



# Presas de Guri

Modernización del sistema de control,  
protección e instrumentación de la central hidroeléctrica de Guri  
Eduardo Colmenares, Daniel Rubinstein, Miguel Flórez

En 2005, ABB se adjudicó un contrato para diseñar, suministrar e instalar los sistemas de control, de protección e instrumentación para la Central Hidroeléctrica de Guri, el mayor proveedor venezolano de energía hidroeléctrica. La central está situada en el cañón de Nekuima, a 100 km aguas arriba de la confluencia de los ríos Caroní y Orinoco. El proyecto de modernización, que prolongará en 30 años la vida útil de la planta, lo ejecuta un consorcio trilateral en el que participan ABB Venezuela, ABB Canadá y ABB Suiza. La primera entrega está prevista para enero de 2007.

La construcción de la presa de Guri se inició en 1963. La primera central eléctrica, con diez unidades de generación y una capacidad total instalada de 2.065 MW, empezó a funcionar comercialmente en 1978. En 1985 se construyó una segunda central para alojar otras diez unidades de generación de 730 MW cada una. Con ello la capacidad total de la planta se elevó a 10.000 MW, haciendo de Guri la segunda central hidroeléctrica del mundo por su capacidad de producción eléctrica. La instalación tiene tres subestaciones de alta tensión que operan a 800 kV, 400 kV y 230 kV, todas ellas con configuración de interruptor y medio. La central suministra al mercado eléctrico venezolano 12.900 GWh de energía, indispensable para satisfacer la creciente demanda del sector.

El proyecto de modernización que está realizando la propiedad, C.V.G. Electrificación del Caroní C.A. (EDELCA), comprende diversos trabajos que ampliarán y perfeccionarán tecnológica y funcionalmente este gran activo del país durante los próximos 30 años. Una de las mejoras es la completa revisión mecánica de las unidades de generación, que ya están ejecutando diferentes proveedores de turbinas y contratistas del campo mecánico. La modernización del sistema de control, protección e instrumentación está siendo realizada por ABB de acuerdo con un contrato aparte. Además de prolongar la vida útil de la central, el proyecto aumentará la disponibilidad de las instalaciones hasta más del 90% e incrementará la eficiencia de las unidades de generación. En cualquier caso, el principal objetivo del proyecto de modernización es mantener la producción continua de electricidad limpia y fiable.

**Generalidades sobre el sistema de control**

El sistema de control distribuido (DCS) diseñado por ABB para la planta integrará los tres primeros niveles del sistema de control jerárquico ya existente. El primer nivel contiene los dispositivos de campo (transmisores inteligentes y estaciones remotas E/S [entrada/salida]) que comunican con el siguiente nivel de control por una red Profibus. El segundo nivel contiene el sistema de control de unidades (UCS,

Unit Control System), que se basará en el controlador AC800M de la plataforma IndustrialIT de ABB. Este nivel soporta todas las secuencias de control automático para el funcionamiento de las unidades de generación. La redundancia del diseño del sistema garantiza la fiabilidad del mismo. Cada sistema UCS tendrá dos interfaces hombre-máquina (HMI) redundantes, basadas en el portal de generación eléctrica (PGP, Power Generation Portal) de ABB. Controladores, HMIs y accesorios se montarán en los armarios ya existentes en la planta.

