bobina que hace referencia que el pistón en posición de home se extendió.
- El sensor capacitivo debe detectar a la pieza presente.

Estás condiciones activarán la bobina la cual avisa que se puede remover la parte ya terminada.

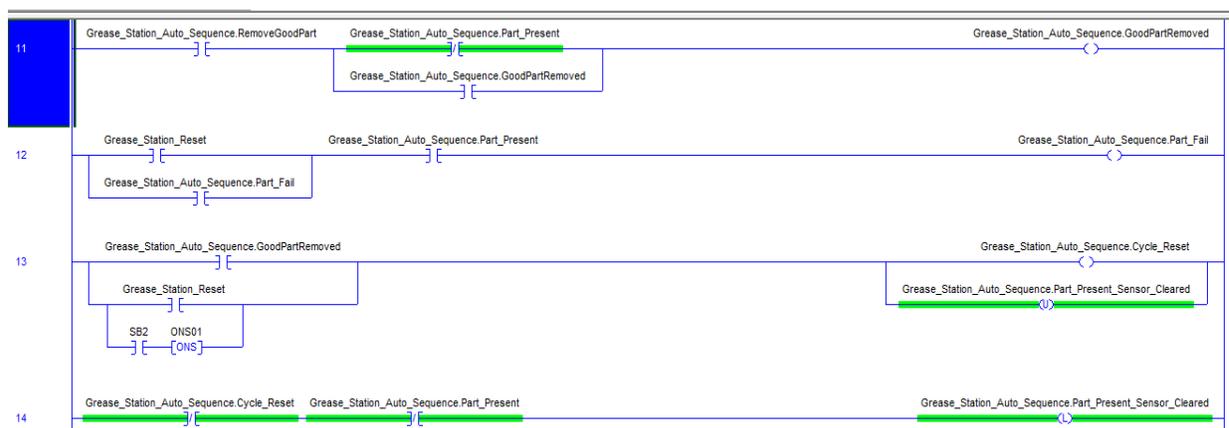


Imagen 3.10 Líneas del programa 11-14.

En la imagen 3.10 se puede observar las siguientes 4 líneas del código.

En la línea 11 solo se pusieron 2 condiciones las cuales son las siguientes:

- Tiene que estar activada la bobina de remover parte buena, para que su contacto se active y pueda permitir que se realice la línea de código.
- La siguiente condición debe seguir detectando la parte presente.

Una vez que estas 2 condiciones se tengan realizadas, se activará la bobina la cual se encenderá cuando el usuario de la máquina quite la pieza del nido.

En la línea 12 al igual que en la anterior solo se necesitaron poner 2 condiciones.

- Se puso el contacto de reset el cual permitirá volver los instrumentos a una posición segura para poder remover la pieza.
- Se debe detectar que hay pieza la cual se debe quitar.

Al realizarse estas condiciones dañada y por ende tiene que ser rechazada. Se activará la bobina la cual es que la pieza está

En la línea 13 las condiciones que se usaron son:

Se pusieron unas condiciones en 'OR' se explicarán a continuación estas condiciones.

- La primera 'OR' es el que se haya removido el vanity del nido.
- Se le agrego también el botón del reset para que aquí como en la línea pasada funcione en ambos.
- Se le puso en la última 'OR' dos contactores en posición de 'AND' las cuales solo se pusieron para hacer un reset forzándolo y un 'ONS' que es una herramienta de allen bradley el cual permite que solo mande un pulso ascendente en esa parte.

Al cumplirse esto se activarán unas bobinas las cuales son:

- Es el comienzo del ciclo del reset.

- Es el unlatch de la bobina, que avisa que está limpia la parte presente.

En la línea 14 se usaron:

- El contacto del ciclo del reset se tuvo que activar una línea arriba.
- Se agregó también un contacto normalmente cerrado la cual avisa que si tiene una parte presente no se podrá activar la bobina.

Es el latch de la bobina, la cual activa que está limpia la parte presente.

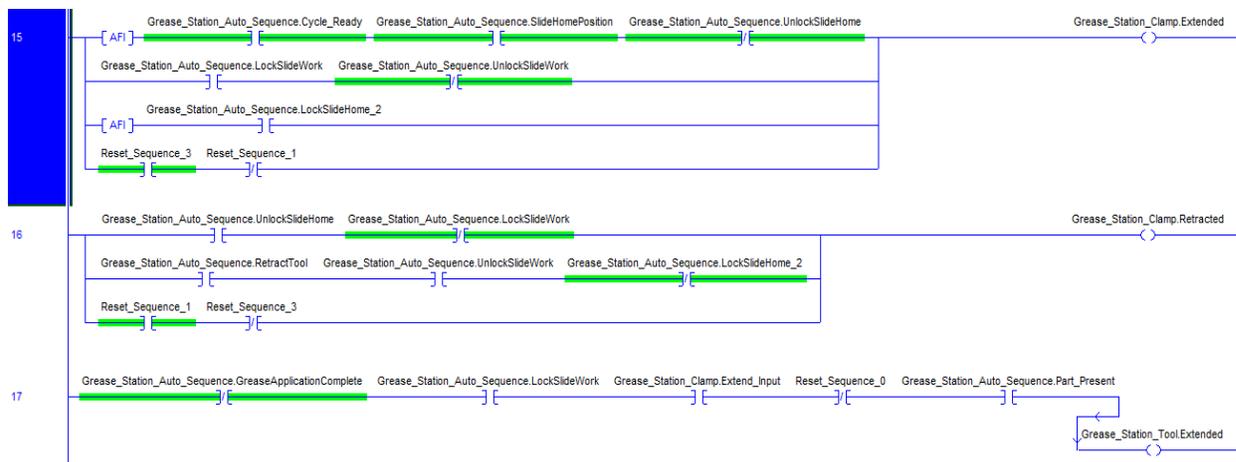


Imagen 3.11 Líneas del programa 15-17.

En la imagen anterior (imagen 3.11) se muestra las siguientes líneas del programa.

En la línea 15 se pusieron 4 diferentes condiciones de las cuales hay 2 condiciones que están con la condición 'AFI' las cuales están relacionadas con el bloqueo en posición home. A continuación, se explicarán las condiciones:

- En la primera línea se tiene un 'AFI', lo cual indica que esta línea no está disponible. Las condiciones que se usaron en esta línea son: tiene que estar activado la bobina que avisa que el ciclo está listo, el sensor en posición

home tiene que detectar, tiene un contacto normalmente cerrado el cual avisa que no está extendido el pistón en posición home, de otra manera este contacto no se hará.

