

1. DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

El día 24 de diciembre del 2023 a las 09:08:34, se presenta un evento regional originado en Panamá, el cual según reporte N° 287-12-23 se debe a una *pérdida de 895 MW de carga y 910 MW de generación en área de control de Panamá, por cero voltaje en la subestación Panamá ocasionado por explosión de banco de capacitores C3 a 115 kV. provocando disparo de múltiples líneas de transmisión a 115 y 230 kV en Panamá, disparo de las tres líneas de interconexión a 230 kV entre Costra Rica y Panamá por ECS (solo en el extremo de Costa Rica, por operación de ECS CRI-PAN, ubicado en el área de control de Costa Rica, dejando aislada el área de control de Panamá) y disparo de línea de interconexión a 400 kV Tapachula - Los Brillantes (México - Guatemala) por operación de esquema EDALTIBV, quedando el SER aislado de México.*

En Costa Rica, la frecuencia subió hasta los 60.277 Hz y luego bajó hasta los 59.297 Hz, según las mediciones del PMU en la ST Angostura y activó el ECS Costa Rica - Panamá y además activó parcialmente la primera etapa del EDACBF. Es importante mencionar que durante el evento, el valor de la frecuencia sólo es menor de 59.3 Hz en esta subestación (valor definido para la activación de la primera etapa del esquema), los otros registros de PMU muestran valores de frecuencia superiores a 59.3 Hz.

2. CONSECUENCIAS DEL EVENTO

En Costa Rica, tiene lugar el disparo de las LT 230 kV RCL-PRO y LT 230 kV RCL-DOM; y cerca de 5 ciclos después, el disparo de la LT 230 kV CAH-CHA de acuerdo a la lógica del esquema de control suplementario (ECS) establecido entre Costa Rica - Panamá.

Además, tuvo lugar la actuación parcial del EDACBF que desconectó tres líneas de distribución que forman parte de la primera etapa. Los circuitos desconectados están vinculados a las subestaciones Alajuelita, El Este y Turrialba. La pérdida de carga, como resultado de la desconexión de dichas líneas de distribución fue de 15.8 MW, aproximadamente.

3. CONDICIÓN PREFALLA DEL SEN

Un minuto antes del evento, el SEN registraba una demanda de 1312.23 MW y los flujos netos de potencia en las interconexiones tenían los siguientes valores: CRI-NIC = 103.21 MW y CRI-PAN = -13.41 MW.

Observaciones: Ninguna.

Diagrama unifilar: Ver Figura 7.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS SUCESOS EN ORDEN CRONOLÓGICO

Fecha-Hora	Elemento	Causa
24/12/2023 09:08	ST Río Claro, Apertura Rio Claro (RCL) - Dominical (DOM) - 1	ECS
24/12/2023 09:08	ST Río Claro, Apertura Rio Claro (RCL) - Progreso (PRO) - 1	ECS

continúa en la próxima página...

Fecha-Hora	Elemento	Causa
24/12/2023 09:08	ST Cahuita, Apertura Cahuita (CAH) - Changuinola (CHA) - 1	ECS
24/12/2023 09:08	ST Alajuelita, Apertura LD-07 (La Verbena)	Baja Frecuencia
24/12/2023 09:08	ST El Este, Apertura LD-04 (Tres Rios)	Baja Frecuencia
24/12/2023 09:08	ST Turrialba, Apertura LD-01 (Azul)	Baja Frecuencia

5. CONFIGURACIÓN POSTFALLA

Un minuto después de iniciado el evento, el SEN registraba una demanda de 1281.65 MW y los flujos netos de potencia en las interconexiones tenían los siguientes valores: CRI-NIC = 188.62 MW y CRI-PAN = 0 MW. Con excepción de estas seis líneas (tres líneas de transmisión y tres líneas de distribución), ningún otro elemento del SEN fue desconectado por acción de las protecciones ni como consecuencia directa del evento.

Observaciones: Por acción del ECS, Panamá queda aislada del SER.

Diagrama unifilar: Ver Figura 8.

