

CAPITULO 2

Memoria justificativa

2.1 Especificaciones

Esta especificación define las características que va a tener nuestro SCADA requerido para la adquisición, control, tratamiento de datos, etc... de todas las variables de proceso relacionadas en análisis y muestreo del líquido BOP.

Debido a las características intrínsecas de las centrales de energía nuclear, en el diseño del sistema de control se ha hecho hincapié en la seguridad y la fiabilidad (equipos redundantes, dobles anillos en comunicación, alarmas, normas, certificaciones,...)

2.1.1 Leyes, normas y terminología utilizada

2.1.1.1 Leyes y normas utilizadas

En el presente proyecto se aplicarán todas las Leyes, Normas y Reglamentos Oficiales de carácter nacional o internacional que rigen este tipo de centrales energéticas.

En caso de duda o discrepancia entre distintas leyes se aplicará la más restrictiva. Las normas básicas que se aplicará son las siguientes (sin que esto implique que se puedan aplicar más normativa):

- IEEE 829: Software Test Documentation.
- IEEE 730.1: Software Quality Assurance Plans.
- ISA S5.1: Symbols and Identification of Instruments.
- IEC 801/EC 1000: Electromagnetic compatibility.
- IEC-1131: Standard Graphical Programming.
- IEEE C37.90.1: Surge Withstand Capability.
- EN 3810: Electronical and electrical test, measuring and process control equipment
- UL 508: Industrial Control Equipment
- EN 50178: Electronic Equipment for use in Power Installations

2.1.1.2 Terminología utilizada

La siguiente terminología se aplica en este proyecto:

- BOP: Balance of process
- E/S: Entradas y salidas
- SCADA: Sistema de adquisición y control de datos
- CB: Control Builder 3.2
- PPA: Process Portal A
- C&RP: Control and Recorder Panel
- TSS: Turbine Sampling System
- CDPSS: Condensate Polishing Sampling System
- ABS: Auxiliar Boiler Sampling System
- CSS: Condenser Sampling System

- BBDD: Base de datos
- FO: Fibra óptica
- VB: Visual Basic
- HW: Hardware
- SF: Software

2.1.2 Descripción funcional

El Sistema de Control Distribuido esta basado en una arquitectura de tres niveles: nivel de Operación, nivel de Control y nivel de Campo o Local.

El nivel de Operación incluye las funciones de operación y supervisión de la planta mediante las cuales podremos hacer históricos, alarmas, tendencias,...Para ello se dispondrán de un Puesto de Operación, así como de un Puesto de Ingeniería (integradas en el mismo equipo). Desde el punto de vista del Puesto de Operación, el operador se encargará de monitorizar todos los datos de interés para nuestro proceso y así como de actuar sobre determinadas válvulas y motores. Desde el Puesto de Ingeniería, el ingeniero podrá configurar y modificar la aplicación creada cambiando códigos, direcciones IP, modificando variables, etc.

El nivel de Control corresponde a las funciones de control y regulación mediante señales analógicas o digitales. Para dicha función se han previsto varios PLC's o controladores discretos dedicados a subsistemas que estarán comunicados con el resto de los elementos del SCADA. A partir del Nivel de Operación, en el Puesto de Ingeniería, descargamos la aplicación creada para cada PLC y éstos son los que actúan

sobre los módulos de entradas y salidas y reciben los datos de dichos módulos. Una vez que reciben los datos, los procesan y envían la información necesaria al Nivel de Operación y/o al Nivel de Campo.

El nivel de Campo o Local corresponde a los módulos de Entrada / Salida de señales analógicas o digitales de campo repartidas por la planta unidos al nivel de Control mediante fibra óptica. Estos módulos reciben las señales directamente de los sensores o equipos terminales como, por ejemplo, sensores de temperaturas.

Para el enlace e integración de la información entre los niveles se han previsto unas redes de comunicación, básicamente, divididas en red de Operación-Control y red de Control-Campo.

Por otro lado todas las áreas (*TSS*, *CDPSS*, *ABSS* y *CSS*. Estas áreas serán descritas posteriormente) tendrán capacidad de supervisión pero solo el área *CSS* tendrá capacidad de control. Debido a la seguridad de este tipo de centrales en control final de las válvulas y motores se realizará manualmente a partir de pulsadores accionados por operarios, solo en el área *CSS* se tendrá cierta automatización del proceso.

