



## **Reparación del tren de Potencia afectado por el Siniestro en la Unidad N°08 - CHY**

### **Autor/es:**

Nombre y Apellido: Ing Nicolás Martín, Ing. Luis Aguirre García, Ing. Carlos Acosta Olmedo, Ing. Richart Pintar.

Sector Mantenimiento - Área Eléctrica - Entidad Binacional Yacyretá – CHY

### **Dirección de empresa o para contacto**

Teléfono: (021) 325-3672

Fax: (021) 325-3668

E-mail: rpintar@eby.org.ar; luis.aguirre@eby.gov.py; carlos.acosta@eby.gov.py; nmartin@eby.org.ar

### **Resumen:**

El presente documento tiene por objeto dar a conocer los trabajos de reparación y reacondicionamiento de las instalaciones y equipamiento de la Unidad 08 del Complejo Hidroeléctrico Yacyretá llevados a cabo a partir de la falla ocurrida en el Transformador Principal, el día sábado 2 de Noviembre de 2013.

### **PALABRAS CLAVE**

CHY (Central Hidroeléctrica Yacyretá), SF6 (Hexafluoruro de azufre), TP (Transformador Principal). GIS (Subestación Aislada en SF6)

## INTRODUCCIÓN

El día 2 de Noviembre de 2013, siendo las 19.15hs, se produjo en el Transformador Principal de la Unidad 08, Campo 10 de subestación aislada en SF<sub>6</sub>, una falla eléctrica interna de alta energía que derivó en la apertura de las válvulas de sobrepresión de la máquina y posterior incendio. Las protecciones eléctricas del transformador actuaron correctamente en el momento de la falla generando el disparo de emergencia de la unidad, a partir del cual se produjo la desenergización del transformador.

Como consecuencia del incendio se vieron afectados el Transformador Principal de la unidad, las barras aisladas en SF<sub>6</sub> (GIS) de la acometida del lado 500kV, las barras 13.2kV aisladas en aire correspondientes a la acometida del lado BT, el sistema contra incendio del transformador, el cableado de interconexión al tablero de mando local del mismo, los muros parallama y el sistema de iluminación del recinto de transformador. A su vez se produjo un punto de fuga de gas SF<sub>6</sub> en los ductos correspondientes a la barra principal W22, fase T, probablemente, como consecuencia de los esfuerzos electrodinámicos o térmicos producto de la falla.

La Jefatura del Área Eléctrica fue designada como coordinadora de los programas de reparación y restablecimiento al servicio comercial, que incluyeron recursos propios con la participación de las distintas áreas del Sector Mantenimiento y contratos con terceros por provisión de servicios, partes y materiales. El reacondicionamiento integral de las instalaciones se realizó en el período comprendido desde la fecha del siniestro hasta el 30 de Septiembre de 2014, día en que se concretó la restitución al servicio de la unidad.

## TRATAMIENTO POST FALLA - MEDIDAS DE SEGURIDAD

El accionar inmediato, una vez extinguido el incendio, tuvo por objeto garantizar las condiciones de seguridad para el resguardo de las personas y las instalaciones adyacentes. En este sentido se solicitó la apertura y bloqueo de seccionadores del campo 10 (GIS) y el cierre de los seccionadores de puesta a tierra y la apertura y extracción de carro del interruptor lado 13,2kV, Q3 del tablero P10A, con lo cual se aisló eléctricamente el transformador y se lo vinculó a tierra. A su vez se realizó la desenergización y desconexión de todos los cables de interconexión del Tablero de Mando Local del Transformador.

## RELEVAMIENTO DE DAÑOS

Una vez aseguradas las condiciones de seguridad se realizó la recopilación de datos relevantes para el análisis del siniestro y se iniciaron las tareas de relevamiento de daños que se detallan a continuación.



