



Ensayo de Black-Start de la Usina de ITAIPU 50 Hz

Silver Guerrero – Henrique Ribeiro – Fermín López –
Luis Davalos – Amauri Souza – Victor Alvarez

Itaipú Binacional

Paraguay y Brasil

Resumen:

En función de las dificultades durante el restablecimiento ocurridas en el Sistema durante las grandes perturbaciones de 11/03/1999 y 21/01/2002, el ONS (OPERADOR NACIONAL DEL SISTEMA BRASILEÑO) inició un trabajo de identificación de las centrales hidroeléctricas con capacidad de auto restablecimiento para que hagan parte de la fase de recomposición fluente del Sistema.

Con el fin de atender las solicitudes del ONS, integrantes de la División de Estudios Eléctricos y Normas y de la División de Operación de la Usina y Subestaciones de la Itaipu, desarrollaron un sistema de directrices básicas para la realización de ensayos semestrales de Black-Start en la central de ITAIPU, con la máxima seguridad y confiabilidad.

En este artículo serán presentados los procedimientos operativos adoptados en las fases de planificación y ejecución del ensayo de Black Start, mostrando también el análisis de sus resultados, así como las anomalías detectadas y las acciones tomadas bajo la óptica de la seguridad, confiabilidad y adecuaciones operacionales.

Palabras - Claves

Black Start (Negro inicio) , Ensayo, Recomposición, Simulación

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Concepto.

El auto restablecimiento está asociado con la capacidad de una Central Hidroeléctrica, que una vez puesta completamente fuera de servicio, se procede a arrancar y sincronizar el número mínimo de unidades generadoras necesarias para dar inicio al proceso de recomposición del sistema de transmisión asociado, sin depender de ninguna fuente externa de energía.



1.2. OBJETIVO DEL ENSAYO DE BLACK-START.

El objetivo del ensayo consiste en evaluar la capacidad de auto restablecimiento de la Central, así como la eficiencia de los procedimientos adoptados, identificando eventuales problemas y posibles mejoras.

Para participar de la fase de recomposición fluente del Sistema, la ITAIPU comprobó que es una Central que posee capacidad Auto restablecimiento.

Para esto los siguientes requisitos fueron atendidos:

- Tener la capacidad de restablecer el número mínimo de Unidades generadoras definido en las instrucciones de operación referentes a la recomposición, en un intervalo máximo de 30 (treinta) minutos;
- Estar apta a efectuar por lo menos 2 (dos) tentativas de recomposición sin la necesidad de auxilio externo;
- Tener un índice de disponibilidad de las Unidades generadoras superior a 80%.

2. PLANIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE BLACK-START

Las maniobras de preparación para la ejecución del ensayo de Black Start deben ser coordinadas por el Despacho de Carga de la Itaipú;

El Supervisor del Turno de Operación de la Central será el responsable de la coordinación y ejecución de las maniobras asociadas al ensayo;

Las maniobras referentes al ensayo de Black-Start de la Central de ITAIPU, deberán ser ejecutadas siguiendo una rutina pre-establecida en la Instrucción de la Operación de la Usina “Maniobra de la Central 05.15” que fue elaborada específicamente para este tipo de ensayo, por el sector de estudios y normas del Departamento de Operación de la Usina y Subestaciones.

2.1. Definiciones

La Operación de la Usina y Subestaciones definirá previamente la Unidad y la Barra que hará parte de cada ensayo, considerando los siguientes factores:

- 2.1.a. Rotatividad entre los Conjuntos;
- 2.1.b. Rotatividad entre las Unidades del mismo Conjunto;
- 2.1.c. Rotatividad entre las Barras del mismo Conjunto;
- 2.1.d. Disponibilidad mínima de 04 Unidades en el Conjunto de Unidades escogido para realizar parte del ensayo.

2.2. Equipamientos

Las Unidades Generadoras y Barras de 500kV de la Subestación Aislada a Gas SF6 (GIS SF6), fueron divididas en dos Conjuntos (figura 1), en función de la configuración del sector 50Hz.

- 2.2.a.- Conjunto 1 - U01 o U03 + Barra A1;
- 2.2.b.- Conjunto 2 - U02 o U04 + Barra B1;
- 2.2.c.- Conjunto 3 - U05 o U07 o U09 + Barra A2;
- 2.2.d.- Conjunto 4 - U06 o U08 o U9A + Barra B2.

