

ANÁLISIS DE LOS ESQUEMAS DE RECHAZO DE CARGA POR BAJA FRECUENCIA Y DE SEPARACIÓN DE ÁREA DEL SEN VENEZOLANO

Autores: Ing. Leonardo Villa; Ing. Marino Maragno

Empresa: OPSIS (Oficina de Operación de Sistemas Interconectados)

Resumen

En vista de los cambios ocurridos en el Sistema Eléctrico Nacional Venezolano, especialmente la incorporación de unidades de generación, se hace necesario realizar una revisión y actualización de la capacidad de regulación del Sistema Interconectado Nacional (SIN), los botes de carga por baja frecuencia (BCBF) y de los esquemas para separación de áreas operacionales (ESA), los cuales han sido objeto de estudios previos, de forma tal de garantizar una mayor seguridad y mejor aprovechamiento de la generación bien sea térmica, hidráulica, etc., ante eventos que den como resultado pérdidas de carga por pérdidas en la generación o la separación total del resto del sistema interconectado de una o varias áreas importantes a la ves.

Introducción

La respuesta del SIN ante pérdidas importantes de generación, es determinada principalmente por la relación entre la inercia total del sistema y el desbalance presente, por los controles de velocidad (gobernadores) de las unidades en servicio, por la reserva rodante y por las por las características dinámicas de la carga, resultando la acción combinada de todos estos factores en una característica de regulación del sistema que define tanto la relación entre el desbalance generación-carga y la desviación de frecuencia, como el valor máximo de dicho desbalance que el sistema es capaz de soportar.

Para incrementar esta capacidad de regulación, existe en el SIN un esquema de bote de carga por baja frecuencia (BCBF), y además, para evitar un colapso total del sistema en casos en los cuales el desbalance no puede ser corregido aún con la ayuda del BCBF, existen esquemas para separación de áreas operacionales (ESA) del resto del sistema.

La capacidad de regulación del SIN, los BCBF y los ESA han sido objeto de estudios previos, pero, en vista de los cambios ocurridos en el sistema nacional, especialmente la incorporación de unidades de generación, se hace necesario realizar una revisión y actualización de dichos estudios.

Escenario Base

A fines de analizar el comportamiento de los esquemas de bote de carga por baja frecuencia (BCBF) y de separación de áreas actualmente instalados, se elaboró un escenario base de flujo de carga que se detalla en la Tabla 1 y en cuanto a las condiciones de generación, se consideraron en servicio las siguientes unidades en las centrales de generación:

Guri I: 7 unidades, Guri II: 8 unidades, Macagua I: 5 unidades, Macagua II: 10 unidades, Caruachi: 3 unidades, Ampliación Tacoa: 2 unidades, OAM: 4 unidades, Planta Centro: 2 unidades, San Agatón: 1 unidad, Planta Páez: 2 unidades, Ramón Laguna (15-17): 2 unidades, Termozulia: 1 unidad, Anaco: 1 unidad, Guanta: 1 unidad, L. Cáceres: 6 unidades.

TABLA 1. (Demanda, generación y reserva del SEN).

ÁREA OPERATIVA	DEMANDA (MW)	GENERACIÓN (MW)	RESERVA (MW)
EDELCA	3.687	9.351	400
CADAFE Oriente	1.339	165	30
CADAFE Centro	3.327	1.016	60
CADAFE Occidente	688	382	10
EDC	1.747	1.300	52
ENELVEN	1.167	717	100
ENELCO	565	34	0
ENELBAR	490	85	0
SENECA	190	150	5
SISTEMA	13.200	13.200	657

Puede notarse que este escenario representa una condición de reserva mínima.

Esquema de Bote de Carga por Baja Frecuencia (BCBF)

Se simularon en las diferentes áreas operacionales relés de baja frecuencia asociados a las cargas indicadas por las empresas como desconectables.

Los ajustes de frecuencia de estos relés determinan los diferentes niveles de bote de carga, destacándose que solamente se consideran como integrantes del esquema BCBF del SIN aquellas cargas cuya desconexión está pautada antes de una eventual separación del área en la cual se encuentran. En base a esto, se consideran como parte del esquema BCBF del SIN los niveles I a IV de CADAFE CENTRO, EDC, ENELCO, ENELVEN y SENECA, y los niveles I a III de CADAFE OCCIDENTE. Estos niveles se detallan en la Tabla 2, siendo el total por empresas el siguiente:

Total EDC:

428 MW % carga local: 24,5

Total CENTRO:

533 MW % carga local: 16,0

Total OCC.:

104 MW % carga local: 15,1

Total ENELCO:

100 MW % carga local: 17,7

Total ENELVEN:

257 MW % carga local: 22,0

Total SENECA:

73 MW % carga local: 38,4

Total General:

1.495 MW % carga SIN: 11,3

En cuanto el porcentaje de carga desconectable por nivel, se tiene el 31 % para el nivel 1, el 16 % para el nivel 2, el 19 % para el nivel 3 y el 34 % para el nivel 4.

TABLA 2. (Botes de Carga por Baja Frecuencia en el SIN)

NIVEL	FREC. DE AJUSTE (Hz)	EMPRESA	CARGA A DESCONECTAR (MW)	TOTAL (MW)
I	58,9	EDC	79	465
		CADAFE CENTRO	234	
		CADAFE OCC.	22	
		ENELCO	25	
		ENELVEN	85	
		SENECA	20	
II	58,7	EDC	54	241
		CADAFE CENTRO	30	
		CADAFE OCC.	51	
		ENELCO	14	
		ENELVEN	73	
		SENECA	19	
III	58,5	EDC	117	277
		CADAFE CENTRO	71	
		CADAFE OCC.	31	
		ENELCO	16	
		ENELVEN	24	
		SENECA	18	
IV	58,3	EDC	178	512
		CADAFE CENTRO	198	
		CADAFE OCC.	0	
		ENELCO	45	
		ENELVEN	75	
		SENECA	16	

Esquemas de Separación de Área (ESA)

Existen en el SIN esquemas de separación de área en los sistemas de la EDC, ENELVEN, CADAFE Occidente, EDELCA y SENECA.