El sistema de muestreo y análisis del líquido BOP forma un grupo estanco y no se comunica con otras zonas de la central, exceptuando el puesto de Operación que se comunica con un cliente OPC (no es más que otro equipo informático situado en otra parte de la central) para visualizar una serie de variables. Dicho cliente será conocido por Foxboro RMU y queda fuera de nuestro proyecto, de hecho, será realizado por otra empresa. Nuestro cometido será generar las variables que se van a transmitir. Dicho

cliente está situado a 350 metros, aproximadamente, y dicha comunicación se realizará mediante fibra óptica.

2.1.3 Características técnicas

2.1.3.1 Características generales

El SCADA estará basado en microprocesadores y se centrará en la seguridad y fiabilidad del proyecto. El SCADA será el encargado de realizar el control analógico y digital, secuencias, sistema adquisición de datos, operación y supervisión.

2.1.3.2 Unidades procesadoras

El sistema se divide en cuatro áreas y cada una tendrá una unidad procesadora:

- Área 1: TURBINE SAMPLING SYSTEM(TSS)
- Área 2: CONDENSATE POLISHING SAMPLING SYSTEM(CDPSS)
- Área 3: AUXILIAR BOILER SAMPLING SYSTEM(ABSS)
- Área 4: CONDENSER SAMPLING SYSTEM(CSS)

Todos los procesadores de control manejarán una Base de Datos independiente y sincronizada constituida por las señales de entrada/salida o valores internos elaborados en los programas, cada uno de ellos podrá gobernar de manera autónoma su zona de influencia aún en el supuesto de quedar fuera de servicio los restantes. De esta manera aumentamos en fiabilidad y formamos áreas estancas en la Base de Datos, aún así,

podemos definir variables globales que actúen sobre todas las áreas (en este proyecto no han sido utilizadas).

En cualquier caso, ante un fallo de tensión del sistema, la memoria de cada PLC no se verá afectada ya que disponen de una batería como alimentación secundaria con una capacidad de autonomía en torno a 600 horas facilitando así la rápida puesta en funcionamiento de la planta una vez que se halla repuesto del fallo de tensión. Esta característica nos da una gran seguridad en caso de problemas de alimentación.

2.1.3.3 Entradas y salidas

A continuación se muestra en números de entradas y salidas previstas en cada área (por unidad):

	Entrada analógica	Entrada digital	Salida. analógica	Salida digital	Total
Área 1	5	25	0	25	55
Área 2	12	21	0	21	54
Área 3	8	17	0	16	41
Área 4	3	43	0	35	81
Total	28	106	0	97	231

TABLA 2.1

Como vemos tenemos un total de 231 señales por unidad siendo un total de 462 para todo el conjunto (Unit1 y Unit2).

Vamos a definir las características generales de las tarjetas que utilizaremos:

Entradas analógicas:

- Rango de medida: 4...20 mA, 0...10V
- Sobrerango: -5% / +15%
- Impedancia de entrada(en entrada de tensión): 290 KOhm
- Impedancia de entrada(en entrada de intensidad): ≥ 230 KOhm ,
 ≤ 275 KOhm
- Máxima entrada de tensión no destructiva: 30Vdc
- Resolución: 12 Bits
- Ciclo de actualización: 5ms
- Consumo de intensidad a 24V: 40mA
- Consumo de intensidad a 5V: 70mA
- Potencia disipada: 1.5W
- Filtro de entrada: 75ms
- Nivel de protección: IP20

Entradas digitales:

- Rango voltaje: 24 Vdc (18 to 30 Vdc)
- Voltaje entrada “1”: 15V a 30V
- Voltaje entrada “0”: -30V a +5V
- Intensidad nominal de entrada: 6mA a 24Vdc
- Impedancia de entrada: 3.5KOhm
- Consumo de intensidad a 5V: 50mA
- Potencia disipada: 1.8W

- Nivel de protección: IP20

Salidas digitales:

- Rango voltaje: 12-32Vdc
- Máxima intensidad de carga: 0.5A
- Máxima intensidad de cortocircuito: 2.4A
- Impedancia de salida: <0.4Ohm
- Consumo de intensidad a 5V: 80mA
- Potencia disipada: 2.1W
- Nivel de protección: IP20

Salidas digitales a Relé (libre potencial):

- Tipo de salida: Relé normalmente abierto
- Rango voltaje: 5-250 V dc/ac
- Máxima carga de intensidad: 3A
- Mínima carga de intensidad: 5mA
- Máximo número de operaciones por hora: 2000
- Potencia disipada: 2.9W
- Máximo número de operaciones en tiempo de vida:
 - Mecánico> 20millones
 - Eléctrico> 1millón
- Nivel de protección: IP20

2.1.3.4 Interfase hombre-máquina

Como interfase hombre-máquina se ha optado por ordenadores como estaciones de operación, a partir de esta interfase el operador es capaz de monitorizar y controlar todo el sistema de muestreo y análisis.

Exactamente las funciones de estos puestos serán:

- Manejo de alarmas
- Tendencias de determinadas variables analógicas
- Almacenamiento de información a partir de históricos
- Presentación de estadísticas e informes
- Control global del proceso
- Monitorización del proceso

Un listado de los equipos por unidad (este proyecto está formado por 2 unidades idénticas) se detallan a continuación junto con sus características técnicas:

1 Ordenador PC (DELL)

Arquitectura PCI/ISA

Procesador Pentium IV, 2,66 GHz

Memoria RAM 1 Gb.

Unidad disquetes 3 ½ “, 1’44 MB

Disco duro IDE 20 Gb

Unidad CD/DVD x 32 interna.

Ranuras de expansión 4 4.2” PCI (3 de 11” y 1 de 9”), 1 8XAGP

Un puerto serie, un puerto paralelo, 2 USB

Monitor color SVGA 19"

4 Tarjetas comunicaciones ETHERNET 10/100 PCI

1 Impresora de Inyección de tinta (HP)

HP business inkjet 3000

En red, y con una entrada de hasta 1.100 páginas y una salida de 300 páginas, la impresora proporciona un buen soporte a grupos de trabajo.

Incorpora 2 procesadores que la convierten en una impresora capaz, ideal para grupos de trabajo

Velocidad de impresión (negro, calidad normal, A4): hasta 14 ppm

Velocidad de impresión (color, calidad normal, A4): hasta 10 ppm

Tecnología de impresión: Inyección térmica de tinta HP

Calidad de impresión (negro, calidad óptima): hasta 1.200 x 600 ppp

Calidad de impresión (color, calidad óptima): hasta 2.400 x 1.200 ppp

En la estación de operación están tanto el Puesto de Operación como Puesto de Ingeniería. Para acceder a cada puesto se tendrá que conocer tanto el nombre de usuario como el password. Cada perfil tiene definido una serie de permisos y características propios así, por ejemplo, en el modo Operario no podremos modificar el código ni variar la configuración del sistema y en modo Ingeniero sí. Es una medida de seguridad que nos garantiza que personas sin conocimientos necesarios puedan producir graves daños, fortuitos o no, a nuestro sistema.

2.1.3.5 Comunicaciones

Las comunicaciones deben basarse en la optimización de la capacidad de transmisión y en la fiabilidad. La capacidad en la transmisión de datos la conseguimos mediante el uso de medios de transmisión como la fibra óptica. Este medio será utilizado en aquellos puntos donde la distancia a recorrer sea grande, además, la fibra óptica es ideal para ambientes industriales donde las interferencias electromagnéticas son elevadas (EMI) ya que poseen inmunidad ante ellas. La fiabilidad la conseguimos mediante redundancia en los equipos. Así tenemos un doble anillo que nos garantiza que en caso de rotura de un enlace seguiremos teniendo comunicación. También poseemos dobles módulos remotos de FO que comunican las tarjetas de entrada y salida con los PLC, de tal forma, que en caso que fallase un módulo el otro garantizaría la continuidad de la comunicación.

Además de todo esto, cualquier tipo de fallo de comunicación activará inmediatamente una alarma tanto en la pantalla del puesto de operación como en el anunciador de alarmas (no es más que un conjunto de bombillas con un texto asociado) situados en un Panel de Control conocido como Control & Recorder Panel (C&RP).

