



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

## IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ

13, 14 y 15 de Octubre de 2010

### **Adecuaciones de las Barras de 500 KV en SF6 de la CH Yacyretá para Salidas al Sistema Paraguayo en 500 KV**

**Autor: Amado Guerrero - 072 22 2259 - [amado.guerrero@eby.gov.py](mailto:amado.guerrero@eby.gov.py)**

Sector Ingeniería – Departamento Técnico - Entidad Binacional Yacyretá

Paraguay

#### RESUMEN

En el verano último pasado, el Poder Ejecutivo ha decretado emergencia energética en el Paraguay, debido a que el SINP – Sistema Interconectado Nacional Paraguayo se encontraba en el umbral de su capacidad, ya que el Sistema Eléctrico Paraguayo es altamente sensible a las condiciones climáticas, debido a que la mayor parte de la carga es residencial y no industrial, incluso se ha llegado a efectuar cortes de cargas rotativas a los efectos de aliviarlo y mantenerlo operando, y se instó a la población a moderar el consumo de Energía Eléctrica para evitar la prolongación de esta medida.

Como consecuencia de esta medida, en lo que atañe a la Central Hidroeléctrica Yacyretá, la ANDE prevé la adquisición de dos Autotransformadores de 375 MVA cada uno, a ser instalados en la Estación Ayolas, por lo cual solicita la adecuación de las salidas de la Líneas LP1 y LP2 en la CH Yacyretá, para la energización de la LP1 en 500 KV, ya existente, y para la futura construcción de la 2da. Línea entre la CHY y la Estación Ayolas en el mismo nivel de tensión.

En este trabajo se describen los datos generales de la CHY, un resumen histórico del tema en cuestión, sus Consideraciones Actuales, Resumen de tareas involucradas y posibles costos que representarían.

#### PALABRAS CLAVES

CHY, SINP, LP1, LP2

#### 1. ASPECTOS GENERALES DEL COMPLEJO YACYRETÁ

Actualmente, las 20 turbinas de la CHY permiten contar con una potencia máxima posible de unos 2.500 MW para la cota actual de operación, permitiendo generar en términos medios unos 17.000 GWh/año, con un caudal mínimo de 1.000 m<sup>3</sup>/s en el Brazo Aña Cuá.

De la energía producida en la CH Yacyretá, un 87 % es suministrada a la Argentina y el 13 % al Paraguay.

## IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ

13, 14 y 15 de Octubre de 2010

La energía suministrada a la Argentina representa el 13 % del total de su consumo, y la energía suministrada al Paraguay el 20 % del total de su consumo.

A cota de operación definitiva (83 mSNM), la potencia máxima disponible será de unos 3.200 MW y la energía media anual de unos 20.000 GWh/año.

A cota definitiva, la producción descrita corresponde considerando que por el Brazo Aña Cuá del río Paraná debe evacuarse un caudal mínimo de 1.500 m<sup>3</sup>/s por razones ecológicas, que no pueden ser aprovechados por la Central Hidroeléctrica Yacyretá.

La Central Hidroeléctrica está equipada con 20 unidades turbogeneradoras ubicada en el Brazo Principal del río Paraná, cuenta con 2 escalas para peces, un Vertedero provisto de 18 compuertas radiales y una Esclusa de Navegación.

En el Brazo Aña-Cuá del mismo río, se cuenta con un Vertedero dotado de 16 compuertas radiales.

### 1.1 Equipamiento Eléctrico

Cada Generador se conecta al transformador por medio de barras aisladas.

Los transformadores elevadores son trifásicos de 172,5MVA de relación 13,2/500kV, del tipo intemperie y refrigeración a aceite forzado-aire forzado.

El sistema de alta tensión está instalado sobre la plataforma de los Tubos de Aspiración y termina en sendos pórticos de salida de línea, en los extremos de la Central y en un pórtico intermedio entre Unidades N° 10 y N° 11.

Para el suministro al Sistema Interconectado Nacional Paraguayo, desde la Central Hidroeléctrica Yacyretá, se dispone de 2 Autotransformadores de 500/220 kV, de 250 MVA cada uno.

El sistema de maniobras en 500 kV de la Central, blindado, con gas inerte SF<sub>6</sub>, está compuesto por 2 secciones independientes, una por cada 10 unidades. Cada sección tiene doble juego de barras.

La Central se vincula a 2 estaciones de interconexión, a través de 3 líneas de 500 kV a la estación ubicada en Rincón Santa María, interconecta la Central con el sistema de transmisión argentino y a través de 2 líneas de 220 KV ubicada próxima a Ayolas, la conecta al sistema de transmisión paraguayo.

## IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ

13, 14 y 15 de Octubre de 2010

### 2. ADECUACIONES DE LAS BARRAS DE 500 KV EN SF6 DE LA CH YACYRETA PARA SALIDAS AL SISTEMA PARAGUAYO EN 500 KV.

Como es de conocimiento a nivel país, la ANDE a fin de cubrir sus demandas de consumo eléctrico ha emprendido diferentes estrategias y una de ellas sería con la CHY.

La Entidad Binacional Yacyretá a través de su Departamento Técnico Margen Derecha se encuentra abocada dentro de los procedimientos contractuales legales y principalmente técnicos, preparar las condiciones que permitan las adecuaciones necesarias en su sistema de la Estación SF6 para permitir las salidas de líneas (LP1 y LP2) paraguaya en 500 kV.

#### 2.1. OBJETO

El presente trabajo responde a la necesidad de identificar sintéticamente las tareas vinculadas con el retiro de los autotransformadores 500/220 KV de la Central Hidroeléctrica Yacyretá, incluidos en las salidas de línea a Paraguay LP1 y LP2.

El desarrollo del mismo se realiza como base el alcance definido por la ANDE en reuniones con la EBY; donde manifiesta que se encuentra en proceso de adquisición de los transformadores de 375 MVA cada uno (550/220 KV) a ser instalados en Estación Ayolas, por lo que solicita la adecuación del equipamiento de estación SF6 en 500 KV para las líneas LP1 y LP2.

Así mismo se consideran las reales necesidades del sistema, emergentes de la remoción de esos equipos y otros asociados.

#### 2.2. ALCANCE

Retirar los autotransformadores de la CHY, implica una modificación importante en la estación de maniobra en SF6, ya que se deberán transformar de 220 KV a 500 KV, los actuales campos de salida de líneas a Paraguay.

Los campos afectados por esta modificación son los correspondientes a las salidas LP1 y LP2 N° 25 y 13 respectivamente. Cada uno de ellos actualmente está compuesto de una salida desde un sistema de doble barra con doble interruptor en 500 KV, que luego se transforma en salida simple con simple interruptor en 220 KV.

Todo el equipamiento involucrado fue diseñado y construido para 500 kv, con una parte utilizada en 220 kv.

La porción importante de la modificación comprende la remoción del equipamiento actualmente utilizado en 220 kv que quedará desafectado, proveer el tramo de barra que reemplazará a los equipos que serán retirados y transformar la capacidad de salida de los campos que fueron originalmente dimensionados para despachar una

## IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ

13, 14 y 15 de Octubre de 2010

potencia de 250 MVA cada uno, otorgándole una capacidad adecuada al nivel de tensión (1000 MVA).

Es necesario considerar además, la simultaneidad de los trabajos necesarios en relación con el retiro de los autotransformadores y la adecuación de los campos en CHY, en el escenario de una central de gran potencia en operación. Ambas tareas están relacionadas con la actual construcción por parte de ANDE, de una playa de 500 kv en la Estación Transformadora Ayolas y con la energización de la línea de 500 kv entre ésta y la Central Yacyretá.

Es importante prever detalladamente los trabajos de la ANDE, pues están íntimamente relacionados con la operación de la Central Hidroeléctrica Yacyretá.

### 2.3. TRABAJOS A REALIZAR

#### 2.3.1. Equipos a Retirar

##### 2.3.1.1. Autotransformadores

Desactivar las alarmas en el sistema SCADA, desconectar servicios auxiliares de CC y CA, desarmar canalizaciones de alimentaciones auxiliares y control, desconectar señales de control, medición, protecciones y supervisión, desconectar protecciones y adecuar las acciones vinculadas, definir un procedimiento para desarmar el equipamiento en SF6 (recuperar el gas, disminuir su presión, colocar tapas, etc.), desconectar las señales de los sistemas de monitoreo de gas, desarmar Bushing SF6/aceite para 220 y 500 KV, desarmar el sistema de extinción de incendio, y retirar el autotrafo del alojamiento.

##### 2.3.1.2. Equipamiento SF6

Se deberá preparar un procedimiento detallado para desconectar y desmontar estos equipos (considerar: definir los tramos a desarmar en función de los separadores de gas, recuperación, reducir presión del gas entre separadores, desconexión del sistema de monitoreo de gas, desconexión del sistema de aire comprimido para operación de equipos, protección contra la contaminación de los distintos componentes desarmados, etc).