Los esquemas de separación de área (ESA) simulados fueron:

EDC:

- 1- Mínima frecuencia (58,25 Hz) / mínima tensión (0,7 p.u.) + potencia inversa.
- 2- Rampa negativa de frecuencia (-1,3 Hz/seg.) + Frecuencia mínima (59,5 Hz).

SENECA:

- 1- Rampa negativa de frecuencia (-1,0 Hz/s) + frecuencia mínima (59,5 Hz)
- 2- Potencia reactiva inversa (45 MVAR) + mínima tensión (0,92 p.u.)

OCCIDENTE:

- 1- Mínima frecuencia (58,3 Hz).
- 2- Rampa negativa de frecuencia (-1,5 Hz/s) + frecuencia mínima (59,65 Hz).
- 3- Existe un bote automático de 100 MW asociado con la apertura de la línea Morochas - Buena Vista a 230 kV.

EDELCA:

- 1- Frecuencia mínima (57,0 Hz) + rampa negativa de frecuencia (-0,2 Hz/s).

ENELVEN:

- 1- Mínima frecuencia (58,25 Hz)
- 2- Rampa negativa de frecuencia (-1,5 Hz/s) + frecuencia mínima (59,5 Hz) + tensión mínima (0,92 p.u.).
- 3- Existe un bote de carga a un monto seleccionable asociado con la apertura de la interconexión.

Análisis de los Esquemas BCBF y ESA

Se simularon rechazos de diferentes montos de generación con los esquemas BCBF y ESA existentes, a fines de evaluar el comportamiento de éstos, y precisar posibles acciones tendientes a optimizar dicho comportamiento, sin considerar alteraciones a los esquemas existentes. Se realizaron simulaciones de rechazos de generación tanto en EDELCA (unidades hidráulicas), donde está concentrada tanto la mayor reserva como la mayor cantidad de energía cinética en las masas rodantes, como en las unidades térmicas más importantes del centro, cuya respuesta tanto inercial como de gobernación es más lenta, destacándose que no se consideró reserva rodante en ninguna de las unidades de menos de 50 MW de capacidad, dado que usualmente éstas se encuentran operando al máximo de su capacidad y se analizaron rechazos comprendidos entre 400 MW hasta 3.600 MW.

Casos Simulados

Rechazo de 400 y 600 MW:

Para el caso de rechazar 400 MW, representa la salida de la unidad térmica mayor. La frecuencia desciende hasta un valor de 59,6 Hz, y se recupera a 59,97 Hz. No se activan botes de carga. También se analizó un rechazo análogo en EDELCA, teniéndose una caída de frecuencia algo mayor (59,47 Hz). (Ver Figura 1). Para el caso de rechazar 600 MW, representa la pérdida de la unidad mayor del SEN, es decir una unidad de la casa de máquinas 2 de Guri, y es soportado sin que se activen los botes de carga por baja frecuencia, siendo el valor mínimo alcanzado de 59,14 Hz, lo cual representa una caída de unos 0,15 Hz menor que lo que se tenía para estudios anteriores. La frecuencia tiende a estabilizarse en 59,9 Hz. (Ver Figura 1).

Rechazo de 800 y 1.000 MW:

Se simuló rechazos de 800 MW tanto en unidades de EDELCA como en unidades térmicas del centro (Tacoa), para este último caso, se incluyó una unidad adicional en Tacoa, ya que la salida de 2 unidades en esta planta, de no haber una tercera unidad, produce un colapso de tensiones en la región central, descendiendo la frecuencia a un valor de 59,2 Hz, sin activar botes de carga. Este caso se comporta de forma similar al rechazo de una unidad de 600 MW en Guri, y en el caso de rechazarse 800 MW en EDELCA (Macagua II en este caso), la frecuencia alcanza un mínimo de 58,85 Hz, y se activa el primer nivel de bote de carga. El tiempo de permanencia por debajo de 58,9 Hz es menor a 1 seg. La frecuencia tiende a un valor final de 59,94 Hz. (Ver Figura 1).

Para el caso de rechazar 1.000 MW, el valor mínimo de frecuencia es de 58,75 Hz, y no se activan los relés de bote de carga del nivel 2. Se observa una buena recuperación de la frecuencia, que alcanza un valor de 59,9 Hz. (Ver Figura 1).

Rechazo de 1.200 MW:

Este caso representa la pérdida de 2 unidades en Guri c.m. II, y con anterioridad era el caso límite para el cual no se tenían actuaciones de los esquemas de separación de área, y en la actualidad, la frecuencia alcanza un valor mínimo de 58,6 Hz, lo cual indica que hay operación de los dos primeros niveles, y parcial del tercero, al actuar los relés de la EDC solamente, tendiendo la frecuencia a un valor final de 59,9 Hz aproximadamente. (Ver Figura 1).

Rechazo de 1.500 y 1.600 MW:

Estos rechazos representan el caso límite para el comienzo de las separaciones de área. Para el caso de 1.500 MW (Ver Figura 1), la frecuencia baja hasta un mínimo de 58,35 Hz, pero se observa la desconexión de Occidente debido a las oscilaciones de velocidad de sus unidades, lo cual provoca una frecuencia local suficientemente baja como para hacer actuar su esquema de separación, y aún con el bote de carga adicional activado por la desconexión, Occidente colapsa. Para el caso de 1.600 MW (Ver Figura 2), se observa una frecuencia mínima de 58,25 Hz., y nuevamente se separan Occidente y SENECA, con consecuencias análogas al caso anterior, mientras que ENELVEN, aún cuando la frecuencia es marginal con el ajuste de su esquema ESA, se mantiene unido al sistema.

Rechazo de 1.800 y 2.000 MW:

Para el rechazo de 1.800 MW, se simuló la salida de tres unidades en Guri c.m. II., representando este rechazo en estudios anteriores, el máximo que podía ser soportado por el sistema sin colapso de la región central. Para las condiciones actuales, la frecuencia desciende hasta 58,2 Hz, actúan los cuatro niveles de bote de carga y se tiene separación por mínima frecuencia de ENELVEN y Occidente, y de SENECA por rampa, recuperándose SENECA y ENELVEN, pero Occidente, aún con el bote de carga adicional activado por la desconexión, colapsa, tendiendo la frecuencia en el resto del SEN a 59,95 Hz.

