



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Villa María
Departamento de Electrónica
Cátedra Trabajo Final de Grado

Automatización Distribuidora de Pallet

Trabajo Final de Grado para obtener el título de Ingeniero en Electrónica

Autor/es:

Formia Facundo Esteban

2019

Acreditación:

Fecha:

Comité Evaluador

Presidente:

1° Vocal:

2° Vocal:



Dedicatorias

A mis padres, Juan y Silvana, a mis hermanos Franco y Federico, a mis hermanas Fátima y Faustina quienes fueron los pilares de éste objetivo apoyándome y motivándome todos los días de mi vida, brindado su apoyo para dedicarle tiempo al estudio.

A mi abuela Rosa por su amor y a mis abuelos que no están físicamente pero siguen presentes por el resto de mi vida.



Agradecimientos

A mi familia por su apoyo incondicional.

Al grupo AUMAX por su constante apoyo y por los amplios conocimientos aportados.

Al Ingeniero Diego Alejandro Muñoz, director de la empresa AUMAX SRL...

Al Ingeniero Javier Giraudo y al Ingeniero Carlos Terreno, fundadores de SSM, por permitirme presentar como proyecto final un trabajo realizado para dicha empresa.

Mi más profundo agradecimiento a mi viejo por su paciencia y tiempo dedicado para el desarrollo de éste proyecto.



Memoria Descriptiva

El presente proyecto contempla la automatización de una distribuidora de pallet, para su posterior envasado.

El fin de éste proyecto es buscar la distribución de los pallet en el menor tiempo posible, con la menor cantidad de personal posible involucrado en el proceso.

El sistema consiste en un receptor de 10 pallet brindado por un montacargas. Éste receptor fue diseñado para poder trabajar con dos medidas diferentes. El receptor se encarga de alimentar de a un pallet a una cinta transportadora, que va a ser la encargada de transportarlo hasta la posición de un de bobinador para colocarle una protección y luego ser transportado a un distribuidor.

El distribuidor se encarga, por medio de uñas, levantar el pallet de la cinta transportadora, y trasladarlo a la envasadora seleccionada por el operador.

El receptor utiliza cuatro pistones neumáticos para levantar la pila de pallet por medio de un motor a inducción (tipo jaula), la posición de éste receptor es detectada mediante 3 sensores de proximidad.

El de bobinador tiene como fin, aplicar una capa de nylon protectora, que lo realiza mediante una resistencia y un motor a inducción (tipo jaula).

La cinta transportadora utiliza un motor a inducción para el movimiento y dos sensores de proximidad, en dónde el primero indica que el pallet se encuentra en la posición para aplicarle la capa protectora, y el segundo sensor de proximidad indica que el pallet está en condiciones de ser tomado por el distribuidor.

El distribuidor utiliza tres pistones neumáticos, dos para tomar el pallet, y otro para levantarlo de la cinta transportadora y poder moverlo a la envasadora seleccionada. El distribuidor produce su movimiento gracias a un motor de inducción (tipo jaula), y posee un encoder para detectar la posición final con máxima exactitud.

A su vez el sistema electrónico debe ser capaz de generar los puntos de destino a partir de una serie de parámetros cargados por el operario, que conforman un conjunto mínimo de datos para la realización de un proceso específico.

El sistema cuenta con una interfaz gráfica para uso del operario, y con una conexión permanente a Internet para propósitos de mantenimiento y monitoreo remotos.

En lo que se refiere al hardware, y a fin de cumplir con los objetivos técnico-económicos propuestos, el proyecto se realiza con un controlador lógico programable (PLC) que realiza la función de control. Este cuenta con un panel de interfaz hombre-máquina (HMI) incorporado. El control de la posición final se realiza en cada eje, por medio de un variador de frecuencia y un motor de jaula de ardilla con encoder.



ÍNDICE

| Título | Página |
|--|---------------|
| Contenido | |
| Dedicatorias | 2 |
| Agradecimientos | 3 |
| Memoria Descriptiva | 4 |
| Introducción | 7 |
| Análisis del problema | 7 |
| Análisis de sistemas existentes | 7 |
| Descripción de las actividades del proyecto | 8 |
| Objetivos | 8 |
| Objetivos generales | 8 |
| Diseño del Proyecto | 9 |
| Selección de componentes y dispositivos | 9 |
| Diagrama en bloques del dispositivo | 10 |
| Descripción de cada una de las partes | 10 |
| Diagrama de flujo ascensor pallet | 11 |
| Diagrama de flujo distribuidor de pallet | 11 |
| Equipos utilizados para el control del sistema | 12 |
| Controlador S7-1214 | 13 |
| Componentes del PLC | 14 |
| Fuente de alimentación | 14 |
| Unidad de procesamiento central (CPU) | 15 |
| Módulos E-S | 16 |
| Módulos de memoria | 17 |
| Interfaces de comunicación | 17 |
| Profinet | 19 |
| Control de motores | 30 |
| Bloque con posibilidad de marcha inversa | 31 |
| Bloque de marcha directa | 32 |
| Lecturas analógicas | 33 |
| Equipos de interfaz: El panel de Operaciones | 34 |
| Introducción | 34 |
| Integración del panel al PLC | 34 |
| Recursos del panel | 36 |
| Descripción del panel de operaciones | 38 |
| Programación del OP | 40 |
| Sistema HMI | 41 |
| Pruebas de comunicación con los equipos de campo | 54 |
| Introducción al capítulo | 54 |
| Prueba de comunicación | 54 |



| | |
|--|--------------------------------------|
| Indicación de error | 55 |
| Prueba de guarda motor y retorno | 56 |
| Prueba de variadores de velocidad | 57 |
| Prueba de válvulas | 58 |
| Encoder | 58 |
| Prueba de entradas y salidas | 59 |
| Debobinador | 59 |
| Prueba de funcionamiento automática..... | 61 |
| Análisis Económico e Impacto Ambiental | ¡Error! Marcador no definido. |
| Introducción al capítulo | ¡Error! Marcador no definido. |
| Impacto Ambiental | ¡Error! Marcador no definido. |
| Planimetría eléctrica | 62 |
| Plano topográfico..... | 62 |
| Conclusiones | 67 |
| Bibliografía | 68 |



Introducción

Análisis del problema

Dentro del campo de la producción industrial, la automatización ha pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado, ya que permite aumentar el rendimiento del proceso, esto es, aumentar la producción, reducir costos operativos y reducir costos de mantenimientos.

El siguiente trabajo consiste en la automatización de una maquina distribuidora de pallet. Éste proyecto puede adaptarse a diversas aplicaciones, tales como envasado de maní, envasado de leche en polvo, envasado de alimentos balanceados, distribución de bebidas de todo tipo, y llevar a cabo cualquier tipo de aplicación que tenga que ver con la distribución en pallet o tarimas, ya que no depende del contenido, sino de colocar el pallet para distribuir dicha carga.

Cualquier empresa que manipula un producto, especialmente bultos grandes y pesados en bolsas o cajas, para colocarlo en un pallet puede optar por automatizar el sistema de paletizado.

Existen varias opciones en el tipo de equipo que estas compañías pueden considerar. Debido a que la automatización ha avanzado mucho en los últimos años, una de las principales opciones actuales es un sistema de automatización del paletizado a través de robots.

Éste trabajo fue realizado particularmente por una planta manisera.

Éste proyecto nace a partir de la necesidad del cliente de encontrarle una solución al proceso de envasado, ya que tienen dos envasadoras, un para comercio exterior y otro para comercio nacional. Ambas envasadoras trabajan con medidas de pallet diferentes, dónde una persona humana, depositaba el pallet en la envasadora deseada, provocando problemas de salud al ejercer malas fuerzas.

Es necesario aclarar que en este proyecto solo se trata la automatización de la maquina, y no se profundiza en la parte mecánica de la misma.

La automatización del sistema de distribución de pallet, no es más que un sistema de control aplicado a la industria con el fin de lograr especificaciones impuestas. El sistema de control posee numerosos subsistemas como son los lazos PID, los contadores, las entradas y salidas de datos, etc. Que interconectados y trabajando en conjunto permiten la automatización de la maquina.

Análisis de sistemas existentes

Analizando el mercado, ninguna de las opciones existentes era capaz de satisfacer ésta necesidad, ya que debía ser justa y a medida. Es por ello que el fabricante de maquinas llevó a cabo la construcción de la maquina.



Descripción de las actividades del proyecto

El proyecto consta de varias etapas, las cuales se describen a continuación:

- Ingeniería General: en dónde se analiza los materiales que se van a utilizar, que tipo de PLC, de térmicas, de motores, contactores, sensores, etc.
- Planimetría Eléctrica: en dónde se diseñaron los planos para los tableros primarios y secundarios.
- Programación PLC: lógica de contactos.
- Programación Panel: panel de operaciones para ejecutar las mismas.
- Construcción Tableros (Primarios y secundarios): se llevó a cabo la construcción de los tableros diseñados en una de las etapas anteriores y el cableado de los mismos.
- Instalación Eléctrica: instalación del tablero primario y las cajas secundarias. Instalación de los motores y sensores utilizados.
- Puesta en marcha y ajustes: para lograr el correcto funcionamiento de la máquina automatizada. Cabe aclarar que sólo se realizó la parte de automatización de la máquina y no la parte mecánica.

Objetivos

Objetivos generales

- El objetivo principal de éste proyecto es buscar la distribución de los pallet en el menor tiempo posible, con la menor cantidad de personal posible involucrado en el proceso, evitando todo tipo de malas fuerzas que puedan provocar inconvenientes de salud.
- Mejorar la condición de trabajo y la seguridad de los empleados.
- Reducir las horas de trabajo en condiciones extremas y las reclamaciones por indemnización laboral.
- Maximizar la velocidad de producción.
- Eliminar los problemas asociados con la fatiga y la distracción.
- Espacio de trabajo restringido.
- Reducir costes de operación.



Diseño del Proyecto

Selección de componentes y dispositivos

La selección de los componentes utilizados fueron consensuados con el cliente, ya que su instalación posee una marca en particular, es por ello que para respetar el conocimiento técnico y para mantener la línea del resto de la planta en su estantería de repuesto se eligió la misma marca. Los motores utilizados, se eligieron con respecto a la potencia necesaria brindada por el cálculo realizado por el fabricante de la máquina. Lo modelos de los variadores de velocidad fueron propuestos por nosotros y fueron aceptados, tanto modelo como la marca.

Diagrama en bloques del dispositivo

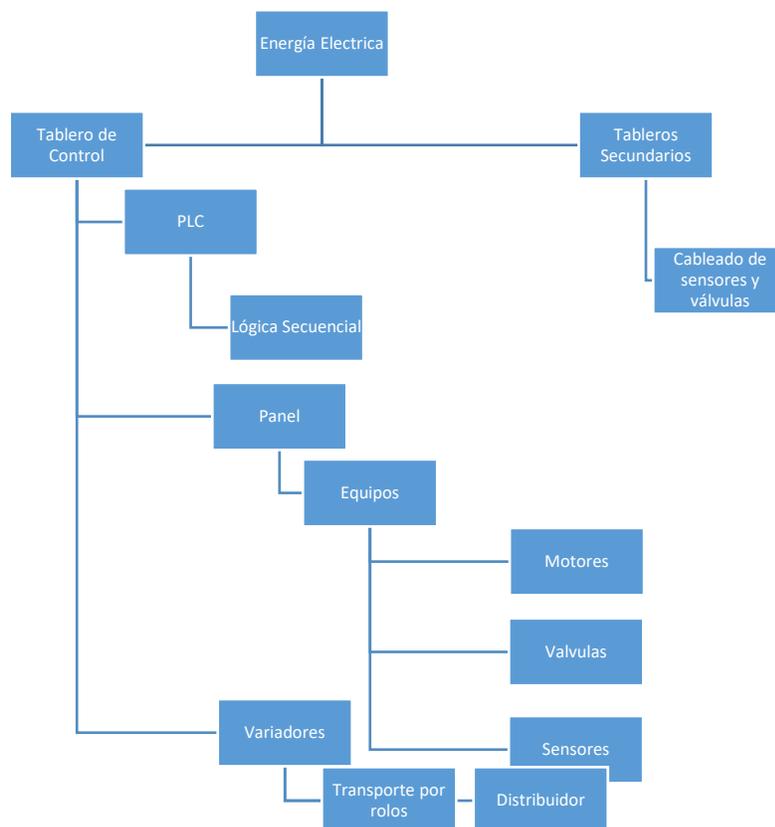


Fig.Num°1: Diagrama en bloques del dispositivo.

Descripción de cada una de las partes

Energía eléctrica: brindada por la red. (380 V).

Tablero de control: Es el gabinete en dónde están montados los equipos de protección, maniobra, medición, comunicación, conexión y control para la máquina.

Tableros secundarios: Conectado al tablero principal.

PLC: Controlador Lógico Programable que lleva a cabo la ejecución de la programación realizada para el control de la máquina, donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, de lo contrario no producirá el resultado deseado.

Panel de operación: Interfaz de usuario para la interacción entre el operador y la máquina.

Variadores de velocidad: Para controlar la velocidad rotacional de los motores del elevador, distribuidor y debobinador de la máquina.



Diagrama de flujo ascensor pallet

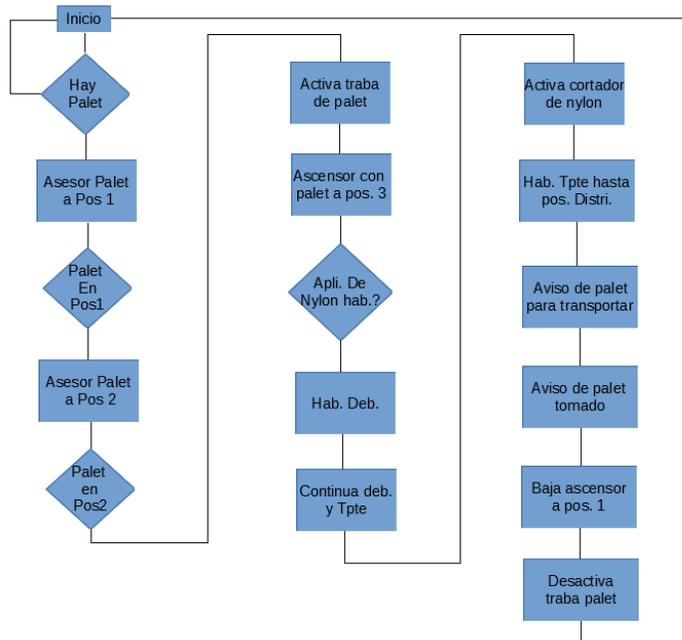


Fig.Num°2: Diagrama de flujo ascensor de pallet.

Diagrama de flujo distribuidor de pallet

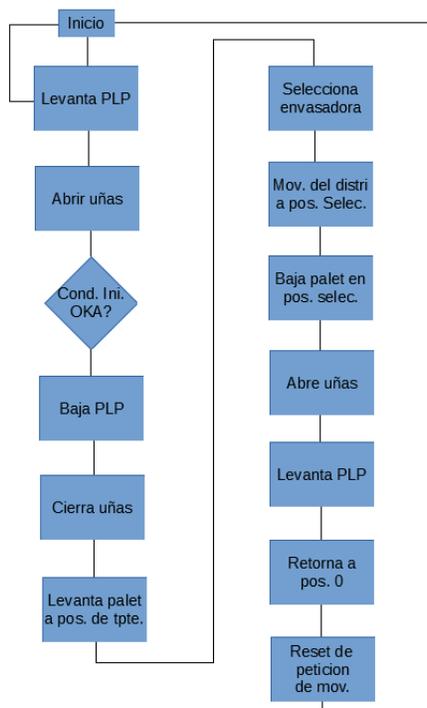


Fig.Num°3: Diagrama de flujo distribuidor de pallet.



Equipos utilizados para el control del sistema

En éste punto se presentan las características de los equipos utilizados para la automatización de este proceso, primeramente se presentan las características técnicas del PLC, posteriormente las características del panel de operaciones y por último los sensores, motores, válvulas, encoder y variadores de velocidad utilizados.

La automatización y control de esta planta es llevada a cabo mediante un Controlador Lógico Programable, PLC es un hardware industrial, que se utiliza para la obtención y manipulación de datos. Su historia se remonta a finales de la década del 60 cuando la industria busco en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otro componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinatorial.

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, así como circuitos de entrada y salida en una cascara compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU. Ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:

- ✓ Toda la CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones.
- ✓ Es posible utilizar la “protección de know-how” para ocultar el código de un bloque específico.

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232

Los PLC no solo controlan la lógica de funcionamiento de un equipo o proceso, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para implementar controles proporcional integrativo derivativo (PID), etc. Estos dispositivos generalmente están compuestos por una fuente de alimentación, una CPU que contiene el programa y uno o varios módulos para entradas y salidas que pueden ser digitales o analógicos. Pueden trabajar conectados a los equipos (motores, válvulas, clapetas, entre otros) o también conectarse con interfaces humanas como son los paneles de operación. Para las situaciones que lo requieren pueden trabajar al mismo tiempo varios PLC's, inclusive es muy común que estén acompañados de software SCADA (“Supervisory Control And Data Acquisition”, Adquisición de Datos y Control de Supervisión) o DCS (“Distributed Control System”, Sistema de Control Distribuido). Un sistema de automatización completo podría tener la siguiente tipología

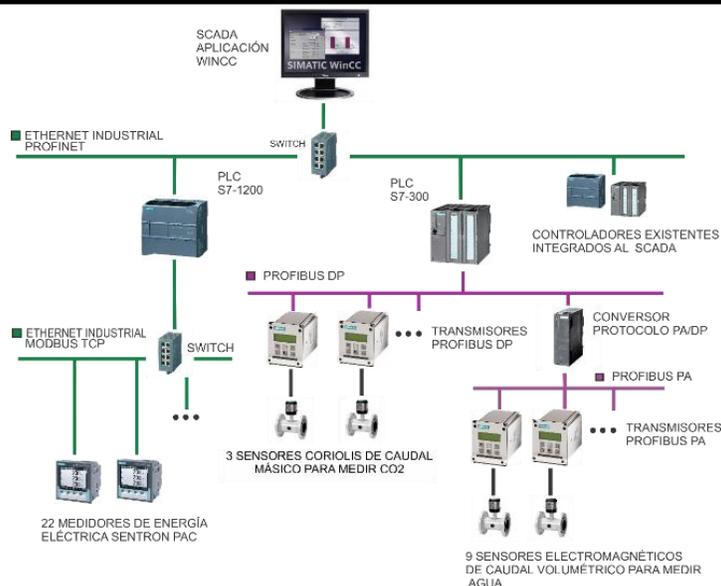


Fig. Num°4: Sistema de automatización completo

Controlador S7-1214

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos. El controlador programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, la estructura básica del hardware de un controlador está constituido por:

- Fuente de alimentación
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfaces de entradas/salidas (E/S)
- Módulos de memorias
- Unidad de programación

El PLC utilizado es S7-1214 DC/DC/DC (Se alimenta con 24V, las entradas reciben 24V y las salidas entregan 24V) de marca Siemens, y el software utilizado para la programación es el TIA PORTAL V13.