6. MANIOBRAS DE NORMALIZACIÓN REALIZADAS

Fecha-Hora	Elemento	Estado
24/12/2023 09:13	ST Alajuelita, LD-07 (La Verbena)	Normalizado
24/12/2023 09:13	ST El Este, LD-04 (Tres Rios)	Normalizado
24/12/2023 09:16	ST Turrialba, LD-01 (Azul)	Normalizado
24/12/2023 09:57	ST Río Claro, Río Claro (RCL) - Progreso (PRO) - 1	Normalizado
24/12/2023 10:17	ST Río Claro, Río Claro (RCL) - Dominical (DOM) - 1	Normalizado
24/12/2023 13:11	ST Cahuita, Cahuita (CAH) - Changuinola (CHA) - 1	Normalizado

7. ENERGÍA NO SUMINISTRADA

Subestación	Elemento	Potencia interrumpida [MW]	Energía no suministrada [MWh]	Duración [hh:mm:ss]
Alajuelita	LD-07 (La Verbena)	7.68	0.64	00:05:00
El Este	LD-04 (Tres Rios)	6.11	0.51	00:05:00
Turrialba	LD-01 (Azul)	2.03	0.27	00:08:00
Totales		15.82	1.42	

8. GENERACIÓN DESCONECTADA

Elemento	Desconexión [hh:mm]	Normalización [hh:mm]	Potencia pre-falla [MW]	Causa
Total			0	—

9. CONSIDERACIONES FINALES

La actuación del ECS en ST Río Claro es correcta. Las condiciones de frecuencia mayor a 60.25 Hz y suma de flujos mayor a 200 MW, según el PMU en ST Río Claro, se cumplieron a las 09:08:36.133 y se mantuvieron por aproximadamente 100 ms hasta que se da la señal de apertura y el flujo llega a cero 150 ms después de cumplirse las condiciones. Se puede concluir que el desempeño del ECS en ST Río Claro fue adecuado.

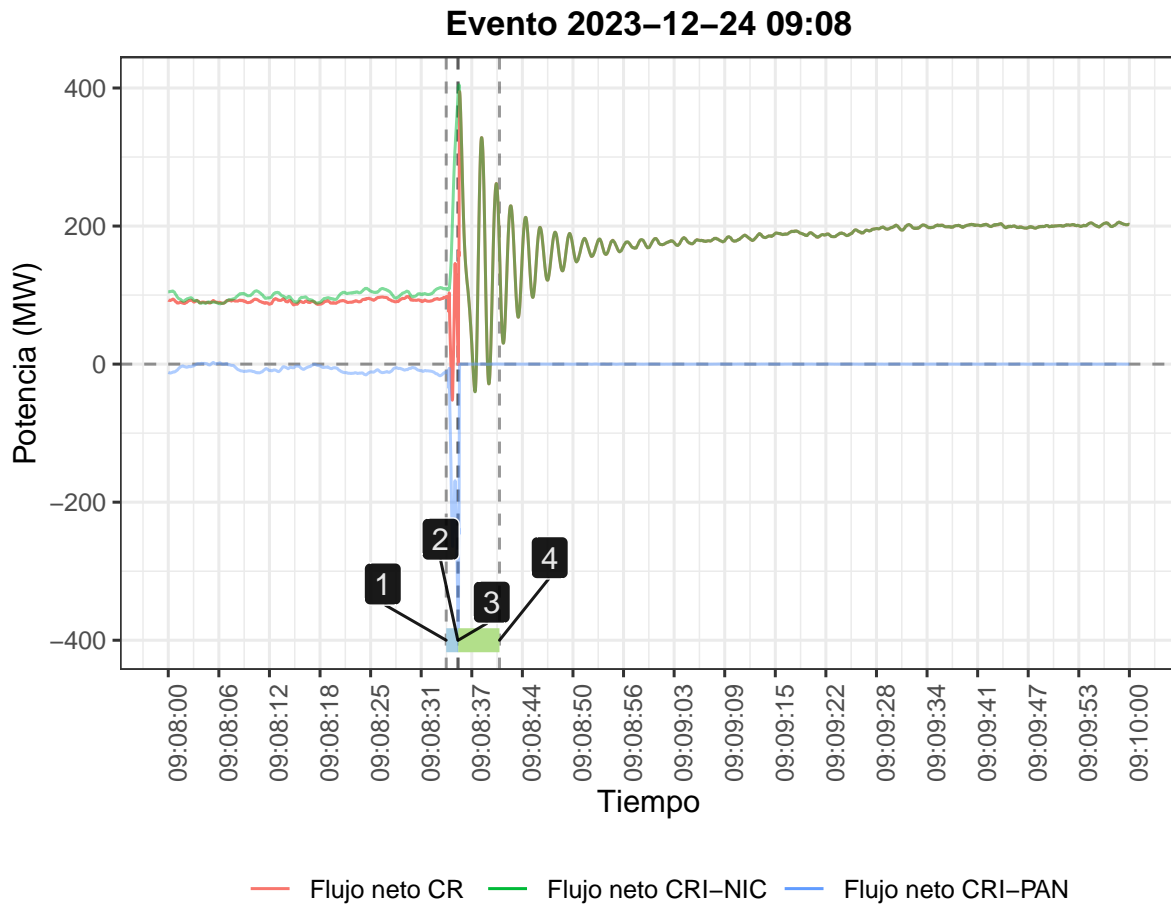
La actuación del ECS en ST Cahuita es correcta. Las condiciones de frecuencia mayor a 60.25 Hz y el flujo mayor a 100 MW, según el PMU en ST Cahuita, se cumplieron a 09:08:36.017 y se mantuvieron por 283 ms hasta que se da la señal de apertura y el flujo llega a cero 350 ms después de cumplirse las condiciones. Se puede concluir que el desempeño del ECS, según los datos del PMU en ST Cahuita, no fue adecuado en términos del tiempo de actuación del esquema, permitiendo al sistema eléctrico de Panamá permanecer conectado al SER por aproximadamente 200 ms adicionales a lo programado. Debido a esto, se evaluará con los encargados del esquema de control suplementario (ECS) el retraso en la señal de apertura del esquema en ST Cahuita con el fin de analizar dicho retraso y evaluar si existe afectación en el cumplimiento del diseño del ECS Costa Rica - Panamá.