En el diseño de la arquitectura de las comunicaciones se ha intentado establecer un criterio de separación de redes según las funciones y características de datos a transferir en cada caso.

Comunicaciones Nivel Campo-Nivel Control:

La comunicación entre PLC y las unidades de entrada/salida se realizará mediante fibra óptica multimodo utilizando el protocolo ModuleBus para ello

utilizamos un módulo especial para ModuleBus, gracias al cual, podemos conectar los distintos módulos de entradas y salidas y enviar la información mediante dicho protocolo. La distancia entre el PLC y el equipo remoto ModuleBus no supera los 5 metros.

Comunicaciones Nivel Control-Nivel Operación:

La comunicación entre PC y PLC se hará mediante fibra óptica utilizando Ethernet como protocolo. La distancia total del anillo es, aproximadamente, de 1000 metros.

Como hemos comentado anteriormente para garantizar la fiabilidad, las unidades remotas constan de una unidad de redundancia de tal forma que si cae una la otra se activa automáticamente, además se informa al nivel de operación para tomar las medidas necesarias. Igualmente la comunicación Ethernet forma un doble anillo garantizando la redundancia en comunicación.

Comunicación externa:

Es necesario que la estación de operación se comunique con el cliente OPC Foxboro RMU, esta comunicación se realiza mediante OPC siendo nosotros el servidor. El único objetivo de esta comunicación es enviar información a otra zona de la central para que la monitoricen y almacene, en ningún caso el cliente tendrá capacidad para actuar sobre nuestro sistema. Para dicha comunicación utilizaremos fibra óptica como medio de comunicación y se encuentra situado a 350 metros, aproximadamente, del Nivel de Operación.

2.1.3.5.1 Inmunidad ante interferencias

Tenemos que tener garantizado la inmunidad del SCADA, así el sistema será capaz de operar en la central nuclear en la cual no se pueden evitar la presencia EMI, campos impulsos eléctricos y diversos potenciales de redes de tierra.

El SCADA será diseñado para poder funcionar con plenas garantías ante EMI generado en sistemas móviles de comunicación por radio, por teléfono o por microondas.

2.1.3.5.2 Redundancia

Vamos a analizar más profundamente la redundancia ya que es una premisa en nuestro proyecto.

Para garantizar redundancia en las comunicaciones ya hemos visto que tenemos un doble anillo entre el Nivel Operación y Control, así nos aseguramos que si cae un anillo por rotura u otra causa el sistema sigue funcionando. Cada PC posee 4 tarjetas PCI para comunicación Ethernet: dos de ellas sirven para el doble anillo las otras dos son para comunicarse en redundancia con el cliente OPC.

También hemos visto que la comunicación entre el Nivel de Control- Nivel de Campo es redundante, esta duplicidad se consigue con un módulo especial que posee montados 2 equipos remotos para comunicación de tal forma que cada equipo está conectado a un PLC (maestro o redundante) y solo está activo el conectado al maestro. Si se rompe la comunicación con el módulo remoto maestro se conmutará

automáticamente al módulo remoto secundario dando también una señal de alarma, además, se activa el PLC redundante y el equipo remoto conmuta al segundo equipo que transmite la información de las unidades de entrada y salida al redundante.

A parte de todo esto cada área posee 2 PLC en redundancia, de tal forma que uno está de maestro y el otro como esclavo, en el momento que uno caiga el otro asume el papel de maestro, se informa al Nivel de Operación y se toman las medidas oportunas. Cada PLC está conectado a uno de los equipos remotos mencionado anteriormente. Solo estará activo aquel que esté conectado al PLC maestro.

Cada área posee su pareja PLC maestro- esclavo independiente a las demás. En realidad con el número de señales que tenemos no es necesario tantos PLC, el hecho de tener una pareja PLC por área, con el aumento de gasto por parte del cliente, es por motivos de seguridad así cada área es estanca a las demás.

Como ya se ha dicho cualquier fallo de comunicación es informado inmediatamente al Nivel de Operación enviando una alarma y cambiando el color de las variables afectadas en las pantallas del SCADA, sin embargo, no afecta al resto de las áreas que pueden seguir siendo monitorizadas por el operador.

