

Minuta DAOP N° 01/2020

Análisis de cortocircuitos en S/E Crucero  
con la entrada en servicio de  
los transformadores 500/220 kV de S/E Kimal y  
la línea 2x500 kV Kimal - Los Changos



## Índice

<b>1</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Antecedentes</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Análisis</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Resultados y Conclusiones</b> .....	<b>9</b>

## Minuta DAOP N° 02/2019

### Análisis de cortocircuitos en la Zona Norte Grande

#### 1 Introducción

En la minuta DAOP N° 04/2018, se verificó el dimensionamiento de aquellos interruptores de poder de las SS/EE Crucero y Mejillones que fueron identificados en el Estudio de Integridad del Sistema de Transmisión 2017 en condición crítica, con respecto a su capacidad de ruptura. A través de una estimación de los máximos niveles de cortocircuitos a los que estos equipos estarían sometidos, de acuerdo con escenarios de operación reales, se propuso una alternativa para operar el sistema sin superar las capacidades de ruptura de los interruptores antes descritos.

Como consecuencia de la puesta en servicio de los transformadores 500/220 kV de S/E Kimal y de la línea 2x500 kV Changos - Kimal, así como también el reciente retiro del sistema de la central CCTAR, se hace necesario evaluar el impacto de estas obras sobre los niveles de cortocircuito en S/E Crucero y establecer nuevas alternativas de operación del sistema.

#### 2 Antecedentes

De acuerdo con la minuta DAOP N° 04/2018, en la zona Norte Grande los interruptores en condición crítica son los siguientes:

S/E	Paños	Elemento que conecta	Capacidad de Ruptura [kA]
Crucero	52JRE	Reactor	25,0
	52JR	Acoplador	16,0
	52JT1	Transformador 220/23 kV N°1	16,0
	52J6	Línea 220 kV Chacaya - Crucero	16,0
	52J6A	Línea 220 kV Central Tocopilla - Crucero 6A	16,0
	52J6B	Línea 220 kV Crucero - Salar	16,0
	52J10	Línea 220 kV Crucero - Laberinto 2	25,0
	52J11	Línea 220 kV Crucero - Laberinto 1	25,0

**Tabla N°1**

Cabe destacar que, en forma posterior a la emisión de la citada minuta, se produjo el reemplazo de los interruptores 52J5 de S/E Crucero y 52JT de S/E Mejillones, por unos de mayor capacidad de ruptura, por lo que estos interruptores fueron excluidos del presente análisis.

### 3 Análisis

Para el desarrollo de esta minuta se utilizó la base de datos del SEN modelada con el software Digsilent Power Factory vigente al mes de noviembre de 2019. Para el cálculo de cortocircuitos se consideró el método IEC utilizando un factor de tensión pre falla  $c = 1.1$ , con un tiempo de apertura de interruptores de 40 ms.

Además, en estos cálculos se determinó la corriente inicial simétrica de cortocircuito ( $I_{kss}$ ), en condiciones Line Out (Figura 1a) y Open End (Figura 1b).

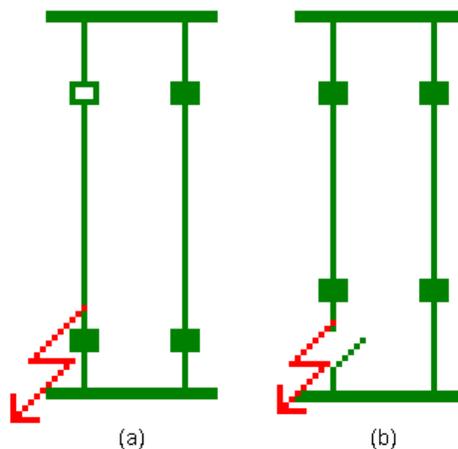


Figura N°1

#### Escenario Base

Como escenario base, en la zona de influencia, se consideraron las siguientes unidades generadoras en servicio:

- Central Norgener (NTO1 y NTO2).
- Central Tocopilla (U16).
- Central Cerro Pabellón (TG1 y TG2).
- Central Cochrane (CCH1 y CCH2).
- Central Angamos (ANG1 y ANG2).
- Central Andina (CTA).
- Central Hornitos (CTH).
- Central Mejillones (CTM3-TG y CTM3-TV).
- Central IEM.