##### 2.3.1.3. Equipos de 220 kv a retirar:

Interruptor (Q35), Seccionadores (Q31 al Q37), Transformadores de Corriente (TI 15 al TI 22), Transformador de Tensión (TV), Descargador (F), Tablero de Mando Local Campo 220 KV, Planta de aire comprimido Campo 220 KV, desactivar alarmas en el sistema SCADA, desconectar servicios Auxiliares de CC y CA, desconectar servicios de aire comprimido que alimentan los equipos que se retiran, desconectar señales de control, monitoreo y protecciones (YE 13/14) y retirar el cableado desde los equipos en campo hasta el TML y desde éste al TRI.

## IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ

13, 14 y 15 de Octubre de 2010

### 2.3.1.4. Onda Portadora 220 KV

Desconectar equipos de comunicaciones y retirar trampa de onda, capacitor y equipos de comunicaciones.

### 2.3.1.5. Interconexión Bushing / Pórtico 220 kv.

Retirar cable de 220 kv de interconexión entre el bushing y el pórtico.

### 2.3.1.6. Paneles de Control y Supervisión Autotransformadores.

Se deberá definir el alcance de las modificaciones que es necesario realizar debido a las introducidas en los campos con autotrafo (paneles YE13), como ejemplo las protecciones propias del autotrafo como su diferencial montado en el panel de protecciones del campo de salida.

### 2.3.1.7. Plataformas

Retirar o adecuar las plataformas de mantenimiento existentes, las tapas de canales, tapas de pasaje de losas, etc. en los casos que sea necesario.

## 3. COMPRAR – REPONER

### 3.1. Tramo conductor SF6

Comprar y montar el tramo faltante a causa del retiro del AT (el mismo comprende entre la ubicación actual de los TI 15 y 16, lado 500 kv y los TI 23 al 26, lado 220 kv), llenado de gas y prueba de estanqueidad y de alta tensión y conectar los sistemas de monitoreo de gas en el tramo adicionado.

### 3.2. Descargador 500 kv

Comprar y montar nuevos descargadores de 500 kv en reemplazo de los 220 kv existentes, llenado de gas y pruebas de estanqueidad y de alta tensión y conectar los sistemas de monitoreo de gas en el tramo adicionado.

### 3.3. Transformadores de Tensión.

Comprar y montar nuevos transformadores de tensión de 500 kv en reemplazo de 220 kv y restablecer su conexionado.

Llenar de gas y efectuar pruebas de estanqueidad y de alta tensión, conectar los sistemas de monitoreo de gas en el tramo adicionado.

## IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ

13, 14 y 15 de Octubre de 2010

### 3.4. Interconexión Bushing/Pórtico 500 kv

Comprar y reponer el cable de interconexión para 500 kv de la LP2, desde el bushing de salida en unidad 10 hasta el pórtico de salida en Margen Derecha.

### 3.5. Comunicaciones CHY – AYO

Restablecer las comunicaciones entre CHY y AYO.

## 4. ADECUAR

### 4.1. Transformadores de Corriente en SF6

Los transformadores de corriente que existen actualmente en el campo, disponen de una relación de transformación limitada a la potencia del autotransformador (250 MVA). Los transformadores que están próximos a los interruptores del lado 500 kv, son de 200-40/1 A (potencia 173 – 346 MVA) y los que están en la zona de 220 KV, próximos al bushing son de 400 – 800/1 A (potencia 346-693 MVA) (verificar nivel de aislamiento 220 o 500 kv).

Es de destacar que la potencia de salida de los campos en 500 kv deberá aumentarse cuando menos para 500 MVA, que sería la capacidad de transformación disponible en la ET Ayolas con los 2 autotransformadores.

Para que el campo pueda despachar una potencia similar a las líneas argentinas y mas adecuada al nivel de tensión de 500 kv, se deberá modificar la relación de transformación de los TI a un valor de 1000-2000/1 A (potencia 866 – 1732 MVA). Para ello se deberán comprar los transformadores con la nueva relación, retirar los interruptores (donde están montados los TI), proceder al cambio, rearmar los mismos e instalarlos, reconectar nuevamente; una tarea similar debe ejecutarse en la salida de los bushing.

Los transformadores de corriente son 18 por campo, correspondiendo 7 para cada interruptor y 4 para la salida. Es necesario verificar con el Contratista si este cambio de transformadores de corriente se puede realizar en la obra.

Los transformadores próximos a los interruptores son los denominados TI 1 al 14 y los próximos al bushing son los denominados TI 23 al 26.

