



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
06 y 07 de Setiembre de 2018

---

## **Implementación de Monitoreo de Descargas Parciales Online en U07 CHY.**

Nombre y Apellido: Carlos Acosta Olmedo, Luis Aguirre García, Martín Furst y Nicolás Martín.

Sector Mantenimiento

Área: Eléctrica

Entidad Binacional Yacyretá CHY

Dirección de empresa o para contacto

Teléfono: (021) 3253668 y (021) 3253672

Fax: (021) 3253668

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

### **RESUMEN**

El objeto de este informe es presentar el proceso de trabajo para la implementación de un Sistema de Monitoreo de Descargas Parciales Online en U07 CHY. Esta necesidad surge a partir de la detección de la degradación de los aislantes de las bobinas medidas en forma indirecta, la contratación a Mitsubishi para mitigar el proceso y estabilizar transitoriamente este fenómeno con el cambio de polaridad de las bobinas y las recomendaciones surgidas a partir de distintas reuniones llevadas a cabo por la Jefatura del Sector Mantenimiento, el Área Eléctrica y los asesores de la Dirección, en referencia a estos temas. Teniendo en cuenta que se está gestionando la adquisición de un sistema para monitoreo de generadores de U01 a U10, que estaría disponible en el segundo semestre de 2018, se presenta la oportunidad de medir las descargas parciales en línea pre y post a la tarea de cambio de polaridad de las bobinas, lo cual se podría verificar la efectividad de las medidas mencionadas.

En base a la necesidad planteada se contactó a tres fabricantes reconocidos de sistemas de medición, ante la urgencia del aprovechamiento del tiempo de la máquina parada para Mantenimiento a fin de instalar el Sistema y que sólo una de ellos haría la provisión en el tiempo estimado se optó por la misma.

Se detallarán los trabajos realizados para el montaje y los resultados obtenidos de las mediciones. Se presentarán en formas de gráficos y la interpretación de los mismos según norma IEC.

### **PALABRAS CLAVES**

CHY, Generador, DP, Captadores, Diferencial (PDA), Ángulo de fase, IEC.

### 1. INTRODUCCIÓN.

El presente informe está confeccionado para dar un detalle de los trabajos realizados en la instalación del Sistema de Monitoreo de Descargas Parciales Online en la U07 CHY.

Ante la constatación de posible presencia de ozono en algunos generadores de la CHY, mayoritariamente de U01 a U10, corroborada con mediciones de concentración del mismo en el ambiente y de revisión de los fabricantes a los mismos, donde confirman la presencia de ese olor característico en las U01, U04, U07 y U10 (con mayor intensidad), todas de una misma fabricante. Teniendo en cuenta que ese fenómeno puede deberse a una degradación del material aislante de las bobinas y que la empresa fabricante de las mismas sugiere un cambio de polaridad para mitigar el proceso y estabilizar transitoriamente ese inconveniente, la Jefatura del Sector Mantenimiento, el Área Eléctrica y los asesores de la Dirección Ejecutiva solicitan la autorización de la compra de un Sistema de Monitoreo de Descargas Parciales Online para hacer un seguimiento del fenómeno, la cual es aceptada.

Aprovechando la Parada de Mantenimiento Programado en la U07 se sugiere instalar el equipo en esa unidad para hacer el seguimiento antes y después del cambio de polaridad de las bobinas.

En base a la necesidad planteada se contactó a tres fabricantes reconocidos de sistemas de medición, ante la urgencia del aprovechamiento del tiempo de la máquina parada para Mantenimiento a fin de instalar el Sistema y que sólo una de ellos haría la provisión en el tiempo estimado se optó por la misma.

