



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

Estudios para la operación de la LI 500kV MD-VHA en 220kV

Alfredo Mezger, Antonio Galeano, Elisandro Rodríguez, Esteban Vargas, Gabriel Giménez, Jonas Pesente, Manuel Medina

Itaipu, ANDE

Paraguay, Brasil

RESUMEN

La línea de transmisión Margen Derecha-Villa Hayes (LI 500kV MD-VHA) es una línea de 500kV de aproximadamente 345km, cuya construcción tiene el objetivo de aumentar la capacidad de suministro desde la Central Hidroeléctrica Itaipu a la ANDE.

La conclusión de esta línea está prevista para el 28 de enero de 2013, y la conclusión de la subestación Villa Hayes para abril de 2013.

Debido al acelerado crecimiento de la demanda del sistema eléctrico paraguayo, se han verificado necesidades de refuerzos de la transmisión en el sistema eléctrico paraguayo para el verano 2012/2013.

Este trabajo tiene objetivo realizar un análisis técnico, considerando la posibilidad de utilización de un tramo de la línea operando a tensión reducida (en 220kV), de forma a reforzar la transmisión al sistema paraguayo durante el verano 2012/2013. Se realiza un análisis de régimen permanente, de energización y una evaluación de las protecciones asociadas.

PALABRAS CLAVES

Operación a tensión reducida, régimen permanente, energización, evaluación de la protección.

1. INTRODUCCIÓN

La línea de transmisión en 500kV desde la subestación Margen Derecha (SE-MD), de propiedad de Itaipu Binacional (IB), y la estación Villa Hayes (ES-VHA), de la ANDE, está siendo implantada por la IB y financiada por el Fondo de Convergencia Estructural del Mercosur (FOCEM). La línea contará con 758 estructuras, 677 en circuito simple y 81 en circuito duplo, totalizando una longitud de 347,74 kilómetros.

El principal objetivo de la línea es aumentar el suministro de energía eléctrica desde la Central Hidroeléctrica de Itaipu, al principal centro de carga del sistema eléctrico paraguayo (sistema metropolitano), en vista del sostenido aumento de la demanda.

En la figura 1 pueden observarse la evolución de la máxima demanda del sistema interconectado paraguayo (SIN) y el suministro desde las centrales de Itaipu y Yacyretá para cubrir esa demanda. Adicionalmente se muestra el año de entrada de las obras de refuerzo de las interconexiones, destacándose el aumento de la interconexión Itaipu-ANDE a partir del 2010.