2.3. Requisitos

Al ser alcanzadas las condiciones de tensión, frecuencia e número de Unidades sincronizadas, conforme definido en el ítem 2.1.a, el Supervisor del Turno de Operación de la Central, deberá informar inmediatamente al Despacho de Carga de la Itaipú, caracterizando el término del ensayo.

Al terminar el ensayo, el Despacho de Carga de la Itaipú deberá coordinar la adopción de la configuración operativa para el momento, inclusive el cierre del paralelo.

En caso de contingencia en el Sistema Inter conectado, o Despacho de Carga de la Itaipú podrá paralizar o cancelar el ensayo. En estas condiciones el Despacho de Carga de la Itaipú, informará el hecho al Supervisor del Turno de Operación de la Usina y coordinará la adopción de los procedimientos de recomposición para la Usina de Itaipú 50Hz.

En caso de perturbación en la Central de Itaipú 50Hz, el Supervisor del Turno de Operación de la Central, deberá paralizar el ensayo y normalizar el(los) equipo(s) desconectado(s) e informar al Despacho de Carga de la Itaipú.

En el momento del ensayo, preferentemente, no deberán estar siendo ejecutadas maniobras de aislación y normalización programada en el Sector 50Hz.

Todas las Barras de la Subestación Aislada a Gas SF₆ (GIS 50Hz) deben estar en condiciones normales de operación antes del inicio del ensayo.

El Servicio Auxiliar del Sector 50 Hz deberá estar en condiciones normales de Operación, sin restricción en sus fuentes de alimentación y en su automatismo.

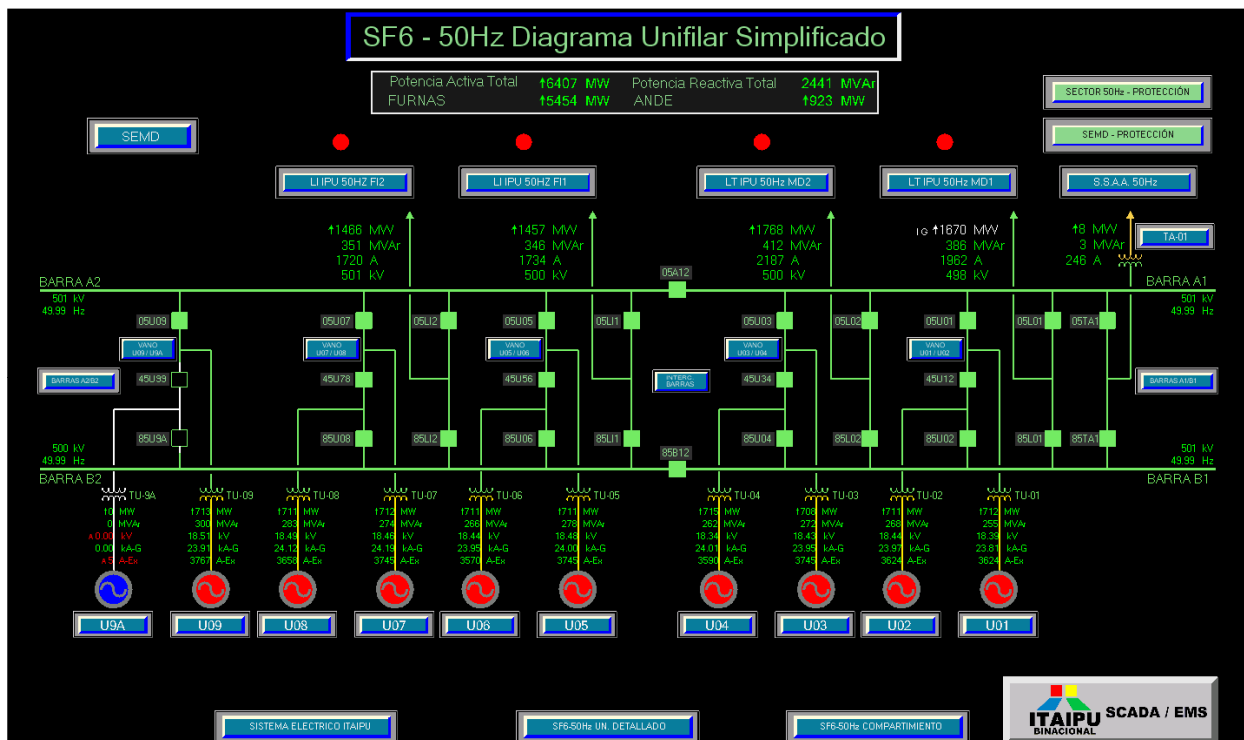


Figura 1 – Configuración del Sector 50Hz.