- La siguiente condición que se encuentra en posición 'OR' sus contactos indican que tiene que estar activada la bobina, el pistón debe estar extendido en la posición work, el otro contacto es normalmente cerrado el cual se puso solo para asegurar la posición, este indicará que está desactivada la bobina que indica que el pistón debe estar retraído. De otra manera esta condición no se puede hacer.
- La tercera condición también posee un 'AFI' la cual solo se activará si la bobina que avisa cuando la cajonera llega por segunda vez a la posición de home, esta con el pistón extendido y así, poder sacar la pieza terminada.
- En la 4 condición para poder activar la bobina son los reset para cuando se necesite poner la máquina en una posición segura y así, poder retirar el vanity. En el cual el reset 3 le hace referencia al pistón extendido y el contacto normalmente cerrado es el pistón retraído.

La bobina que se activará cuando alguna de estas condiciones se haga es el pistón extraído el cual permite bloquear la cajonera en posición de home y work.

En la línea 16 se pusieron 3 condiciones en 'OR' las cuales son:

- En la primera condición se usaron 2 contactos, en la cual se está esperando que la bobina que hace referencia con el pistón de la cajonera este retraído. Y tiene un contacto normalmente cerrado, la bobina que hace referencia que el pistón se encuentra extraído.
- La siguiente condición especifica que se necesita el pistón que contiene los dispensadores debe estar retraído, debe estar el pistón que da la posición retraído en la posición work y tiene otra que esta normalmente cerrada a la cual le llega la notificación de que el pistón está extraído en la posición home.
- En la tercera condición para poder activar la bobina son los reset para cuando se necesite poner la máquina en una posición segura y así, poder retirar el

vanity. El reset 1 le hace referencia al pistón retraído y el contacto normalmente cerrado es el pistón extraído.

Si alguna de estas condiciones se cumple permitirá que se active la bobina que permite que el pistón de posición se retraiga.

En la última línea de la imagen, se tiene una condición y es la siguiente:

- Hay un contacto normalmente cerrado que reaccionará cuando se complete la aplicación de grasa, debe estar con el pistón de posición extendido, hay uno normalmente cerrado el cual es del reset y debe haber en el nido una parte presente.

Una vez que cumpla con la condición se activará la bobina, esta extraerá el pistón que contiene los dispensadores.

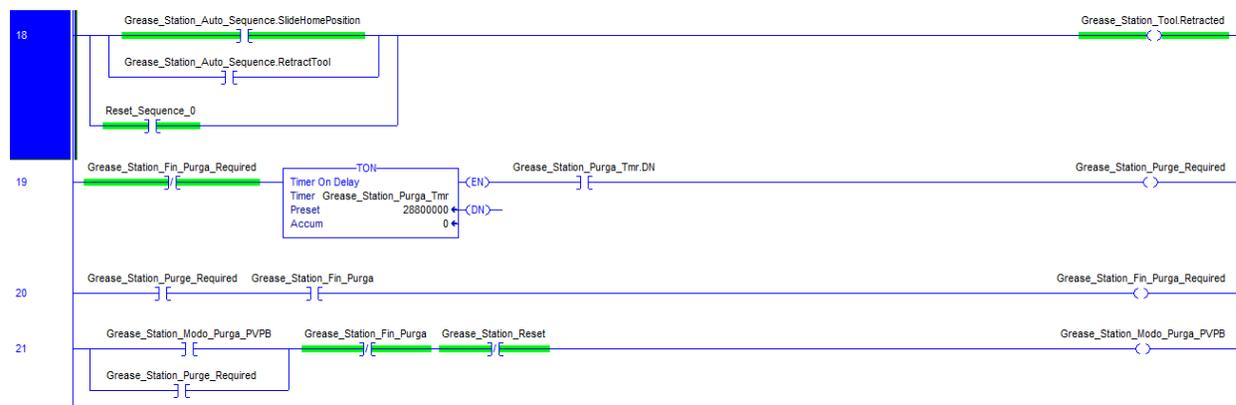


Imagen 3.12 Líneas del programa 18-21.

En la línea 18 como se puede observar (imagen 3.12) se tiene 3 condiciones en forma de 'OR' las cuales son:

- Se espera que la cajonera llegue a posición home.

-
- Se tiene que activar la bobina que pida que el pistón que tiene los dispensadores se retraiga.
 - El contacto del reset por si se necesita oprimirlo para el proceso.

Cualquiera de estas 3 condiciones activa la bobina que permitirá al pistón que contiene los dispensadores, este retraído.

Las siguientes líneas tienen que ver con la purga la cual se programó para evitar que los dispensadores tuvieran aire atorado en la manguera o de alguna manera se le meta aire.

Como se ve en la línea 19 es el inicio de la purga:

- Se puso un contacto normalmente cerrado el cual permitirá que inicie la purga y cuando este contacto se active para el requerimiento de que se haga la purga. Este contacto le hace referencia al fin de la purga requerida.
- Se puso un temporizador que estará contando por '28800000 milisegundos' lo cual equivale a 8 horas, con esto se pretende tener 3 purgas en el día para evitar el aire.
- Se puso enseguida el contacto que hace referencia al temporizador el cual solo se podrá activar cuando transcurran las 8 horas. Este contacto se puso, ya que es para tener seguro que solo así se activará la purga.

Estas condiciones activarán la bobina la cual establece que se requiere hacer una purga.

En la siguiente línea establece cuando el ciclo de purga requerida terminará y para esto se necesitará que se cumpla la siguiente condición.

- Se debe activar la bobina la cual avise que se requiere una purga.
- Se necesita que también se active la bobina que indicará que llegó a fin de purga. La cual más adelante se explicará cuando se active.

Esto activará la bobina la cual le pondrá fin a la purga requerida.

En la última línea de esta imagen hace referencia al botón para purgar que tiene la 'panel view' (HMI).

- Se necesita una condición en 'OR' la cual solo consta de 2 contactos uno de ellos es el modo de purga del panel view, como se dijo arriba se usa para que se autoclave y no se pierda la señal.
- La otra es la espera de la activación de la bobina de purga requerida la cual ya se explicó con anterioridad.
- También tiene otros 2 contactos en 'AND' estos contactos son normalmente cerrados los cuales son: cuando la purga llegue a su fin y cuando se active el reset.

Esto activará el modo purga que el panel view tiene de manera de botón, de otra manera este botón no se podrá hacer uso de este.



Imagen 3.13 Líneas del programa 22-25.

En la imagen 3.13 se observan las 4 líneas siguientes del programa:

Para activar la bobina de la línea 22 se necesita lo siguiente.

