

T. BOGARD - S. RADOMSKI - L. POTOCHNIK

# MODERNIZACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL MEDIANTE LA PLANIFICACIÓN DE VIDA ÚTIL Y LOS ADELANTOS EN TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN DIGITAL

Muchas centrales nucleares siguen operando con sistemas de instrumentación y control (I&C) analógicos bastante antiguos, pudiendo aprovecharse de las ventajas que conlleva su sustitución por sistemas digitales. La fiabilidad de estos sistemas analógicos va disminuyendo y sus costes de operación y mantenimiento aumentan debido a los fallos puntuales, a la disponibilidad de los repuestos y a la creciente atención requerida por parte del personal de la planta para estos sistemas. Sustituir estos sistemas analógicos antiguos por sistemas digitales distribuidos, significa llevar a un estado tecnológico avanzado las arquitecturas de control, de ordenadores y de protección, y reducir los altos costes de operación y mantenimiento de los sistemas analógicos obsoletos. Una ventaja adicional que ofrece el sustituir los sistemas analógicos por sistemas digitales es que mejoran el rendimiento de la planta gracias a la utilización de un sistema de control más funcional y a una optimización continua que permite reducir los márgenes de operación. A continuación, se exponen algunas de las mejoras en I&C, que forman parte de un plan integrado de I&C durante la vida útil de la planta y se describe la última tecnología Westinghouse y su compatibilidad con los diseños anteriores y futuros.

## INTRODUCCIÓN

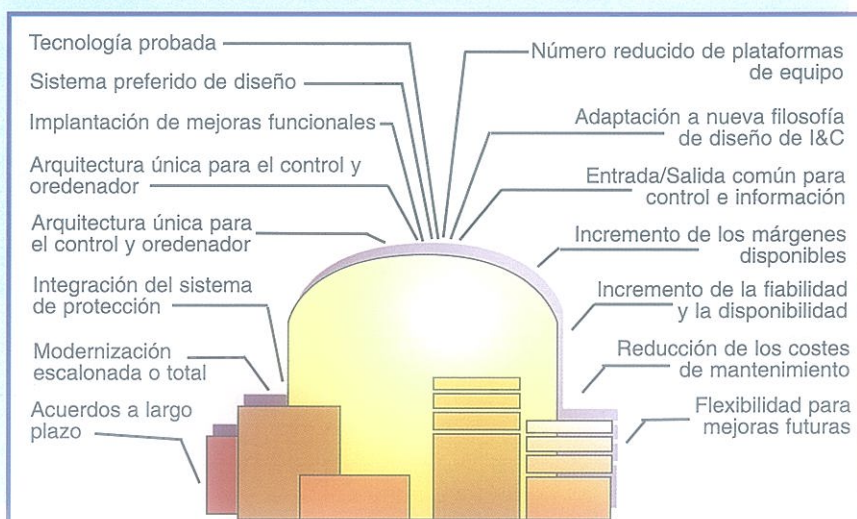
La sustitución de los sistemas analógicos de control de centrales nucleares en funcionamiento por sistemas de control digitales es ahora un proyecto común para centrales nucleares de todo el mundo. Se han instalado numerosos sistemas digitales para un amplio abanico de sistemas de control relacionados o no con la seguridad, tales como generadores diesel, nivel de agua del generador de vapor en reactores de agua a presión, nivel de agua del reactor en reactores de agua en ebullición, velocidad de las bombas de alimentación, caudal de la tubería principal de vapor, electro-hidráulico de la turbina, protección del proceso, y muchas otras aplicaciones. Estas centrales han reemplazado sus sistemas analógicos de control del sistema nuclear de generación de vapor

(SNGV) y del secundario (BOP), por un sistema integrado de control digital. Además, este artículo describe brevemente proyectos que se están llevando a cabo actualmente, que muestran la rápida evolución de la tecnología de sistemas digitales, y el creciente énfasis sobre las arquitecturas de sistemas abiertos con equipos y lógica que cumplen con los estándares industriales.

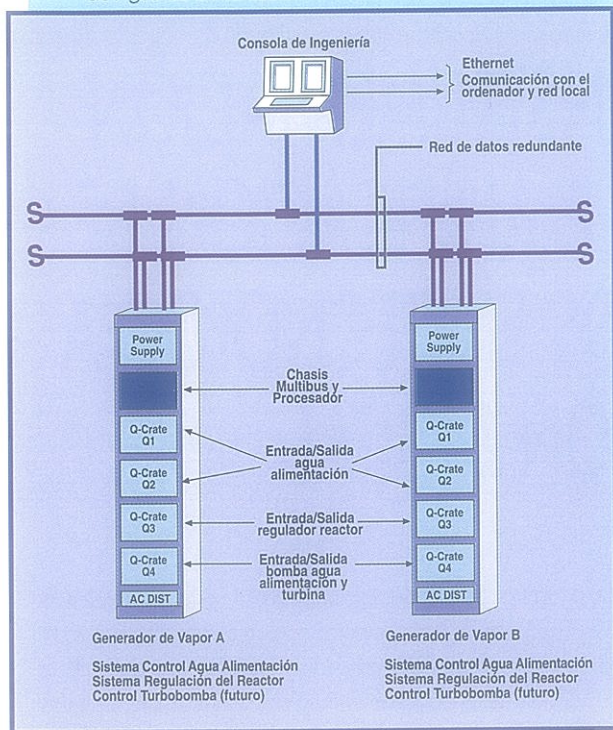
Los proyectos resumidos en este artículo muestran que, en la industria de generación de energía nuclear en todo el mundo, con independencia de las particularidades de cada país, se están realizando actualizaciones de sistemas analógicos a digitales. Los costes de estas mejoras están justificados por la reducción de los costes de operación y de mantenimiento de las plan-

