



Comité Nacional Paraguayo
VII SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO
25, 26 y 27 DE OCTUBRE DE 2006



Unión de Ingenieros de la ANDE
VI SEMINARIO TÉCNICO – U.I.A

VII/CE-D2-03

MIGRACIÓN DEL SISTEMA SCADA PROKON-LSX DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA YACYRETÁ

Ing. Paulino Aguayo Rojas

Lic. Edgar Andino Beling

Entidad Binacional Yacyretá

Paraguay

RESUMEN

Se describen los principales problemas del sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) de la Central Hidroeléctrica Yacyretá, que tiene actualmente 11 años en operación, con máquinas que han excedido su tiempo de vida útil, lo cual ha acarreado que el número de fallas de hardware se haya ido incrementando con el correr del tiempo, poniendo en peligro la operación automática de la Central.

Se describen los trabajos realizados por personal propio del Área de Hardware & Software del Departamento Técnico de la EBY para migrar el programa Prokon-LSX del sistema SCADA de las estaciones de trabajo de la Sala de Control Central de la Central Yacyretá. La migración era necesaria para portar el programa Prokon-LSX que corría en antiguas estaciones de trabajo SUN SparcStation 20 y sistema operativo Solaris 2.4 a modernas estaciones de trabajo SUN SunBlade 150 y sistema operativo Solaris 9. El trabajo ya ha sido realizado y completado con éxito.

PALABRAS CLAVES

Sistema SCADA, aging SCADA, Prokon-LSX, SOTR, envejecimiento, migración, modernización.

1 DESCRIPCIÓN BREVE DEL SISTEMA SCADA DE YACYRETÁ [1]

El sistema SCADA tiene la finalidad de controlar y supervisar el funcionamiento de las veinte unidades hidrogeneradoras y la líneas de alta tensión, como asimismo el envío de información a los Centros de Operación de CAMMESA y Transener (Argentina) y ANDE (Paraguay) a través de los Sistemas de Operación en Tiempo Real (SOTR).

La Figura 1 muestra el diagrama de bloques del sistema SCADA de Yacyretá. El mismo es denominado SCAC o Y-E14 y es una provisión del contratista Siemens AG. El nombre del producto de Siemens es Prokon-LSX. El mismo consiste de un Sistema de Comunicación y de un Sistema de Computación. Este último consiste de 5 computadoras de principales de área (MC), computadoras de bases de datos (DC), 16 estaciones de trabajo para operación (OC), 20 unidades terminales remotas o UTR para las unidades generadoras, 2 UTR de vertederos, 5 UTR para servicios auxiliares (MSC), 1 reloj patrón (GPS) e interfaz, para sincronización de los tiempos de todo el sistema, y otros componentes. Tanto las computadoras MC, como las DC y OC son estaciones de trabajo SUN Sparc 20/71. La comunicación entre las diferentes computadoras se logra a través de una red local óptica redundante, pero cuya velocidad es de sólo 10 Mbps. La comunicación entre las MC de áreas y las diferentes UTRs (LSA) es serial vía fibras ópticas, según el protocolo IEC 870-5 (19.2 kbd). Las computadoras MC tienen redundancia hot stand-by, mientras que las DC usan redundancia warm stand-by.

Este sistema comenzó a funcionar en 1995 al momento de poner en marcha la Unidad Generadora N° 3.

