

INFORME PRELIMINAR

Salida total del Sistema Eléctrico Nacional

Sábado 01 de julio del 2017

Centro Nacional de Control de Energía

04 de julio de 2017



1. Tabla de contenido

1. Tabla de contenido	2
2. Introducción.....	3
3. Condiciones del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) antes del evento	3
4. Análisis del evento	3
5. Restablecimiento	6
6. Afectación de la demanda nacional	6
7. Afectación regional.....	7
8. Conclusiones y recomendaciones.....	7

2. Introducción

El 01 de julio del 2017 a las 13:01 horas se presenta un evento regional originado en Panamá que provocó la salida total de los sistemas eléctricos de Costa Rica, Panamá y Nicaragua, así como pérdidas de carga y generación en Honduras, El Salvador y Guatemala. La demanda eléctrica de Costa Rica a esa hora era de 1400 MW y fue afectada en su totalidad por este evento.

El último apagón total en Costa Rica se había registrado el 19 de abril del 2007, a las 19:57 horas, es decir más de 10 años antes. Seguidamente se explican los detalles de este evento.

3. Condiciones del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) antes del evento

Las condiciones operativas del SEN previas al evento cumplían con los criterios de calidad, seguridad y desempeño establecidos en la normativa nacional y regional. En la siguiente tabla se muestra el estado de las variables que se utilizan para controlar el cumplimiento de estos criterios:

Parámetro	Magnitud	Límite permitido
Reserva de regulación para bajar	139 MW	> 30 MW
Reserva de regulación para subir	66 MW	> 30 MW
Reserva de regulación primaria de frecuencia	163 MW	> 5% de la demanda (70 MW)
Frecuencia	60 Hz	$60 \pm 1.65\sigma$ (59.95 – 60.05 Hz)
Voltajes mínimos y máximos en las barras del SEN (230 kV y 138 kV)	98% - 103%	95% - 105% de la tensión nominal
Flujos de seguridad operativa (Norte – Centro)	200 MW	< 1180 MW

Costa Rica se encontraba exportando 40 MW de energía hacia el norte y porteando 40 MW desde Panamá hacia el norte.

4. Análisis del evento

A las 12:56 horas se presenta la desconexión de la línea de transmisión de 230 kV El Coco – Panamá II (circuito 12A) del sistema eléctrico de Panamá por descargas atmosféricas. El circuito 13A de la línea El Coco – Panamá II 230 kV se encontraba desconectado por mantenimiento (este mantenimiento no fue informado al EOR debido a que esa línea no formaba parte de la RTR definida en diciembre 2016). Esta condición provoca a las 13:01 horas la sobrecarga y desconexión de las líneas de 230 kV Llano Sánchez-El Higo 3C y 4C, como se observa en la Figura 1:

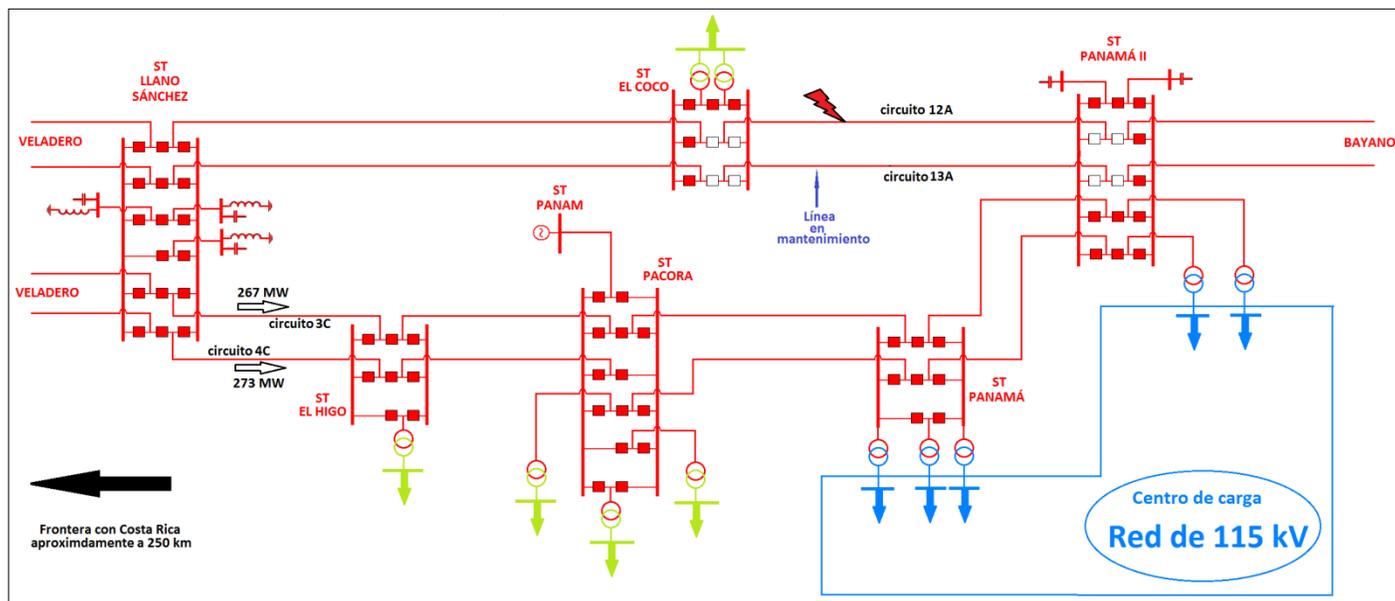


Figura 1: Diagrama de las subestaciones Llano Sánchez, El Coco y Panamá II del sistema eléctrico de Panamá

El evento anterior provoca un flujo de potencia de 750 MW desde Panamá hacia los restantes países de Centroamérica y como consecuencia del mismo se da la desconexión de la interconexión Guatemala – México y la desconexión de las interconexiones del Costa Rica con Nicaragua. Esto provoca que la frecuencia en la isla eléctrica de Costa Rica y Panamá alcance los 62.7 Hz y se dé la desconexión de varios generadores del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) por protección de sobrefrecuencia (disparos escalonados de generación). Todo indica que hubo también disparos de generación por sobrefrecuencia en Panamá.

La pérdida de generación llevó a una condición de baja frecuencia en la isla eléctrica formada por Costa Rica y Panamá, que provocó pérdidas de carga y la apertura de las líneas de interconexión con Panamá. Dado que ya se habían disparado varios generadores en Costa Rica, aunque operó todo el esquema de disparo de carga por baja frecuencia, en esta condición extrema del sistema eléctrico no fue posible mantener el balance de carga-generación por lo que se dio la salida total del sistema.

Todos estos eventos se dieron en un periodo de 8 segundos aproximadamente, por lo que no fue posible tomar ninguna medida manual para evitar la salida total.

En la Figura 2 se observa el comportamiento en Costa Rica de la frecuencia y los flujos de potencia por las interconexiones durante el evento. Se observa que a las 13:01:28 el flujo entrante por las interconexiones de Panamá alcanza los 700 MW y salen 600 MW por las interconexiones hacia Nicaragua. Tras el flujo de potencia inicial que cruzaba al SEN, se da la desconexión de líneas de transmisión internas en Nicaragua que a las 13:01:29 provocan oscilaciones no amortiguadas en la interconexión Cañas – Tiquantepe causando la desconexión de la misma a las 13:01:30. Lo anterior forma una isla eléctrica de Costa Rica con Panamá, cuya frecuencia alcanza los 62.7 Hz, por lo que pierde la operación de parte de sus generadores. La frecuencia de esta isla comienza a caer y a las 13:01:36 se produce la desconexión de las interconexiones con Panamá, con lo que se da el colapso total del sistema eléctrico de Costa Rica (ver figura 2).