- El modo purga debe estar activado.

-
- Se tiene 2 contactos normalmente cerrados los cuales son el fin de la purga y el reset de la estación los cuales si se activan no se podrá activar la bobina.

Estas condiciones activarán la bobina las cuales hacen referencia de que la purga está activada.

La línea 23 no tiene bobina ya que por las condiciones que se utilizaron no se necesita.

- Se necesita que este activada la bobina de la purga.
- Que el controlador mande la notificación de que el ciclo de engrasado está completo.
- Se puso un temporizador el cual va a retener el pulso por 500 ms.

La línea 24 es la continuación de la línea de arriba y es donde se conectan por medio del temporizador.

- Tiene que terminar el conteo el temporizador para poder entrar a esta línea.
- Está en normalmente cerrado el fin de la purga.
- Tiene que mandar el controlador que se el ciclo para inyectar grasa está completo.

Esto activará la bobina de trigger que vienen siendo el pulso que lanza el controlador y avisa que los dispensadores se activaron para lanzar algo (ya sea aire o grasa de pende que tanto se cuide la filtración de aire a la estación).

La línea 25 tiene la siguiente condición:

- Debe estar activada la purga.
- Se debe haber completado el ciclo del controlador y haber mandado el pulso.

Se puso el contador al final de estas condiciones el cual funciona con los pulsos que manda la bobina de la línea pasada cada que el controlador avisa que el ciclo está completo, este contador para que se realice tiene que haber recibido 5 veces la notificación del módulo que ya se realizaron los ciclos.

- Se tiene al comienzo 1 condición 'OR' que tiene 2 contactos en 'AND' lo cual dice que el pistón de los dispensadores debe estar extendido y debe estar normalmente cerrado el contacto que hace referencia a la terminación del conteo del contador.
- Del otro lado de esta condición (OR) está el contacto el cual hace referencia que la purga esta activada.

Junto a esta condición 'OR' se encuentra otra condición 'OR' la cual necesita que se realice alguna de las siguientes:

- Necesita estar activo el sensor en la posición de work, tiene que estar extendido el pistón que tiene los dispensadores y no debe estar el EFD en fallo.
- En el otro lado de esta 'OR' es el auto enclavamiento de la aplicación de grasa.



Imagen 3.15 Líneas del programa 28-29.

En la imagen 3.15 se puede observar las condiciones que se usaron para la activación de la línea, también cabe resaltar que al final se tiene temporizadores. En la línea se tiene condición en la estructura 'OR'.

-
- La primera línea de la condición de la 'OR' tiene como condición los siguientes contactos, se tiene al comenzar uno normalmente cerrado el cual señala que el temporizador 4 (se explicará más adelante) terminó su conteo. Se tiene en seguida 3 contactos normalmente abiertos los cuales señalan que está todo listo para que el ciclo se realice, debe estar la cajonera en posición home y también debe estar extendido el pistón, en seguida se encuentra un contacto normalmente cerrado el cual hace referencia a la parte presente.

Cuando se cumplan estos contactos se activa el conteo del temporizador 3, el cual activará un contacto. Esta indicación lo que hace es mantendrá apagada la lámpara banner por 1 segundo, como se pudo ver con las condiciones esto sucede cuando no tiene pieza y está en espera de una.

- En la segunda línea de la condición se compone de 2 normalmente cerradas y 2 abiertas. Los normalmente cerrados hacen referencia al temporizador 6 que se explicará más adelante y al momento en el que se regresa a posición home cuando la pieza ya está realizada. Los normalmente abiertos es cuando se desbloquea en la posición home, y de la parte presente.

Cuando se cumplan estos contactos se activa el conteo del temporizador 5, el cual activará un contacto. Esta indicación lo que hace es mantendrá apagada la lámpara banner por 100 milisegundo, como se pudo ver con las condiciones esto sucede cuando la pieza esta lista para el proceso de engrasado.

En la línea 29 se tiene el contacto del banner (color verde), una vez que el banner este encendida se activará el temporizador 4 el cual mantendrá prendida está lámpara por 1 segundo. Este temporizador está ligado a con la línea 28, lo cual hará que prenda y apague por un segundo en cada estado y así, el operador conocerá el estado de la máquina.



Imagen 3.16 Líneas del programa 30-35.

En la imagen 3.16 se pueden observar 6 líneas de tareas a realizar:

- En la primera línea se tiene el contacto de la lámpara banner (color verde), una vez que esta encendida se activará el temporizador 6 el cual mantendrá prendida esta lámpara por 100 milisegundo. Este temporizador está ligado a con la línea 28 (imagen 3.15), lo cual hará que prenda y apague por 100 milisegundo en cada estado y así, el operador conocerá el estado de la máquina.
- En la línea 31 se encuentran 3 contactos en posición 'OR' las cuales son los temporizadores 3 y 5 (imagen 3.16, imagen 3.15), también la posición que hace referencia al segundo regreso del home (cuando la pieza ya está lista), esta condición va con un contacto normalmente cerrado de manera 'AND' la cual indica que el banner no tiene que tener prendida el color rojo de otra manera no podrá activar la bobina.

Esto activa la bobina del banner la cual activará el banner en el color verde y está a su vez activara los contactos que anteriormente se explicaron.

Las siguientes líneas hacen que la máquina al picar el reset, tome una posición segura para poder retirar la pieza de la estación.

- En la línea 32 se tiene el contacto que hace referencia al comienzo del ciclo de reset el cual se

- explicó en la imagen 3.10 .Esta activara el latch del reset de la secuencia 0.
- La línea 33 tiene 2 contactos los cuales son el reset de la secuencia 0 y el pistón que tiene los dispensadores debe estar retraído, esto activará el reset de la secuencia 1.
- En la siguiente está el contacto del reset de secuencia 1 y el pistón de posición debe estar retraído, al cumplirse esto se activará el latch del reset de la secuencia 2.
- En la última línea de la imagen anterior se encuentra el contacto del reset de la secuencia 2 y debe esta la cajonera en posición home, al pasar esto se activará la bobina del reset de secuencia 3.



Imagen 3.17 Línea del programa 36.

En la imagen 3.17 se puede observar la última línea de la secuencia en la cual como se puede observar está el contacto del reset 3 y debe estar el pistón que da la posición extendido. Estas 2 condiciones se encuentran en 'OR' con un contacto el cual se llama 'SB01' el cual se puso para que se activará si se necesitará forzar el reset y así hacer que se restablezca en posición segura.

Después de las condiciones se encuentran todos los reset anteriores que se encuentran en unlatch los cuales deshabilitan las bobinas que se activaron anteriormente.