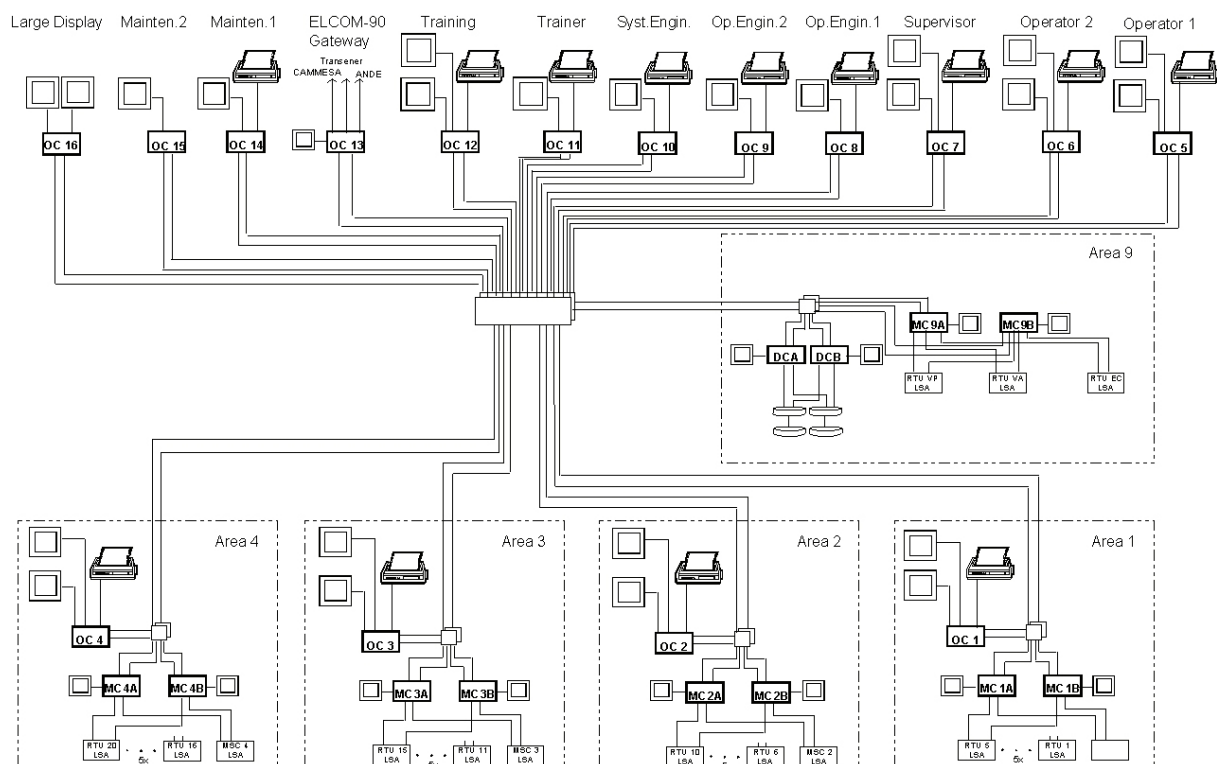


Figura 1 : Sistema SCADA de la Central Hidroeléctrica Yacyretá.

2 IMPORTANCIA DEL SISTEMA SCADA PARA YACYRETÁ

El sistema SCADA de Yacyretá tiene una importancia tan grande que lo hacen imprescindible debido a las siguientes razones:

- **Operación de la Central con pocos operadores:** el sistema SCADA permite la operación de la Central con un número de operadores relativamente pequeño: 6 operadores más un jefe de turno, y 5 guardias en total.
- **Funciones automáticas:** que son
 1. **Control Automático de la Generación o AGC**
 2. **Control Automático de Potencia Reactiva o Control de Tensión**
 3. **Regulación Secundaria de Frecuencia**
 4. **Sistema de Operación en Tiempo Real o SOTR:** consiste en el envío de información a los Centros de Operación de CAMMESA y Transener (Argentina) y ANDE (Paraguay).
- **Ayuda para el mantenimiento:** el SCADA es también muy importante para el Sector Mantenimiento de la Central dado que gran parte de las fallas de los equipos son primeramente detectadas por la función de supervisión del SCADA.
- **Legislación Argentina:** según la legislación argentina vigente, cualquier central de generación debe contar con un sistema SCADA para que sea admitida en el contexto del Mercado Eléctrico Mayorista argentino.

