

VII/CE-D2-08

SISTEMA DE CONTROL HIDROMETEOROLOGICO DE LA ITAIPU BINACIONAL

Ing. Rubén Almirón

Itaipú Binacional

RESUMEN

La hidrología como la meteorología cumplen un papel fundamental para la producción de energía eléctrica, ya que la afluencia a los embalses constituye el recurso disponible para la generación. Una previsión precisa de afluencia de los próximos días es imprescindible para la eficiencia de la producción hidroenergética, y la supervisión de los eventos en tiempo real apoyan en forma directa la obtención del máximo beneficio a partir de los recursos hídricos disponibles durante la operación en tiempo real. Visando cumplir con estas encomiendas es que Itaipú ha decidido construir un Sistema de Control Hidrometeorológico.

PALABRAS-CLAVE

Sistema de Control, Telemetría, Integración

1.0 - INTRODUCCION

La Itaipú Binacional es una entidad paraguayo-brasileña creada para la construcción y operación de la Central Hidroeléctrica de Itaipú que es actualmente la mayor central hidroeléctrica del mundo con 18 máquinas generadoras totalizando 12.600 Mw. de capacidad instalada. Con la adición de 2 máquinas, actualmente en etapa de implantación, esa capacidad será de 14.000 Mw.



Figura 1. Central Hidroeléctrica Itaipú.

La Central Hidroeléctrica de Itaipú está localizada en el río Paraná, en el trecho compartido por Paraguay y Brasil, cerca de las ciudades de Hernandarias (Py) y Foz de Iguazú (Br). El área de drenaje de Itaipú tiene 820.000 km², de los cuales el 70 % se encuentra en la cuenca alta, fuertemente regularizada por más de 30 embalses del sistema Sudeste Brasileño, y el 30 % restante, entre las centrales Jupia, Rosana e Itaipú, en la cuenca media, en estado natural conocida como cuenca incremental. El área de interés para la supervisión hidrometeorológica es justamente esta área incremental, junto con la incremental Itaipú/R-11, totalizando 235.000 km², y englobando a los ríos Ivaí, Piquirí e Iguazú en el Brasil y a los ríos Acaray y Monday en el Paraguay.

