

A. DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

El día 09 de junio del 2021 a las 11:03:11, inicia el evento regional. Según el EOR en su Informe Preliminar del 15 de junio, el evento se origina por la pérdida de 166 MW de generación fotovoltaica en Honduras. A esta pérdida de generación, siguió una caída de la frecuencia que alcanza un valor mínimo de 59.85 Hz, alrededor de las 11:03:12. Luego, en este mismo informe, el EOR reporta que el flujo MEX-GUA pasó de 200 a 484 MW y provocó el disparo de la interconexión con México a las 11:03:13. Durante los primeros tres segundos del evento, la respuesta conjunta del área de control de Costa Rica es acorde con la respuesta inercial de un sistema de potencia y no se presentaron disparos de carga ni generación (ver Figura 1).

Como consecuencia de la desconexión entre el SER y el sistema eléctrico de México, la frecuencia se redujo hasta los 59.21 Hz y provocó la actuación de la primera etapa del EDACBF (ver Figura 2).

Posteriormente, el área de control de Costa Rica registró un aumento paulatino en el flujo de potencia hacia el norte (ver figuras 3 y 4). En la LT Liberia-Amayo (punto 1 de la Figura 5), el flujo alcanzó los 368 MW y disparó por sobrecarga en el extremo de Amayo, según el Informe Preliminar del EOR. La División de Transmisión del ICE, en su Informe de Falla, indicó que “existió una apertura de las fases S y T, mas no así de la fase R”, esto se evidencia en la Figura 6. Por esta razón, la protección de impedancia envía el disparo en el extremo de Liberia (punto 3 de la Figura 5).

Después de la desconexión de la LT Liberia-Amayo, se presentó un aumento del flujo en la LT Cañas-Ticuantepe y, posteriormente, una oscilación de potencia (ver Figura 5). En consecuencia, la protección de impedancia de la LT Cañas-Ticuantepe disparó la línea en el extremo de Ticuantepe por oscilación de potencia, según indica la EPR en su Informe de Evento Regional.

Después de la desconexión de las interconexiones entre Costa Rica y Nicaragua, el PMU en la ST Cañas registra una frecuencia de 61.875 Hz que activa protecciones en 17 plantas de generación del sistema eléctrico de Costa Rica.

Finalmente, se presenta una baja frecuencia en el bloque Costa Rica-Panamá, que alcanzó los 59.056 Hz, causando el disparo de la segunda etapa del EDACBF.

El flujo por las líneas de interconexión entre Costa Rica y Panamá puede observarse en la Figura 7.

B. CONSECUENCIAS DEL EVENTO

En Costa Rica, tiene lugar la actuación del EDACBF que desconecta circuitos de distribución que forman parte de la primera y segunda etapa del esquema. Los circuitos desconectados están vinculados a las siguientes subestaciones: Garita, Sur, Coronado, Alajuelita, Turrialba, Parrita, Poas, Río Claro, Palmar, Heredia, Tejar, Guayabal, Naranjo, Cañas, Río Macho, Cobano, Trapiche, Barranca, Santa Rita, Tarbaca, Sabanilla, Nuevo Colon, Desamparados y Coco. La pérdida de carga como resultado de la desconexión de los circuitos es de 100.5 MW.

Además, se registra un total de 207.42 MW de generación desconectada como consecuencia de la sobrefrecuencia.

Con respecto a las interconexiones del área de control, se presentó el disparo de las líneas de interconexión entre Costa Rica y Nicaragua: la LT Liberia-Amayo, por sobrecarga, y la LT Cañas-Ticuantepe, por oscilación de potencia.

C. CONDICIÓN PREFALLA DEL SEN

Un minuto antes del evento, el SEN registraba una demanda de 1599.72 MW y los flujos netos de potencia en las interconexiones tenían los siguientes valores: CRI-NIC = 197.5 MW y CRI-PAN = -138.89 MW.

Observaciones: Ninguna

Diagrama unifilar: Ver Figura 8.

D. DESCRIPCIÓN DE LOS SUCESOS EN ORDEN CRONOLÓGICO

Hora	Descripción	Causa
09/06/2021 11:03	ST Alajuelita, Apertura LD-06 (El Llano)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Cañas, Apertura LD-05 (Bebedero)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Ciudad Quesada, Apertura LD-02 (Florencia)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Cobano, Apertura LD-03 (Esperanza)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Coronado, Apertura LD-04 (Cascajal)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Garita, Apertura LD-01 (Junquillos)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Garita, Apertura LD-05 (Atenas)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Garita, Apertura LD-06 (Ciruelas)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Guayabal, Apertura Santa Barbara	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Heredia, Apertura LD-10 (San Pablo)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Naranjo, Apertura LD-03 (Rosario)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Naranjo, Apertura LD-10 (Barranca)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Palmar, Apertura LD-04 (Puerto Jimenez)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Papagayo, Apertura LD-03 (Liberia)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Parrita, Apertura LD-01 (Jacó)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Poas, Apertura LD-02 (Tacares)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Río Claro, Apertura LD-01 (Chacarita)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Río Macho, Apertura LD-04 (Concavas)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Sur, Apertura Sur-Desamparados	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Tejar, Apertura LD-06 (Guayabal)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:03	ST Turrialba, Apertura LD-01 (Azul)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:05:46	ST Liberia, Apertura Liberia (LIB) - Amayo (AMY) - 1	Sobrecarga
09/06/2021 11:05:47	ST Cañas, Apertura Cañas (CAS) - Ticuantepe (Nicaragua) - 1	Oscilación de potencia
09/06/2021 11:05	ST Chocosuela, Apertura PH Chocosuela U1	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST Ciudad Quesada, Apertura PH Platanar	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST Corobici, Apertura PE MOVASA	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST El Encanto, Apertura PH El Encanto	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST Hidrozarcas, Apertura PH Hidrozarcas U1	Relé de sobrefrecuencia

continúa en la próxima página...

Hora	Descripción	Causa
09/06/2021 11:05	ST La Caja, Apertura Electrónica 1	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST La Esperanza, Apertura PH La Esperanza	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST Lindora, Apertura PH Brasil	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST Miravalles, Apertura PH Los Negros U2	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST Orosi, Apertura PE Vientos de la Perla	Relé de sobretensión
09/06/2021 11:05	ST Orosi, Apertura PE Vientos de Miramar	Relé de sobretensión
09/06/2021 11:05	ST Río Macho, Apertura PH Río Macho U1	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST Río Macho, Apertura PH Río Macho U3	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST Tanque, Apertura PE Aeroenergía	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST Tejona, Apertura PE Altamira	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:05	ST Toro, Apertura PH El Ángel U1	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:06	ST Leesville, Apertura PH Doña Julia	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:06	ST Tejona, Apertura PE Campos Azules	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:06	ST Toro, Apertura PH El Ángel U2	Relé de sobrefrecuencia
09/06/2021 11:06	ST Alajuelita, Apertura LD-03 (C Morenos)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:06	ST Barranca, Apertura LD-03 (Puntarenas L1)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:06	ST Coco, Apertura LD-07 (Alajuela)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:06	ST Desamparados, Apertura LD-05 (Santa Marta)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:06	ST Garita, Apertura LD-08 (Siquieres)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:06	ST Naranjo, Apertura LD-04 (Argentina)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:06	ST Nuevo Colon, Apertura LD-03 (Matapalo)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:06	ST Río Claro, Apertura LD-03 (Cotos)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:06	ST Sabanilla, Apertura LD-02 (San Rafael)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:06	ST Santa Rita, Apertura LD-03 (Nosara)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:06	ST Tarbaca, Apertura LD-02 (Acosta)	Baja Frecuencia
09/06/2021 11:06	ST Trapiche, Apertura LD-02 (Siquirres)	Baja Frecuencia