Funcionamiento cíclico

Una de las características fundamentales de los PLC es el funcionamiento cíclico de la CPU, y el parámetro de mayor preponderancia es el tiempo de scan o el tiempo de ciclo, considerado como el necesario para ejecutar 1 k de instrucciones, pero como no todas las instrucciones consumen el mismo tiempo para su ejecución, se toma como parámetro el tiempo de la ejecución de 1 k de memoria vacía. La suma del tiempo de programa y del tiempo de actualización de las variables conforma el tiempo de ciclo.

La modalidad de funcionamiento de los PLC es cíclica y consiste en cuatro pasos básicos que se resumen a continuación:

1. Lectura de las entradas
2. Almacena el estado de las entradas
3. Ejecución del programa.

4. Posicionamiento o escritura de las salidas.

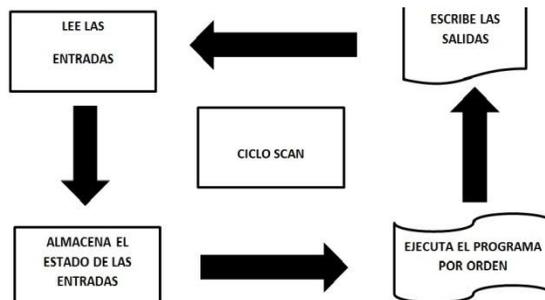


Fig.Num°5: Ciclo de scan del PLC.

La primera operación llevada a cabo es la lectura de las entradas físicas del PLC, esta operación está acompañada por la creación de una imagen de memoria de esos estados (Registro Imagen de las entradas), este contenido permanece inalterable durante todo el ciclo. Una vez actualizadas todas las entradas, la CPU comienza a ejecutar el programa. En la medida que el programa se va ejecutando, la CPU colocará los resultados en un registro de ella misma crea y que se denomina Registro Imagen de las Salidas, una vez finalizado el programa, la CPU transfiere el contenido de este registro de las salidas físicas del PLC actualizándolas. Este procedimiento se repite secuencialmente desde el principio al fin recomenzando nuevamente en forma de loop cerrado y cada vez que se necesite información sobre el estado de una entrada o salida se remite al registro de imagen correspondiente, donde se encuentra las variables asociadas a las entradas y salidas.

Para programar el controlador de la familia S7-1200 se requiere de una unidad de programación(PG) que se interconecta con la CPU a través del cable PG, la unidad de programación contiene el software que permite programar y dar marcha al PLC, éste a través de los indicadores de estado muestran el modo en el que se encuentra la CPU.

Existen diversos lenguajes para la programación del PLC, entre los que se pueden destacar el lenguaje KOP (Ladder o de contactos), el AWL (lista de instrucciones), el FUP (bloques o diagramas funcionales), entre otros.

Las cpu's se eligen de acuerdo a las necesidades de que ésta deba cubrir, el campo de acción es muy amplio y es siempre necesario el estudio de los costos y beneficios deseados. Generalmente no existe un PLC que se adecue a una aplicación determinada es por ello que es necesario tener en cuenta características como la capacidad de memoria, la velocidad de procesamiento, el costo, la posibilidad de expansión, etc.

Componentes del PLC

A continuación se enumeran los componentes que deben tener los controladores para su correcto funcionamiento:

Fuente de alimentación

La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía a la CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC.

+5 V para alimentar a todas las tarjetas

+5.2 V para alimentar al programador



+24 V para los canales de lazo de corriente de 20mA.

Unidad de procesamiento central (CPU)

Es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse el **cerebro del controlador**.

La unidad central está diseñada a base de microprocesadores y memorias; contiene una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores, memorias internas tipo relé, imágenes del proceso entradas/salidas, etc. Su misión es leer los estados de las señales de las entradas, ejecutar el programa de control y gobernar las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad.

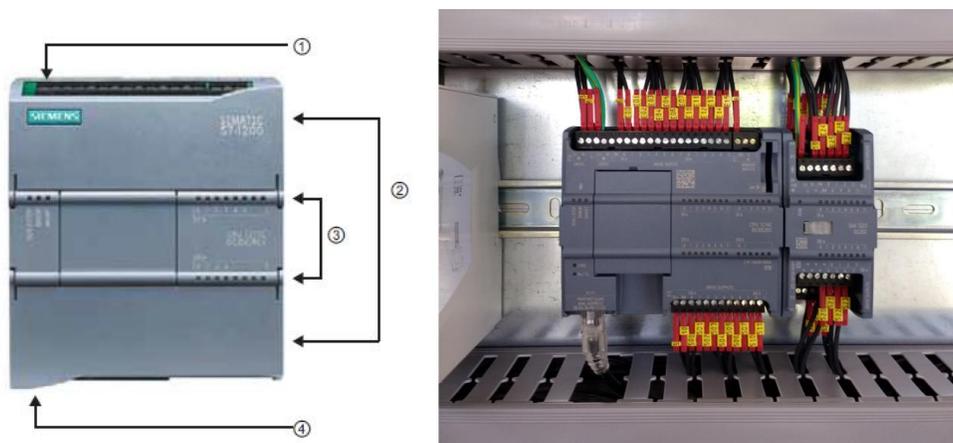


Fig.Num°6: Esquema de una CPU 1200.

- 1- Conector de corriente
- 2- Conectores extraíbles para el cableado del usuario (detrás de las tapas)
- 2- Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior)
- 3- LEDs de estado para las E/S integradas
- 4- Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

Las especificaciones técnicas pueden verse directamente de la página de Siemens, pero se nombrarán algunas:

Memoria de trabajo de 100KB, fuente de alimentación 24V DC con DI14 x 24V DC SINK/SOURCE, DQ10 y 24V DC y A2 integradas, 6 contadores rápidos y 4 salidas de impulso integradas. Signal Board amplía E/S integradas, hasta 3 módulos de comunicaciones para comunicación serie., hasta 8 módulos de señales para ampliación E/S, 0.04ms/1000 instrucciones, interfaz PROFINET para programación, HMI y comunicación LC-PLC.

Es de destacar que este PLC es muy potente en capacidad de manejo de datos, velocidad de procesamiento y cantidad de entradas/salidas que puede manejar, lo que nos permite realizar aplicaciones complejas con relativa facilidad y eficiencia.



Módulos E-S

Son los que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de maquinas del proceso.

Los módulos de E-S son equipos que permiten ampliar las entradas y salidas tanto digitales como analógicas. Los módulos de entrada convierten una señal alterna o continua en una señal de nivel lógico continuo, los módulos de salida convierten una señal de mando lógico en una señal de salida alterna o continua. Se pueden determinar las características de algunos módulos mediante la parametrización correspondiente.

Tipos de módulos de entrada y salida: Debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores (captadores, actuadores, sensores, etc.), encontramos diferentes tipos de módulos de entrada y salidas, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (discreta o análoga) a determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC.

Módulos de entradas discretas

Módulos de salidas discretas

Módulos de entrada analógica

Módulos de salida analógica

Módulo utilizado

Modulo de entradas/salidas digitales SM 1223 DI 8x24 V DC, DQ 8x24 V DC

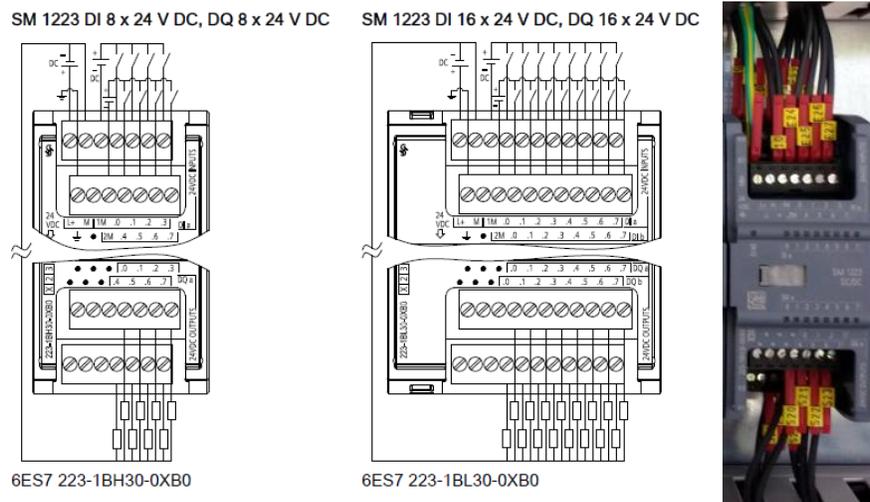


Fig.Num°7: Módulos de señales de entradas y salidas digitales utilizadas.



Módulos de memoria

Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente:

- 6ES7 954-8LF00-0AA0. Memory cards de 24 Mb de capacidad
- 6ES7 954-8LB00-0AA0. Memory cards de 2 Mb de capacidad.

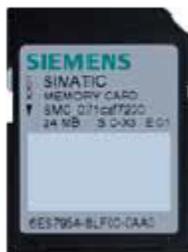


Fig.Num°8: Memory card SIEMENS.

Interfaces de comunicación

Este PLC posee diferentes interfaces de comunicación entre las que podemos mencionar:
PROFINET

La CPU S7-1200 incorpora un puerto PROFINET que soporta las normas Ethernet y de comunicación basada en TCP/IP. La CPU S7-1200 soporta los siguientes protocolos de aplicación:

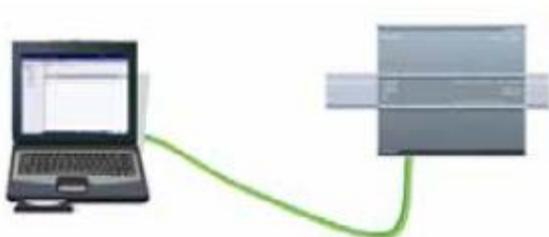
- Transport Control Protocol (TCP)
- ISO on TCP (RFC 1006)

La CPU S7-1200 puede comunicarse con otras CPUs S7-1200, programadoras STEP 7 Basic, dispositivos HMI y dispositivos no Siemens que utilicen protocolos de comunicación TCP estándar. Hay dos formas de comunicación vida PROFINET:

Conexión directa: La comunicación directa se utiliza para conectar una programadora, dispositivo HMI u otra CPU a una sola CPU.

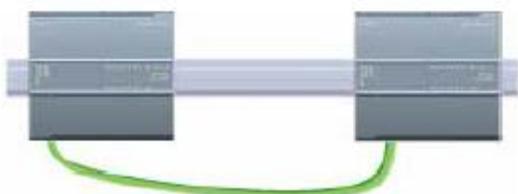
Conexión de red: La comunicación de red se utiliza si deben conectarse más de dos dispositivos (p. ej. CPUs, HMIs, programadoras y dispositivos no Siemens).

Conexión directa: Programadora conectada a una CPU S7-1200

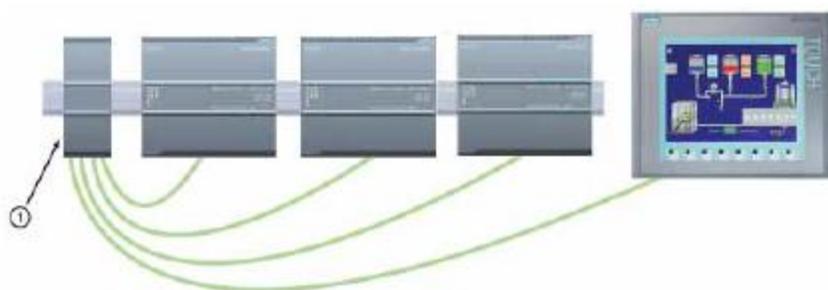




Conexión directa: HMI conectado a una CPU S7-1200



Conexión directa: Una CPU S7-1200 conectada a otra CPU S7-1200



Conexión de red:
Más de dos
dispositivos
interconectados,
utilizando un switch
Ethernet CSM 1227
(1).

Para la conexión directa entre un programador o un HMI y una CPU no se requiere un switch Ethernet. Un switch Ethernet se requiere para una red que incorpore más de dos CPUs o dispositivos HMI. El switch Ethernet de 4 puertos CSM1277 de Siemens montado en un rack puede utilizarse para conectar las CPUs y los dispositivos HMI. El puerto PROFINET de la CPU S7-1200 no contiene un dispositivo de comunicación Ethernet.

Número máximo de conexiones para el puerto PROFINET

El puerto PROFINET de la CPU soporta las siguientes conexiones simultáneas.

- 3 conexiones para la comunicación entre dispositivos HMI y la CPU
- 1 conexión para la comunicación entre la programadora (PG) y la CPU
- 8 conexiones para la comunicación del programa del S7-1200 utilizando instrucciones del bloque T (TSEND_C, TRCV_C, TCON, TDISCON, TSEN, TRCV)
- 3 conexiones para la comunicación entre una CPU S7-1200 pasiva y una CPU S7 activa
 - La CPU S7 activa utiliza las instrucciones GET y PUT (S7-300 y S7-400) o ETHx_XFER (S7-200).



– Una conexión S7-1200 activa sólo es posible con las instrucciones del bloque T.
Protocolos de comunicación necesarios

Para la comunicación entre el PLC y los componentes asociados a él, como son los motores y válvulas, el OP, el multímetro, etc., se especificaron protocolos de comunicación específicos

Profinet

La comunicación PROFINET se lleva a cabo a través de Industrial Ethernet. Se soportan los siguientes modos de transferencia.

- Transmisión a cíclica de datos de ingeniería y diagnóstico y alarmas.
- Transmisión cíclica de datos útiles

La comunicación PROFINET principalmente se realiza en RT (realtime/ tiempo real).

Acceso transparente a los datos

El acceso a los datos de proceso desde distintos niveles de la fábrica es asistido por la comunicación PROFINET. Gracias al uso de Industrial Ethernet, ahora pueden emplearse mecanismos estándar de las tecnologías de comunicación e información como OPC/XML junto con protocolos estándar como UDP/TCP/IP y HTTP en el sector de la automatización. Ello permite un acceso transparente desde el mundo del Ofice de la gestión de la empresa directamente a los datos de los sistemas de automatización en los niveles de control y producción.

Interfaz PROFINET con switch integrado

Los dispositivos PROFINET de la familia de productos SIMATIC disponen de una interfaz PROFINET (controlador Ethernet/interfaz) con uno o más puertos (conexiones físicas).

Los dispositivos PROFINET con varios puertos (dos o más) son dispositivos con switch integrado.

Los dispositivos PROFINET con dos puertos son especialmente adecuados para configurar la red con topología en línea o anillo. Los dispositivos PROFINET con tres o más puertos son especialmente adecuados para la configuración de topologías de árbol.

A continuación se explican características y reglas para la denominación de la interfaz PROFINET y su visualización en STEP 7.

Ventaja

Los dispositivos PROFINET con swicht integrado permiten configurar el sistema en topología en línea o en árbol. Muchos dispositivos actuales de PROFINET admiten también la configuración de estructuras en anillo.

Características

Todo dispositivo PROFINET puede ser identificado en la red de forma unívoca a través de su interfaz PROFINET. Para ello cada interfaz PROFINET dispone de:

- Una dirección MAC(ajuste de fábrica)
- Una dirección IP
- Un nombre de dispositivo (NameOfStation).



Identificación y numeración de las interfaces y los puertos

Las interfaces y los puertos se identifican con las siguientes letras para todos los módulos y dispositivos del sistema PROFINET:

| Elemento | Símbolo | Número de la interfaz |
|------------------|---------|--|
| Interfaz | X | A partir del número 1 ascendente |
| Puerto | P | A partir del número 1 ascendente (por interfaz) |
| Puerto de anillo | R | |

Tabla Num°1: Interfaz y puertos.

Especificación técnica

La interfaz PROFINET con swicht integrado y sus puertos se muestran esquemáticamente en el gráfico siguiente para todos los dispositivos PROFINET.

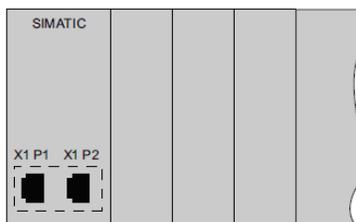


Fig.Num°9: Puertos de Profinet.

