

3. Arquitectura.

Para cualquier proceso se debe considerar la disponibilidad de los equipos en todo momento, por ello la necesidad de indicarle al controlador con diferentes elementos estará trabajando; para la automatización del horno de templado se necesitan equipos locales y equipos de periferia, éstos últimos interactúan con el controlador por medio de la red industrial Profibus.

La arquitectura determina los equipos necesarios para automatizar todas las etapas del proceso, es importante definir cómo van a interactuar cada uno de estos equipos para un correcto funcionamiento del proceso, por lo que el controlador debe identificar en todo momento a los dispositivos con los que estará trabajando. Cuando se ponen en marcha los dispositivos, el controlador comienza un reconocimiento de los elementos que dispone e identifica si existe algún problema en cuanto a la disposición de los mismos, incluso con los equipos de periferia y de otros fabricantes.

Para elegir los equipos y para lograr los objetivos planteados, es necesario identificar la cantidad de señales a controlar, el tipo de las mismas y de que forma se deben utilizar. Es importante definir un esquema general de los diferentes elementos para poder seleccionar que tecnologías permiten lograr la automatización del proceso de la forma más eficiente a un costo reducido es decir, seleccionar los equipos que cumplen todas las necesidades del proceso. En la figura 3.1 se observa un diagrama de los elementos requeridos para la automatización y a continuación se describen los dispositivos necesarios para la automatización del horno de templado de vidrio.

3.1 Equipos de automatización Siemens.

En la selección de los equipos de automatización del proyecto se analizan diferentes fabricantes, para poder seleccionar cual de ellos es la mejor opción para lograr el objetivo de templar vidrios, de acuerdo a las características planteadas por cada uno de los fabricantes el líder del proyecto decide que gran parte de la automatización se realizará con equipo de la marca Siemens, correspondiente a SIMATIC, que es la división encargada de todo lo referente a equipos de automatización como PLCs, interfaces hombre-máquina y sistemas SCADA. Para poder tomar esta decisión y realizar la mejor elección del controlador a utilizar, es necesario conocer los controladores de la familia SIMATIC de Siemens.

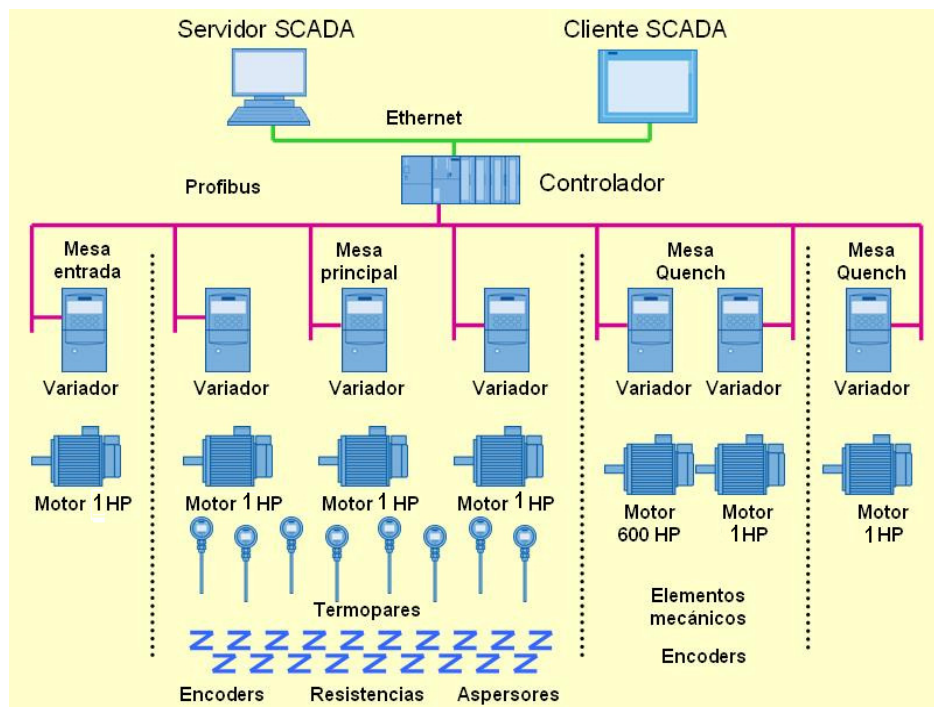


Figura 3.1 Arquitectura general del proceso a automatizar.

