



VII/CE-D2-01

ENLACE DE RADIO DIGITAL ENTRE ITAIPU Y ANDE

Jorge E. Ferreira Robertti, Ing.

Itaipu Binacional

Paraguay

RESUMEN

Las comunicaciones “operativas” entre ANDE e ITAIPU, desde el inicio de la operación de la Central Hidroeléctrica, han sido de fundamental importancia y para su establecimiento se han considerado todos los criterios de ingeniería y tecnología disponibles. A más de 20 años de funcionamiento, los equipos utilizados en las comunicaciones “operativas” se van tornando obsoletos y también van llegando al final de su vida útil, con serios problemas en su mantenimiento a los que se suman las normas de CONATEL en el nuevo marco regulatorio, cuyo plan de frecuencias recomienda el uso de rangos diferentes a la utilizada actualmente. Este escenario obliga a la empresa a tomar decisiones importantes, iniciando un proceso de sustitución de los equipos/sistemas existentes.

La ITAIPU, en su programa de actualización tecnológica, incluye este proyecto dentro de los prioritarios y decide implantarlo a inicios del año 2006. El reemplazo de los equipos y sistemas analógicos instalados en el inicio de la operación de la Central Hidroeléctrica por otros con tecnología digital, es el objetivo fundamental en esta área.

Los criterios de ingeniería se orientaron prioritariamente a la seguridad, tanto en la privacidad del tráfico de la información estratégica como en la confiabilidad del sistema; a la utilización de tecnología de punta para minimizar los efectos de obsolescencia y de forma a aprovechar las nuevas facilidades en servicios de valor agregado; y de hecho al costo, que permitiera la viabilidad presupuestaria del emprendimiento.

La especificación técnica se preocupó del atendimento de normas internacionales reconocidas, buscando la estandarización y las herramientas que faciliten la gerencia y el mantenimiento del sistema. Se mantuvieron y aplicaron las normas del control de calidad de la ITAIPU. La interacción constante con el proveedor en las etapas previas del suministro y el montaje de una plataforma de pruebas antes del montaje final, fueron de suma utilidad.

Este trabajo presenta los criterios utilizados para llegar a la configuración final, las primeras experiencias y resultados conseguidos en la sustitución de los equipos así como la elección de tecnologías de punta que concluyeron en la adopción de sistemas con tecnología digital que incluyen radio, multiplex y módem ópticos de última generación.

PALABRAS CLAVES

Actualización tecnológica, tecnología digital, radio digital, multiplex, módem óptico, criterios de proyecto, voz, datos, servicios de valor agregado, comunicaciones operativas.

ENLACE DE RADIO DIGITAL ENTRE ITAIPU Y ANDE

1. ANTECEDENTES

En mayo del año 1984 entra en operación la primera Unidad Generadora de la Central Hidroeléctrica de Itaipu, dando inicio a una etapa que culminaría siete años después en abril de 1991. Antes mismo del inicio de operación de la primera Unidad Generadora ya estaba en funcionamiento una parte de la infraestructura de telecomunicaciones que daría el soporte a las comunicaciones "operativas" de la ITAIPU, que en los siguientes años se irían complementando hasta llegar a su situación final. En el caso específico de la ANDE, estas comunicaciones "operativas" se concretaban por dos vías, una a través de la red nacional de telecomunicaciones pública y otra interna o privada utilizando equipos "carrier" sobre líneas de transmisión y un enlace SHF/UHF hasta la subestación de Acaray.

Las líneas directas de la antigua ANTELCO, los "hot-lines" vía "carriers" y un equipo de telex pasaron a constituirse en las principales medios de comunicación entre la ANDE e ITAIPU en su fase operativa inicial de generación - transmisión. A este conjunto se suma luego la instalación unos números internos de la ITAIPU, tanto en la programación y el despacho de carga de Asunción como en la Central de Acaray. El uso de consolas concentradoras se mostró de gran ayuda para el manejo más eficiente de estos medios. La tecnología disponible y utilizada era la analógica.