**Imagen 1 – Vista superior área afectada**

### **Daños en Transformador Principal**

La inspección visual inicial llevada a cabo por el Área Eléctrica arrojó los siguientes resultados:

- Destrucción total Tablero de Mando Local
- Destrucción total Grupos de Refrigeración
- Destrucción total de protecciones propias (válvulas de sobrepresión, buchholz, indicadores de nivel, termómetros, relé imagen térmica, sondas RTD) accesorios y electroductos.
- Destrucción total de diafragma flexible y accesorios del tanque de expansión.
- Daños en ventanas de inspección y sellos.
- Pérdida total de aceite dieléctrico
- Daños internos: falla visible y daños en pantalla equipotencial de bushing fase S, con afectación de conductores, aislación y soportes (esta tarea se realizó junto a representantes de ZTR, empresa fabricante del trafo)



**Imágenes 2 y 3 – Vista exterior transformador principal y daños en pantalla equipotencial, fase S**

### **Daños en Barras Aisladas en SF6 (GIS - 550kV)**

Los tramos de la GIS situados en el recinto del transformador, correspondientes a la acometida del lado 500kV, estuvieron expuestos a elevadas temperaturas producto del incendio. Mediante inspección visual se pudo determinar lo siguiente:

- Pérdida de estanqueidad en las tres fases (R, S y T)
- Daños en espaciadores aislantes.
- Daños parciales en cañerías y componentes de los sistemas de monitoreo de gas.
- Daños en envolturas de acero.
- Pérdida de gas SF6 en tramos de acometida a transformador.
- Fuga de gas en barra principal W22, fase T



**Imagen 4 - Daños Barras Aisladas.**

#### **Daños en Barras 13,2kV aisladas en aire**

La acometida del lado BT al Transformador Principal sufrió daños de importancia en los tramos ubicados en el interior del recinto del mismo. Cabe destacar que los componentes de las barras aisladas de 13.2kV, conductores y envolturas, están construidos principalmente en aluminio, cuyo punto de fusión es considerablemente menor al del acero.

Los daños detectados mediante inspección visual fueron:

- Destrucción total de cajas de conexión a transformadores
- Destrucción total de tramos ubicados en recinto del transformador
- Destrucción total de transformadores de corriente
- Destrucción de caja de interconexión de transformadores de corriente
- Daños visibles en aisladores soporte.
- Daños considerables de aisladores pasatapa de cajas de conexión.
- Daños de tratamiento superficial y pintura de soportes.
- Polución (ceniza y restos de pintura) en interior de ductos cota 70 y derivación a transformador SSAA



**Imagen 5 – Daños en barras 13.2 kV.**

**Otras instalaciones y equipos afectados**

Resultaron dañados todos los cables de potencia y comando vinculados al Tablero de Mando Local del transformador y al tablero de interconexión de los transformadores de corriente lado 13,2kV. Las bandejas portacables ubicadas en el recinto del transformador, sufrieron daños en su pintura y la destrucción de las juntas de goma.

El sistema de iluminación y tomas del box del transformador principal resultó dañado en su totalidad (artefactos, electroductos, cajas de paso, cables y tomas)

Se registraron importantes daños en las cañerías de aire y agua del sistema contra incendio.

Resultaron dañados superficialmente los muros parallama, con desprendimientos localizados de hormigón, pero sin afectación desde el punto de vista estructural. También se produjo, producto del incendio, la rotura de vidrios en la casa de máquinas.

**COORDINACION DE TRABAJOS DE REPARACION**

En los días posteriores al siniestro se contactó a los distintos fabricantes de las instalaciones afectadas para coordinar la inspección y evaluación detallada daños y los requerimientos de reparación para la restitución al servicio.

En base a los informes de los fabricantes y a la disponibilidad de recursos de EBY (repuestos y recursos humanos) se gestionaron los contratos de provisión de partes con los fabricantes de las distintas instalaciones afectadas.

**TRABAJOS SOBRE TRANSFORMADOR PRINCIPAL**

Luego del relevamiento de daños y en base a los tiempos de reparación estimados por el fabricante ZTR y su representante de servicios en Argentina, Tadeo Czerweny, se tomó la decisión de enviar a reparación el transformador siniestrado (reparación en planta de Tadeo Czerweny ubicada en Galvez, Santa Fé, Argentina) y montar en su lugar el Transformador Principal de reserva.