Para poder automatizar máquinas e instalaciones de forma rentable y flexible, se requieren soluciones óptimas para cada ámbito de aplicación. Los controladores SIMATIC cubren todas estas necesidades. En cuanto a las ventajas que presentan se tiene:

- *Mayor capacidad de producción gracias a las CPU de alta velocidad, también para tareas de comunicación y funciones aritméticas complejas.*
- *Fácil implementación de otras funciones, tales como funciones tecnológicas para control de movimiento, captura y almacenamiento intermedio de datos de control de calidad o conexión a un Sistema de Supervisión Control y Adquisición de Datos (SCADA) central.*
- *Máquinas más compactas gracias a las reducidas dimensiones de los controladores, a las numerosas funciones integradas y al funcionamiento sin necesidad de armario eléctrico.*
- *Ahorro de tiempo y dinero en el montaje y la puesta en marcha gracias a la automatización descentralizada.*
- *Cumplimiento de exigentes requisitos de seguridad con un único sistema para aplicaciones estándar y de seguridad.*

- *Mayor disponibilidad de la instalación y las máquinas gracias a las configuraciones tolerantes a fallos y a las potentes funciones de diagnóstico.*

Estos puntos son importantes ya que cumplen las necesidades del proyecto, tales como la comunicación con un sistema SCADA, reducción de espacio en el montaje ya que no se cuenta con mucho espacio para los tableros, la posibilidad de generar funciones de seguridad y la alta disponibilidad del sistema.

Los controladores modulares SIMATIC tienen un diseño optimizado para las tareas de control y están concebidos especialmente para proporcionar robustez y disponibilidad a largo plazo. Pueden ampliarse en cualquier momento de forma flexible por medio de módulos enchufables de E/S, de función y de comunicación. Según el tamaño de la aplicación puede seleccionarse el controlador adecuado dentro de una amplia gama según el rendimiento, la especificación de insumos y las interfaces de comunicación. Los controladores modulares pueden utilizarse también como sistemas de alta disponibilidad (sistemas redundantes) o de seguridad.

Todas las CPU con interfaz integrada PROFINET ofrecen la funcionalidad de servidor Web y permiten efectuar diagnósticos desde cualquier lugar a través de la red Ethernet Industrial. Utilizando un navegador de Internet estándar, cualquier cliente Web puede acceder en modo de sólo lectura a los datos de diagnóstico de una CPU PN, que opera como servidor para las páginas Web. Para ello, sólo hace falta que un cliente Web esté conectado con una CPU PN mediante Ethernet Industrial. A través de la red se puede acceder, entre otras, a la siguiente información de diagnóstico:

- *Identificación de módulos de la CPU (nombre de la estación, versión de sistema operativo, etc.).*
- *Estado operativo de la CPU (posición del selector de modo de operación).*
- *Búfer de diagnóstico de la CPU con registros en texto explícito.*
- *Estado de variables y tablas de variables configuradas en STEP 7.*
- *Mensajes proyectados en texto explícito (notificar errores de sistema).*
- *Parámetros y estadística Ethernet (dirección IP, dirección MAC, paquetes enviados)⁵.*

La función de acceso remoto a través de un navegador de Internet brinda la posibilidad de monitorear al controlador desde la oficina de mantenimiento en cualquier momento e identificar los problemas que se puedan llegar a generar de manera inmediata.

⁵ Folleto Controladores Simatic, Siemens AG Noviembre 2007.

El PLC S7-300 permite soluciones modulares de tamaño reducido. Además de los módulos, sólo se requiere un perfil de soporte para enganchar y atornillar los componentes. De este modo se obtiene un equipo robusto. La amplia gama de módulos para el S7-300 se puede utilizar para aplicaciones centralizadas o para diseñar estructuras descentralizadas.

Una vez analizada la cantidad de señales que se necesitan controlar se hace la elección de los equipos correspondientes.

Para el desarrollo de este proyecto, en primer lugar se selecciona el PLC, eligiendo un controlador de la familia S7-300, CPU 317-2 PN/DP. En cuanto a la funcionalidad del controlador, las siguientes características mostradas en las tabla 3.1, tabla 3.2, tabla 3.3 y tabla 3.4, son esenciales.

Un punto importante a destacar es la velocidad de procesamiento de la CPU, así como la cantidad de memoria disponible para almacenar valores temporales. El tamaño de la memoria es relevante por la gran cantidad de bloques a programar, sobre todo los bloques de datos que almacenan la información que va a proporcionar el SCADA y que en determinado momento el controlador le enviará. Estos puntos son mostrados en la tabla 3.1