Para el caso de rechazar 2.000 MW, este rechazo de generación representa el máximo soportable por el sistema, observándose la operación de los esquemas ESA de SENECA, Occidente, ENELVEN y EDC, mostrando la frecuencia en el resto del SIN una recuperación peor que en los demás casos analizados, estando en 59,1 Hz tras 30 segundos, y tendiendo a un valor no mayor a los 59,5 Hz, siendo las separaciones de SENECA, Occidente y ENELVEN análogas a las observadas anteriormente, mientras que la EDC se separa por acción de su esquema de mínima frecuencia y potencia inversa, y bajo esta condición, si bien la frecuencia final observada es aceptable, se produce un pico de velocidad tras la desconexión que causaría el disparo de las unidades de O.A.M.

Rechazo de 2.400 MW:

Este rechazo causa la acción de todos los niveles de bote de carga, y de todos los esquemas de separación. EDC, SENECA y Occidente se separan por rampa de frecuencia, y ENELVEN por

mínima frecuencia. La frecuencia en el resto del sistema sigue descendiendo tras la acción de los esquemas ESA mencionados, y se produce la separación de EDELCA - Oriente, de la región central y ENELCO. Estas últimas colapsan, mientras que en EDELCA - Oriente se tiene un pico de velocidad de unos 65,0 Hz. Sin embargo, las unidades de Guri pueden soportar esta situación. (Ver Figura 3).

Rechazo de 3.600 y 4.800 MW:

Estos casos se realizaron para analizar el comportamiento de EDELCA-Oriente bajo diferentes condiciones de desbalance carga-generación al momento de ocurrir la acción del esquema de separación. Como era previsible, el pico de velocidad se reduce mientras mayor sea el rechazo, teniéndose 63,5 Hz para 3.600 MW y 62 Hz para 4.800 MW. (Ver Figura 3).

Adicionalmente a estos casos, se realizó una sensibilidad ante la redistribución de la generación en EDELCA en vista del incremento previsto de disponibilidad de unidades en Caruachi: Se substituyó una unidad de Guri c.m. II por tres unidades en Caruachi, resultando en un total de 7 unidades en Guri c.m. II y 6 unidades en Caruachi, y se volvieron a simular las salidas de 600 MW y 1.200 MW en Guri. El resultado del rechazo de 600 MW indica una recuperación algo más lenta de la frecuencia al estar las 6 unidades de Caruachi, pero esto se debe a que la reserva total en este caso es inferior a la que se tiene con las 8 unidades en Guri en aproximadamente 70 MW. Para el caso de rechazar 1200 MW, con la actuación de los niveles de bote automático de carga, esta diferencia ya no es evidente. (Ver Figura 4 y 5).

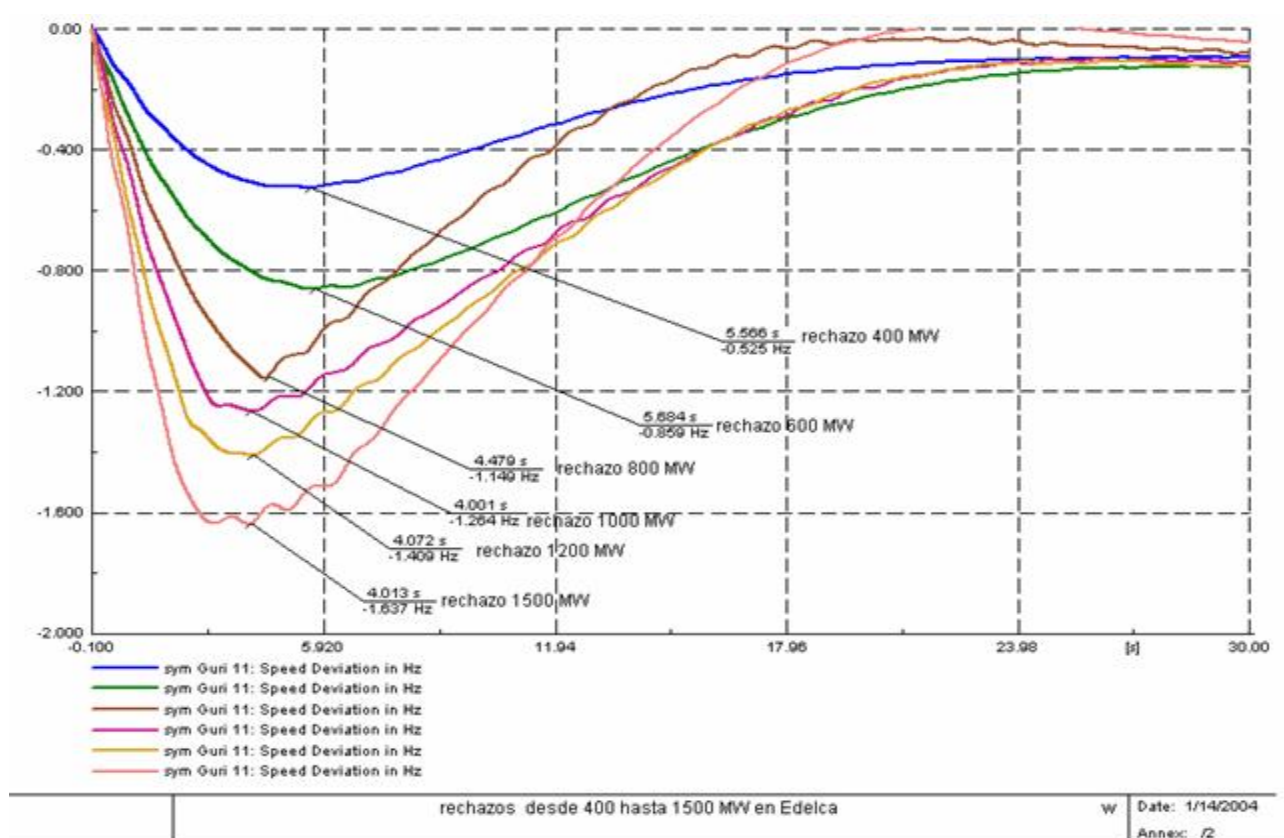


Figura 1. (Rechazo desde 400 hasta 1.500 MW)

