



VII/CE-C2-01

SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISION Y CONTROL UNIDADES 9A/18A

Gilberto Ortiz Calcena

Sergio Mauricio Franczak

Juan A. Romero Sánchez

Itaipu Binacional

Paraguay

RESUMEN

La Hidroeléctrica de Itaipu, emprendimiento binacional entre Paraguay y Brasil, con 18 (dieciocho) unidades generadoras y una capacidad instalada de 12.600 MW (actualmente); se encuentra en pleno proceso de aumentar esta capacidad instalada para 14.000 MW hasta fines del año 2.006, cuando estarán operando las dos nuevas unidades generadoras cuyas obras de instalación y fabricación comenzaron en el primer semestre del 2001, completándose la previsión de instalación de 20 unidades generadoras.

La Unidad 09A (50 Hz) ha iniciado su operación comercial a partir de setiembre de este año. La Unidad 18A (60 Hz) deberá iniciar los ensayos de confiabilidad a fines de este año y operar comercialmente a inicios del próximo año. Ambas unidades generadoras son controladas y supervisadas por un **Sistema Digital de Supervisión y Control (SDSC)**.

El objetivo de este trabajo es presentar el impacto de las nuevas tecnologías digitales en el ámbito del mantenimiento de la Itaipu Binacional, incluyendo las estrategias adoptadas para el adiestramiento del personal técnico y los beneficios de su participación en todo el proceso de del proyecto, ensayos en fabrica y puesta en servicio.

PALABRAS CLAVES

Tecnologías digitales; Consolas de Supervisión y Operación; Estaciones de trabajo; Servidores, SCADA; Comandos; Controles; Ensayos.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SDSC

EL SDSC esta estructurado en torno a un producto ALSPA fabricado por ALSTOM e integrado en los siguientes niveles jerárquicos:

- Nivel CENTRALOG.

Corresponde al software y una arquitectura de hardware que implementan las funciones de supervisión, control y comunicación. El hardware esta compuesto de estaciones de trabajo (CVS), servidores funcionales de datos (CIS), servidores de comunicación con SCADA (CSS-G), impresoras, estaciones de configuración de Banco de Datos y estaciones para comunicaciones con sistemas de protección, excitación y regulación.

- Nivel CONTROBLOC.

Corresponde a las unidades de adquisición de datos, comando y control y los programas instalados en los mismos (UAC e PES's).

- Nivel INSTRUMENTACION.

Corresponde a los equipos digitales de adquisición de medidas eléctricas a través de transformadores de potencial o de corriente o medidas de temperatura provenientes de termopares.

El SDSC fue concebido para cumplir los siguientes objetivos:

- Supervisión

Como consecuencia de los procedimientos de adquisición y procesamiento de datos pueden ser detectadas situaciones de alarma o anomalías que generan mensajes explícitos e inmediatos a los operadores.

- Comandos y Controles

El equipamiento suministra recursos de interfaces hombre-máquina e implementa funciones básicas que permiten la ejecución de comandos tipo "ON-OFF" y de ajuste.

- Almacenamiento de las informaciones

Son mantenidos en banco de datos los valores instantáneos e históricos, colocados a disposición de los operadores y del personal de análisis.

- Mantenimiento

Se refieren a configuración de banco de datos, configuración de imágenes y desarrollo/adaptación de aplicativos

- Interfase con SCADA

Esta interfase disponibiliza a la sala de control central (CCR) las informaciones relevantes de la unidad.

2. ARQUITECTURA DEL SDSC

Las funcionalidades previstas para el SDSC son soportadas por una arquitectura de hardware jerárquica y distribuida conforme a la Figura 1.

2.1 NIVEL LOCAL

El nivel local corresponde al sistema CENTRALOG y módulos de conexión con el SCADA y esta constituido por los siguientes elementos:

Consolas de Operación y Supervisión (CVS)

El CVS esta constituido por una *work station* con tecnología RISC, dos monitores de vídeo policromáticos de alta resolución. Las consolas de operación son el soporte primario para todas las actividades de operación centralizada de los diversos subsistemas que constituyen la unidad generadora.