Datos técnicos	
CPU y versión de producto	
Referencia	6ES7317-2EK13-0AB0
• Versión de hardware	01
• Versión de firmware	V 2.5
• Paquete de programas correspondiente	STEP 7 a partir de V 5.4 + SP 1 + HSP
Memoria	
Memoria de trabajo	
• Memoria de trabajo	1024 KB
• Ampliable	No
• Tamaño máximo de la memoria remanente para bloques de datos remanentes	256 KB
Memoria de carga	Insertable mediante Micro Memory Card (máx. 8 MB)
Respaldo	Garantizado por la Micro Memory Card (libre de mantenimiento)
Conservación de datos en la Micro Memory Card (tras la última programación)	Mínimo 10 años
Tiempos de ejecución	
Tiempos de ejecución para	
• Operaciones de bits	0,05 µs
• Operaciones de palabras	0,2 µs
• Aritmética en coma fija	0,2 µs
• Aritmética en coma flotante	1,0 µs

Tabla 3.1 Características de trabajo de la CPU 317-2 PN/DP. S7-300 CPU 31xC y CPU 31x. Datos técnicos.

Los controladores de SIMATIC presentan dos memorias, cada CPU tiene una memoria interna dedicada al procesamiento de la lógica de control y otra área de memoria externa (por medio de una *micro memory card*) encargada de almacenar tanto los bloques de programación como los datos que se van generando, todo esto con el fin de realizar el procesamiento de la información de un modo eficiente para los procesos (figura 3.2).

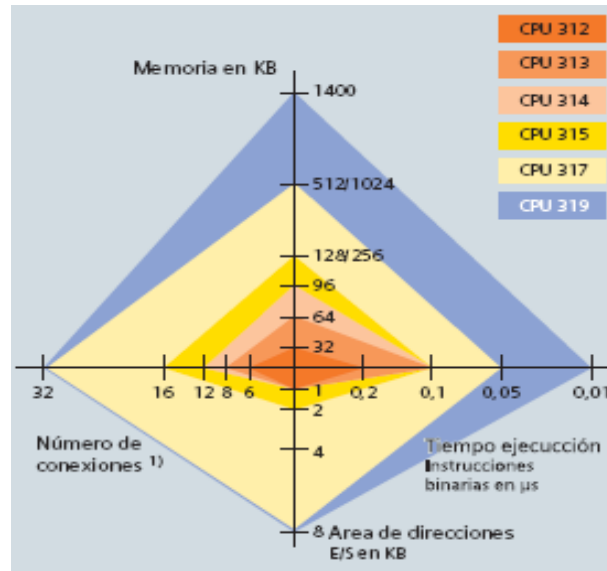


Figura 3.2 Relación memoria y tiempo de ejecución de las CPU's de la familia S7-300. Folleto Controladores Simatic, Siemens AG Noviembre 2007.

Muchas de las actividades de la aplicación se realizan por lapsos predeterminados, por ejemplo, la presión se mantiene un cierto tiempo y posteriormente cambia de forma drástica, posteriormente se mantiene un periodo y vuelve a la presión inicial. Por lo tanto, es importante tener en cuenta el número de temporizadores con los que cuenta el PLC, puesto que se requieren una gran cantidad de ellos. También se debe tener en cuenta la cantidad de bloques de ejecución cíclica, los cuales sirven para el manejo de la frecuencia de los variadores de velocidad, así como para controlar el funcionamiento de la regulación de temperatura por medio de controles PID.

La cantidad de contadores y temporizadores y bloques cíclicos soportados por el controlador elegido se muestran en la tabla 3.2.

Adicionalmente se debe contemplar la cantidad de señales, entradas y salidas, que se van a presentar en el sistema. Los módulos de señales son las interfaces del SIMATIC S7-300 con el proceso. Existe una amplia gama de módulos digitales y analógicos distintos. Los módulos analógicos y digitales se diferencian en el número de canales, la gama de tensión y de corriente, el aislamiento galvánico, la capacidad de diagnóstico y alarma, etc. La capacidad del controlador respecto a las señales soportadas se observa en la tabla 3.3

La CPU 317- 2 DP/PN se elige porque incluye dos interfaces de comunicación, Profibus y Profinet (Ethernet), las cuales son necesarias para la aplicación. Profibus es una red que permite la comunicación con los variadores de velocidad, el control de éstos se realiza a través del PLC modificando las palabras de control dedicadas al sentido y a la frecuencia de giro del motor. Por medio de la interfaz Profinet se obtiene la comunicación con el sistema SCADA para el óptimo intercambio de datos. En la tabla 3.4 se muestran las características de los puertos de comunicación integrados en el controlador.