En este contexto, ya en el nuevo milenio, en la binacional comienzan a aparecer los primeros inconvenientes y problemas provenientes principalmente de las dificultades de conseguir ante los proveedores tradicionales, las piezas de repuestos que permitan un mantenimiento más confortable que equilibre costos, disponibilidad y otros riesgos. Este hecho se va agravando hasta llegarse a puntos críticos en algunos sistemas, entre ellos el de telecomunicaciones. Obsolescencia y final de vida útil de equipos, pasan a formar parte del lenguaje cotidiano de los profesionales técnicos en toda la Central Hidroeléctrica.

También la creación de CONATEL como órgano regulador y de control tiene sus consecuencias, pues además de un nuevo marco legal, la puesta en práctica de normas reglamentarias con la adopción total de estándares internacionales, hace que una adecuación a ellas sea necesaria, en especial al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias que busca un ordenamiento del espectro de frecuencia y que afecta directamente a rangos de frecuencias utilizados por algunos equipos de la ITAIPU.

Ante estas situaciones la ITAIPU toma importantes decisiones, resaltando el inicio del proceso de actualización tecnológica de sistemas y equipos de la Central Hidroeléctrica.

2. PROCESO DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA

Algunas definiciones importantes del EPRI utilizadas por Itaipu [1]:

- **Modernización** - Proceso por el cual se reemplazan equipos considerados obsoletos o en final de vida útil, por equipos con tecnología más avanzada, con o sin nuevas funcionalidades.

- **Extensión de Vida Útil** - Proceso de sustitución del equipo, por otro con tecnología similar.
- **Actualización Tecnológica**- Abarca la Modernización y la Extensión de Vida Útil de los equipos/sistemas/central.
- **Obsolescencia** - Incapacidad de un equipo o sistema de satisfacer, parcial o totalmente, requisitos funcionales importantes para el usuario o para equipos interdependientes. Esta obsolescencia puede ser causada por 2 motivos básicos:
 - Disponibilidad de piezas de repuesto
 - Incapacidad de desempeño de nuevas funcionalidades
- **Final de Vida Útil** - Estado de un equipo o sistema, vinculado a un desgaste excesivo. Se caracteriza cuando hay costo excesivo de mantenimiento con baja disponibilidad asociada o cuando hay riesgo introducido a la vida humana o a las instalaciones físicas, y se vuelve más conveniente la total sustitución por otro equipo/sistema nuevo, sea de tecnología similar (extensión de vida útil) o más moderno (modernización).

La actualización tecnológica en ITAIPU abarcará tanto la modernización como la extensión de la vida útil de los sistemas/equipos.

Una breve descripción de la clasificación de acciones de actualización tecnológica:

- **De emergencia:** Cuando equipos de alta prioridad no pueden mas esperar por un plan de actualización tecnológica ni por el tiempo que se requiere para la adquisición programada del mismo. En este caso, por asignación de prioridad gerencial en la empresa, se decide por la compra inmediata con el objetivo de modernizar un equipo que pueda causar restricciones operacionales importantes.
- **Planificada:** Cuando una empresa decide, deliberadamente, planificar la ejecución de actualización tecnológica dentro de un periodo de tiempo en el que aún es posible convivir con las deficiencias de ciertos sistemas/equipos.
- **Postergada:** Las mejoras tecnológicas no son realizadas, aunque puedan ser hechas, por algún motivo estratégico.

ITAIPU, dentro de su programa de actualización tecnológica, ha clasificado este proyecto como una acción de emergencia e inicia la sustitución de los sistemas analógicos implantadas en el inicio de operación de la Central Hidroeléctrica comenzando con la adquisición, instalación y puesta en servicio de un radio enlace con la ANDE, en la franja de microondas usando tecnología digital.