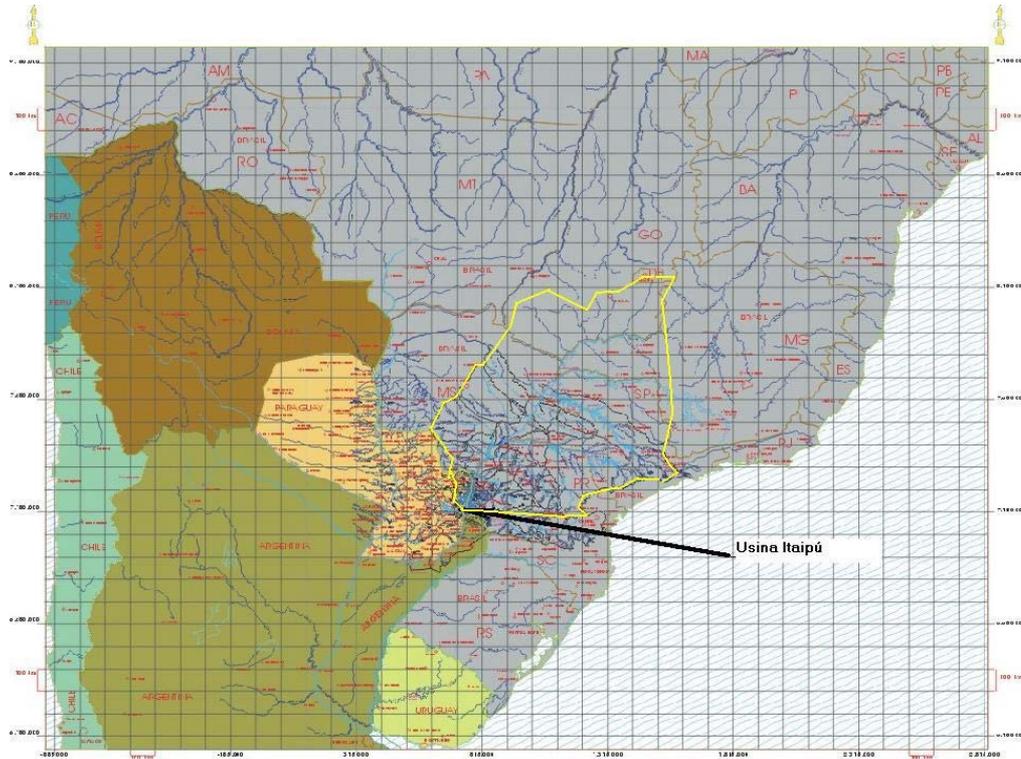


Figura 2. Ubicación geográfica.

2.0 - Previsión y supervisión

Tanto la hidrología como la meteorología cumplen un papel fundamental para la producción de energía eléctrica a partir de generadores hidráulicos, ya que la afluencia a los embalses constituye el recurso disponible para la generación. Una previsión precisa de afluencia de los próximos días es imprescindible para la eficiencia de la producción hidroenergética, y la supervisión de los eventos en tiempo real apoyan en forma directa la obtención del máximo beneficio a partir de los recursos hídricos disponibles durante la operación en tiempo real. En Itaipú Binacional, la OPH.DT, División de Estudios Hidrológicos y Energéticos del Area de Operación, es responsable por la definición de las metodologías a ser utilizadas en la previsión de caudales y por la elaboración de estas previsiones, proceso de previsión, como también del acompañamiento de los eventos en desarrollo que pudieran afectar la operación en ejecución, proceso de supervisión.

3.0 - SISTEMA DE CONTROL HIDROMETEOROLÓGICO

La División está abocada actualmente al desarrollo de un nuevo Sistema de Control Hidrometeorológico (SCH). Este es un sistema de control hidrometeorológico basado en aplicativos disponibles comercialmente en el mercado y otros desarrollados internamente. El Sistema de Control Hidrometeorológico fundamentalmente consiste en los siguientes módulos:

3.1 - Colecta de datos

Todo el proceso se inicia con la colecta de datos de estaciones hidrológicas, de medición de niveles de río, y meteorológicas, donde se miden precipitación, temperatura, viento y otras variables meteorológicas.

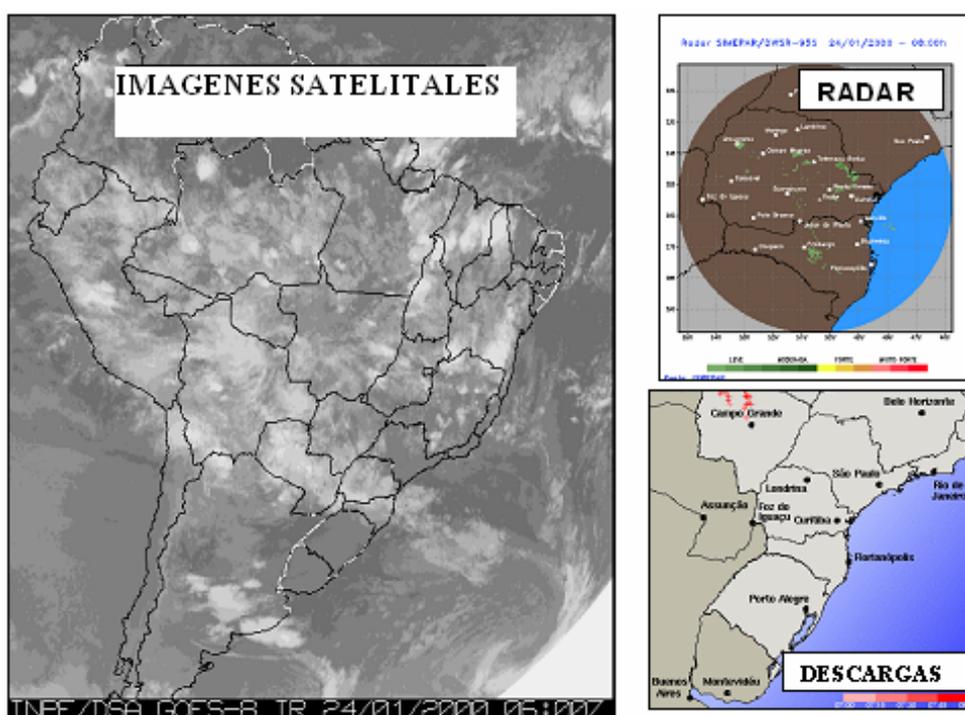


Figura 3 Productos meteorológicos.