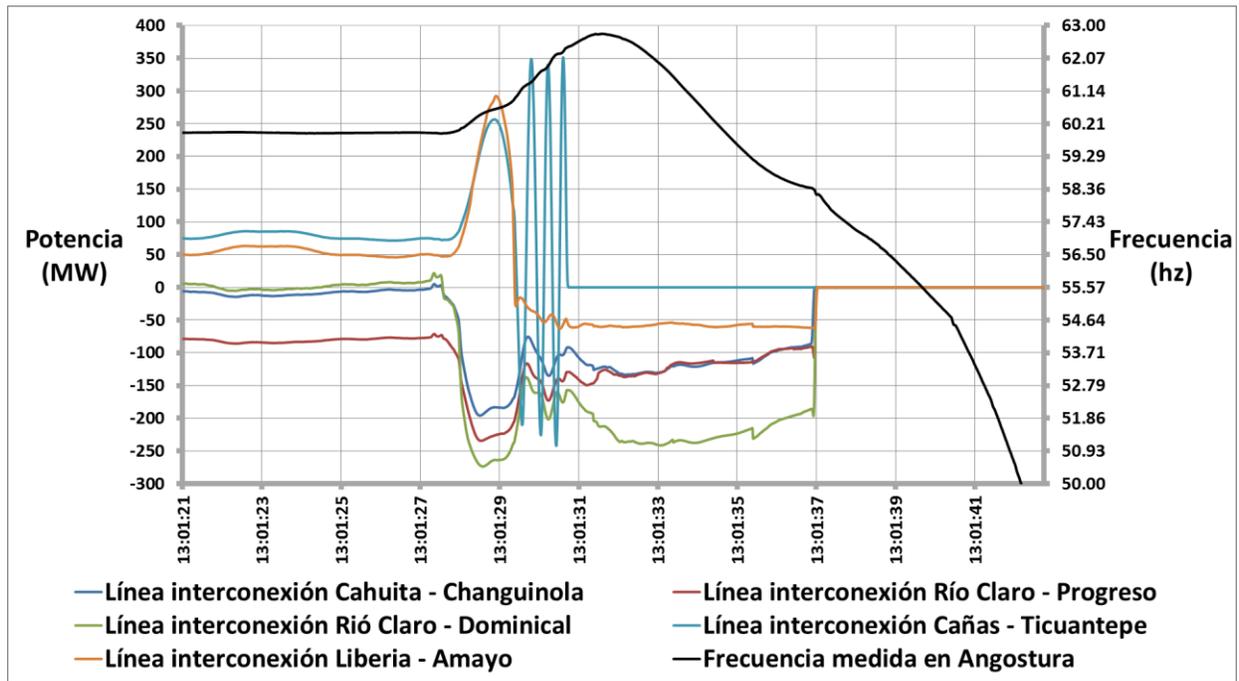


Figura 2: Frecuencia y flujo de potencia en interconexiones durante el evento

En la figura 3 se observa el comportamiento de la frecuencia y de la generación total de Costa Rica (con menor resolución por ser datos del SCADA/EMS) durante el evento. Se observa que durante la reducción de la frecuencia los generadores del SEN responden aumentando la potencia, sin embargo por la magnitud del evento no logran mantener la respuesta y detener la caída de la frecuencia.