3. PROYECTO: CRITERIOS, CÁLCULOS, DISEÑOS, CONFIGURACIÓN.

Los criterios de ingeniería se orientaron con prioridad hacia los siguientes aspectos:

- **Seguridad:** Las informaciones de programación, operación en tiempo real, datos de pre y pos operación, actualizaciones de bases de datos del SCADA, etc. a ser intercambiadas a través del sistema, son consideradas como estratégica y por ende exigen un alto grado de privacidad y confiabilidad, por ello se recurrió a un enlace bidireccional punto a punto con redundancia en modo hot stand by y criterios de disponibilidad típico para este tipo de sistemas.

- Tecnología punta:** La necesidad de cubrir con comodidad la demanda, en servicio y capacidad, como mínimo para los próximos 15 años nos lleva a la adopción de tecnologías de punta. Minimizar los efectos de obsolescencia y periodo de vida útil siguen siendo fundamental, a lo que se suma la evolución en el mercado de las telecomunicaciones que cada vez ofrece mas facilidades para la adopción de servicios de valor agregado impensables en los inicios de los años 80 y que hoy son casi exigencias en la practica, así se plantea el desafío de dar una respuesta actual pero adecuada sin caer en simple consumismo o moda. La inclusión de interfaces para la transmisión de datos en diversas velocidades, y voz en varias modalidades era natural, lo que se previó como posibilidad pero sin equipar con interfaces aún se refiere a la parte de teleprotección, telecomandos, imágenes, vídeo conferencia, etc. La tecnología digital está consolidada y probada, entonces, recurrir a ella es una seguridad, además aún no se visualizan otras, por suerte...
- Costo:** La tendencia a la baja de precios de equipos con tecnología digital es una realidad y al hacer un comparativo con lo que ha costado la implantación de los sistemas analógicos anteriores, observamos diferencias sustanciales. Este hecho ha ayudado para contar con el rubro presupuestario necesario, y dar así viabilidad al emprendimiento. La elección de la banda de frecuencia (15 GHZ), donde los precios son más competitivos, ha colaborado para que el costo final estuviera por debajo de lo previsto en el presupuesto inicial. Otro aspecto influyente fue la posibilidad de integración de equipos de diversos fabricantes.

El calculo de enlace se realizó utilizando el software Pathloss 4.0. En la figura 1 se muestra el perfil del enlace. A partir de los datos de la altura de las torres y coordenadas geográficas se obtuvieron los valores óptimos para la altura de la antena y la potencia de transmisión.

El análisis de interferencia, para verificar la influencia de los enlaces ya existentes en la banda de operación a ser utilizada, se realizó con la ayuda del mismo software.

La poligonal del radio enlace se determinó con los datos de longitud, latitud y elevación de la Central Hidroeléctrica de ITAIPU y el Centro Técnico de la ANDE en Ciudad del Este.

El plan de frecuencias de radio fue asignado por CONATEL, considerando los datos registrados de la región.

