

7. Soluciones propuestas

Se presentan dos soluciones para el diseño del sistema, una de ellas propone un diseño centralizado y la otra, un diseño distribuido. Ambas soluciones son perfectamente válidas para el control de la planta. A continuación se exponen las características principales de cada una de ellas y una comparativa técnica en la que se explican las ventajas e inconvenientes.

- Solución basada en un “Sistema de PLC Centralizado”, integrado por el SCADA OASyS DNA de Telvent y PLC Quantum centralizado de Schneider. En esta solución, un único armario con CPU’s redundantes controla toda la planta desaladora.
- Solución basada en un “Sistema de PLC’s Distribuidos”, que consiste en distribuir el control por la planta, incorporando un PLC distribuido para cada armario de E/S, que pasa a ser un equipo de control 100% autónomo, sin depender de comunicaciones PLC – dispositivos de campo, ni de una “CPU a distancia” para su funcionamiento, formado igualmente por el SCADA OASyS DNA de Telvent y PLC’s Quantum distribuidos de Schneider.

Ambas soluciones comparten, sin embargo, la clasificación de los armarios de E/S en tipos, con el objetivo de adquirir y distribuir con coherencia las señales de campo y las generadas en el sistema de control. Como se ha visto en el punto **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, los módulos de E/S están distribuidos seis tipos/edificios. Los cuadros de fuerza y mando de válvulas motorizadas y compuertas estarán centralizados en un CCM o descentralizados en los armarios de E/S, según la solución.

El tamaño de los armarios, como se había previsto anteriormente, ha sido calculado para dejar un 20% de su espacio libre para futuras ampliaciones. Contarán con elementos para facilitar su transporte, y en función de su emplazamiento, intemperie o interior, y teniendo en cuenta las condiciones ambientales de la planta, contarán con protecciones IP65 e IP55 respectivamente. En estos armarios las señales cuentan con separación

galvánica, y cada una de las entradas analógicas y digitales tiene protección individual contra sobretensión y sobreintensidades.

Enunciamos ahora los seis tipos de armarios de E/S que se identifican en los esquemas de la arquitectura:

- Armarios del edificio auxiliar eléctrico de captación
- Armarios del edificio de filtración de arena y antracita
- Armarios del edificio de dosificación química
- Armarios del edificio de producción
- Armarios del edificio eléctrico y de control
- Armarios del edificio de bombas de agua producto

7.1. Descripción detallada de la solución centralizada

Esta solución se basa en una única CPU redundante que controla toda la planta desaladora. Los armarios de E/S no incorporan inteligencia, por lo que no pueden funcionar de forma autónoma. Así pues, la CPU, aunque redundante, es única para toda la planta.

Debe destacarse que se incorpora dualidad en el Centro de Control tanto para la información en tiempo real como histórica. La estación de ingeniería estará compuesta por un servidor redundante, que eleva de forma relevante la robustez y seguridad del sistema.

Dentro de la sala electrónica se instalará, como se ha dicho, un servidor de Tiempo Real e Históricos redundante y un servidor Web que permitirá la conexión remota de hasta cinco usuarios para la visualización de los datos del sistema.

En la sala de control habrá dos puestos de operación, uno de ellos de ingeniería, con el hardware más moderno disponible y el sistema operativo Windows, siendo las comunicaciones entre todas las estaciones a través de una doble red redundante Modbus Ethernet TCP/IP sobre **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Los autómatas se comunican con los elementos de la periferia distribuida mediante una red Modbus Ethernet TCP/IP sobre fibra óptica.

Tres elementos principales integran este sistema:

- Sistema de Gestión basado en SCADA OASyS DNA de Telvent
- Controladores redundantes centralizados Quantum de Schneider 140 CPU 671 60.
- Periferia distribuida Advantys de Schneider

Como se explicará en apartados posteriores, el software OASyS DNA es una estrategia para soluciones de tiempo real que van más allá de SCADA y que ofrece el acceso a los componentes de gestión de datos más abiertos e integrables en la empresa disponibles en el momento. La familia de productos OASyS DNA incluye la interfaz gráfica de

usuario, un sistema de gestión de bases de datos relacionales totalmente integrado, para permitir una comunicación abierta total con software de aplicación de terceros.