En la siguiente imagen se resumen las especificaciones técnicas de una interfaz PROFINET con switch integrado o con switch externo.



| Propiedad física | Técnica de conexión | Tipo de cable / medio de transmisión | Velocidad de transferencia / Servicio | Long. máx. segmento | Ventajas |
|------------------|--|--|---|---------------------|--|
| | | Estándar | | | |
| Eléctrica | Conector RJ 45 ISO 60603-7 | 100Base-TX Cable de cobre de par trenzado 2x2, simétrico y apantallado, exigencia de transmisión según CAT 5 IEEE 802.3 | 100 Mbits/s / dúplex | 100 m | Conexión de cable simple y económica |
| Óptica | SCRJ 45 ISO/IEC 61754-24 | 100Base-FX Cable de fibra óptica POF (Polymer Optical Fiber) 980/1000 µm (sección del núcleo/sección externa) ISO/IEC 60793-2 | 100 Mbits/s / dúplex | 50 m | Uso con grandes diferencias de potencial Insensible a la radiación electromagnética Baja atenuación del cable Posibilidad de segmentos considerablemente más largos |
| | | Fibra óptica recubierta de plástico (Polymer Cladded Fiber, PCF) 200/230 µm (sección del núcleo/sección externa) ISO/IEC 60793-2 | 100 Mbits/s / dúplex | 100 m | |
| | BFOC (Bayonet Fiber Optic Connector) y SC (Subscriber Connector) | Cable de fibra óptica – fibra monomodal 10/125 µm (sección del núcleo/sección externa) ISO/IEC 60793-2 | 100 Mbits/s / dúplex | 26 km | |
| | ISO/IEC 60874 | Cable de fibra óptica – fibra multimodal 50/125 µm y 62,5/125 µm (diámetro de núcleo/diámetro exterior) ISO/IEC 9314-4 | 100 Mbits/s / dúplex | 3000 m | |
| Ondas de radio | - | IEEE 802.11 x | Dependiendo de la ampliación utilizada (a / g / h / etc.) | 100 m | Mayor movilidad Interconexión económica con estaciones lejanas y difícilmente accesibles |

Tabla.Num°2: Especificaciones técnicas de una interfaz PROFINET.

Profinet está basado en **Industria Ethernet**, que es la adaptación de Ethernet en el entorno industrial. En comparación con el estándar Ethernet, la principal diferencia radica en la capacidad de carga y en la inmunidad contra perturbaciones de los distintos componentes.

PROFINET se utiliza en los dispositivos SIMATIC. Se usa para intercambiar datos a través del programa de usuario con otros interlocutores vía Ethernet. Se trata de una comunicación asíncrona que permite comunicarse con programadoras, dispositivos HMI y otros dispositivos de campo de cualquier fabricante, mediante protocolos estándar como:

- Protocolo User Datagram Protocol (UDP)
- ISO on TCP (RFC 1006)
- Transport Control Protocol (TCP)
- Modbus TCP

Además de la comunicación PROFINET, los controladores de Siemens incorporan un protocolo de tiempo real que permite intercambio de datos cíclicos con otros dispositivos de campo y periferia

descentralizada, denominado PROFINET IO.

PROFINET IO es la evolución del bus de campo PROFIBUS DP adaptado a su uso en redes Industrial Ethernet, entendido como un estándar de automatización basado en Ethernet de PROFIBUS/PROFINET Internacional. Los objetivos de PROFINET son:

- Interconexión industrial basada en Industria Ethernet (estándar Ethernet abierto)
- Compatibilidad de Industria Ethernet y componentes Ethernet estándar
- Gran robustez gracias a dispositivos Industrial Ethernet. Los dispositivos Industria Ethernet son apropiados para el entorno industrial (temperatura, inmunidad contra perturbaciones, etc.).
- Capacidad de tiempo real
- Integración sin discontinuidades de otros sistemas con bus de campo

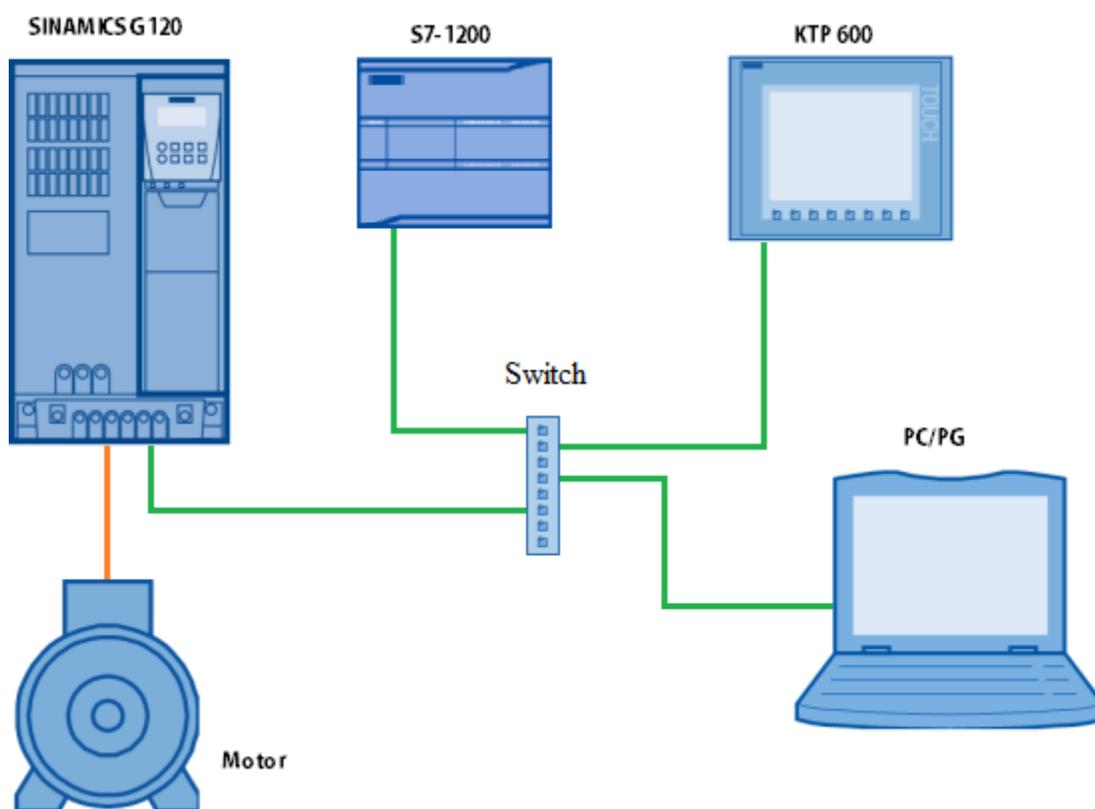


Fig.Num°10: Diagrama de red utilizado.

Tendremos por tanto, que sobre la misma interfaz de comunicación, ponemos establecer comunicaciones asíncronas al mismo tiempo que nos comunicamos en tiempo real con dispositivos de periferia descentralizada. Cada tipo de comunicación es adecuado para unas aplicaciones:

Comunicación asíncrona **PROFINET**

- ✓ Comunicación con programadora o supervisión PC/PG
- ✓ Comunicación con dispositivos HMI
- ✓ Comunicación con otros dispositivos Siemens (PUT/GET, TSENSD/TRECV...)



- ✓ Comunicación por protocolo libre (TCP, UDP, Modbus...)

Comunicación en tiempo real **PROFINET IO**

- ✓ Conexión con periferia descentralizada y dispositivos inteligentes
- ✓ Comunicación RT (topología libre, tiempos de ciclo $\geq 250 \mu\text{s}$)
- ✓ Comunicación ITR (topología determinística, tiempos de ciclo $< 250 \mu\text{s}$)
- ✓ Comunicación isócrona (sincronización de relojes de transmisión entre dispositivos)



Programación del PLC

Introducción

Para introducirnos en la programación del PLC, es necesario definir los tipos de datos que el PLC puede manejar, y la arquitectura del mismo. La periferia y el lenguaje de programación dependen de los requisitos de las tareas de automatización. El Simatic S7 contiene bloques donde se alojan las distintas partes del programa y una vez realizado el mismo se lo transfiere al controlador.

En éste punto vamos a describir los lineamientos a seguir para la programación del controlador, primeramente definiendo los datos a utilizar, posteriormente, definiendo los bloques indispensables para la lógica, y por último la rutina a seguir y la comunicación con los diferentes equipos, ya sean de campo como de interfaz humana.

Datos manejados

Los tipos de datos manejados se pueden resumir según la siguiente tabla:

| Área | Tipo | | | | |
|----------------------|---------|--------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | Bit (X) | Byte (B) 8 bits | Word (W) (2 bytes) | Doble Word (D) (4 bytes) | Real (D) (4 bytes) |
| Entradas digitales | E 0.0 | EB 0 | EW 0 | ED 0 | |
| Salidas digitales | A 0.0 | AB 0 | AW 0 | AD 0 | |
| Entradas analógicas | | PEW 0 | | | |
| Salidas analógicas | | PAW 0 | | | |
| Marcas internas | M 0.0 | MB 0 | MW 0 | MD 0 | MD 0 |
| Bloque de datos (DB) | DBX 0.0 | DBB 0 | DBW 0 | DBD 0 | DBD 0 |

Tabla.Num°3: Tipos de datos manejados.

Las siglas E, EB, EW, ED hacen referencia al tipo de dato a utilizar, los números que siguen a estas siglas hacen referencia a la posición del bit, del byte del Word o del doble Word utilizado.

Las marcas internas (M) son porciones de memoria de la CPU que se utiliza para almacenar resultados intermedios, y no son retentivas.

Hay que destacar que este PLC direcciona a nivel de byte y en caso de utilizar más de un byte, como en un Word, doble Word, o real el primer byte que se direcciona es el más significativo.

Dato real

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| Byte 3 | Byte 2 | Byte 1 | Byte 0 |
|--------|--------|--------|--------|

Tabla.Num°4: Ejemplo de direccionamiento en memoria de un valor real.



| | |
|------------|--------|
| Posición 0 | Byte 3 |
| Posición 1 | Byte 2 |
| Posición 2 | Byte 1 |
| Posición 3 | Byte 0 |

Tabla.Num°5: Almacenamiento en memoria (del área correspondiente).

Arquitectura de programación

Una vez definidos los tipos de datos, se puede realizar la descripción de los bloques utilizados para la programación. En general se pueden diferenciar los tipos de bloques según su contenido, estos son bloques lógicos, que contienen partes del programa, y bloques de datos, que almacenan solamente datos.

Los bloques de organización (OB): los OBs constituyen la interfaz entre el sistema operativo de la CPU y el programa de usuario. En los bloques de organización se determina el orden de procesamiento del programa de usuario. Son llamados por el sistema operativo y controlan el procesamiento cíclico y controlado por alarmas del programa, el comportamiento de arranque del sistema de automatización y el tratamiento de los errores.

Programando los bloques de organización se define el comportamiento de la CPU. Los bloques de organización determinan la secuencia (eventos de arranque) en la que habrán de ejecutarse las diferentes partes del programa. El sistema operativo de la CPU del S7 ejecuta el OB1 de forma cíclica. Una vez finalizada la ejecución del OB1, el sistema operativo comienza a ejecutarlo de nuevo. En el OB1 es posible realizar la llamada a bloques de función (FBs, SFBs) o a funciones (FCs, SFCs).

Bloque de Función (FB): Un FB es un bloque lógico programable con datos estáticos⁷. Un FB es un bloque “con memoria” que contiene un programa que se ejecuta siempre cuando el FB es llamado por otro bloque lógico. Dispone de un bloque de datos asignado como memoria (bloque de datos de instancia).

Los parámetros que se transfieren al FB, así como las variables estáticas, se memorizan en el DB de instancia. Un FB ofrece la posibilidad de transferir parámetros al programa de usuario, por lo tanto los bloques de función se adecuan para programar operaciones complejas que se repitan con frecuencia.

Bloque de función del sistema (SFB): Un bloque de función de sistema es un bloque de función integrado en el sistema operativo de la CPU que se puede llamar, dado el caso, desde el programa de usuario. Estos bloques ya están prediseñados por el fabricante y cumplen funciones específicas. Al igual que los FBs, los SFBs son bloques “con memoria”. Para los SFBs se han de crear también bloques de datos de instancia y cargar en la CPU como parte integrante del programa.

Módulos de Función (FC): Las funciones son bloques programables. Una función es un bloque lógico “sin memoria”. Las variables temporales de las FCs se memorizan en la pila de datos locales. Estos datos se pierden tras el tratamiento de las FCs. Para fines de memorización de datos, las funciones pueden utilizar bloques de datos globales.



Como una FC no tiene asignada ninguna memoria, se han de indicar siempre parámetros actuales. La FC contiene un programa que se ejecuta cada vez que la FC es llamada por otro bloque lógico. Las funciones se pueden utilizar para devolver un valor de función al bloque invocante (ejemplo: funciones matemáticas), o para ejecutar una función tecnológica (ejemplo. Control individual con combinación binaria).

Funciones del sistema (SFC): Una función del sistema es una función pre programada integrada en la CPU S7. La SFC se puede llamar desde el programa. Como las SFCs forman parte del sistema operativo, no se cargan como parte integrante del programa. Al igual que las FCs, las SFCs son bloques “sin memoria”.

Bloques de Datos (DB): los DBs sirven para depositar datos de usuario, es decir que los bloques de datos contienen datos variables con los que trabaja el programa de usuario. Los bloques de datos globales contienen datos de usuario utilizables desde otros bloques.

Existen bloques de datos globales que se cargan con datos que son referenciados reiteradas veces y por más de un bloque y bloques de datos de instancia que se cargan con los datos utilizados en un FB, es decir, que a cada llamada de un bloque de función que transfiere parámetros está asignado un bloque de datos de instancia.

Al contrario de los datos en el área de datos locales, los datos contenidos en un DB no son borrados al cerrar el DB o al concluir el tratamiento del correspondiente bloque lógico. Cada FB, FC u OB puede leer los datos de un DB global o escribir datos en un DB global. Estos datos se conservan en el DB incluso al abandonar dicho DB. También es importante destacar que los datos que permanecen en los DBs son retentivos, es decir, que ante falla del PLC o del Suministro de energía, los valores que estos DBs contenían no se borran.

Marcas: Son áreas de memoria en la CPU que se utilizan para guardar resultados de operaciones o para fijar valores. Una marca se guarda en la memoria volátil de la CPU, por lo que ante un corte de energía su información (estado) se pierde.

Configuración y parametrización del programador lógico

El primer paso para llevar a cabo la programación del PLC es la configuración de Hardware, donde se colocan los dispositivos que estarán conectados a la CPU, esos dispositivos son módulos de entrada – salida (IO o E/S) y estas pueden ser digitales o analógicas. Por lo tanto ya realizado el estudio de la planta y una vez que se conozcan todos los equipos que se desean manejar y controlar, se podrá configurar los módulos de IO necesarios.

Para éste proyecto, a la CPU S7-1214, se le conectaron:

- Un módulo de 8 entradas digitales y 8 salidas digitales
- Un panel de operación vía profinet
- Un variador de velocidad G120C vía profinet

La configuración de las redes de conexión del PLC se muestra a continuación:

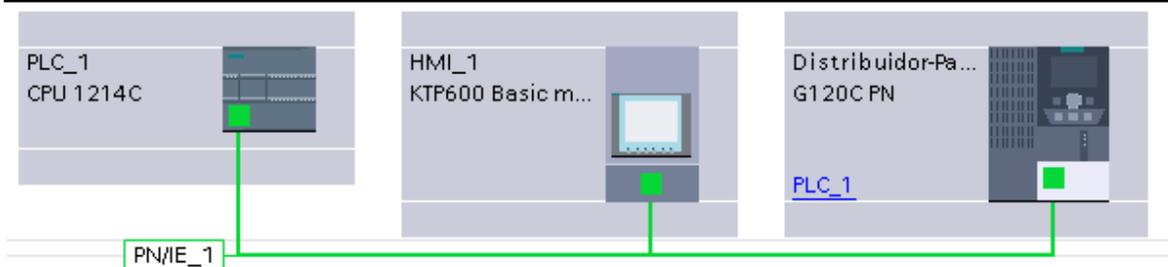


Fig.Num°11: Configuración de red vista en TIA PORTAL.

Previo a la programación y posteriormente a la configuración de hardware, se realiza el simbólico, que es el listado de todos los tags⁸ necesarios en el programa, es bueno destacar que este puede ser modificado reiteradas veces. En este simbólico deben especificarse el tipo de dato que representa y la dirección asignada a ese tag.

El paso siguiente es el editor de programa, dónde se cargan los bloques necesarios. En la siguiente imagen se muestra la disposición que adoptan los bloques en el programa:¹

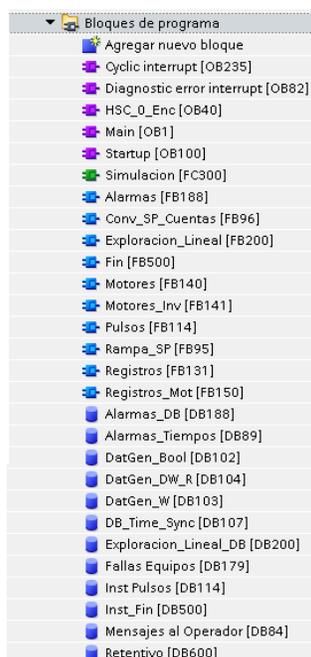


Fig.Num°12: Disposición de los bloques en el programa.

El último paso es la programación, y una vez que ésta está realizada se procede a descargar el programa al PLC. Es muy importante tomar los recaudos necesarios ya que una vez que se le descarga el programa al controlador, los datos que éste tenía se pierden, por eso, la primera descarga no genera este tipo de problemas, pero las descargas posteriores de la aplicación si pueden borrar datos importantes que la planta necesitaba resguardar.



El programa

El programa en sí, consiste en lograr cumplir con las especificaciones descriptas, para ello se llevó a cabo el análisis de la planta. Dicho análisis permite definir la lógica a seguir, los enclavamientos que hay que realizar, y el control que se debe ejercer sobre sí misma.

Son muy importantes las medidas de seguridad que se tomarán porque de ello depende el correcto funcionamiento de la planta.

Cada equipo cuenta con una palabra de comando y una de estado, con el comando el PLC le asigna la operación que este equipo debe realizar, y el equipo le envía al PLC su estado, que se guarda en la palabra de estado del mismo, en ella se puede chequear si el equipo funciona correctamente o si existe una falla en él. Igualmente ante una falla da aviso con la alarma correspondiente indicando el nombre del equipo en falla y el tipo de falla que le afecta.