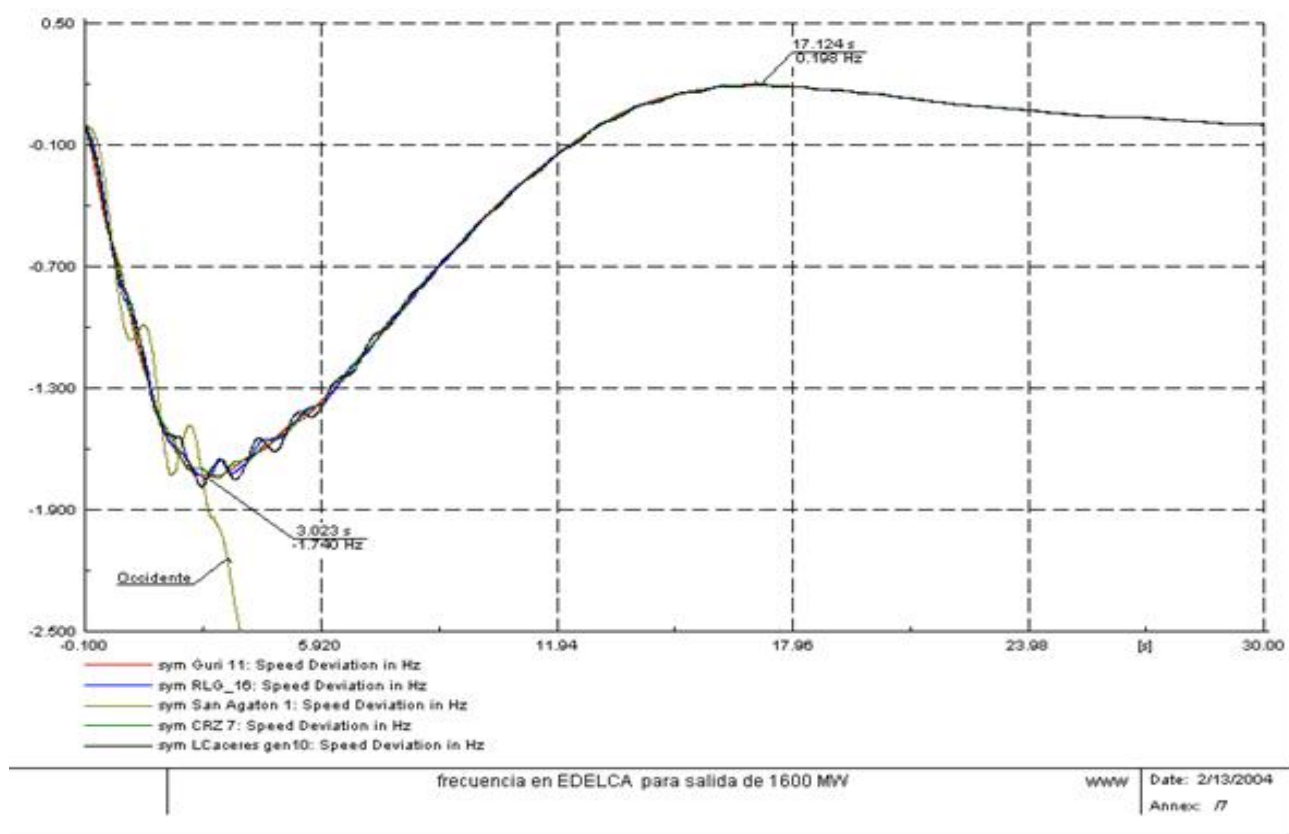


Figura 2. (Rechazo de 1.600 MW)