La arquitectura de este sistema se muestra en la figura 1:

Planta Desaladora: Solución centralizada

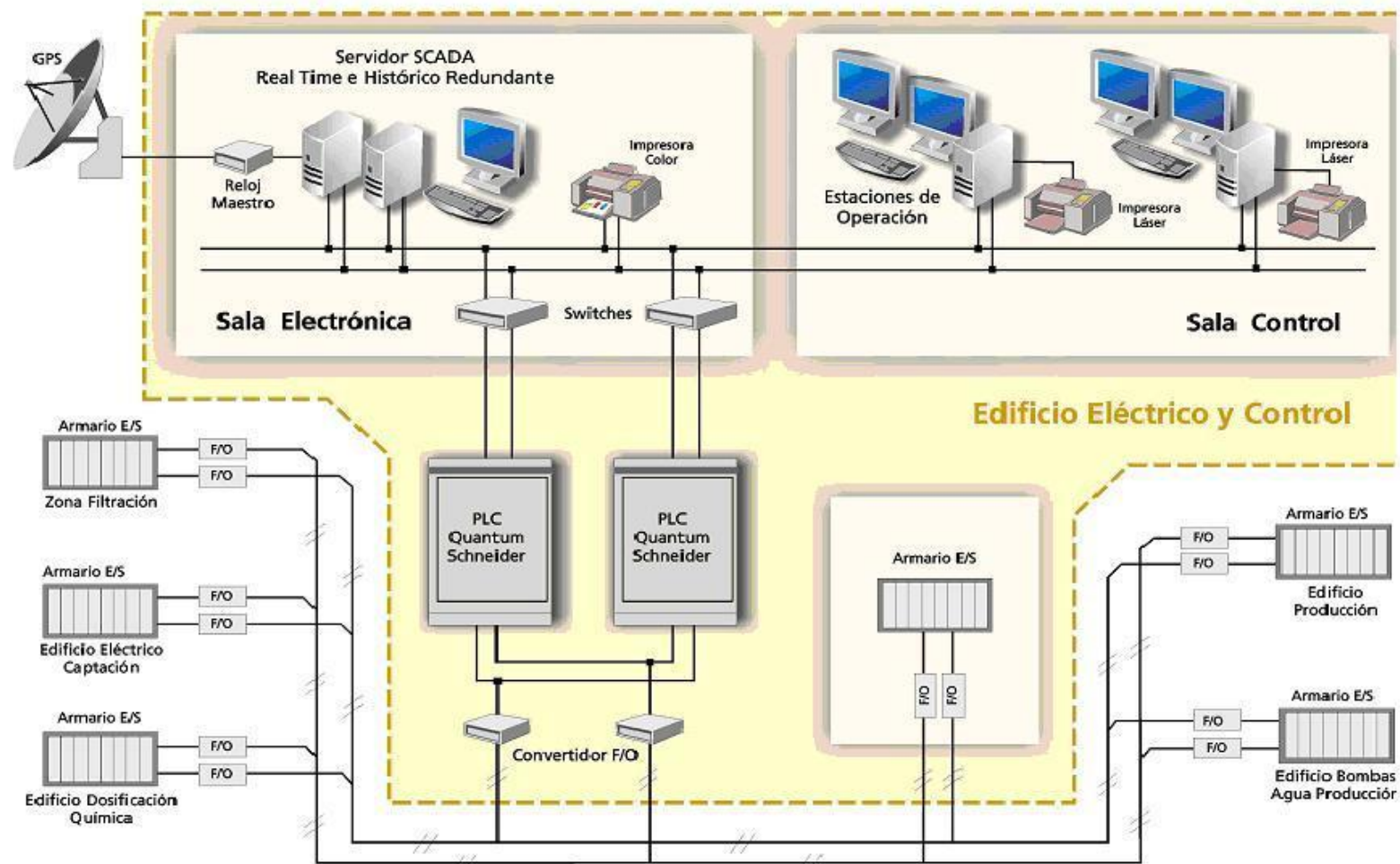


Figura 1: Esquema de la solución centralizada

7.1.1. Componentes de la solución centralizada

La solución centralizada cuenta con los siguientes componentes:

- Sistema de Gestión; sala electrónica:
 - Servidor SCADA
 - Reloj maestro
 - Impresora color
 - Licencia de software OASyS Professional Hot
 - Licencia de software OASyS Professional Standby
 - Unidad de almacenamiento de datos externos de 80 Gb
- Sistema de Gestión; sala de control:
 - Dos PC's
 - Dos impresoras láser
 - Licencias de software de operación Windows y XOS
- Resto del edificio eléctrico y de control:
 - Controladores redundantes centralizados Quantum de Schneider 140 CPU 671 60 con el software Unity Pro, descritos en el apartado 7.1.2.
 - Red Ethernet
 - Switches para Ethernet
 - Protocolos de comunicación Modbus
 - Convertidores de fibra óptica para conectar con el bus de campo
 - Armario del edificio eléctrico y de control con convertidores de fibra óptica (CCM)
- Elementos de los armarios
 - Módulos de E/S: Periferia distribuida Advantys de Schneider (ver apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)
 - Protectores de sobretensiones
 - Convertidores de fibra óptica (externos a los armarios)
 - 5 interruptores de tipo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**
 - Fuente de alimentación

- Sistema GPS, que explicaremos en el punto **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

7.1.2. Controlador PLC centralizado

Para la unidad de control del sistema se ha elegido el controlador redundante Quantum de Schneider 140 CPU 671 60.

Las unidades centrales de control del sistema se basan



en procesadores de alto rendimiento y realizan numerosas funciones básicas:

- Tiempo de ciclo reducido con adquisición rápida de las entradas/salidas.
- Tratamiento de interrupción por evento temporal o procedente de las entradas.
- Tratamiento posible tanto en tarea rápida como en tarea maestra.
- Ampliación de la capacidad de memoria mediante tarjetas de memoria PCMCIA.
- Varios puertos de comunicación integrados en el procesador.
- Diagnóstico y mantenimiento sencillos gracias al bloque de visualización LCD en la parte frontal de los procesadores de gama alta.



Detallamos a continuación sus componentes más importantes:

Memoria

Los procesadores admiten de base su programa de aplicación, el software Unity Pro, en la memoria RAM interna guardada en pila. Esta pila está situada en la parte frontal del procesador y se puede sustituir con el procesador en funcionamiento. También dispone de memoria EEPROM para almacenar el programa en memoria no volátil.

Para proteger el programa de aplicación en caso de manipulación incorrecta, los procesadores están equipados en la parte frontal de un conmutador de llave

destinado a proteger la memoria. Este conmutador también se puede utilizar para permitir el comando de ejecución Run/Stop del procesador.

Un bit de protección de la memoria, que se debe situar en modo configuración, también está disponible para realizar cualquier modificación de programa (a través del PC de programación o la descarga del programa).

El procesador 140 CPU 671 60, adecuado para este sistema, dispone de 2 zócalos, para tarjeta PCMCIA:

- Un zócalo superior (N.º 0) para una tarjeta de ampliación de memoria (programa, símbolos, constantes y/o almacenamiento de datos).
- Un zócalo inferior (N.º 1) para una tarjeta de ampliación de memoria de tipo almacenamiento de datos.

Puertos de Comunicación

Los procesadores Quantum integran:

- Dos puertos Modbus RS232.
- Un puerto Modbus Plus.
- Dos puertos Ethernet TCP/IP 10BASE-T/100BASE-TX (conexión RJ45).
- Un puerto USB para la conexión de un terminal PC de programación.

Visualización LCD

Los procesadores disponen de una visualización LCD (2 líneas de 16 caracteres) con luminosidad y contraste ajustables. Las teclas asociadas a la visualización permiten diagnosticar, acceder a determinados parámetros de configuración y controlar la ejecución del procesador.

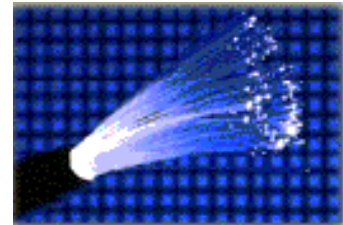
Redundancia Hot-Standby

El sistema Hot Stand-by, compatible con el software Unity Pro, confiere a los procesadores Quantum el nivel que necesitan las aplicaciones más exigentes en cuanto a la disponibilidad del sistema de control de la desaladora.

Como se ve en la figura 1, en el centro del sistema se encuentran dos racks de autómatas Quantum, comúnmente denominados autómata “Primario” y autómata “Stand-by”. Las configuraciones de su hardware deben ser idénticas (mismos módulos en cada rack local). La pieza maestra de cada uno de ellos es el procesador 140 CPU 671 60, especialmente estudiado para las arquitecturas Hot Stand-by con el software Unity Pro. Este procesador es un módulo de dos emplazamientos que combina, en la misma caja, la función de unidad central y la de coprocesador de redundancia.