Temporizadores/contadores y su remanencia	
Contadores S7	512
• Remanencia	Configurable
• Predeterminada	de Z 0 a Z 7
• Rango de contaje	0 a 999
Contadores IEC	Sí
• Clase	SFB
• Cantidad	Ilimitada (sólo por la memoria de trabajo)
Temporizadores S7	512
• Remanencia	Configurable
• Predeterminada	Sin remanencia
• Rango de tiempo	10 ms a 9990 s
Temporizadores IEC	Sí
• Clase	SFB
• Cantidad	Ilimitada (sólo por la memoria de trabajo)
Áreas de datos y su remanencia	
Marcas	4096 bytes
• Remanencia	Configurable
• Remanencia predeterminada	de MB0 a MB15
Marcas de ciclo	8 (1 byte de marcas)
Bloques de datos	
• Cantidad	2047 (en el rango numérico de 1 a 2047)
• Tamaño	64 KB
• Compatibilidad Non-Retain (remanencia ajustable)	Sí
Datos locales según prioridad	máx. 1024 bytes

Bloques	
Total	2048 (DBs, FCs, FBs) El número máximo de bloques cargables puede verse reducido por la Micro Memory Card utilizada.
OBs	v. lista de operaciones
• Tamaño	64 KB
• Número de OBs de ciclo libre	1 (OB 1)
• Número de OBs de alarma horaria	1 (OB 10)
• Número de OBs de alarma de retardo	2 (OB 20, 21)
• Número de alarmas cíclicas	4 (OB 32, 33, 34, 35)
• Número de OBs de alarmas de procesos	1 (OB 40)
• Número de OBs de alarmas DPV1	3 (OB 55, 56, 57)
• Número de OBs isócronos	1 (OB61)
• Número de OBs de arranque	1 (OB100)
• Número de OBs de errores asíncronos	6 (OB 80, 82, 83, 85, 86, 87) (OB 83 para PROFINET IO)
• Número de OBs de errores síncronos	2 (OB 121, 122)

Tabla 3.2 Número de temporizadores, contadores y bloques para almacenar información. S7-300 CPU 31xC y CPU 31x. Datos técnicos

Imagen de proceso E/S	
• De ellos ajustables	
– Entradas	2048 bytes
– Salidas	2048 bytes
• De ellos preconfigurados	
– Entradas	256 bytes
– Salidas	256 bytes
Número de imágenes parciales de proceso	1
Canales digitales	
• Entradas	máx. 65536
• Salidas	máx. 65536
• Entradas, de ellas centralizadas	máx. 1024
• Salidas, de ellas centralizadas	máx. 1024
Canales analógicos	
• Entradas	máx. 4096
• Salidas	máx. 4096
• Entradas, de ellas centralizadas	máx. 256
• Salidas, de ellas centralizadas	máx. 256
Configuración	
Bastidores	máx. 4
Módulos por cada bastidor	8
Cantidad de maestros DP	
• Integrada	1
• a través de CP	4

Tabla 3.3 Cantidad de señales que se pueden utilizar. S7-300 CPU 31xC y CPU 31x. Datos técnicos

Interfaces	
1a interfaz	
Tipo de interfaz	Interfaz RS 485 integrada
Física	RS 485
Separación galvánica	Sí
Alimentación de la interfaz (15 a 30 V c.c.)	máx. 200 mA
Funcionalidad	
• MPI	Sí
• PROFIBUS DP	Sí
• Acoplamiento punto a punto	No
• PROFINET	No
MPI	
Servicios	
• Comunicación PG/OP	Sí
• Routing	Sí
• Comunicación de datos globales	Sí
• Comunicación básica S7	Sí
• Comunicación S7	Sí
– Como servidor	Sí
– Como cliente	No (pero vía CP y FBs cargables)
• Velocidades de transferencia	Máx. 12 Mbit/s
2a interfaz	
Tipo de interfaz	PROFINET
Física	Ethernet RJ 45
Separación galvánica	Sí
Autosensing (10/100 Mbit/s)	Sí
Funcionalidad	
• PROFINET	Sí
• MPI	No
• PROFIBUS DP	No
• Acoplamiento punto a punto	No

Tabla 3.4 Interfaces de comunicación con otros dispositivos.
S7-300 CPU 31xC y CPU 31x, Datos técnicos.

Ambas redes son industriales y trabajan a diferentes velocidades de transmisión. Profibus es una red muy robusta para los ambientes industriales, pero puede obtener como máximo una velocidad de comunicación de 12 Mbits/s. Profinet, por otro lado, es el tipo de interfaz más común para la comunicación con sistemas SCADA por la necesidad de transmitir los datos en tiempo real, gracias

a la velocidad que maneja (100 Mbits/s). Las redes Profinet son una combinación de Profibus y Ethernet, esto da como resultado lo robusto de la red Profibus y la velocidad de transmisión Ethernet, además de que es una red determinística que se reserva un ancho de banda para la comunicación y otro para la información.