3. CAPACITACIÓN OPERACIONAL PRÉVIO A LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE BLACK START

Definición de la sistemática de capacitación para el ensayo de Black Start del Sector 50Hz:

Todos integrantes de los equipos de Operación de la Usina y Subestaciones serán reciclados operacionalmente en las maniobras asociadas al ensayo de Black Start, independiente del hecho de participar o no directamente del ensayo semestral.

La capacitación operacional será dividida en dos partes, siendo:

Primera parte: Capacitación teórica, con la realización de disertaciones específicas referentes al ensayo de Black Start del Sector 50Hz, teniendo como referencia las directrices básicas y la instrucción de la Operación de la Usina “Maniobra de la Central 05.15”.

Segunda parte: Capacitación práctica operacional, referente a los siguientes temas:

- Partida y parada de los Generadores Diesel de Emergencia;
- Sincronismo de los dos Generadores Diesel de Emergencia del Sector 50Hz;
- Partida y colocación en carga de los Generadores Diesel de Emergencia, alimentando el Servicio Auxiliar del Sector 50Hz;
- Energización del Servicio Auxiliar de una Unidad Generadora del Sector 50Hz, a través de fuente de emergencia, con tensión proveniente de los Generadores Diesel de Emergencia;
- Accionamiento y acompañamiento de la partida de una Unidad Generadora, con su Servicio Auxiliar siendo alimentado por el Generadores Diesel de Emergencia.

4. EJECUCION DEL ENSAYO DE BLACK-START DE LA USINA DE ITAIPU 50 HZ.

El ensayo reproduce las condiciones reales de Auto restablecimiento de la Central de ITAIPU 50Hz, es decir, unidades generadoras son conectadas y sincronizadas sin la utilización de fuente externa y consiste básicamente en:

Accionar la partida del número mínimo de Unidades generadoras, a partir de la condición “reposo”, con sus servicios auxiliares proporcionados por el (los) Grupo(s) Diesel de Emergencia, hasta que se obtenga la condición mínima exigida para el restablecimiento fluente de las líneas de 220kV con tensión y frecuencia especificados. Para el caso de la Central de ITAIPU 50Hz, las condiciones mínimas son las siguientes:

- Una Unidad generadora sincronizada a una de las barras de 500kV;
- Tensión en las Unidades generadoras ajustada aproximadamente en 16,2kV (esto corresponde a aproximadamente 460kV en la barra de 500kV);
- Frecuencia estabilizada en 50,0Hz.

Como consecuencia natural del ensayo se evaluará también la capacidad de los equipamientos y de los equipos de Operación para efectuar las maniobras necesarias específicas para la recomposición en estas condiciones.

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

En el día 1 de agosto de 2010, fue realizado – con éxito, el ensayo de Black Start del Sector de 50Hz de la Itaipu Binacional. Ese ensayo fue realizado, utilizándose el Conjunto 4 citado en el ítem 3.5.a, siendo elegida la Barra B2 de 500kV para hacer parte del ensayo.

Antes del inicio del ensayo, la Unidad 06 ya se encontraba parada por conveniencia operativa, las demás Unidades generadoras estaban sincronizadas al Sistema y la Barra A2 estaba energizada. Las maniobras de parada de las Unidades por conveniencia operativa y de desenergización de la Barra B2 de 500kV, fueron coordinadas por el Despacho de Carga de la Itaipú, el que efectuó la liberación posterior del inicio del ensayo.

La partida de la Unidad 06 fue efectuada con sus Servicios Auxiliares siendo alimentados por los Generadores Diesel de Emergencia GD.01 y GD.02.