El autómata “Primario” ejecuta el software y lleva a cabo el control de las entradas/salidas. El autómata “Stand-by” permanece en reposo, listo para tomar el control si fuera necesario. El autómata “Stand-by” está conectado al autómata “Primario” mediante un enlace de fibra óptica de alta velocidad (100 Mbit/s) integrado en el procesador.

Este enlace de fibra óptica (multimodo 62,5/125) se puede ampliar hasta 2 km. sin necesidad de dispositivo adicional particular. A través de él se realiza la actualización cíclica de los datos de la aplicación de usuario en el autómata “Stand-by”.



En caso de producirse un fallo imprevisto en el autómata “Primario”, el sistema de redundancia realiza una conmutación automática que transfiere la ejecución del programa de aplicación y el control de las entradas/salidas en el autómata Stand-by, con unos datos actualizados. Tras la conmutación, el autómata “Stand-by” se convierte en el autómata “Primario”. Una vez restablecido el estado de funcionamiento del autómata defectuoso y conectado de nuevo al sistema de redundancia, actúa como autómata “Stand-by”.

La utilización del sistema de redundancia Hot Stand-by con el software Unity Pro permite conmutar la redundancia, que se realiza sin sacudidas en las salidas y tiene lugar de forma transparente para el proceso, cuya gestión no se verá en definitiva alterada por la aparición de un fallo de hardware. El sistema Hot Stand-by con el software Unity Pro es la garantía de una mayor productividad, debido a su contribución a la reducción de los tiempos de parada.

7.1.3. Conectividad

En cada solución, la conectividad del sistema es diferente debido a su arquitectura. La clavija saliente para conectar los elementos de la red Ethernet del edificio eléctrico y de control será del tipo RJ45, con **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), formándose la red Ethernet TCI/IP con protocolo Modbus

Los switches (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) se encargan de distribuir las señales por la red redundante y las direccionan hacia los PLC's. Los PLC's se conectan entre sí mediante un enlace de fibra óptica de alta velocidad (100 Mbit/s) multimodo integrado en el procesador, y también a los convertidores de fibra óptica del bus de campo mediante sus dos puertos RS232 y protocolo Modbus RS232.

Los convertidores entre cable UTP y fibra óptica (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) marcan el inicio del bus de campo, implementado con tecnología TCP/IP, y llevan las señales a los distintos armarios de la desaladora mediante el protocolo Modbus Ethernet TCI/IP.

Los armarios contarán a su entrada con dos convertidores de fibra óptica y UTP, debido a la redundancia de la red, y en su interior se conectarán al bus local de cada uno de ellos mediante una clavija del tipo RJ45.

7.2. Descripción detallada de la solución distribuida

Esta solución se basa en distribuir el control en la planta, incorporando una CPU para cada armario de E/S, que pasan a ser un equipo de control 100% autónomo, que no depende de comunicaciones, ni de una CPU a distancia para su funcionamiento.

Dos elementos principales integran este sistema:

- Sistema de Gestión basado en SCADA OASyS DNA de Telvent con servidores redundantes.
- Seis autómatas distribuidos Quantum de Schneider 140 CPU 43412 Use.

Para el control de la planta de desalación se instalan autómatas programables Schneider Quantum. La estructura del sistema de control es distribuida, estando diferentes autómatas dedicados a los diferentes bloques en que se divide el proceso: Edificio eléctrico de captación, Edificio de filtración, Edificio de dosificación química, Edificio de producción, Edificio eléctrico y de control y Edificio de bombas de agua producto.

Como se explicará en el apartado 7.2.3, los autómatas están intercomunicados entre sí mediante una red redundante de comunicaciones en anillo a través de conexiones Modbus Ethernet TCP/IP sobre fibra óptica. En una red en anillo los nodos se conectan formando un círculo cerrado de modo que los paquetes que transportan datos pueden circular en cualquiera de los dos sentidos.

Al igual que en la solución anterior, existe dualidad en el Centro de Control tanto para la información en tiempo real como histórica, así como un servidor Web que permitirá la conexión remota de hasta cinco usuarios para la visualización de los datos del sistema. En la Sala de Control habrá una estación de ingeniería con servidor redundante y un puesto de operación con el hardware más moderno disponible y el sistema operativo Windows, siendo las comunicaciones entre ellas a través de una doble red redundante ModBus Ethernet TCP/IP sobre cable UTP. Este protocolo define la estructura de los mensajes que los PLC's reconocen, sin importar el tipo de red sobre la

cual se comunican, estableciendo un formato común para la distribución y el contenido de los registros o campos de los mensajes. Se trata de un protocolo abierto.