Generalidades

Los OBs utilizados en este trabajo sirven para controlar el procesamiento cíclico y detectar fallas y errores tanto en la conexión de dispositivos como la lógica de programación.

La ejecución cíclica de programas es la ejecución “normal” en los sistemas de automatización, entonces, el sistema operativo llama cíclicamente al OB 1 y arranca la ejecución cíclica del programa de usuario.

Los demás bloques de organización permiten organizar distintos tipos de alarmas, tratamientos de errores, por ejemplo, ante algún tipo de falla dentro de un tiempo determinado (configurable) se interrumpe la ejecución cíclica del programa, estos OBs impiden que siga ejecutándose el programa poniendo la CPU en STOP.

En el OB1 deben colocarse todas las llamadas a las subrutinas; en él colocamos la subrutina de llamada al comando para los equipos, las alarmas, las funciones especiales como la llamada a las subrutinas de cada subsistema y también la subrutina del envío y recepción de datos mediante el protocolo Modbus, entre otras. Cuando el programa llega a una línea ejecuta esa línea, por lo que el llamado a subrutinas permite que en el OB1 se encuentre organizado todo el programa.

Los bloques de función son bloques que permiten programar una función que puede ser llamada reiteradas veces y en distintos FBs o FCs. El control de cada motor y válvula se realiza en un FC llamado a un FB general que controla el funcionamiento del equipo. Estos FB trabajan conjuntamente con otro FB que es el encargado de enviar el comando a realizar a un equipo y recibir de éste el estado en el que se encuentra.

Para la lectura de las señales analógicas enviadas por los medidores de nivel en los tanques de dilución, se utiliza un FB (Lectura de Niveles, este FB se explica en detalle posteriormente). En el mismo FB se realizan las lecturas de nivel de los tres subsistemas, lo que permite ante algún tipo de falla en el nivel poder recurrir fácilmente a este FB de lecturas de niveles, existe el FB de lecturas analógicas encargado de tomar los valores que ingresan en las entradas analógicas, convertirlas y guardar los datos para que puedan ser utilizados cuando se necesiten y en cualquier FB o FC.



Para generar la lógica de funcionamiento automático, existen los FB de subrutina de dilución para cada subsistema, en estas se realiza la lógica combinatorial necesaria para cumplir los requisitos de los sistemas.

Para la comunicación vía Modbus sea posible, se crea un FB de transmisión y recepción de datos Modbus que comunica al PLC con el DCS.

Los DB existentes guardan los datos relacionados con FBs (DBs de instancia) y RCs pero además hay algunos que guardan datos generales que pueden ser escritos o leídos por cualquier bloque.

La configuración del sistema requiere de SFBs y SFCs que permiten el correcto funcionamiento del controlador.

Por último existen Tablas de Variables (VAT) que se utilizan para simular el proyecto o simplemente para visualizar una variable en particular, en los VAT se ingresan las variables y se puede ver el estado en que se encuentra, inclusive es posible forzarle un valor (este procedimiento es muy útil en la prueba de comunicación entre el PLC y los módulos de E/S).

Alarmas

A continuación se describe el FB de alarmas:

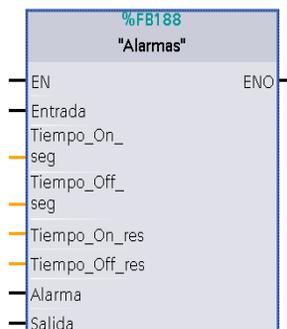


Fig.Num°13: Bloque de alarmas

Entrada: Entrada para evaluación de condición de alarma, siempre en formato booleano.

Tiempo_On_seg: Tiempo en segundos, desde que la entrada de alarma pasa a "1" y la salida pasa a "1".

Tiempo_Off_seg: Tiempo en segundos, desde que la entrada de alarma pasa a "0" y la salida pasa a "0".

Tiempo_On_res: Tiempo restante para activación de salida.

Tiempo_Off_res: Tiempo restante para desactivación de salida

Alarma: Bit de alarma.

Salida: Bit de salida. Por lo general se utiliza una marca para luego utilizarse en el resto de la lógica del PLC.



Control de motores

Uno de los FBs más utilizados es el FB de motores, que es una subrutina programada con parámetros necesarios para el funcionamiento de un motor y puede ser llamada por una función que controle un motor, de hecho, cada FC que comanda una bomba o un agitador, llama a este FB. Cuando el FC llama al FB de motores, dicho FB escribe los datos que utiliza en su DB de instancia, y cuando se hace referencia a un equipo determinado, en el DB de instancia se carga el número de ese equipo y se pueden visualizar los valores que tiene en ese momento el motor designado.

El control de equipos trabaja conjuntamente con otro FB que tiene gran importancia, este FB se lo denomina CdoScada, este FB interactúa con el OP y el DCS (puede trabajar de igual manera con un SCADA).

La función del CdoScada reside en que cuando se desea habilitar un equipó, (se clikea sobre el equipo en el DCS o se presiona sobre el equipo en el panel) se escribe una variable con el número de equipo, otra con el comando a realizar (marcha, parada, deshabilitación del mismo, etc.) y estos valores son enviados al PLC (los valores se escriben en el DB de instancia del FB CdoScada y son utilizados por el FB de motores) que procesa la información y en el caso de que las condiciones estén dadas habilita el equipo en cuestión (según el número de equipo) y le designa la función que se le solicito cumplir (comando), el equipo, por su parte, le envía al PLC su estado (marcha automático, marcha manual, falla, etc.), y el PLC lo envía al OP y/o DCS.

En el caso de que el equipo seleccionado este en falla, en la palabra de estado enviada por dicho equipo al PLC, se le informa a éste último el tipo de falla en el que se encuentra el equipo, esa falla es mostrada tanto en el alarmero del OP como en el DCS.

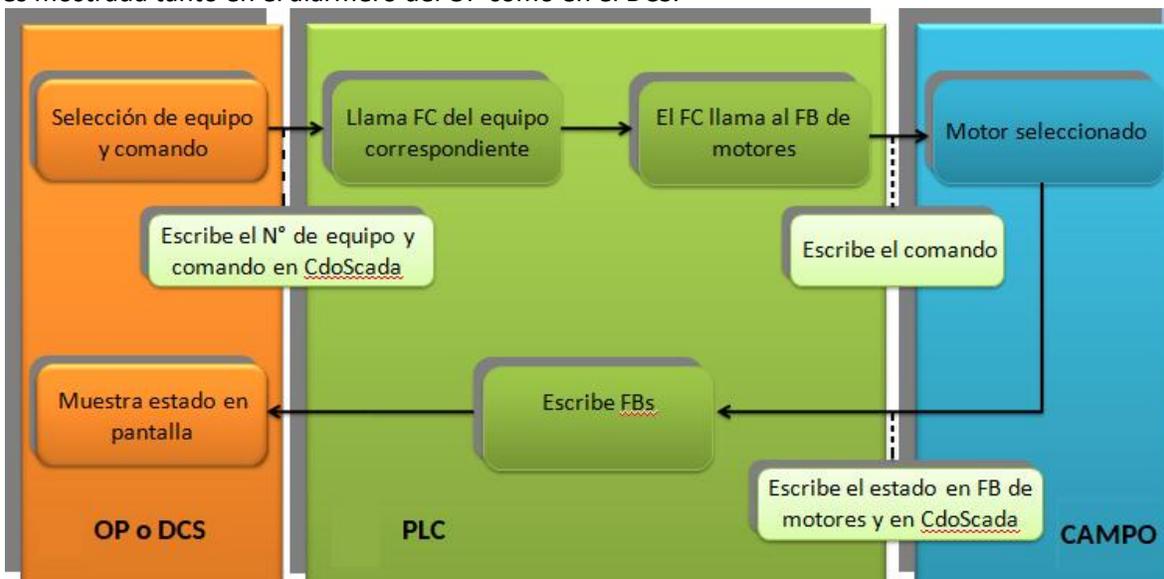


Fig.Num°14: Pasos que realiza el programa para comandar un equipo.



Considerando la importancia del FB de motores, se describen a continuación:

Bloque con posibilidad de marcha inversa

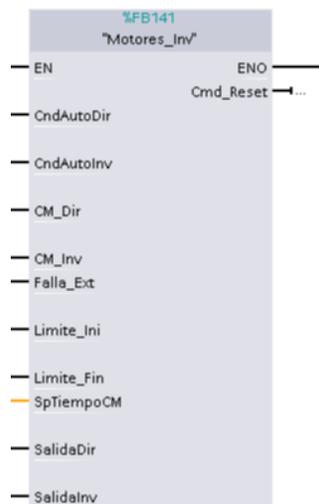


Fig.Num°15: Bloque Motores con inversión de marcha.

CndAutoDir: Condición de marcha automática directa.

CndAutoInv: Condición de marcha automática inversa.

CM_Dir: Retorno de confirmación de marcha directa.

CM_Inv: Retorno de confirmación de marcha inversa.

Falla_Ext: Fallas externas.

Limite_Ini: Límite inicial para parar el motor

Limite_Fin: Límite final para parar el motor.

SpTiempoCM: Tiempo de confirmación de marcha.

SalidaDir: Salida digital que va al contactor del motor.

SalidaInv: Salida digital que va al contactor del motor.

Cmd_Reset: Comando para resetear el motor.

Bloque de marcha directa

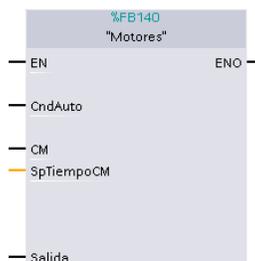


Fig.Num°16: Bloque Motores directos.

CndAuto: Condición de marcha automática.

CM: Retorno de confirmación de marcha.

SpTiempoCM: Tiempo de confirmación de marcha.

Salida: Salida digital que va al contactor del motor

Así como está el FB que controla los motores, existe el FB de comando de electroválvulas que es semejante al de motores y que normalmente se lo denomina registro porque además de electroválvulas puede controlar clapetas. Este FB es llamado por los FC que comandan electroválvulas y en su DB de instancia se puede observar los datos de estado de la misma. Las electroválvulas pueden tener uno, dos o ningún sensor que indican apertura o cierre de la válvula.

En caso de falla en apertura o cierre de la válvula, se produce una falla en dicho equipo, lo que genera una alarma.

Puede ocurrir que el PLC envía una señal para apertura de válvula y la válvula no abra, lo que ocurrirá es una falla en dicha válvula porque se le dio la orden de apertura y no se llevó a cabo la acción, esa falla es utilizada para generar la alarma del equipo.

Cómo se describió el FB de motores, y considerando que el FB de registros tiene similar importancia, el FB de registros se describe a continuación:

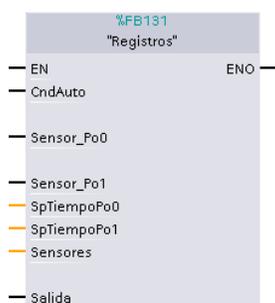


Fig.Num°17: Bloque Registros.

CndAuto: Condición de marcha automática.

Sensor_Po0: Entrada de sensor para clapeta cerrada (en caso de existir).

Sensor_Po1: Entrada de sensor para clapeta abierta (en caso de existir).

SpTiempoPo0: Tiempo de espera al cierre antes de dar falla por falta de señal del sensor.

SpTiempoPo1: Tiempo de espera a la apertura antes de dar falla por falta de señal del sensor.



Sensores: Indica el número de sensores y cuales existen, los valores pueden ser:

- 0= sin sensores
- 1=sensor de válvula abierta
- 2=sensor de válvula abierta + cerrada
- 3=sensor de válvula cerrada

Salida: digital de comando a electro válvula.

Lecturas analógicas

Las PEW llegan al PLC en formato de cuentas con un valor de 4 a 20 mA o de 0 a 20 mA, depende del tipo de sensor utilizado, si ese valor se necesita en cuentas se utiliza directamente la entrada analógica, en el caso que se requiera un valor en formato real en coma flotante, el valor debe ser tomado de la salida del FB de lecturas analógicas, que tiene como entrada la PEW y como salida el correspondiente valor en formato real. En forma general se puede decir que este bloque realiza una conversión de cuentas a real, para el caso de los sensores de 4 a 20 mA, en 4 mA se tiene el mínimo de cuentas y en 20 mA se tiene 27.648 cuentas que es el máximo valor, para este bloque se toman como parámetros de entrada el valor de la PEW el límite mínimo, el límite máximo y el tipo de sensor utilizado.

En el ejemplo siguiente se muestra como está conformado el FB de lecturas analógicas, la PEW convertida es la que representa el pH para uno de los lazos utilizados:

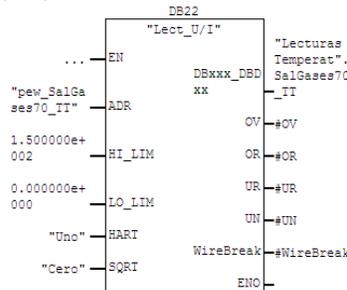


Fig.Num°18: Bloque Lecturas Analógicas.

En ADR se introduce la PEW, con el HI_LIM (límite superior) y el LO_LIM (límite inferior) se escala el valor de la PEW y en DBxxx_DBDxx (salida) se coloca el valor ya escalado y en formato coma flotante.

Como ya se explicó con anterioridad, se pueden producir errores de cable cortado del sensor, o por sobre-rango, sub-rango, o por desbordamiento inferior o superior que son tratados con el FB de alarmas para que ante alguno de estos errores se pueda reconocer el tipo al que pertenece y posibilitar su solución, como se observa en la imagen, estas señales de falla son salidas de este bloque y son utilizadas como entradas al FB de alarmas.

HART hace referencia al tipo de señal prove4niente del sensor, si en esta pata hay un "uno" es porque el sensor envía una señal de 4 a 20 mA, si hay un "cero" la señal es de 0 a 20 mA.

En SWRT en caso de ser necesario se le saca la raíz cuadrada a la PEW y en la salida aparece este valor.

Se puede ver que la imagen del bloque es distinta a los otros bloques del programa. Esto se debe a que no se han utilizado entradas analógicas para éste proyecto, y la imagen se sacó del estándar utilizado.

Equipos de interfaz: El panel de Operaciones

Introducción

En éste capítulo se muestran las características funcionales de los equipos conectados al PLC que hacen de interfaz entre el controlador y los operarios, tanto para el funcionamiento del sistema como para el chequeo de alarmas se utilizan estos dispositivos. Se presentan también el tipo de conexión que requiere el OP y la programación del mismo.

Integración del panel al PLC

El OP utilizado es de marca Siemens y el modelo es KTP600 Basic mono PN, éste panel permite utilizar de forma aún más eficiente los proyectos basados en textos o gráficos para realizar tareas de manejo y visualización simples o medianas en máquinas e instalaciones. En éste panel existen pantallas que representan la máquina, así como también menús para el manejo de las mismas. El OP se conecta al PLC y éste envía y recibe la información de los equipos que están siendo controlados. La comunicación entre el panel y el PLC se realiza vía Profibus.

Este panel posee una pantalla táctil que permite la interacción humana al control realizado con el controlador.

Éste panel se programa con el software TIA PORTAL pero se debe integrar al PLC para poder compartir las variables utilizadas por el PLC.

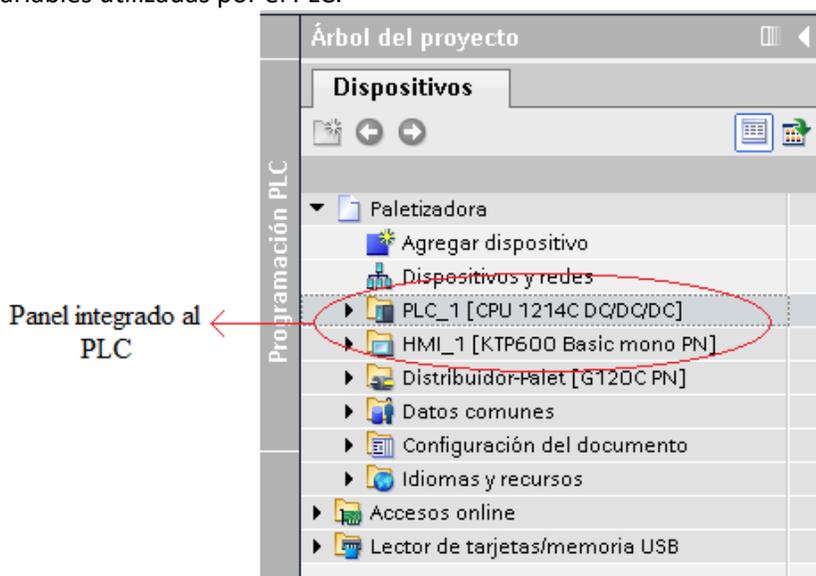


Fig.Num°19: Panel integrado al PLC.

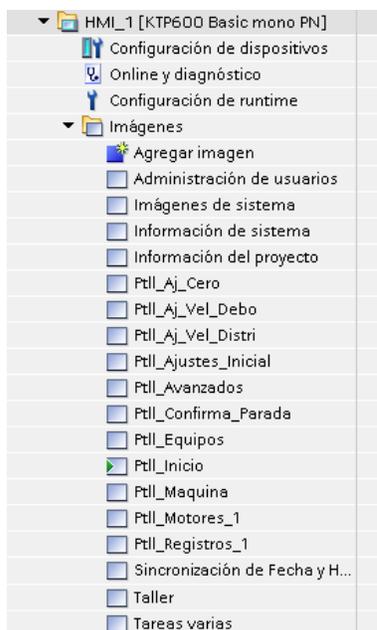


Fig.Num°20: Objetos del panel desde el TIA PORTAL.