Se deberá mantener las mismas características constructivas que los transformadores de corriente de las salidas existentes. Asimismo se deberá definir para realizar el cambio.

### 4.2. Serv. Aux. Autotransformadores y SF6 (CC/CA/Incendio)

Deben suministrarse los alimentadores de servicios auxiliares que quedan fuera de uso. Se citan los siguientes ejemplos:

**IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ**

**13, 14 y 15 de Octubre de 2010**

a. Alimentadores en CC para TML de SF6 y para el panel de control local del autotrafo (protecciones, comando, señalización, alarmas, etc.) en los sistema 1 y 2.

b. Alimentadores en CA para TML de SF6 y para el panel de control local del autotrafo (calefacción, refrigeración, etc.)

Verificar si existen guirnaldas con un alimentador auxiliar.

Eliminar vinculaciones con el sistema de detección y extinción de incendio.

**4.3. Serv. Aux. en Sala de Relés N°2**

Desconectar, neutralizar/aislar las alimentaciones de servicios auxiliares de los paneles que eventualmente se decida retirar y adecuar el piso técnico en los casos que se requiera debido a la remoción de equipos.

**4.4. Paneles de control, supervisión y medición de las salidas de línea**

Modificar el alcance de los instrumentos de medición en paneles y adecuar el panel de control de los campos a modificar (mímico).

**4.5. Paneles de Protección de las salidas de línea**

Reajustar las protecciones para el nuevo nivel de tensión y potencia, retirar de la matriz de disparo las señales de protección propias del autotrafo, adecuar el recierre de las salidas de línea a la nueva configuración, modificar los esquemas de bloqueo y modificar los esquemas de Teleprotección.

**4.6. Protección Diferencial de Barras.**

Ajustar la protección para la nueva configuración. En esta operación es necesaria la intervención del personal de Yacyretá pues requiere que la misma se realice con la Central en operación y por lo tanto exige una adecuada coordinación con el Sector de operaciones.

**4.7. Enclavamientos SF6**

Se deben remover de los esquemas de enclavamientos de toda la lógica de operación de la estación, las señales provenientes de los campos de 220 kv y se deben modificar entre la Central y ET Ayolas, los enclavamientos cruzados de los seccionadores de tierra y salida de línea.

## IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ

13, 14 y 15 de Octubre de 2010

### 4.8. Sistema de Control Central

Modificar las pantallas vinculadas a los campos y los autotransformadores que se retiran, desactivar y eliminar del sistema las señales y alarmas relacionadas con los campos y autotransformadores que se retiran, modificar las rutinas que involucren estas señales y reparametrizar en las RTU, señales relacionadas con los cambios.

### 4.9. Sincronización

Modificar los esquemas de sincronización.

### 4.10. Medición Energía, SMEC y Osciloperturbógrafos.

Recalibrar la medición de energía para adecuarlos a los cambios en los valores de tensión y relaciones de los transformadores de corriente y recalibrar las señales de los oscilo actualmente en 220 kv, para adecuarlos a los cambios en los valores de tensión y relaciones de los transformadores de cte.

### 4.11 Documentación

Modificar la documentación existente.

## 5. PRUEBAS

Se deberán hacer pruebas de operación (ensayos de rutina y puesta en servicio) para asegurar el correcto funcionamiento de las modificaciones realizadas.

## 6. PROCEDIMIENTO

Se deberá definir y detallar un procedimiento para retirar los campos de SF6 y los equipos relacionados. Atentos a que los trabajos se deben realizar con la Central en operación, deberán extremarse las precauciones para no producir inconvenientes en el despacho de energía, por lo cual es imprescindible coordinar los mismos con el Comitente. Un ejemplo es la modificación de la relación de los transformadores de corriente, para ello se debe aislar la zona de trabajo de las barras energizadas en 500 kv y retirar el interruptor. En este caso si el Comitente requiera una mayor seguridad podría ser necesario desenergizar la semibarra.

## 7. CONCLUSIÓN.

Los trabajos aquí identificados en forma global, requieren de un análisis más profundo y detallado, ya que afectan áreas de la Central y equipos en operación de la misma.

La contratación de los mismos, por su naturaleza, deberá efectuarse a través de una especificación técnica muy detallada para asegurar su correcta ejecución y un precio razonablemente ajustado.





Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

## IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ

13, 14 y 15 de Octubre de 2010

Principalmente deberá definirse el alcance y metodología de los trabajos y la incumbencia de cada uno de los actores relacionados, ya que hay tareas que necesariamente involucran, cuando menos, una supervisión por parte del personal de la EBY (ejemplo ajuste de las protecciones).