- La bobina del pistón con dispensadores de posición extraída

Como se explicó con anterioridad al activar alguna mandara encender el banner en color rojo y el aviso de máquina en falla. A continuación, se explica el cuándo se activará cada uno:

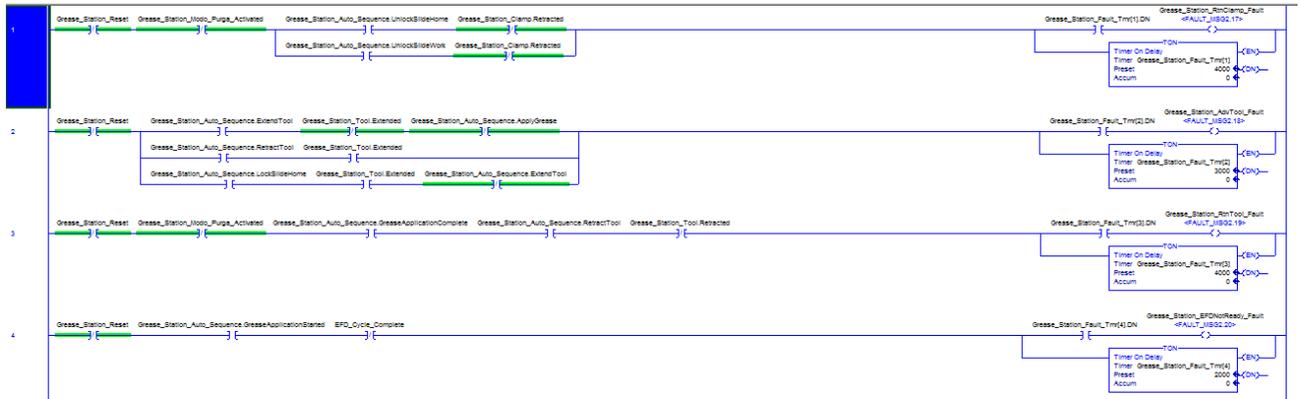


Imagen 3.19 Línea del programa de fallas 1-4.

A continuación, se explicará la imagen 3.19 es el comienzo de la activación de las posibles fallas que podrían suceder.

- Se encuentran 2 bobinas normalmente cerradas las cuales hacen referencia al reset de la estación y al modo de purga ninguna de las 2 debe estar activada.
- Se encuentra una 'OR' en las cuales en ambos lados de la 'OR' se tiene normalmente cerrado un contacto el cual es el pistón de posición retraído, las otras condiciones que se encuentran con estos contactos de un dado es el desbloqueo en posición de home y el otro es el desbloqueo en posición de trabajo.
- Se tiene un temporizador el cual es de 4 segundos los que hace referencia que si se cumple esto por este tiempo se activará la bobina de falla.

-
- Se tiene un contacto que hace referencia al temporizador el cual solo está esperando el pulso en el cual el temporizador se realice y así, la bobina la cual hace referencia al pistón de posición retraído.

En la línea 2 se presenta una 'OR' con 3 diferentes condiciones las cuales son:

- La primera son 2 contactos normalmente cerrado los cuales son que la bobina del pistón de dispensador está en posición de extraído y de la secuencia cuando se aplica grasa. El contacto normalmente abierto es cuando el sensor detecta que el pistón que tiene los dispensadores esta extraído.
- En la segunda condición de esta condición hay 2 contactos los cuales indican que el sensor del pistón de los dispensadores esta retraído y la bobina de extendido de los pistones se encuentra activada.
- En la tercera condición se encuentran 2 contactos con normalidad abierto y uno normalmente cerrado, los contactos abiertos hacen referencia a que está bloqueada la cajonera en posición home, la bobina de los pistones de los dispensadores este extraído y la normalmente cerrada es el sensor del pistón de los dispensadores este activado el extendido.
- Fuera de la 'OR' se encuentra un contacto normalmente cerrado el cual es el reset de la estación.
- En seguida de esto se encuentra un temporizador el cual contará 3 segundos si se realiza una condición, si está no se quita al terminar esto se activa un contacto y así, se activará la bobina que detecta falla en el extraído del pistón de los dispensadores.



Imagen 3.20 Línea del programa de fallas 5-7.

En la imagen 3.20 se pueden apreciar 3 diferentes fallas:

En la primera línea se encuentran 5 contactos de los cuales 2 son normalmente cerrados y 3 son normalmente abiertos.

Los normalmente cerrados son:

- El botón de reset.
- La posición de work en la cajonera.

Si alguna de estas condiciones está hecha no se podrá realizar la condición.

Los normalmente abiertos son:

- El pistón que asegura la posición de home debe estar retraído.
- Se debe encontrar el pistón extraído en posición de work.
- El sensor de posición tiene que detectar la posición work.

A continuación de estos 5 contactos que están en posición “AND” se encuentra en posición de “OR” el timer el cual si se cumple la condición empezará el conteo de 5 segundos si se quita la condición el conteo se irá a cero hasta que se vuelva a cumplir. En el otro lado de esta condición se encuentra el contacto del timer y esto permitirá que la bobina se encienda y así marque el error.

En la siguiente línea 6 se encuentran solo 2 contactos. Uno de estos contactos es normalmente cerrado esta hace referencia al reset de la estación y la otra es normalmente abierta se refiere al fault que te marca el controlador EFD.

Se encuentra el timer después de esto el cual tiene un conteo de 1 segundo, ya que es crítico y se necesita reparar rápido. Se encuentra un contacto el cual hace referencia del timer y activándose este permitirá que la bobina se active también.

En la última línea de la imagen anterior se encuentran 2 contactos normalmente cerrado los cuales hacen referencia al reset de la estación y el siguiente contacto hace referencia al sensor de grasa Keyence el cual siempre debe estar activado por lo cual si se apaga se empezará el conteo del siguiente timer.

El timer tiene un conteo de 1 segundo el cual al realizarse el segundo se activará el contacto del timer y esto permitirá que se active la bobina de falla.