### 2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO INSTALADO

|                       |   |
|-----------------------|---|
| - Modelo:             | <b>HydroGuard</b>   |
| - Tipo de monitoreo:  | <b>Continuo</b>   |
| - Principio medición: | <b>PDA Direccional</b>  |
| - Acopladores:        | <b>2 acopladores 80pF por cada fase (Un=16kV)</b>               |
| - Memoria adquisidor: | <b>extraíble, &gt;2000 registros (2 años aproximadamente)</b>   |
| - Software:           | <b>IAM (configuración), PD View (análisis e interpretación)</b> |
| - Comunicación:       | <b>USB, Ethernet</b>  |
| - Alarmas:            | <b>falla interna, descargas parciales (configurable)</b>        |

Tabla N° 1. Características del equipo.

### 3. ELECCIÓN DEL TIPO DE MONITOREO

Para la instalación direccional, un acoplador (acoplador de máquina) se coloca lo más cerca posible a la unión entre la bobina del extremo de línea y el anillo del circuito. El segundo acoplador (acoplador del sistema) se conecta a la barra de bus de fase, en una ubicación conveniente hacia el sistema y al menos a 2 metros (6 pies) del primer acoplador. Para usar el instrumento TGA-B, los cables coaxiales tienen la misma longitud (Figura 1).

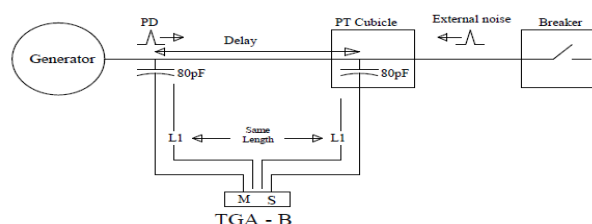
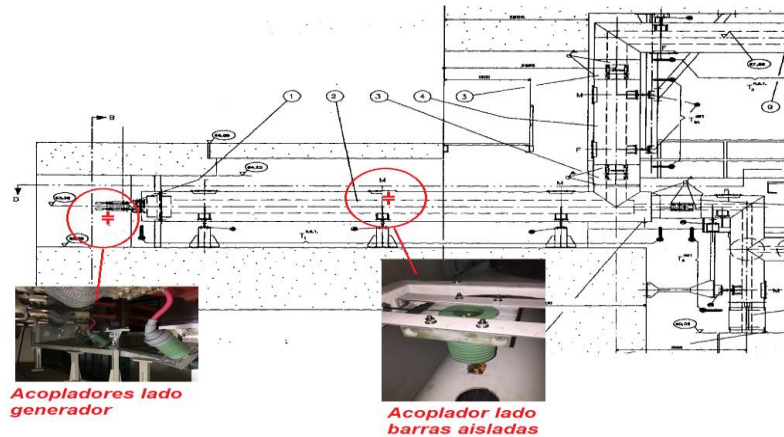


Figure 22: Directional Time-of-Arrival Disturbance Separation

Figura 1. Esquema de medición direccional.

La calibración implica medir el tiempo de demora o el tiempo que toma un pulso de tiempo de subida rápido para viajar entre acopladores. En una instalación direccional, en lugar de la perturbación del sistema que llega a los acopladores desde el lado opuesto direcciones, llega desde la misma dirección al final de ambos cables coaxiales. Pulsos que llegan a la máquina el acoplador primero se clasifica como máquina PD, los impulsos que llegan al acoplador del sistema primero se clasifican como Actividad (llamada también ruido del sistema), mientras que los que llegan a ambos sensores dentro del tiempo de retardo se llaman Entre actividad (previamente entre ruido). "L1" representa el tiempo en nanosegundos que tarda un pulso en viajar a través de los cables coaxiales. Para instalación direccional, los cables coaxiales son de la misma longitud; entonces L1 es igual para ambos acopladores. El tiempo de "Demora" es el tiempo en nanosegundos para que un pulso viaje a lo largo de la barra colectora entre los dos acopladores. La función primordial de los acopladores de 80 pF es la de bloquear las señales de 50 HZ y dejar pasar las señales de alta frecuencia (filtro pasabajo).



**Figura 2. Ubicación de acopladores.**

#### 4. PROCESO DE TRABAJO DE INSTALACIÓN.

El proceso de instalación del equipamiento llevó el siguiente proceso:

28/11/2017:

- Recepción de equipos y componentes provistos por fabricante.

