



ESTUDIO DE EDAC POR SUBTENSIÓN - AÑO 2009

TIPO DE DOCUMENTO: INFORME

Autor	Dirección de Operación
Fecha Creación	30-10-2009
Última Impresión	30-10-2009
Correlativo	CDEC-SING B-0084/2009
Versión	1.0



CONTROL DEL DOCUMENTO

APROBACIÓN

Versión	Aprobado por
1.0	Para Observaciones

REGISTRO DE CAMBIOS

Fecha	Autor	Versión	Descripción del Cambio
30-10-2009	Departamento de Operaciones	1.0	Confección del Informe

REVISORES

Nombre	Cargo
Daniel Salazar J.	Director de Operación y Peajes
Patricio Troncoso R.	Subdirector de Operación
Patricio Valenzuela V.	Jefe Departamento de Operaciones
Felipe Morales S.	Jefe de Estudios
Fiorella Roncagliolo D.	Ingeniero de Estudios

DISTRIBUCIÓN

Copia	Destinatario



CONTENIDO.

CONTROL DEL DOCUMENTO	2
Aprobación	2
Registro de Cambios	2
Revisores	2
Distribución	2
1. INTRODUCCIÓN	4
2. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES DE ESTUDIOS PREVIOS	5
2.1 Resumen por zona	5
2.1.1 Zona Norte	5
2.1.1.1 Recomendaciones	6
2.1.2 Zona Chuquicamata-Calama	6
2.1.2.1 Recomendaciones	7
3. ANÁLISIS Y ACTUALIZACIÓN DE RECOMENDACIONES	8
3.1 Zona Norte	8
3.1.1 Análisis	8
3.1.2 Recomendaciones	9
3.1.2.1 Protecciones por sobrecarga	9
3.1.2.2 EDAC por sobrecarga	9
3.1.2.3 Capacidad de líneas de transmisión	9
3.1.2.4 Cambios de TTCC	10
3.2 Zona Chuquicamata-Calama	10
3.2.1 Recomendaciones	11
3.2.1.1 EDAC por subtenSIón	11
4. CONCLUSIONES	12
5. ANEXOS	13
5.1 Anexo 1. Resultados Zona Norte	13
5.1.1 Gráficos de Simulaciones	14
5.1.1.1 Contingencia Simple en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1.	14
5.1.1.2 Contingencia Simple en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2.	15
5.1.1.3 Contingencia Simple en Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi.	17
5.2 Anexo 2. Resultados Zona Chuquicamata-Calama	19
5.2.1 Gráficos de Simulaciones	20
5.2.1.1 Caso 1-A, Contingencia Simple en Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata.	20
5.2.1.2 Caso 1-B, Contingencia Simple en Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata.	22
5.2.1.3 Caso 2, Contingencia Simple en Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata.	25



1. INTRODUCCIÓN

El Estudio de Esquema de Desconexión Automática de Carga (EDAC) por subtensión, encomendado en el Título 6-9 de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NT), tiene por objeto revisar y adecuar los EDAC vigentes. De acuerdo con lo establecido en el Artículo 6-53 de la NT, éste deberá realizarse al menos con periodicidad anual.

En los Estudios de EDAC por subtensión previos al presente estudio, se analizaron los problemas asociados a subtensiones que se podrían presentar en distintas zonas del SING, específicamente, la zona Norte y la zona Chuquicamata-Calama. En dichos Estudios se propusieron alternativas de control, basadas en desconexión automática de carga, las cuales requieren de una evaluación previa a fin de establecer la necesidad de un diseño de detalle para entonces proceder, si corresponde, a una etapa de implementación.

El horizonte de evaluación del presente Estudio es de un año y comprende las condiciones operacionales previstas para el período entre el 1° de enero y el 31 de diciembre de 2010.

Para dicho período, las condiciones esperadas, en términos de la topología del sistema, previsión de demanda, despachos y tipos de contingencias que caracterizan a los respectivos escenarios, no varían en forma significativa; sin embargo, considerando la implementación presente del Esquema de Desconexión Automática de Generación (EDAG) por sobrefrecuencia y la aplicación de la Política de Operación relativa a las transferencias de potencia máximas entre la Zona Centro y la Zona Norte, los efectos esperados en relación a los problemas asociados a subtensiones presentan un comportamiento diferente.

De acuerdo a lo anterior, el presente Estudio se concentra en revisar la presencia de eventuales problemas de subtensión, y analizar la necesidad y conveniencia de implementar las recomendaciones tendientes a darles solución, considerando la implementación del EDAG y la aplicación de la política de operación antes indicada.



2. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES DE ESTUDIOS PREVIOS

En los Estudios de EDAC por subtensión previos, específicamente los Estudios elaborados en el año 2006 y 2007, se concluyó que, para determinadas topologías y contingencias en torno a la Zona Norte y la Zona Chuquicamata-Calama, las respectivas zonas podrían presentar subtensiones relevantes fuera de los estándares establecidos en la NT; condición que podría comprometer la seguridad del SING, producto de los montos de desconexión de carga esperados en relación a las subtensiones y el efecto de esta desconexión en términos de la sobrefrecuencia resultante. Al respecto, en ambas situaciones se observaron otras condiciones de operación desfavorables, principalmente asociadas con altas transferencias de potencia por las instalaciones del Sistema de Transmisión y sobrecargas, y que de acuerdo a los análisis realizados se concluyó que tienen un efecto directo en las subtensiones detectadas.

Del conjunto de actividades asociadas a la implementación de elementos de control orientados a mitigar los efectos observados, ya sea el efecto asociado a subtensión o los efectos colaterales relativos a sobrecarga o sobrefrecuencia, se concluyó dar prioridad a la implementación del EDAG por sobrefrecuencia, privilegiando así atender la condición más crítica en términos de vulnerar la seguridad del sistema. En efecto, en caso que, producto de contingencias que deriven en subtensiones y/o sobrecargas, se produzca una desconexión masiva de carga que redunde en sobrefrecuencias, operaría el EDAG evitando una eventual condición de apagón total como resultado de la desconexión no controlada de las unidades generadoras por operación de sus protecciones por sobrefrecuencia.

Cabe mencionar que en diciembre de 2008 se implementó el EDAG por sobrefrecuencia en el SING¹, el cual ya ha presentado una operación, permitiendo el control exitoso de la sobrefrecuencia experimentada en el sistema².

2.1 RESUMEN POR ZONA

Los Estudios previos permitieron detectar zonas en las cuales se verificó la presencia de problemas de subtensión, inestabilidad o colapso de tensión, ante la ocurrencia de determinadas contingencias de interés. Dichas zonas corresponden a:

- Zona Norte (al norte de la S/E Crucero): considera las instalaciones conectadas a las subestaciones Lagunas, Pozo Almonte, Collahuasi, Tarapacá, Cóncores y Parinacota.
- Zona Chuquicamata-Calama: considera las instalaciones conectadas a las subestaciones Chuquicamata, A, Salar, Km-6 y Calama.

2.1.1 ZONA NORTE

En determinadas condiciones de operación, caracterizadas por el estado de la unidad CTTAR fuera de servicio, altas demandas en los consumos de la zona o indisponibilidad de alguna de las siguientes líneas: Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1, Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2 o Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi, y ante la desconexión intempestiva de una de las líneas antes indicadas, se espera se produzcan bajas tensiones en la zona y altas transferencias en las líneas que queden en servicio, produciéndose eventuales sobrecargas en dichas líneas o sus respectivos TT/CC. Como consecuencia de dichas sobrecargas, podría ocurrir una desconexión en cadena que involucre estas y otras instalaciones que

¹ A la fecha de emisión de este informe, aproximadamente el 50% de las unidades/componentes consignadas al EDAG han realizado la respectiva implementación.

² Evento N°2216, ocurrido el 01 de abril de 2009.



Versión: 1.0

presenten sobrecarga, y con ello, la desconexión de la totalidad de los consumos de la Zona Norte, produciendo una condición de sobrefrecuencia. Considerando que en la actualidad se encuentra implementado en EDAG por sobrefrecuencia en el SING, en esta condición operaría dicho esquema, evitando así un eventual apagón total por la operación no controlada de las protecciones de sobrefrecuencia de las unidades generadoras.

