



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

INDICADOR DEL DESEMPEÑO OPERATIVO DE LOS PUNTOS DE INTERCONEXIÓN DE ITAIPU CON FURNAS Y ANDE EN EL PERIODO DE 2002 A 2007

JOSÉ GREGORIO ACHA NAVARRO

ITAIPU Binacional

Paraguay

RESUMEN

El trabajo consiste en la presentación de los resultados del gerenciamiento de la continuidad de los puntos de interconexión de ITAIPU con los sistemas de ANDE y FURNAS, en el periodo comprendido entre los años 2002 a 2007, presentando una estadística de la cantidad de desconexiones forzadas y el tiempo que la interconexión permaneció abierta debido a estas perturbaciones del sistema interconectado de ITAIPU/ANDE/FURNAS. El gerenciamiento está compuesto de dos aspectos principales: acompañamiento de los indicadores y evaluación del desempeño. El acompañamiento de los indicadores se da a través de los análisis estadísticos de los resultados obtenidos del total de las desconexiones, así como del tiempo que permanecieron indisponibles. La evaluación es realizada a través de la comparación del desempeño de cada una de las líneas, con el de las demás líneas de transmisión. Estos análisis permiten la obtención de una tendencia global del desempeño de cada una de las líneas y su evolución con el tiempo. De la evaluación del desempeño operativo de las líneas componentes del sistema interconectado, en especial de aquellas que presenten comportamiento atípico, se espera obtener a través de un análisis mas detallado, subsidios para la recomendación o propuestas de medidas correctivas y/o realización de acciones complementarias con el objetivo de mejorar el desempeño operativo de las mismas.

PALABRAS CLAVES

Gerenciamiento de la continuidad, puntos de interconexión, desconexiones forzadas, evaluación del desempeño operativo.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

1. Introducción y objetivo

Este informe presenta los resultados del gerenciamiento de la continuidad de los puntos de interconexión de ITAIPU con los sistemas de ANDE y FURNAS, referente a los años 2002 a 2007, presentando una estadística de la cantidad de desconexiones forzadas y el tiempo que la interconexión permaneció abierta debido a estas perturbaciones del sistema interconectado de ITAIPU/ANDE/FURNAS.

El gerenciamiento está compuesto de dos aspectos principales: acompañamiento de los indicadores y evaluación del desempeño.

El acompañamiento de los indicadores se da a través de los análisis estadísticos de los resultados obtenidos del total de las desconexiones, así como del tiempo que permanecieron indisponibles.

La evaluación es realizada a través de la comparación del desempeño de cada una de las líneas, con el de las demás líneas de transmisión.

Estos análisis permiten la obtención de una tendencia global del desempeño de cada una de las líneas y su evolución con el tiempo.

De la evaluación del desempeño operativo de las líneas componentes del sistema interconectado, en especial de aquellas que presenten comportamiento atípico, se espera obtener a través de un análisis mas detallado, subsidios para la recomendación o propuestas de medidas correctivas y/o realización de acciones complementarias con el objetivo de mejorar el desempeño operativo de las mismas.

Son consideradas también a efectos de contabilizar el número de veces y el tiempo de desconexión de las líneas de interconexión del sistema, cuando la apertura de las mismas se producen por motivos operacionales, lo cual puede significar una apertura de la interconexión sin que exista operación de las protecciones de las líneas de interconexión consideradas.



2. Líneas de transmisión de la interconexión – Universo estadístico

El universo de éste análisis abarca las protecciones de líneas de transmisión del Sistema Interconectado ITAIPU/ANDE/FURNAS 50 Hz e ITAIPU/FURNAS 60 Hz.

Fueron considerados los siguientes componentes en operación hasta diciembre de 2007.

Tabla 1: Líneas de interconexión del sistema ITAIPU/ANDE/FURNAS.