El desempeño del EDACBF es correcto. En teoría, no debería de haber actuado ningún circuito del EDACBF; sin embargo en manuales de fabricante de los relés de baja frecuencia, se indica que existe una tolerancia de 10 mHz donde el relé puede o no actuar, debido al procesamiento y/o errores asociados a los transformadores de medición lo que puede ocasionar una variación entre el valor medido y el valor verdadero; y puede afectar el funcionamiento de la protección. En este evento la frecuencia mínima alcanzada como consecuencia del evento fue de 59.297 Hz en ST Angostura; pero en las demás subestaciones del SEN fue mayor a 59.3 Hz. Con esto, se justifica la actuación de la LD 34.5 kV Turrialba - Azul ya que la ST Turrialba está a menos de 5 km en línea recta de ST Angostura. Además, de antemano se sabe que existe una limitación tecnológica en los relés de baja frecuencia de LD 34.5 kV Alajuelita - La Verbena y LD 34.5 El Este - Tres Ríos que obliga al agente distribuidor a especificar el umbral de disparo en 59.34 Hz para asegurar la desconexión de carga automática en caso de alcanzarse los 59.3 Hz.

10. ANEXOS

Figura 1: Flujos netos en las interconexiones

Datos tomados de los PMU



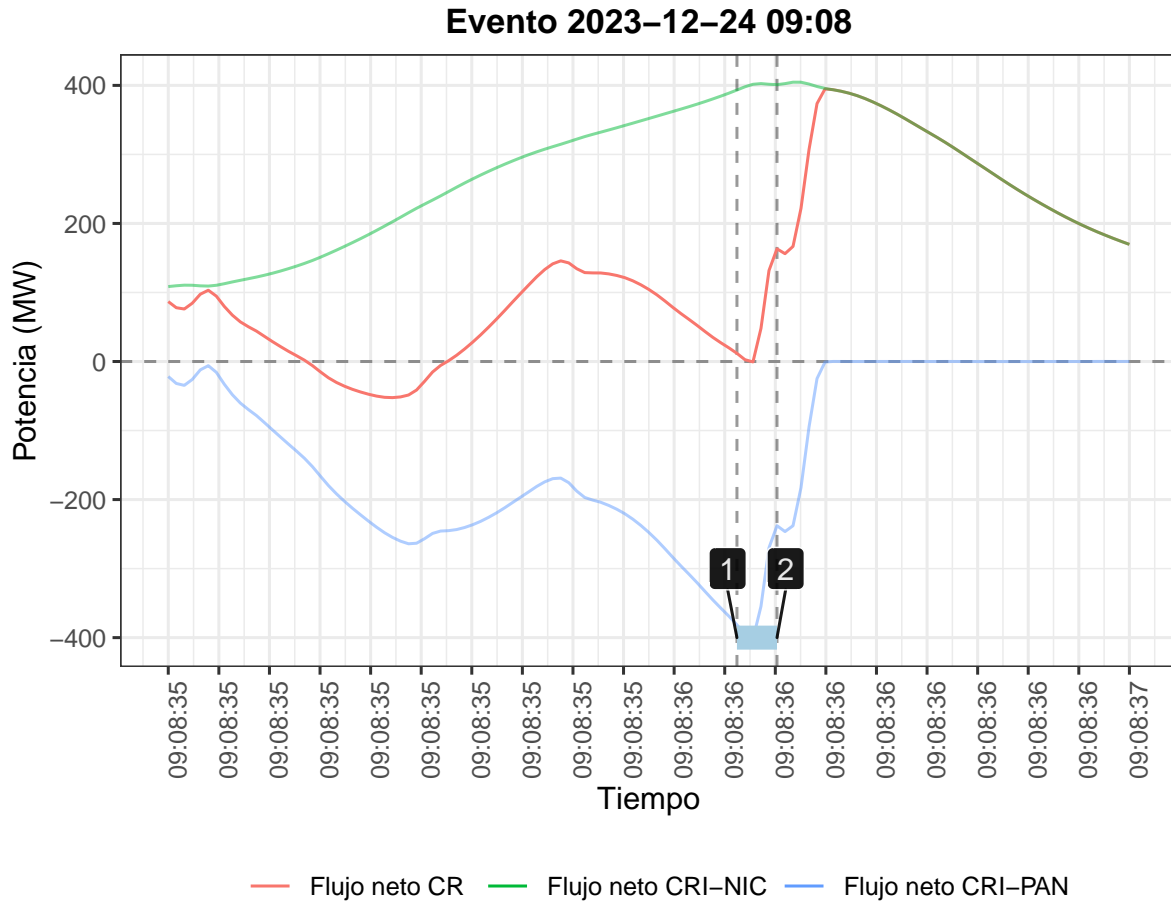
1 Inicio del evento

3 Frecuencia máxima

2 Disparo interconexiones con Panamá

4 Frecuencia mínima

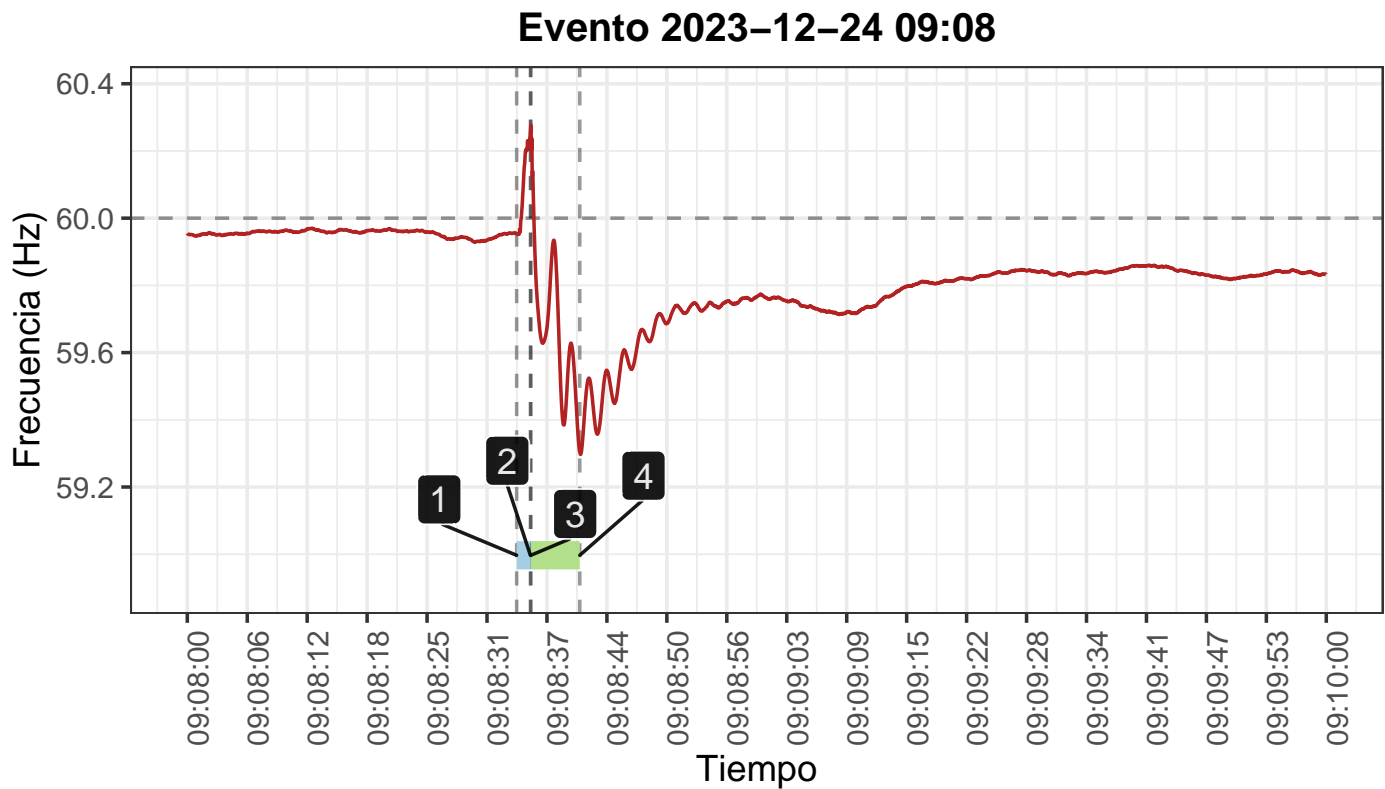
Figura 2: Zoom de flujos netos en las interconexiones
Datos tomados de los PMU