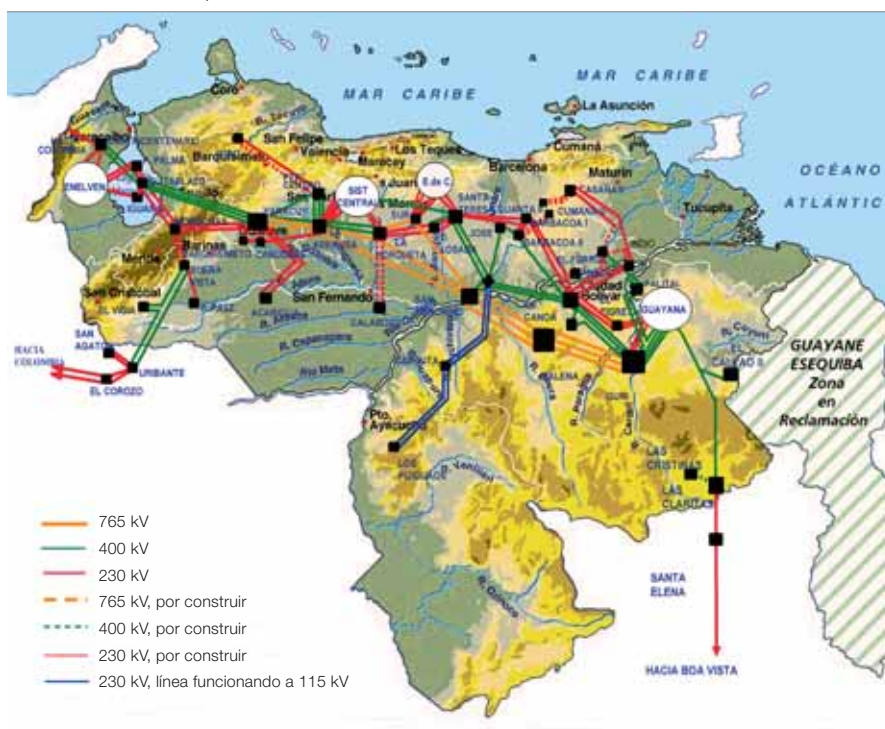
El siguiente nivel del sistema de control comprende las consolas de operador para cada unidad, que estarán situadas en las salas de control disponibles en cada central eléctrica. Este nivel se interconectará con un sistema de control centralizado que fue instalado por SNC Lavalin a finales de los años noventa, y soportará el nivel de control completo de la planta y todas las avanzadas aplicaciones de control, entre ellas la planificación y control automáticos de generación eléctrica, el control automático de tensión, el control de caudal fluvial y otras funciones.

**Sistema de control distribuido (DCS)**

El sistema de control distribuido comprende las consolas del Portal de Generación Eléctrica de ABB en el nivel de operador, los controladores IndustrialIT AC800M de ABB en el nivel de proceso y los módulos E/S S800 de ABB, además de transmisores inteligentes, en el nivel de campo. En el nivel de operador, éstos pueden controlar y supervisar la planta hidroeléctrica usando las funciones del pupitre de control, el panel principal de control (MCS) y UCS. El estado del proceso se presenta en monitores en color, en forma de visualizaciones del proceso, objetos y curvas, alarmas y listas de mensajes.

En el nivel de proceso, el sistema de control consta de controladores redundantes para cada unidad y de un sistema común a las dos centrales de electricidad. Los controladores tienen capacidad para el procesado analógico y digital y para el control lógico y de bucles, además de funciones de supervisión, de adquisición, aritméticas y de comunicación. Cada controlador dispone de puertos Ethernet locales que permiten la comunicación peer-to-peer (de igual a igual) sobre

Central eléctrica de la presa de Guri



una red de área local (LAN) Ethernet redundante. Los controladores pueden funcionar también independientemente de la red LAN. El operador y los controladores se comunican entre sí utilizando OPC servidor/cliente. Se utilizan módulos de comunicación para permitir conexiones Profibus con estaciones E/S y transmisores inteligentes situados a gran distancia, así como conexiones en serie RS232 con dispositivos de otras compañías. Para comunicar con los clusters E/S locales se utilizan puertos de comunicaciones integrados en los controladores.

En el nivel de campo, los datos de entrada de campo y las salidas de proceso son gestionados por los módulos E/S S800 de ABB, que están agrupados en estaciones E/S remotas y repartidas en la planta, o en clusters de E/S local situados en el mismo recinto que el controlador. Además de los módulos E/S S800 hay transmisores inteligentes repartidos por toda la planta. Las entradas de campo definidas como puntos de secuencia de eventos (SOE, Sequence of Events) son gestionadas por módulos especiales SOE de la serie S800. Los puntos SOE se registran con una resolución de 1 ms y todos los puntos SOE están situados en los armarios UCS.