Con respecto al sistema de transmisión, se consideraron en servicio todas las líneas de 220 kV de la zona, así como también ambos transformadores 500/220 kV de S/E Kimal y ambos circuitos de la línea 2x500 kV Los Changos - Kimal.

Conforme con lo anterior, se muestra a continuación un resumen de los máximos niveles de cortocircuitos en los paños de 220 kV de la zona estudiada, calculados según la metodología descrita anteriormente:

S/E	Paños	Capacidad de Ruptura [kA]	Tipo de Falla	Ikss Máx. [kA]	Estado de criticidad
Crucero	52JRE	25	2f-t	19,73	78,90%
	52JR	16	2f-t	19,73	123,29%
	52JT1	16	2f-t	19,73	123,29%
	52J6	16	2f-t	19,10	119,36%
	52J6A	16	2f-t	19,01	118,81%
	52J6B	16	2f-t	19,60	122,52%
	52J10	25	2f-t	19,25	77,01%
	52J11	25	2f-t	19,25	77,02%

**Tabla N°2**

De los resultados mostrados en la Tabla N°2, se concluye que, en este escenario, un total de 5 interruptores de 220 kV de la zona estudiada ven sobrepasadas sus respectivas capacidades de ruptura.

Se definen alternativas de operación que permiten reducir transitoriamente la corriente de cortocircuito máxima en la zona, de manera de no sobrepasar las capacidades de ruptura de los interruptores antes descritos. Las medidas operacionales evaluadas de manera conjunta son las siguientes:

- Operación de la línea 220 kV Crucero - Chacaya fuera de servicio.
- Operación de un circuito de la línea 2x220 kV Crucero - Kimal fuera de servicio.
- Líneas 220 kV Crucero - María Elena y 220 kV Lagunas - María Elena abiertas en su extremo María Elena (condición de operación actual por desarrollo de obras de transmisión).
- Un transformador 500/220 kV de S/E Kimal fuera de servicio.
- Un circuito de la línea 2x500 kV Kimal - Los Changos fuera de servicio.

Se obtienen los siguientes resultados:

S/E	Paños	Capacidad de Ruptura [kA]	Tipo de Falla	Ikss Máx. [kA]	Estado de criticidad
Crucero	52JRE	25	2f-t	16,71	66,83%
	52JR	16	2f-t	16,71	104,42%
	52JT1	16	2f-t	16,71	104,42%
	52J6	16	-	-	-
	52J6A	16	2f-t	15,99	99,93%
	52J6B	16	2f-t	16,58	103,63%
	52J10	25	2f-t	16,04	64,16%
	52J11	25	2f-t	16,05	64,20%

**Tabla N°3**

De los resultados mostrados en la Tabla N°3, se concluye que, pese a las medidas operacionales adoptadas, un total de 3 interruptores de 220 kV de la zona estudiada ven sobrepasadas sus respectivas capacidades de ruptura, por lo que se hace necesario tomar medidas adicionales.

Se plantean las siguientes alternativas de operación para reducir los niveles de corriente de cortocircuito en S/E Crucero:

- A) Dos transformadores 500/220 kV de S/E Kimal fuera de servicio.

Se obtienen los siguientes resultados:

S/E o Central	Paños	Capacidad de Ruptura [kA]	Tipo de Falla	Ikss Máx. [kA]	Estado de criticidad
Crucero	52JRE	25	2f-t	15,10	60,39%
	52JR	16	2f-t	15,10	94,36%
	52JT1	16	2f-t	15,10	94,36%
	52J6	16	2f-t	14,30	89,39%
	52J6A	16	2f-t	14,38	89,89%
	52J6B	16	2f-t	14,97	93,58%
	52J10	25	2f-t	14,41	57,63%
	52J11	25	2f-t	14,42	57,67%

**Tabla N°4**

B) Operación de ambos circuitos de la línea 2x220 kV Crucero - Kimal fuera de servicio.

S/E o Central	Paños	Capacidad de Ruptura [kA]	Tipo de Falla	Ikss Máx. [kA]	Estado de criticidad
Crucero	52JRE	25	2f-t	11,78	47,11%
	52JR	16	2f-t	11,78	73,61%
	52JT1	16	2f-t	11,78	73,61%
	52J6	16	2f-t	10,77	67,34%
	52J6A	16	2f-t	11,06	69,11%
	52J6B	16	2f-t	11,65	72,78%
	52J10	25	2f-t	10,78	43,12%
	52J11	25	2f-t	10,80	43,21%

**Tabla N°5**

Es importante destacar que sin la concreción de las medidas operacionales antes descritas no se logra reducir el nivel de cortocircuito por debajo de la capacidad de ruptura de los interruptores comprometidos.