3 EL PROBLEMA DEL ENVEJECIMIENTO DEL SCADA DE YACYRETÁ

Los sistemas SCADA, como cualquier sistema, tienen una vida útil limitada. Sus computadoras, interfaces hombre-máquina, unidades terminales remotas y redes de comunicación pueden comenzar a limitar la expansión y a tener problemas de mantenimiento. A medida que envejecen los sistemas SCADA pueden perder confiabilidad y ser difíciles de interconectar con nuevos sistemas computacionales de la empresa. Esto es exactamente lo que pasa también con el SCADA de Yacyretá. Con referencia a agosto de 2005 se tenían 6 estaciones de trabajo (24% del sistema) en situación de falla no reparable. La principal dificultad radicaba en la falla de procesadores y placas madres de las estaciones de trabajo Sun SparcStation 20 (S.O. Solaris 2.4) y a la falta de repuestos en la Argentina y Paraguay. Las estaciones de trabajo tampoco podían ser sustituidas por otras más modernas de la misma marca dado que el software Prokon-LSX de Siemens no corría en el sistema operativo moderno Solaris 9 que venía con las máquinas modernas.

4 LAS SOLUCIONES POSIBLES

En septiembre de 2004 el Sector Mantenimiento del Departamento Técnico de la EBY definió la estrategia que se debería tomar para encarar el problema del envejecimiento y la modernización del sistema SCADA. En octubre de 2005 se realizó una corrección a dicha estrategia y en marzo de 2006 se inició el trámite de contratación de una asesoría externa. El plan definido y corregido incluyó las siguientes medidas que deberían ser tomadas:

- I. **Compra de nuevas estaciones de trabajo y migración del software del Prokon-LSX:** para adaptarlo al sistema operativo de las nuevas máquinas. Existía la posibilidad de que esto fuera realizado por una empresa externa o mediante un desarrollo interno. Primeramente se favoreció la primera opción, pero al mismo tiempo de la compra del hardware fue decidido que, al mismo tiempo que se iniciaba el trámite burocrático de contratar la empresa externa, se iniciara el estudio de las herramientas de software, de la documentación y del código fuente (en lenguaje C) disponibles para intentar la migración por medios propios. Al final, fracasó la contratación de la empresa externa, pero en dicho momento ya estaba bastante claro que la migración propia tendría éxito. Esta es una solución al problema inmediato con la finalidad de ganar repuestos obtenidos como resultado de la migración y aumentar la confiabilidad del sistema. En el apartado 5 se profundizará sobre esta migración propia.
- II. **Actualización de los Servidores Elcom90 del SOTR:** cuyo proceso también está en marcha a cargo de una empresa externa. Con esta medida se sustituyen las computadoras OC13 y OC15 por un sistema basado en PC, ganándose al mismo tiempo 2 estaciones de trabajo completas como repuesto.
- III. **Contratación de la consultoría a una firma integradora en el rubro SCADA:** para que interrogando al Departamento Técnico genere el **pliego técnico** de un nuevo sistema de supervisión y control. Se debe crear una especificación detallada que contemple el *estado del arte*, las demandas actuales de los distintos sectores, la flexibilidad futura, el cronograma de recambio de equipos, la inversión en capacitación, etc. El pedido de contratación se inició en marzo de 2006.
- IV. **Otras medidas intermedias posibles:**
 - a. **Actualización de los concentradores intermedios:** sustitución de las computadoras principales MC de los MOI por PLC.
 - b. **Actualización de la red de datos:** por una red basada en switches de mayor velocidad (100 Mbps).
 - c. **Actualización de la pantalla gigante de la Sala de Control Central (SCC).**
 - d. **Actualización de las UTR.**

5 MIGRACIÓN DEL SOFTWARE DEL SCADA

5.1 Migración del hardware

Las estaciones de trabajo Sun Sparc Station 20 con 120 MB de RAM, 2 GB de discos fijos, 2 placas de video y 2 placas de red fueron migradas a las nuevas estaciones de trabajo Sun Blade 150 con 500 MB de RAM, discos fijos de 10 GB, 2 placas de video y 2 placas de red para conectarse a las redes redundantes del SCADA.

5.2 Migración del software

5.2.1 Sistema operativo

El sistema operativo Sun Solaris 2.4 (Unix System V) fue migrado a Sun Solaris 9, que venía instalado en las nuevas máquinas.