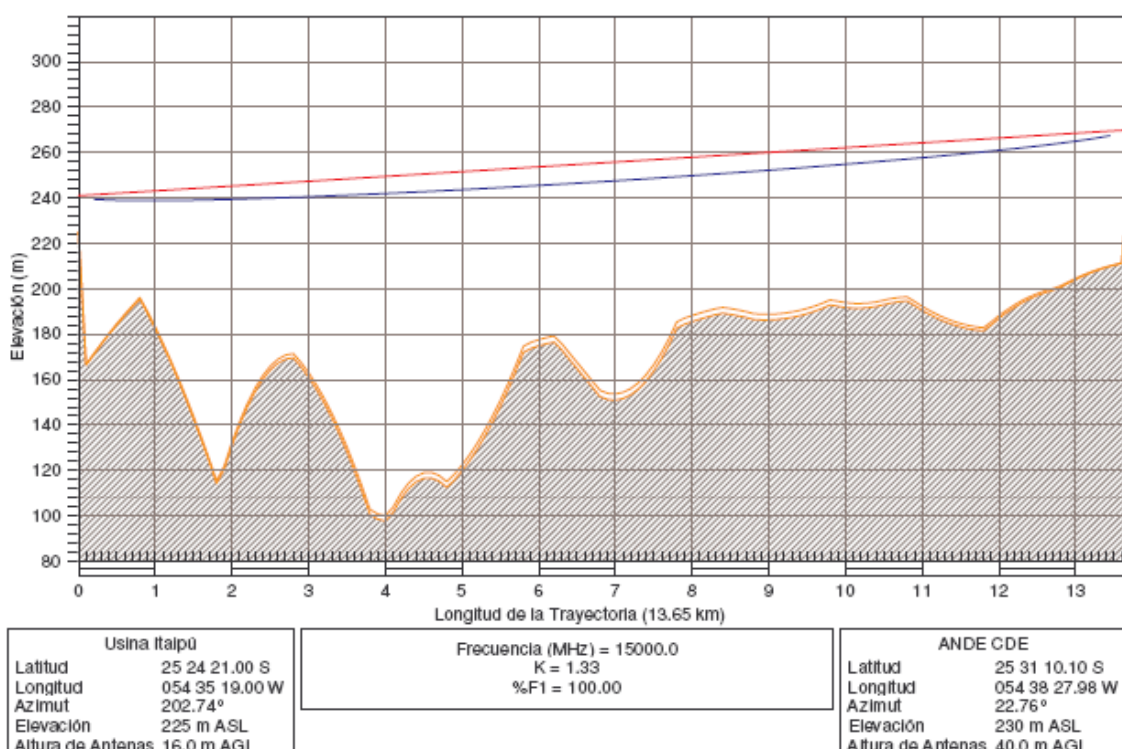


Figura 1: Calculo del enlace - Perfil

El sistema consiste básicamente de:

Un enlace punto a punto de radio digital 4x2Mbps en configuración (1+1) "hot stand by", en la faja de frecuencias de 14,50 GHz a 15,35 GHz;

Un par de antenas parabólicas instaladas en las torres existentes;

Un par de interfaces digitales de 2.048 Kbps (E1), para la interconexión de las centrales telefónicas PABX's;

Un par de multiplex con 30 (treinta) canales de nx64 Kbps, equipado también con interfaces para:

- 4 (cuatro) canales de datos a 64 Kbps (G.703),
- 4 (cuatro) canales nx64 Kbps (V.11/V.35 – n64V);
- 4 (cuatro) ramales remotos del PABX de la ITAIPU en la ANDE;
- 4 (cuatro) ramales remotos de la PABX de la ANDE en la ITAIPU;
- 4 (cuatro) hot-lines. La figura 2 muestra la configuración final.