Se realizaron tareas de limpieza del área del siniestro y se desmontaron los elementos auxiliares del transformador principal dañado: tanque de expansión, enfriadores y electrobombas, Tablero mando local, Tanques filtros absorbentes, barras de neutro, aisladores dañados, relés buchholz y otros elementos menores.

Se realizó el desmontaje de los bushings del lado Alta Tensión y se colocaron tapas ciegas para sellado del trafo.

En abril de 2014, se llevó a cabo retiró el transformador siniestrado del box de la U08 para su envío a planta de Tadeo Czerweny (tarea realizada por empresa especializada en cargas pesadas) y se ubicó en el mismo el transformador de reserva, el cual fue trasladado hasta el sitio sobre bogguies, a través de las vías existentes en la central para tal fin. El peso aproximado del transformador completo con aceite aislante es de 260.000kg.



**Imágenes 6 y 7 – Retiro transformador siniestrado y traslado de trafo de reserva**

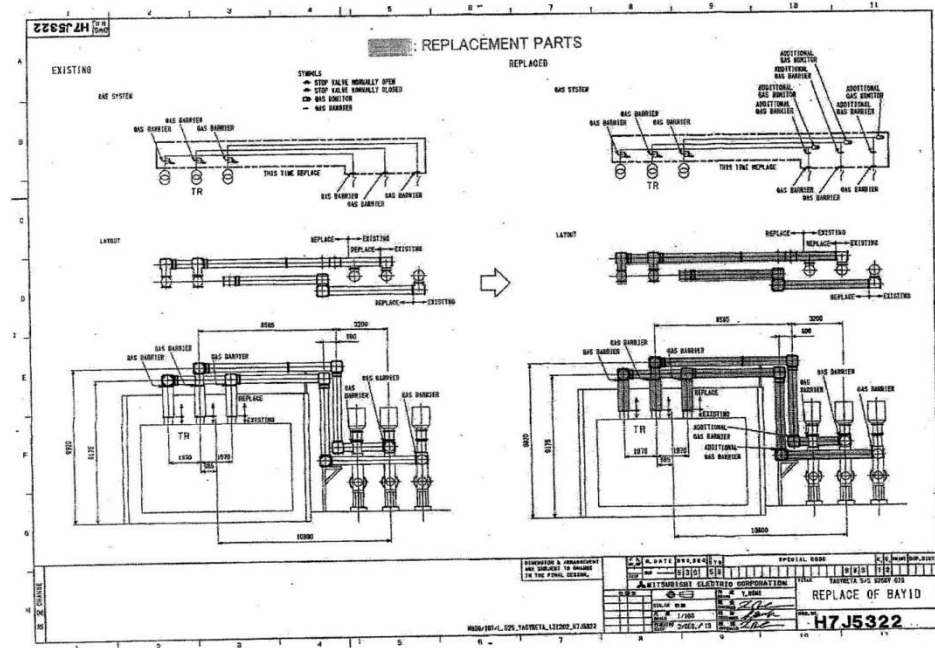
Al transformador de reserva, ya ubicado en el recinto de la U08, se le realizó la purificación del aceite aislante y se le realizaron las mediciones eléctricas de rutina: relación de transformación, resistencia de devanados, reactancia de dispersión, tangente delta y capacidad, corriente de excitación, respuesta en frecuencia, verificación de C1 y C2 de bushings, etc. También se llevó a cabo la verificación del estado del aceite aislante mediante ensayos cromatográficos y físico-químico, todos con resultado satisfactorio.

Finalmente, el fabricante ZTR realizó la inspección de la unidad y evaluación de los resultados de los ensayos y expresó su conformidad respecto del estado del trafo, manifestando la aptitud para su puesta en servicio.

### **TRABAJOS DE REPARACION GIS 500kV**

En base a los reportes del fabricante se optó por reemplazar todos los tramos aislados en SF6 que habían sufrido pérdida de estanqueidad, con lo cual habían quedado expuestos a contaminantes externos (humedad, ceniza, etc).