tas, la mejora de la fiabilidad de las centrales y la disponibilidad inherente a los sistemas digitales. Sin embargo, antes de llevarla a cabo, cada actualización debe formar parte de un plan cuyo objetivo sea el mínimo coste de la I&C durante el resto de vida útil de la central. Hay muchos factores, como se ve en la Figura 1, que son importantes dentro de un plan de mínimo coste de la I&C. Uno de ellos es sin duda el uso de la información de base

**F 1** - Las mejoras digitales son parte de un plan de mínimo coste de la I&C



**F II - Arquitectura representativa del Sistema de Control de Agua de alimentación**



del diseño del sistema analógico existente, como parte del diseño del sistema digital de control que le va a sustituir. Esto asegura que el sistema digital empezará en un punto que es, al menos, tan efectivo como el sistema analógico y permitirá utilizar, para su licenciamiento, un punto de referencia conocido. Otro factor importante en un plan de mínimo coste de I&C es la selección de un sistema preferido que pueda utilizarse en futuras mejoras de control, información y protección. Esto permite a la central estandarizar una plataforma común que reduzca el número de sistemas diferentes que deben ser entendidos y mantenidos por el personal de la central. Por lo tanto, el uso de una única arquitectura reducirá los costes de operación y mantenimiento, reducirá los costes, de mantenimiento futuro, proporcionará los pilares de futuras mejoras y disminuirá las preocupaciones de la reglamentación, y los problemas de Interfaz Hom-

de agua de alimentación;

- eliminar del sistema de protección del reactor la función de disparo por bajo caudal de agua de alimentación mediante el uso de un selector de señal mediana, e
- incrementar la fiabilidad y la tolerancia a fallos del sistema de control del SNGV mediante el uso de métodos de validación de señales, separación funcional de sistemas de control y redundancia de equipos.

El sistema de control distribuido que ha sido instalado proporciona control, adquisición de datos y comunicaciones en una arquitectura flexible y expandible. Para complementar esta mejora, se ha incluido una consola de mantenimiento y de entrenamiento a fin de mejorar los conocimientos del personal de planta por medio del entrenamiento y para optimizar la capacidad de mantenimiento mediante la posibili-

bre-Máquina (MMI) asociados con presentaciones de información dispares.

## UNA MEJORA DEL SISTEMA DE CONTROL DE SNGV Y BOP

La Asociación Nuclear de ASCO (ANA) ha actualizado el sistema de control analógico del sistema nuclear de generación de vapor y del secundario de sus dos unidades, por un sistema de control digital con arquitectura distribuida e incorporando mejoras funcionales a los sistemas de control preexistentes. Los objetivos primordiales de esta modificación del sistema de control son:

- proporcionar un control completamente automático de nivel del generador de vapor desde el 1% hasta el 100% de la potencia a través del diseño de un sistema digital avanzado de control

dad de realizar modificaciones funcionales y probarlas exhaustivamente antes de su puesta en servicio.

## Sistema Avanzado de Control de Agua de Alimentación

El cambio a digital del Sistema de Control de Agua de Alimentación (Figura II) es un cambio cuyo coste ha sido fácilmente justificable en centrales nucleares. Aproximadamente veinte reactores de agua a presión y cinco reactores de agua en ebullición en operación, entre ellos los de Ascó, han cambiado sus sistemas de agua de alimentación analógicos originales por otros digitales. La experiencia de operación de estos nuevos sistemas en los reactores de agua a presión ha sido excelente y esa misma experiencia en reactores de agua en ebullición ha mostrado una mejora importante con respecto al historial de funcionamiento previo a la modificación.

El diseño avanzado de un sistema de control digital de agua de alimentación proporciona el control automático del nivel de generador de vapor, incluso a muy baja potencia (1-20%), incluyendo la transición automática entre las válvulas de control de agua de alimentación de bypass y la principal.