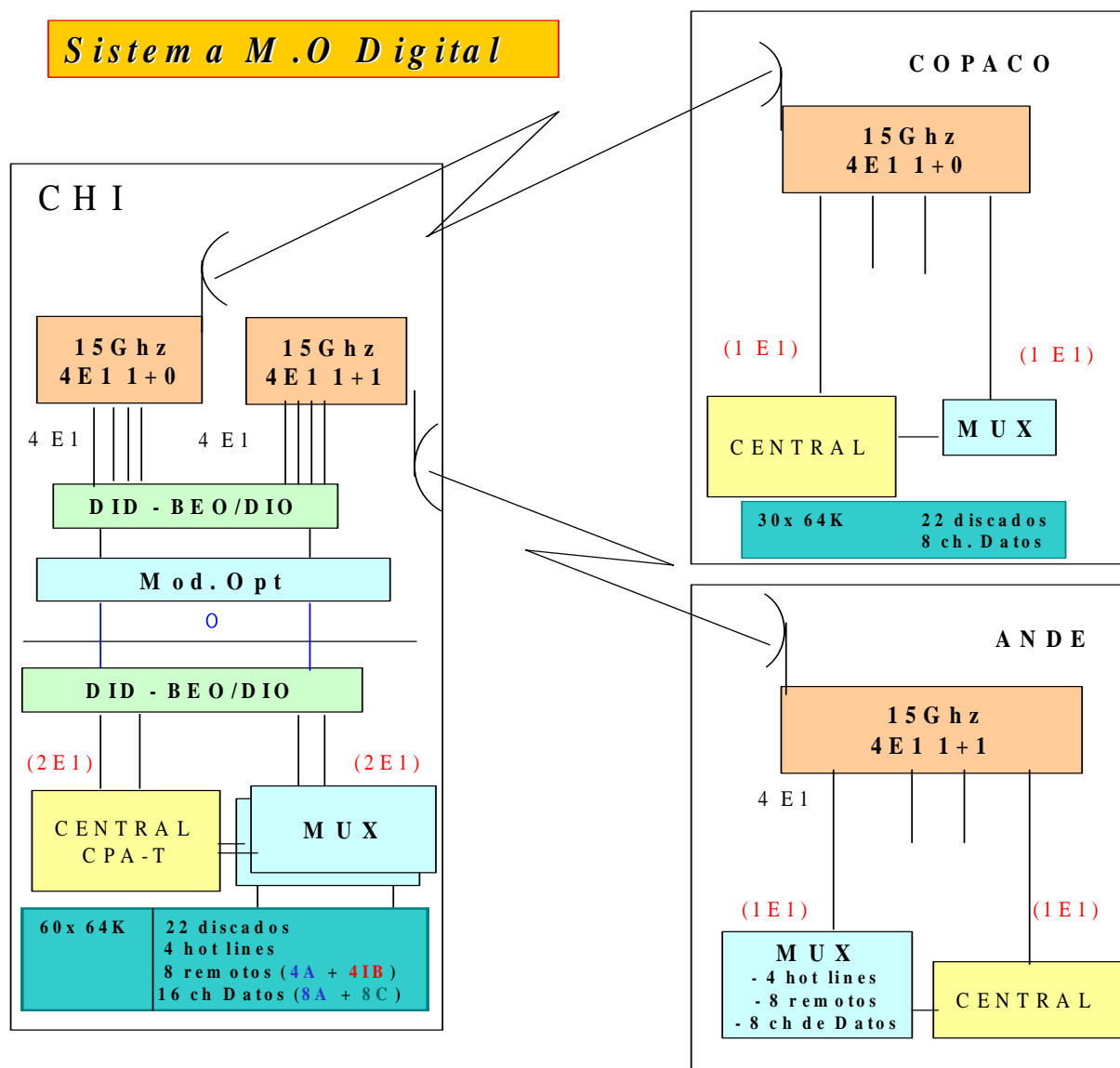


Figura 2: Configuración final del Sistema

La capacidad instalada y la capacidad inicial a ser utilizada se visualizan en la tabla 1

	Capacidad Instalada	Capacidad Utilizada
ITAIPU		
E1	8	4
Ch. 64 Kbps G703	16	8
Ch. FXS	36	26
Ch. FXO	12	4
Ch. V.35	12	4
ANDE		
E1	4	2
Ch. 64 Kbps G703	8	4
Ch. FXS	12	4
Ch. FXO	12	4
Ch. V.35	6	4