La secuencia de maniobras adoptada para realizar el 1º ensayo, fue la siguiente:

- 1ª maniobra – Luego de confirmadas que la Unidad 06 estaban parada y la Barra B2 estaba desenergizada, conforme figura 2, fue accionada la partida de los Generadores Diesel de Emergencia GD.01 y GD.02 y efectuado su sincronismo;
- 2ª maniobra - Alimentado el Centro de Control de los Motores de la Unidad 06 (UMCC.06) via GD.01 y GD.02, conforme figura 3;
- 3ª maniobra - Accionada partida de la Unidad 06, y energizada la Barra B2 de 500kV;
- 4ª maniobra - Ajustada la tensión de la Barra A3 en 460kV y la frecuencia en 60Hz. Informado al Despacho de Carga de la Itaipú la finalización del ensayo.

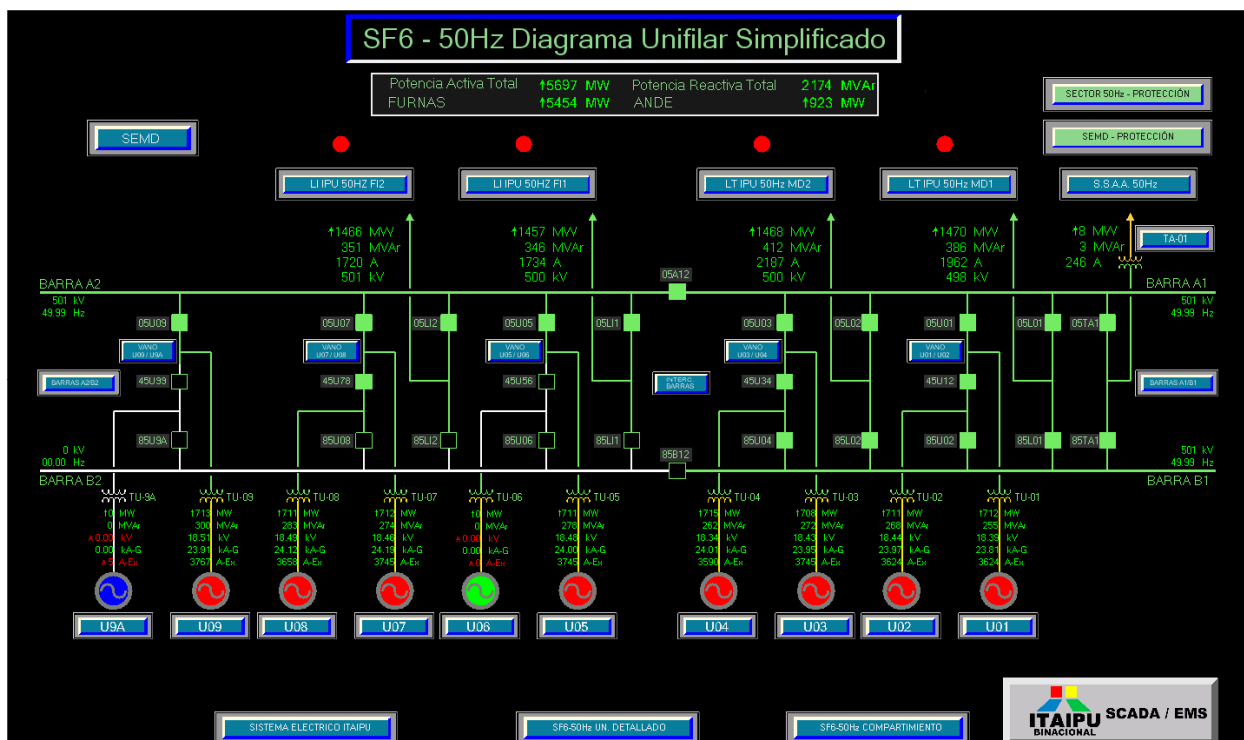


Figura 2 – Configuración del Sector 50Hz previo ao ensayo.