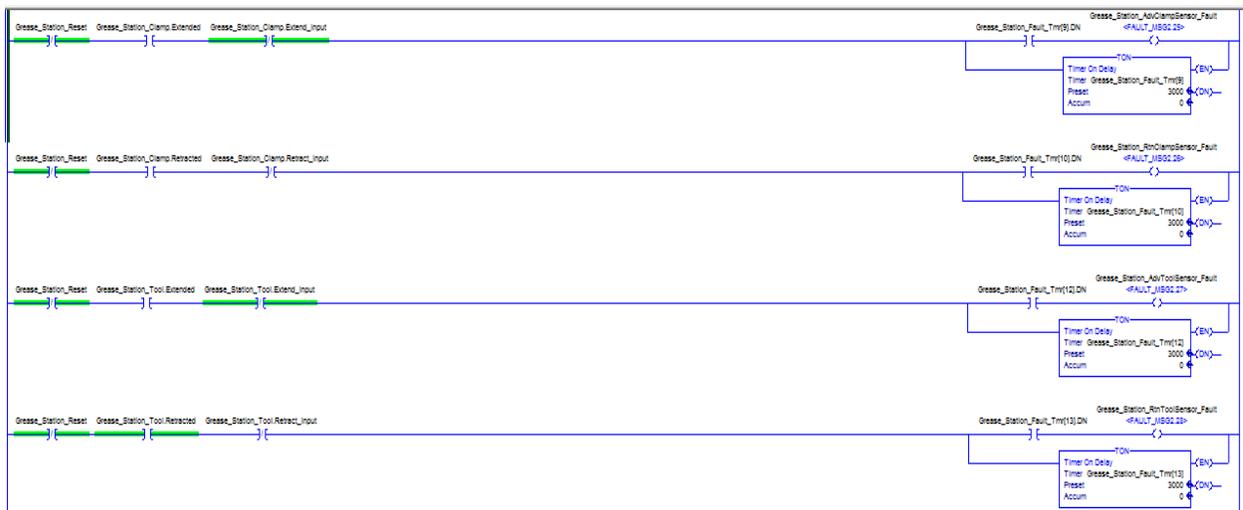


Imagen 3.21 Línea del programa de fallas 8-11.

En la imagen 3.21 se encuentran las últimas líneas del código de fallas.

En la línea primera línea se encuentran 3 contactos en condición tipo “AND”, estos contactos hacen referencia al normalmente cerrado y un contacto normalmente

abierto. Los contactos normalmente cerrados hacen referencia al reset de la estación y al sensor del pistón que asegura la posición debe estar extraído, el normalmente abierto es la bobina que activa y hace que el pistón este extraído. Al finalizar estas condiciones está el timer que tiene un conteo de 3 segundos al contar estos 3 segundos se activará un contacto y esto hará que se active la bobina de falla la cual te avisa que el pistón que asegura la posición no se extraigo.

La siguiente línea al igual que la que la anterior se tiene los 3 contactos solo que en vez de hacer referencia al pistón extraído, estos son de pistón retraído. El timer es de 3 segundos y al finalizar esto se accionará el contacto del timer y con esto se activará la bobina que hace referencia que hay alguna falla con el pistón que asegura la posición no se ha retraído.

La línea 10 como se puede observar se tienen 3 contactos de los cuales 2 son normalmente cerrados, los contactos normalmente cerrado son los siguientes:

- El reset de la estación.
- El clamp con los dispensadores este extendida.

Esto hace referencia que siempre y cuando alguna de estos 2 contactos se cumple no permitirá el conteo del timer, el contacto que falta el cual es el normalmente abierto hace referencia que la bobina de la válvula que permite que el pistón de los dispensadores este extraída este activada. Esto va a un timer el cual contará a 3 segundos y después se activará un contacto y así, activar la bobina la cual indicará que hay una falla en el extraído del pistón de dispensadores.

En la última línea se tiene las mismas condiciones que en la pasada línea solo que en esta hace referencia a lo retraído en vez de lo extraído como anteriormente se había explicado. Al realizarse se activará el timer el cual hará un conteo de 3 segundos y al realizarse el conteo se activará el contacto de este timer y así, activar la bobina que ayudará indicar que hay una falla en el pistón de los dispensadores en la tarea de retraído.

3.3 Realizar la pantalla HMI

En la HMI se agregaron diferentes botones los cuales hacen referencia al programa que se realizó para este proyecto.

En la imagen 3.22 se aprecia la pantalla principal del HMI de la línea en esta se le tuvo que poner el botón del reset para dejar este, al alcance de la mano de los operarios.

En esta pantalla se puede ingresar a las fallas que se presentan en la máquina las cuales al ser resueltas se tiene que oprimir el botón de reset para hacer llegar la máquina a una posición segura y realizar el proceso.

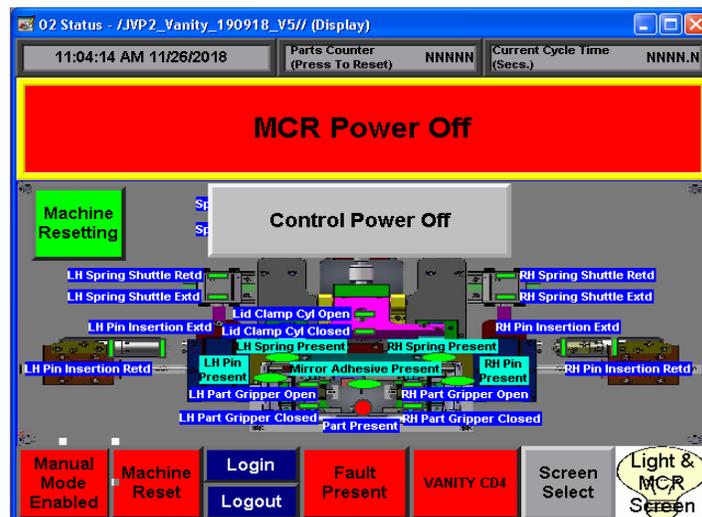
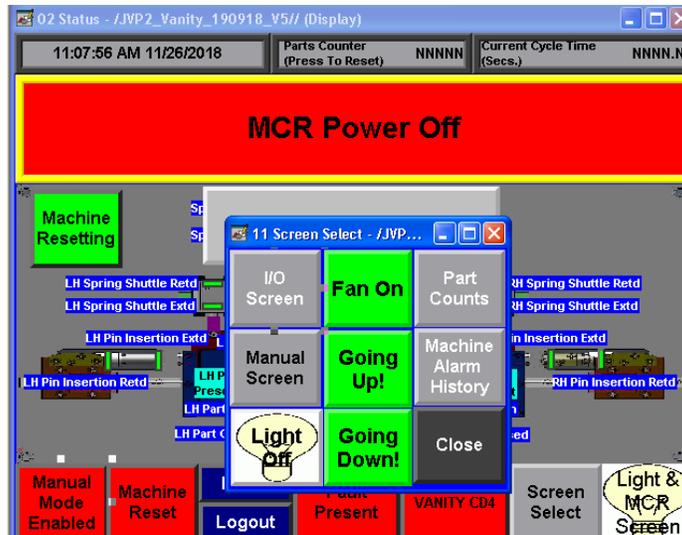