Estos datos son colectados por sensores remotos, transmitidos en forma automática por sistemas de comunicación satelitales y recibidos vía Internet. También por este último medio se colectan los datos provenientes de otras entidades como SIMEPAR, DINAC, COPEL, ANA, CNOS, con las que, para esta provisión, se han formalizado convenios formales de intercambio.

También se reciben datos por contactos telefónico y radio conectados directamente con los operadores locales de las estaciones. Se colectan, además, datos de sistemas meteorológicos, como imágenes de satélite, imágenes de radar y localización de descargas eléctricas.(FIGURA 3).

3.2 - Sistema de Telemetría Hidrometeorológica.

Desarrollado por Itaipú, basado en un detallado estudio donde fueron tratados con profundidad todos los sistemas componentes: sensores, procesamiento remoto, energía, transmisión y procesamiento central. Entre estos sistemas se destaca la transmisión satelital realizada por medio del sistema ORBCOMM, con estación terrena en Itaboraí, Brasil, desde donde se retransmiten los datos, por Internet o por satélite, hasta la Estación Central de Itaipú. El sistema está en funcionamiento normal desde el año 2003.

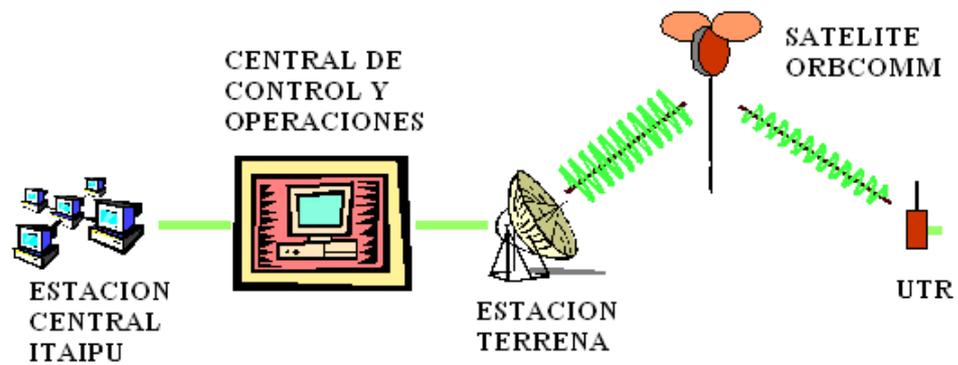


Figura 4 Esquema general del STH.

3.3 - Formatación de los datos.

Los datos son tratados en un proceso de reformatación mediante un programa denominado Conversor, el cual, en forma agendada y automáticamente una vez por hora, transforma el formato original de los datos recibidos de otras entidades o sistemas al formato compatible con los bancos de datos utilizados en Itaipú.

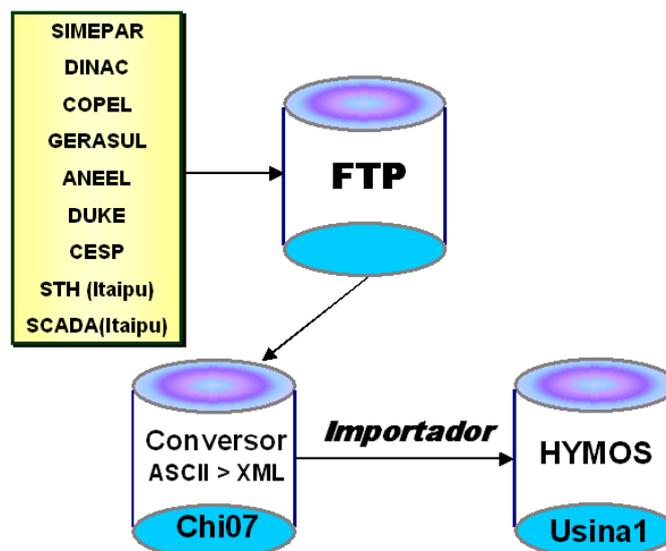


Figura 5. Almacenamiento de datos.