**Filosofía de control de la planta**

La estación opera desde el sistema de control centralizado existente (Master SCADA Station) en la Central 2, desde las salas de control de la Central 1 y de la Central 2 y desde los sistemas

UCS. Se dispone de transferencia por control local/remoto entre el sistema UCS, la sala de control y la estación Master SCADA.

Dentro del sistema DCS, la planta se controla en el nivel de unidad. Un operador en el UCS de la Unidad 1, por ejemplo, tiene acceso a las funciones gráficas, E/S y de control de dicha unidad. Todas las unidades operan del mismo modo. El sistema DCS no realiza control en el nivel de planta. Este control lo realiza la estación Master SCADA, que se encuentra en un nivel de control superior al sistema DCS. El sistema de la estación Master SCADA existente se comunica con DCS a través de una interfaz.

Los módulos E/S y los transmisores inteligentes están distribuidos por toda la planta; los dispositivos E/S están situados junto al equipo o equipos que se están controlando y supervisando.

**Ruta de control**

El control del operador puede hacerse en varios puntos de la planta. Por consiguiente es importante gestionar el punto de control e impedir el uso de un dispositivo desde dos puntos diferentes al mismo tiempo.

El control del operador se puede realizar en los siguientes puntos de la Central 1:

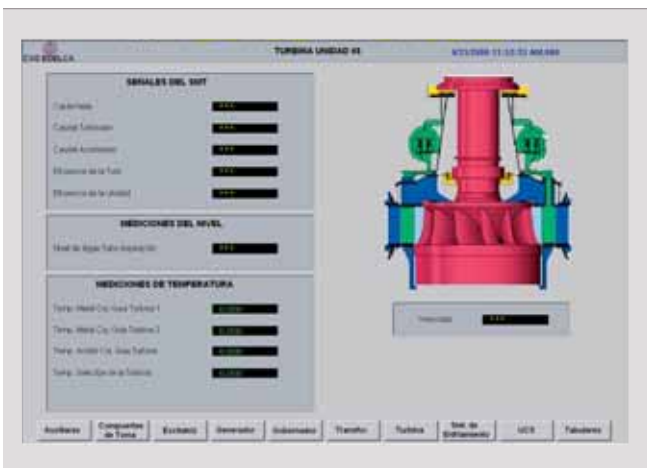
- La sala de control: pupitre de distribución (BB) y panel de control principal (MCS)

- Unidades 1 – 10 de sistemas UCS en la central. En la Central 1 existen 10 sistemas UCS. En cada uno de estos sistemas se pueden controlar individualmente todas las unidades. Las funciones de control y supervisión comprenden el arranque/parada de la unidad y la supervisión y avisos de la misma.
- Servicios auxiliares de 4,16 KV en la planta
- Sistema de bomba de sumidero y desagüe PH1, en la planta
- Servicios auxiliares de 440 V (sólo control local)
- Servicios de control de planta (sólo control local)
- Aliviadero: Canales 1, 2 y 3
- Sistema de bomba de sumidero y desagüe de la presa

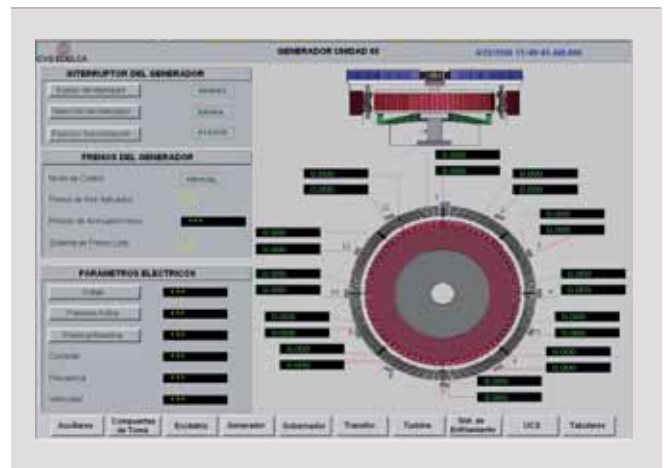
El control de operador se puede realizar en los siguientes puntos de la Central 2:

- La sala de control: pupitre de distribución (BB) y panel MÍMICO (MIMIC)
- Unidades 11 – 20 de sistemas UCS en la central. En la Central 2 existen 10 sistemas UCS. En cada uno de estos sistemas se pueden controlar individualmente todas las unidades. Las funciones de control y supervisión comprenden el arranque/parada de la unidad y la supervisión y avisos de la unidad
- Sistema de bomba de sumidero y desagüe PH2, en la planta
- Servicios auxiliares de 4,16 KV

Vista general de la turbina



Vista general del generador



## Estructura general del sistema DCS

### Interfaz hombre-máquina (HMI)

El sistema ABB de portales de generación de procesos (Process Generation Portal) se utilizará en las estaciones de operador. El sistema de consolas se basa en estándares industriales y en el sistema operativo Windows XP. Tiene una arquitectura abierta que permite utilizar numerosos protocolos de comunicaciones con capacidad para interconectar con programas y bases de datos de terceros.

La estación ofrece al operador una interfaz gráfica con la planta. Además, el operador puede utilizar la gestión de alarmas, la secuencia de informes de eventos, las funciones de registro cronológico de datos y los mecanismos de autorización de usuarios.

### El controlador AC800M

AC800M aplica la tecnología de controladores más moderna de ABB. Los controladores están contruidos como módulos montados sobre carriles con dos puertos Ethernet integrados. Comprenden CPU, módulos de comunicación, módulos de fuentes de alimentación y varios accesorios. Los controladores se dispondrán en configuración redundante.

### Campo E/S: módulos E/S S800 y transmisores inteligentes

Los módulos E/S S800 y los módulos FCI (interfaz de comunicación Fieldbus) se combinan para formar estaciones E/S o clusters E/S. Se considera como estación E/S una entrada/salida conectada al controlador con Profibus-DP<sup>1)</sup>. Una entrada/salida conectada al controlador con ModuleBus está considerada como cluster E/S.

Se instalarán transmisores e instrumentos inteligentes en toda la planta. Puesto que estos dispositivos se comunicarán por medio de Profibus-PA<sup>2)</sup>, se necesitarán convertidores Profibus-DP/PA para hacer posible la comunicación con los controladores.

TEI controlador AC800M



### Protocolos y medios de soporte

El controlador utiliza los protocolos de comunicación y medios de soporte siguientes:

- Comunicación a través de la red de control (LAN)
- Comunicación vía Modulebus
- Comunicación vía Profibus DP
- Comunicación vía Profibus PA

### Comunicación a través de la red de control

Un controlador se comunica con otros controladores e interfaces HMI a través de la red Ethernet LAN y WAN (red de área extensa). La red de control opera a 100 Mb/s.

La red de control está estructurada como un anillo con líneas paralelas independientes. Por consiguiente, si se produce una avería en la línea A, la comunicación continuará por la

línea B, y si ambas líneas A y B se averían, entonces la estructura de anillo cambiará a una estructura de bus.

### Comunicación a través de la red E/S

La red E/S conecta todos los dispositivos E/S de la planta con el controlador. Hay 3 tipos de protocolos de comunicación utilizados para la red E/S:

- ModuleBus, para comunicar directamente con los clusters E/S locales por cables de fibra óptica de plástico. ModuleBus soporta la funcionalidad SOE.
- Profibus DP, para comunicar directamente con las estaciones E/S remotas e indirectamente con los transmisores inteligentes.
- Profibus PA, para alimentar los dispositivos electrónicos inteligentes (IEDs) y transferir información desde el IED.