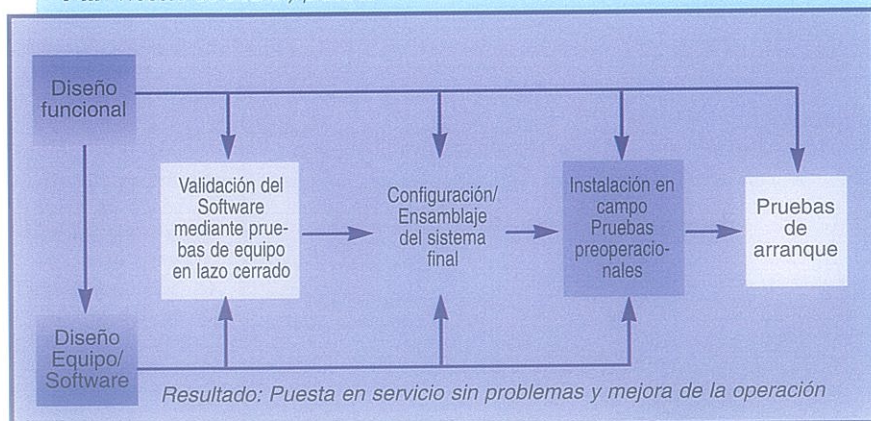
Las mejoras funcionales comprenden:

- el uso del rango ancho de nivel del generador de vapor para el control a bajos niveles de potencia;
- una ganancia dependiente de la temperatura del agua de alimentación para compensar los cambios en la respuesta del nivel de agua del generador de vapor a diferentes temperaturas del agua de alimentación;
- la linearización de la curva característica de las válvulas de control ( $C_v$ ) para compensar la relación no lineal del movimiento de las válvulas de bypass y las válvulas del agua de alimentación principal con el caudal deseado del agua de alimentación;
- las transferencias entre los modos de operación de alta a baja potencia, y entre los modos de control automático y manual se llevan a cabo sin perturbaciones;
- la adición de acciones derivativas al controlador de nivel a fin de proporcionar un efecto anticipativo basado en la velocidad de cambio del nivel del generador de vapor, y
- la compensación del caudal de vapor para mejorar la respuesta del sistema durante los transitorios inducidos de caudal de vapor, tales como una gran variación de carga.

## Validación de señales y eliminación del disparo por bajo caudal de agua de alimentación

El nuevo sistema de control digital de Ascó emplea varios métodos de validación para señales importantes, a fin de reducir la posibilidad de que un sensor que haya fallado cause una condición de alteración en la planta. Cuando tres canales de una variable están disponibles (o

**F III - Proceso de diseño y pruebas**



cuando se pueden añadir nuevos sensores para proporcionar tres canales), se aplica el método de selector de señal mediana (SSM).

El propósito original del disparo por bajo caudal de agua de alimentación era proporcionar una función de disparo complementaria al disparo por bajo nivel de agua en el G.V. para hacer frente a los accidentes de pérdida de sumidero de calor, como consecuencia de una interacción entre el control y la protección. El SSM utilizado en los nuevos canales de nivel de agua de generador de vapor de rango estrecho, actúa como un aislador funcional para impedir que los fallos de un canal de nivel afecten al sistema de control, previniendo de esta forma la interacción entre los sistemas de control y protección. Por tanto, la función de disparo del reactor por bajo caudal de agua de alimentación ya no es necesaria para cumplir con la IEEE estándar 279.. Las ventajas de la eliminación de esta función son: una fuente menos de disparo potencial del reactor, reducción del número de vigilancias periódicas del sistema de protección asociadas a este disparo, eliminando una fuente de disparos espúreos, y eliminación de canales de caudal de agua de alimentación del sistema de protección del reactor.

#### Separación funcional

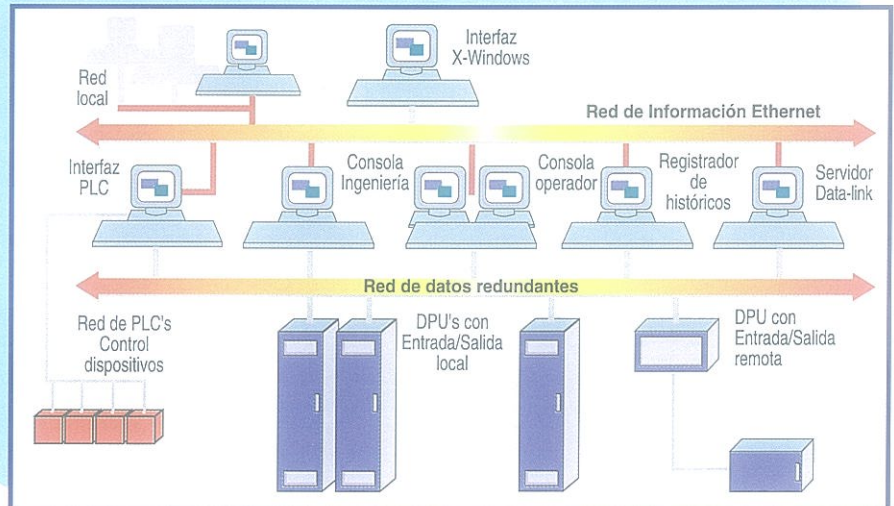
Se ha tenido un cuidado extremo durante el diseño de la mejora del sistema de control de Ascó para asegurar que ésta no introduce nuevos modos de fallo no analizados ni afecta los supuestos sobre condiciones iniciales hechos en los análisis de seguridad de la planta. Esta aproximación al diseño es necesaria para cumplir con Unresolved Safety Issue (USI) A-47, "Safety Implications of Control Systems", editado por el USNRC. Las técnicas de separación funcional aplicadas al diseño de ANA comprenden:

- la separación de sistemas concretos de control en distintos microprocesadores redundantes;
- el aislamiento funcional por medio de los métodos de validación de señales para diferentes sistemas de control;
- la separación de algunos enclavamientos de sus respectivos sistemas de control, en microprocesadores redundantes y trenes de alimentación separados y,
- la iniciación de acciones alternativas del sistema de control cuando exista pérdida de una señal válida de entrada, especialmente cuando la información está compartida por varios sistemas de control.