1 Disparos en ST Río Claro

2 Disparo en ST Cahuita

Figura 3: Frecuencia medida en ST Angostura
Datos tomados del PMU



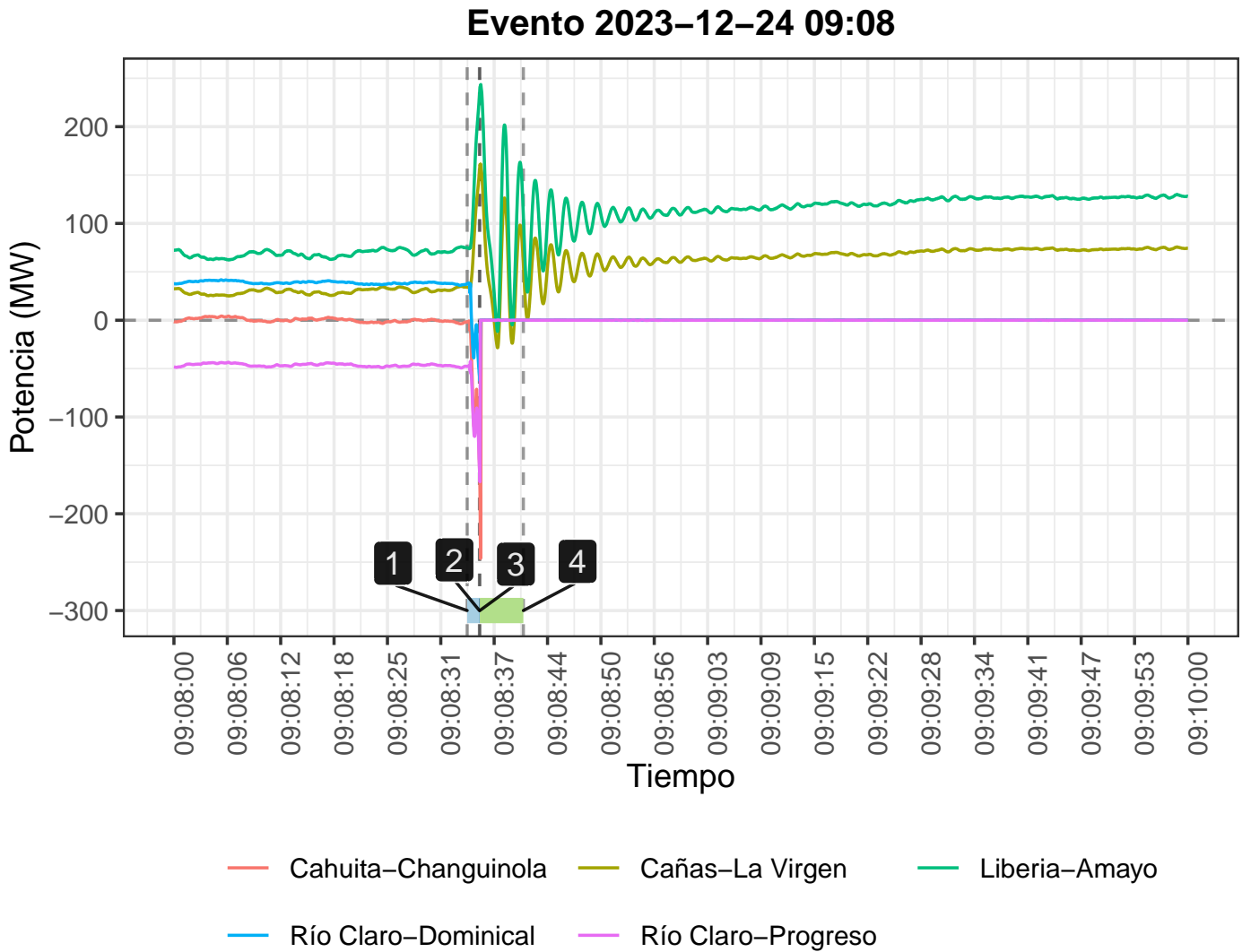
1 Inicio del evento

3 Frecuencia máxima

2 Disparo interconexiones con Panamá