E. CONFIGURACIÓN POSTFALLA

Cinco minutos después de iniciado el evento, el SEN registraba una demanda de 1597.92 MW; las líneas de interconexión entre Costa Rica y Nicaragua se encontraban desconectadas; el flujo neto CRI-PAN = -9.22 MW y, además de los circuitos que forman parte del EDACBF, se registró el disparo de 209.93 MW de generación debido a la sobrefrecuencia registrada en la isla Costa Rica-Panamá.

Observaciones: Ninguna

Diagrama unifilar: Ver Figura 9.

F. MANIOBRAS DE NORMALIZACIÓN REALIZADAS

Hora	Elemento	Estado
11:06	ST Garita, LD-08 (Siquiares)	Normalizado
11:14	ST Sur, Sur-Desamparados	Normalizado
11:14	ST Poas, LD-02 (Tacares)	Normalizado
11:14	ST Palmar, LD-04 (Puerto Jimenez)	Normalizado
11:14	ST Guayabal, Santa Barbara	Normalizado
11:14	ST Naranjo, LD-04 (Argentina)	Normalizado
11:14	ST Barranca, LD-03 (Puntarenas L1)	Normalizado
11:14	ST Sabanilla, LD-02 (San Rafael)	Normalizado
11:14	ST Desamparados, LD-05 (Santa Marta)	Normalizado
11:14	ST Coco, LD-07 (Alajuela)	Normalizado
11:15	ST Coronado, LD-04 (Cascajal)	Normalizado
11:15	ST Alajuelita, LD-06 (El Llano)	Normalizado
11:15	ST Garita, LD-05 (Atenas)	Normalizado
11:15	ST Garita, LD-06 (Ciruelas)	Normalizado
11:15	ST Naranjo, LD-03 (Rosario)	Normalizado
11:15	ST Naranjo, LD-10 (Barranca)	Normalizado
11:15	ST Santa Rita, LD-03 (Nosara)	Normalizado
11:16	ST Garita, LD-01 (Junquillos)	Normalizado
11:16	ST Cañas, LD-05 (Bebedero)	Normalizado
11:16	ST Alajuelita, LD-03 (C Morenos)	Normalizado
11:17	ST Parrita, LD-01 (Jacó)	Normalizado
11:17	ST Nuevo Colon, LD-03 (Matapalo)	Normalizado
11:18	ST Tejar, LD-06 (Guayabal)	Normalizado
11:19	ST Río Claro, LD-01 (Chacarita)	Normalizado
11:19	ST Río Claro, LD-03 (Cotos)	Normalizado
11:20	ST Cobano, LD-03 (Esperanza)	Normalizado
11:21	ST Papagayo, LD-03 (Liberia)	Normalizado
11:21	ST Turrialba, LD-01 (Azul)	Normalizado
11:22	ST La Caja, PH Electriona	Normalizado
11:22	ST Lindora, PH Brasil	Normalizado
11:22	ST El Encanto, PH El Encanto	Normalizado
11:22	ST Ciudad Quesada, PH Platanar U1	Normalizado
11:22	ST Ciudad Quesada, PH Platanar U2	Normalizado
11:22	ST Río Macho, PH Rio Macho U1	Normalizado
11:22	ST Río Macho, PH Rio Macho U3	Normalizado
11:22	ST Miravalles, PH Los Negros U2	Normalizado
11:22	ST Tanque, PE Aeroenergía	Normalizado

continúa en la próxima página...



Hora	Elemento	Estado
11:22	ST Tejona, PE Altamira	Normalizado
11:22	ST Tejona, PE Campos Azules	Normalizado
11:22	ST Orosi, PE Vientos de Miramar	Normalizado
11:22	ST Orosi, PE Vientos de la Perla	Normalizado
11:22	ST Corobici, PE MOVASA	Normalizado
11:26	ST Trapiche, LD-02 (Siquirres)	Normalizado
11:27	ST Río Macho, LD-04 (Concavas)	Normalizado
11:31	ST Ciudad Quesada, LD-02 (Florencia)	Normalizado
11:32	ST Heredia, LD-10 (San Pablo)	Normalizado
11:35	ST Tarbaca, LD-02 (Acosta)	Normalizado
13:52	ST Liberia, Liberia (LIB) - Amayo (AMY) - 1	Normalizado
15:39	ST Cañas, Cañas (CAS) - Ticuantepe (Nicaragua) - 1	Normalizado

G. ENERGÍA NO SUMINISTRADA

Subestación	Circuito	Potencia interrumpida [MW]	Energía no suministrada [MWh]	Duración [hh:mm:ss]
Heredia	LD-10 (San Pablo)	7.00	3.38	00:29:00
Tarbaca	LD-02 (Acosta)	4.50	2.25	00:30:00
Trapiche	LD-02 (Siquirres)	6.30	2.20	00:21:00
Coco	LD-07 (Alajuela)	12.40	1.86	00:09:00
Desamparados	LD-05 (Santa Marta)	11.40	1.71	00:09:00
Sabanilla	LD-02 (San Rafael)	9.90	1.49	00:09:00
Río Claro	LD-03 (Cotos)	4.70	1.10	00:14:00
Coronado	LD-04 (Cascajal)	5.20	1.04	00:12:00
Garita	LD-06 (Ciruelas)	3.70	0.74	00:12:00
Alajuelita	LD-03 (C Morenos)	4.00	0.73	00:11:00
Tejar	LD-06 (Guayabal)	2.90	0.72	00:15:00
Barranca	LD-03 (Puntarenas L1)	4.80	0.72	00:09:00
Garita	LD-01 (Junquillos)	3.00	0.65	00:13:00
Turrialba	LD-01 (Azul)	2.10	0.63	00:18:00
Parrita	LD-01 (Jacó)	2.20	0.51	00:14:00
Poas	LD-02 (Tacares)	2.60	0.48	00:11:00
Guayabal	Santa Barbara	2.20	0.40	00:11:00
Cobano	LD-03 (Esperanza)	1.20	0.34	00:17:00
Nuevo Colon	LD-03 (Matapalo)	1.60	0.32	00:12:00
Sur	Sur-Desamparados	1.60	0.29	00:11:00
Cañas	LD-05 (Bebedero)	1.10	0.24	00:13:00
Garita	LD-05 (Atenas)	1.10	0.22	00:12:00
Alajuelita	LD-06 (El Llano)	1.00	0.20	00:12:00
Naranjo	LD-03 (Rosario)	1.00	0.20	00:12:00
Río Macho	LD-04 (Concavas)	0.50	0.20	00:24:00
Río Claro	LD-01 (Chacarita)	0.70	0.19	00:16:00
Palmar	LD-04 (Puerto Jimenez)	0.90	0.16	00:11:00
Naranjo	LD-04 (Argentina)	0.80	0.12	00:09:00
Santa Rita	LD-03 (Nosara)	0.10	0.02	00:10:00
Totales		100.5	23.12	