### Sistemas de protección

El grupo Power Systems de ABB Suiza ofrece un sistema redundante de protección de generadores y transformadores para la planta modernizada. En la Central 1, 14 sistemas numéricos REG216 protegerán 3 unidades de 230 MW y 4 unidades de 360 MW, mientras que 14 IEDs REC316\*4 de



## Ingenio y energía

tipo numérico protegerán las 7 correspondientes líneas cortas de transmisión a 400 kV desde la subestación de interconexión y los transformadores elevadores de la Central 1. El sistema de protección de los servicios auxiliares de tensión media de toda la central será sustituido por los más modernos relés, que incluyen dispositivos 14xREF541, 18xRET541, 18xREJ521 y 75xREX521.

ABB Suiza está también contratada para modernizar los 20 sincronizadores automáticos y 20 dispositivos de control de sincronismo en la subestación de 230/400/800 kV de la central hidroeléctrica, así como para instalar un sistema completamente nuevo de registro de perturbaciones para las 20 unidades de generadores y un sistema de supervisión de estaciones SMS530 para todas las protecciones suministradas.

### Sistema de instrumentación y otros sistemas

ABB Venezuela, líder del consorcio, es responsable de la coordinación interna y de la dirección de los trabajos. Su contribución al proyecto es el diseño del sistema de instrumentación, que comprenderá transmisores inteligentes repartidos por toda la planta. Las comunicaciones entre los dispositivos de campo y el sistema de control tendrán lugar por una red Profibus.

ABB Venezuela también se encarga de los trabajos previos de ingeniería necesarios para instalar en la planta los nuevos sistemas, así como de la instalación e integración de los mismos.

ABB Venezuela preparará, además, los sistemas siguientes:

- Sistemas de supervisión de vibraciones y de entrehierro para las unidades generadoras
- Sistema de televisión de circuito cerrado para supervisar los procesos y vigilar la seguridad
- Sistemas de comunicación: equipo de teleprotección y redes de fibra óptica

### Un trabajo de equipo

ABB Automation es líder mundial en tecnología avanzada de sistemas de control. Esta tecnología se está implantando en las modernas centrales hidroeléctricas para satisfacer las necesidades de los usuarios: un control altamente automatizado, seguro y fiable, y acceso a información sobre la planta.

El programa de modernización de la central hidroeléctrica de Guri demuestra cómo una acertada coordinación de personas y productos puede satisfacer las necesidades de un proyecto de grandes dimensiones. ABB tiene personal especializado y muy experimentado en todo el mundo. La experiencia y el conocimiento especia-

lizado de ABB, adquiridos durante la ejecución de numerosos proyectos en los campos más diversos, garantizan a los clientes la disponibilidad de personal idóneo para sus necesidades. ABB ofrece una gran variedad de productos plenamente compatibles que satisfacen las necesidades de los proyectos de control de procesos, desde las aplicaciones más pequeñas a las de mayor envergadura, como es el proyecto de Guri. El equipo de proyectos de ABB ha podido satisfacer los requisitos de este proyecto singular y adaptar sus productos y servicios para responder a los requisitos específicos del cliente.

Los retos del proyecto de modernización de la central de Guri exigen un sólido trabajo en equipo. ABB Venezuela, ABB Canadá y ABB Suiza han asumido estos retos y establecido una estrecha colaboración, uniendo sus capacidades y compartiendo su experiencia. Un grupo de ingenieros y técnicos de EDELCA también participa en el diseño del sistema de control en el marco de un programa de formación 'en el trabajo' realizado en las instalaciones de ABB en Canadá. La formación facilitará la integración de los nuevos sistemas en la planta y garantizará la transferencia tecnológica de ABB a EDELCA.



#### Eduardo Colmenares

Asea Brown Boveri, S.A.  
Caracas, Venezuela  
eduardo.colmenares@ve.abb.com

#### Daniel Rubinstein

ABB Inc  
Burlington, Canadá  
daniel.rubinstein@ca.abb.com

#### Miguel Flórez

ABB Schweiz AG  
Baden, Suiza  
miguel.florez@ch.abb.com

#### Notas

- <sup>1)</sup> Profibus-DP: bus de campo de proceso, periféricos descentralizados
- <sup>2)</sup> Profibus-PA: bus de campo de proceso, automatización de proceso