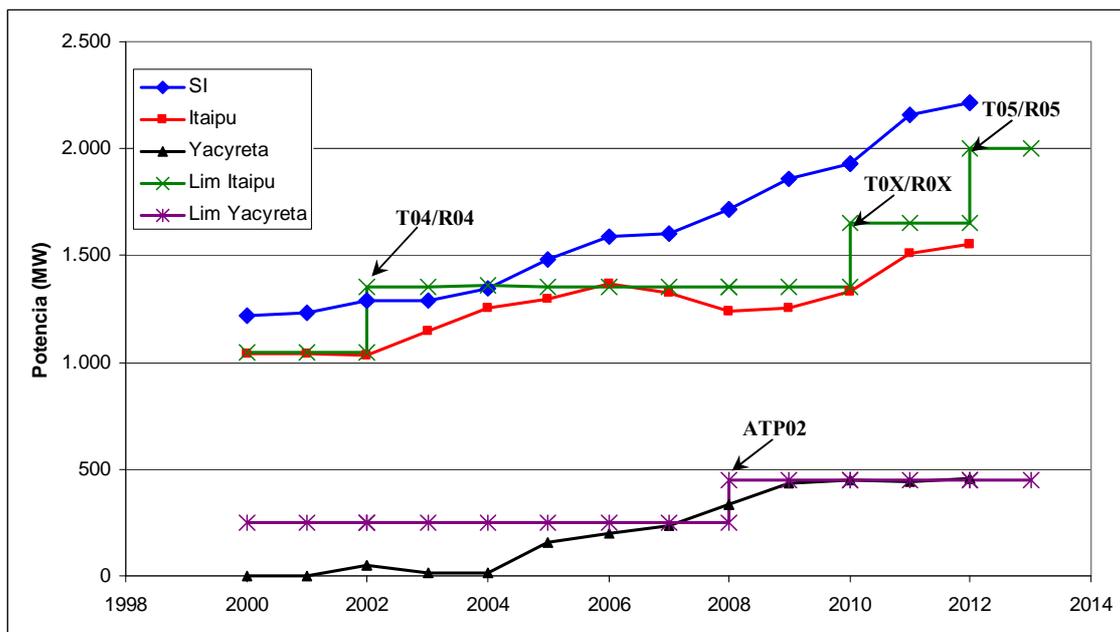


Figura 1: Demanda máxima del SIN e Interconexiones

De la figura 1 pueden destacarse los siguientes marcos:

- Año 2002: Entrada en operación del T04/R04 en la SE-MD;
- Año 2006: intercambio Itaipu-ANDE iguala a la capacidad instalada;
- Año 2007: intercambio Itaipu-Yacyreta iguala a la capacidad instalada;
- Año 2008: Entrada en operación del ATP02 en Yacyreta;
- Segundo semestre de 2010: Entrada en operación del T0X/R0X en la SE-MD y de nuevas líneas de 220kV en el principal tronco de transmisión del sistema ANDE;
- Primer semestre de 2012: Entrada en operación del T05/R05 en la SE-MD;

X SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

En la tabla I, se muestran una comparación entre la previsión de la demanda máxima del SIN utilizadas en los estudios eléctricos de caracterización de la línea de 500kV [1] y el valor realmente verificado. Puede observarse que, cuando se realizó el estudio, era esperada una demanda de 1.791MW para el 2011 y de 2.103MW para el 2014, cuando el valor verificado ya en el año 2011 fue de 2.137MW.

Tabla I: Evolución de la demanda del SIN

Año	Demanda estimada (MW)	Demanda Verificada (MW)	Variación
2011	1.791	2.137	19%
2012	1.889	2.196 (1er semestre)	16%
2014	2.103	---	---

Considerando que la demanda prevista por la ANDE para el verano 2012/2013 se sitúa en torno a los 2.500MW, se planteó la posibilidad de utilización de un trecho de la línea de 500kV operando a tensión reducida (220kV), desde la SE-MD hasta la estación Carayaó (ES-CYO), de forma a reforzar el principal tronco de transmisión de la ANDE.

Este trabajo presenta los principales resultados de los estudios realizados para determinar la viabilidad técnica de adoptar la alternativa planteada.

2. ESTUDIOS DE RÉGIMEN PERMANENTE [2]

En la Figura 2 se muestra el flujo de carga para la máxima demanda prevista para el verano 2012/2013. Puede observarse un intercambio Itaipu-ANDE del orden de 1.880MW, compatible con la capacidad de transformación de la SE-MD. Asimismo, se nota un elevado flujo por las líneas de 220kV entre la SE-MD y la ES-CYO, por encima de sus valores nominales. Este hecho denota la necesidad de refuerzo en el principal tronco de transmisión del sistema de la ANDE.

Considerando que la finalización de la línea de 500kV está prevista para fines de enero del 2013, y de que las conclusiones de las obras en las subestaciones terminales para abril del mismo año, se plantea la posibilidad de utilizar un trecho de la línea de 500kV MD-VHA, operando en 220kV entre la SE-MD y la ES-CYO, de forma a reducir las solicitaciones en las líneas de 220kV del principal troncal de transmisión.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