#### Proceso del diseño y pruebas

Se ha incorporado un amplio proceso de pruebas en el proceso de diseño de mejora del sistema de control de Ascó (Figura III). El uso de simuladores, modelando la planta durante las pruebas en lazo cerrado, en la prueba funcional del equipo ha permitido a los sistemas de control funcionar en tiempo real con la planta simulada. Esta prueba ha convalidado la operación del sistema de control del SNGV en un entorno muy similar al encontrado en la planta y ha ase-

F IV - Arquitectura de control distribuido y sistema de información



gurado que no se produzcan sorpresas durante la puesta en servicio del nuevo sistema. Los ajustes en la propia central han sido únicamente aquellos necesarios para corregir comportamientos propios de los elementos instalados (por ejemplo, la bomba principal de agua de alimentación, la válvula principal de control) experimentados durante el funcionamiento real de la planta. También se ha llevado a cabo una prueba de aceptación extensiva en fábrica. Se ha probado exhaustivamente cada punto de entrada/salida, selector de señal, alarma, pantalla gráfica, algoritmo de control, estación manual/automática, fuente de alimentación, sistema antifallos mediante componentes redundantes, y otros muchos aspectos de hardware.

Después de enviar e instalar el equipo, el sistema ha sido sometido a una nueva serie de pruebas. El sistema de mantenimiento y entrenamiento desarrollado para Ascó, cuyo primer objetivo era optimizar la capacidad de mantenimiento del sistema gracias a una formación práctica, tuvo también en consideración las siguientes metas:

- ensayos de modificaciones y mejoras planificadas para reducir el riesgo de error humano y de procedimiento durante su implementación en la planta;
- verificación y prueba de modifi-

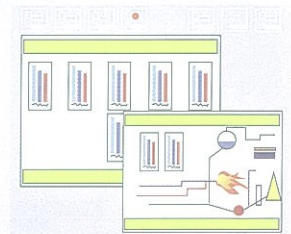
caciones de software antes de cargarlo en el sistema real;

- localización y diagnóstico de sucesos inexplicados e intermitentes;
- obtener experiencia de ingeniería para expansiones y modificaciones futuras.

Nuevas adaptaciones al sistema de mantenimiento y entrenamiento se han integrado con simuladores de planta. El hardware de entrada/salida ha sido eliminado y los parámetros de proceso están grabados directamente dentro de la memoria del procesador de control. Esta ejecución en un simulador de planta proporciona una actualización efectiva en

F V - Consola de Operador

- Revisión y búsqueda de información sobre puntos
- Tendencias en tiempo real (600 variables, de 10 min. a 33 días)
- Registrador de sucesos
- Alarmas
- Alta velocidad de respuesta
- Interfaz con el histórico, registrado y servidor Data-Link
- Teclados funcional de membrana y QWERTY
- Ratón y pantallas táctiles

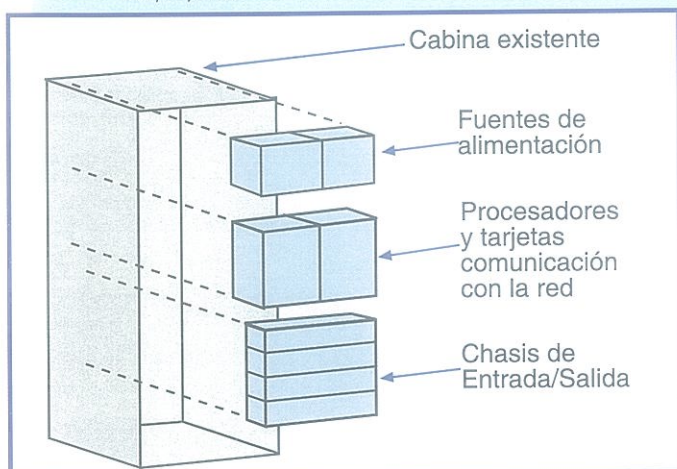


F VI - Consola de Ingeniería

- Documentación electrónica de los diseños en código fuente de lenguaje gráfico
- Compilación automática de los gráficos durante el diseño
- Plantillas estandar y personalizadas de gráficos y control
- Diagnóstico continuo del procesador y del sistema



**F VII - La instalación en las cabinas existentes reduce el coste del proyecto**



términos de coste. Este planteamiento, al que nos referimos como simulador estimulado, requiere más equipo pero utiliza el mismo software que el cargado en los sistemas en línea y permite un único sistema de control de confirmación del software. Además de los beneficios anteriores, el simulador puede servir como base de prueba de software en lazo cerrado.