2.1.1.1 Recomendaciones

Considerando los resultados observados frente a contingencias, y la interacción entre los problemas asociados a subtensión, sobrecarga y sobrefrecuencia, se recomendó lo siguiente:

- La implementación de un EDAC por sobrecarga, para evitar la desconexión de la totalidad de los consumos de la Zona Norte frente a contingencias que deriven en sobrecargas y subtensiones relevantes; considerando que el alivio de eventuales sobrecargas en las líneas de transmisión de la zona requiere de desconexiones de carga mayores a las necesarias para recuperar la tensión, y que por lo tanto, se estima que en forma indirecta aliviarán las condiciones de subtensión observadas.
- Disponer del EDAG por sobrefrecuencia implementado en el SING, como respaldo al EDAC indicado en el párrafo anterior, para evitar la operación de las protecciones de sobrefrecuencia de las unidades generadoras en caso de desconexión de la totalidad de los consumos de la Zona Norte; situación que de no ser controlada podría, eventualmente, llevar al sistema a un apagón total.
- Evaluar el reemplazo de los TT/CC que corresponda, en especial el T/C de la Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2 extremo Lagunas, dado que representa una condición de limitación efectiva de las transferencias de potencia hacia la Zona Norte. En efecto, esto permitiría reducir los requerimientos de control asociados al EDAC por sobrecarga, evitando eventuales desconexiones de barras e instalaciones adyacentes por el efecto de sobrecarga no controlada, o daño en los mismos.
- Analizar la definición de una capacidad transitoria o una redefinición de la capacidad permanente informada para las líneas de transmisión, en especial para la Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi, dado que su capacidad representa una condición de limitación efectiva de las transferencias de potencia hacia la Zona Norte.
- En forma complementaria, evaluar la implementación de protecciones por sobrecarga que permitan evitar un eventual daño en las líneas de transmisión, ya sea por sobrecarga de sus TT/CC o del conductor, en caso que las acciones de control provenientes del EDAC por sobrecarga sean insuficientes.

2.1.2 ZONA CHUQUICAMATA-CALAMA

En determinadas condiciones de operación, caracterizadas por altas demandas en los consumos de la zona e indisponibilidad de la Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata o la Línea 220 kV Crucero-Salar, y ante la desconexión intempestiva de la otra línea, se espera se presenten bajas tensiones en la zona y altas transferencias por las siguientes líneas: Línea 110 kV Central Tocopilla-A, Línea 110 kV Central Tocopilla-Central Diesel Tamaya, Línea 110 kV Central Diesel Tamaya-A y Línea 110 kV Central Diesel Tamaya-Salar. Producto de las bajas tensiones, se podría desconectar la totalidad de los consumos de la Zona Chuquicamata-Calama, lo que derivaría en una condición de sobrefrecuencia. Considerando que en la actualidad se encuentra implementado el EDAG por sobrefrecuencia en el SING, en esta condición operaría dicho esquema, evitando así la ocurrencia de un apagón total por la operación no controlada de las protecciones de sobrefrecuencia de las unidades generadoras.



2.1.2.1 Recomendaciones

Considerando los resultados observados frente a contingencias, y la interacción entre los problemas asociados a subtensión y sobrefrecuencia, se recomendó lo siguiente:

- La implementación de un EDAC por subtensión, para evitar la desconexión de la totalidad de los consumos de la Zona Chuquicamata-Calama frente a las contingencias que deriven en subtensiones relevantes; el cual debe operar en forma coordinada con las protecciones por subtensión, e incorporar etapas de operación, con retardos apropiados, en función del nivel de tensión presente.
- Disponer del EDAG por sobrefrecuencia como respaldo al EDAC por subtensión indicado en el párrafo anterior, para evitar la operación de las protecciones de sobrefrecuencia de las unidades generadoras en caso de desconexión de la totalidad de los consumos de la Zona Chuquicamata-Calama.



3. ANÁLISIS Y ACTUALIZACIÓN DE RECOMENDACIONES

En relación a las recomendaciones de los Estudios previos, y considerando la implementación del EDAG por sobrefrecuencia y la aplicación de la Política de Operación de la Zona Norte, respectivamente, se procedió a revisar la presencia de eventuales problemas de subtensión, de modo de analizar la necesidad y conveniencia de implementar recomendaciones tendientes a darles solución.

A continuación se presenta el análisis por zona.

3.1 ZONA NORTE

3.1.1 ANÁLISIS

En octubre de 2009 la DO emitió el documento “Programación y Operación de las Transferencias de Potencia desde la Zona Centro a la Zona Norte con Restricciones de Seguridad”, el cual fue enviado a los Coordinados mediante fax CDEC-SING B-1651/2009, que recoge y resume las políticas de operación aplicadas por el CDC para las condiciones actuales del SING, y que derivan de los informes emitidos por la DO en el contexto de las exigencias de la NT vigente. En dicho Informe se establece la Política de Operación basada en el control de las transferencias de potencia desde la Zona Centro a la Zona Norte, con el objeto de evitar sobrecargas en las instalaciones del Sistema de Transmisión ante la ocurrencia de contingencias simples, a través del despacho de generación local fuera del orden económico y la aplicación de Desconexión Manual de Carga (DMC) en la zona, en caso de ser necesario.