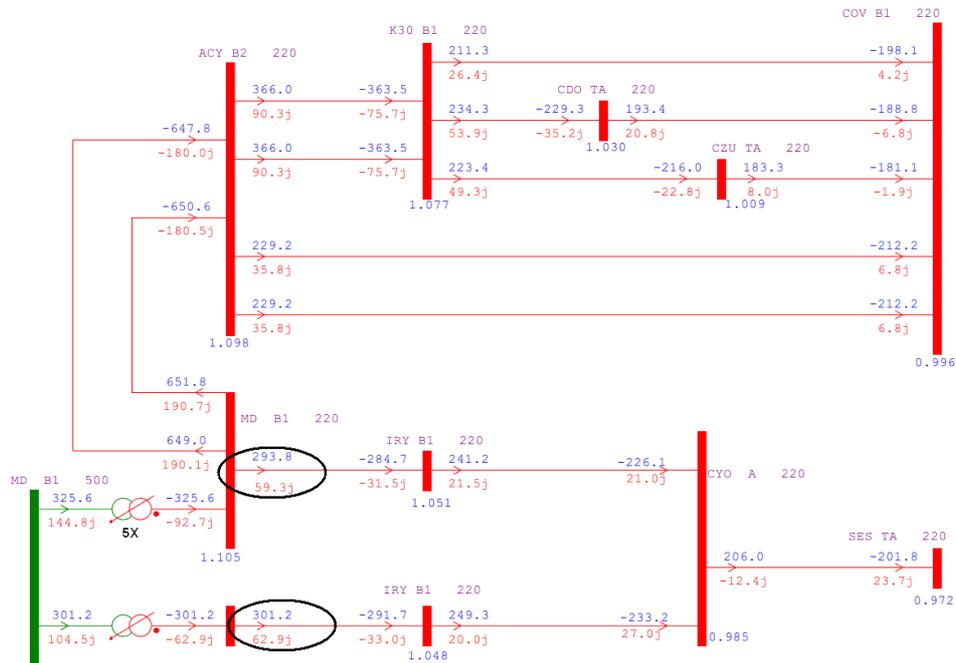


Figura 2: Flujo de carga previsto para la máxima demanda del verano 2012-2013

Una de las alternativas analizadas, consideró la utilización del vano de salida y llegada de la LI 220kV MD-CYO 2 en la subestaciones SE-MD y ES-CYO respectivamente, y con los interruptores 03T04 y 83LI4 abiertos, conforme se observa en la Figura 3. Para esto, ambos circuitos de la LI 220kV MD-CYO deben conectarse a la misma posición de salida en las subestaciones SE-MD y ES-CYO. Si bien esta alternativa implica en reducción de la confiabilidad en el sistema de transmisión, fue la que presenta mayores ventajas para su implementación, principalmente debido al reducido tiempo disponible.