#### **Escenario Base, pero sin la unidad U16**

Con respecto al escenario base, para este escenario se consideraron las mismas instalaciones de transmisión en servicio. Por otra parte, se considera el mismo despacho de unidades de generación del escenario base, pero con la unidad U16 fuera de servicio.

A continuación, se muestra un resumen de los máximos niveles de cortocircuitos en los paños de 220 kV de la zona estudiada:

S/E	Paños	Capacidad de Ruptura [kA]	Tipo de Falla	Ikss Máx. [kA]	Estado de criticidad
Crucero	52JRE	25	1f-t	17,28	69,14%
	52JR	16	1f-t	17,28	108,03%
	52JT1	16	1f-t	17,28	108,03%
	52J6	16	1f-t	16,67	104,20%
	52J6A	16	1f-t	16,99	106,19%
	52J6B	16	1f-t	17,11	106,91%
	52J10	25	1f-t	16,81	67,24%
	52J11	25	1f-t	16,81	67,26%

**Tabla N°6**

De los resultados mostrados en la Tabla N°6, se concluye que, en este escenario, un total de 5 interruptores de 220 kV de la zona estudiada ven sobrepasadas sus respectivas capacidades de ruptura.

Se definen alternativas de operación que permiten reducir transitoriamente la corriente de cortocircuito máxima en la zona, de manera de no sobrepasar las capacidades de ruptura de los interruptores antes descritos. Las medidas operacionales propuestas son las siguientes:

- C) Operación de la línea 220 kV Crucero - Chacaya fuera de servicio.
- D) Operación de un circuito de la línea 2x220 kV Crucero - Kimal fuera de servicio.

Se obtienen los siguientes resultados:

S/E	Paños	Capacidad de Ruptura [kA]	Tipo de Falla	Ikss Máx. [kA]	Estado de criticidad
Crucero	52JRE	25	1f-t	15,73	62,93%
	52JR	16	1f-t	15,73	98,32%
	52JT1	16	1f-t	15,73	98,32%
	52J6	16	-	-	-
	52J6A	16	1f-t	15,45	96,54%
	52J6B	16	1f-t	15,56	97,24%
	52J10	25	1f-t	15,14	60,55%
	52J11	25	1f-t	15,14	60,58%

**Tabla N°7**

Es importante destacar que sin la concreción de las medidas operacionales antes descritas no se logra reducir el nivel de cortocircuito por debajo de la capacidad de ruptura de los interruptores comprometidos.

## 4 Resultados y Conclusiones

De acuerdo con los resultados de los cálculos de los niveles máximos de corrientes de cortocircuito para el escenario base mostrado en las Tablas N°2 y N°6, se aprecia que las capacidades de ruptura de 5 interruptores de 220 kV de la Zona Norte Grande estarían actualmente superadas.

A partir de los resultados mostrados en las Tablas N°4, N°5 y N°7, se establecen alternativas inmediatas para operar transitoriamente el sistema sin superar las capacidades de ruptura de los interruptores antes descritos, mientras no se concrete la etapa 2 del proyecto S/E Kimal (cambio de la conexión de las SS/EE Chuquicamata, El Salar, María Elena, Laberinto y Tocopilla desde S/E Crucero hacia la S/E Kimal en 220 kV).

Cabe señalar que en el Escenario Base descrito en la presente Minuta (Análisis, punto 3), para lograr reducir el nivel de cortocircuito por debajo de la capacidad de ruptura de los interruptores comprometidos, se requiere aplicar las siguientes medidas operacionales:

Instalación <u>requerida fuera de servicio</u> (a partir del Caso Base descrito)	Alternativas		
	1	2	3
Línea 220 kV Crucero - Chacaya			X
Un circuito de la línea 2x220 kV Crucero - Kimal			X
Dos circuitos de la línea 2x220 kV Crucero - Kimal		X	
Central Tocopilla (U16)			X
Ambos transformadores 500/220 kV de S/E Kimal	X		