29/11/2017:

- Preparación de materiales y herramientas para montaje de electroductos.

30/11/2017:

- Se recibió al especialista del fabricante, con quién se definió la ubicación de los distintos componentes del sistema (acopladores, caja de interconexión y gabinete adquisidor).
- Se inició la fabricación de electroductos y soportes de los acopladores.

01/12/2017:

- Montaje de electroductos y gabinetes en zonas accesibles con unidad en servicio

02/12/2017 (U07 F/S de 08 a 18hs):

- Montaje de electroductos y gabinetes del sistema en el recinto del generador

03/12/2017 (U07 F/S de 08 a 17hs):

- Montaje de sensor de humedad y temperatura
- Instalación de acopladores en links de salida de generador y en barras aisladas 13,2kV
- Verificación, calibración y conexión de cables de señal
- Configuración del equipo de adquisición

**Mano de obra**

**Área Eléctrica:** ingeniería, montaje de electroductos, gabinetes y acopladores, tendido de cables y conexionado, pruebas y puesta en marcha.

- 1 Ingeniero (48 H/H) - 1 Supervisor (40 H/H) - 4 Técnicos (186 H/H)

**Área Mecánica:** fabricación de soportes varios, soldadura de soportes de acopladores, fabricación de conectores, retiro de tapas de generador (c/puente grúa).

**Área Civil:** asistencia para montaje de electroductos y gabinetes.

**Almacén:** asistencia para provisión de materiales y consumibles.

**Seguridad Industrial:** asistencia en zona de trabajo

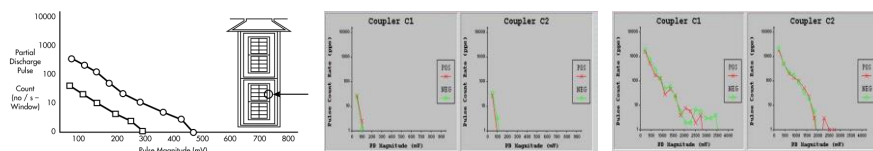


**Figura 3. Montaje de electroductos, acoplador de barras y en recinto del generador.**

**5. PRINCIPALES VARIABLES DE MEDICIÓN DEL EQUIPO DE DP.**

Los sensores de DP tienen las capacidades de medir las siguientes variables:

- Detectar y medir pulsos de alta frecuencia provenientes de los devanados del estator (DP)
- Detectar (para después descartar) pulsos de alta frecuencia provenientes del sistema (ruidos). Esos ruidos pueden provenir de situaciones tales como corona de líneas de transmisión, chispazo de conexiones eléctricas, chispas de los anillos colectores, excitatriz, seccionadoras, transformadores, etc.
- Además, el sistema de “sensores” debe ser capaz de detectar y medir las siguientes características DP:
  - Magnitud DP → tamaño o volumen de los vacíos
  - Cantidad DP → número de vacíos o defectos en la aislación
  - Polaridad DP → ubicación de los vacíos dentro de la sección de la ranura
  - Posición DP relativa a tensión Ø-N → ubicación de defectos dentro de la sección de la ranura o de las cabezas de las bobinas



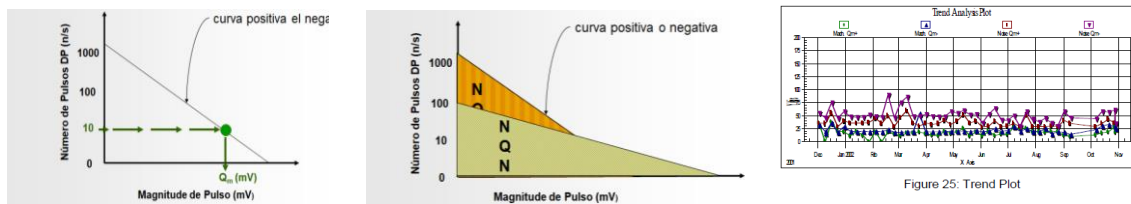
**Figura 4. Gráfico de altura de pulso 2D.**

- En la Figura 4, tenemos el semilogarítmico bipolar (pulsos positivos y negativos) que demuestra el número de pulsos por segundo (Eje y) por la magnitud del pulso en mV (Eje x).