**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
**25 y 26 de Agosto de 2016**



**Imagen 8 – Extracto Contrato MITSUBISHI - Tramos a reemplazar en campo 10 (U08)**

A su vez, se decidió realizar la inspección interna de los interruptores de potencia, para verificar el estado sus partes activas.

**Trabajos previos al inicio de las reparaciones**

En Julio de 2014 se recibieron las partes y materiales para la reparación del campo 10, provenientes de fábrica Mitsubishi, Japón.

Personal de EBY comenzó con preparación de la zona de trabajo y el montaje de andamios.

En Agosto de 2014, con el arribo del personal de Mitsubishi Co. se dio inicio a las tareas de reparación del campo 10 500kV GIS, según el programa de trabajo acordado con Mitsubishi, con personal de EBY bajo supervisión del fabricante.

**Reparación GIS Campo 10 (Unidad 08)**

Para la intervención en GIS se realizó la descarga de gas SF6 de tramos a ser intervenidos y la despresurización parcial de tramos adyacentes a los anteriores. Para esta tarea se contó con un equipo de manipuleo y tratamiento de gas SF6, que permite la extracción, filtrado, deshumidificación, almacenamiento y recarga del gas.

Se desconectaron y desmontaron todos los tramos GIS 550kV a ser reemplazados y sus accesorios (cañerías del sistema de monitoreo, conexiones de puesta a tierra, etc).

Se pre-ensamblaron los tramos GIS a ser montados en el campo 10. Esta tarea se realizó en un recinto especialmente acondicionado para minimizar los riesgos de contaminación de los repuestos. En este sentido es importante destacar que en todo montaje de sistemas aislados en SF6 debe tenerse especial cuidado para evitar la contaminación de los componentes del sistema y sus juntas, con el objetivo de evitar la degradación de la aislación y minimizar los riesgos de fugas de gas.

Posteriormente se realizó en montaje de las envolturas y conductores de los nuevos tramos GIS, previamente pre-ensamblados. Para la interconexión al transformador los tanques cuentan con juntas de dilatación que permiten ajustar las medidas verticales y horizontales de los tramos de forma tal de minimizar los esfuerzos de montaje.

Finalmente se realizó vacío y recarga de gas SF<sub>6</sub> a presión de servicio en los tramos afectados. Posteriormente se llevaron a cabo las correspondientes mediciones de calidad de gas SF<sub>6</sub> (humedad y pureza), resistencia de contacto y resistencia de aislación.

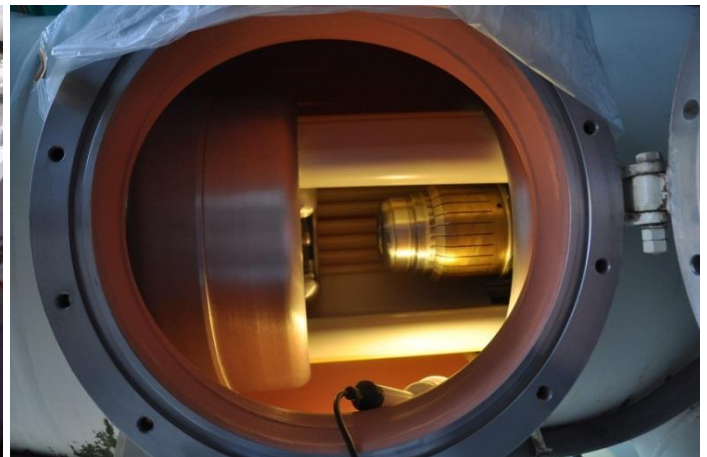


**Imágenes 9 y 10 – Montaje tramo vertical y barrera de gas, ambos fase T**

### **INSPECCIÓN INTERRUPTOR DE POTENCIA Q5**

Se realizó la inspección interna del interruptor Q5. En primera instancia se montó una carpa de protección sobre andamios en la zona de trabajo. A continuación se desgasificaron las tres fases del interruptor. Posteriormente se abrieron las tapas de inspección y se realizó la revisión interna. En los contactos de potencia de la fase S se encontraron signos de deterioro producto de maniobras de apertura en cortocircuito, por lo que se reemplazaron ambos contactos de dicha fase y sus respectivas toberas.