Remitimos al apartado 7.3 para un análisis de la comparativa realizada entre ambas soluciones y de las ventajas e inconvenientes que presentan las dos soluciones propuestas.

De la misma forma que en la solución centralizada, para la supervisión de la planta se propone el sistema SCADA OASyS DNA, el cual asegura un control global de la Planta, permitiendo una optimización pormenorizada del proceso, la adaptación a las necesidades de producción y la integración de todos los equipos periféricos. El resultado final es el aseguramiento de la calidad y la trazabilidad total del producto.

La arquitectura de este sistema se muestra en la figura 2:

Planta Desaladora: Solución distribuida

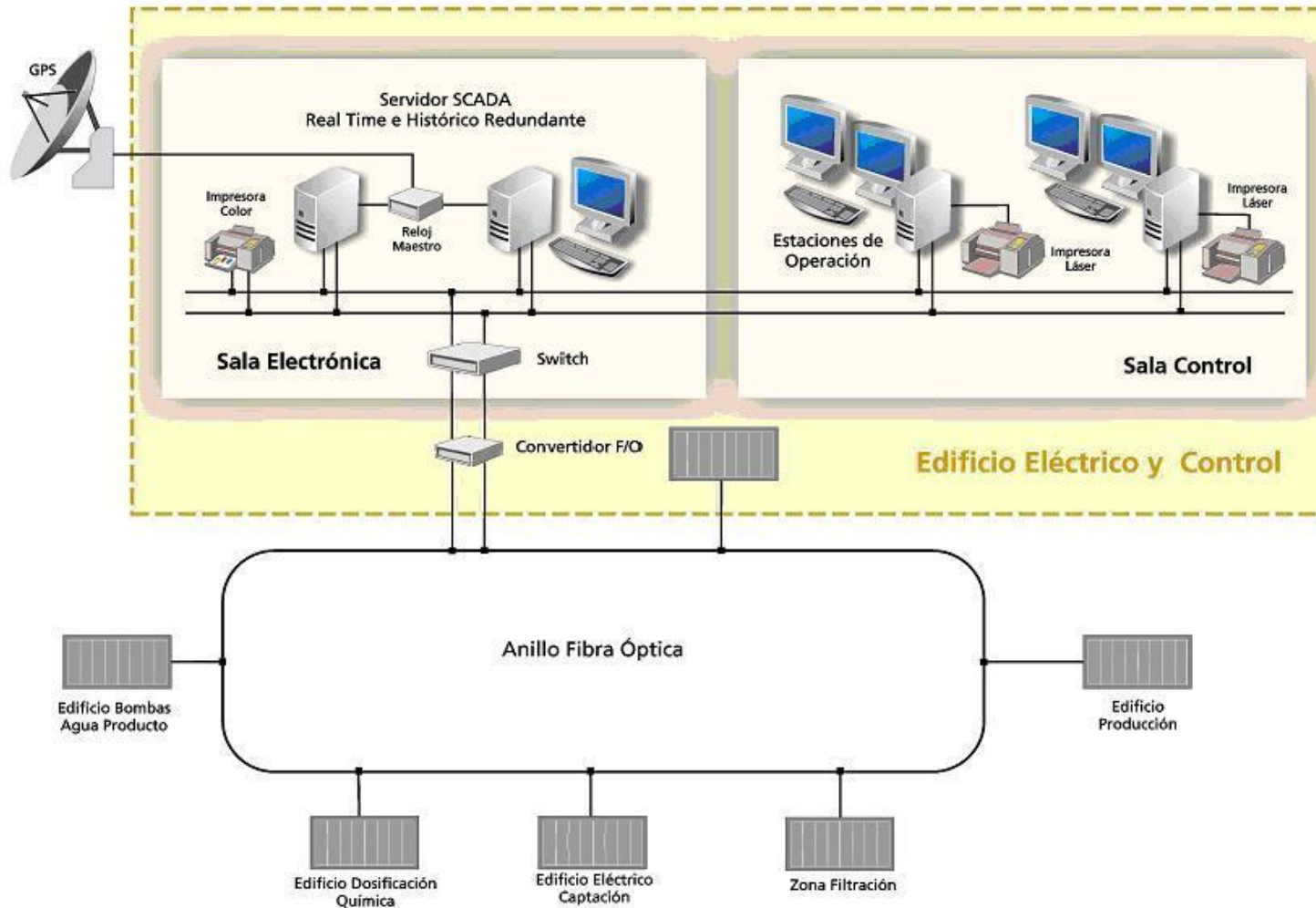


Figura 2: Esquema de la solución distribuida

7.2.1. Componentes de la solución distribuida

La solución distribuida cuenta con los siguientes componentes:

- Sistema de Gestión; sala electrónica:
 - Servidor SCADA
 - Reloj maestro
 - Impresora color
 - Licencia de software OASyS Professional Hot
 - Licencia de software OASyS Professional Standby
 - Unidad de almacenamiento de datos externos de 80Gb
- Sistema de Gestión; sala de control:
 - Dos PC's
 - Dos impresoras láser
 - Licencias de software de operación Windows y XOS
- Resto del edificio eléctrico y de control:
 - Red Ethernet
 - Switches para Ethernet
 - Protocolos de comunicación Modbus
 - 2 convertidores de fibra óptica (representados en una sola figura)
 - Armario del edificio eléctrico y de control
- Elementos de los armarios
 - Módulos de E/S: Periferia distribuida Advantys de Schneider, cuyas características se exponen en el apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**
 - Controlador PLC distribuido Quantum de Schneider 140 CPU 43412 Use, descrito en el apartado 7.2.2.
 - Protectores de sobretensiones
 - Convertidores de fibra óptica internos a los armarios, incluidos en la unión con el bus de campo.
 - 5 interruptores de tipo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

- Fuente de alimentación
- Sistema GPS, que explicaremos en el punto **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

7.2.2. Controladores PLC distribuidos

Las unidades centrales de la plataforma de automatismo Modicon Quantum 140 CPU 43412 Use son compatibles con el software Unity Pro, estándar de Schneider para toda su gama de PLC.