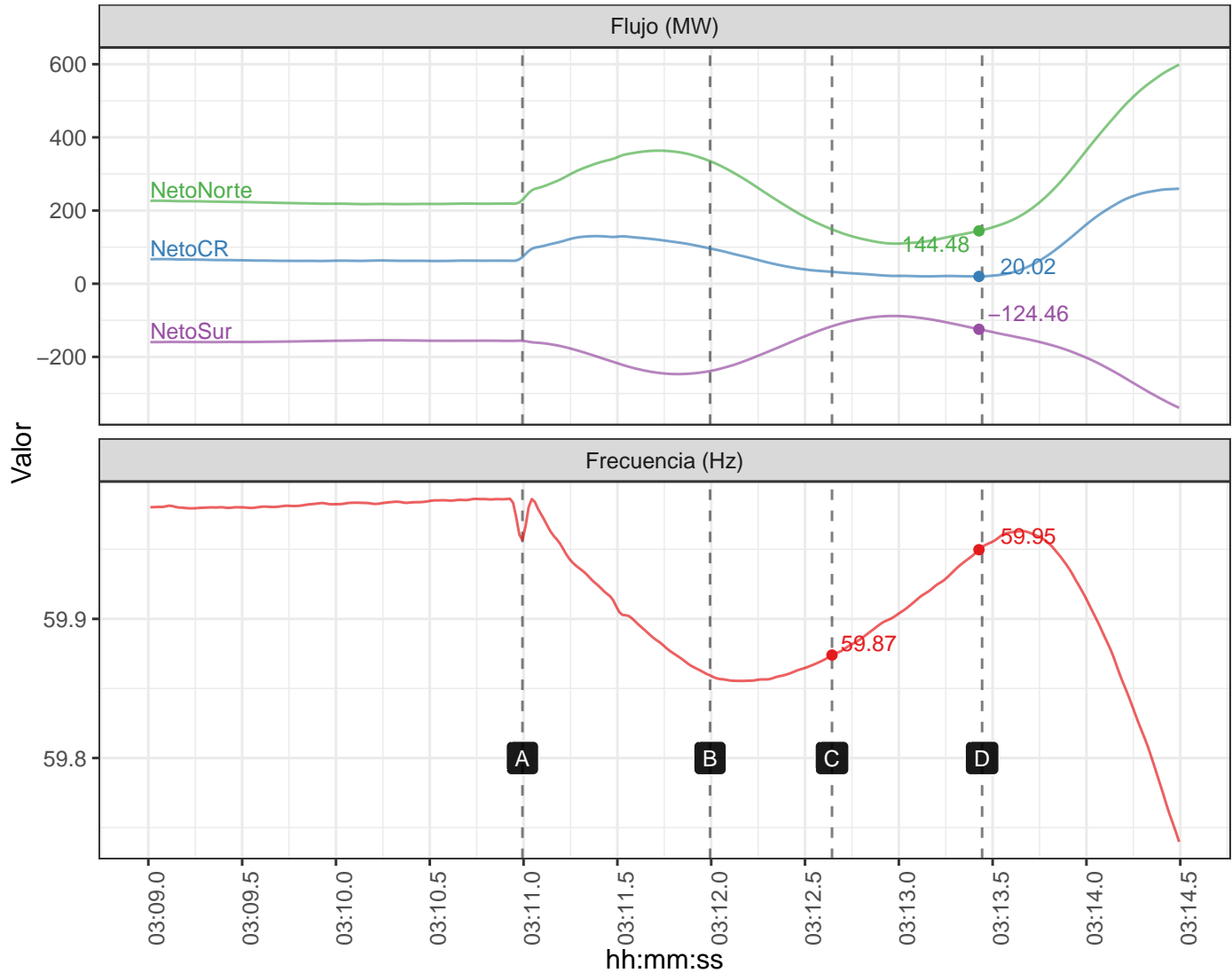
H. CONSIDERACIONES FINALES

1. Durante los primeros tres segundos del evento, la respuesta conjunta del área de control de Costa Rica es acorde con la respuesta inercial de un sistema de potencia y no se presentaron disparos de carga ni generación.
2. La primera etapa del EDACBF desconectó una carga total de 37 MW. Esta carga es 11 MW menor que el valor programado, y supera el error permitido por el RMER (diferencia relativa mayor al 5%).
3. En el caso de la segunda etapa del EDACBF, la desconexión de carga alcanzó los 63 MW. Este valor es 0.5 MW menor que el valor programado y cumple con el requerimiento del RMER. Es decir, la diferencia relativa con respecto al valor programado es menor al 5%.
4. La desconexión de generación en el sistema eléctrico de Costa Rica ocurrió como consecuencia de la sobrefrecuencia entre las 11:05 - 11:06 horas, lo cual fue confirmado por los agentes involucrados.
5. La actuación de las protecciones que lleva a la desconexión automática de las líneas de interconexión entre Costa Rica y Nicaragua es correcta, dadas las condiciones registradas durante el evento.
6. En el caso del disparo de la LT Liberia-Amayo, se recomienda revisar las causas de la no operación del interruptor de la fase R, en el extremo de Amayo, cuando se generó el disparo por sobrecarga.

I. ANEXOS

Figura 1: Flujos netos y frecuencia durante los primeros segundos del evento

Datos de frecuencia tomados del PMU en ST Cañas. Flujos netos calculados a partir de los PMU en las interconexiones. Descripción de sucesos según consulta EOR del 18-06-2021 12:12.