Finalmente, se utiliza el software Step 7 V5.4 de Siemens para realizar la programación del PLC elegido. Este software permite configurar la arquitectura de hardware y realizar la programación lógica de control, además brinda la posibilidad de escoger entre tres diferentes tipos de programación: programación en escalera (contactos eléctricos), programación lógica (compuertas) y programación a través de lista de instrucciones (parecido al lenguaje ensamblador). Para la aplicación se utilizan los lenguajes de programación en escalera y lista de instrucciones.

3.2 Variadores de velocidad.

Otro de los aspectos importantes del proyecto es el control de los motores que hacen funcionar cada una de las bandas del sistema de transporte del vidrio, así como el motor que se encarga de generar la presión para el enfriamiento del vidrio una vez que ha salido de la cápsula de calentamiento. Para ello se requiere utilizar dispositivos que ayuden a realizar dicho control.

Los variadores de velocidad sirven para tener un mejor control del movimiento de los motores. Para la aplicación se utilizan variadores de dos fabricantes. Para el movimiento de la banda transportadora se utilizan variadores Micromaster 440 de la marca Siemens y para el control del motor de enfriamiento un variador Altivar 71 de Schneider. Se deben conocer bien los variadores para lograr un óptimo aprovechamiento de ellos.

El convertidor MICROMASTER 440 se puede usar en numerosas aplicaciones de accionamiento de velocidad variable. Sus características principales son:

- *Configuración particularmente flexible gracias a la construcción modular.*
- *6 entradas digitales libremente parametrizables y aisladas galvánicamente*
- *2 entradas analógicas (0 a 10 V, 0 a 20 mA, escalable), configurables también como séptima y octava entrada digital.*
- *2 salidas analógicas parametrizables (0 a 20 mA).*
- *3 salidas a relevador parametrizables (DC 30V/5A carga resistiva; AC 250V/2A carga inductiva).*

- *Funcionamiento silencioso del motor gracias a altas frecuencias de pulsación.*
- *Protección para motor y convertidor⁶.*

Estos convertidores de frecuencia permiten controlar el movimiento de las bandas transportadoras ya que se requiere que la velocidad con la que traslada el vidrio sea variable de acuerdo al tamaño y tipo del vidrio a templar, adicionalmente por el movimiento oscilatorio requerido los motores deben de cambiar el sentido de giro constantemente.

Tanto el variador de velocidad Micromaster 440 como el Altivar 71 ofrecen una alta precisión y son controlados por las principales redes de comunicación, en este caso se utiliza la red Profibus para poder comunicar los variadores con el PLC.

El variador Altivar 71 presenta control vectorial de flujo con o sin captador para motores asíncronos, control de velocidad o de par, frecuencia de salida de hasta 1000 Hz y controles de los motores síncronos sin captador. Brinda además seguridad en todo el trayecto, protección en todos los niveles:

- a) Para el motor. Protección térmica, sondas PTC o relevador térmico-electrónico integrado, protección contra las sobre tensiones.*
- b) Para la máquina. Función de seguridad "Power Removal" (sin arranque intempestivo del motor), gestión de alarmas, gestión de fallos externos.*
- c) Para el variador. Protección automática en caso de sobrecalentamiento, limitación de corriente por hardware y software⁷.*

3.3 Arquitectura para el horno de templado.

Un proceso de automatización abarca diferentes etapas y elementos, la pirámide de la automatización identifica distintas etapas: los elementos de campo, el nivel de control, el nivel de operación y el nivel gerencial, por ello se deben considerar todos los elementos necesarios. Dentro de los elementos de campo se tienen cable, botoneras, relevadores, encoders, sensores, switches de límite, motores, componentes eléctricos, etc. Para el nivel de control el PLC y las tarjetas de señales. Finalmente en el nivel de operación se encuentra el sistema SCADA.

⁶ Convertidores de Frecuencia MICROMASTER 410/420/430/440.
Siemens AG Catálogo DA51.2 2006

⁷ Revista Contacto Publicación de Schneider Electric Argentina SA. No. 54, Año 16, Septiembre 2005.