Tabla 1: Capacidad instalada y utilizada

4. NORMAS, CONTROL DE CALIDAD, HERRAMIENTAS

Al especificar el sistema [2] se ha tomado el cuidado de considerar el atendimento a las normas internacionales, en especial las de UIT-T, así como las de CONATEL y COPACO y con consideraciones también a las de TELEBRAS. Se tuvo contacto directo con los responsables técnicos de CONATEL y COPACO para dar estricto cumplimiento a las normativas nacionales vigentes y así encuadrar el proyecto en el marco legal actual. Otro objetivo fundamental era asegurar la posibilidad de realizar una integración de equipos de diversos fabricantes, para componer el sistema. Se buscaba por un lado, la competitividad en los precios bajo riesgos controlados, y por otro, facilitar la participación en la licitación, de empresas nacionales que no sean fabricantes considerando las particulares características de nuestro mercado. La experiencia previa en la implantación de sistemas similares, normalmente solicitada por la ITAIPU, se mantuvo en niveles de exigencias atendibles por varias de las probables empresas participantes, previo relevamiento de las mismas.

Las tareas de mantenimiento que posibiliten una alta disponibilidad del sistema fueron objetos de análisis minucioso. A los cálculos normales de piezas de repuesto, instrumentos de medición y programación se sumaron la adopción de nuevas herramientas, en especial las de gerencia, centralizada y remota, con bancos de datos históricos para registro de eventos. La utilidad de dichas herramientas de gerencias se comprobó ya en la etapa de puesta en servicio y también durante las pruebas disponibilidad. El objetivo mas adelante, es contar con un centro de gerencia de los equipos/sistema de telecomunicaciones.

El montaje de una plataforma de pruebas en las instalaciones del proveedor, además de una excelente base de entrenamiento técnico, sirvió también para la observación inicial del cumplimiento de las especificaciones técnicas ayudando sobremanera en los ajustes iniciales de configuración (pruebas de aceptación en fábrica). Esta experiencia se repitió en la Central Hidroeléctrica, permitiendo la participación de una mayor cantidad de personas en los cursos de entrenamiento y la realización de los ajustes finales bajo condiciones reales, antes de las pruebas de aceptación del sistema.

Los resultados de las pruebas de aceptación en campo (comissioning test) arrojaron valores esperados en la gran mayoría de los parámetros controlados y medidos, llamando la atención la potencia de transmisión que permaneció alrededor de la mitad de escala. La ocurrencia de fenómenos climáticos típicos de la estación del año y la región, ayudó a observar el desempeño del sistema bajo condiciones adversas y a través de los registros de eventos históricos permitió el análisis de estos en conjunto con el personal técnico del proveedor. Se pudo observar así, que la configuración de la redundancia del sistema (1+1) trabajando a 3 dB por debajo del principal mantenía el enlace en caso de fallas en el equipo, pero su respuesta ya no era tan eficiente en el caso de fenómenos climáticos más severos. Esto nos obliga a considerar la posibilidad de utilizar diversidad de espacio, o sea, dos antenas en la misma torre u otra alternativa, si esta situación se repite con cierta frecuencia.

5. CONCLUSIÓN

No existe la necesidad perentoria de que todos los equipos componentes del sistema sean del mismo fabricante, así la integración pasa a ser una muy buena opción;

El mercado interno tiene características muy peculiares, no existen fabricantes solo vendedores, representantes de ellos o empresas dedicadas al montaje y mantenimiento, así siendo, el relevamiento de datos de probables proveedores con experiencia comprobada y solvencia técnico-económica se torna fundamental;

Contar con plataforma de prueba se ha mostrado muy importante, tanto en el aspecto de entrenamiento como en el conocimiento del sistema y para la realización de ajustes o adaptaciones a las particularidades;

Las herramientas de gerencia de equipos/sistema son elementos muy útiles para el personal de mantenimiento, mostrándose como nuevos factores a ser considerados en la búsqueda de la excelencia;

La configuración en hot stand by de la redundancia del sistema, debe ser revisada en caso que se decida utilizar este medio para teleprotección, analizándose otras posibilidades.

BIBLIOGRAFIA

[1] Documento Técnico de ITAIPU. "Diretrizes e critérios para atualização tecnológica da ITAIPU 6000-10-D0001-P"

[2] Documento Técnico de ITAIPU. "Especificación Técnica 6007-20-15200E-R7"