Veremos ahora sus características y comprobaremos que, siendo los PLC's distribuidos más sencillos, guardan gran similitud con los centralizados.

Se incluyen numerosas funciones básicas en los procesadores Quantum:

- Tiempo de ciclo reducido con adquisición rápida de las entradas/salidas.
- Tratamiento de interrupción por evento temporal o procedente de las entradas.
- Tratamiento posible tanto en tarea rápida como en tarea maestra.
- Varios puertos de comunicación integrados en el procesador.



Memoria

Los procesadores admiten de base su programa de aplicación en la memoria RAM interna guardada en pila. Esta pila está situada en la parte frontal del procesador y se puede sustituir con el procesador en funcionamiento. También dispone de memoria EEPROM para almacenar el programa en memoria no volátil.

Para proteger el programa de aplicación, el software Unity Pro, en caso de manipulación incorrecta, los procesadores están equipados en la parte frontal de un conmutador de llave destinado a proteger la memoria. Este conmutador

también se puede utilizar para permitir el comando de ejecución Run/Stop del procesador.

Un bit de protección de la memoria, que se debe situar en modo configuración, también está disponible para realizar cualquier modificación de programa (a través del PC de programación o la descarga del programa).

Puertos de Comunicación

Los procesadores Quantum integran:

- Un puerto Modbus Plus.
- Un puerto Ethernet TCP/IP 10BASE-T/100BASE-TX (conexión RJ45).
- Un puerto USB para la conexión de un terminal PC de programación.

Visualización LCD

Los procesadores disponen de una visualización LCD (2 líneas de 16 caracteres) con luminosidad y contraste ajustables. Las teclas asociadas a la visualización permiten diagnosticar, acceder a determinados parámetros de configuración y controlar la ejecución del procesador.

7.2.3. Conectividad

La conectividad de la solución distribuida, como hemos visto, es diferente a la centralizada. La diferencia radica fundamentalmente en la intercomunicación entre sí de los autómatas distribuidos mediante una red redundante de comunicaciones en anillo a través de conexiones Modbus Ethernet TCP/IP sobre fibra óptica. Dado que cada armario de entradas y salidas dispone de una CPU, no existe bus de campo entre éstas y el PLC, sino entre PLC's.