Dependiendo de la predominancia de la polaridad de los pulsos y de la alta o baja actividad de las DP es posible, en base a la experiencia determinar el tipo de fallas en los bobinados. Es recomendable hacer una comparativa con máquinas idénticas, para hacer el seguimiento. A tener muy en cuenta que duplicación de los niveles en 6 meses es señal de alta degradación.

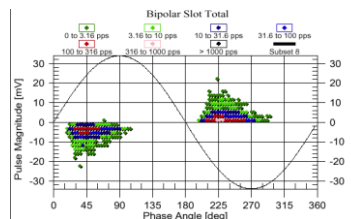
XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
06 y 07 de Setiembre de 2018

- **Qm** (Magnitud máxima) es la magnitud de los pulsos para un fundamental (directamente medido) categoría de pulso que tiene una tasa de repetición de 10 pulsos por segundo, y corresponde a la actividad pico de PD. Qm positivo o negativo es el valor obtenido en el eje X (en mV) para 10 pulsos por segundo. Qm es un indicador de qué tan grave es la PD en la parte más deteriorada del devanado, la Qm positiva y negativa se refiere a la actividad pico de PD de los pulsos de PD positivos y negativos, respectivamente.
- **NQN** (Número de cantidad normalizada) es un número parcial cantidad de descargas que es proporcional a la descarga parcial total medida por un sensor DP. El NQN negativo se refiere al total de pulsos negativos de DP, mientras NQN positivo se refiere a la actividad total de DP de pulsos positivos, es el resultado de la integración del área debajo de la curva positiva o negativa. NQN es un indicador de la condición promedio del bobinado del estator aislamiento.
- Para el software, Qm y NQN son derivados de los resultados de la pruebas y son valiosos para las comparaciones entre máquinas o tendencias en el tiempo. Es posible realizar el Trend Plot (Análisis de Tendencias), el cual representa la tendencia en números de resumen de descarga, específicamente NQN y Qm, y así proporciona una representación gráfica de la progresión en el envejecimiento del aislamiento.



**Figura 5. Gráficos de Qm, NQN y Trend Plot.**

- **Gráficos Fase Resuelta** (pulsos positivos y negativos) que demuestra la magnitud de los pulsos en mV (Eje y), que realiza el conteo de los pulsos en colores con la distribución de los mismos en la forma de onda sinusoidal de la tensión (Eje x), permiten identificar si las DP están ocurriendo dentro de la ranura (daño relativo a la Ø-N), fuera de la ranura, o en la cabeza de la bobina (relativo a Ø-Ø)



**Figura 6. Gráfico de Fase Resuelta 2D.**

La distribución estándar de los pulsos es definida de la siguiente manera según la experiencia:

**Zona dentro de la Ranura (Ø-N, clásicos):**

- Pulsos negativos entre 0° y 90°, centralizados en 45°
- Pulsos positivos entre 180° y 270°, centralizados en 225°

**Zona fuera de la Ranura (Ø-Ø, no clásicos):**

- Pulsos negativos entre 30° y 120°, centralizados en 75°
- Pulsos positivos entre 210° y 300°, centralizados en 255°
- hay un desplazamiento de fase de ± 30°

**Otros Pulsos no Clásicos o Ruidos:**

- Pulsos aleatorios entre 0° y 360°

Existe una gran variedad de tendencias de distribución de pulsos relacionados con el tipo de fallas, la referencia es tomada de la Norma IEC 60034-27, la cual se utilizó para el análisis de los resultados en las mediciones de la U07.

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
06 y 07 de Setiembre de 2018

**6. MEDICIONES DP U07.**

La configuración del equipo de adquisición fue configurada en principio para una sensibilidad de 50 a 850 mV, pero al empezar las mediciones los valores medidos daban constantemente alarma por lo cual se fijó ese valor en 100 a 1700 mV. En el período de análisis de este trabajo solo una vez se constató la actuación de alarma por valores altos en mV.