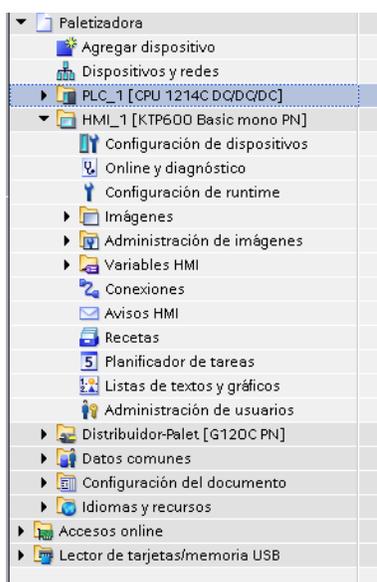


Fig.Num°21: Panel integrado al PLC.



La pantalla táctil del panel, le permite al operador presionar los botones que existen en las pantallas de la máquina, y así realizar acciones sobre los equipos que corresponda. Este panel al comunicarse vía Profibus con el PLC, las variables del PLC quedan compartidas y pueden ser utilizadas en el panel, lo que permite llevar el control de la planta. Entre otras tareas se puede mencionar control de motores y válvulas, visualización del nivel de los tanques, chequeo del estado de los equipos, etc.

Recursos del panel

El software utilizado contiene herramientas que el panel permite utilizar, con estas herramientas se conforman las pantallas, estas herramientas permiten realizar animaciones de los objetos para definir un estado determinado y permitir el seguimiento del proceso y así controlarlo. La visibilidad o el color del objeto dependerá del estado en el que este se encuentre, por ejemplo una bomba en funcionamiento manual tendrá un color verde, pero si está en falla estará en roja, esto es posible gracias a la comunicación del panel con el PLC, y al tratamiento de los datos que realiza este último.

Cuando se presiona un botón en el panel, se escribe una variable determinada que es compartida con el PLC, por lo que el PLC recibe el valor de esta variable y realiza la acción que le corresponde, cuando se está efectuando dicha acción (y es el caso de un motor o válvula), se puede visualizar el estado del objeto en cuestión ya que el PLC envía al panel un valor de la variable que está animando dicho objeto.

A continuación se muestra el programa utilizado para la programación del OP, y se realiza una breve descripción de las distintas capas y solapas que son necesarias para la animación de los objetos.

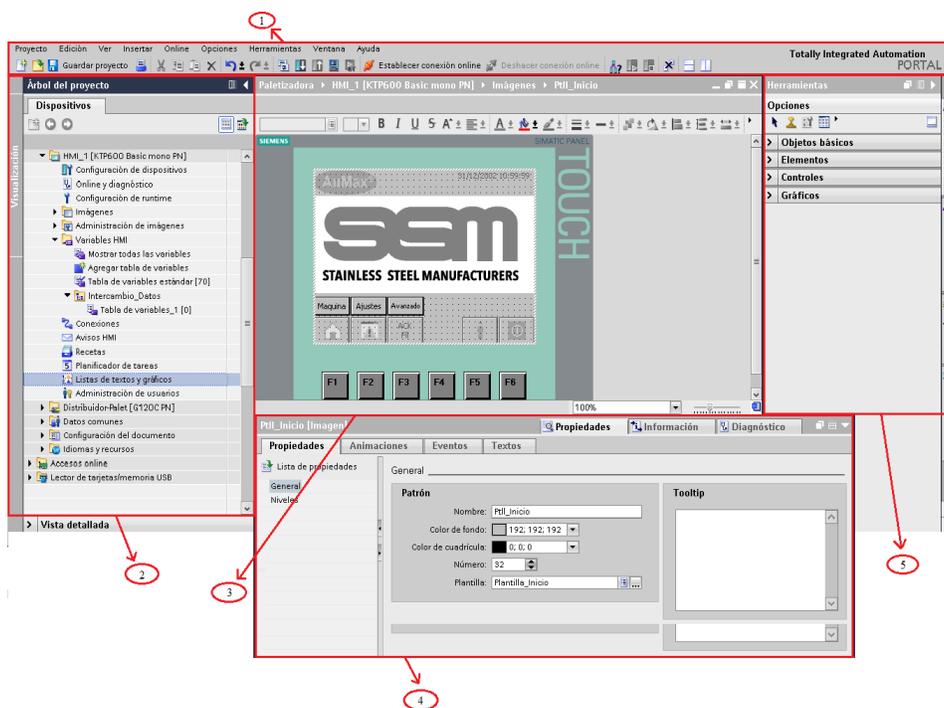


Fig.Num°22: Ventanas de trabajo para el OP.



1- Barra de herramientas: ésta se puede personalizar, y se utiliza como cualquier otra barra de herramientas que permiten, entre las funciones más comunes, abrir, guardar y cerrar proyectos, corar, pegar, buscar y reemplazar, etc.

Una barra propia de este programa es la barra de herramientas de Generador, es la que permite generar el código necesario que ha interpretado el programa según lo que ha sido programado en las diferentes pantallas, en esta barra también se encuentran el botón de Runtime para simulación, y el depurador de errores que detecta la ubicación de errores en caso de que éstos existan en alguna de las pantallas.

El resto de las barras que forman la barra de herramientas contienen funciones para editar las propiedades de objetos tales como posición tamaño, etc.

2- Solapa Proyecto: en esta solapa aparece todo el proyecto que se está realizando, en dicha solapa se pueden ver las imágenes que contiene el proyecto, las comunicaciones (con tiene las carpetas de variables, las conexiones con el controlador, etc.), las líneas de textos y gráficos muy utilizadas en la programación de las pantallas, entre otras cosas.

En esta solapa se puede navegar por el proyecto para realizar las configuraciones necesarias para el correcto funcionamiento del OP, es bueno destacar que la opción de comunicación se actualiza sola una vez que es actualizado el tipo de comunicación que utilizara el PLC para comunicarse con el OP para el intercambio de datos, esta comunicación es configurada en el hardware del PLC.

3- Pantallas gráficas: éstas son las pantallas que conforman el proyecto, estas pantallas se programan de tal manera que representen lo más similar posible a la máquina o planta en cuestión, cada objeto que se encuentra en dicha pantalla puede ser animado y puede responder a una variable sea ésta interna o proveniente del PLC. Como estas pantallas son la interfaz que le permite al usuario tener cierto control del sistema, ellas deben tener toda la información necesaria para que el operario sea capaz de resolver los problemas que puedan surgir, ya sea ante falla de un equipo particular o ante un fallo de cualquier otro tipo que pueda darse, como corte de energía o parámetros fuera de especificación.

4- Solapa de propiedades: en ésta solapa aparecen las propiedades del objeto que se está seleccionando, este objeto puede ser un objeto propio de una pantalla o puede ser la misma pantalla tomada como objeto. Las propiedades de los objetos pueden modificarse y es esta solapa donde se produce la animación de dicho objeto, además, y tal vez lo más importante de esta solapa, es la asignación de una variable al objeto para que este responda al cambio de la misma y de esta manera lograr la animación del mismo.

5- Solapa de Herramientas: la solapa de herramientas contiene los objetos que se introducen en las pantallas y que conformarán la pantalla que represente la máquina en cuestión o parte de ella. Existen objetos prediseñados, objetos básicos y gráficos de equipos que se utilizan para asignarles variables para mostrar la automatización del sistema. Cada bomba, tanque, cañería, etc. Que se presentan como objetos animados se extraen desde esta solapa.

Lo que se pretende hacer con el OP es representar de forma fiable y lo más real posible, lo que se tiene en la planta, como esto no es posible realizarlo en una pantalla, se realizan varias de ellas y se configuran botones para la navegación en el panel.

Conjuntamente con las palabras de configuración y estado que utiliza el PLC como datos, dichos datos se guardan conjuntamente en una variable que se utiliza para animar bombas, motores y válvulas, según el valor de la palabra de comando, el equipo deberá realizar una operación determinada (marcha manual, habilitación automática, entre otras), cuando se le da la orden correspondiente al comando, el equipo responde con una variable que contiene los datos de su estado (marcha manual, en marcha automático, en falla, etc.), con ese estado se le asocia un color o una determinada visibilidad para el operario entienda lo que le está sucediendo a ese equipo.



Ante una falla aparece un cartel indicador sobre el equipo que da aviso de la falla, para lo cual el operario deberá chequear la pantalla de alarmas para determinar qué tipo de falla afecta al equipo. Lo que se realiza en la programación del PLC es lo que se representa en las pantallas del OP.

Para el envío de comandos, es necesario que en el OP existan botones que estarán animados y configurados con las variables correspondiente a un equipo particular (comando de motores y válvulas), estos botones cuando son presionados escriben una variable que es enviada al PLC y que éste utiliza para realizar las acciones pertinentes, esto es, enviarle la orden correspondiente al equipo apuntado en el OP.

Con el fin de ahorrar memoria y para mayor aprovechamiento de los recursos del OP, existen listas de textos y listas de gráficos que pueden ser llamadas por diferentes equipos que estén sometidos a iguales características, por ejemplo, todas las bombas y motores utilizan la misma lista de texto que es la indicadora de su estado, entonces solo se realiza una lista y en ella se colocan las características comunes a estos equipos.

| Listas de textos | | |
|---------------------------|-------------|--------|
| Nombre | Selección | Com... |
| Auto-Man_Lazo | Rango (...) | |
| CdoMotor | Rango (...) | |
| CdoMotorInv | Rango (...) | |
| Comando_Lazo | Rango (...) | |
| Estado motores | Rango (...) | |
| Estado Registros | Rango (...) | |
| Estado_Lazo | Rango (...) | |
| EstMotoresInv | Rango (...) | |
| Lista_BAB | Rango (...) | |
| Nombre_imagen_lista_texto | Rango (...) | |

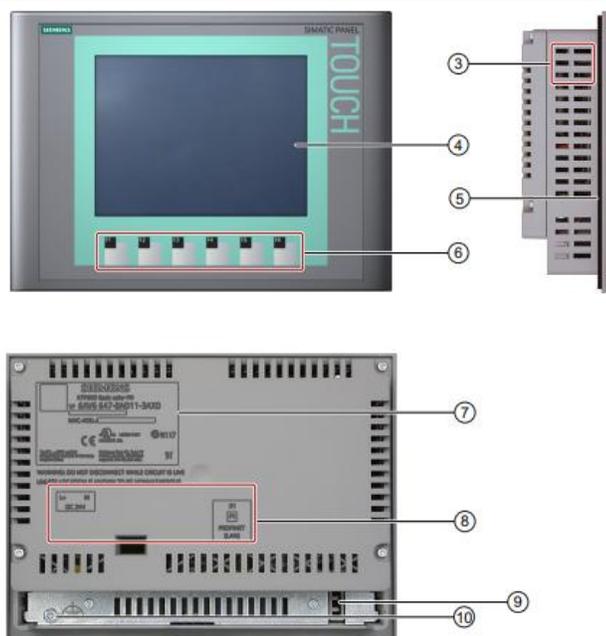
| Entradas de la lista de textos | | |
|--------------------------------|---------|-------------------|
| Prede... | Valor | Texto |
| <input type="radio"/> | 0 | Deshabilitado |
| <input type="radio"/> | 1 | Deshab. con cond. |
| <input type="radio"/> | 2 - 9 | Auto sin cond. |
| <input type="radio"/> | 10 | Marcha manual |
| <input type="radio"/> | 11 - 15 | Marcha auto |
| <input type="radio"/> | 16 - 20 | Falla Motor |

Fig.Num°23: Recursos de textos.

Descripción del panel de operaciones

El panel de operación (OP) es la interfaz humana – máquina (HMI), que le permite al usuario – operario controlar y visualizar el sistema de automatización. El panel utilizado es el KTP600 –Basic mono PN B de 5.7” se caracteriza por su pantalla táctil, breve tiempo de puesta en marcha, el gran tamaño de su memoria de trabajo y su elevado rendimiento, haciéndose optimizado para proyectos basados en TIA Portal. El KTP600 Basic mono dispone de puertos de conexión a redes PROFIBUS Y PROFINET.





- | | |
|--|--------------------------------|
| ① Conexión para la fuente de alimentación | ⑥ Teclas de función |
| ② Interfaz PROFINET | ⑦ Placa de características |
| ③ Escotaduras para una mordaza de fijación | ⑧ Nombre del puerto |
| ④ Pantalla/pantalla táctil | ⑨ Guía para una tira rotulable |
| ⑤ Junta de montaje | ⑩ Conexión de tierra funcional |

Fig.Num°24: Estructura de panel de operador KTP600 Basic mono PN 5.7 “.

Para el KTP600 Basic mono PN, se dispone de las siguientes opciones de software:

- WinCC flexible y WinCC (TIA Portal) a partir de V11

El control de la planta es posible debido a que en las pantallas se representan los equipos que forman parte de un sistema a través de objetos que poseen propiedades configurables, mediante la dinamización de estos objetos, el operario es capaz de determinar el comportamiento del sistema.

Ante cualquier anomalía, en el panel se puede visualizar y detectar el tipo de anomalía y entonces corregirla.

Algunas posibilidades de las OP son:

- Acceso rápido y sencillo a los datos del sistema.
- Supervisión y control del proceso.
- Visualización del proceso.
- Modificación de parámetros y órdenes (sólo en algunos casos).

Todo OP posee los siguientes componentes:



- CPU (normalmente un procesador 486 o 386).
- Pantalla
- Teclado.
- Puerto(s) de comunicación.
- Ranuras de expansión (según modelo y fabricante).

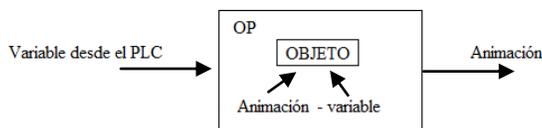
La CPU es la encargada de realizar todas las funciones del aparato. Se encarga de:

- Lectura del teclado.
- Lectura de datos por el puerto correspondiente de comunicación (serie, bus de campo, etc.).
- Procesamiento de los datos recogidos.
- Envío de datos por el puerto de comunicación (si es necesario).
- Presentación de los datos en pantalla.

Cómo es lógica la CPU posee su propia memoria RAM y ROM para poder almacenar el programa de tratamiento de datos y presentación (Sistema operativo del OP) y para almacenar los datos convenientes. De esta forma se evita consumir tiempo de CPU y memoria de otro sistema externo (como un PLC).

Programación del OP

Utilizando los recursos antes mencionados se procede a la programación de las pantallas del OP. Como ya se mencionó anteriormente, esta programación consiste en asignarle una variable a cada objeto y una animación que este pueda tener en caso de ser necesario, ese objeto se va a animar solo cuando este el valor de la variable que se utilizó para la animación.



Cuando la variable que comparte con el PLC toma un valor determinado, que es el valor con el cual el objeto se animará, el objeto realiza la animación que fue programada, de este modo se realiza las animaciones de cada objeto particular que forman las pantallas del panel.

Para determinar la programación que se realiza sobre una pantalla, se toma como ejemplo una de las pantallas de la paletizadora y se realiza la descripción detallada de cómo están configurados los objetos de la misma. Para ver las demás pantallas realizadas se deberá acudir al anexo del trabajo final.



Sistema HMI

Para el control de la paletizadora se utilizó el Sistema HMI (Human Machine Interface) de Siemens. El mismo permite interactuar directamente con el PLC para el control de la maquina en forma directa y segura.

Básicamente, se manejan los datos que se quieren ingresar al sistema de control (PLC) desde pantallas previamente configuradas de donde se pueden operar en automático motores, válvulas y otras operaciones.

El sistema puede contener manejos que requieran conocimientos profundos de la instalación, por lo que deben realizarse con la debida cautela.

El sistema de control se realiza por secuencias individuales para cada etapa por lógicas de pasos.

Pantalla de Inicio

Al iniciar el sistema la primera imagen que aparece es la pantalla de inicio:



Fig.Num°25: Pantalla de Inicio.

Desde aquí y a través de los botones de comando y de la Barra de Menú se podrá seleccionar las distintas pantallas de operación, que a su vez pueden contener otras pantallas que permite operar otro sector de la máquina.

Las teclas de funciones del panel no son utilizadas, todos los contenidos se acceden a través de la función táctil del panel.

Solo en esta ventana se encuentran los botones para ingreso de usuario



Y salir de la aplicación



A continuación, se describirán los botones en la barra de menú comunes a otras pantallas.



Barra de Menú Superior



Fig.Num°26: Barra superior.

Solo sirve para mostrar la fecha y hora del sistema y el nombre del sector que se está visualizando.

Barra de Menú Inferior



Fig.Num°27: Barra inferior.

Desde esta barra se puede retornar a la pantalla inicial, ver alarmas no acusadas, reconocer alarmas, retornar a la pantalla anterior y observar el cartel de Parada de emergencia presionada. Para ingresar a la pantalla de operaciones de la maquina se tiene el botón Maquina en la pantalla de inicio, para ingresar a la pantalla de ajustes del sistema se tiene el botón Ajustes y para ingresar a la pantalla de operaciones avanzadas se tiene el botón Avanzadas también en la pantalla de inicio.

Pantalla Maquina

A ésta pantalla se accede desde el botón **Máquina** en la pantalla **Inicio**
La pantalla **Máquina** es la siguiente.



Fig.Num°28: Pantalla máquina.

En esta pantalla se observan una serie de botones para la operación del sistema. Además se puede observar el paso en que se encuentran las secuencias que se ejecutan para mover el paletizador y el distribuidor. Serán útiles para ver el proceso de la marcha automática de la máquina.

Con los botones se realizan las siguientes operaciones.

Hab.Equipos: para poder operar la máquina se debe habilitar los equipos en automático y para esta acción se debe presionar este botón, si no hay equipos en falla y están todos operativos se



indicará que están en automático con el parpadeo del botón en blanco y gris. Si el botón no parpadea indica que la orden no fue tomada y deberá revisarse si hay algún equipo en alarma o no operativo.