5.2.2 Administrador de ventanas

En las nuevas máquinas, fue instalado el administrador de ventanas usado con el SO anterior, el *Motif Windows Manager*. El administrador de ventanas MWM está basado en el sistema de ventanas X.11. Este producto soporta las operaciones de ventana cambio el tamaño, movimiento y nuevos iconos. Así el diseño de ventana y el manejo de ventana son unificados.

5.2.3 Migración del software de las computadoras de operación (OC)

Las Computadoras de Operaciones por una parte tienen cuidado de visualización y control del proceso. Por otra parte ellos son usados por el personal con permisos suficientes para introducir o modificar objetos del sistema de control.

Todas las consolas trabajan en un modo independiente. Cada una de ellas está conectada a la red redundante del SCADA y se comunica con las Computadoras Principales (MC), los Servidores de Base de datos y con las otras consolas.

En cada computador los mismos módulos de software serán instalados como sigue: **SO Solaris 9, Motif Windows Manager MWM, interfaz gráfica de procesos DYNAVIS-X**, y los siguientes **componentes del programa SCADA Prokon-LX**: Communication Interface *CM*, Remote Communication *RC*, System Supervisor *SS*, Message Management *MM*, Graphic Display *GD*, Curves Display *CD*, Operator Interface *OI*, Message Analyzer *MA*, Online Reports *OR*, Object Controller *OC*.

5.2.4 El entorno de desarrollo

El entorno montado para el desarrollo y compilación debieron ser adecuadas de forma idéntica al sistema migrado con las nuevas tecnologías utilizadas, tanto de software como requerimientos de hardware.

5.2.4.1 Entorno de usuario

En el sistema fueron necesarios dos grupos de usuarios principales:

- Usuarios de desarrollo: usuarios encargados de compilación y distribución de archivos.
- Usuarios de del sistema LSX: usuarios encargados para la ejecución del Prokon-LSX y subprogramas.

Requisitos:

- El entorno de usuario es configurado de acuerdo a los servicios que requieran.
- Las variables de entorno que sean requeridos por el usuario.

Dificultades:

- Las variables de servicios, compiladores y administrador de interfaz grafica se destacaba por la gran diferencia que existe entre versiones de las aplicaciones, etc.
- Los scripts de validación de versión de sistema operativo, tipo adaptadores gráficos y de red, usuarios, plataforma de hardware, etc.
- El sistema Prokon-LSX requiere un nivel mínimo de servicios del sistema operativo en ejecución.

Solución:

- Se instalaron los programas de desarrollo como Sun Studio, administrador de interfaz.
- Se aplicaron los cambios a los diferentes scripts de variables de usuarios.

- Se definió un nivel de sistema en el cual se definen los servicios a ser ejecutados por el sistema LSX. Los servicios corresponden a los que son ejecutados en el sistema operativo anterior.

5.2.4.2 Requerimientos de aplicación

Requisitos:

- Necesidad de un compilador del lenguaje C utilizado en la programación del Prokon-LSX.
- Administrador de ventanas Windows Motif Manager, administrador utilizado por el Prokon-LSX.

Dificultades:

- Necesidad del compilador del lenguaje de C definida en el entorno de desarrollo.
- El sistema actual de Solaris 9 no utiliza el manejador de ventanas requerido por el Prokon-LSX.

Solución:

- La aplicación utilizada para el desarrollo es el Sun Studio 9, así como el compilador C, C++ y librerías.
- Se instaló el Windows Motif Manager como manejador de ventanas del SO Solaris 9.

5.2.4.3 Compilación del LSX

El entorno de compilación de los procesos es generado de manera secuencial a través de scripts, en el entorno de usuario de desarrollo se definen las variables de sistema y comportamiento con el cual se van generando los ejecutables de los procesos del LSX.

Requisitos:

- Lo principal es cumplir con los componentes de hardware y software necesarios, ya sean de librerías, definiciones de variables contenidas en los archivos de configuración de usuario.

Dificultades:

- Modificación de todos los componentes, archivos y variables de sistema acorde a las nuevas herramientas y hardware de la migración.