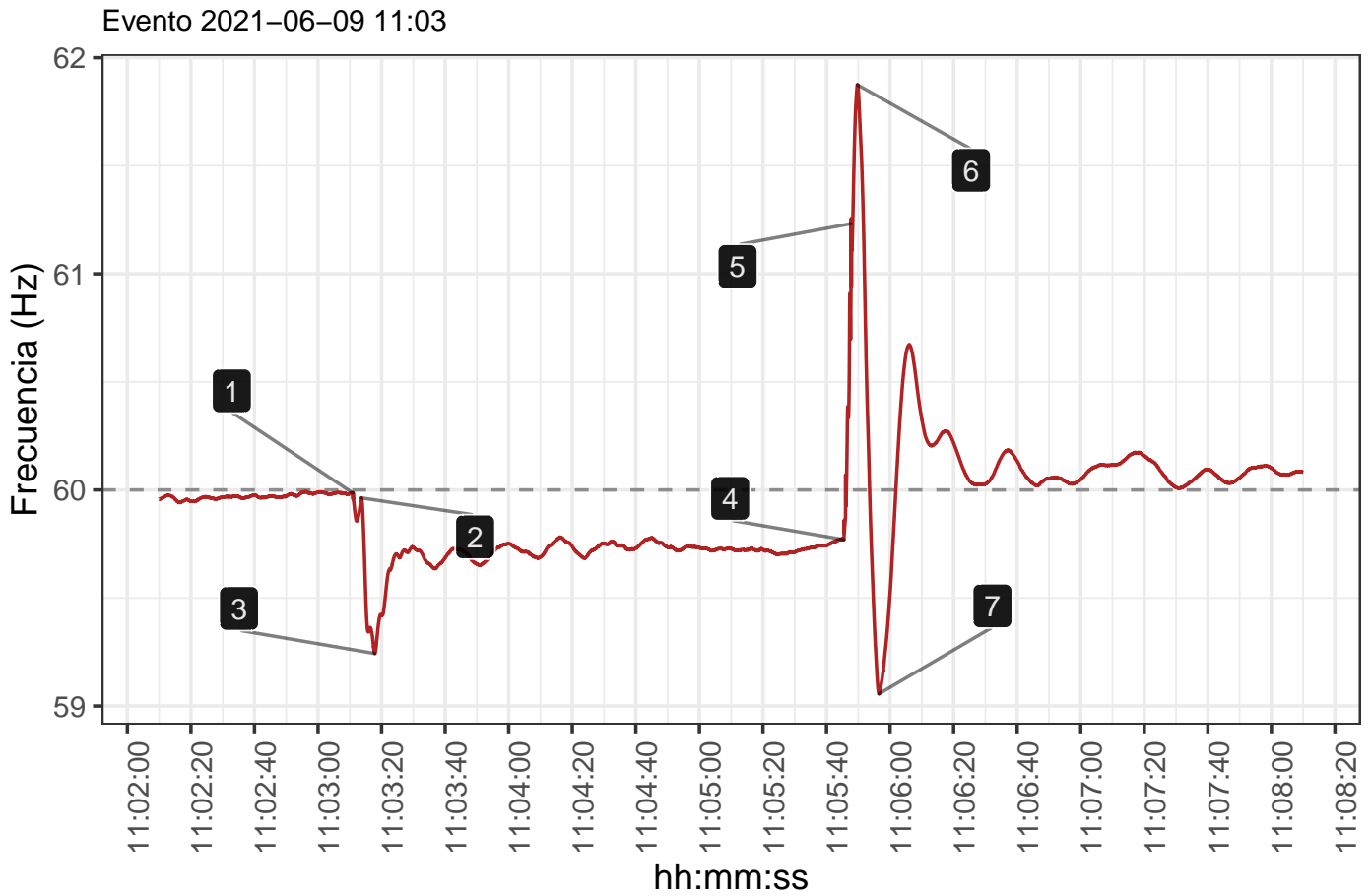
A Origen del evento

B Respuesta primaria SER

C Reducción de generación SER

D Disparo MEX-GUA

Figura 2: Frecuencia medida en ST Cañas
 Datos tomados del PMU



1 Disparo gen. HON

2 Disparo GUA-MEX

3 Baja frecuencia SER

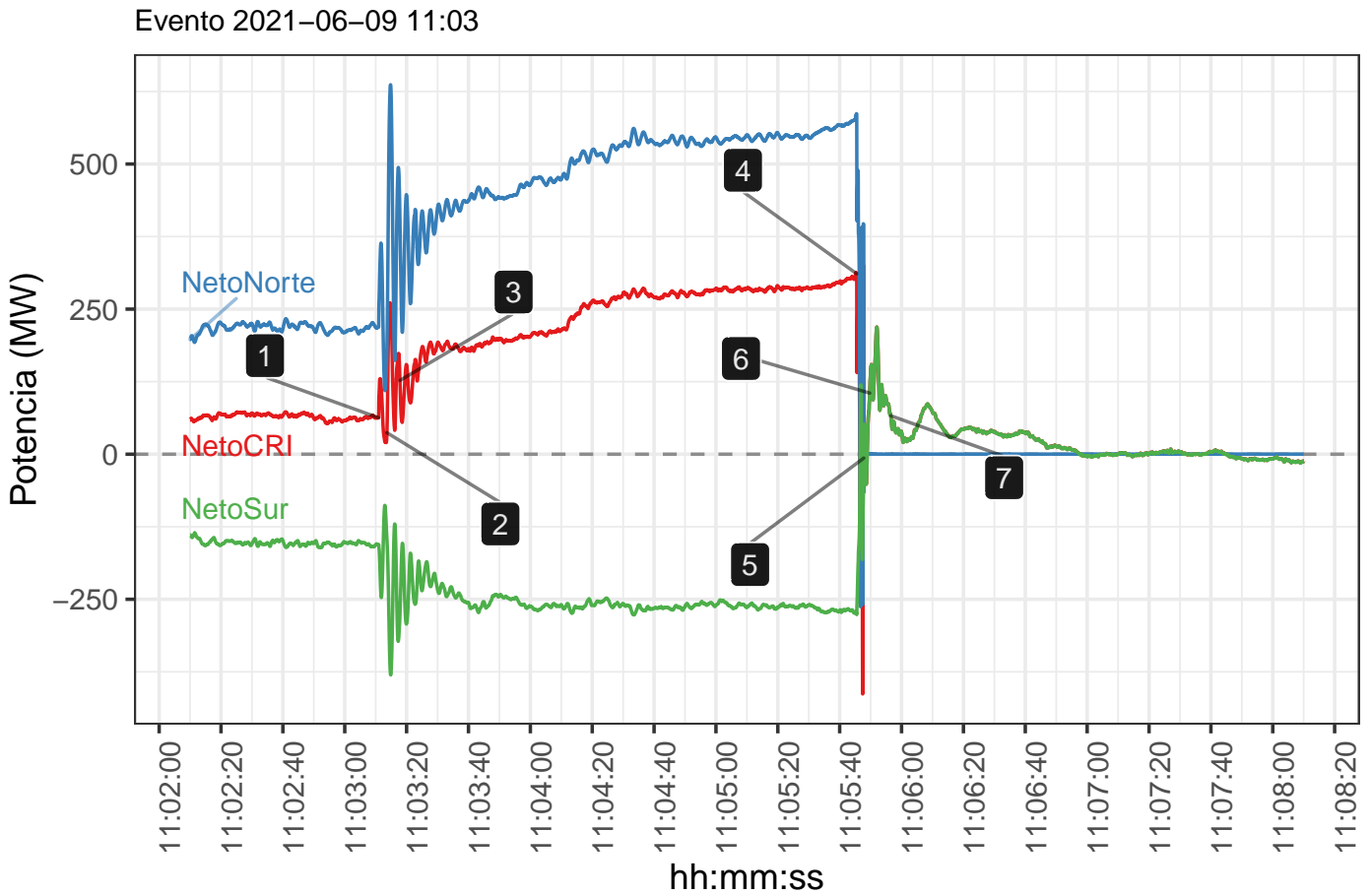
4 Disparo LIB-AMY

5 Disparo CAS-TCP

6 Sobrefrecuencia CRI-PAN

7 Baja frecuencia CRI-PAN

Figura 3: Flujos netos en las interconexiones y del área de control CRI
 Datos tomados de los PMU