LINEAS DE TRANSMISIÓN		Nro. de ref. de LI	Tensión (kV)	Extensión (Km)
LI	IPU 50 Hz FI 1	1	500 kV	10,6
LI	IPU 50 Hz FI 2	2	500 kV	10,6
LI	MD 50 Hz FI 1	3	500 kV	8,7
LI	MD 50 Hz FI 2	4	500 kV	8,7
LI	IPU 60 Hz FI 1	5	500 kV	7,9
LI	IPU 60 Hz FI 2	6	500 kV	7,9
LI	IPU 60 Hz FI 3	7	500 kV	7,9
LI	IPU 60 Hz FI 4	8	500 kV	7,9
LI	220 kV MD-ACY 1 (L1)	9	220 kV	4,7
LI	220 kV MD-ACY 2 (L2)	10	220 kV	4,7
LI	220 kV MD-CYO (L3)	11	220 kV	210,0
LI	220 kV MD-IRY-CYO (L4)	12	220 kV	210,0
LI	66 kV MD-FI	13	66 kV	9,3
LI	66 kV MD-ACY	14	66 kV	4,7



VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

3. CUADRO RESUMIDO DE RESULTADOS OBTENIDOS

El universo de éste análisis abarca las protecciones de líneas de transmisión del Sistema Interconectado ITAIPU/ANDE/FURNAS 50 Hz e ITAIPU/FURNAS 60 Hz.

Tabla 2: Cantidad total de las desconexiones de líneas de interconexión del sistema clasificados por actuaciones correctas, incorrectas, accidentales y recusas.

Nro.	NOMBRE	2002				2003				2004				2005				2006				2007				Total
		C	I	A	R	C	I	A	R	C	I	A	R	C	I	A	R	C	I	A	R	C	I	A	R	
1	LI IPU 50 Hz FI 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
2	LI IPU 50 Hz FI 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
3	LI MD 50 Hz FI 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	3	
4	LI MD 50 Hz FI 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
5	LI IPU 60 Hz FI 1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
6	LI IPU 60 Hz FI 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	4	
7	LI IPU 60 Hz FI 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
8	LI IPU 60 Hz FI 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	
9	LI 220 kV MD-ACY 1	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	8	
10	LI 220 kV MD-ACY 2	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	6	
11	LI 220 kV MD-CYO	3	1	-	-	3	-	1	-	3	-	1	-	4	-	-	8	-	-	11	-	1	-	36		
12	LI 220 kVMD-IRY-CYO	4	-	-	-	3	-	-	-	2	-	1	-	2	-	-	7	-	-	10	-	-	-	29		
13	LI 66 kV MD-FI	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	6		
14	LI 66 kV MD-ACY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5		
Total de desconexiones		12	1	0	0	7	2	1	-	7	-	7	-	13	2	-	16	2	-	24	-	6	-	100		

Tabla 3: Tiempo total en minutos de la duración de las desconexiones de las líneas de interconexión del sistema clasificadas por actuaciones correctas, incorrectas, accidentales y recusas.

Nro.	NOMBRE	2002				2003				2004				2005				2006				2007				Total
		C	I	A	R	C	I	A	R	C	I	A	R	C	I	A	R	C	I	A	R	C	I	A	R	
1	LI IPU 50 Hz FI 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
2	LI IPU 50 Hz FI 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
3	LI MD 50 Hz FI 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	-	12	-	-	-	-	-	4	-	33	
4	LI MD 50 Hz FI 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
5	LI IPU 60 Hz FI 1	-	-	-	-	3.645	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.645	
6	LI IPU 60 Hz FI 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	22	
7	LI IPU 60 Hz FI 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
8	LI IPU 60 Hz FI 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	7	
9	LI 220 kV MD-ACY 1	13	-	-	-	5	-	-	2	-	34	-	55	-	-	-	26	-	178	-	-	-	-	-	313	
10	LI 220 kV MD-ACY 2	14	-	-	-	6	-	-	20	-	34	-	55	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	133	
11	LI 220 kV MD-CYO	10	0	-	-	43	-	75	-	21	-	34	-	89	-	-	77	-	53	-	1	-	-	403		
12	LI 220 kVMD-IRY-CYO	2.558	-	-	-	52	-	-	-	-	34	-	67	-	-	91	-	67	-	-	-	-	-	2.869		
13	LI 66 kV MD-FI	802	-	-	-	-	-	-	-	-	34	-	55	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	899		
14	LI 66 kV MD-ACY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	-	519	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	553	
Total de desconexiones		3.397	0	0	0	3.740	11	75	0	43	0	209	0	840	27	0	0	180	0	26	0	310	0	19	0	8.877