3.4 - Almacenamiento de datos.

En el último paso de este proceso de colecta se almacenan los datos básicos en un banco de datos.

En la etapa actual de transición se mantienen actualizados el banco de datos antiguo, GDH, desarrollado años atrás en base DOS, y el banco actual, de nombre HYMOS, adquirido de la firma WLDELFT HYDRAULICS, por sus características convenientes como trabajo en red, simultaneidad en el uso, ambiente gráfico, georeferenciamiento y disponibilidad de diversos algoritmos de procesamiento de datos hidrometeorológicos.

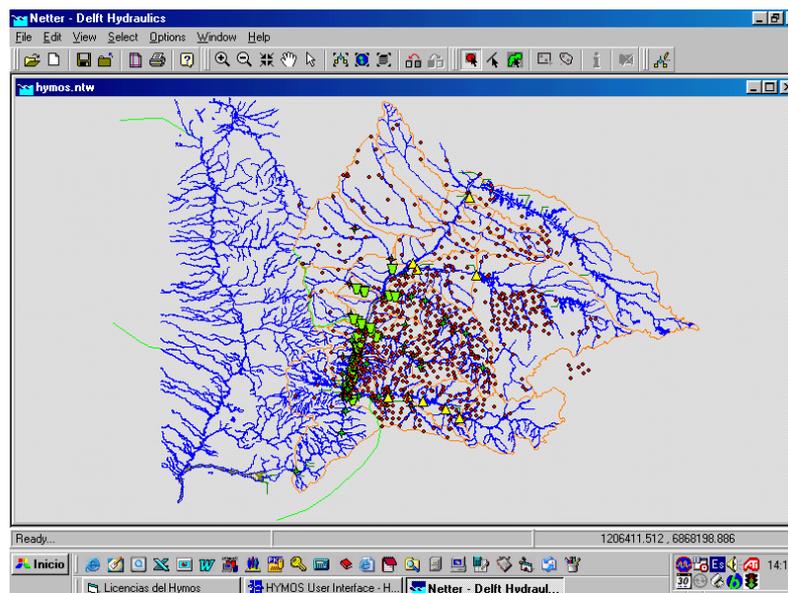


Figura 6 Estaciones de medición en el HYMOS.

3.5 - Consistencia.

Estos datos, durante el proceso automatizado, son consistidos a través de la verificación de límites extremos permisibles, variaciones máximas por unidad de tiempo así como comparaciones con variables de estaciones próximas. Los datos pueden ser usados solamente luego de la realización de este proceso.

3.6 - SUPERVISIÓN HIDROMETEOROLÓGICA.

La situación hidrológica y meteorológica pasada reciente y actual, son analizadas en conjunto, para que toda la información recibida sea validada, cumpliéndose con el proceso de Supervisión Hidrometeorológica que permite acompañar los procesos meteorológicos e hidrológicos en desarrollo de modo que se puedan tomar medidas correctivas para la operación diaria y futura próxima en caso necesario.

3.6.1 - Supervisión meteorológica.

El acompañamiento de los datos meteorológicos se realiza con el uso de productos elaborados por Simepar y DINAC. El Sistema Meteorológico de Paraná (Simepar), institución brasilera, provee informaciones meteorológicas a través de una página Web elaborada exclusivamente

según las necesidades de la Itaipú Binacional. A su vez las previsiones numéricas son visualizadas a través del software desarrollado por Simepar.

La Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (DINAC) institución paraguaya, provee todos los datos de su red de superficie y de la red perteneciente a la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

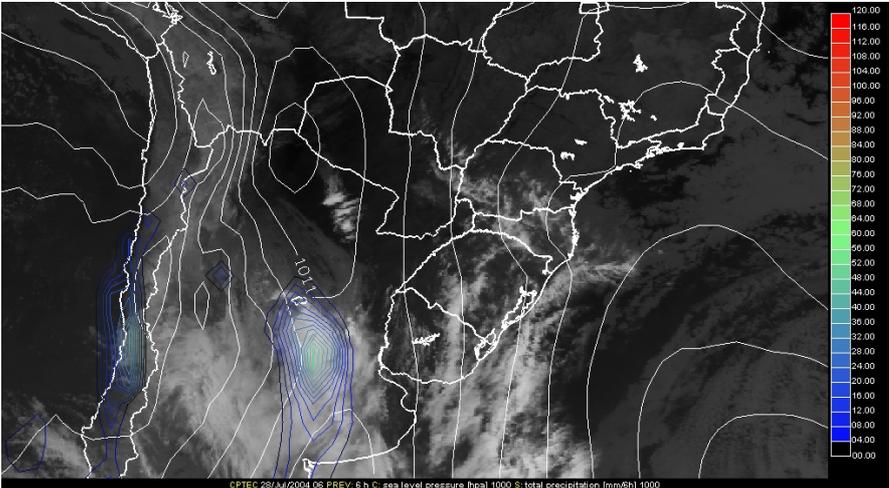


Figura 7 Previsión meteorológica.

3.6.2 - Supervision hidrológica.

La supervisión hidrológica consiste en visualizar el estado de los caudales y niveles de cada una de las estaciones fluviométricas de interés ordenadas por ríos afluentes del río Paraná e Iguazú. Así, es posible, por ejemplo, conocer el momento en que se comienza a generar ondas de crecida en cualquiera de los cinco afluentes del área de interés y también en el río Paraná e Iguazú, pudiéndose prever la llegada de tales volúmenes de agua tanto al embalse como aguas abajo de Itaipú y considerar las acciones a ser tomadas para mitigar o minimizar sus efectos.

Son de mucha importancia los boletines que se envían a los sistemas de alerta de diferentes reparticiones oficiales para considerar los posibles efectos de niveles altos en zonas pobladas cercanas a la central.

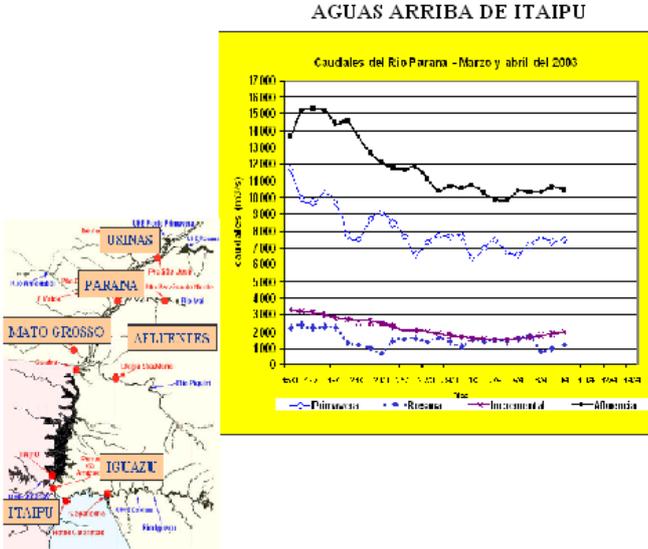


Figura 8 Supervisión hidrológica.

3.7 - Previsión hidrológica.

Las previsiones de estado del tiempo cualitativas y cuantitativas de varias entidades definen el escenario actual hidrológico y meteorológico y una estimación de la situación meteorológica futura. Con esta información, los modelos hidrológicos disponibles, estiman el caudal que cada río contribuirá al embalse de Itaipú. Se dispone de los siguientes modelos calibrados para el área incremental ubicada entre las Centrales Hidroeléctricas Porto Primavera y Rosana, en la zona inicial superior, y la estación Carlos Antonio López sobre el río Paraná, ubicado a 120 Km. aguas abajo de Itaipú. Sobre el río Iguazú el trecho se inicia en la CH Caxias.(FIGURA 9).