Solución:

- Fueron modificadas las variables de sistema, se instalaron el software necesario para compilación, así como programas específicos del sistema operativo.
- En los módulos del sistema Prokon-LSX:
 - Se modificó y agregó al sistema información y ubicación de archivos de audio necesarios por el Prokon para el módulo de alarmas especiales.
 - Se direccionaron librerías del sistema contenidas en variables de compilación, se aplicaron cambios en parámetros de tipo de adaptadores de red, adaptadores de video, etc.
- Se procedió a la compilación de los módulos de Sistema Prokon-LSX.

5.2.4.4 Parametrización del sistema

Los parámetros aplicados al sistema operativo necesarios para el LSX definen el modo y tipo de servicios que ejecutara la estación de trabajo.

Requisitos:

- Cada estación de trabajo requiere una instalación individual acorde al nombre del equipo y funcionalidad que desempeñará.
- Instalación de licencia del software Prokon-LSX.
- Los adaptadores de red deben ser configurados e ingresados en los archivos de parámetros del Prokon-LSX.
- Configuración de adaptadores de video de acuerdo al número de monitores que posee el equipo instalado.

Dificultades:

- La configuración de los adaptadores de video no corresponden con las necesarias por el modulo del Dinavis X.
- Definición de la licencia de las estaciones de trabajo.

Solución:

- Se aplicaron los cambios idénticos a la estación de trabajo a ser remplazada.
- La licencia de definen por el nombre de estación de trabajo, en el reemplazo de una estación de trabajo existente se aplicaron las directivas de licencia existente.
- Se configuraron los adaptadores de red, de video, etc.
- Se procedió a la instalación de parámetros de procesos que se ejecutaran en la estación de trabajo.

5.2.5 Pruebas y puesta en servicio

5.2.5.1 Pruebas offline

En la cual se procedieron a la configuración de definición de pantallas, ahorro de energía del sistema. También se realizaron pruebas del audio de alarmas del Prokon-LSX, pruebas con las pantallas del Dynavis.

5.2.5.2 Pruebas online

- Se realizaron pruebas con los valores y actualización de los datos del Prokon-LSX.
- Se comprobó la sincronización de hora con respecto al GPS del SCADA.
- Se procedió con el personal de operación a las pruebas de cambio consignas, operación de interruptores, etc.
- Se realizaron y configuraron las impresoras correspondientes a la estación de trabajo, pruebas de impresión de curvas.

5.2.5.3 Puesta en servicio:

Se procedió a la puesta en servicio de la estación de trabajo OC5 en la Sala de Control Central de la Central Hidroeléctrica Yacyretá.

6 CONCLUSIONES

Se obtuvieron los siguientes logros:

- Migrar el software principal del SCADA, el Prokon-LSX, en 10 meses de desarrollo con los recursos internos a nuestra Área, ahorrándole a la E.B.Y. en la migración de la primera computadora la cantidad de 122.700 US\$, que fue el monto cotizado por la empresa externa.
- Cambiar todas las 3 viejas computadoras de operación OC de la Sala de Control Central de la CHY por workstations SUN Blade150, nuevas, ya con el software migrado. Las nuevas máquinas no han presentado “cuelgues” desde entonces.
- Recuperar la computadora OC16 y de esa manera volver a poner en funcionamiento la Pantalla Gigante de la SCC de CHY. Para ello se reutilizó el hardware ganado en el ítem anterior.
- Restaurar el funcionamiento de la MC2A del MOI 2 y recuperar la redundancia y confiabilidad de este MOI, del cual dependen todas las Líneas Argentinas.
- Colocar computadoras de operación OC nuevas, con software migrado, en los MOI 2 y 3.
- Se tiene en funcionamiento actualmente el 85% de las computadoras del SCADA.
- Se ha ganado conocimiento (know-how) sobre el sistema Prokon-LSX de Siemens. Muchos de los secretos del sistema de desarrollo de software de Siemens están ahora en poder de la EBY.
- Se ha ganado tiempo para seguir pensando cual será el sistema SCADA futuro de la Central Yacyretá.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aguayo, P. y Duré, F. *Control Automático de Generación de la Central Yacyretá*. “SESEP II, 39-e, 08-Ago-1996, pags. 1/8”