#### Arquitectura del equipo

La línea "Westinghouse Distributed Process Family" (WDPF II) de equipo digital de control distribuido, basada en microprocesadores fue utilizada para llevar a cabo la mejora del sistema

llo mediante una red de comunicación ethernet integrada en el diseño.

#### Diseño de procesador distribuido

Una unidad de proceso distribuido (DPU) está formada por fuentes de alimentación, microprocesadores, y entradas/salidas para proporcionar las funciones de control del sistema. La utilización de fuentes de alimentación auxiliares intercambiables sin previa desconexión de la alimentación reduce el tiempo medio entre fallos a un valor insignificante. Se ha utilizado un chasis multibus para albergar seis procesadores, seis tarjetas de comunicación y seis tarjetas de supervisión (estado de las fuentes de alimentación, pulsador de reset,

de control de Ascó (Figura IV). El sistema consta de una combinación de unidades funcionales (drops), que se comunican libre y rápidamente a través de una red de transmisión de datos determinista. Todos los procesadores pueden acceder a la red porque ésta es transparente a cualquier procesador. El acceso expandido para sistemas de información es sencillamente

LEDs de estado, etc.). Este chasis permite que las DPUs estén configuradas como tres unidades redundantes, seis unidades individuales, o cualquier otra combinación que sea requerida por la aplicación. En el caso remoto de que ocurra un fallo de sistema, éste se pone en modo de control manual.

#### Redundancia de salida

Con el sistema analógico anterior se han experimentado fallos cuando el controlador de salida de un dispositivo ha fallado causando disparos en la planta. Para hacer frente a este problema se ha desarrollado una interfaz redundante de salida a las estaciones manual/automática. Esta tarjeta utiliza un microcontrolador local que lleva a cabo diagnósticos continuos, lecturas de la salida y actualizaciones del estado en el controlador del proceso. En la configuración redundante, la tarjeta está emparejada con una tarjeta de respaldo en un esquema que proporciona salidas redundantes a 1) el indicador de consigna, 2) el indicador de demanda, 3) el indicador de variable de proceso o desviación, y a 4) la salida de demanda a un dispositivo de campo. Esta tarjeta se utiliza en aplicaciones de control crítico cuando los fallos pueden causar condiciones anómalas de la central, o disparos.

#### Interfaz hombre-máquina (MMI)

Las MMI se integran en la arquitectura como: estaciones de operador, consolas de ingeniería, funciones de informes e históricos, servidores de cálculo y servidores de conexiones de datos. A continuación se exponen dos MMI existentes en la mejora del sistema de control de Ascó.

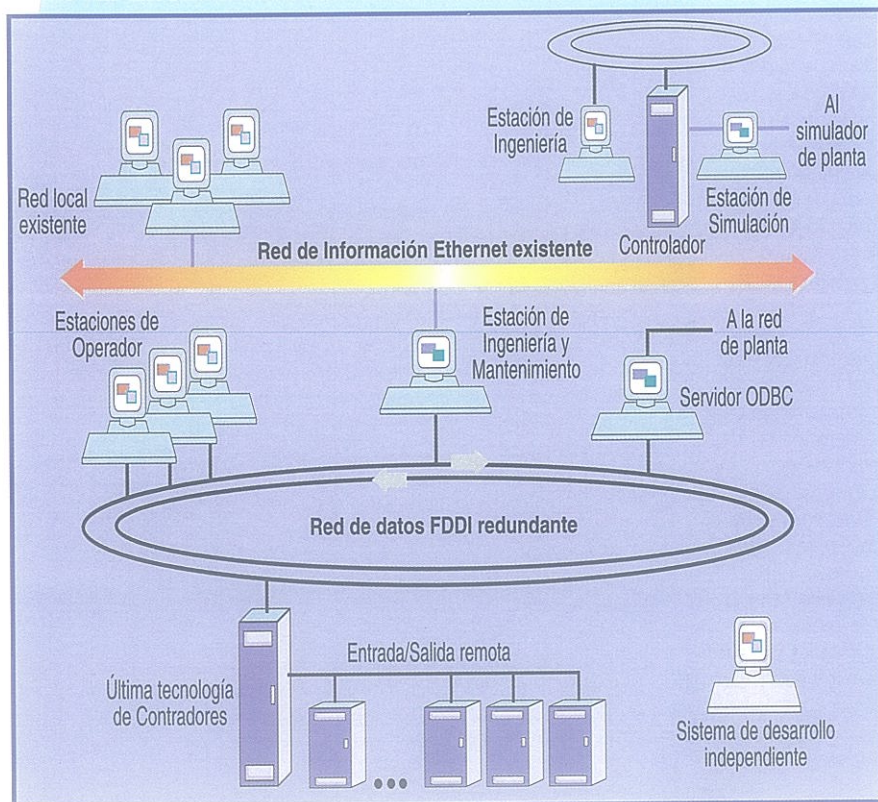
**MMI de operador** - Este paquete proporciona interfaz gráfica en tiempo real para el control, el diagnóstico, las tendencias, las alarmas, y las condiciones de supervisión de la planta (Figura V). Los operadores tienen acceso inmediato a una actualización segundo a segundo de las variables del proceso, permitiendo una respuesta rápida a cualquier variación de los parámetros dinámicos de proceso. Se accede a la información a través de pantallas de datos en tiempo real que ofrecen una alta velocidad, gráficos de proceso de alta resolución, pantallas de alarma, y una serie de herramientas de interfaz gráfica de usuario.