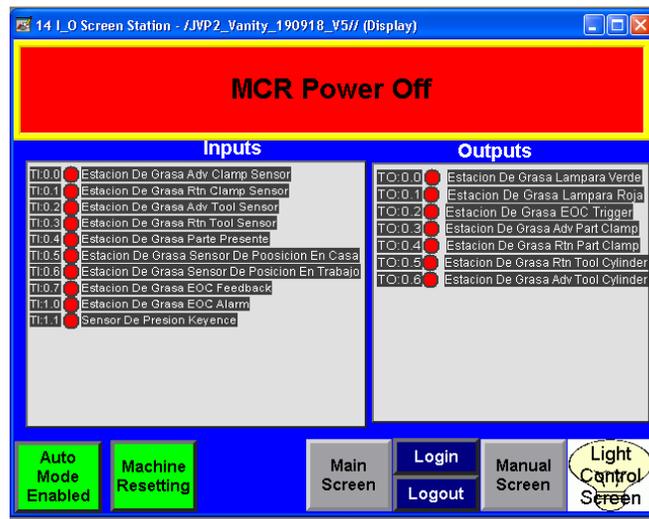
Imagen 3.22 Pantalla principal.

En la siguiente pantalla (Imagen 3.23), se puede apreciar el menú al ingresar a 'screen select' en el cual se pueden apreciar las sub-pantallas, de las cuales se tuvo que agregar la pantalla de los I/O, para así poder tener un mejor control en esto.



3.23 Pantalla screen select.

En la imagen 3.24 se aprecia todas las entradas y salidas que se usaron en el proyecto y con esto el texto con el que van a salir los errores de que ocurran en el proyecto.



3.24 Pantalla I/O.

3.4 Valores del sensor de presión y controlador EFD

Para conocer los valores del controlador se tuvo que trabajar de la mano con calidad de planta ya que el cliente quiere en el vanity dos bolas de grasa y que cada una de ellas debe de pesar 3 gramos, no más porque la bola de grasa se chorrea, ni tampoco menos porque lo que se busca hacer, con poca grasa no funciona (se busca que la placa de metal no se oxide y solo se puede lograr con esos gramos). El valor que se tuvo fue:



Imagen 3.22 Valor controlador EFD/ Sensor de presión.

En la imagen 3.22 se puede apreciar que se tiene un valor de '77' lo cual indica el tiempo en milisegundos que se mantendrá abierta la válvula y así, expulsar la cantidad de grasa con ayuda del aire.

Este controlador requiere que la presión sea exactamente de 70 psi, ya que esos son los requerimientos del controlador, para esto se puso un regulador, ya que la presión de planta varía de 130 a 100 psi y así bajarla a este valor. También se tuvo

que tomar en cuenta el filtro porque este controlador es muy frágil al agua, por ende, necesita llegar seco el aire a su destino.

También es muestra en la imagen anterior el sensor de presión Keyence en anexos se agregó el manual de configuración de este sensor, el cual se maneja por medio de histéresis por lo cual se tuvo que dejar por un tiempo el sensor en lo que se estabilizaba la grasa y con ello observar cual es el valor de la presión, con esto se pudo establecer el valor máximo y mínimo del sensor. Con esto tuvo que poner la configuración del sensor si se necesitaba que el pulso se mandará cuando se cumpla esto o cuando este fuera de este rango. También se tiene que cambiar el sensor a PNP porque de otra manera no manda la señal y no la detecta el PLC.

3.5 Realización de gabinete

Se realizó un gabinete en el cual se pusieron las clemas de las conexiones, el circuit breaker, también se hicieron perforaciones para agregar 8 glándulas las cuales permiten que los cables de los diferentes sensores se puedan conectar a las clemas y de ahí vayan a la conexión hembra del harting, se tiene la perforación para agregar la clavija para la conexión de 110 V para el módulo EFD.

En la siguiente imagen 3.23 se puede apreciar la distribución que tiene el gabinete en donde se puede apreciar el circuit breaker, el cual está conectado a un lado de la clavija el cual es 110 V de ahí va a clemas al igual que el neutro y tierra (las cuales son las clemas verdes - amarillas).



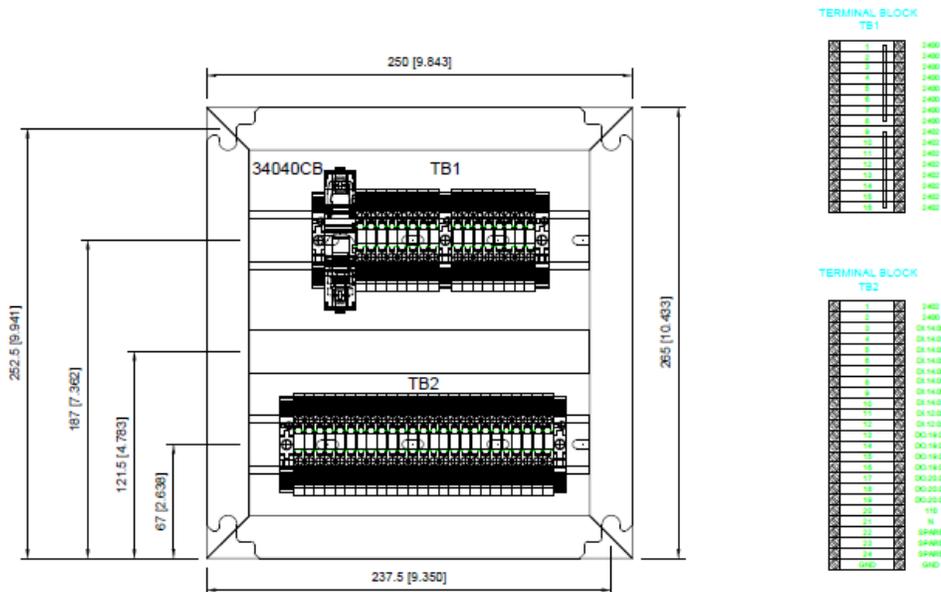
Imagen 3.23 Gabinete conexión física.

A continuación de este circuit breaker se pusieron 8 clemas para conectar 0 volts de los diferentes componentes y en medio de estas se les puso un puente lo cual hace que se comuniquen las clemas y le llegue el valor a todo ese conjunto. Después de esto se puso un tope de separación, ya que después se pusieron 8 clemas las cuales son de 24 volts son su respectivo puente.