Consolas de Ingeniería

Las consolas de ingeniería están constituidas de los siguientes equipos:

- CCAD – Implementado en un microcomputador PC compatible, en ambiente Windows 2000 conectado al sistema por medio de una red Eternet, siendo su principal función la configuración de banco de datos del sistema, configuración de imágenes y programación de los automatismos.
- Consola de Configuración y Mantenimiento (CCC) - Esta función es implementada en una estación SUN, conectada al sistema a través de una red de comunicación de datos de la sala de control. La función principal es la administración del sistema y la generación de banco de datos del sistema a partir de la importación de las imágenes y del banco de datos desde el CCAD.
- Servidores Funcionales (CIS) – Son implementados en *work station* SUN operando en modo redundante. Estos servidores son responsables de la interface con las unidades de adquisición de datos, procesamiento de los datos adquiridos, comandos, archivo y ejecución de funciones específicas, además del gerenciamiento de la base de datos en tiempo real.
- Servidores de Comunicación (CSS-G) – Los servidores de comunicación son estaciones SUN operando en modo dual. Estos módulos son responsables por la comunicación con el SCADA y funcionan como servidores de datos.
- Subsistema de Sincronización de Reloj (SS) – La actualización del reloj del sistema y la sincronización de los diversos componentes del SDSC son efectuadas por medio de una central horaria sincronizada por medio de un sistema GPS.

2.2 NIVEL DE CAMPO

El nivel de campo esta constituido por un conjunto de unidades de adquisición y control (UAC e PES's). Cada unidad esta asociada a un subsistema que componen el proceso de generación, tales como: Protección; Regulación de Velocidad; Sincronización de la unidad; Excitación; Turbina, Generador, Transformador elevador, etc.

Cada unidad de adquisición y control esta configurada para adquirir:

- Entradas binarias
- Entradas analógicas
- Entradas analógicas en forma digital
- Entradas analógicas provenientes de RTDs

Además cada unidad es capaz de generar los siguientes tipos de salidas:

- Pulsos de duración fija
- Pulsos de duración variable
- Set points

3. COMUNICACIÓN CON OTROS SISTEMAS

- KT – Panel de Control de Transformador Principal
- MDGE – Medidor Grandezas Eléctricas de la Unidad

4. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

Las funcionalidades del sistema SDSC están basadas en los módulos de software implementados en forma modular.

- Funciones de Supervisión y Control

- Adquisición de datos
- Procesamiento de datos
- Telecomandos
- Cálculos – Circuitos lógicos
- Archivo de datos históricos
- Interface hombre – maquina
- Registro de tendencias
- Generación de informes
- Alarmas
- Secuencia de eventos

- Funciones de Gerencia de la Configuración
- Funciones de Comunicación
- Funciones Especificas

5. ADIESTRAMIENTO, INTEGRACIÓN Y ENSAYOS

La implantación del sistema se desarrolló básicamente en 4 etapas, a saber:

- Adiestramiento formal
- Integración del Sistema
- Ensayo en Fábrica
- Ensayos de Puesta en Servicio (Comisionamiento)

Las tres primeras etapas fueron desarrolladas en São Paulo, en las instalaciones del proveedor del Sistema (ALSTOM); para tanto la Itaipu envió un equipo de técnicos e ingenieros de las diferentes áreas del Mantenimiento, Ingeniería del Mantenimiento y de la Operación.

Etapas 1 – Adiestramiento formal

Fueron efectuados adiestramientos prácticos de integración de sistemas alcanzando básicamente ítems como la elaboración de la Base de datos, creación de programas con diagramas lógicos, elaboración de telas y configuración de las Unidades de Adquisición de Datos.

Etapa 2 – Integración del Sistema

Para la ejecución de esta fase, previamente el equipo de la Itaipu fue dividido en grupos a los que fueron atribuidas diferentes tareas considerando las atribuciones de cada área de actuación en la Usina. Los grupos formados obedecieron a la siguiente distribución de atribuciones:

- **Base de Datos del Sistema**

Responsable por la configuración y mantenimiento de las bases de Datos del Nivel Local y Nivel de Proceso del sistema SDSC;

- **Base de imágenes del Sistema**

Responsable por la configuración y mantenimiento de las telas estáticas y dinámicas de Nivel Local e del Nivel de Proceso del sistema SDSC;

- **Interfaces de Comunicación**

Responsable por la configuración y ensayos de las interfaces con el Sistema SCADA, interfaces MODBUS, link de comunicación de mantenimiento remoto, redes S8000 / F8000 y redes de sincronismo;

- **Automatismos de control**

Responsable por la programación, desarrollo y ensayos unitarios de las lógicas de Partida /Parada y sincronismo de las unidades generadoras;

- **Funciones específicas**

Responsable por el desarrollo y ensayos unitarios de las funciones de Monitoreo de la Eficiencia de la unidad generadora, cálculos estadísticos de los equipos del proceso;

- **Hardware del Sistema**

Responsable por la instalación, adecuación, conexión, mantenimiento y acompañamiento de las inspecciones en plataformas de los Paneles del Nivel de Proceso del SDSC, de los simuladores, centrales horarias y GPS.