1 Disparo gen. HON

2 Disparo GUA-MEX

3 Baja frecuencia SER

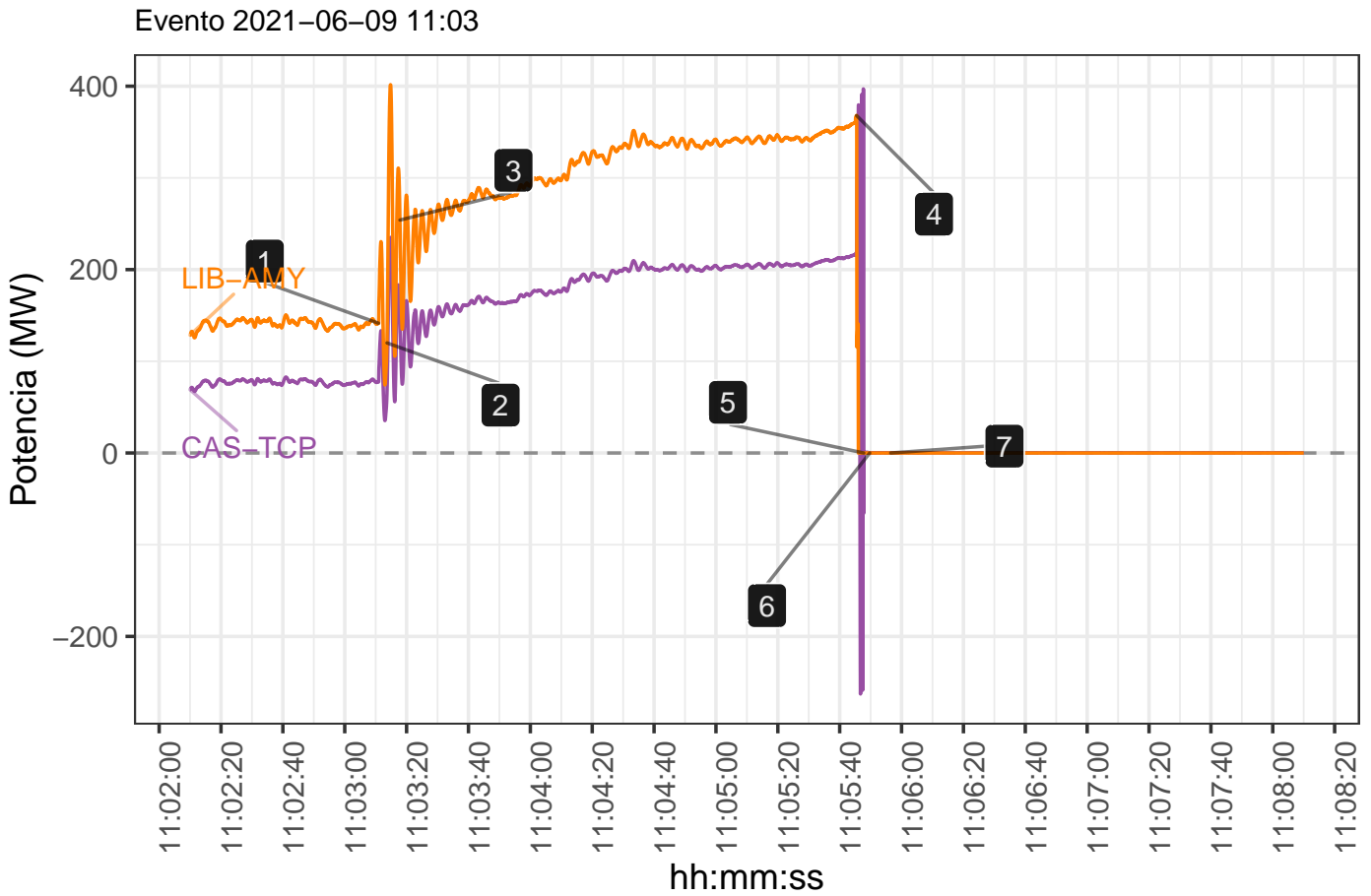
4 Disparo LIB-AMY

5 Disparo CAS-TCP

6 Sobrefrecuencia CRI-PAN

7 Baja frecuencia CRI-PAN

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



1 Disparo gen. HON

2 Disparo GUA-MEX

3 Baja frecuencia SER

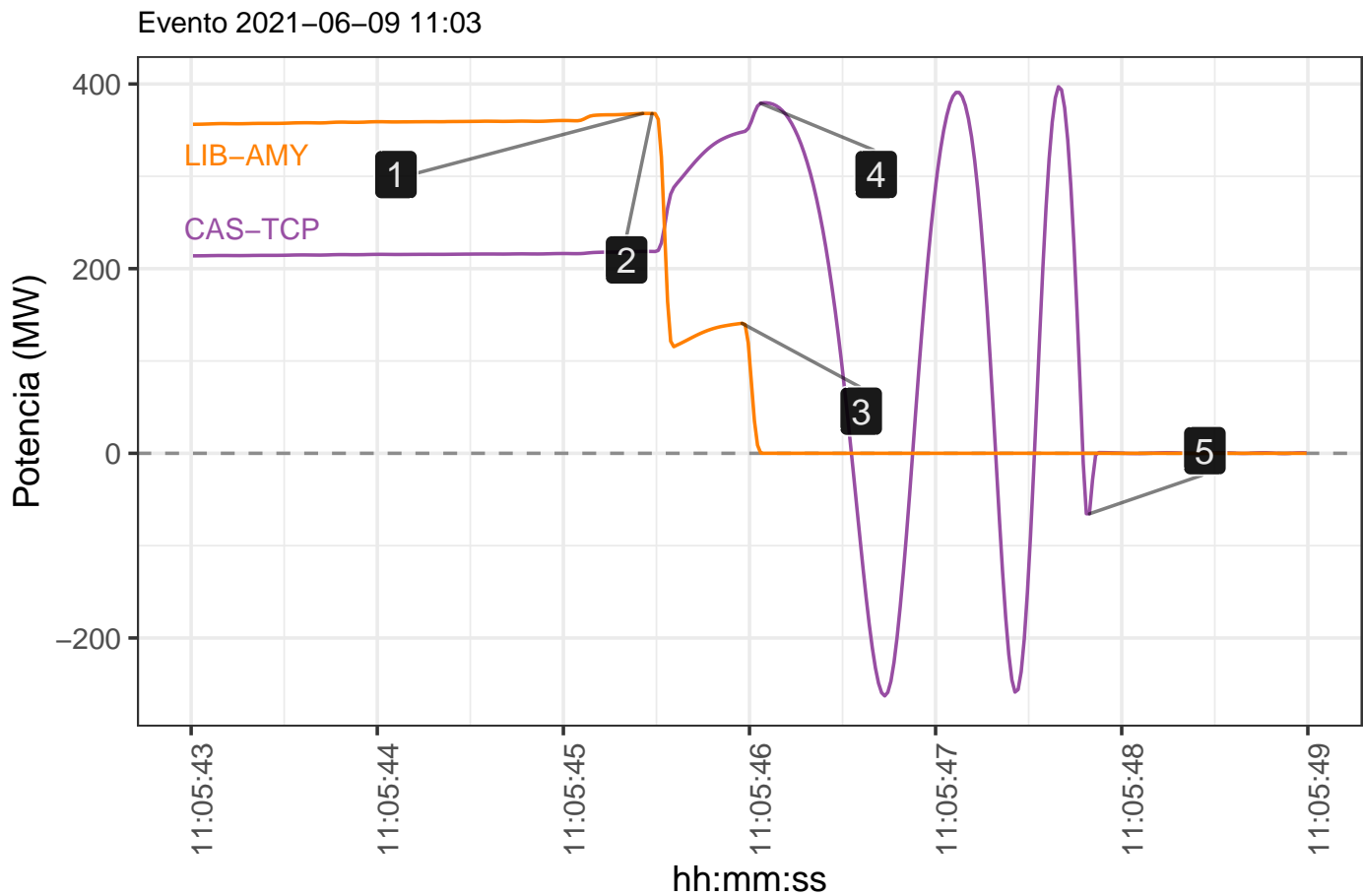
4 Disparo LIB-AMY

5 Disparo CAS-TCP