**MMI de ingeniería** - Este paquete de software proporciona las herramientas necesarias para diseñar, desarrollar, llevar a cabo y mantener un proceso controlado (Figura VI). Las funciones basadas en la interfaz gráfica de usuario se utilizan para construir y editar la lógica de control, los gráficos de proceso, y la base de datos del sistema, mientras un editor de gráficos reduce el tiempo necesario para desarrollar los gráficos del proceso. Hay múltiples niveles de seguridad y una estructura de directorios de software en el MMI para habilitar el control y asegurar la integridad del software del sistema.

#### Instalación simplificada

Con objeto de minimizar las modificaciones en

**F VIII - Los sistemas de control evolucionan con los avances tecnológicos**

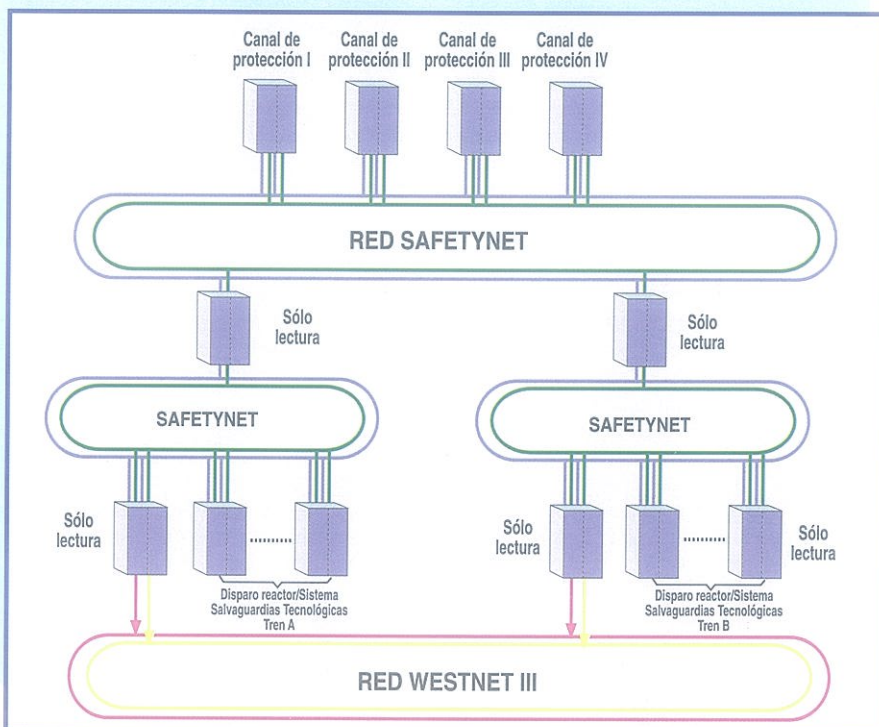


la central, se ha desarrollado un diseño que permitió mantener las cabinas existentes (Figura VII). El armazón alberga el chasis de entrada/salida, el chasis de procesadores, las fuentes de alimentación, el panel de distribución de corriente alterna y los dispositivos de terminales. Este armazón reposa sobre una carretilla cuadrangular móvil con cuatro ruedas que incorpora la posibilidad de ajuste en altura. Los componentes analógicos de los armazones preexistentes, con excepción del cableado, se retiraron de las cabinas y, se instalaron en soportes deslizantes montados con piezas de presión para soportar el armazón. Este método asegura un tiempo de instalación mínimo, a la vez que siguen siendo válidas las pruebas de equipo realizadas en fábrica. Esta manera de proceder ha permitido una instalación en veinte días de cuatro cabinas de control analógico de tres cuerpos en una parada que incluye la eliminación de la línea de bypass de RTD's, la instalación de un nuevo sistema digital electro-hidráulico de la turbina (DEH) y la sustitución de los generadores de vapor.

## EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

La tecnología de sistemas de control e información está avanzando a un ritmo rápido. En paralelo con la realización del sistema de control de Ascó, se ha venido desarrollando una nueva tecnología que esta siendo incorporada en las plataformas de sistemas de control hoy disponibles. No obstante, la evolución de un sistema de control debe hacer énfasis en la compatibilidad con los sistemas similares anteriores, en la estructuración de las plataformas de sistemas de control conforme a los estándares de la industria y los niveles del sistema de control abierto y no sujetos a patentes de desarrollo propias. Westinghouse se ha dedicado al desarrollo de este tipo de sistema de control/información y está implementando las primeras versiones de su arquitectura de plataforma común, conocida como OVATION. Las sustituciones del ordenador de planta se están realizando actualmente con la plataforma OVATION en las centrales de South Texas, Unidades 1 y 2 y en la Central Nuclear de Vandellós. Esta plataforma tiene un diseño modular, estructurado en capas, que es totalmente compatible con los avances en tec-

## FX - Arquitectura del sistema de protección



nología de Ordenadores Personales así como con diseños anteriores tales como la tecnología WDPF II de las dos centrales mencionadas. En estos ejemplos, las entrada/salida del WDPF II se mantienen y se lleva a cabo su interfaz con los controladores del OVATION. En forma similar a la plataforma de Ascó, la arquitectura consiste en interfaces hombre-máquina (HMI, también conocidas como MMI), controladores (que sustituyen a los DPUs), y una revolucionaria red de transmisión de datos determinista con arquitectura abierta.

No obstante, el diseño OVATION difiere de la generación WDPF II en algunas áreas clave como la red de datos, el procesador y las configuraciones de entrada/salida. La nueva red de datos Westnet III es una configuración única y potente basada en la tecnología del estándar industrial ANSI FDD/CDDI (Figura VIII). La red, en anillo doble y completamente redundante, transmite datos a 100 Megabits por segundo con una capacidad de transmisión de 200.000 puntos de datos por segundo, comparado con los 32.000 puntos por segundo de la red WDPF II. La red opera en dos modos: el modo síncrono que se utiliza para garantizar la transferencia de datos de control en tiempo real sin degradación o retraso de manera

que el control y la presentación de información están asegurados incluso bajo las condiciones de máxima demanda de planta, y el modo asíncrono que se usa para información no periódica tal como transferencia de ficheros. La red de datos comprende un protocolo ETCP/IP para acceso a niveles de red como redes de área local (LANs) de oficina. El interfaz hombre-máquina es un potente sistema basado en estaciones de trabajo bajo UNIX o Windows NT, que cumple con todas las capacidades de control estándar y de proceso de datos, así como software de aplicación probado del sistema de control de agua de alimentación en centrales nucleares y otros softwares de aplicaciones nucleares cuyo mantenimiento es llevado a cabo por Westinghouse. En este diseño está disponible una interfaz de Conectividad de Bases de Datos Abiertas (ODBC), que cumple con el lenguaje SQL, a través de una conexión Ethernet a redes de Área Local de planta o a otra red Ethernet y que permite a cualquier P.C. de la red operar como un cliente ODBC para acceder a información del sistema de control de tipo estática, dinámica o histórica. Igualmente, es posible que usuarios autorizados visualicen diagramas de proceso, información sobre puntos y tendencias de datos de planta en tiempo real a través de aplicaciones estándar (Java, WSP WAVE) de Internet/Intranet.

El controlador ha mejorado sus características inherentes facilitando la instalación en cabinas de instrumentación de planta existentes de forma similar a lo realizado en Ascó, o en cabinas nuevas según se requiera. Estos controladores emplean procesadores totalmente redundantes que ejecutan el mismo programa de aplicación, aunque solo uno (el principal) es capaz de

## FIX - Ovation PowerTools...para una ingeniería de control eficaz

- Una serie de herramientas de ingeniería integradas sobre una base de datos relacional
- Comprobación de todas las interacciones de la base de datos
- Simplifica la ingeniería y reduce el ciclo de desarrollo
- Permite el control del nivel de revisión
- Permite aplicaciones extendidas
- Permite plataformas múltiples (Solaris/Windows NT)



acceder a las entradas/salidas y operar en modo de control. El procesador de respaldo debe funcionar en modo de reserva hasta que su necesidad es identificada, para tomar el control en lugar del principal por medio de un detector de fallos automático. Una vez el control ha pasado al procesador de reserva, el procesador principal puede ser puesto fuera de servicio, reparado y reinstalado sin efectos perjudiciales para el control. Ambos procesadores, basados en Pentium, utilizan en su construcción tecnología de montaje en superficie y son fácilmente actualizables conforme a los avances de la tecnología de las CPUs. La parte restante del controlador consiste en módulos de entrada/salida montados sobre raíl DIN, fuentes de alimentación redundantes ambos intercambiables sin previa desconexión de la red y con un cableado mínimo en el interior de la cabina. Al sistema se le puede añadir módulos de entrada/salida remotos usando el mismo hardware para reducir inventario y minimizar el mantenimiento y entrenamiento.