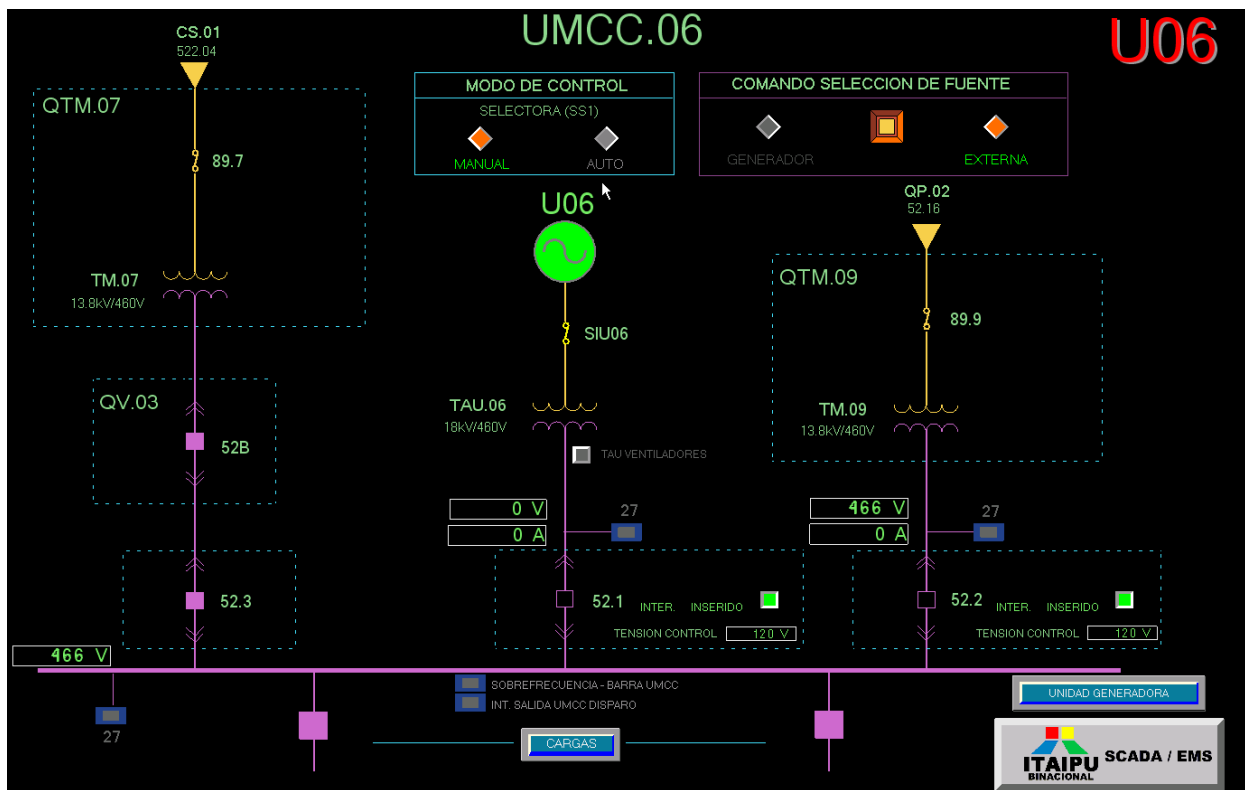


Figura 3 – Alimentación de la Unidad Generadora a través de Diesel.

5. ADECUACIÓN OPERACIONAL EFECTUADA PARA LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE BLACK START

En consecuencia de los análisis efectuados, referentes a los procedimientos a ser adoptados para la ejecución del ensayo de Black Start, fue alterada la configuración del Servicio Auxiliar de la Usina de ITAIPU, con el fin de permitir una mayor agilidad y seguridad en las maniobras de su energización con alimentación proveniente del Generador Diesel de Emergencia. Esa alteración de filosofía de operación fue consensuada entre los órganos de Operación, Mantenimiento e Ingeniería de Mantenimiento.

6. META DEFINIDA PARA LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE BLACK START

La principal meta definida por el equipo de Operación en Tiempo Real, para la realización del ensayo de Black Start de la Usina de ITAIPU, fue el hecho de que los demás equipamientos asociados a Sector 50Hz que no estaban involucrados en el ensayo, deben continuar en operación sin ninguna restricción.

Durante el ensayo de Black Start la generación del Sector 50Hz fue mantenida en 5.584 MW para Furnas y 611MW para ANDE. La generación del Sector 60Hz fue mantenida en 4922 MW.



VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

En función de que todas las maniobras del ensayo de Black Start han sido ejecutadas por los Operadores de la Operación en Tiempo Real, sin ninguna interferencia externa, fueron utilizados tres Operadores de otros equipos para mantener la supervisión de los demás equipamientos de la Central durante el ensayo, garantizando al Mantenimiento la integridad y confiabilidad operativa da ITAIPU Binacional. Ver anexo, la planilla de maniobras.