4 Frecuencia mínima

Figura 4: Flujos en las interconexiones
 Datos tomados de los PMU



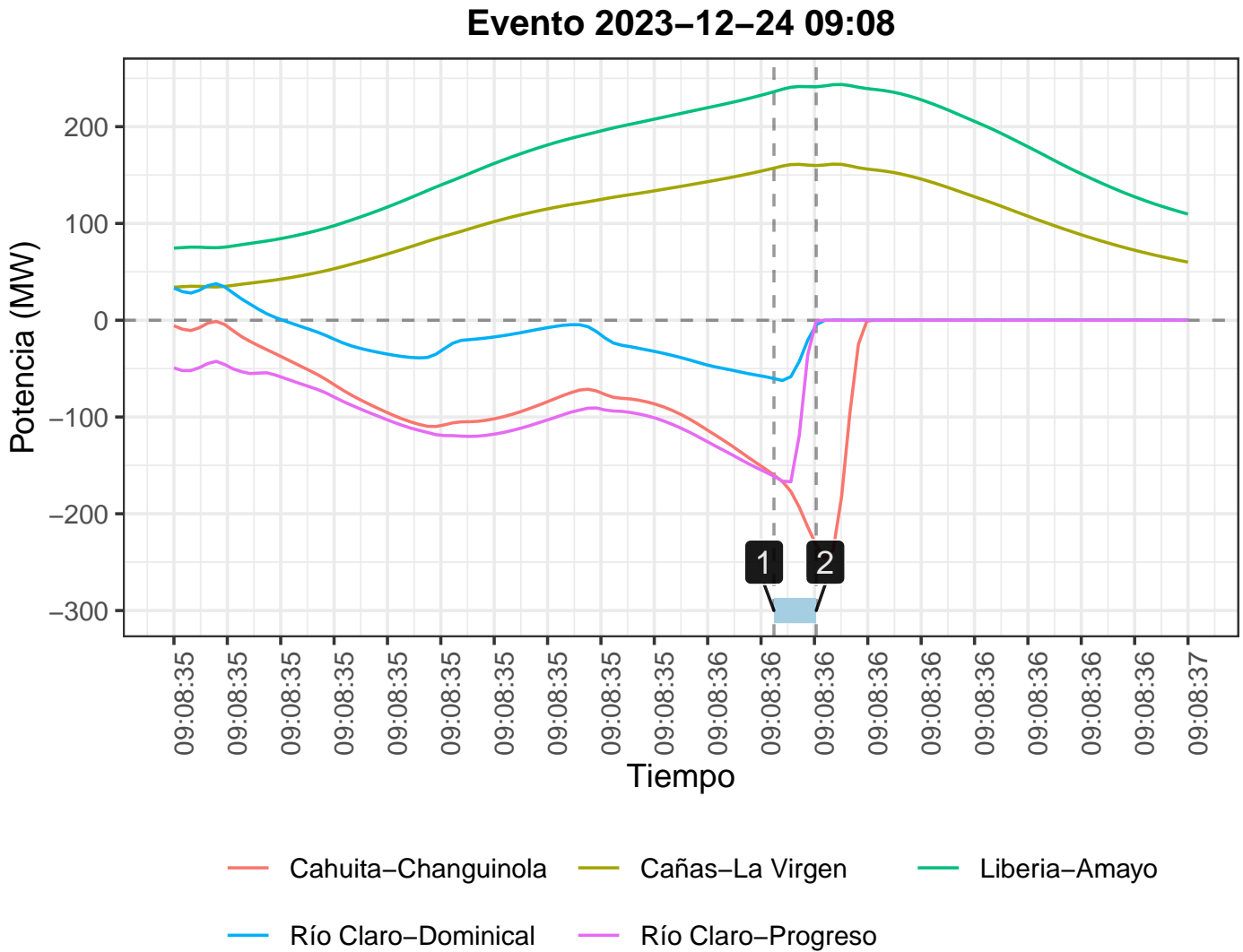
1 Inicio del evento

3 Frecuencia máxima

2 Disparo interconexiones con Panamá