Desha.Equipos: Si los equipos están operativos, deshabilitados y sin fallas se indicará con el parpadeo de éste botón en blanco y gris. También si los equipos están habilitados y se quiere deshabilitar, presionando este botón se logrará este cometido.

Marcha: Si están las condiciones y no está presionado el golpe de puño y no hay ningún equipo en falla, se podrá presionar el botón marcha y se indicará esta acción con el parpadeo del botón en blanco y gris y la maquina pasará a funcionamiento en automático.

Pausa: estando la maquina en marcha en todo momento se puede presionar este botón y pausar el funcionamiento en automático quedando todos los ciclos en el paso que se encontraban al presionar el botón.

El estado pausa se mostrará con el parpadeo del botón en gris y blanco. Para sacar a la máquina de esta condición solo se deberá presionar el botón nuevamente y los ciclos continuaran con el funcionamiento normal. Si un equipo entra en falla el sistema automáticamente entra en pausa, aunque no esté en marcha.

Parada: Con este botón se detiene el ciclo en automático de la máquina. Cuando se aprieta este botón el sistema entrara en el último ciclo y una vez finalizado todos ellos el equipo se detendrá.

Reset: Esta opción sirve para volver a cero las secuencias de operación de la maquina en cualquier momento y paso de los ciclos. Se debe tener en cuenta que si el ascensor de pallet estaba en una posición elevada sosteniendo pallet, se deshabilitara el pistón que lo sostiene y quedará en esa posición hasta que se habilite nuevamente el ciclo en automático y descenderá a la posición 1 inmediatamente. **Por esta causa luego de un reset se deberá retirar los pallet para que al bajar el ascensor no los apriete. Esta acción esta avisada mediante una pantalla previa al reset como muestra la siguiente figura.**

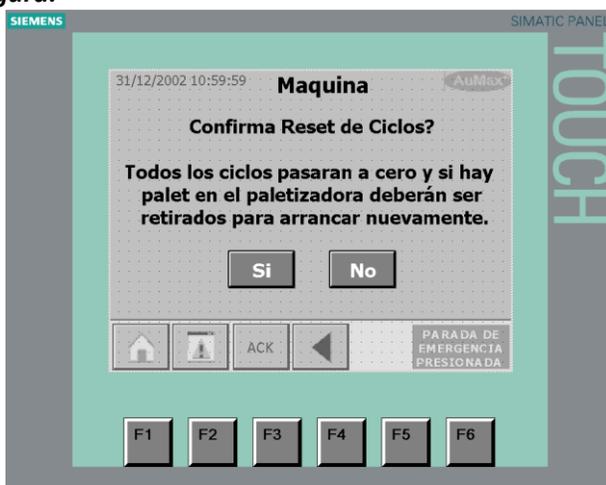


Fig.Num°29: Pantalla reset ciclos máquPallet

Alimentar Pallet: Habilita la alimentación de pallet hasta la posición que puede ser tomado por el distribuidor.

Distribuidor a Balanza1: Si el pallet se transportó hacia la posición del distribuidor, se esperará la orden hacia donde se tiene que mover y con este botón se podrá indicar al sistema que alimente el pallet hacia la envasadora que se encuentra a la derecha del paletizador. Esta orden está protegida por clave de usuario ya que la ejecución normal en tiempo de operación en automático



del sistema se realiza desde el panel de operación de la balanza de llenado.

Procedimiento para la operación de la instalación.

Se aconseja retirar todos los pallet del paletizador antes de dar marcha la instalación si el ascensor de pallet no está en posición porque al habilitar la marcha de las secuencias en automático el ascensor bajará automáticamente a la posición 1.

Revisar que el distribuidor se encuentre en el centro, posición cero y las cuentas en cero para esta posición desde la pantalla de ajuste respectiva.

Habilitar los equipos para la operación en automático de las secuencias con el botón **Hab.Equipos**, si todos están operativos (sin fallas) el botón **Hab.Equipos** mostrará este estado parpadeando en Blanco-Gris.

Dar marcha a la instalación con el botón **Marcha**, mostrará la instalación en marcha parpadeando el botón en Blanco-Gris, el ascensor de pallet se posicionará en la posición 1 si no está en esta posición.

Si no hay pallet en el paletizador aparecerá un aviso indicando esto. Agregar pallet, al menos tres para que detecte pallet y no aparezca nuevamente el aviso.

Pedir que alimente pallet a la posición final del transporte 1 con el botón **Alimentar Pallet**.

Una vez completado el caso anterior estamos en condiciones de transportar el pallet con el distribuidor a la envasadora que corresponda desde el panel que se opera las balanzas o con los botones desde este panel si se conoce el usuario y contraseña para esta operación.

El distribuidor llevara el pallet a la posición pedida y cuando deposite el pallet habilitara al paletizador a entregar un pallet nuevamente al distribuidor. En forma conjunta el distribuidor regresara al transporte y con el pallet ya en posición del distribuidor esperara nuevamente la orden de moverlo a la posición deseada.

Pantalla Ajustes

A esta pantalla se accede presionando el botón **Ajustes** en la pantalla de Inicio.

La pantalla Maquina es la siguiente:



Fig.Num°30: Pantalla de Ajustes.

Desde esta pantalla se pueden ajustar los parámetros de trabajo de la instalación.



Ajuste Cero Distribuidor

Pulsando este botón se accede a la pantalla de ajuste del distribuidor.
La pantalla es la siguiente:



Fig.Num°31: Pantalla Cero Distribuidor.

Para poder ajustar la posición cero del distribuidor los equipos deberán estar Habilitados. Se tiene que habilitar la operación con el botón **Hab. Cero Distribuidor**, indicándose con el cambio de color del fondo a blanco y letras negras. Con los botones **Distri. A Cero por Derecha** o **Distri. A Cero por Izquierda** se podrá mover el distribuidor a una velocidad reducida hasta la posición central del riel soporte del distribuidor. Los botones se tienen que mantener pulsando para mover al distribuidor. Una vez ubicado en ésta posición y que el sensor lo detecte se deshabilita el comando de estos botones. En esta posición si las cuentas del encoder del Distribuidor no indican cero se tendrá que realizar el cero del contador con el botón **Cero Contador** y de esta manera se estará en condiciones de operar al distribuidor en automático.

Ajuste Velocidad Distribuidor

Pulsando éste botón se accede a la pantalla de ajuste de las velocidades de movimientos y rampas de aceleración y desaceleración del distribuidor.
La pantalla es la siguiente:

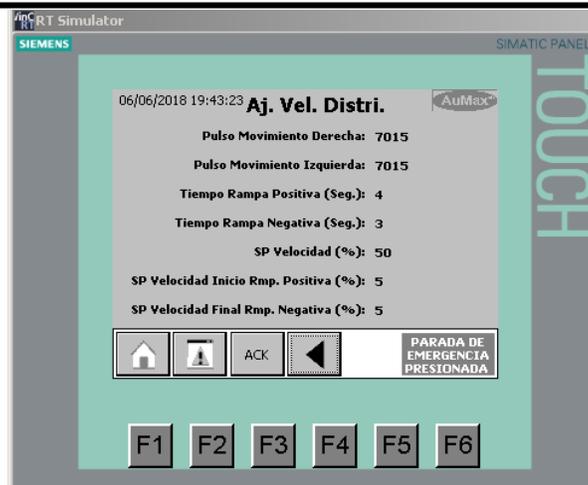


Fig.Num°32: Pantalla Ajuste Vel. Distribuidor.

El distribuidor se moverá a una posición determinada para distribuir el pallet a la envasadora que corresponda a derecha o izquierda. Este movimiento puede ser ajustado de la siguiente manera:

Pulsos Movimiento Derecha: la distancia a mover hacia la derecha el pallet puede ser ajustada con este valor. Tener en cuenta que el encoder entrega 3,089 pulsos por milímetro, de esta manera para recorrer un metro el valor a ingresar será de 3089 pulsos. Los valores a ingresar están acotados entre un mínimo de 1000 a un máximo de 7050.

Pulsos Movimientos Izquierda: Sirve la explicación anterior para el movimiento a Izquierda.

Tiempo rampa positiva (seg): Es el tiempo que utilizara el motor del Distribuidor para acelerar desde el SP ajustado en la velocidad inicial de la rampa positiva al SP de velocidad ajustado de movimiento máximo. Esta expresado en segundos. Los valores a ingresar están acotados entre un mínimo de 0 segundos a un máximo de 5 segundos.

Tiempo rampa negativa (seg): Es el tiempo que utilizará el motor del Distribuidor para desacelerar desde el SP ajustado de movimiento máximo al valor ajustado de SP de velocidad final de rampa negativa. Esta expresado en segundos. Los valores a ingresar están acotados entre un mínimo de 0 segundos a un máximo de 5 segundos. El valor de comienzo de la rampa negativa es fijo y a 1300 pulsos antes de alcanzar el valor de ajuste de movimiento a derecha o izquierda.

SP. De velocidad (%): Es el valor de velocidad para mover al Distribuidor luego de alcanzar el final de la rampa positiva de aceleración y se mantendrá hasta comenzar a descender la velocidad para encontrar el valor ajustado en el final de la rampa negativa. Esta expresado en % y limitado entre los valores 5% a 100%

SP. Velocidad Final Rmp. Negativa (%): Es el valor de velocidad que el distribuidor alcanzará cuando comience a decrementar la velocidad al alcanzar 1300 pulsos antes de llegar a la posición indicado por el valor de pulsos de movimiento y se dará en el tiempo ajustado como rampa negativa. Está expresado en % y limitado entre valores de 5% a 100%.



Ajuste Debobinador

Pulsando este botón se accede a la pantalla de ajuste de la velocidad de movimientos y rampas de aceleración del distribuidor de nylon.

Éste equipo trabaja en conjunto con un sistema cortador de nylon con temperatura. Para el corte se utiliza un alambre de Nicrom calentado de manera tal que corte el nylon con el movimiento hacia adelante del sistema pero que no la funda para que se deposite sobre el alambre. Esto último evita que el nylon se pegue en el alambre e impida desplazarse hacia el pallet.

Por éste motivo el sistema de calentamiento es controlado por un modulador de ancho de pulso (PWM) que maneja el primario del transformador utilizado para calentar el alambre de nicrom.

La pantalla es la siguiente:

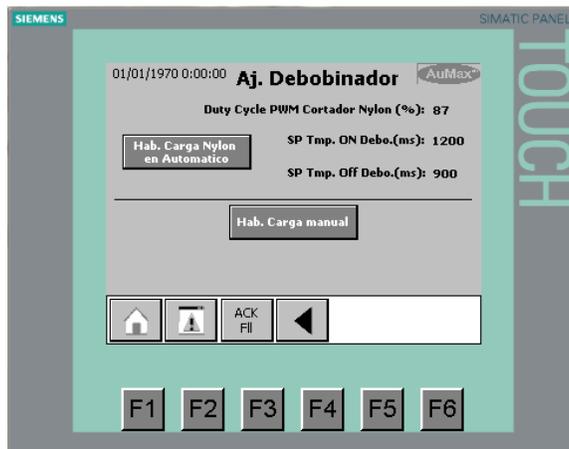


Fig.Num°33: Pantalla Ajuste Debobinador.

Hab. Carga Nylon en Automático: con este botón se habilita la dosificación de nylon sobre el pallet en el ciclo automático de alimentación de pallet. Si esta deshabilitado el pallet llega a la posición del distribuidor sin nylon. La habilitación se muestra con el cambio de color del botón de gris a blanco con letras en negro.

Dutty Cycle PWM Cortador Nylon: Es el ciclo de trabajo del modulador de ancho de pulso que controla el relé de estado sólido de la parte primaria del transformador que alimenta de corriente al alambre de nicrom que es el encargado de cortar el Nylon. Se puede ingresar un valor entre 0 a 99. En el valor 0 el relé está desactivado todo el tiempo y en el valor 99 el relé está constantemente activado, valores intermedios hacen prender y apagar al relé para el control de temperatura.

SP Tmp. On Debo. (ms): Es el tiempo que se retarda el arranque del debobinador luego que el pallet arranque su transporte por el T1 y esta expresado en milisegundos. Se puede ingresar un valor entre 300 a 9999.

SP. Tmp. Off Debo. (ms): Es el tiempo que se retarda la parada del debobinador luego de que se detectó un flanco negativo en el sensor que detecta al pallet sobre la estación del debobinador, esta expresado en milisegundos. Se puede ingresar un valor entre 300 a 2000.

Carga de nylon y prueba del ciclo de corte:

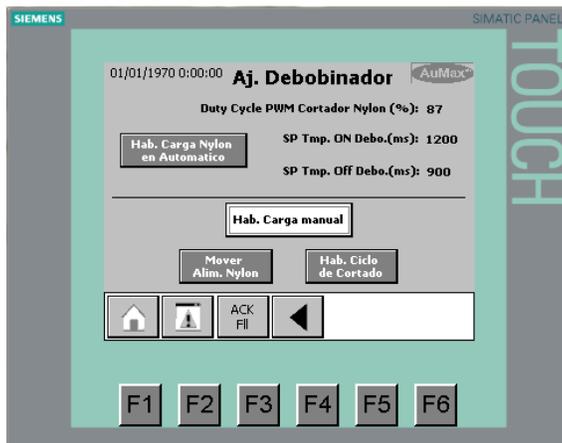


Fig.Num°34: Pantalla de carga de nylon.

Con los equipos en automático se utilizará para la carga de Nylon el botón **Hab.Carga Nylon** y con el botón **Mover Distribuidor** se podrá avanzar con el debobinado del Nylon manteniéndolo presionado, al soltarlo el motor del debobinador se parará automáticamente.

Para probar el ciclo de corte se utiliza el botón **Hab. Ciclo de Cortado** y se realizará un ciclo completo de corte de nylon, se calentará el alambre durante un tiempo fijo con él % del ciclo de trabajo ajustado, se moverá hacia adelante el sistema del alambre de nicrom cortado el nylon y se volverá a su posición original activando el soplador de enfriado para terminar con el ciclo completo. Se podan realizar todos los ciclos que sean necesarios para el ajuste.

Tratamiento de Avisos de Alarmas

Si un equipo entra en falla, o se dispara un aviso, se avisará a través de pantallas que indican que hay avisos no acusados y avisos pendientes.

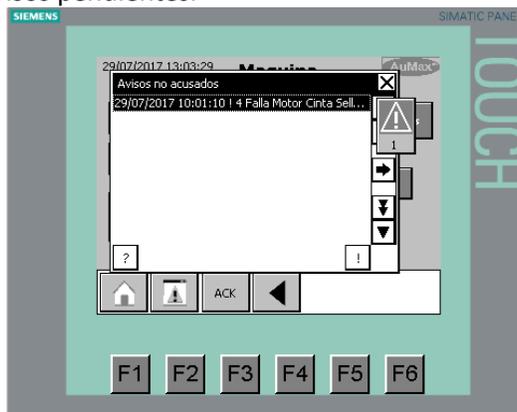


Fig.Num°35: Pantalla de Alarmas.

Estas pantallas se pueden cerrar con la X superior derecha.

Para poder reconocer la falla de utiliza el **ACK FII** desde la barra inferior para un aviso luego de

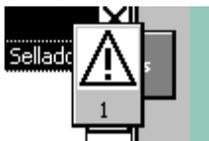


solucionar el problema o acción que la causo.



Si la falla persiste se pueden revisar los avisos no acusados desde el botón de la barra inferior.

Siempre que equipos de la maquina estén en falla o aparezca un aviso, se visualizará el icono correspondiente para informar este estado con la cantidad de avisos pendientes.



Para reconocer los avisos pendientes se debe tocar este icono y aparecerá la pantalla con los avisos, y con el botón inferior derecho con un signo de interrogación se podrán reconocer.

Una vez resuelto todos los problemas que causaron las fallas o activaron los avisos, los avisos acusados desaparecerán inmediatamente y la maquina quedara operativa en forma automática. Para ponerla nuevamente en marcha se deberá proceder como se explicó anteriormente.

Pantalla control manual de equipos

Para operar en forma manual algún equipo se deberá contar con un usuario y una clave que este autorizado para esto. Siempre se deberá tener en cuenta que la responsabilidad en esta forma de operación es de la persona que opera y no del automatismo de la maquina por lo que se tendrá que tener sumo cuidado para realizar estas maniobras.

Mediante estas operaciones es posible que pueda haber atrapamiento de personas u objetos.

Para acceder a las pantallas de control manual se ingresará a la pantalla inicio pulsando el botón



Aparecerá la pantalla de inicio del sistema de control.



Fig.Num°36: Pantalla de Inicio.

Si pulsamos el botón Avanzadas y no estamos con un usuario autorizado aparecer la siguiente pantalla.

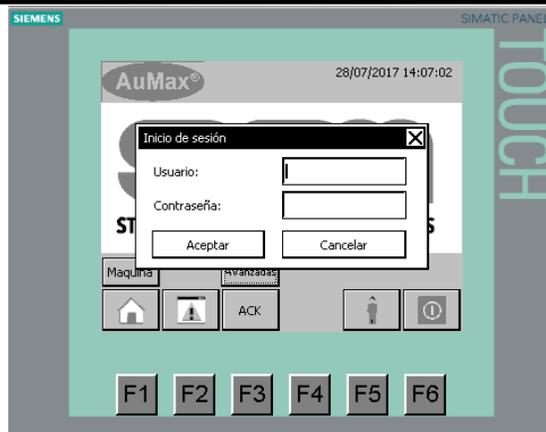


Fig.Num°37: Pantalla inicio de sesión.

Desde esta pantalla podremos ingresar el usuario y la contraseña que tendrá un periodo de validez de 5 minutos para poder trabajar, luego de este tiempo se tendrá que reingresar nuevamente la contraseña.

Una vez ingresado el usuario y contraseña y sin son correctos se podrá presionar nuevamente el botón Avanzadas y se mostrará la siguiente pantalla.



Fig.Num°38: Pantalla config. avanzadas.