Considerando que la planificación y operación del SING están supeditadas a la Política de Operación indicada previamente; particularmente en lo que respecta al control de las transferencias de potencia entre la Zona Centro y la Zona Norte, es posible prever que las condiciones de subtensión detectadas en los Estudios previos presenten modificaciones significativas. A efectos de evaluar esta situación, se analizó el desempeño del SING en un escenario de operación particular, el cual se considera crítico en términos de efectos de subtensiones post ocurrencia de las contingencias de interés. Dicho escenario se caracteriza por el estado de la unidad CTTAR fuera de servicio, y transferencias de potencia máximas hacia la Zona Norte³, a partir del cual se analiza la ocurrencia de una contingencia simple en el Sistema de Transmisión. Los efectos más críticos en términos de subtensiones se observan ante la desconexión intempestiva de la Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi, en el cual la tensión en la barra Collahuasi 220 kV alcanza un valor en torno a 0.9 pu. En este caso, es posible realizar acciones manuales para reestablecer las tensiones en barras a valores dentro de los rangos establecidos en la NT, específicamente, conectar los condensadores en S/E Parinacota y S/E Córdones, desconectar el reactor en S/E Córdones; y en caso que ello no sea suficiente, aplicar DMC en la zona. En el Anexo 1 se presentan los resultados obtenidos.

Los análisis realizados permiten verificar que la aplicación de la Política de Operación de la Zona Norte evita la presencia de sobrecargas en las instalaciones del Sistema de Transmisión, y en forma indirecta, las subtensiones detectadas en ausencia de dicha política de operación.

³ De acuerdo a la Política de Operación de la Zona Norte, la transferencia de potencia máxima permitida desde la Zona Centro a la Zona Norte es de 356 MW, la cual es válida para una temperatura ambiente de 20°C o menor.



3.1.2 RECOMENDACIONES

3.1.2.1 Protecciones por sobrecarga

Se requiere la implementación de protecciones por sobrecarga en las instalaciones involucradas en los problemas de sobrecarga detectados en la Zona Norte⁴, como respaldo a la aplicación de la Política de Operación de la Zona Norte, dada la ausencia de dichas protecciones en las líneas de interés⁵; las cuales son relevantes para evitar daño en las mismas, así como también, una eventual desconexión masiva de instalaciones.

Al respecto, la DO, en conjunto con los propietarios de las instalaciones respectivas, analizará la conveniencia de implementar protecciones por sobrecarga en ciertas instalaciones de manera de protegerlas frente a eventuales sobrecargas mediante su desconexión.

En caso que desviaciones entre la operación de tiempo real y lo establecido en la Política de Operación respectiva, se esperaría la operación de dichas protecciones, la desconexión en cascada de las instalaciones y la carga abastecida por ellas. La sobrefrecuencia resultante sería controlada por el EDAG por sobrefrecuencia.

La recomendación también se mantiene vigente en caso que la Política de Operación de la Zona Norte sea reemplazada por un EDAC por sobrecarga; dada la necesidad de respaldar la integridad de las instalaciones en caso de un eventual mal desempeño de dicho esquema.

3.1.2.2 EDAC por sobrecarga

Se recomienda la implementación de un EDAC por sobrecarga en la Zona Norte, según se indica en el documento "Programación y Operación de las Transferencias de Potencia desde la Zona Centro a la Zona Norte con Restricciones de Seguridad", el cual permitiría evitar la aplicación de las medidas de seguridad previamente indicadas, ya sea, despacho de generación local fuera del orden económico y/o aplicación de DMC.

En caso de ser implementado dicho EDAC, se podrían modificar las conclusiones relativas a la presencia de eventuales condiciones de subtensión, requiriendo entonces una revisión de las mismas.

3.1.2.3 Capacidad de líneas de transmisión

Se recomienda que los propietarios de las instalaciones involucradas en los problemas de sobrecarga detectados en la Zona Norte⁴ analicen la definición de una capacidad transitoria o una redefinición de la capacidad permanente informada para las líneas de transmisión, en el caso que la limitación de la transferencia de potencia entre las zonas esté acotada a la capacidad del conductor de las líneas de transmisión; en particular para la Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi.

⁴ Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1, Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2 y Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi.