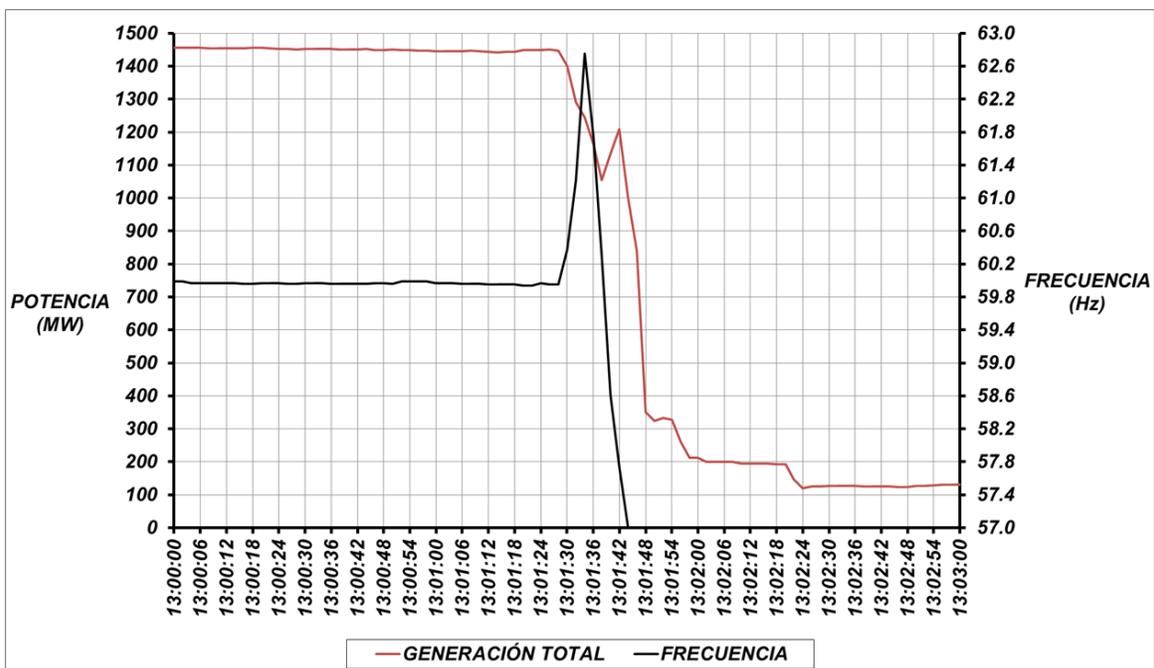


Figura 3: Frecuencia y generación total de Costa Rica durante el evento (datos del SCADA/EMS)

5. Restablecimiento

Luego del evento el Centro Nacional de Control de Energía procede con el protocolo establecido para normalización del SEN, el cual consiste en la formación de islas eléctricas (plantas que tienen capacidad de arranque en negro unidas a una subestación con carga) y el fortalecimiento de las islas por medio de la conexión de más elementos de transmisión, generación y carga, hasta normalizar la totalidad del sistema eléctrico.

A continuación se presentan las horas en que fueron restablecidos los elementos de transmisión, interconexiones y la demanda:

- 16:41 restablecidas todas las subestaciones de 138 kV
- 17:09 restablecidas las 5 interconexiones regionales
- 17:14 restablecidas todas las subestaciones de 230 kV
- 17:33 restablecida el 80% de la demanda
- 18:00 restablecida el 100% de la demanda

6. Afectación de la demanda nacional

A las 13:00 horas la demanda de Costa Rica era de 1400 MW y fue afectada en su totalidad. En la figura 4 se observa la afectación de demanda nacional (el gráfico corresponde a la producción de energía, es decir, considera demanda y pérdidas del SEN). Se estima de manera preliminar que la demanda no atendida fue de 4555 MWh (considerando demanda y pérdidas del SEN). En el informe final se estará brindando una estimación del impacto económico de esta pérdida de demanda.