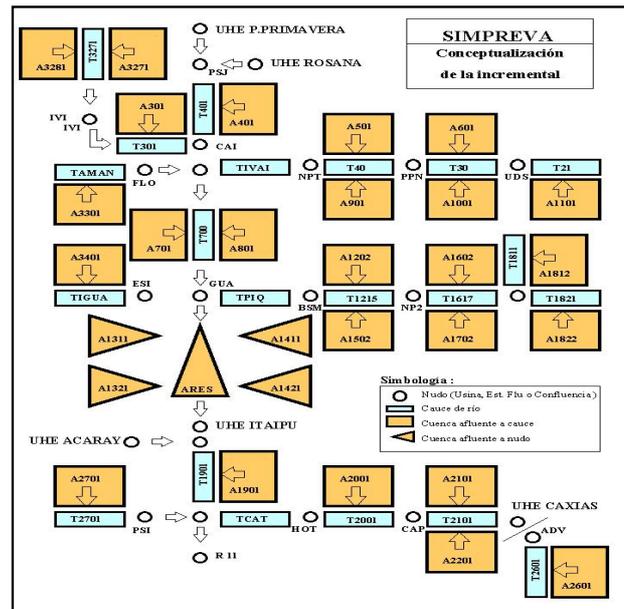


Figura 9 Topología de la cuenca incremental.

3.7.1 - Modelo Sacramento.

Este modelo simula la cuenca representando los almacenamientos y componentes de flujo más importantes como se muestra en la FIGURA 10. Este modelo es capaz de funcionar con pasos de tiempo horario y diario. Es operado dentro y fuera del ambiente HYMOS.

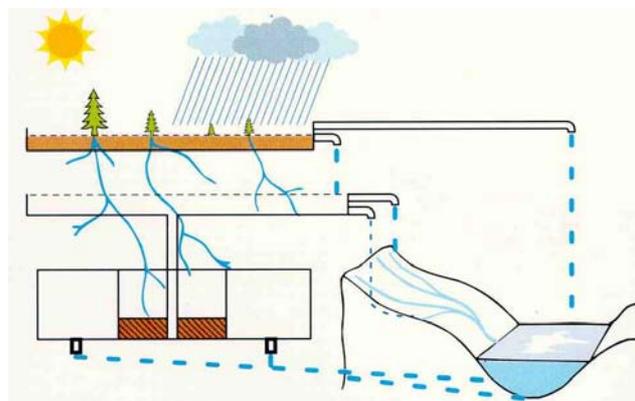


Figura 10. Concepto del modelo Sacramento.

3.7.2 - Ambiente de modelación Simpreva.

En el ambiente Simpreva conviven una serie de aplicativos que permiten el cálculo de caudales partiendo de las precipitaciones observadas y previstas. Los modelos hidrológicos disponibles son: **El Modelo Preca** que se basa en la metodología del Soil Conservation Service que utiliza el Número de Curva (CN=curve number) que permite definir las características de superficie, tanto de cobertura como geológica. Esta metodología apoyada en un desarrollo interno permite establecer el caudal de superficie y subterráneo que componen el caudal total en una sección de interés. La calibración de este modelo se ha extendido a toda la cuenca incremental como se puede observar en la FIGURA 10. **El modelo SMAP** es fundamentalmente parecido al anterior pero permite realizar los cálculos de los caudales con menos parámetros. Evita el uso del CN. **Los modelos estocásticos** llevan en cuenta las características estadísticas de las series en estudio. Estos permiten establecer previsiones en base a valores observados de la variable en análisis. Así los caudales son previstos considerando tanto la tendencia como el valor de la variable. Los modelos utilizados son del tipo ARIMA, autoregresivos integrados de medias móviles.

3.8 - PREVISIÓN HIDRÁULICA.

Una vez definida la contribución en caudales proveniente de cada una de las áreas, es preciso definir el tiempo que tardarán los volúmenes de agua en alcanzar el embalse de Itaipú, y estar disponibles para la generación. Análogamente, para aguas abajo de Itaipú, donde la influencia del río Iguazú puede ser predominante ya que afecta al nivel de aguas abajo y consecuentemente al salto bruto. Esta función de la previsión hidráulica se realiza usando los siguientes modelos:

3.8.1 - Modelo Sobek.