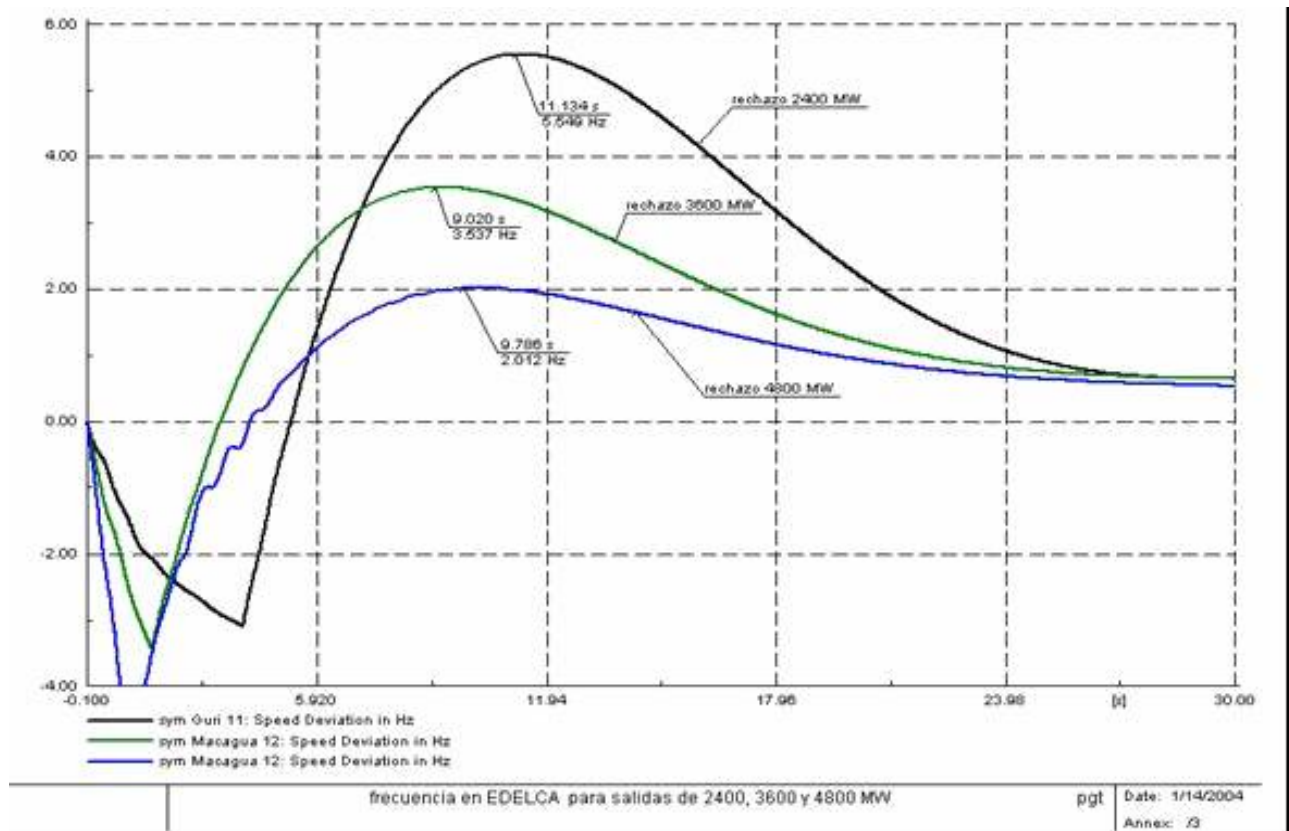


Figura 3. (Rechazo de 2.400, 3.600 y 4.800 MW)

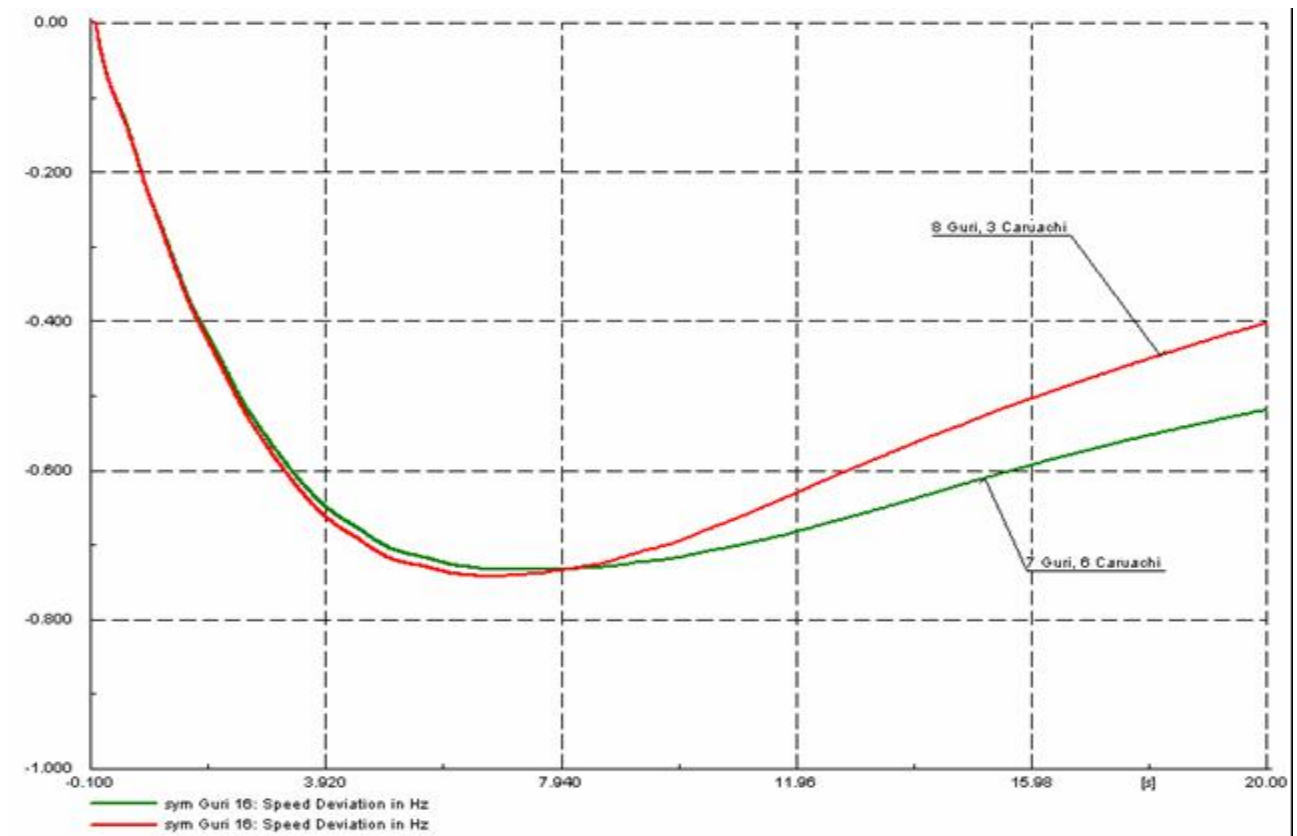


Figura 4. (Rechazo de 600 MW)