4. Análisis de los resultados

A seguir se presentan los resultados obtenidos y un análisis de los datos que indican el desempeño operativo de los puntos de interconexión entre la ITAIPU, ANDE y FURNAS.

4.1 Cantidad total de desconexiones de las líneas de interconexión por año

Se observa que hubo un incremento moderado de la cantidad de desconexiones con el transcurrir de los años, pero en el año 2007 este número aumentó considerablemente, debido a las numerosas desconexiones (22) de las LI 220 kV MD-CYO (12) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (10), ocasionadas principalmente por descargas eléctricas atmosféricas en las mismas (12).

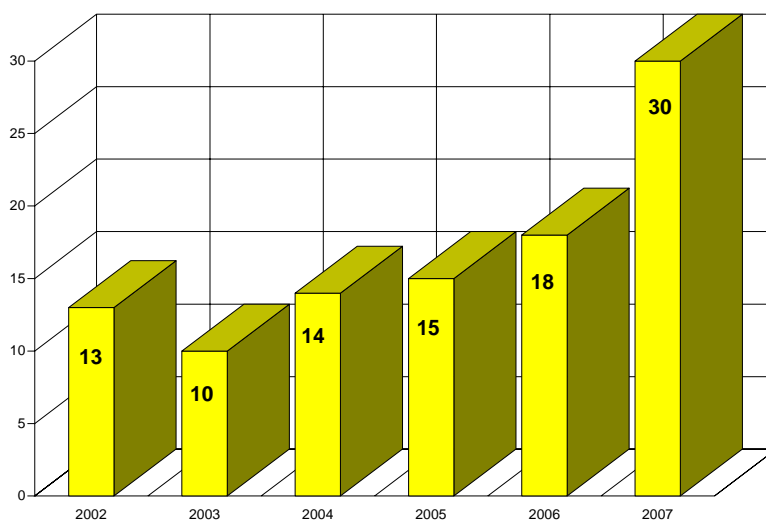


Figura 1: Cantidad de desconexiones por año.

4.2 Tiempo total de las desconexiones de líneas de interconexión por año

Sin embargo, el tiempo total de las desconexiones no acompaña en evolución, a la cantidad de desconexiones por año. Comparativamente, se observa un tiempo de indisponibilidad de las líneas de interconexión del sistema en los dos primeros años, muy superior al de los siguientes años considerados en este estudio, conforme se observa en la siguiente figura.

En el 2002, el número elevado se debió a la indisponibilidad de las LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4) y LI 66 kV MD-FI, conforme puede observarse en la tabla 3. La primera durante 42h 38min (2.558min) en consecuencia de una falla ocurrida el 24/01/02 a las 17h 51min y la segunda durante 13h 22min (802min) en consecuencia de dos fallas ocurridas el 26/09/02 a las 03h 55min y el 06/12/02 a las 08h 54min.

En el 2003, el tiempo muy elevado de indisponibilidad fue consecuencia de una falla en la LI IPU 60 Hz FI 1, ocurrido el 24/06/03 a las 03h 09min que dejó indisponible a la misma durante 60h 45min (3.645min).

En el 2005, hubo alta indisponibilidad de la LI 66 kV MD-ACY que tuvo una incidencia importante en la sumatoria total, debido a la ruptura de uno de los conductores de dicha línea, el 24/08/05 a las 04h 33min que dejó indisponible a la misma durante 07h 44min (464min).