Una vez concluidos los trabajos de inspección y reemplazo de piezas se cerró herméticamente el interruptor y se realizó vacío y recarga de gas SF<sub>6</sub>. A continuación se inspeccionó el mecanismo de accionamiento del interruptor con resultado satisfactorio y se realizaron los ensayos y mediciones de rutina: resistencia de contactos, tiempos de cierre-apertura y verificación de cantidad de maniobras sin recarga de aire, todos con resultado satisfactorio.



**Imágenes 11 y 12 – Montaje tramo vertical y barrera de gas, ambos fase T**

### **Reparación de fuga de gas en Barra Principal W22**

A principios del Septiembre de 2014 se realizaron los trabajos de reparación de la barra W22, para eliminar el punto de fuga de gas detectado en la fase T del mismo. Para ello, con la barra fuera de servicio, se realizó la desgasificación del tramo afectado y la disminución de presión de los tramos adyacentes al mismo.



**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
**25 y 26 de Agosto de 2016**

Posteriormente se realizó el desmontaje de ductos requerido para acceder al espaciador aislante dañado. A continuación se realizó la revisión del espaciador mencionado, detectándose en el mismo una fisura de aproximadamente 5 centímetros de longitud. Seguidamente, se realizó el montaje del ducto con un espaciador aislante nuevo. Se midió resistencia de contactos y se realizó vacío y recarga de gas SF6 en los tramos reparados, previo remplazo de las bolsas absorbentes.

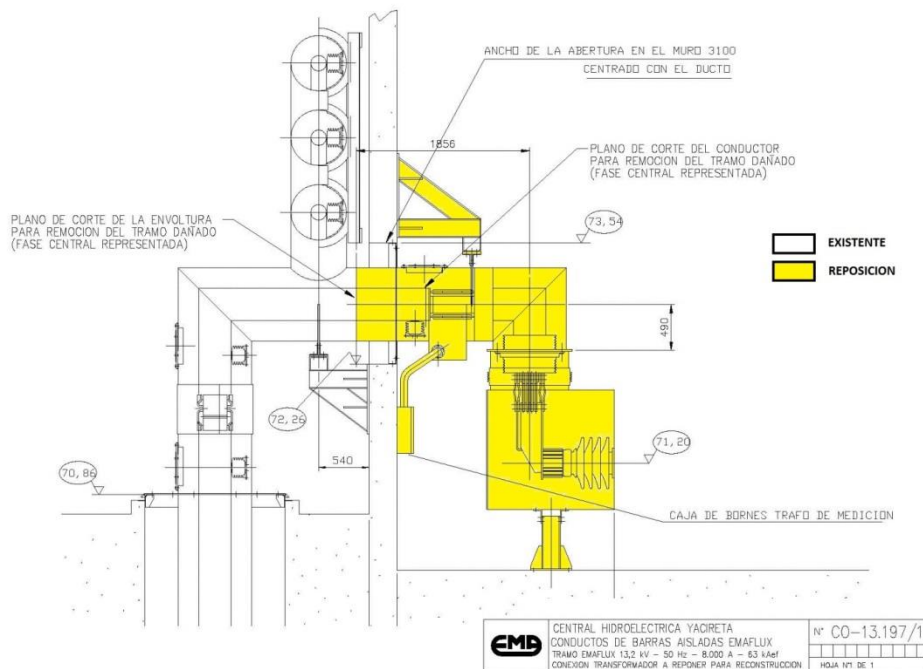
Finalmente se llevaron a cabo los ensayos de humedad y pureza del gas SF6.