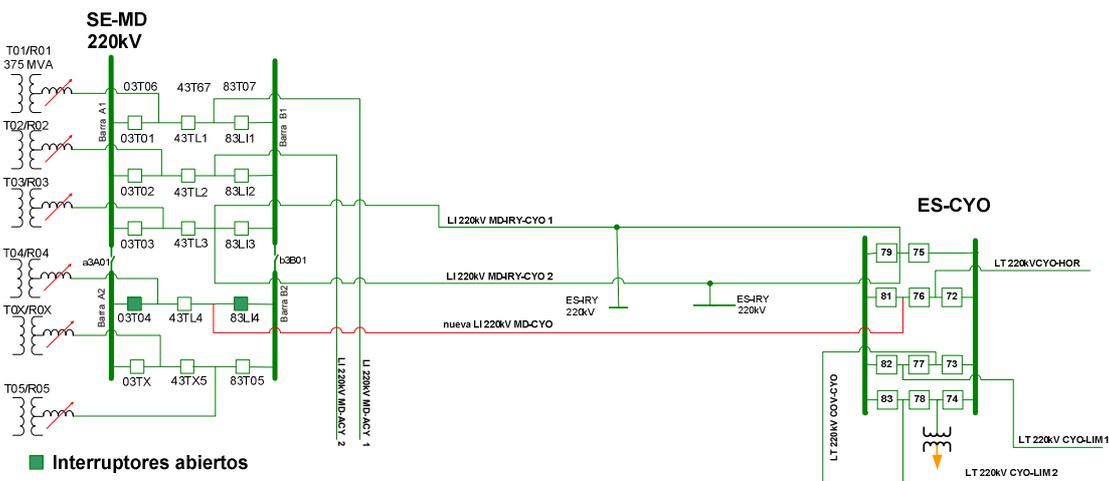


Figura 3: Configuración propuesta para la operación en 220kV de la LI MD-VHA

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

Con la adopción de esta alternativa, las condiciones operativas para el escenario base es mostrada en la Figura 4. Puede observarse que la LI MD-VHA operando en 220kV tendría una transmisión de 290MW, reduciendo los flujos de potencia en los restantes circuitos de 220kV del principal tronco de transmisión.

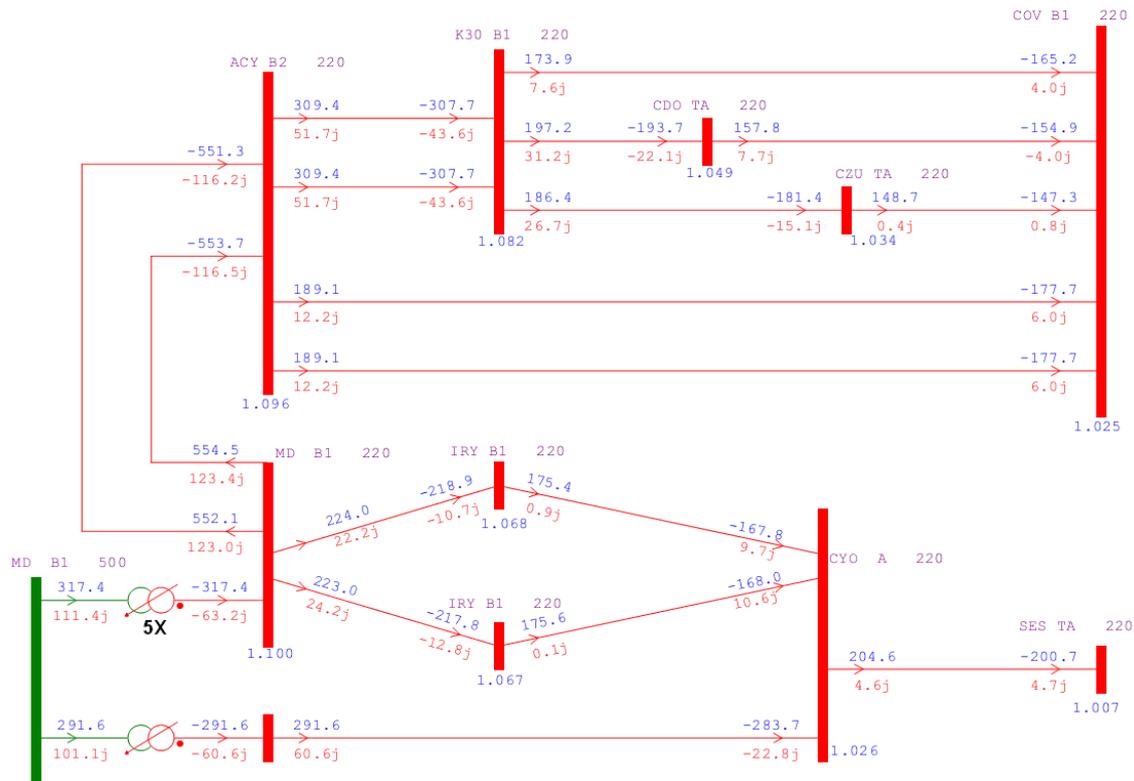


Figura 4: Flujo de carga previsto con la operación de la línea en 220kV

El análisis de las principales contingencias de líneas de 220kV y de transformadores de la interconexión, mostró un desempeño satisfactorio del sistema, no siendo necesaria la adopción de nuevos esquemas de control de emergencia ni de alteración de los existentes.