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

En el año 2007 la indisponibilidad elevada se debió a problemas con el cierre del interruptor 52-70 de la LI 220 kV MD-ACY 1 en la SE-ACY 220 kV, luego de la única perturbación en el 2007, dejándola indisponible durante 2h 58min (178min) que corresponde a 54% del total en el año (329), conforme se observa en la figura 2 y en la tabla 3.

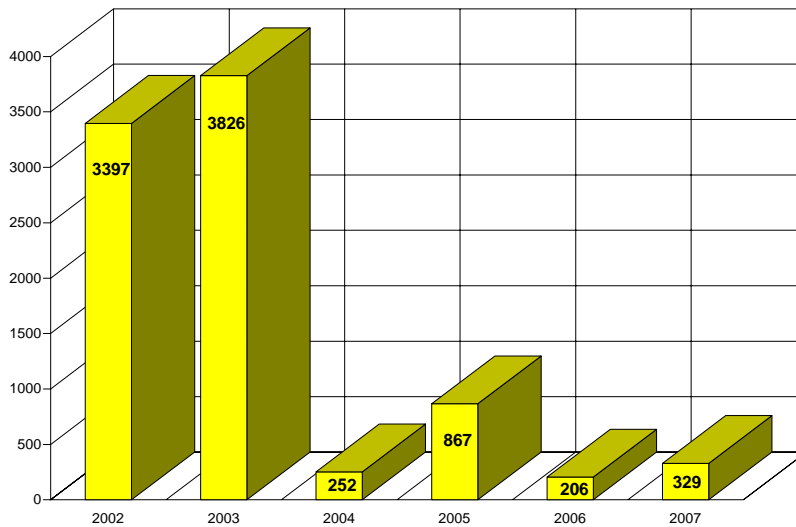


Figura 2: Tiempo total de las desconexiones por año

4.3 Desconexiones de cada una de las líneas de interconexión.

En la figura 3, se observa una cantidad de desconexiones de las líneas LI 220 kV MD-CYO (36), y LI 220 kV MD-IRY-CYO (29), en total 65, muy superior a los números estadísticos de desconexión de las demás líneas de interconexión del sistema en el periodo considerado.

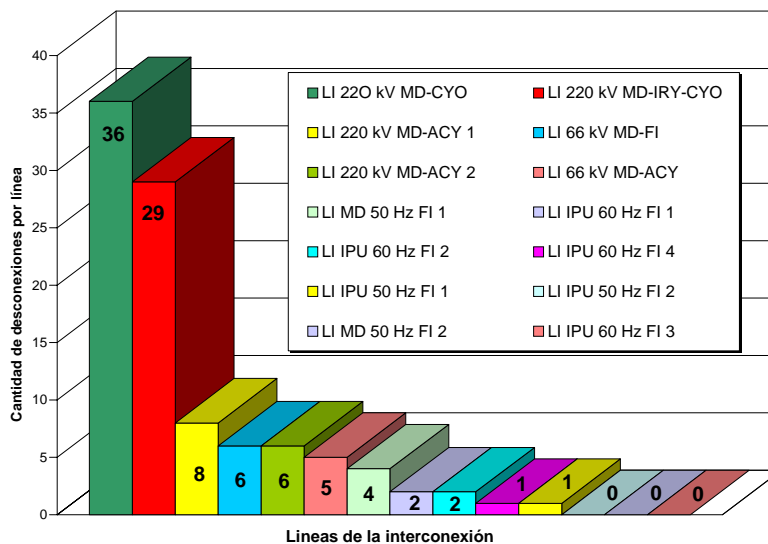


Figura 3: Cantidad de desconexiones

También es interesante mencionar que las desconexiones de las LI 220 kV MD-ACY 1 y 2, ocurrieron siempre simultáneamente, 8 y 6 veces respectivamente, a excepción del año 2006 en la cual la LI 220 kV MD-ACY 1 desconectó 2 veces, permaneciendo la LI 220 kV MD-ACY 2 en operación.