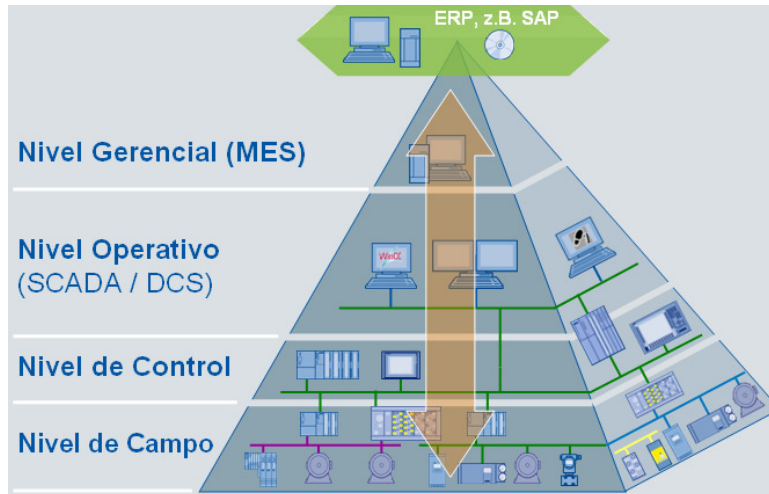


Figura 3.3 Pirámide de automatización.

Los equipos de control y las redes de comunicación definidos para la automatización del proceso son los siguientes: se requiere llevar a cabo el movimiento de cuatro bandas transportadoras, por medio de variadores de velocidad Micromaster 440 Siemens, el control del motor que hace el enfriamiento es a través de un variador Altivar 71 Schneider, el PLC utilizado para la automatización será CPU 317- 2 PN/DP, las tarjetas de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales serán SM Siemens, la comunicación con los equipos será con el protocolo Profibus y la comunicación con el SCADA será con Profinet.

La información de los dispositivos con los que interactúa el controlador es transferida a través de software, el PLC seleccionado requiere el software de programación Step 7 de Siemens, el cual permite definir la configuración de Hardware como la lógica de control. Esta herramienta además de generar la arquitectura de los equipos de control, permite definir el direccionamiento de cada una de las señales involucradas, una vez que se anexa cada dispositivo el sistema le otorga una dirección para su posterior identificación al implementar la lógica de control, cuando se termina el diseño de la arquitectura se compila para determinar si existe algún error y posteriormente se carga al PLC, con el fin de que comience a realizar una lectura de cada dispositivo y el correcto funcionamiento de las redes de comunicación.

El sistema debe ser capaz de controlar 40 señales analógicas para termopares y el control de elementos mecánicos del Quench y 86 señales digitales para

sensores, encoders y el control de los aspersores de la cápsula de calentamiento, adicionalmente del control de motores por medio de variadores de velocidad.

Los equipos locales son colocados sobre un riel y se comunican con el controlador de manera directa por medio de un conector en la parte posterior de cada tarjeta. Los sistemas para el PLC de la familia S7-300 sólo permiten una expansión de hasta 4 rieles y por cada riel sólo se pueden disponer 8 tarjetas de señales. Además se debe respetar el acomodo de cada una de las tarjetas de la siguiente manera: el primer espacio está reservado para la fuente de alimentación, en el segundo debe ir la CPU, el tercero es para realizar una expansión de señales si es necesario y del espacio 4 al 11 se colocan los módulos de señales. Si se necesita otro riel para expandir los módulos de señales sólo se considera el primer espacio para la fuente de alimentación y los espacios 4 al 11 para las tarjetas. Para el resto de los dispositivos se requiere del protocolo de comunicación Profibus DP para lograr la interacción del controlador con los variadores de velocidad.

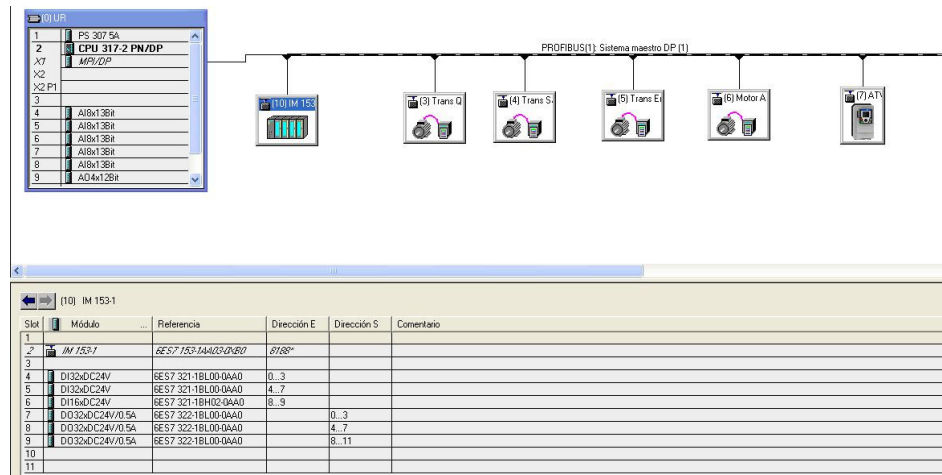


Figura 3.4 Herramienta de configuración de Hardware.
Arquitectura del Horno de Templado.