Si el usuario y la contraseña fueran incorrectos se mostrará un aviso indicando esta situación. Desde esta pantalla se podrá pulsa el botón **Equipos** y aparecerá la siguiente pantalla:

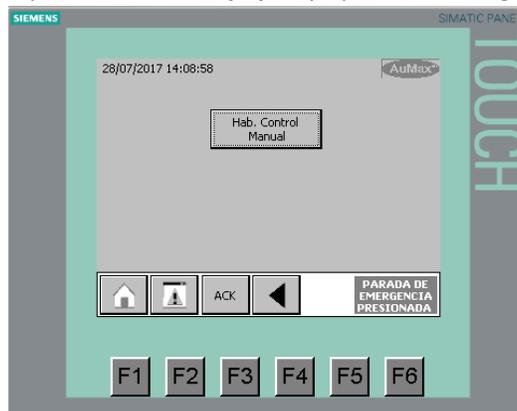


Fig.Num°39: Pantalla Control Equipos.

Si pulsamos el botón **Hab. Control Manual** nos mostrará los siguientes botones.

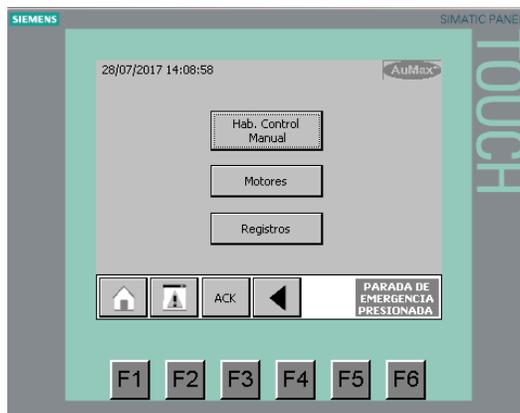


Fig.Num°40: Pantalla de Equipos.

Con estos botones seleccionaremos que tipo de equipos que queremos manejar en manual, un motor o un registro. Si los pulsamos se mostrarán las siguientes pantallas.

Para los motores:

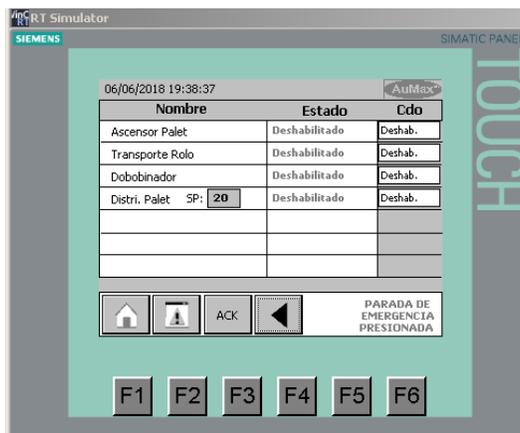


Fig.Num°41: Pantalla Cmd Motores.



Para los registros con pistones:

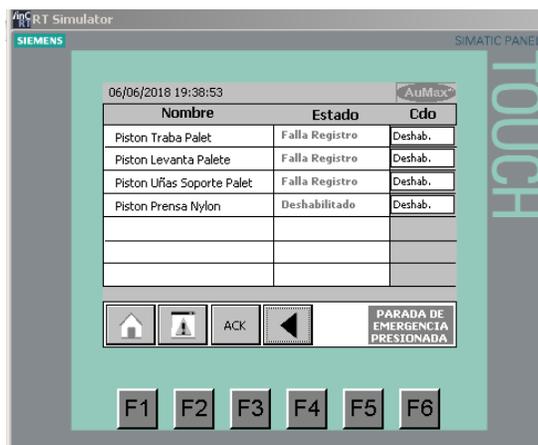


Fig.Num°42: Pantalla Cmd Registros

En ambos casos el formato es en la columna Nombre aparece el nombre del equipo, en la columna Estado aparece el estado del equipo que pueden ser:

Para Motores:

Deshabilitado: indica que el motor está en ese estado y no arrancar.

Deshab. con Cond: Indica que el motor tiene condiciones de marchas, pero esta deshabilitado y si se pasara al estado automático con el comando para éste fin, arrancaría inmediatamente.

Auto sin cond.: indica que el motor esta con el comando en automático habilitado pero el equipo no arranca porque no tiene condiciones de marcha, si las condiciones se dieran, el equipo arrancaría inmediatamente.

Marcha manual: indica que el motor se le ha dado el comando manual y está en marcha.

Marcha auto: indica que el motor tiene el comando automático y están las condiciones de marcha por lo que el motor está arrancando.

Falla motor: indica que el motor intento arrancar, pero entro en falla y hasta que no se resuelva el problema continuará en este estado cada vez que se le dé el comando de marcha.

Para Registros:

Deshabilitado: indica que el registro está en esa condición y no cambiará de estado.

Deshab. con cond.: indica que el registro tiene condiciones para cambiar de estado pero está deshabilitado y si el comando automático cambiará de estado.

Auto sin cond.: indica que el registro esta con el comando en automático habilitado pero él no cambiará de estado porque no tiene condiciones de marcha, si las condiciones se cumplen el equipo cambiará de estado.

Abierto manual: indica que el registro se abrió en forma manual.

Abierto auto: indica que el registro tiene el comando automático y están las condiciones de apertura por lo que el registro abrió.

Falla Registro: indica que el registro intento cambiar de estado, pero entro en falla y hasta que no se resuelva el problema continuará en este estado cada vez que se le dé el comando de marcha.

En la columna comando se pueden seleccionar los comandos para operar con el equipo que son los mismos para todos:

Desahb.: se usa para deshabilitar el equipo



Auto: se usa para habilitar en automático a los equipos y si están las condiciones de marcha se pondrá en funcionamiento.

Manual: se usa para ordenar la operación del equipo en forma manual sin depender de las condiciones de marcha en automático.

Reset: se usa para reconocer las fallas de los equipos. Con esta acción además de reconocer la falla se pasa el equipo a deshabilitado.

La pantalla que se usa para el ingreso de los comandos es como muestra la figura siguiente:

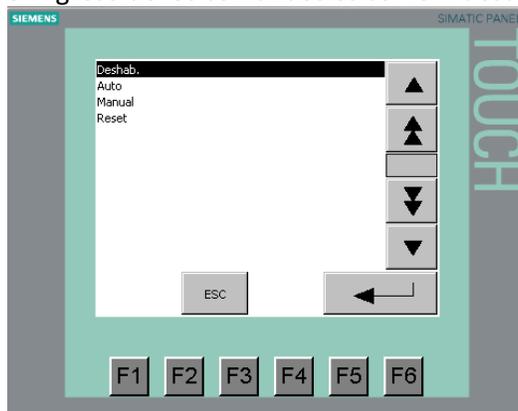


Fig.Num°43: Pantalla de Cmd.

Con las flechas arriba o abajo se seleccionará el comando deseado o pulsando sobre el texto y con la tecla ENTER se enviará el mando al equipo, si se apretó la tecla escape la selección no tendrá efecto por lo que el equipo queda con el último comando de antes de abrir esta pantalla.

Ajuste fecha y hora del sistema.

Si desde la pantalla Avanzadas se presiona el botón Hora Fecha aparecerá la siguiente pantalla:



Fig.Num°44: Pantalla Config. Fecha y Hora.

Para ajustar la fecha y hora del sistema se ingresará los datos, en el formato mostrado, en el campo debajo del botón Set y una vez realizado se presionara el botón SET y la fecha y hora ingresará al PLC y el Panel.



Pruebas de comunicación con los equipos de campo

Introducción al capítulo

En éste capítulo se describen las acciones realizadas para la prueba de comunicación con los equipos, los problemas encontrados y las soluciones propuestas. Para la realización de las pruebas, es preciso colocar el PLC y el OP en el tablero eléctrico diseñado para la máquina.

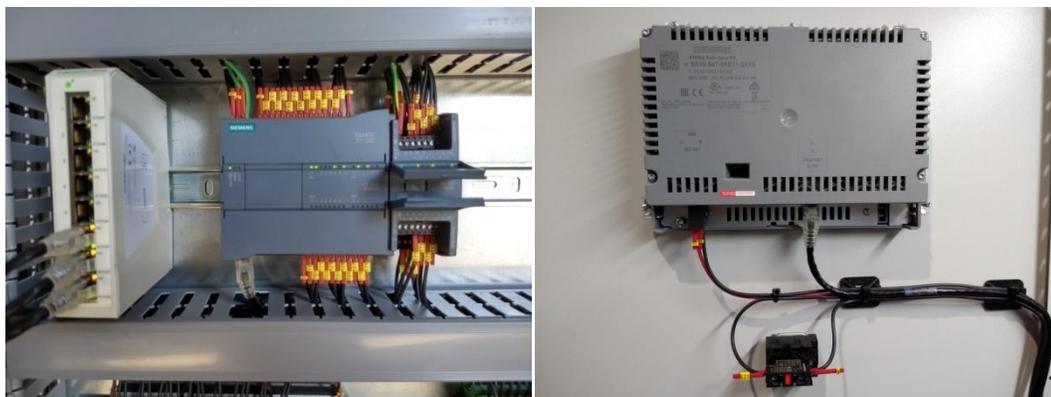


Fig.Num°45: PLC y OP conectados.

Para probar la comunicación en campo entre los módulos de E/S del PLC y los equipos correspondientes, es necesario el funcionamiento conjunto del PLC, del OP y de la PC utilizando TIA PORTAL en modo On Line.

Es bueno destacar que previo a la prueba de equipos en el tablero eléctrico, se realizan simulaciones del programa a través del mismo TIA PORTAL, ésta simulación permite destacar errores y corregirlos antes de transferir la aplicación al PLC. Estas simulaciones se hacen conjuntamente entre las tablas de variables del TIA PORTAL (VAT) y el PLCsim que es un simulador de PLC donde ingresan y visualizan variables tanto de entrada – salida como internas del PLC (DB, marcas, entre otras). Para la visualización de las pantallas del OP en modo simulación, se procede a correr el programa del OP en el modo Runtime, hay que tener la precaución del tipo de comunicación entre el PLC y el OP. Para la simulación no puede utilizarse la red Profibus ya que no se tiene la conexión física, para esto se coloca en el hardware del PLC una red HMIO que permite la conexión virtual entre el PLC y el OP, automáticamente en el panel queda configurado esta red ya que el panel está integrado al PLC, dicha integración permite que los cambios de configuración que se realizan en el controlador y que están relacionadas con el panel, automáticamente quedan configurados en éste último.

Una vez realizadas las simulaciones y la corrección de errores de programa, estamos en condiciones de conectar los equipos en el tablero.

Prueba de comunicación

La primera prueba realizada es la comunicación entre la PC (que contiene el programa de aplicación) y PLC, el tablero cuenta con un switch donde las salidas se conectan al PLC y al OP que son los equipos a los que se les transfiere las correspondientes aplicaciones mediante interfaz Ethernet, y las entradas se utilizan para conectar la PC.

Para que sea posible la conexión y transferencia de la aplicación, es necesario que tanto el PLC, el



OP y la PC tengan la misma familia de IP, de lo contrario no es posible la conexión entre los equipos. Una vez que está establecida la conexión, se procede a la transferencia de las aplicaciones al PLC y al OP.

Para la transferencia de la aplicación al PLC es necesario configurar la conexión PG/PC, en la cual se selecciona el tipo de adaptador utilizado para la transferencia del programa y las propiedades de dicho adaptador, tales como velocidad, dirección de puerto, etc. Si el adaptador no es el mismo que ha sido seleccionado no se puede realizar la descarga de la aplicación.

A continuación se muestran a modo de ejemplo este ajuste de adaptador que hay que realizar previo descarga de programa.

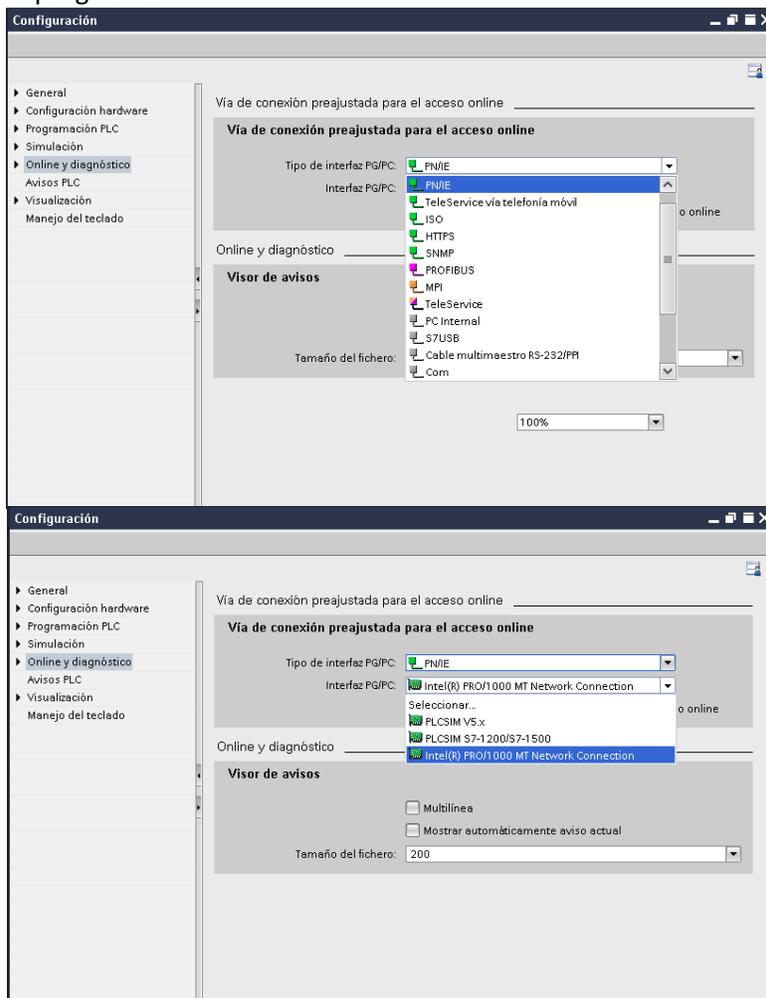


Fig.Num°46: Config. Interfaz PG/PC.

Indicación de error

Una vez finalizada la descarga de la aplicación al PLC, éste ya está corriendo la aplicación que le fue programada. En caso de no existir errores los leds indicadores de falla quedaran apagados.



Prueba de guarda motor y retorno



Fig.Num°47: Guarda motor SIEMENS.

Para la prueba de los guarda motores, térmicos y de retorno de los equipos sin variadores de velocidad, se utilizó el OP y se simuló las habilitaciones conectando esas entradas a 24 V (uno lógico).

Desde el OP se van habilitando con marcha manual o automática uno a uno los equipos, desde el PLC se chequea que aparezca esta orden en cada equipo revisando el FC correspondiente al equipo habilitado, luego para cada equipo se levanta el guarda motor (simulando falla) y se verifica en el OP y en el PLC que aparezca falla por guarda motor, de la misma manera se procede con la llave térmica de cada equipo, con lo cual aparece falla de térmico.

Cada vez que se produce una falla, se puede ver en el OP que salta la pantalla de alarmas indicando el tipo de falla producida. Con estas pruebas no solo se chequean las fallas por térmico o guarda motor, sino también que cada equipo escriba su valor correspondiente en el PLC, esto es, ante una falla del equipo, en el PLC se puede observar en modo ON Line que se escribe un uno lógico en la entrada de falla correspondiente.

Para las pruebas de retorno estando los equipos listos para funcionar, se levanta el guarda motor o la térmica y posteriormente se da marcha desde el OP al equipo, como se dio la orden de marcha y no se tiene la confirmación de marcha aparece la falla de retorno del equipo, esto significa que el equipo tiene la orden de marcha pero por algún motivo no está funcionando. Igual que para el caso del guarda motor y luego de un tiempo (2 segundos aprox.) salta la falla de confirmación de marcha.

En el OP se chequea que estas fallas aparezcan en el alarmero, indicando fecha, hora y descripción de la falla producida.

En el panel el equipo que está en marcha se encuentra de color rojo, mientras que el equipo que está parado, está en verde. Cuando un equipo está en falla aparece junto a él un cartel indicador de falla, además de saltar un alarmero, cuando se resetea esta falla, desaparece el cartel de falla.

Prueba de variadores de velocidad



Fig.Num°48: Variador de velocidad SINAMICS G120.

Para la prueba de los variadores es necesario utilizar el OP y también el guarda motor. Lo que se debe realizar para estas pruebas es algo similar a lo realizado para los equipos sin variador, con la diferencia que en los que utilizan variadores se le debe asignar desde el OP el valor de velocidad que proviene de la pantalla de lazos. Las pruebas de térmico, guarda motor y retorno se hacen igual que los demás equipos, y las pruebas de variación de velocidad se hacen colocando en manual el lazo correspondiente y el valor deseado en la salida del lazo.

Desde el PLC en modo On Line se chequea en el FC correspondiente el valor seteado desde el OP, y en la pantalla del variador también puede observarse el valor de velocidad ingresado desde el panel, siempre y cuando no existan errores de comunicación o del propio variador.

Para los variadores se utilizó comunicación Ethernet, protocolo profinet.

Los problemas encontrados en estos equipos fueron de diferentes tipos:

Desde el OP se escribía el valor de salida deseado en el lazo puesto en manual, desde el PLC se podía chequear este valor pero en el variador correspondiente no respondía, por lo que primero se revisó el conexionado, allí se verificó que la salida analógica del PLC no estaban correctamente conectada en la entrada del variador, se solucionó chequeando el plano del tablero y el manual del variador. Con este método se detectó que más de un variador no estaba correctamente conectado, o no le correspondía la salida analógica asignada en el PLC.

El segundo problema detectado estaba relacionado con la configuración del variador, ya que en la pantalla del mismo indicaba error de configuración, este se solucionó siguiendo el manual de configuración del dispositivo.