4.4 Principales causas de desconexión de las líneas LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4).

El número elevado de 65 desconexiones de las líneas LI 220 kV MD-CYO y LI 220 kV MD-IRY-CYO, fueron debido en gran parte a actuaciones correctas (60) de sus protecciones de distancia, siendo las principales causas las siguientes: fallas externas en el sistema de la ANDE (21), descargas eléctricas atmosféricas en las citadas líneas (25) y a otras causas (19), conforme puede observarse en la figura 4.

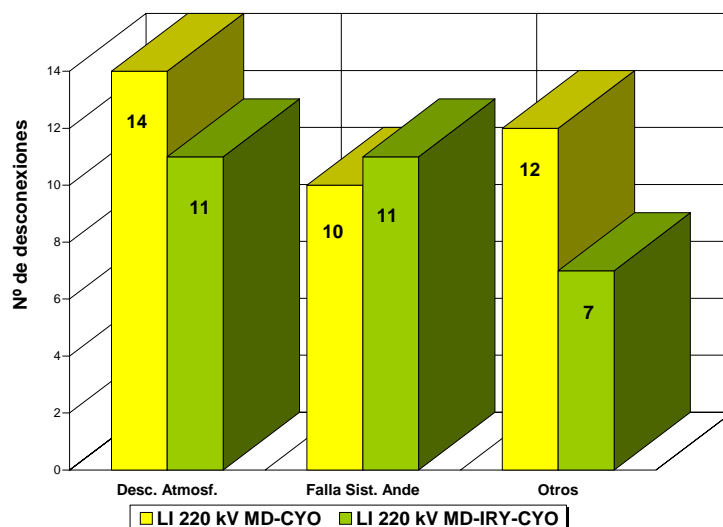


Figura 4: Principales causas de desconexión de las líneas L3 y L4.

En la figura 5, puede observarse la evolución del elevado número de desconexiones ocasionadas por descargas eléctricas atmosféricas (25), de las líneas LI 220 kV MD-IRY-CYO y LI 220 kV MD-CYO, que corresponde al 39% del total (65) del periodo considerado, comparada con las demás causas. Cabe mencionar también, que en el año 2007, ocurrieron 12 desconexiones por dicho motivo, lo cual corresponde a un considerable número del total.

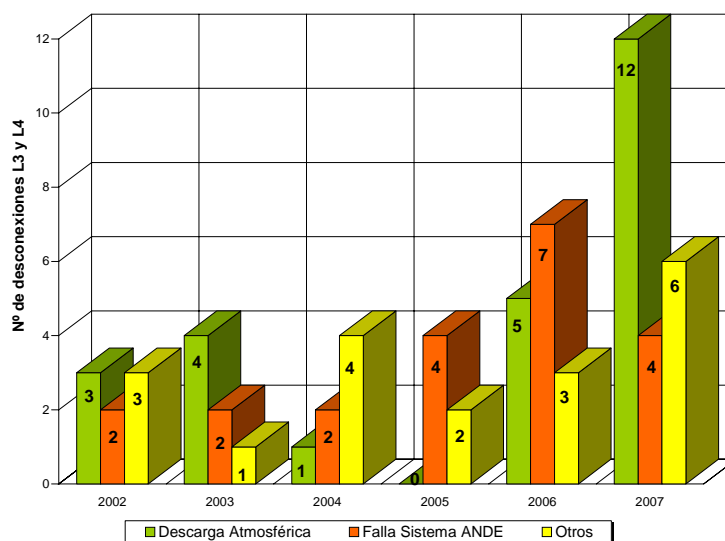


Figura 5: Principales causas de desconexión de las líneas L3 y L4 por año

4.5 Indisponibilidad de las líneas de interconexión.

En el siguiente gráfico de la figura 6, se observa un tiempo de desconexión muy superior de las líneas LI IPU 60 Hz FI 1 y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4), con relación a las demás líneas de la interconexión.