6 Sobrefrecuencia CRI-PAN

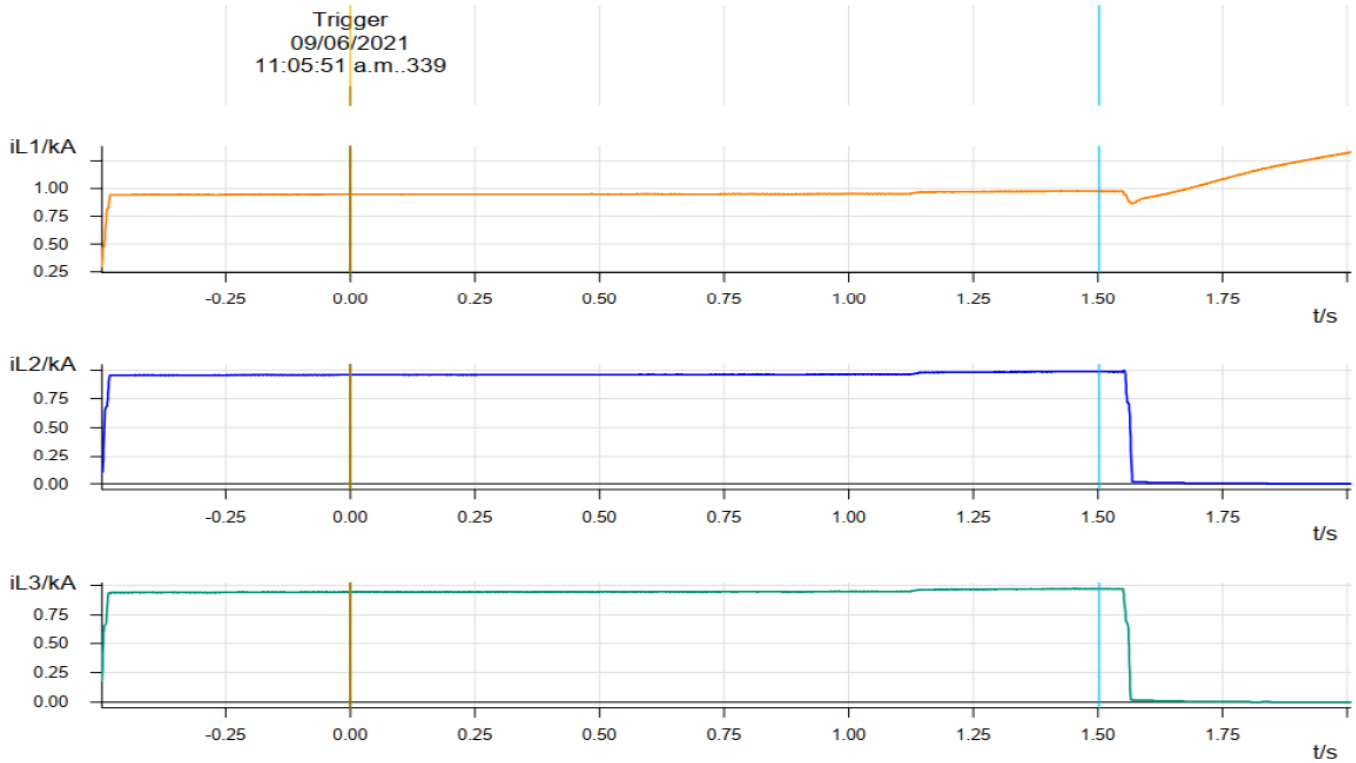
7 Baja frecuencia CRI-PAN

Figura 5: Flujos durante el disparo de las interconexiones CRI-NIC
 Datos tomados de los PMU



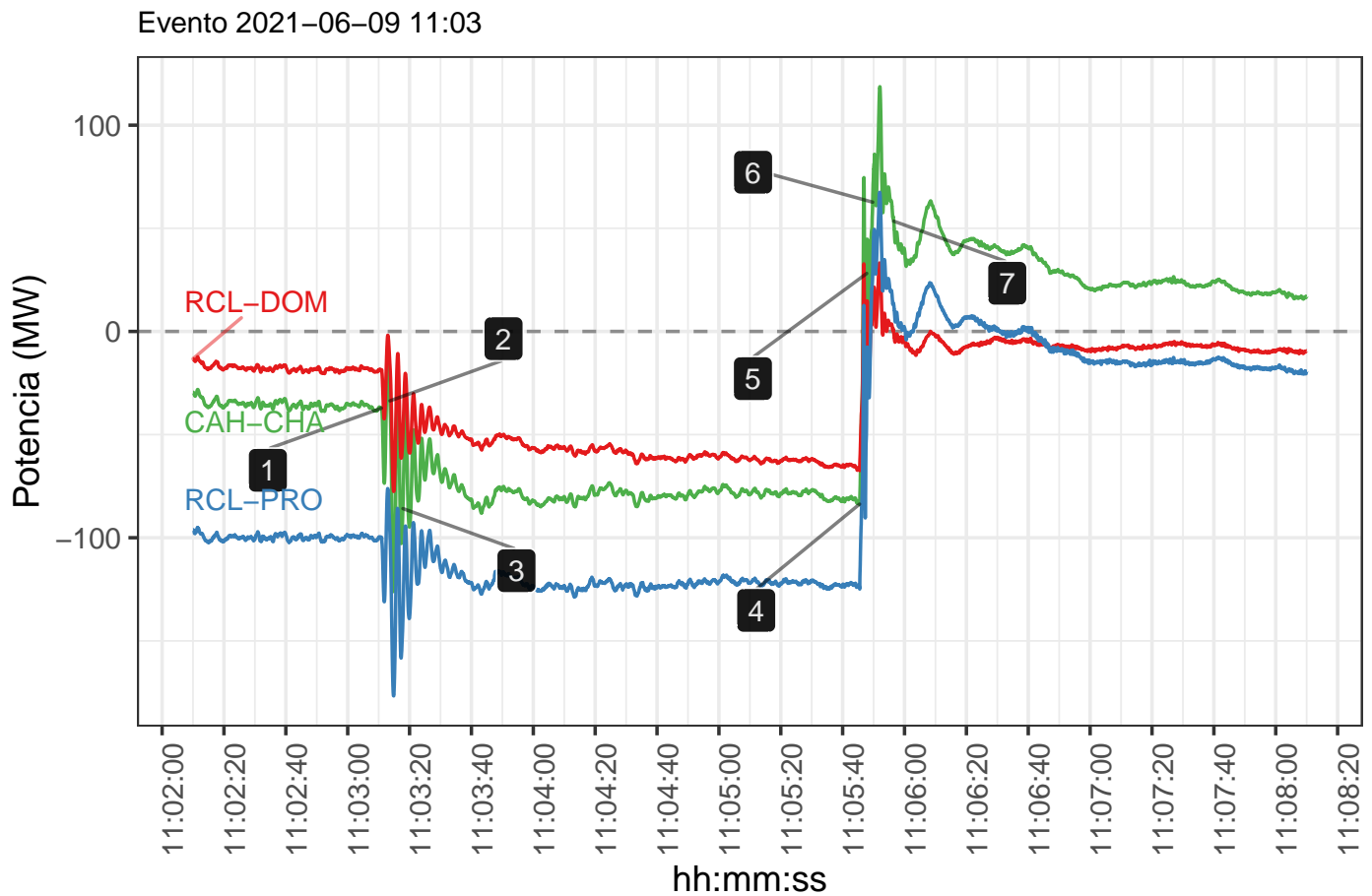
- 1** Flujo LIB-AMY = 368 MW
- 2** LIB-AMY disparo de fases S y T
- 3** LIB-AMY disparo de fase R
- 4** Pérdida de sincronismo
- 5** Disparo CAS-TCP