Se hace necesario destacar, que la condición exigida para la realización del ensayo de Black Start, es con seguridad mucho más rigurosa de lo realmente esperado para recomposición del Sector 60Hz de la ITAIPU. Durante el ensayo las cuatro Unidades generadoras han tenido su partida accionada, solamente después de que sus Servicios Auxiliares estuvieren alimentados a través de la fuente del Generadores Diesel de Emergencia. En una condición real de recomposición, a penas será necesario alimentar el Servicio Auxiliar de una de las nueve Unidades y seguidamente normalizar el Servicio Auxiliar principal del Sector 50 Hz.

7. ANOMALIAS DETECTADAS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE BLACK START

Durante la ejecución del ajuste de la tensión del Sector 50Hz, el comando via SCADA no fué realizado con suceso.

Providencia tomada: el ajuste fué hecho con la utilización de los paneles convencionales.

Providencias tomadas, con la finalidad de evitar repeticiones: fue accionado el equipo de mantenimiento para solucionar el problema.

Durante la realización del ensayo de Black Start, la maniobra de sincronismo del GD.02 con el GD.01 fue verificado que el disyuntor 52.B, no aceptó el comando de cierre.

Providencia tomada: fue accionado el equipo de mantenimiento para solucionar el problema.

8. CONCLUSIÓN:

Podemos decir que la realización del ensayo de Black Start en la Itaipú Binacional, fue el momento en el que pudimos evaluar el desempeño operacional de la Central de Itaipú, a lo que atañe al proceso de restablecimiento del Sector 50 Hz. Pudieron ser evaluados los resultados no sólo del equipo, sino que también el desempeño de los equipamientos, calidad de las Instrucciones de Operación.

En el aspecto del desempeño de los equipamientos, fueron identificadas las fallas en los equipamientos que no son utilizados en condiciones de operación normal y, cuando son solicitados, no presentaron desempeño satisfatório. Para evitar ese tipo de problema, se hace necesario mantener la practica de ejecutar el ensayo con el objetivo de cuando realmente necesario, las fallas no ocurran.

Los problemas detectados y presentados en los párrafos anteriores ya fueran tratados, conforme informado en el desarrollo de este trabajo.



VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

Podemos entonces concluir, que la realización del ensayo de BlackStart en una Central Hidroeléctrica, así como ocurrió en Itaipú, puede y debe ser conducido en el sentido de permitir una evolución operacional no solo de los equipos de Operación, sino también de todos los equipamientos asociados a esos centros, con la participación de los equipos de Mantenimiento y Ingeniería.

Resaltamos que el ensayo de BlackStart en la Itaipú Binacional, fue conducido de tal forma que fue visible el nivel de motivación alcanzado en todos los integrantes de los equipos de Operación, desde el inicio de los cursos de capacitación hasta el momento de la ejecución del ensayo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Junior, Luiz C. G. de S; Bordin, E. F.; “Ensaio de Black Start na Usina de Itaipu 60Hz.”; 2º SENOP; 2006.
2. Departamento de Operación de la Usina de Itaipu; “Instrucciones de Operación – Ensayo de Auto-restablecimiento”; 2009.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

Anexo:

		PLANILLA PARA REGISTRO DE DATOS DEL ENSAYO DE AUTO-RESTABLECIMIENTO DE LA CH-ITAIPU 50 Hz	
Fecha de realización del ensayo:			
Nº mínimo de generadores a ser sincronizados:			
Conjunto de ensayos:			
Hora de inicio:	__ h __ min		
Hora de conclusión:	__ h __ min		
Generadores Diesel:	GD-01:	<input type="checkbox"/> Disponible	<input type="checkbox"/> Indisponible
	GD-02:	<input type="checkbox"/> Disponible	<input type="checkbox"/> Indisponible
SGI nº:			
Ejecución del ensayo:			
Maniobra	Horario	Falla	Observación
Comando de parada U __	__ h __ min		
Parada completa U __	__ h __ min		
Partida del GD-01	__ h __ min	()	
Partida del GD-02	__ h __ min	()	
Partida U __	__ h __ min	()	
Energización da Barra __	__ h __ min	()	
Contacto en el COSR-SE:			
Anormalidades y Observaciones:			
Coordinadores del Ensayo			
Nombre			Firma
OPU.DT			
OPS.DT			