2.1.4 Características funcionales del SW

2.1.4.1 Características del SW

La misión principal del SW se puede dividir en dos partes fundamentales:

- Capacidad de generar la lógica necesaria para el funcionamiento de válvulas, motores, analizadores, etc.
- Generar el interfaz gráfico hombre- máquina: alarmas, tendencias, faceplates, iconos de válvulas, etc.

Estos puntos se detallarán en apartados posteriores.

La base de datos será independiente para cada área siendo muy fácil su ampliación. De este modo aseguramos una BBDD estanca. Este hecho tiene la ventaja que si tenemos una gran cantidad de variables que funcionalmente realizan una misma labor en distintos bloques tan solo tenemos que copiar y pegar, sin conflictos de poner variables con el mismo nombre en distintas áreas. Además evita la creación de inmensas bases de datos donde es fácil perderse y confundirse.

Nuestro SW nos garantiza una gran cantidad de funciones para solucionar nuestros problemas, desde funciones típicas como contadores hasta completos PID con numerosas opciones así como la programación gráfica (mediante VB) siguiendo el estándar IEC 61131-3. Además, podemos crear nuestras propias funciones según nuestras necesidades.

Podremos generar funciones que se ejecuten a distintas velocidad según tengamos procesos que necesiten que refresquen sus variables más o menos rápidamente. Exactamente podemos tener funciones de ciclo lento, normal o rápido. En cada uno de estos ciclos, nosotros definimos el tiempo de ejecución. Por defecto el ciclo lento está puesto en 1000 ms; el ciclo normal en 250 ms y el rápido en 50 ms.

Podemos trabajar on-line u off- line , teniendo también la posibilidad de simular. Así primero probamos y si los resultados son satisfactorios descargar el código a los PLCs.

Nuestro código debe ser capaz de generar bloques funcionales (unidades que por si misma tengan sentido físico como, por ejemplo, una válvula o un motor), secuencias, enclavamientos, procesamiento de señales analógicas y digitales,...

A continuación se detallan las funciones básicas que debe realizar nuestro SW:

- Visualizar todas las variables necesarias
- Poder variar aquellas variables que nos exija el cliente
- Gestionar toda la información relacionada con las alarmas(anuncio, visualización, registro, almacenamiento, etc)
- Mostrar luces on-off de los equipos
- Acondicionamiento de la señal (filtrado, eliminación del ruido, linealización,...)
- Funciones lógicas(AND, OR, etc)
- Contadores
- Generador de pulsos
- Retrasos
- Cálculo y análisis estadístico
- Paso de modo manual a automático y viceversa de manera suave
- Generar los siguientes bloques funcionales:

- Motores
 - Válvulas
 - Analizadores
 - Etc...
-
- Capacidad para crear secuencias

2.1.4.2 Representación en pantalla

El método más rápido e intuitivo para interactuar el operador con el sistema es mediante una pantalla donde se muestren de manera gráfica todos los procesos.

Mediante una serie de pantallas divididas por áreas el operador puede fácil y rápidamente ver las distintas variables y controlar en todo momento el proceso.

Estas pantallas están diseñadas a partir de los P&IDs que nos han sido suministrados por la empresa A&C (Análisis y Control). Al ser nuestro trabajo parte de un proyecto mayor, tenemos que seguir una serie de normas en la representación de los distintos elementos, para homogeneizar el conjunto. Como ejemplo, los colores de los elementos de pantalla, fondo, alarmas,... Principalmente, se ha hecho especial hincapié en el significado de los colores.

A continuación mostramos las especificaciones de colores que nos facilitaron:

- Cyan: Color de relleno designado a los elementos dinámicos en condición de presente como bomba funcionando, válvula abierta, alimentación encendida, sistema en servicio, etc.
- Blanco: Color de relleno designado a los elementos dinámicos en condición de ausente como bomba parada, válvula cerrada, alimentación apagada, sistema en fuera de servicio, etc.
- Rojo: Color de relleno designado a los elementos dinámicos motor tripped o en condición anormal.
- Magenta: Color de fondo designado a señales que no llegan (fallo de comunicación) de campo. Los datos erróneos deben señalizarse con asteriscos negros en vez de dígitos.
- Amarillo: Designado para etiquetas que indiquen el estado auto/ manual o local/remoto