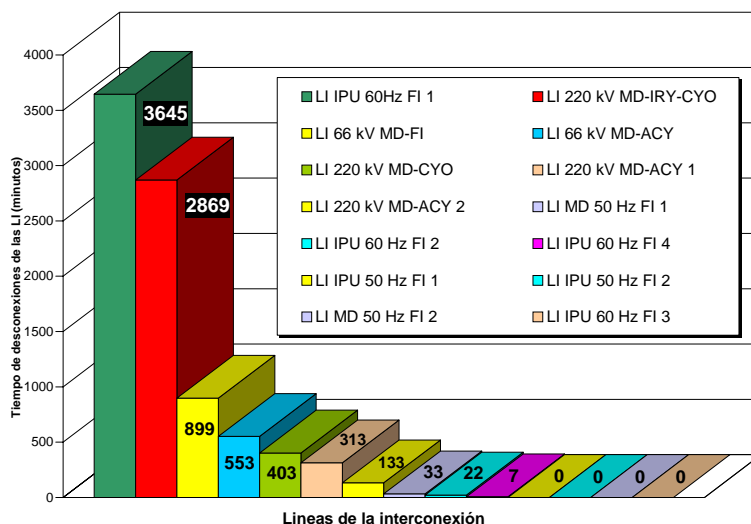


Figura 6: Tiempo total de desconexión de cada una de las líneas de interconexión.

La primera de ellas es la LI IPU 60 Hz FI 1, cuyo tiempo de desconexión fue debido a una única desconexión ocurrida el 24/06/2003 a las 03h 09min (RAP 12/2003), ocasionada por un corto circuito en la salida de la línea de la SE-IPU 60 Hz (GIS 60 Hz), seguida de la actuación incorrecta de la protección contra falla del interruptor del lado de alta tensión del transformador ATR01 en la SE-FI 60 Hz, que dejó a la misma indisponible durante 60h 45min (3.645min).

La alta indisponibilidad de la LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4), fue debido a una falla monofásica en la fase T, ocurrida el 24/01/2002 a las 17h 51min (RAP 04 y 05/2002) que dejó fuera de servicio a la misma durante 42h 27min (2.547min). El motivo de esta falla, fue la incrustación de la rama de un árbol en la ménsula de una de las torres de transmisión de la línea.

La LI 66 kV MD-FI también tuvo una alta indisponibilidad por dos fallas ocurridas en el año 2002, la primera el 26/09/2002 a las 03h 55min (RAP 23/2002), por una falla monofásica a tierra en la misma, ocasionada por un accidente de tránsito que dejó indisponible a la misma durante 08h 47min (527min) y la segunda el 06/12/2002 a las 08h 54min (RAP 30/2002), por una rotura de uno de los conductores de la línea, dejándolo indisponible durante 04h 35min (275min).

Otra línea que tuvo alta indisponibilidad fue la LI 66 kV MD-ACY debido a una ruptura de uno de los conductores de la línea, el 24/08/05 a las 04h 33min (RAP 019/2005) que dejó indisponible a la misma durante 07h 44min (464min).

También presentaron sumatorias elevadas de indisponibilidad, la LI 220 kV MD-CYO, (403min) y la LI 220 kV MD-ACY 1, (313min) en el periodo total considerado. Tuvo incidencia considerable en la sumatoria de esta última, una desconexión ocurrida el 16/11/07, por actuación correcta de sus protecciones, seguida de problemas con el cierre del interruptor 52-70 de dicha línea, dejándola indisponible durante 178min.

4.6 Indisponibilidad de las líneas de interconexión excluyendo fallas de larga duración

En la tabla 4, se presentan discriminados los tiempos de indisponibilidad de larga duración que tuvieron alta incidencia en la sumatoria total de tiempos de indisponibilidad de las líneas de la interconexión del sistema.