Figura 6: Oscilografía de la línea 230 kV Amayo - Liberia
 Datos tomados de los registros de la protección



Fuente: Informe Preliminar del Evento Ocurrido en el Sistema Eléctrico el 9 de junio a las 11:03 horas. EOR. 15 de junio del 2021.

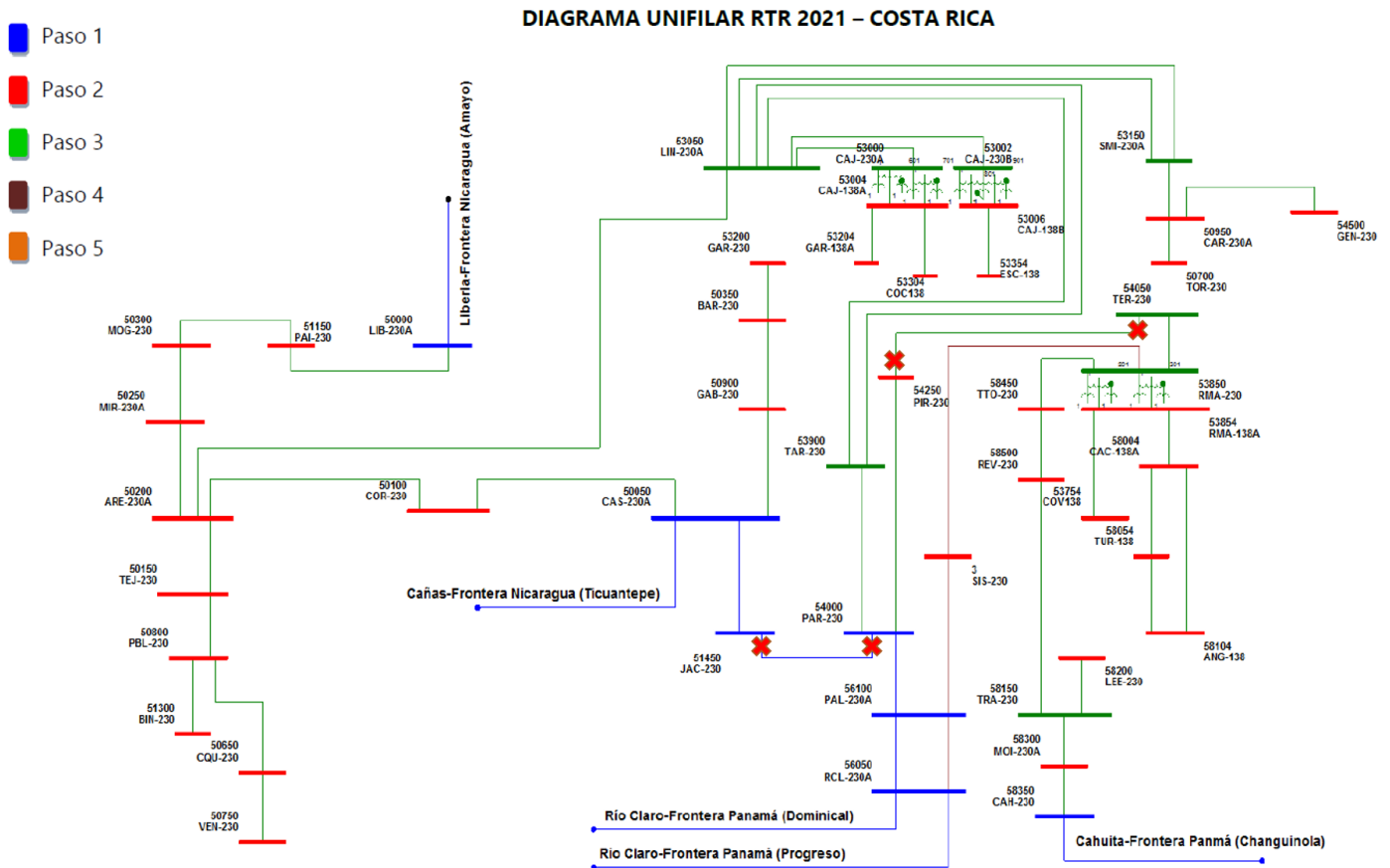
Figura 7: Flujos en las interconexiones Sur
 Datos tomados de los PMU



- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 Disparo gen. HON | 2 Disparo GUA-MEX |
| 3 Baja frecuencia SER | 4 Disparo LIB-AMY |
| 5 Disparo CAS-TCP | 6 Sobrefrecuencia CRI-PAN |
| 7 Baja frecuencia CRI-PAN | |