La plataforma tiene un alto nivel de funcionalidad incluyendo una alimentación auxiliar intrínseca, autodocumentación automática, documentación en línea, altos niveles de calificación medioambiental, y flexibilidad en comunicación de datos. La funcionalidad del sistema de control puede ser fácilmente modificada durante la configuración inicial, o durante el funcionamiento de la planta mediante un conjunto de herramientas de ingeniería utilizadas en la realización del codificado de la aplicación del sistema de control, las cuales aumentan las prestaciones del sistema de forma significativa. Una base de datos relacional completamente integrada soporta un conjunto de herramientas de control llamadas Power Tools, para diseño de lazos de control, de puntos, de

gráficos y de informes (Figura IX). El editor de lazos de control trabaja en un entorno de AutoCad de amplia visibilidad que simplifica la creación de estrategias de control, toda vez que proporciona diagramas automáticos para ajuste de algoritmos en cualquier momento del proceso de configuración. La característica de diseño de puntos proporciona una interfaz gráfica fácil de usar para la creación de información de puntos en el sistema de control. El editor de gráficos proporciona la capacidad de construir pantallas hechas a medida en el HMI. El editor de configuración se usa para definir y mantener la configuración del sistema, y el diseñador de informes se utiliza para diseñar y modificar formatos de informe hechos a medida.

La misma plataforma *OVATION* que se utiliza para actualizaciones de ordenadores y sistemas de control está siendo calificada para su uso en aplicaciones de seguridad. Esto reducirá los costes de Operación y Mantenimiento, de formación, de personal de mantenimiento y de repuestos, además de evitar errores de factor humano en la interpretación por parte del operador de la información. A diferencia de la red Westnet III de información FDDI/CDDI, la red del sistema de seguridad Safetynet es una red patentada que ha sido verificada para su uso en sistemas de seguridad. Debido a los requisitos de alta integridad de su funcionalidad, la red Safetynet es por diseño un sistema cerrado. Para asegurar el aislamiento y la tolerancia a fallos se ha utilizado fibra óptica con topología de anillo ó radial. La información hacia la red Westnet III se realiza mediante puentes de sólo lectura (Figura X). El software de sistema utilizado en aplicaciones de seguridad ha sido verificado y validado en la generación Eagle de sistemas de protec-

ción. Además, en la última década, se ha utilizado en muchas aplicaciones.

## RESUMEN

En las centrales, las actualizaciones de los sistemas analógicos de control e información a sistemas digitales pueden constituir un medio efectivo para mejorar el rendimiento y reducir los costes de mantenimiento así como los fallos puntuales de los sistemas de control analógicos existentes. Las actualizaciones funcionales pueden llevarse a cabo mediante soluciones digitales cuyas ventajas de coste son significativas, especialmente con el advenimiento de la tecnología digital como la plataforma *OVATION* de Westinghouse. Con un programa de sustitución de la instrumentación y control durante el resto de vida útil de la central, efectivo y de coste mínimo, las actualizaciones pueden llevarse a cabo mediante la migración de los sistemas de control, de protección y de información de la central. La constitución de una arquitectura común para todos los sistemas de planta, de fácil mantenimiento y abierta, la compatibilidad de la plataforma con sistemas preexistentes y futuros, la integración del programa de la central con los planes de migración de productos de suministradores, seguridad en el soporte base instalado en planta y los acuerdos de largo plazo con entidades industriales clave, son elementos importantes al considerar la sustitución de los sistemas existentes. La actualización del control de Ascó representa una aproximación viable para llevar a cabo la renovación de sistemas de control, del ordenador y de sistemas de protección con vistas hacia un plan total de costo mínimo de instrumentación y control para el resto de vida útil de la planta.



**Terry BOGARD** es director técnico de Westinghouse Electric Corporation con más de veinte años de experiencia en el diseño de sistemas de protección, de control, de información y de ordenadores de centrales nucleares.

T. Bogard es conocido en la industria por sus numerosas publicaciones relacionadas con estas áreas y en particular con la utilización de tecnología punta. Capitalizando su amplia experiencia que incluye varias patentes, T. Bogard continúa participando en el desarrollo de nuevas tecnologías de I+C para los sistemas de protección y la automatización total de control de centrales nucleares para minimizar la actuación del operador.



**Larry POTOCHNIK** es Ingeniero Eléctrico (BS y MS) por la Universidad de Pittsburgh (USA).

Inió su carrera con Westinghouse hace treinta y dos años habiendo participado en el diseño de todos los sistemas de I+C; desde los sistemas de control de barras e instrumentación nuclear hasta los sistemas de protección y post accidente. Gran parte de su actividad se centró igualmente en la cualificación de equipos para cumplir con las normas IEEE e IEC.

Actualmente trabaja en el Departamento de Marketing donde es responsable de los aspectos comerciales relacionados con las mejoras de los sistemas de I+C para los mercados europeo y americano.



**Steven RADOMSKI** es Ingeniero Eléctrico (B.S.) por la Universidad de Pittsburgh (USA) (1981).

Trabaja para Westinghouse desde esa fecha habiendo participado en la instalación y puesta en marcha de sistemas I+C analógicos y digitales tanto en EE.UU. como en Europa. Después de haber sido responsable del diseño y fabricación del sistema de protección Eagle 21 de Turkey Point, pasó a ser el jefe del proyecto WISCO de Westinghouse con Nuclear Electric para la Central de Sizewell.

En la actualidad es el jefe del departamento de "Nuclear Control Systems" responsable de la utilización de la línea WDPF en los sistemas de control de centrales nucleares.