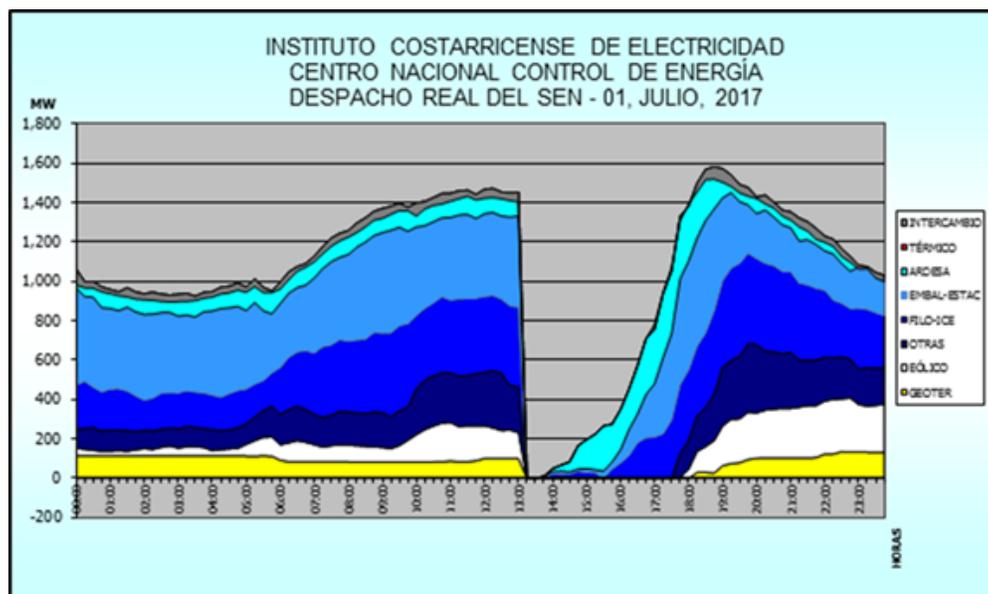


Figura 4: Afectación de la demanda nacional por la salida total del SEN (considera demanda y pérdidas)

Se está solicitando a las empresas distribuidoras el dato de energía no vendida por empresa, el cual se incluirá en el informe final.

7. Afectación regional

De acuerdo con los informes del Ente Operador Regional (EOR) el evento provocó pérdidas de generación y desbalance en los seis sistemas eléctricos de Centroamérica, activándose el Esquema de Desconexión Automática de Carga por Baja Frecuencia (EDACBF). Al final del evento, el Sistema Eléctrico Regional (SER) quedó separado en 4 islas eléctricas: isla #1 Guatemala-El Salvador-Honduras, isla #2 Nicaragua, isla #3 Costa Rica, isla #4 Panamá y ocasionó una pérdida de demanda total del SER del 57.4%.

El colapso fue total en Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Honduras perdió el 17% de su demanda total, El Salvador perdió el 20% y Guatemala el 25%.

Se adjuntan informes emitidos por el EOR.

8. Conclusiones y recomendaciones

- El Sistema Eléctrico Nacional se operaba en forma segura el 01 de julio del 2017, antes de que ocurriera la contingencia en Panamá que causó la salida total. Se cumplía con los criterios de seguridad operativa establecidos por el Reglamento del Mercado Eléctrico Regional y por la Normativa Técnica ARNT-POASEN.
- La secuencia de eventos que llevaron al apagón tuvieron una duración de 8 segundos, por lo que no fue posible tomar ninguna medida manual para evitar la salida total ante esta condición extrema.
- Se debe solicitar al EOR analizar los estudios de seguridad operativa realizados por Panamá para el control de flujos durante el mantenimiento del circuito 13A de la línea El Coco – Panamá II 230 kV. Además, se solicitará al EOR mejorar el proceso de fiscalización de los estudios de seguridad operativa que realizan los países del MER ante mantenimientos programados o de emergencia.
- Debido al gran impacto que tuvo este evento para el sistema eléctrico de Costa Rica, así como para el sistema eléctrico regional y considerando que un evento de características similares (aunque con menor impacto a nivel regional) había ocurrido en el sistema eléctrico de Panamá el pasado 27 de junio, el CENCE-ICE como Operador de Sistema de Costa Rica ha tomado la decisión de implementar a la brevedad posible un sistema especial de protección para las interconexiones con Panamá. Estas protecciones especiales se implementarán en las tres líneas de interconexión con Panamá, usando los siguientes criterios para su actuación: frecuencia superior a 61,0 Hz y flujo de potencia superior a 100,0 MW con direccionalidad (flujo proveniente de la subestación de interconexión de Panamá). Se adjunta nota 0810-496-2017 enviada al EOR sobre las acciones correctivas para proteger el SER.
- La medida de protección especial que se ha definido ya fue comunicada al EOR y está iniciando su fase de implementación. Es una medida extraordinaria y de carácter temporal, mientras el EOR define otro criterio de protección para el SEN y para el Sistema Eléctrico Regional, tomando en cuenta las limitaciones de la red de transmisión de Panamá, específicamente la conexión entre la zona noroeste de generación hidroeléctrica y la zona central o zona del Canal donde se ubica la mayor parte de la demanda de Panamá. Esta zona tiene actualmente una generación hidroeléctrica de alrededor de 1110 MW y se encuentra en expansión.