Figura 8: Configuración prefalla

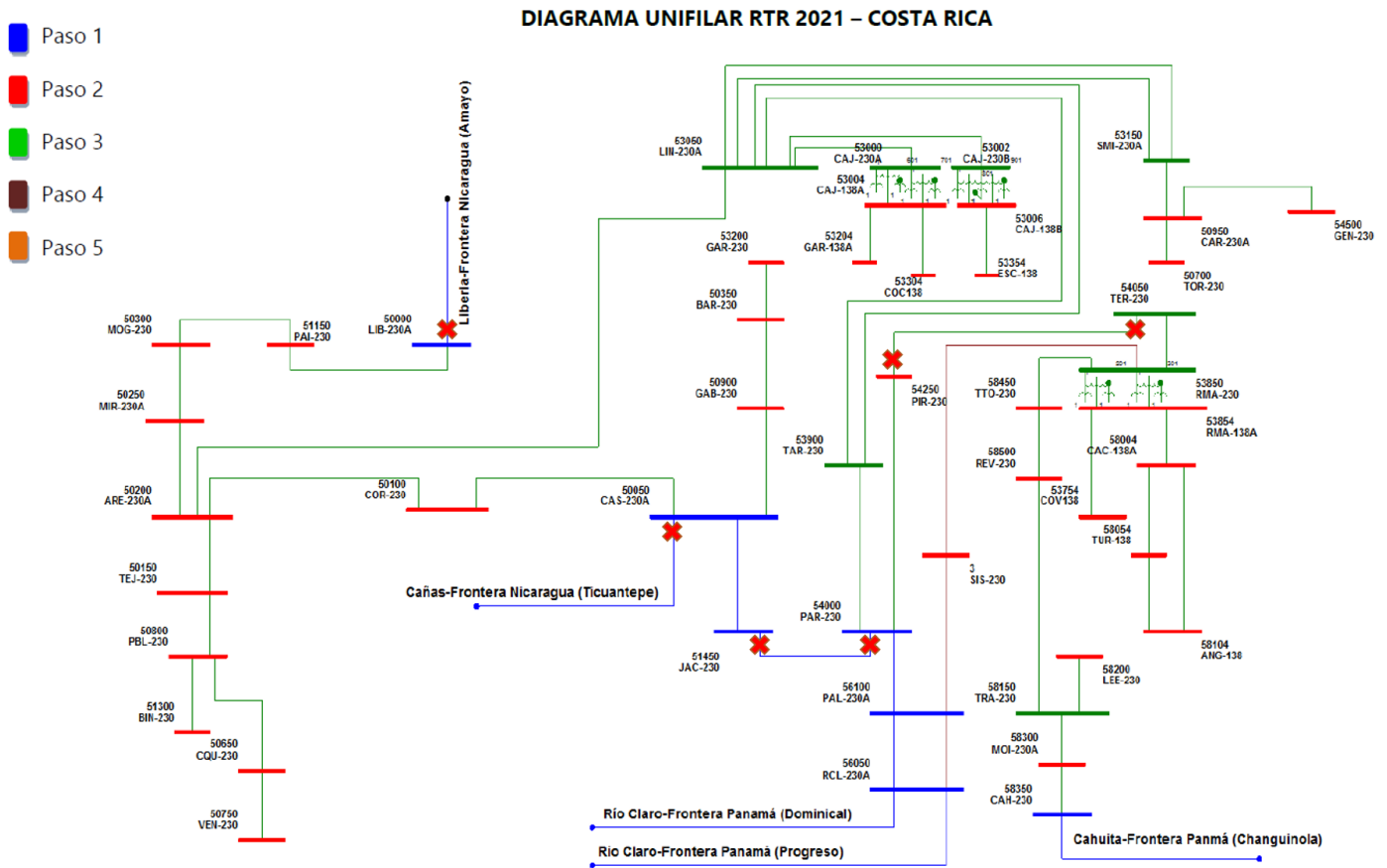
Los elementos desconectados se señalan mediante ✖



Fuente: Informe Final - Identificación de la Red de Transmisión Regional para el año 2021. EOR. 2021.

Figura 9: Configuración postfalla

Los elementos desconectados se señalan mediante ✖

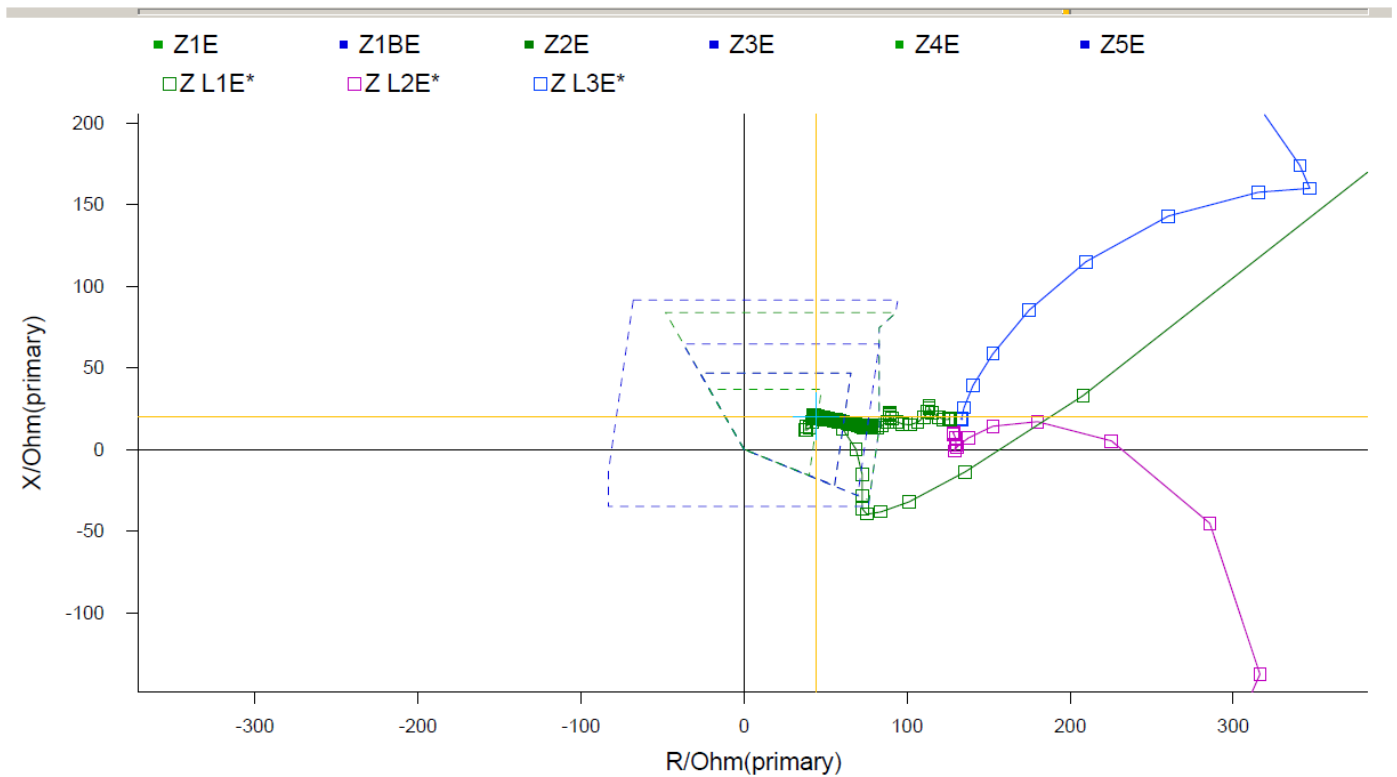


Fuente: Informe Final - Identificación de la Red de Transmisión Regional para el año 2021. EOR. 2021.

Figura 10: Impedancia de la LT Liberia-Amayo en el extremo de Liberia

El arranque fue en Zona 4 de la fase R. El disparo se presentó en Zona 1 y se indica con el cursor amarillo.

	Time in ms	Measuring Signal	Value	Phase	Real	Imag
Cursor 1:	408,82	Z L1E*	48,634 Ohm	24,6°	44,226 Ohm	20,233 Ohm



Fuente: División de Transmisión. Informe de Falla (TE-2601-IF-40-001). ICE. 22 de junio del 2021.