Por la gran cantidad de señales involucradas es necesario emplear 2 rieles. En el primer riel se encuentra el controlador y los módulos de señales analógicas y en el segundo riel los módulos de señales digitales. Para poder llevar la comunicación al segundo riel se utiliza una tarjeta que permite descentralizar los módulos con un límite de 10 m. En la figura 3.5 se observa la implementación de 2 rieles para poder colocar las fuentes de alimentación, el

controlador y todas las tarjetas de señales necesarias para lograr el control de los diferentes elementos de campo.

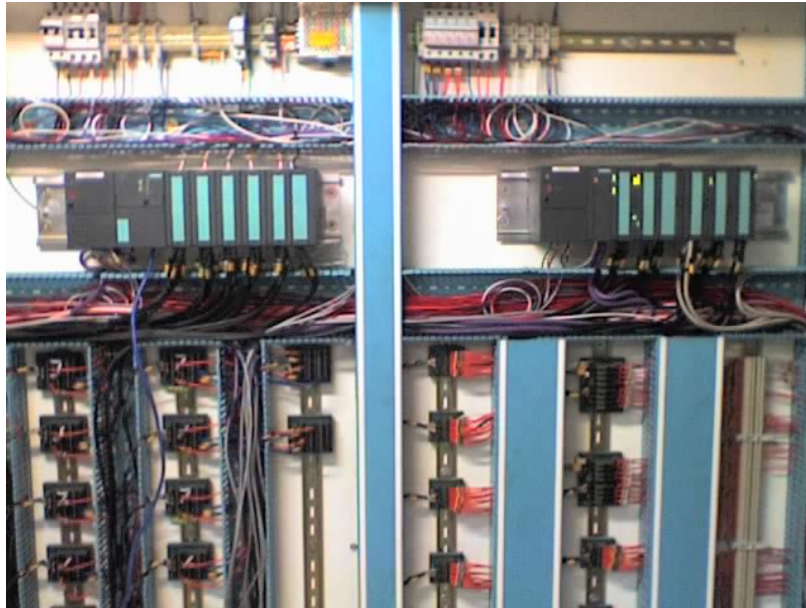


Figura 3.5 Controlador, módulos analógicos y digitales.

Para controlar todas las señales requeridas se necesitan 5 tarjetas de 8 entradas analógicas, todas ellas configuradas para leer los elementos entre un rango de 4 a 20 mA y 1 tarjeta de 4 salidas analógicas configurada para un rango de +/- 10 V. Respecto a las señales digitales se requieren 2 tarjetas de 32 entradas digitales, 1 tarjeta de 16 entradas digitales y 3 tarjetas de 32 salidas digitales, todas ellas trabajan con alimentación a 24 VCD y muestran estados de activo o inactivo (0 – 1 ó 0 – 24 V).

La CPU 317-2 PN/DP presenta un puerto de comunicación Profibus por lo que no se requiere de una tarjeta de comunicación adicional. Dentro de las propiedades de la CPU se da de alta la red de comunicación y la velocidad a la que estará trabajando, la cual es de 1.5 Mb/s, finalmente se establece la comunicación con los variadores de velocidad por medio de la red Profibus, donde cada variador se parametriza a través de una pantalla integrada en el mismo dispositivo, en la que se ajustan diferentes parámetros como el rango de frecuencia, la corriente y tensión del motor, etc.

El controlador realiza la lectura y escritura del sentido de giro y la frecuencia a la que gira el motor por medio de una palabra de control, cada parámetro es representado por un valor de 16 bits. La herramienta de configuración de hardware permite conocer la dirección de dicho valor para posteriormente manipularla en la lógica de programación.



Figura 3.6 Variadores de Velocidad Micromaster 440.

3.4 Análisis del SCADA propuesto.

El proceso de templado de vidrio requiere que un operador interactúe con el proceso. Para que el PLC pueda recibir datos del operador se debe tener una Interfaz Hombre – Máquina (HMI), generalmente a través de un panel de operador y el procesamiento de los datos registrados se efectúa mediante un sistema SCADA.

De acuerdo al objetivo de este trabajo únicamente se tiene que realizar la comunicación entre el SCADA diseñado y programado previamente y el PLC, el software SCADA seleccionado es Movicon de la compañía Progea con el que se lleva a cabo la interacción entre el operador y el proceso, y a su vez se tiene un sistema de adquisición de datos.