La coordinación general de la integración dos sistemas por parte de la Itaipu quedó a cargo del área de Ingeniería de Proyectos.

Etapa 3 – Ensayos de aceptación en Fábrica

Todos los ensayos fueron conducidos por el equipo de Alstom, con acompañamiento y aprobación del equipo de ITAIPU. En esta fase la responsabilidad por la conducción de los trabajos por parte de Itaipu quedó a cargo del área de Inspección y Control de Calidad.

Fueron realizados los siguientes ensayos considerando la arquitectura presentada en la Figura 2:

- **Ensayos del Sistema**

El objetivo de estos ensayos fue la verificación del software aplicativo (desarrollado en plataforma) y sus consideraciones en el SDSC en términos de dualidad, redundancia y la interacción entre las señalizaciones de falla del sistema y el aplicativo. Fueron propuestas las situaciones de falla del sistema con el objetivo de averiguar el comportamiento del aplicativo SDSC.

- **Automatismos**

Los ensayos fueron divididos por funciones del sistema digital, tales como: Partida, Parada, Sincronismo, controles de tensión, comandos de control de bombas, etc. Los Automatismos fueron activados por acciones de entrada en telas de interfaces hombre - máquina disponible en las consolas de operación del SDSC, denominadas de CVS-1 e CVS-2, o en el dispositivo IHM previsto en la

célula de control del proceso, denominada de UAC. El retorno de las acciones de comando fue proporcionado por el Software de Simulación denominado SI-80 cuya programación y responsabilidad quedó a cargo del Fabricante.

- **Funciones específicas**

En estos ensayos fueron utilizados los procedimientos del ensayo anterior. Básicamente fueron verificadas las siguientes funcionalidades:

- Cálculo de Caída Bruta
- Cálculo de Caudal Turbinado
- Cálculo de Eficiencia
- Cálculo de Faja Operativa de la Unidad Generadora
- Contadores de Tiempo de Operación de equipos
- Contadores de Número de Operaciones de equipos
- Contadores de Tiempo de Operación de la Unidad Generadora

- **Ensayos de Comunicación**

En esta etapa fueron evaluados los siguientes links de comunicación y funcionalidades asociadas:

- Link de comunicación SCADA / SDSC (IEC870-5-101) y verificación de consistencia de los comandos emitidos por el simulador del Sistema SCADA en las salidas del SDSC;
- Comunicación Mod Bus;
- Red SNP;
- Link de Mantenimiento Remoto.

- **Ensayos de desempeño**

Los ensayos de desempeño tuvieron como objetivo medir los tiempos de respuestas del Sistema SDSC dentro de las características de carga previstas en la rutina de ensayos, tales como:

- Tiempo de comando – Tcmd
- Tiempo de envío para SCADA- Tus- PR
- Tiempo de envío de SOE para SCADA - Tsde
- Tiempo de ejecución de Comando SCADA – Tcmd SCADA
- Tiempo de llamada de imagen- Tci
- Actualización dinámica de datos en tela – Tat-tela
- Reserva de CPU
- Reserva de memoria de masa
- Tiempo de “Failover” - CIS
- Tiempo de “Failover” – CPU CE2000
- Verificación de ciclo de varredura CLP 80-75
- Tiempo de anunciación de alarma – Talr
- Nivel de Ocupación de CPUs

- **Ensayos Generales**

Estos ensayos verificaron funcionalidades del software supervisorio, tales como:

- Listas de alarmas
- Listas de Logs
- Historical Data Storage Retrieval (HDSR)
- Ensayo de Operación Continua 72 horas

Etapa 4 – Ensayos de Comisionamiento en la Usina

En esta etapa el sistema fue integrado a los demás sistemas que componen la Unidad Generadora. Fueron realizados ensayos de punto a punto, ensayos dinámicos de funcionamiento e integración con las funciones de control del sistema SCADA. Siempre que posible fueron repetidos también los ensayos realizados en Fábrica.

6. CONCLUSIÓN

La participación de la Itaipu Binacional en todas las fases del proyecto fue de gran valía para los equipos de mantenimiento, acostumbrados a mantenimientos de equipos analógicos convencionales, permitiéndoles una rápida adaptación a las nuevas tecnologías digitales. Otro gran beneficio fue en el bajo índice de fallas y retrabajos de campo. Los exhaustivos ensayos realizados en plataforma proporcionaron condiciones para vislumbrar diversos problemas y anticipar sus soluciones, de tal manera que en general, en los ensayos de puesta en servicio, apenas pequeñas adaptaciones fueron necesarias.