En la segunda fila se pusieron 24 clemas las cuales son para cada una de las señales que le llegan de los diferentes sensores y saliendo de ahí se conectarán al harting con el orden que anteriormente venia. Pasando estas clemas se conectaron 3 de tierra las cuales son de color verde amarillo.

Se etiquetaron todos los cables para saber que es cada cable y así, tener un mayor control en las señales y si se descompone un sensor sea más fácil cambiarlo.

Para poder calcular el tamaño del gabinete es necesario diseñar este antes, se tiene que sacar las medidas de todos los componentes y con esto saber cuánto es el espacio que usan. También con este diseño se sabe el acomodo de los componentes y esto facilita, ya que se sabe dónde se debe poner cada componente. En la imagen 3.24 se puede apreciar el diseño que se hizo para este gabinete.



al tener está encendida se meterá la cajonera para que el pistón del clamp asegure la posición y no permita que el operador trate de sacarla en mitad de este proceso (imagen 3.25).



Imagen 3.25 Vanity en posición de trabajo.

Al estar asegurado se bajará el pistón con las dispensadoras las cuales se encargarán de suministrar la cantidad de grasa con la que se programó como en la imagen 3.26

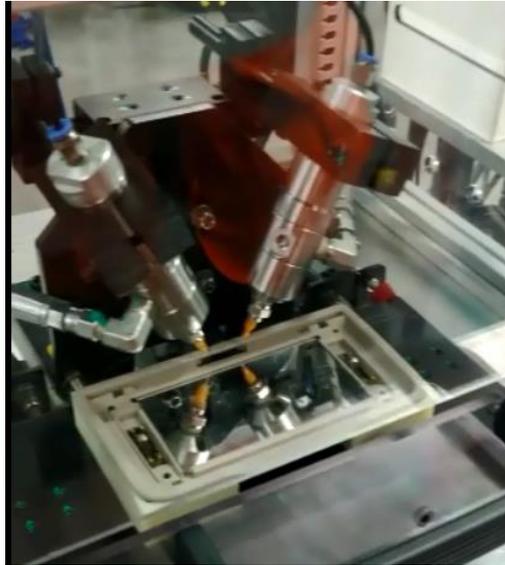


Imagen 3.26 Suministrando grasa.

Al acabar de suministrar el pistón de las dispensadoras subirán lo que permitirá que el pistón del clamp se baje y así, tenga movilidad la cajonera para que el operador pueda remover la pieza y verifique que es la cantidad de grasa que se pidió (imagen 3.27).

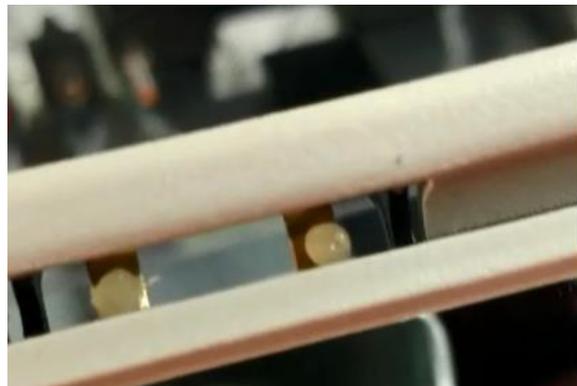


Imagen 3.27 Grasa suministrada.

En el momento que el pistón con las dispensadoras baja se pueden presentar una falla lo cual hará que se encienda la luz roja de la indicadora, las posibles fallas de esto son:

- No hay grasa para suministrar lo cual hay que checar en el sensor Keyence.
- No hay aire en el módulo por lo cual no pudo dispensar grasa, esto se tiene que revisar directo en el manómetro que este en 70 psi o meterse en la opción del módulo donde te deja ver la presión que está recibiendo.

Capítulo IV Resultados y fallas

En este capítulo se presentarán las fallas y resultado que se tuvo en el proyecto, se tuvieron varias fallas mecánicas y de diseño.

Antes de iniciar el proyecto se sacaron las medidas y el peso de cada componente en la estación antes de tiempo. En el pistón de las válvulas, no se tomo en cuenta el peso de las 2 válvulas por lo cual los vástagos del pistón se vencieron por el peso y se tuvo que cambiar el pistón. En la imagen 4.1 se aprecia como el vástago estaba en movimiento por lo cual ya no tenía la fuerza para levantar todo el peso.

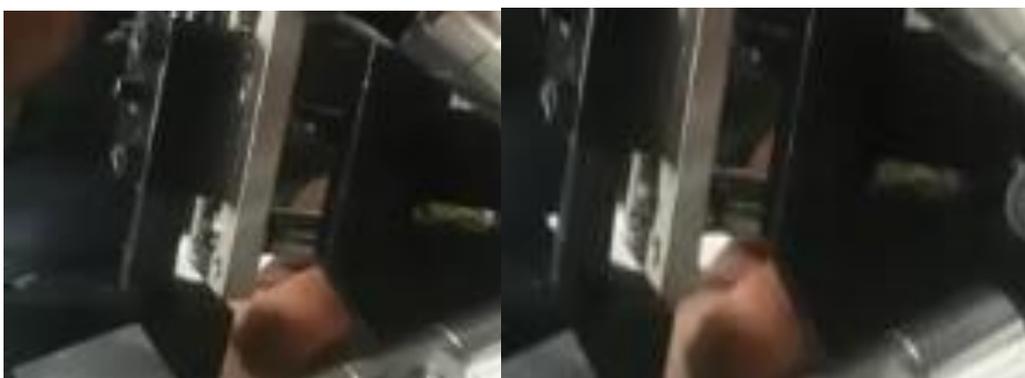


Imagen 4.1 Vástago arriba/ Vástago abajo.

También se tuvo problema con el pistón que asegura la posición, ya que se puso un pistón cualquiera, mas no se tomó en cuenta el impacto que el operador le iba a dar a la máquina y con esto el querer sacar la pieza estando dentro, para así lastimar la estación.

No hubo mucho tiempo para poder probar la programación, ya que se tardó más de la cuenta el armado de la máquina esto evitó que se pudieran hacer pruebas y así, lograr probar antes de llegar a planta. Pero al no poderse hacer esto la programación se tuvo que perfeccionar directo en la empresa para lograr el funcionamiento óptimo para la entrega.

El sensor capacitivo de parte presente se le trozo el cable (imagen 4.2) ya que no se puso una protección al cable para reforzarlo y con esto evitar que pase eso. Este sensor se tuvo que cambiar y se le puso espiral y cinta al cable para evitar que suceda lo mismo.