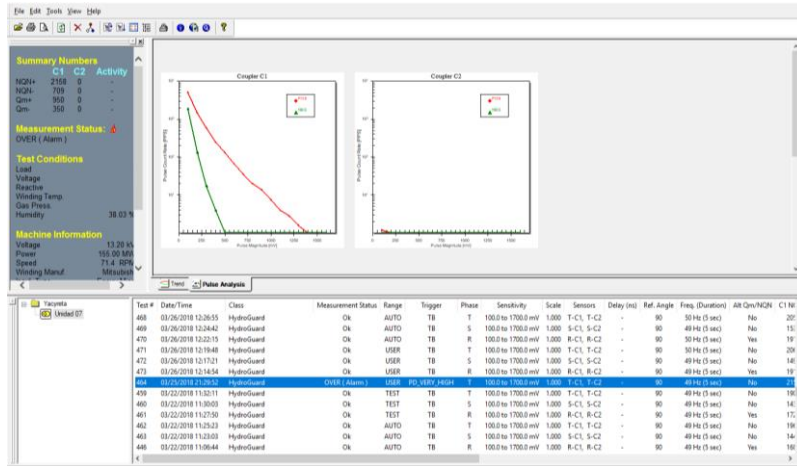


Figura 7. Imagen de la Pantalla de Medición con el Software.

De la base de datos de la Fabricante del equipo

| Hidrogenadores refrigerados por aire con acopladores 80 pF (PDA) – Valores Qm (mV) |       |        |          |          |          |         |
|--|-------|--------|----------|----------|----------|---------|
| Nivel  | %     | 6-9 kV | 10-12 kV | 13-15 kV | 16-18 kV | > 19 kV |
| Insignificante   | < 25% | 12     | 19       | 35       | 26       | 107     |
| Bajo   | < 50% | 31     | 50       | 90       | 83       | 208     |
| Típico   | < 75% | 72     | 114      | 190      | 218      | 698     |
| Moderado   | < 90% | 184    | 245      | 373      | 543      | 886     |
| Alto   | > 95% | 308    | 391      | 562      | 727      | 990     |
| Média  |       | 121    | 163      | 250      | 319      | 557     |

Figura 8. Clasificación de los Valores medidos de Qm.

Mediciones realizadas del período desde la instalación del equipo Diciembre 2017 a Junio 2018.