3. ESTUDIOS DE ENERGIZACIÓN [3]

Considerando que la adopción de la alternativa propuesta implica en que, en determinadas situaciones, se deberá energizar ambos circuitos de la LI 220kV MD-CYO a través de un mismo interruptor, se realizaron estudios preliminares de transitorios electromagnéticos para determinar la existencia de restricciones para esta maniobra.

Se realizaron estudios estadísticos, con 100 casos de energización, siendo los principales criterios:

- tensión soportable a impulso de maniobra del interruptor < 2,17pu, en base de 220kV;

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

- **en barra de 500kV:** máxima sobretensión de 1,52pu. Son aceptados hasta 5% de los casos con sobretensión superior a 1,45pu;
- **en barra de 220kV:** máxima sobretensión de 1,59pu. Son aceptados hasta 5% de los casos con sobretensión superior a 1,51pu;
- sobretensiones transitorias máximas $\leq 1,4$ pu durante un periodo de 3 ciclos;
- sobretensiones temporarias $\leq 1,2$ pu al final de las simulaciones (500ms).
- sobretensiones en régimen permanente $\leq 1,1$ pu.

Dentro del análisis preliminar no se han encontrado sobretensiones restrictivas, dichos análisis deben ser profundizados considerando diferentes configuraciones del sistema.

4. EVALUACIÓN DE LAS PROTECCIONES [4]

La evaluación de las protecciones tiene como objetivo verificar el desempeño de las mismas con los ajustes actuales, considerando que un mismo sistema deberá proteger dos líneas de 220kV.

El estudio fue realizado aplicando cortocircuitos sucesivos a lo largo de la línea protegida, desde el punto de instalación del relé, de forma a evaluar el alcance de la Zona 1 de la protección. Los alcances de la protección están mostrados en la tabla II, en función al tipo de falta aplicada.

Tabla II: Alcance de la protección de las LI 220kV MD-CYO

Tipo de falta	Alcance
3 ϕ -T	6% COV-GUA
2 ϕ -T	41% COV-GUA
1 ϕ -T	5% COV-GUA
2 ϕ	Limite modelo 220kV

En la tabla puede observarse que para todos los tipos de faltas hay sobrealcance, lo cual es un claro indicativo de la necesidad de realizar una reevaluación de los ajustes actuales, en vista a que la protección podría actuar para faltas externas a la línea.

5. CONCLUSIONES

5.1 Con la demanda máxima prevista por la ANDE para el verano 2012-2013 se presentarían sobrecargas en las LI 220kV MD-IRY-CYO, por encima de sus valores de emergencia, caso no haya refuerzos en la transmisión de su sistema, estando el sistema en la configuración de red completa.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

5.2 La operación de un trecho de la LI 500kV MD-VHA en 220kV hasta la ES-CYO eliminaría las sobrecargas en régimen permanente, constituyendo un importante refuerzo también ante contingencias.

5.3 Dentro del estudio preliminar no han sido encontradas sobretensiones restrictivas pero el estudio se encuentra en pleno avance.

5.4 El ajuste actual de los relés de protección de las líneas 220kV MD-CYO no es el adecuado para realizar su función cuando considerada ambos circuitos en paralelo. Caso se adopte esta alternativa de operación, los ajustes actuales deberán ser revaluados.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

BIBLIOGRAFIA

- [1] LT 500 kV SE MD – SE Villa Hayes - Estudios del sistema eléctrico. Leme – Tractebel Engineering (GDF Suez), 2008.
- [2] Operación de la LI 500kV MD-VHA en 220kV. CMO GE-02/197, 2012.
- [3] Análisis de transitorios electromagnéticos de energización y rechazo de carga de las LI 220kV MD-IRY-CYO 1 y 2 con operación de la LI 500kV MD-VHA en 220kV. Itaipu Binacional, 2012.
- [4] Análise de sensibilidade da Proteção das LI 220kV MD-IRY-CYO 1 e 2 com a operação da LI 500kV MD-VHA em 220kV. Itaipu Binacional, 2012.