7. BIBLIOGRAFIA

7.1 Folletos ALSPA P320 SYSTEM – CONTROCAD TRAINING	ALSTOM
7.2 Folletos ALSPA P320 SYSTEM – CENTRALOG TRAINING	ALSTOM
7.3 Folletos ALSPA P320 SYSTEM – CONTROBLOC TRAINING	ALSTOM
7.4 Cuaderno de Ensayos Volúmenes I, II, II, IV, V e VI	ALSTOM
7.5 Planillas de Ensayo Software, Hardware y Sistemas	ITAIPU
7.6 Especificación Técnica ESP. 022/97- Capítulo V	ITAIPU

FIGURA 1 - ARQUITECTURA DEL SDSC

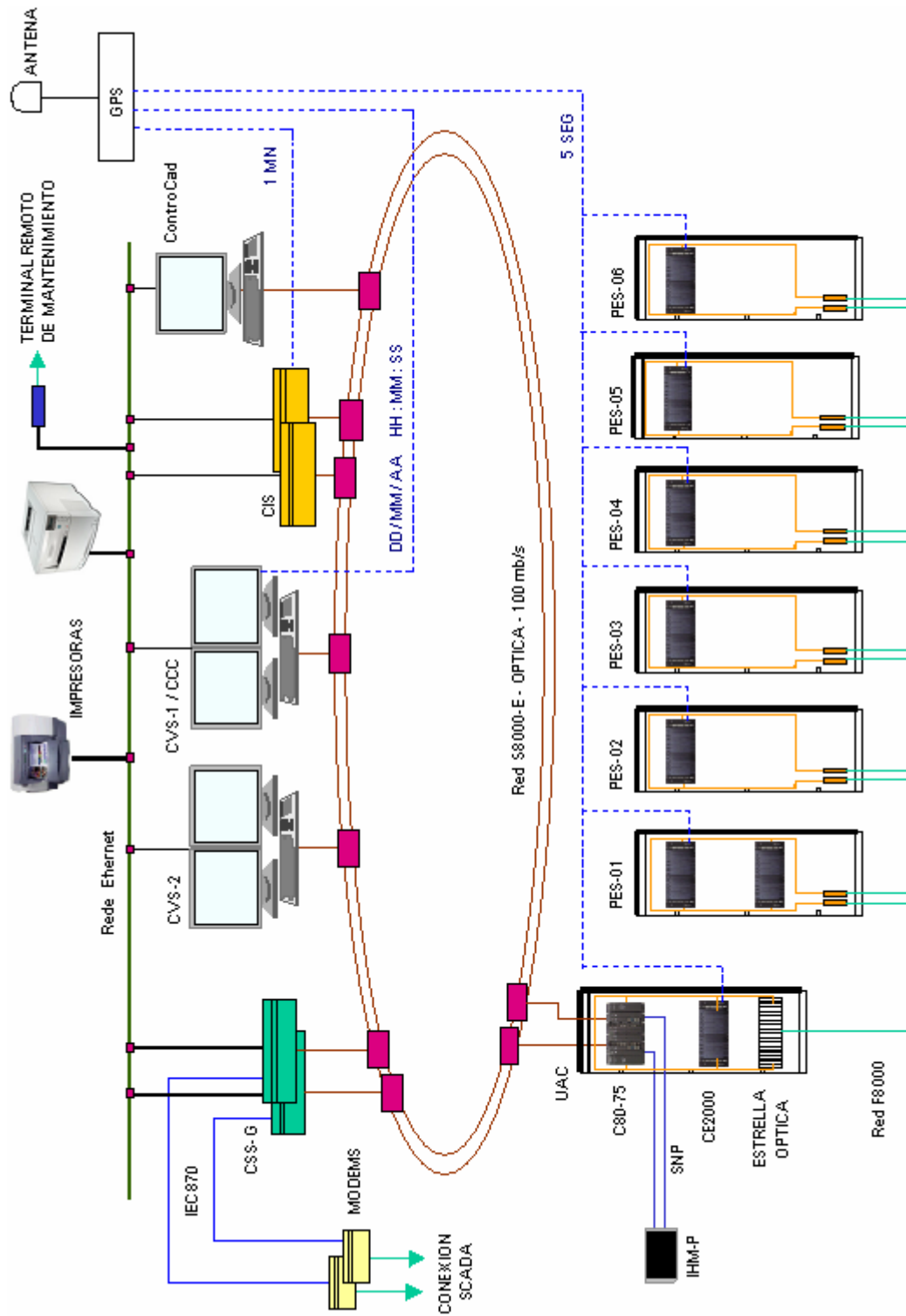


FIGURA 2 - ARQUITECTURA PARA ENSAYOS EN FABRICA