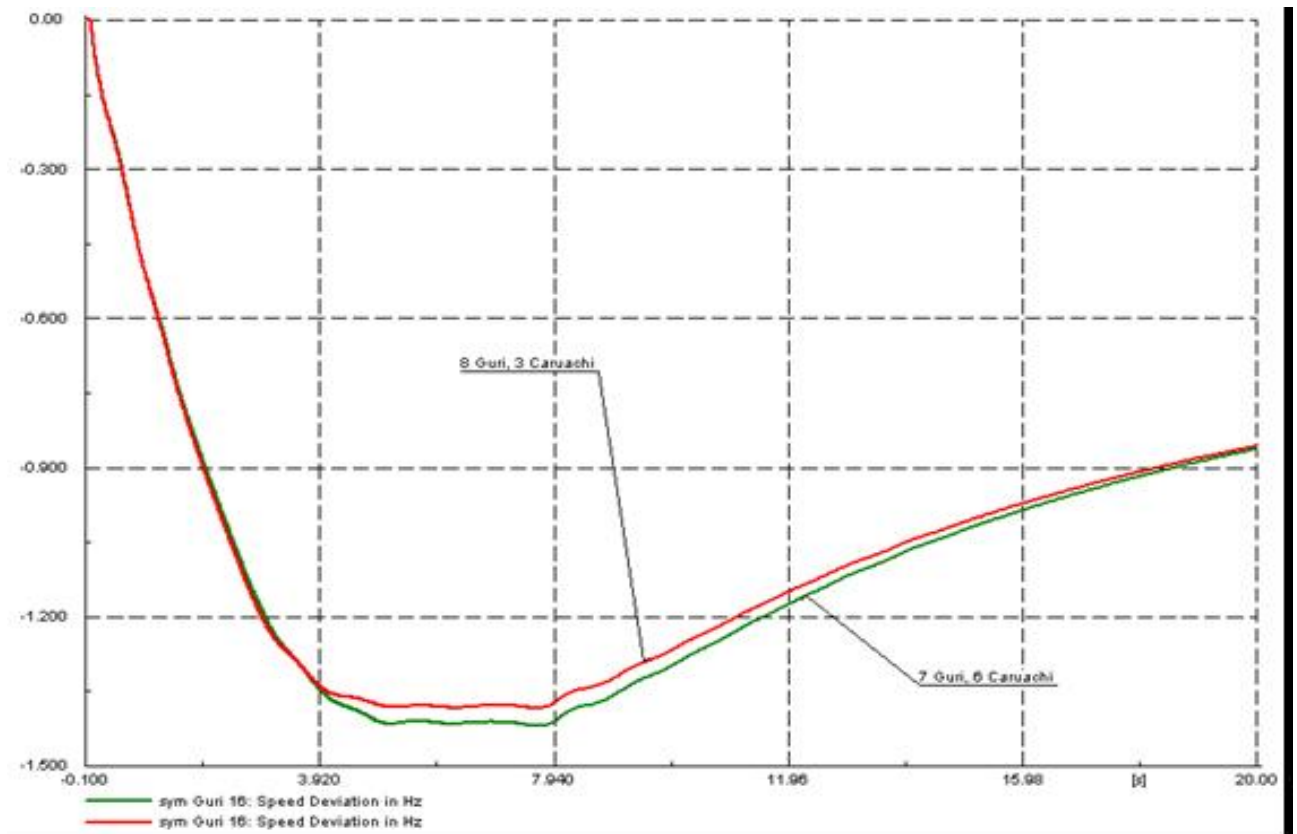


Figura 5. (Rechazo de 1.200 MW)

Análisis de Resultados

Se obtuvieron las principales características del comportamiento del sistema ante rechazos de generación:

- Los botes automáticos de carga ocurren para rechazos de más de 800 MW y el rechazo de la unidad mayor es soportado por el sistema sin inconvenientes, soportando el sistema rechazos de hasta 1.500 MW sin que se tengan separaciones de áreas. Los esquemas ESA comienzan a operar a partir de este monto.
- Los primeros ESA en operar son los de SENECA y Occidente, el de ENELVEN opera a partir de rechazos de 1.800 MW y el de la EDC opera para rechazos superiores a los 1.800 MW.
- El sistema soporta rechazos de hasta 2.000 MW sin que se tenga colapso del área central y para rechazos de 2.400 MW, ocasionan la separación de EDELCA-Oriente y del área central.
- Todos los rechazos inferiores a los 2.000 MW muestran una recuperación de la frecuencia a valores cercanos al nominal. En el caso de rechazar 2.000 MW, la frecuencia final no es, sin embargo, crítica.

En relación con el comportamiento de los BCBF, se puede observar que:

- Los rechazos de carga por baja frecuencia no ocurren para ningún rechazo simple de unidades de generación y el monto total de carga desconectado es adecuado para la regulación adicional provista, al ser que, en todos los casos analizados, la frecuencia se recupera a valores satisfactorios.

Con respecto a los ESA, éstos deben analizarse no tanto como herramientas para extender la capacidad de regulación del sistema, sino, para no permitir el colapso de una área operacional en condiciones bajo las cuales, sería arrastrada a un colapso por el resto del sistema. Bajo esta premisa, se observa:

- El ESA de Occidente no desconecta de forma segura dicha área, esto es debido principalmente al nivel de importación pre-falla, que implica un desbalance tras la desconexión que no es corregido por los botes automáticos de carga.
- Los niveles IV y V de desconexión de carga de la EDC se encuentran muy cerca de la frecuencia de ajuste del ESA, por lo cual no se tiene discriminación entre ellos, es decir, el nivel IV no previene una desconexión, la cual a su vez no previene el disparo del nivel V, así mismo, la operación del ESA de la EDC por mínima frecuencia puede producir sobrevelocidad en la planta OAM lo que indicaría que se tiene un rechazo de carga excesivo, específicamente en el nivel V.
- El ESA por rampa de frecuencia de ENELVEN nunca opera, al verse inhibido por la supervisión de tensión mínima: esto se debe a que, tras un rechazo de generación importante en Guri, la tensión en las barras de interconexión de ENELVEN tiende a subir.
- También se observa que, debido a la mayor inercia existente en el sistema con relación a los estudios anteriores, las tasas de caída de frecuencia son ahora menores, lo cual hace que los ajustes existentes de los relés de rampa deban revisarse.
- El rechazo de carga de EDELCA es prácticamente simultáneo con la separación de área.

Revisión de los ESA

Se analizan ahora acciones posibles para optimizar el comportamiento de los ESA. Estas acciones se limitan a modificaciones de ajustes de los relés existentes, y no implican incorporación de nuevos equipos:

- Eliminar la supervisión de mínima tensión sobre los relés de rampa de ENELVEN.
- Reducir el ajuste de frecuencia mínima de ENELVEN a 58,2 Hz.
- Reajustar los relés de rampa de EDC y ENELVEN a -1,25 Hz/s.
- Reducir el ajuste de frecuencia del ESA de Occidente a 58,0 Hz, y aumentar el bote de carga remoto de Occidente a 200 MW.
- Reajustar las frecuencias de los niveles IV y V de la EDC a 58,4 Hz y 58,0 Hz, y la frecuencia mínima del ESA de la EDC a 58,2 Hz, y también transferir en la EDC 175 MW de carga rechazada en el nivel V (ahora 58,0 Hz) a un nivel adicional VII ajustado en 57,9 Hz.