El SCADA seleccionado permite el control y monitoreo de las señales del proceso, la posibilidad de integrar una base de datos al sistema por medio de programación en visual Basic, un sistema de administración de usuarios y la posibilidad de presentar los datos históricos por medio de tablas y gráficas de valores con respecto al tiempo

En el sistema SCADA básicamente se tiene la introducción de datos, como por ejemplo los tiempos que va a durar el vidrio en el horno; y a su vez se almacenará en una base de datos la información generada durante el proceso completo. Por lo anterior, sólo se requiere establecer la comunicación a través de Profinet (TCP/IP) con el PLC y determinar la información que se va a leer y la que se va a enviar al sistema SCADA.

3.5 Análisis del proyecto.

Una vez establecida la arquitectura se debe dividir el proyecto general en partes, donde cada una de ellas depende de la anterior, de modo que todas las partes en conjunto darán como resultado el funcionamiento total de la aplicación. Así cada una de las funciones generadas proporciona una serie de elementos con los que se puede comenzar la siguiente fase del proyecto, de éste modo se prueba cada una de las funciones que se generan individualmente y en conjunto con las anteriores, con lo que se espera evitar errores futuros y tener una puesta en marcha mucho más sencilla.

3.5.1 División del proyecto.

Para que el proceso se desarrolle de manera óptima, es decir, en menor tiempo y con el mejor rendimiento posible, existen cuatro etapas que son fundamentales: el sistema de transporte del vidrio, el calentamiento y enfriamiento del vidrio y la comunicación con el sistema SCADA. Cada una de las etapas requiere la correcta automatización de la anterior, ya que depende de señales generadas en la etapa que le precede.

En primer lugar se automatiza el sistema de las bandas transportadoras, comenzando por la correcta parametrización de todos los variadores de velocidad de cada una de las bandas, posteriormente se lleva a cabo la comunicación con el controlador. Con los variadores funcionando correctamente se inicia el control de cada una de las bandas involucradas en el sistema, mesa de entrada, mesa principal, mesa Quench y mesa de salida.

Con el sistema de transporte funcionando el siguiente paso es la automatización del sistema de enfriamiento. Se debe en primer lugar, parametrizar el variador de velocidad que controla el motor de 600HP y se comunica con el controlador. Una vez establecida la comunicación se programan las diferentes rampas (cambios de presión por medio del cambio de la velocidad de giro del motor), que se necesitan dependiendo del vidrio a temprar.

El siguiente elemento a automatizar es el sistema de calentamiento, en primer lugar se integran los termopares al controlador y se escala cada uno de los valores obtenidos para la lectura de la temperatura de la cápsula de calentamiento. Posteriormente se definen los tiempos de funcionamiento de las resistencias que llevan a cabo el calentamiento de la cápsula y finalmente se programan los PIDs que regulan el encendido de las resistencias.

Por último, se integra el controlador al sistema SCADA para la relación de los datos del proceso que se modifican, como el tiempo de encendido de las resistencias, la presión para el enfriamiento o la velocidad a la que se transporta el vidrio en el horno de templado.

3.5.2 Análisis de tiempos.

Cada una de las etapas requiere del análisis de la tarea, la programación y posteriormente se prueba la aplicación y se mejora el proceso si es necesario, por lo tanto se acuerda de forma empírica que la unidad de tiempo necesaria para cada tarea debe ser de 1 día. A continuación se presenta un diagrama de los tiempos estimados para la resolución de cada una de las etapas a automatizar. El tiempo estimado total para completar la automatización del horno de templado es de 1 mes para la configuración de todos los equipos y 2 semanas adicionales para realizar pruebas de funcionamiento y mejorar la calidad del templado.

Tarea	Dic-07					Ene-08																										
	25	26	27	28	29	30	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Automatización de la banda transportadora																																
Parametrización de Micromaster 440	■																															
Comunicación con CPU 315-2 PN/DP																																
Mesa principal		■	■																													
Mesa Quench				■	■																											
Mesa de entrada						■																										
Mesa de salida							■																									
Automatización del Quench																																
Parametrización de Altivar 71								■	■	■																						
Comunicación con CPU 315-2 PN/DP									■	■																						
Rampas de enfriamiento										■	■	■	■	■																		
Automatización de cápsula de calentamiento																																
Escalado de lectura de termopares																		■	■	■												
Tiempos de encendido de resistencia por zonas																						■	■	■	■							
Control de temperatura por PID																							■	■	■	■	■					
Comunicación con SCADA																																
Enviar datos del proceso al SCADA																															■	■

Figura 3.7 Análisis de tiempos necesarios para cada tarea.

Dicho estimado se define otorgando mayor tiempo a las etapas primordiales del proceso como el sistema de transporte, las rampas para el enfriamiento del vidrio y los PIDs que controlan el encendido de las resistencias en la cápsula de calentamiento.