La red Ethernet del edificio eléctrico y de control se ha diseñado de igual manera que en la solución centralizada, ya que la diferencia entre ambas no se produce hasta la conversión del cable UTP a fibra óptica y el inicio del bus de campo. De esta forma, la clavija de la red Ethernet del edificio eléctrico y de control será del tipo RJ45, con **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), formándose la red Ethernet TCP/IP con protocolo Modbus, idéntica a la anterior.

De la misma forma, los switches (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) distribuyen las señales por la red redundante, como se ve en la figura 2, y los convertidores entre cable UTP y fibra óptica (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) marcan el inicio del bus de campo, con topología en forma de anillo.

El anillo de fibra óptica, como la red del edificio eléctrico y de control, utiliza el protocolo Modbus Ethernet TCP/IP para direccionar las señales a los armarios de E/S.

En cada unión del anillo con los armarios existe un convertidor entre fibra óptica y UTP para el tratamiento de las señales dentro del armario. Éstos, bajo el protocolo Modbus Ethernet TCP/IP, llevan las señales al PLC que hay en el interior de cada uno de ellos mediante una clavija del tipo RJ45.

7.3. Comparación entre ambas soluciones

7.3.1. Controladores

Con respecto a los controladores, hemos visto que la diferencia principal entre ambas soluciones es la cantidad de controladores que se utilizan, y los distintos modelos de CPU con que están equipados.

En la solución centralizada, los dos controladores son del modelo 140 CPU 671 60 de la línea Quantum de Schneider. Este modelo concreto dispone de 7168 Kb de memoria, que garantiza el correcto funcionamiento del sistema de acuerdo con las necesidades. Sin embargo, la CPU es un elemento crítico del sistema, por lo que una caída de ésta hará que todas las máquinas de la planta se paren. A pesar de la redundancia, éste es un punto débil de este sistema.

Igualmente es absolutamente crítico el único armario de CPU existente. Un incidente grave en el mismo (incendio en sala, averías de acometida eléctrica o incidente interno al mismo, por ejemplo de fallo de elementos internos con riesgo de incendio, como fuentes de alimentación), dejaría la instalación totalmente inoperativa al detenerse todas las máquinas.

En la solución distribuida se emplean unos PLC's con CPU's 140 CPU 43 412 Use, menos potentes que los primeros, con 800 Kb de memoria. Sus posibilidades de comunicación son más reducidas al disponer de menos puertos y sin opciones de ampliación, al carecer de los zócalos para tarjetas de memoria PCMCIA. A pesar de esto, un fallo severo en el equipo de control o en los armarios dejaría inoperativa sólo una zona de la planta y no la totalidad de la misma, como ocurría en el caso anterior. Esto representa una gran ventaja respecto de la solución centralizada.

7.3.2. Arquitectura del bus de campo

La configuración del bus de campo también presenta notables diferencias entre ambas soluciones: la solución centralizada está en gran desventaja respecto de la distribuida, ya que teniendo en cuenta que los armarios de E/S no son autónomos en su funcionamiento, la comunicación de éstos con la única CPU es absolutamente crítica. Una pérdida de comunicación con la CPU principal pararía totalmente la planta.

Sin embargo, en la segunda solución, al estar la inteligencia distribuida (varias CPU's), la planta desaladora puede funcionar en el hipotético caso de caída absoluta de todas las redes de comunicación.

En una red local simple como la centralizada, la redundancia es forzosa, ya que un corte del cable dejaría sin comunicación a todas las estaciones que quedaran al otro lado de la incidencia. Sin embargo, en una configuración en anillo, en el caso de un corte, los datos que no puedan circular en un sentido siguen haciéndolo en el sentido contrario, asegurando que la información llegue a su destino. Aún así, si se produjeran dos cortes (aislando a determinadas estaciones) o todo el sistema de comunicaciones cayera, en la configuración propuesta en anillo, la incidencia no afectaría drásticamente a la funcionalidad de la planta de desalación al disponer ésta de los diferentes autómatas independientes distribuidos por los procesos, cumpliendo cada uno su función de forma separada al resto.

La configuración en anillo también podría presentar una ventaja adicional al reducirse considerablemente la longitud del cable de fibra óptica necesaria para la realización de una red redundante.