Modelo hidrodinámico unidimensional, de WL/DELFT HYDRAULICS, calibrado para operar en dos trechos: el de aguas arriba abarcando desde las Usinas de Porto Primavera y Rosana hasta la Usina de Itaipú comprendiendo los cinco afluentes principales: los ríos Ivaí, Piquirí, Ivinhema, Amambá e Iguatemí y el trecho de aguas abajo que comprende desde la Usina Itaipú, sobre el río Paraná y la Usina Salto Caxias, en el río Iguazú, hasta la estación Carlos Antonio López sobre el Paraná (FIGURA 11). Puede funcionar con paso de cálculo horario o diario.

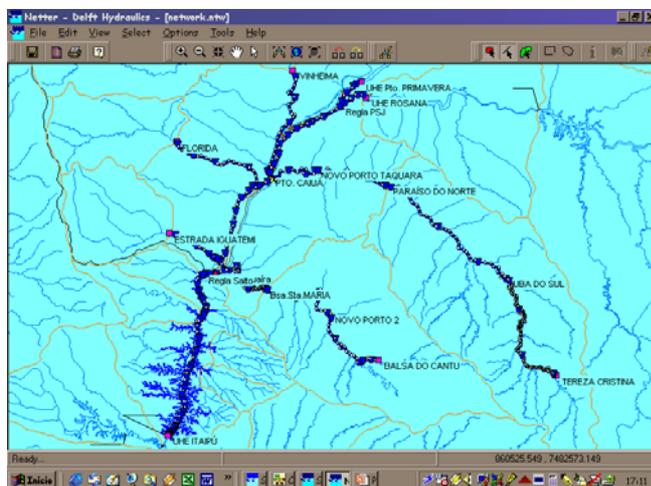


Figura 11. Red de flujo del modelo hidrodinámico de aguas arriba.

3.8.2 - Modelo de Conductos Livres (Cliv).

Modelo hidrodinámico construido por el Centro Tecnológico de Hidráulica de la Universidad de Sao Paulo, Brasil. Funciona en ambiente Windows y es configurable. Recientemente ha sido modernizado para actualización y funcionamiento en modo automático para ambos trechos citados.

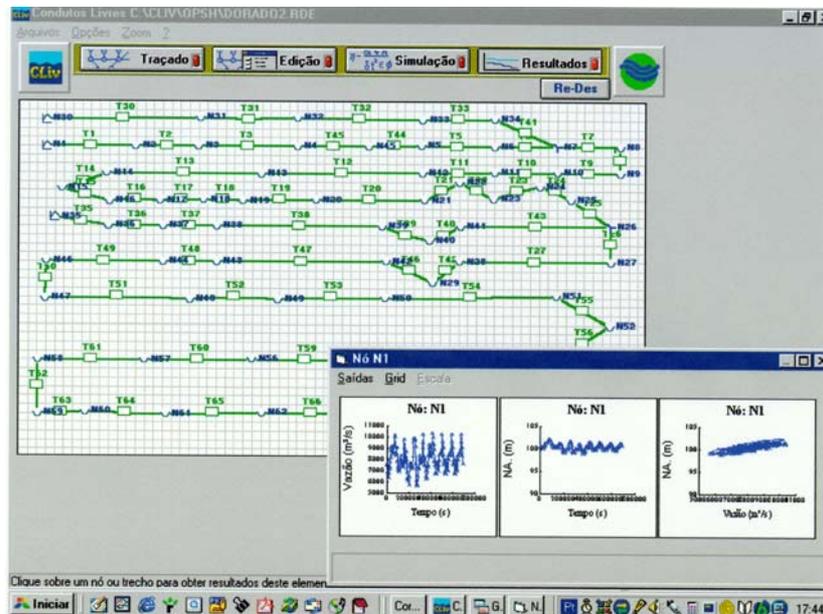


Figura 12. Modelo hidrodinámico Cliv.

3.8.3 - Ambiente de modelación Simpreva.

Dentro del ambiente Simpreva se tiene disponible dos modelos de propagación de caudales: El **modelo de propagación de onda cinemática simplificada** está calibrado para el área señalada en la FIGURA 9. Acoplado con el PreCa, fue usado para el diseño de la red mínima de colecta de datos que compone el Sistema de Telemetría Hidrometeorológica (STH) de Itaipú y el **modelo de propagación por el método de Muskingum**, calibrado y completamente operacional tanto a nivel de simulación como previsión en paso de cálculo diario.