Imagen 4.2 Sensor capacitivo recién puesto/ Sensor trozado.

El problema que se tuvo de más importancia y eran realizados por el operador fue como trataban de romper las puntas (imagen 4.3) del dispensador para así, no trabajar y no se tenía repuesto de estas puntas, para lograr esto al estar el dispensador abajo sacaban la cajonera a la fuerza sacar la pieza que está en proceso. Para corregir esto se tuvo que cambiar el pistón del clamp por uno más grande y grueso para lograr más fuerza y evitar que el operador logre sacar la pieza.

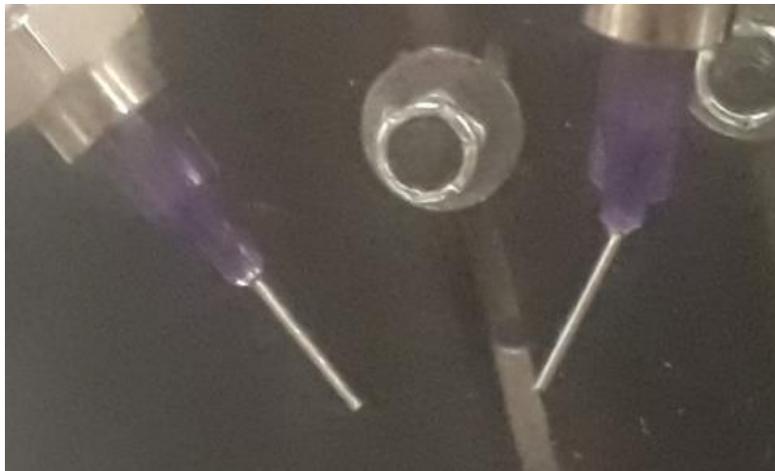


Imagen 4.3 Punta sin daño/ Punta dañada.

Al corregir las fallas mecánicas y de programación que se tuvo, se pudo validar la estación por parte de planta y se siguió por 3 días de soporte las 24 horas del día por lo cual uno se quedaba de guardia en la mañana y el otro en la noche y así, si había un problema poder corregirlo y no tenga perdidas la empresa. En estos días no se tuvo que intervenir la máquina por lo cual al acabar este periodo se pudo entregar.

Una de las cosas que se podría mejorar (pero el cliente no lo quiere así), es el fijar la posición home donde el operador pone el vanity porque si hubo falla y el pistón de los dispensadores se queda abajo, al no estar fijado puede golpear hasta romper las puntas.

Los resultados de esta máquina fueron de gran ayuda para Daimay, ya que hay que tomar en cuenta que antes no se tenía una estación engrasadora en la línea por lo cual los operadores lo tenían que hacer ellos mismos, esto hacia que la cantidad de piezas fuera muy variable y con esto no se podía abastecer todo lo que necesita el cliente (HONDA).

Al poner la engrasadora en la línea se notó el cambio tanto en calidad del producto y en producción, ya que estos son constantes. La cantidad de perdida de las piezas (scrap) que se regresan por consecuencia de una mala calidad de la grasa es mínima casi nula.

Se pidieron los datos de los beneficios que se tuvo gracias a la instalación de la engrasadora a la línea. En la imagen 4.4 se apreciarán.

	Antes de la estación	Ahora con la estación
Producción por minuto	12	50
Scrap	4	1

Imagen 4.4 Tabla de relación antes y ahora.

Como se puede apreciar la producción por minuto aumento un 400% a la relación cuando no se tenía la engrasadora en la línea y con esto se tiene mayor ganancia económica.

En la imagen 4.5 se aprecia la engrasadora en planta lista para ser añadida a la línea.

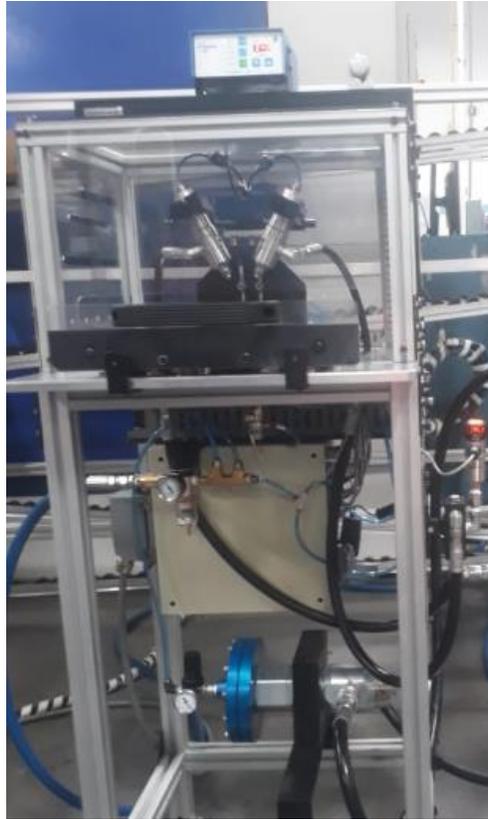


Imagen 4.5 engrasadora en Daimay

Referencias

- Bolton, W. (2009). *Programmable Logic Controllers Newnes*.
- Bradley, A. (s.f.). *Manual del usuario de los controladores Compact-logix*.
- EFD, N. (2018). *736HPA-NV High Pressure Dispense Valve*.
- EFD, N. (2018). *ValveMate 7100 Controller*.
- Juan Carlos Marín, M. P. (2011). *Automatismos Industriales*. Editex.
- KEYENCE. (2018). *GP-M250*.
- L.A Bryan, E. B. (1997). *Programmable Controllers Theory and Implmentation*.
- NORDSON. (2018). *Rhino EFD Bulk Unloader Packages*
- Creus Solé, A. (2011). *Instrumentación Industrial*. Barcelona: Editorial Marcombo.
- Villalobos Ordaz, G. (2006). *Medición y control de procesos industriales*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Ogata, Katsuhiko (2003). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid: Editorial Pearson.
- Hernandez Martinez, L. (2001). *Comunicación de datos*. Torreón; Instituto Tecnológico de la laguna.
- Chacón Rugeles,R. (2002). *Carrera de Ingeniería electrónica*. Venezuela. Editorial Alfaomega.
- Areny Rallas,R. (2007). *Sensores y acondicionadores de señal*. España: Editorial Alfaomega
- J. Chapman, S. (2012). *Máquinas eléctricas*. México: Editorial McGraw-Hill
- C. Donn, W. (2005). *Fundamentals of industrial instrumentation an process control*. Editorial McGraw-Hill
- MOTT Robert L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*; Editorial Pearson.