Los reajustes de los relés de rampa, así como la eliminación de la supervisión de tensión en ENELVEN, buscan lograr la operación adecuada de dichos relés para las nuevas condiciones del sistema: en el caso del rechazo de 1.800 MW, se tuvo una pendiente máxima cercana a -1,2 Hz/seg., así como la modificación en el esquema de Occidente busca reducir la posibilidad de su desconexión, dada la posibilidad de colapso, en aquellos casos en que el sistema puede recuperarse, y la transferencia de carga desconectable en EDC busca reducir la posible sobrevelocidad cuando ocurra una separación por frecuencia mínima, dado que la condición de potencia inversa retrasa la operación del ESA lo suficiente como para que opere el nivel V de esta área. La reducción en el ajuste de ENELVEN tiene como objetivo analizar la posibilidad de incrementar el máximo rechazo de generación que puede ocurrir sin desconexiones de áreas.

Simulaciones con Esquemas Modificados

Se repitieron las simulaciones de los rechazos anteriores, incluyendo las modificaciones antes descritas.

Rechazo de 1.200 y 1.600 MW:

En el caso de 1.200 MW, no presenta ninguna diferencia con lo anteriormente observado. Para el caso de 1.600 MW, se observa que ahora solamente se tiene desconexión de SENECA. La frecuencia mínima es de 58,26 Hz, y la oscilación local de frecuencia en Occidente no es suficiente para causar la separación de ésta área, mostrando la frecuencia buena recuperación, llegando a 59,7 Hz tras 20 seg.

Rechazo de 1.800 MW y 2000 MW:

Este caso de 1.800 MW se simuló para determinar el efecto del incremento del bote remoto de carga de Occidente de 100 MW a 200 MW, permitiendo esta nueva condición que CADAFE Occidente se recupere tras su separación. (Ver Figura 6). Para el caso de 2.000 MW, se simuló considerando solamente las modificaciones en el esquema de BCBF y el ESA de la EDC, observándose que aún disparando el nivel V modificado tras la separación por frecuencia mínima no se produce sobrevelocidad en OAM. El nuevo nivel VII no dispara.

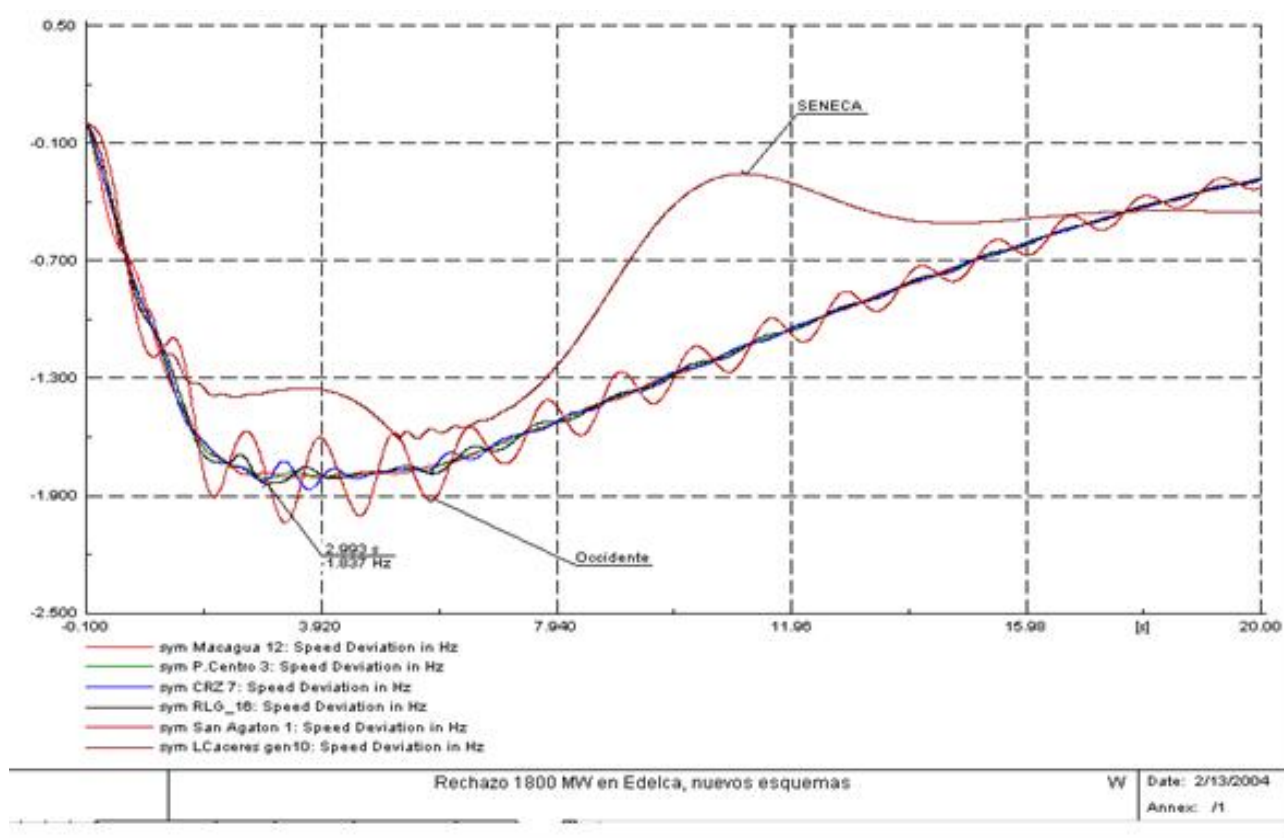


Figura 6. (Rechazo de 1.800 MW)

Rechazo de 3.600 MW:

Este caso se comporta de forma análoga al caso sin modificaciones.

Se pueden resumir los aspectos resaltantes de estas nuevas modificaciones como sigue:

- El rechazo de 1.600MW no ocasiona desconexión de Occidente y ENELVEN, recuperándose satisfactoriamente el sistema y la EDC se separa ahora por rampa, y no se produce sobrevelocidad, aún en los casos en que se tenga separación por frecuencia.

- La carga rechazada en EDELCA antes de su desconexión no es suficiente para garantizar la recuperación.

- En los casos en que Occidente se separa, sigue produciéndose el colapso del área, para evitar esto, se debe o bien incrementar el bote de carga asociado con la separación, o bien operar con valores de importación pre-falla mucho menores.