7.3.3. Cuadros eléctricos

La solución centralizada concentra en un Centro de Control de Motores (CCM) todos los cuadros eléctricos y de control de la Planta, permitiendo así una mejor climatización y limpieza de los mismos, así como mayor seguridad. Esta centralización también es ventajosa en cuanto a su facilidad de acceso en caso de avería, al estar todos los cuadros próximos. En cambio, la solución distribuida presenta más dificultades para mantener en buen estado todos los cuadros, ya que al estar repartidos por la Planta, éstos estarán en peores condiciones de climatológicas y de seguridad.

Por otra parte, la centralización de los cuadros provoca que haya que instalar un tendido eléctrico entre el CCM y los armarios de E/S. Este tendido eléctrico aumenta el coste del cableado del sistema. Sin embargo, si éstos están descentralizados, el PLC y el cuadro comparten armario, por lo que no es necesario este tendido y se reduce este coste.

7.3.4. Protocolos

El hecho de que en la solución centralizada se deba cambiar a protocolo Modbus RS232 para la conexión con los controladores, y en la distribuida se comunique todo el sistema bajo el mismo protocolo estándar Modbus Ethernet TCP/IP, presenta un inconveniente para la primera. Esta desventaja se debe a que en esta segunda solución, si fuera necesario, el uso de un mismo protocolo permite que algunas señales pudieran ser direccionadas directamente al SCADA sin necesidad de ser gestionadas por las CPU's, lo que aliviaría su carga de trabajo, reduciría los tiempos de procesamiento y eliminaría una posible fuente de fallos.

Conectando virtualmente determinados elementos del sistema directamente al SCADA se pueden lograr estos beneficios y otros adicionales, como la posibilidad de realizar directamente en el SCADA el tratamiento de ciertos tipos de información, la obtención de informes o la capacidad de programación de

estos elementos a distancia con un software adecuado, imposible de realizar en el caso centralizado con monitorización a través del autómatas.

7.3.5. Tiempos de respuesta

Los tiempos de ejecución (scan) tanto de la solución “Sistema de PLC Centralizado” como de la solución “Sistema de PLC’s Distribuidos” garantizan un funcionamiento seguro y eficiente del sistema. En la primera propuesta, a pesar de que la CPU del PLC tiene que buscar las señales por comunicaciones en todas las estaciones de entrada/salida remotas, el empleo de bloques de control optimizados al proyecto que proporcionan el software OASyS DNA y la tecnología E/S Advantys elegida compensa ese retardo y hace de este esquema un sistema de control rápido. Aún así, en la segunda propuesta, a dicho control optimizado hay que añadirle el empleo de CPU en cada armario de E/S, por lo que no se da el caso de que una CPU centralizada tenga que buscar las señales, con la consiguiente mejora de los tiempos de respuesta.

Respecto al SCADA, se ha definido el tiempo de respuesta de la función de supervisión como el tiempo transcurrido entre la iniciación de una acción, y el tiempo en el que al operador se le presenta el suceso a través de la pantalla de la estación de operación, salida de impresora, etc. Los valores en ambas soluciones no exceden de 1 segundo en el caso de comandos del operador al equipo y 1 segundo en alarmas.

El tiempo transcurrido entre el momento en el que el gráfico de pantalla es llamado por el operador o programa, y éste es presentado con la información en el contenido actualizada en la estación de operación es el tiempo de respuesta de la visualización, importante igualmente en la definición del SCADA. Este valor no excede en ningún caso de los 2 segundos.

El tiempo de refresco del gráfico en el SCADA no supera 1 segundo, al igual que la resolución de los gráficos de las alarmas.

7.3.6. Armarios

Como se explica en los apartados **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, existen diferencias entre los armarios utilizados en una y otra solución, pero no presentan desventajas entre ellas.

Se emplea un armario de controladores en el caso centralizado y ninguno en el distribuido, mientras que en cuanto a armarios de E/S, la solución centralizada y la distribuida utilizan la misma cantidad, 6, siendo éstos más complejos en la segunda solución porque contienen convertidores de medios, conexiones y espacio para albergar PLC's.

7.3.7. Repuestos

En la solución distribuida es fácil disponer en planta de repuestos de todos los elementos, al ser de coste muy inferior y de uso más generalizado en el entorno industrial. Sin embargo, los repuestos de los PLC's de la solución centralizada son más caros, al tratarse de equipos más complejos.

En conclusión, podemos ver claramente cómo en diversos aspectos de equipos, comunicaciones, tiempos de respuesta, seguridad y coste, la solución distribuida supera a la centralizada.