Tabla 4: Tiempos de indisponibilidad de larga duración

AÑO	Lineas de interconexión del sistema	Tiempo de indisponibilidad (min)	Cantidad de desconexiones
2002	LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4)	2.547	2
	LI 66 kV MD-FI	802	2
2003	LI IPU 60 Hz FI 1	3.645	1
2004	Ninguna	0	0
2005	LI 66 kV MD-ACY	464	1
2006	Ninguna.	0	0
2007	LI 220 kV MD-ACY 1 (L1)	178	1

En la figura 7 se presentan los tiempos de indisponibilidad de las líneas de interconexión del sistema, excluyendo las fallas de larga duración, ocurridas en consecuencia de siete (7) desconexiones en el periodo, tal como se observa en la tabla 4.

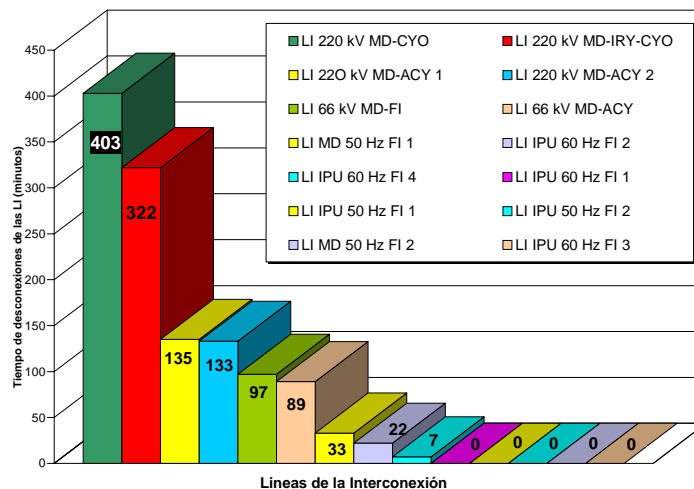


Figura 7: Tiempo total de desconexión excluyendo fallas de larga duración

En la figura anterior, se puede observar que las líneas con mayor indisponibilidad con estas exclusiones son las líneas de 220 kV del sistema, seguida de las de 66 kV y finalmente las de 500 kV.

Es interesante comparar los gráficos de las figuras 6 y 7, destacándose el hecho de que la LI 220 kV MD-CYO (L3), situada en el quinto lugar en cuanto a la indisponibilidad total de tiempo con 403min, es la primera en indisponibilidad de tiempo excluyendo las fallas de larga duración, con 403min. Esto indica que la LI 220 kV MD-CYO (L3), no tuvo desconexiones con elevada indisponibilidad de las mismas, asociándose este tiempo elevado, a la cantidad elevada de desconexiones (36). Lo mismo ocurrió en la LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4), con 29 desconexiones y 322min de indisponibilidad.

4.7 Cantidad de desconexiones de líneas por kilómetro.

En el gráfico de la figura 8 se presenta un interesante índice de fallas por Km de las líneas de interconexión del sistema. En el mismo, se observa que las líneas LI 220 kV MD-ACY 1 (1,70 fallas x Km), LI 220 kV MD-ACY 2 (1,28 fallas x Km) y LI 66 kV MD-ACY (1,06 fallas x Km), son las únicas cuyo índice sobrepasa el valor de la unidad. Cabe mencionar también que las únicas líneas de interconexión de extensión considerable (210 Km), son las LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4), cuyos datos se presentan en la tabla 1.