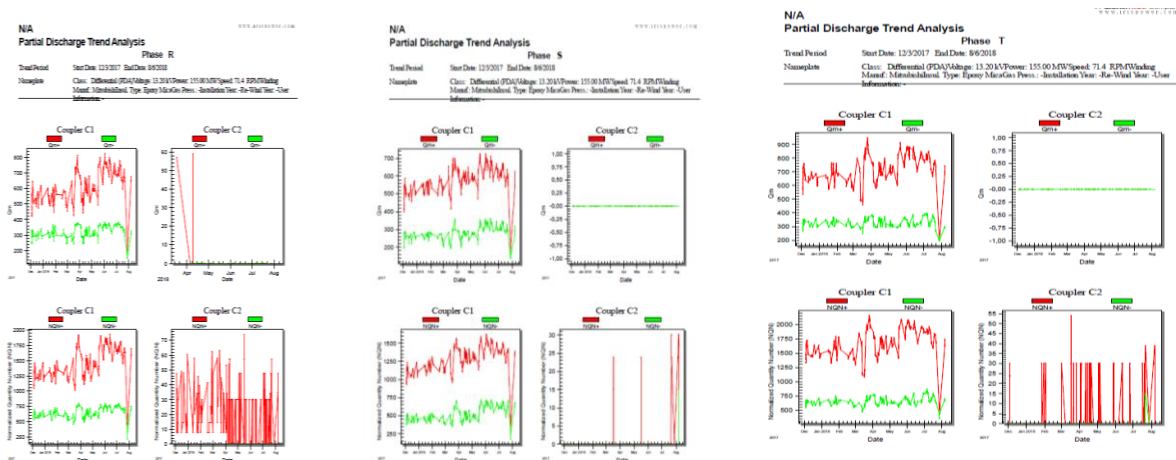
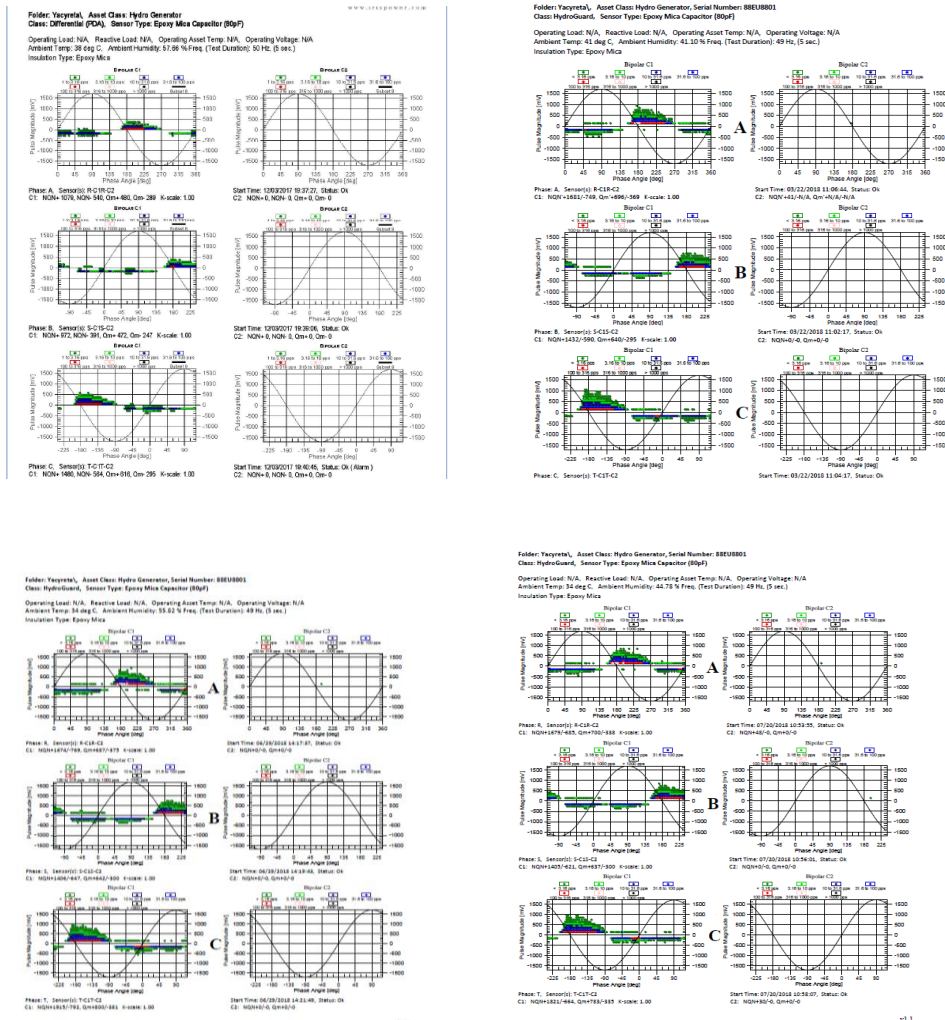


Figura 9. Tren Plot Fases R, S y T.