**Imágenes 13 y 14 – Inicio desmontaje tramo barras W22 y fisura en espaciador de tramo con fuga.**

**TRABAJOS DE REPARACIÓN DE BARRAS AISLADAS DE 13,2Kv**

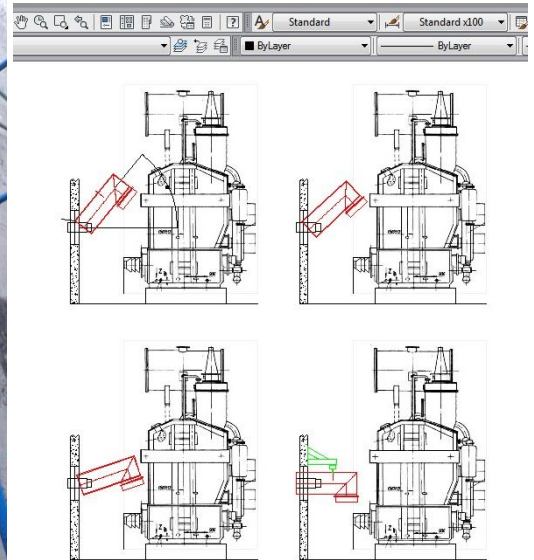
En base a las recomendaciones del fabricante EMA se decidió realizar la reconstrucción del tramo de barras aisladas hasta el muro parallama, incluidas las cajas de conexión al transformador principal, los transformadores de corriente ubicados en estos tramos y los aisladores y soportes correspondientes.



**Imagen 15 - Extracto Contrato EMA - Tramos a reponer.**

**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016**

A finales de Julio de 2014 se iniciaron las tareas de montaje del nuevo tramo provisto por EMA, para lo cual se realizó el corte del tramo afectado y la posterior soldadura de las envolturas nuevas en las tres fases. A su vez, se montaron las cajas de conexión al transformador y se realizaron las conexiones de los circuitos secundarios de los transformadores de corriente, hasta la caja de interconexión, también provista por EMA. Finalmente se montaron las placas de aluminio de cierre del muro parallama.



**Imágenes 16 y 17 – Reemplazo de cabezales en sección reacondicionada e ingeniería de montaje.**

**TRABAJOS COMPLEMENTARIOS****Cableado**

Se definió el reemplazo de todos los cables unipolares y multipolares afectados por el incendio. En base a esto se confeccionaron las planillas de cableado y se gestionó la compra por un total de 1420 metros de cables de potencia y 3100 metros de cables de comando y señal.

**Reparación Sistema Contra Incendio**

Las cañerías de aire y agua fueron reemplazadas en su totalidad.

**Reparación Muros Parallama**

El reacondicionamiento de los muros parallama fue llevado a cabo por el Área Civil. Se realizaron revoques en las zonas con mayor desprendimiento de material y se reemplazaron las brocas de fijación de soportes de tramos GIS y sistema contra incendio.

**PUESTA EN SERVICIO**

La puesta en servicio de la barra principal W22 se realizó el día 09 de Septiembre, una vez concluidos los ensayos de tensionamiento, llevados a cabo el mismo día.

La puesta en servicio de la Unidad Generadora 08 se concretó el día 30 de Septiembre de 2014.



## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como resultado de los trabajos llevados a cabo por EBY y sus proveedores externos, se logró el objetivo principal de recomposición de la Unidad 08, a su capacidad de generación nominal, cumpliendo con los plazos previstos en los programas de reparación.

Para ello, fue importante la coordinación de los recursos de EBY y de los obtenidos a través de los contratos con fabricantes y proveedores externos, que poseen el conocimiento, los recursos y la capacidad para proveer equipamiento no estándar y servicios especializados en plazos relativamente cortos. También cabe destacar el equipamiento de las Áreas del Sector Mantenimiento y la capacidad técnica de sus funcionarios, que permitió llevar a cabo trabajos específicos, especializados y de alta complejidad, como ser el caso de la reparación de la GIS del campo 10, con personal y equipos propios.

## BIBLIOGRAFÍA:

Descripción Técnica e Instrucción de Operación Transformador 172,5MVA 13,2/512,5kV – Consorcio Energomachexport – Establecimientos Mirón

Instrucciones de Mantenimiento y Operación - Mitsubishi Electric Corporation

Protocolo de ensayo en el emplazamiento para GIS 500kV – Campo 08 – Mitsubishi Electric Corporation

Conductos de Barras 13,2kV, Manual de Montaje, Uso y Mantenimiento – Electromecánica Argentina (EMA)

Ingeniería de Montaje de los Conductos de Barras 13,2kV – Electromecánica Argentina (EMA)