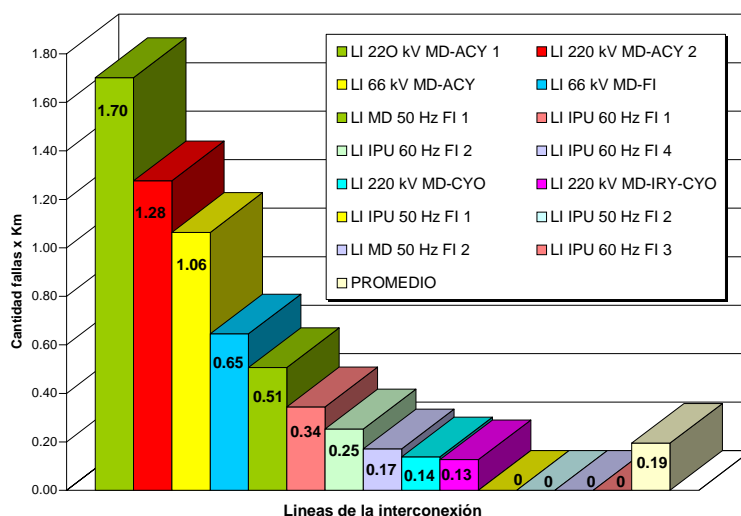


Figura 8: Cantidad de perturbaciones por Kilómetro

Un hecho interesante, es que las líneas LI 220 kV MD-CYO (0,14 fallas x Km) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (0,13 fallas x Km) presentan los valores más bajos de todas las líneas de la interconexión, inferior inclusive al promedio del total (0,19 fallas x Km).

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en el proceso de acompañamiento de los indicadores de continuidad de la interconexión, hacen posible identificar las líneas de interconexión que se encuentran con los índices de desconexión y tiempos de indisponibilidad elevados, así como recomendar las acciones necesarias para el mantenimiento de la calidad del servicio del sistema de transmisión.

Haciendo un resumen de los índices observados, podemos destacar lo siguiente:

- Se observa un incremento moderado de la cantidad total de desconexiones de las líneas de interconexión hasta el año 2006 y un incremento considerable en año 2007.
- El elevado tiempo de indisponibilidad de las líneas de interconexión, principalmente de las líneas LI IPU 60 Hz FI 1 y LI 220 kV MD-IRY-CYO, con relación a las demás líneas de la interconexión, está asociado a fallas reales en las mismas que demandaron un tiempo considerable para su solución y normalización.
- El número total de desconexiones de las líneas de interconexión de 220 kV entre ITAIPU y ANDE, asociada a fallas en el Sistema de la ANDE (21), es considerable, observándose una sensible reducción en el año 2007 con relación al año anterior.



VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

- Las desconexiones de las líneas LI 220 kV MD-IRY-CYO y LI 220 kV MD-CYO, ocurridas en consecuencia de descargas eléctricas atmosféricas en las mismas (25), es muy elevado con relación a las demás causas, pues corresponde al 39% del total (65). Cabe mencionar además la alta incidencia de las desconexiones ocurridas por dicho motivo en el año 2007 (12), que corresponde al 48% del total de las desconexiones (25) ocurridas en el periodo considerado del 2002 al 2007.
- La alta incidencia de las desconexiones originadas en fallas internas ocurridas en el sistema de la ANDE, indican una falla de coordinación de las protecciones, pues dichas fallas deberían ser eliminadas en el área afectada.
- El índice mas elevado de fallas por Km, corresponde a las líneas LI 220 kV MD-ACY 1 y 2, con 1,70 y 1,28 fallas x kilómetro, respectivamente.
- Un hecho interesante, es que las líneas LI 220 kV MD-CYO (0,14 fallas x Km) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (0,13 fallas x Km) presentan los índices más bajos de fallas x km de todas las líneas de la interconexión, inferior inclusive al promedio del total (0,19 fallas x Km).

6. Referencias

[1]- Informe de Análisis de la Perturbación (RAP) - OPSE.DT.

[2]- Informe de Novedades en el Sistema - OPSO.DT.

[3]- Instrucción de Operación de la Interconexión (IOI) – OPSE.DT.

[4]- RAP - Banco de Datos de Perturbaciones – INTRANET.

[5]- Gerenciamento dos indicadores de continuidade dos Pontos de Controle (PC) da Rede Básica - Ciclo 2.006 - (ONS).