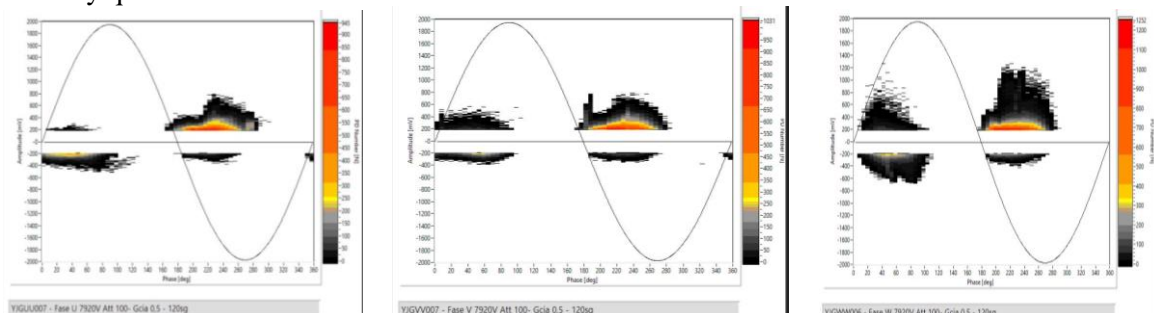
**XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
06 y 07 de Setiembre de 2018



**Figura 10. Gráficos de Fase Resulta de mediciones varias (primera medición Diciembre 2017 y última medición Julio 2018).**

**7. MEDICIONES DE DP OFF LINE**

De las mediciones Off Line realizadas en la Parada Programada previa a la instalación del Sistema de Monitoreo y que tiene otro software.



**Figura 11. DP Off Line Fases R, S y T 13/11/2017.**



XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
06 y 07 de Setiembre de 2018

---

## 8. CONCLUSIONES

El proceso de instalación del equipamiento fue realizado exitosamente por personal del Área Eléctrica de la CHY, con la supervisión del especialista de la firma adjudicada.

Después de una serie de pruebas, se pudo fijar la sensibilidad del equipamiento en valores de 100 a 1700mV que no dieran alarma constante del equipamiento.

De los valores del Banco de datos para mediciones en máquinas similares de la CHY (**172,5 MVA; 13200 V; 84 polos; Clase F**) las mediciones en las 3 fases llegan a valores Altos **Qm > 562**. Registrándose valores más elevados en la fase T, lo cual concuerda plenamente con la última medición de DP Off Line realizada en el generador de la U07, la tendencia es de valores más elevados en las 3 fases de **Qm+**.

La tendencia además indica un incremento general de actividades en la mitad del mes de Marzo donde llega a un pico y luego vuelve a bajar.

En la gráfica de Fase Resuelta, se puede observar descargas clásicas en ranuras, pero el incremento se da cerca del 180°, que significa problemas en la interfaz, posiblemente en el gradiente (en la salida de barras del núcleo). Las tres fases presentan el mismo fenómeno y se puede hablar de que los espectros de DP presentan simetría en magnitud y frecuencia de los semiciclos positivo y negativo, este patrón es propio de **descargas parciales internas al sistema de aislación** según la norma IEC 60034-27-2.

La fase de las DP de 45° y 225° confirmando la presencia de DP internas al sistema de aislación y se observó que las DP se extienden ligeramente hasta los ángulos característicos de **descargas por corona en ranura**, en la interfaz aislante-núcleo estático por pérdida de película semiconductor.

El fabricante del generador propuso una solución parcial al problema del ozono, el cambio de polaridad de las fases para Septiembre del 2018, se seguirá monitoreando en lo que respecta a las DP para ver si hay una mejora al respecto de la situación actual, previo a un Mantenimiento Mayor a realizarse posiblemente para finales del año 2020 donde se contempla el rebobinado de todo el estator.





Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

**XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
**06 y 07 de Setiembre de 2018**

---

**Bibliografía.**

- [1] Manual de Operación y Mantenimiento Generadores EBY.
- [2] Material archivo Mantenimiento Eléctrico Central Hidroeléctrica Yacyretá.
- [3] Interpretation of Partial Discharge Results. Electrical Rotating Machine Stator Windings.  
[www.irispower.com](http://www.irispower.com)
- [4] IEC/TS 60034-27-2
- [5] IEE 1434-2001, IEE Guide to the Measurement of Partial Discharges in Rotating Machinery.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

**XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
06 y 07 de Setiembre de 2018

---