2.1.4.3 Gestión de alarmas

En este proyecto tenemos gran cantidad de alarmas debido al peligro intrínseco que tiene este tipo de centrales. Podemos tener alarmas por superación de un nivel analógico de seguridad, por válvulas abiertas sin tener que estarlo, por motores, falta de alimentación, fallos en el PLC,... Aunque tenemos la posibilidad de asignar un nivel de prioridad a cada alarma y definir una serie de características (color, sonido,...) según

dicho nivel, en este proyecto, todas las alarmas poseen en mismo nivel de prioridad y se actuará de la misma forma.

Las alarmas se mostrarán en la parte superior de la pantalla (independientemente del área en que esté en ese momento el operador) así como una variación en el color del elemento afectado (en la pantalla donde esté el elemento).

La secuencia de alarma será la siguiente:

Cuando se detecte una alarma se generará una señal audible en el C&RP, además se iluminará la bombilla (cada C&RP posee un anunciador de alarmas. No es más que una serie de bombillas con un texto asociado) correspondiente parpadeando de forma rápida y, al presionarse el botón de reconocimiento se silenciará la señal audible y la bombilla pasará a quedarse encendido sin parpadear.

Cuando la condición que ha hecho saltar la alarma vuelva a estado normal, la bombilla parpadeará de manera lenta y continuará así hasta que se pulse el botón de reset. Si la condición vuelve a normal antes que el botón de reconocimiento sea pulsado, la señal audible desaparecerá y la bombilla cambia directamente de rápido a lento parpadeo.

El operador dispondrá de páginas con resúmenes de alarmas, que le indicarán cuando han ocurrido (día y hora), tipo de alarma, etc.

2.2 Justificación de ABB

El SCADA de ABB es un sistema de control abierto, modular y escalable, su versatilidad nos proporciona un amplio campo de aplicación pudiendo ser utilizado en diversos tipos de plantas de control desde centrales térmicas hasta nucleares como es nuestro caso.

ABB es una de las grandes empresas de la ingeniería y, por lo cual, está presente en todos los sectores de la industria. En el sector eléctrico, está especializado en plantas de generación, cogeneraciones, biomasas, incineradoras y energías renovables, con amplia lista de referencias fundamentalmente en Europa y Norteamérica.

Las principales características del SCADA de ABB son:

- Arquitectura abierta, modular y escalable
- Control analógico y digital
- Control y supervisión
- Lenguajes de programación estándares IEC-61131-3.
- Completamente redundante tanto en HW como SW
- Conectividad con otros sistemas

Las principales características del Hardware de Control son:

- Puestos de operación sobre Windows.

- Red abierta que permite comunicar con PLC's, interfases OPC y con otros protocolos del mercado.
- Varios tipos de E/S:
 - I/O rack sobre Bus VME.
 - I/O Power integradas en campo.
 - I/O Integradas en campo.
 - Tarjetas de comunicaciones Profibus DP y Fieldbus

Las principales características del sistema ABB desde el punto de vista SW son:

- SW de programación
- SW de gestión
- SW de estadística
- Ingeniería y Mantenimiento
- Operación
- Históricos
- tendencias
- Emisión de Informes
- Procesos BackUp y Restore
- Comunicación OPC (nosotros seremos el servidor)

El SCADA de ABB, cumple con lo requerido en la especificación, descrito de forma general a continuación:

- Dispone de una amplia variedad de funciones para la creación de módulos de control así como para la programación gráfica que cumple con la Normativa IEC-61131-3.
- En el sistema podemos trabajar tanto en “on-line” como en “off-line”, además de poder simular el proceso. Esto nos permite probar nuestra aplicación antes de realizar la descarga a los PLCs.
- La modificación de un bloque funcional creado no implica grandes costes en tiempo ya que automáticamente se actualizan los cambios en todos los lugares donde se estén utilizando dicho bloque no teniendo que realizar la modificación uno a uno.
- La base de datos del SCADA incluye todos los datos necesarios sobre la adquisición de información de proceso, sobre el control del proceso, comunicación con el operador, etc.
- ABB nos proporciona toda la gestión de las alarmas para generar informes, tendencias, etc.