Revisión de los BCBF

Esta revisión tiene como objetivo evaluar la distribución por áreas de la carga desconectable por baja frecuencia, y proponer, en caso de ser necesario, una participación más equitativa de cada área al esquema BCBF, sin considerar modificaciones sobre el monto total de carga rechazada, ni la escala de niveles, al ser que las simulaciones realizadas indicaron que el efecto global de los BCBF es adecuado, y permite una correcta recuperación de la frecuencia del sistema, considerándose para este análisis las siguientes premisas:

- CADAFE, ENELBAR y ELEVAL se considerarán como una única área por motivos de simplicidad, así como se consideran en el análisis los niveles I a IV, con excepción de Occidente, donde sólo se considerarán los niveles I a III.

- Se excluye del análisis el área de SENECA, por ser que sus botes de carga responden también a necesidades propias del área en caso de su separación.
- No se incluyeron los niveles internos de cada área. Esto incluye los botes de EDELCA.
- No se consideraron las áreas de CADAFE, SEMDA y PDVSA en el Oriente del país, por ser que, rechazos de carga en esta región podrían ocasionar sobrevelocidades en caso de separación de EDELCA-Oriente.

La participación de cada área a la carga desconectable, recalculada bajo estas premisas, quedaría de la siguiente forma: ENELVEN: 18 %, ENELCO: 7 %, EDC: 30 %, OCCIDENTE: 7 % y CENTRO: 38 %.

Se compararía ahora esta distribución con la participación real de cada una de estas áreas a su demanda conjunta. Para obtener estas participaciones, se consideró el consumo de energía registrado para el año 2003, quedando los porcentajes de participación de la siguiente manera: CADAFE - ELEVAL - ENELBAR: 59 %, ENELVEN: 15 %, ENELCO: 6 %, EDC: 20 % y OCCIDENTE: 7 %.

Una distribución de la carga desconectable acorde con estos porcentajes de participación de carga, se tendría que en EDC y ENELVEN se rechaza un porcentaje superior a su participación, mientras que en ENELCO, ENELBAR y CADAFE-ELEVAL se rechaza un porcentaje inferior.

En particular:

	% carga	% a participar	Dif.
Cent.-Occ.	45	59	-14
EDC	30	20	+10
ENELVEN	18	15	+3
ENELCO	7	6	+1

Con base en los valores de carga utilizados en la simulación, estos porcentajes traducidos a MW indicarían:

CADAFE-ELEVAL-ENELBAR:

839 MW (+202 MW)

EDC:

284 MW (-144 MW)

ENELCO:

85 MW (-15 MW)

ENELVEN:

213 MW (-44 MW)

En base a esto, EDC y ENELVEN/ENELCO deberían reducir su monto de carga desconectable, sin embargo, dado que estas dos áreas tienen un esquema de separación, no es aconsejable que se eliminen los relés asociados a la carga en exceso, sino que deberían reajustarse a un valor de frecuencia mínima igual o inferior al nivel de separación, esto responde a la necesidad de mantener en tales áreas el mismo balance carga - generación bajo el cual se comprobó la recuperación de las

mismas tras la separación, por lo que las redistribuciones de carga desconectable deberán abarcar todos los niveles y también mantener los mismos totales en cada nivel.

Conclusiones

- En la actualidad, el esquema BCBF provee regulación para un máximo rechazo de 1.500 MW. La carga desconectada para rechazos de generación inferior o iguales a dicho valor son tales que se produce una recuperación adecuada de la frecuencia, y los porcentajes asignados a cada área operacional, sin embargo, no son equitativos si se les compara con la energía consumida por cada una de éstas áreas.
- Los esquemas ESA por rampa de frecuencia no actúan de forma óptima.
- CADAFE Occidente no tiene garantizada su recuperación tras una separación.

Recomendaciones

- Discutir la modificación de la distribución de carga desconectable por área. Los lineamientos de este estudio son indicativos solamente, y el criterio final debe ser acordado por las empresas.
- Suprimir la supervisión de tensión en el ESA de ENELVEN.
- Reducir a -1,2 Hz/seg., máximo los ajustes de los relés de rampa de EDC y ENELVEN.
- Reducir a 58,1 Hz el ajuste de frecuencia del ESA de ENELVEN y EDC, y a 58,0 Hz el ESA de Occidente.
- Reajustar a 58,4 Hz el nivel IV de la EDC y transferir el 50% de la carga del nivel V a un nuevo nivel VII ajustado a 57,9 Hz en EDC.
- Reajustar a 58,0 Hz el nivel V de carga rechazable de EDC y ENELVEN.
- Llevar el bote remoto de carga por desconexión en CADAFE Occidente a 200 MW.
- Llevar a cabo a la brevedad una revisión de todos los relés de bote automático de carga por baja frecuencia y de sus cargas asociadas.

Bibliografía

- [1] L.Villa, M.Maragno. “Análisis de los esquemas de rechazo de carga por baja frecuencia y de separación de áreas del SEN”. Agosto 2004.
- [2] M.Maragno, “Desconexión automática de carga por baja frecuencia y esquema de separación de áreas en el Sistema Interconectado Nacional”. Agosto 1999.

Biografía

Leonardo Villa R., graduado de Ingeniero Electricista en la Universidad Metropolitana (UNIMET) en 1993. Posee estudios de Post-grado en Sistemas de Potencia de la Universidad Central de Venezuela (1999). Se desempeña actualmente como Jefe de Estudios Operacionales en la División de Operaciones de la Oficina de Operación de Sistemas Interconectados (OPSIS). Ingresó a OPSIS el 1° de Enero de 1993.

Marino Maragno G., graduado de Ingeniero Electricista en la Universidad Central de Venezuela (UCV) en 1982. Su experiencia ha sido en la Oficina de Operación de Sistemas Interconectados (OPSIS) en estudios operacionales, programación de aplicaciones y SCADA. Se desempeña actualmente como Ingeniero de Operaciones en la Sección de Estudios Operacionales de la División de Operaciones de OPSIS. Ingresó a OPSIS el 1° de Abril de 1981.