Otro de los problemas encontrados era la configuración del variador, este estaba configurado que variara la velocidad por tensión, y debió ser cambiado un switch en el variador para que varíe la velocidad por corriente de 4 a 20 mA.

Otro problema era del tipo lógico, el problema estaba en que se le escribía al variador correspondiente primero el valor que provenía del lazo en modo manual y luego por algún motivo se ponía en cero dicho valor y el variador quedaba deshabilitado, luego de chequear la lógica de programación se detectó que lo que le faltaba a la lógica era un salto condicional hacia una etiqueta que finalizara la escritura ya que siempre terminaba escribiendo un cero para deshabilitar el variador, dejando el valor que le correspondiera a ese equipo. Esto sucede porque existen



equipos de reserva que tienen que funcionar si falla un equipo titular. La lógica que tenía para los enclavamientos de estos equipos de reserva no permitía que le quedara el valor del lazo al variador titular, esto es, si el lazo tiene un valor y no está deshabilitado, el valor que tiene debe ser el enviado como salida analógica al equipo correspondiente. En caso de falla del equipo titular, el valor del lazo debe ser enviado al equipo de reserva correspondiente, y deshabilitar el titular. Aquí se encontraba el problema, el equipo titular no estaba en falla pero se deshabilitaba, colocando el salto condicional se solucionó el problema.

Una vez solucionados los problemas se llevó a cabo la prueba integral de todos los variadores de velocidad, dando la habilitación correspondiente a cada equipo a través del panel, también se simuló falla en los variadores de los equipos titulares para confirmar que el variador de reserva funcione en su lugar.

Prueba de válvulas



Fig.Num°49: Válvula FESTO vuvg-l14-b52-t-g18-1p3.

Las válvulas se prueban a través del OP, cuando se habilita una válvula, se pega el contacto del relé correspondiente, el funcionamiento se puede observar cuando se enciende la luz de indicación del relé, como estas válvulas no tienen sensores de confirmación de apertura o cierre que envíen las señales correspondientes, sólo se envía una señal de habilitación o deshabilitación al PLC. Cuando el red del relé está encendido, indica que la válvula está abierta, esto es chequeado en el FC correspondiente a la válvula en cuestión, de la misma manera que se hizo para los motores, en este FC se puede apreciar la señal de apertura (habilitación) que se activa (uno lógico) cuando se abre la válvula desde el OP, y se cierra (deshabilita) cuando se da la orden de cierre desde el OP. En el panel la válvula que está abierta queda dinamizada con el texto “abierta manual” ó “abierta auto”, indicando que está abierta, y cuando está cerrada se muestra el texto “Deshabilitado” ó “Deshabilitado con condiciones” (en el caso de que cumpla con las condiciones necesarias para abrirse en automático pero está cerrada).

Encoder

Se utilizó un encoder incremental con eje macizo y pantalla de la marca IFM, modelo RUP500, para controlar por medio de pulsos el movimiento del distribuidor. Algunas de las características se describen a continuación:

Configurable como encoder, controlador de rotación o contador

Pantalla LED de lectura fácil con indicación alterna en rojo y verde

Comunicación y parametrización cómodas a través de IO-Link

Elevada resistencia a choques y vibraciones gracias al principio de exploración magnético

Resolución programable de 1... 10000



Fig.Num°50: Vista delantera y trasera del sensor utilizado.

Prueba de entradas y salidas

Para el caso de las salidas digitales, desde el TIA Portal se escriben las salidas digitales correspondientes y con un tester o multímetro se mide la tensión en el módulo correspondiente o directamente se mide la tensión en la bornera que está conectada a dicho módulo de E/S. Cuando se escribe un “uno” desde el PLC, debe haber 24 V en los bornes y si se escribe un “cero” debe haber 0V. En estas pruebas no hubo fallas.

Para el caso de las entradas digitales correspondientes a la confirmación de marcha de motores ya se probaron con los equipos. Las señales digitales que quedan por probar son las provenientes del DCS, para probar estas señales se procede a colocar 24 V (simulando la señal desde el DCS) a la bornera correspondiente y a través del TIA Portal se verifica que variable se escribió, con éste método es posible detectar errores en el cableado o en la lógica de programación si los hubiera.

Para las salidas analógicas las señales fueron utilizadas para controlar el PWM de la resistencia de corte.

Debobinador

El debobinador es un módulo de la máquina que se utiliza para colocar el nylon arriba del pallet, éste cumple la función de proteger al pallet para su distribución.

Utiliza un motor para desplegar el nylon, y un sistema de cortado para la medida correcta. El cortado se lleva a cabo mediante un hilo de Nicrom (80% de Níquel, 20% de Cromo), ya que posee una alta resistencia eléctrica, una marcada tendencia a calentarse por el paso de la electricidad, resistencia a la oxidación y corrosión.

Éste hilo es activado por un relé de estado sólido, con el cuál por PWM (Modulación por ancho de pulso) le determinamos el tiempo que queremos que permanezca activado, para así mantenerlo a una potencia de 90 W para poder concretar el corte.

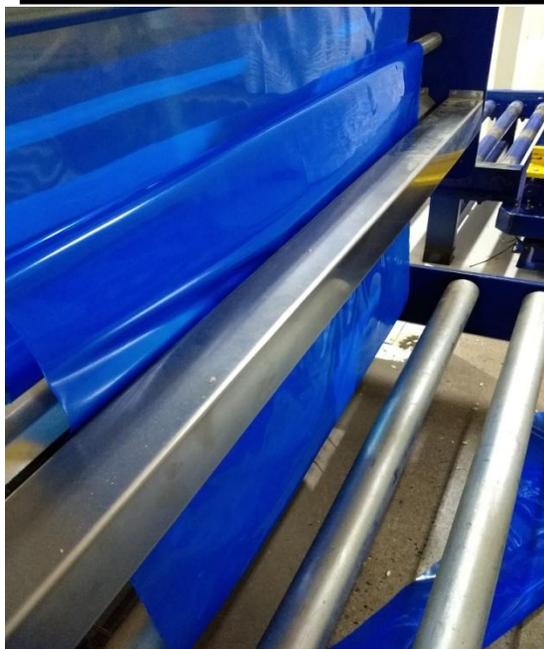


Fig a) Debobinador



Fig b) Distribuidor

Fig.Num°51

Cálculo de resistencia necesaria para el hilo de Nicrom

$$R = \rho * \frac{l}{S} \quad (\text{Ecu.1})$$

El diámetro utilizado para el alambre fue de 0,51 mm.

| Diámetro en m/m | Sección m/m ² | Ohmios por Metro Ω *m=p | Gramos por metro | Intensidad máxima En Amperios a: 800° c |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|------------------|---|
| 3 | 7 | 0,166 | 36 | 65,4 |
| 2,5 | 4,88 | 0,20 | 29 | 56,2 |
| 2 | 3,14 | 0,33 | 26,7 | 45,3 |
| 1,6 | 2,10 | 0,53 | 16 | 32,4 |
| 1,3 | 1,31 | 0,83 | 10 | 23,4 |
| 1,15 | 1,04 | 1,10 | 8,35 | 19,8 |
| 1 | 0,78 | 1,35 | 6,6 | 16,8 |
| 0,9 | 0,64 | 1,67 | 5,2 | 14,2 |
| 0,8 | 0,50 | 2,12 | 4,23 | 12 |
| 0,72 | 0,408 | 2,67 | 3,34 | 10,20 |
| 0,64 | 0,32 | 3,38 | 2,64 | 8,65 |
| 0,57 | 0,25 | 4,24 | 2,10 | 7,33 |
| 0,51 | 0,204 | 5,36 | 1,67 | 6,20 |
| 0,45 | 0,159 | 6,76 | 1,33 | 5,27 |
| 0,40 | 0,125 | 8,57 | 1,02 | 4,47 |
| 0,36 | 0,102 | 10,74 | 0,84 | 3,80 |
| 0,32 | 0,08 | 13,64 | 0,65 | 3,23 |
| 0,28 | 0,06 | 16,95 | 0,52 | 2,71 |
| 0,25 | 0,049 | 21,65 | 0,41 | 2,30 |
| 0,22 | 0,038 | 27,33 | 0,326 | 1,95 |
| 0,20 | 0,031 | 33,82 | 0,263 | 1,66 |
| 0,16 | 0,02 | 54,52 | 0,164 | 1,18 |
| 0,12 | 0,011 | 86,59 | 0,100 | 0,85 |
| 0,1 | 0,007 | 135,26 | 0,067 | 0,613 |
| 0,08 | 0,005 | 240,53 | 0,037 | 0,439 |

Tabla.Num°6: Tabla de características de alambre de Nicrom.



Se puede ver que tiene una resistencia de 5.36 Ω por metro. El largo utilizado fue de 1,2 m, por lo tanto por regla de tres simple la resistencia es de 6.43 Ω por metro.

La corriente que circula por el alambre es de:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{24 [V]}{6.43[\Omega]} = 3.77[A] \quad (\text{Ecu.2})$$

$$P [W] = I^2 * R = (3.77 [A])^2 * 6.43[\Omega] \quad (\text{Ecu.3})$$

$$P [W]=89.52 [W] \quad (\text{Ecu.4})$$

Prueba de funcionamiento automática

Una vez realizadas todas las pruebas de los equipos individuales se realizó la prueba íntegra del sistema, esto es dando las señales de habilitación de cada subsistema, se procedió a operar el panel para habilitar los equipos.

Cabe destacar que éste trabajo ya ha sido puesto en marcha, por lo tanto se han podido corregir todo tipo de errores de hardware y software.

Las pruebas en modo manual permiten detectar fallas de cableado, pero no se detectaron ninguna al respecto.

Las pruebas en el modo de funcionamiento automático permitieron detectar fallas relacionadas con la rampa de arranque y parada del variador de velocidad del distribuidor de pallet.



Planimetría eléctrica

Plano topográfico

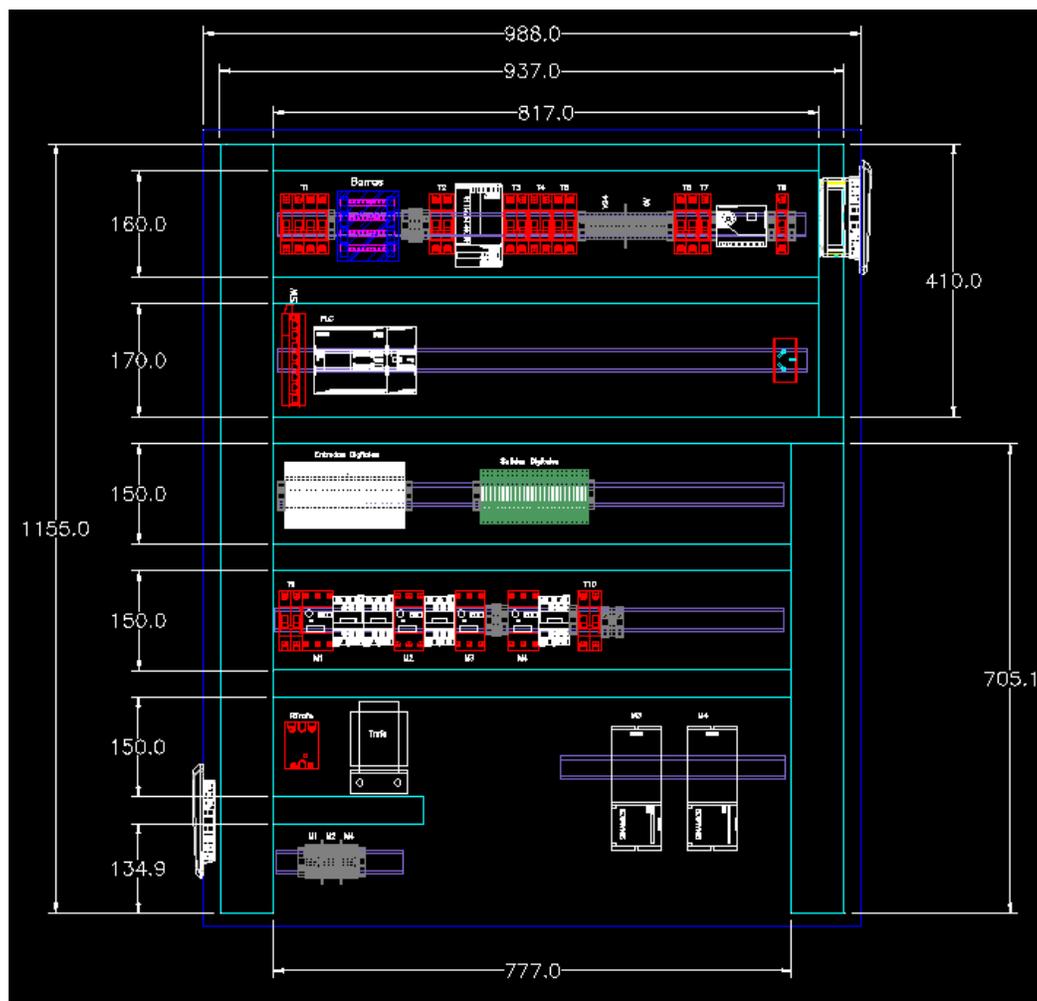


Fig.Num°55: Plano topográfico tablero eléctrico.



Fig.Num°56: Tablero eléctrico.



Fig.Num°57: Máquina puesta en marcha.



Fig.Num°58: Ascensor de pallet.

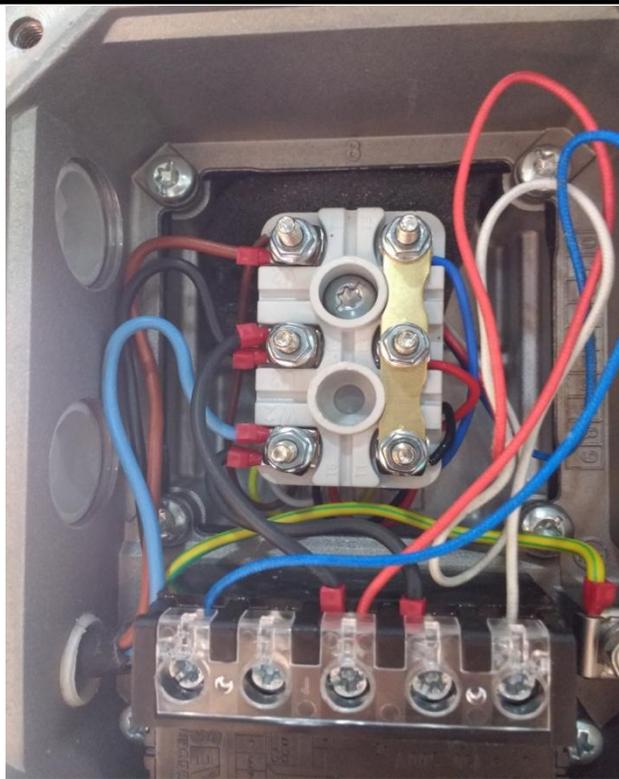


Fig.Num°59: Conexionado motores.



Fig.Num°60: Pistón de traba pallet.



Fig.Num°61: Pistón de uñas del distribuidor.



Conclusiones

Como su nombre lo indica, la automatización hace referencia al guiado por uno mismo, esto es lo que se logró en éste proyecto, que el sistema sea capaz de resolver las situaciones que se presenten, reduciendo ampliamente la necesidad sensorial y mental humana.

El proyecto desarrollado permite satisfacer las necesidades planteadas en un principio.

Es bueno destacar que ésta paletizadora puede ser aplicada en diferentes sectores industriales donde se necesite cumplir con los mismos requisitos impuestos para este trabajo, esto significa que no es un trabajo puntual, sino que puede adaptarse a diferentes áreas.

A lo largo del desarrollo del trabajo he podido volcar los conocimientos adquiridos a lo largo del cursado de la carrera, y además, he incorporado nuevos conocimientos del ámbito industrial que me brindan herramientas para mi futuro como profesional.



Bibliografía

- Manual de usuario PLC SIEMENS S7-1200
<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF> Última consulta 22/10/18.
 - Manual de usuario TIA Portal V15
https://w5.siemens.com/belux/web/nl/industrie/industrie/events_h/partnerconference2018/Documents/Partner%20conf%20-%20TIA%20Portal%20V15.pdf Última consulta 22/10/18.
 - Catálogo sensores de proximidad para pistones
https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_engb/PDF/EN/SMX8_EN.PDF Última consulta 22/10/18.
 - Hoja de datos de sensor de proximidad seleccionado
https://www.festo.com/cat/es-ar_ar/xDKI.asp?PartNo=543892&mode=extApp&xR=DKI3WebDataSheetV1&xU=GuestESES&xP=GuestESES Última consulta 22/10/18.
 - Catálogo sensores de proximidad para la posición del elevador
https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/SIEX_ES.PDF Última consulta 22/10/18.
 - Hoja de datos de sensor de proximidad seleccionado
https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/326227/SIEH-M18B-PS-K-L_2012-04c_8002100D4.pdf Última consulta 22/10/18.
 - Catálogo de sensores inductivos para seguridad del carro
https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/SIEX_ES.PDF Última consulta 22/10/18.
 - Hoja de datos del sensor seleccionado
<https://www.alliedelec.com/m/d/0e3be52e45377a45fce0fa66d630fcdf.pdf> Última consulta 22/10/18.
 - Hoja de datos de sensor de reflexión utilizado para detección de pallet en posición para colocar el nylon y posición en el final de la cinta transportadora.
https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/405031/SOEG-RTH-M18-PS-K-2L_2007-06b_719286D6.pdf Última consulta 22/10/18.
 - Catálogo general de productos SIEMENS
https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/argentina/Documents/CatalogoProductosSiemens_MAY2015.pdf Última consulta 22/10/18.
 - Catálogo de baja tensión, control y distribución
<https://w5.siemens.com/cms/mam/industry/Automatizacion/CE/Documents/Cat%C3%A1logo%20Baja%20Tensi%C3%B3n%202014%20.pdf> Última consulta 22/10/18.
-