4 Frecuencia mínima

Figura 5: Zoom de flujos en las interconexiones
 Datos tomados de los PMU



1 Disparos en ST Río Claro

2 Disparo en ST Cahuita

Figura 6: ACE crudo y filtrado
Datos tomados del historiadore

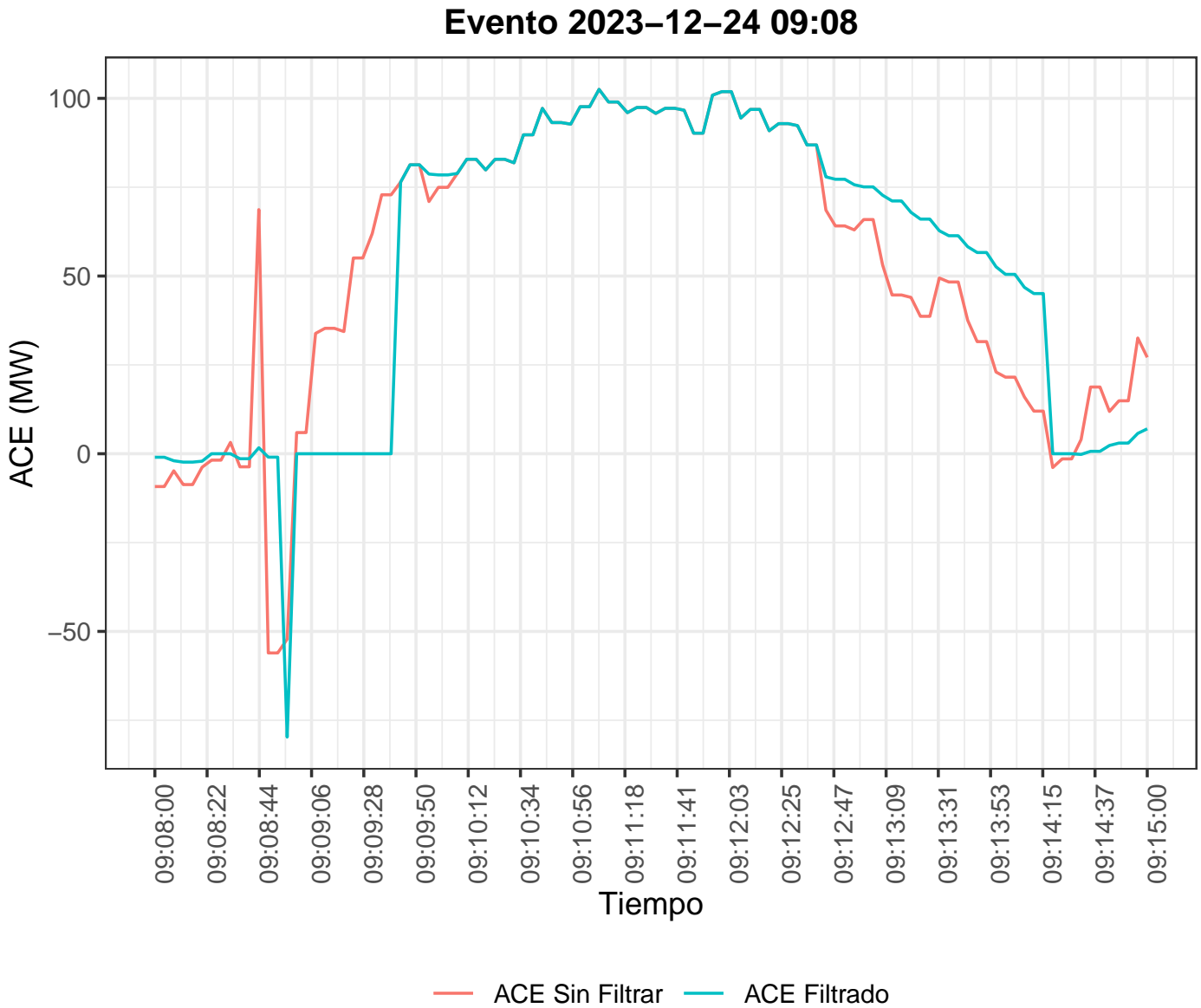