3.9 - PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Los resultados de todos estos conjuntos de herramientas de cálculo producen un gran volumen de información a ser analizada por el usuario, y se necesita un medio de presentación ordenada y, hasta donde sea posible, agradable, que permita tomar una decisión acertada dada la importancia económica de ella. Es por eso que se han desarrollado 2 sistemas de presentación de resultados:

3.9.1 - Integrador.

Este sistema de presentación permite el análisis comparativo y toma de decisión con el resultado final el aceptado por el usuario. Como el sistema permite la visualización por trecho de cada cálculo, el usuario se halla en posición adecuada para ir definiendo, basado en su experiencia, los valores a ser usados en cada caso. Este aplicativo presenta los resultados del sistema Simpreva.



Figura 13. Pantalla principal del Integrador.

3.9.2 - Gerenciador de resultados.

Presenta en planillas organizadas y gráficos relativos toda la información relativa a valores de entrada y de salida del sistema permitiendo un análisis visual de contexto y un estudio en detalle de valores.

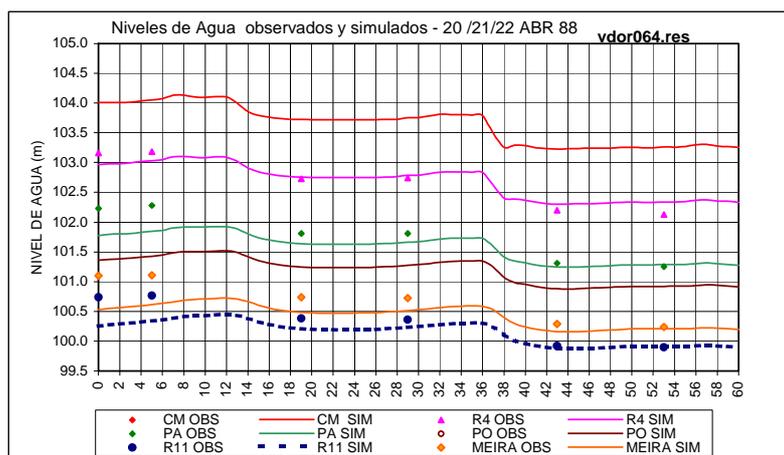


Figura 14. Resultados en tablas y gráficos

3.10 - INTERACCIONES.

3.10.1 - Programación energética.

Una vez definida la disponibilidad futura de agua ella es compatibilizada con las necesidades de los mercados energéticos y las disponibilidades energéticas de las otras centrales que componen el sistema para definir, finalmente, la programación hidroenergética de la central.

4.0 - CONCLUSIONES

Este sistema auxiliará con gran énfasis la operación de producción de energía hidroeléctrica en la Usina de Itaipú mediante la rapidez y eficiencia con que los datos confiables serán disponibilizados para los usuarios, la facilidad y flexibilidad con que tales datos pueden ser tratados para obtener informaciones fehacientes que permitan la toma de decisiones adecuadas en tiempo hábil de modo a obtener el mayor beneficio posible de la operación de producción. El mismo sistema al permitir el acompañamiento de los fenómenos envueltos facilita y garantiza el adecuado tratamiento para aumentar la seguridad de la propia Central y de los habitantes próximos a ella.

BIBLIOGRAFIA

- GCAP & THEMAG, 1998. Red mínima operacional.
- GCAP & THEMAG, 1997. Sistema de Telemetría Hidrometeorológica.
- GCAP & THEMAG, 1998. Modelo Hidrodinámico aplicado al río Paraná.
- Itaipú Binacional, 2000, Calibración de los modelos Sacramento y Sobek en la zona de interés de Itaipú.
- CTH/Itaipú, 1995. Calibración del modelo CLIV en la zona de Itaipú.
- Itaipú Binacional, 2002. Definición de redes y carga de datos en el HYMOS.
- WL/Delft Hydraulics, 2002. Algoritmos de lectura y grabación en el HYMOS.
- GCAP & THEMAG, 1999. Curvas de descarga del área de influencia de Itaipú.