Figura 7: Configuración prefalla

Los elementos desconectados se señalan mediante ✘

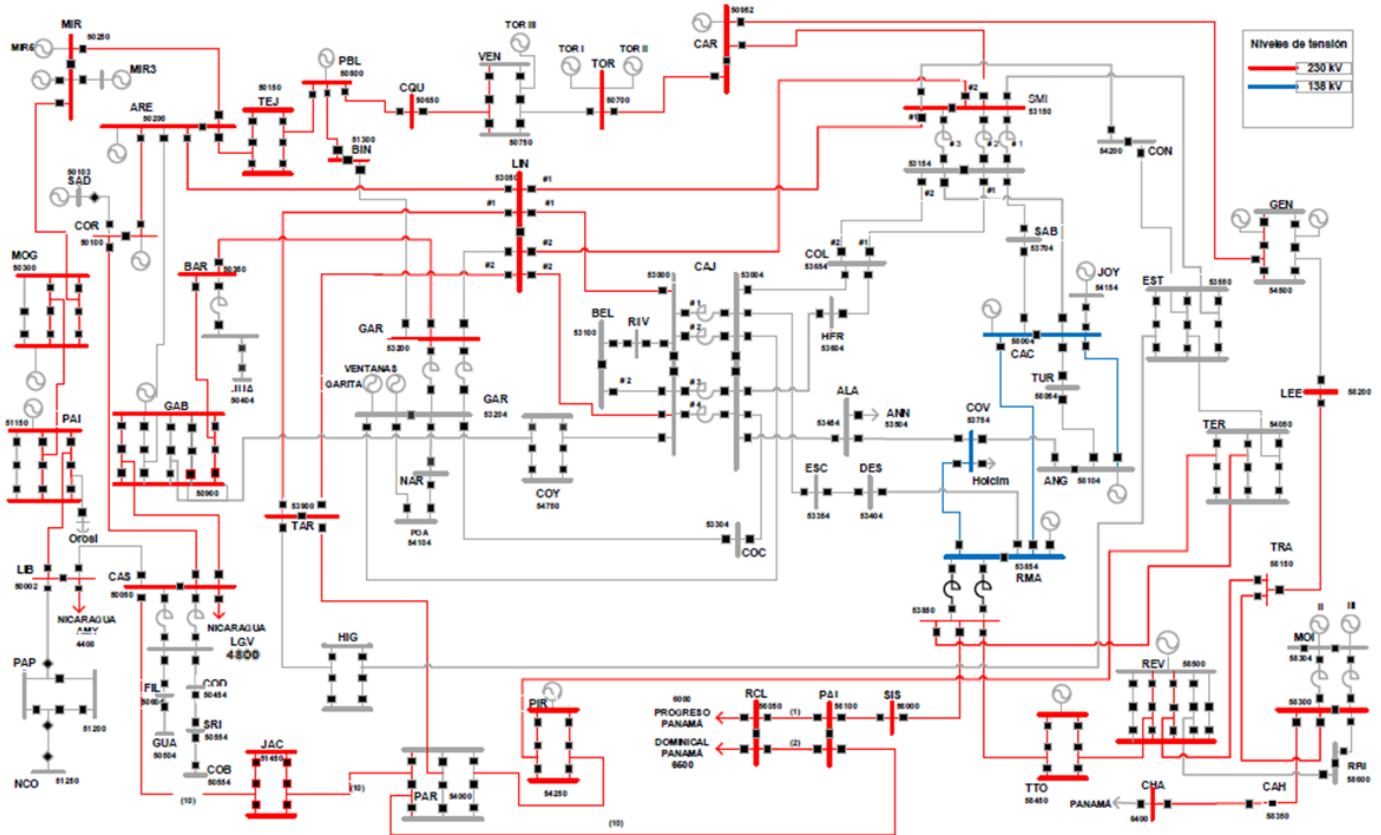


Figura 8: Configuración postfalla
Los elementos desconectados se señalan mediante ✘