⁵ Mediante fax CDEC-SING B-1085/2008 la DO solicitó información a los propietarios de las líneas de transmisión involucradas en los problemas de sobrecarga detectados en la Zona Norte, respecto de la existencia de protecciones por sobrecarga. A la fecha sólo se ha recibido respuesta de TRANSELEC Norte y Minera Collahuasi, donde se indica que no poseen dichas protecciones.



Versión: 1.0

En caso de que se defina una capacidad transitoria o se redefina la capacidad permanente informada para las líneas de transmisión, se debe revisar la Política de Operación de la Zona Norte y el EDAC por sobrecarga en caso que se implemente.

Al respecto, cabe mencionar que mediante carta GSE-E-045-09 del 28.09.2009, Minera Collahuasi informó su "Proyecto Optimización a 170 KTPD", el cual contempla, entre otros aspectos, lo siguiente:

- Modificación de la Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi, con el fin de aumentar su capacidad de transmisión en régimen permanente.
- Incorporación de un segundo circuito de la Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi.

En relación a ello la DO solicitó, mediante fax CDEC-SING B-1515/2009, el envío de información técnica asociada a dicho proyecto y el cronograma respectivo.

3.1.2.4 Cambios de TTCC

Se recomienda que los propietarios de las instalaciones involucradas en los problemas de sobrecarga detectados en la Zona Norte⁶ evalúen el reemplazo de los TT/CC que corresponda, en el caso que la limitación de la transferencia de potencia entre las zonas se vea efectivamente limitada por su capacidad; en particular el T/C de la Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2 extremo Lagunas.

En caso de realizar un reemplazo de TT/CC de alguna de las líneas en cuestión, se debe revisar la Política de Operación de la Zona Norte, y el EDAC por sobrecarga en caso que se implemente.

3.2 ZONA CHUQUICAMATA-CALAMA

En diciembre de 2008 se implementó el EDAG por sobrefrecuencia en el SING⁷, según el Estudio Específico elaborado por la DO. Este esquema ya ha permitido un control satisfactorio de aquellas contingencias que derivan en una desconexión masiva de carga, evitando así la condición de apagón total que fuera detectada en ausencia de dicho control.

Desde esta perspectiva, considerando que la problemática de subtensión detectada en la Zona Chuquicamata-Calama podría derivar en una de sobrefrecuencia, en caso que se desconecte parte o la totalidad de los consumos de la zona Chuquicamata-Calama debido a bajas tensiones, las problemáticas de subtensión y sobrefrecuencia serían controladas mediante la operación del EDAG, preservando la seguridad del sistema.

⁶ Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1, Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2 y Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi.

⁷ A la fecha se encuentra pendiente la implementación del EDAG en las siguientes unidades/componentes:

- CTM1, CTM2, CTM3-TV: mediante fax CDEC-SING N°176/2009 Edelnor actualizó el programa de trabajo asociado a la implementación del EDAG en sus unidades,
- NTO2: mediante fax N°029/2009 Norgener actualizó el programa de trabajo asociado a la implementación del EDAG en esta unidad,
- TG11, TG12 y TV10: mediante fax CDEC-SING N°30/2009 AES Gener envió una propuesta para la implementación del EDAG en sus componentes, la cual se encuentra en revisión por la DO.



Versión: 1.0

A efectos de evaluar el desempeño global del SING, considerando que la condición de subtensión inicial evolucione hasta derivar en la desconexión total de los consumos Chuquicamata y Calama⁸, se analizó el comportamiento dinámico y de régimen en un escenario de operación particular, el cual se considera crítico en términos de efectos de sobretensiones y sobrecargas. Dicho escenario se caracteriza por indisponibilidad de la Línea 220 kV Crucero-Salar, un nivel de generación elevado en Central Tocopilla y una condición de demanda relativamente baja en las Zonas Centro y Norte; a partir del cual se analizó la ocurrencia de una contingencia simple en la Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata. Adicionalmente, se analizó un escenario caracterizado por baja presencia de unidades despachadas en las Zonas Centro y Norte, de manera de reflejar una condición con menor disponibilidad de recursos para el control de tensión. Los análisis permiten observar la operación del EDAG por sobrefrecuencia, controlando la contingencia en forma efectiva, y niveles de tensión en la barra Crucero 220 kV en torno a 1,046 [pu] y en la barra Parinacota 220 kV en torno a 1,063 [pu] para el caso más crítico; los cuales se encuentran dentro del rango establecido en la NT. A su vez, se detecta la necesidad de verificar condiciones particulares de generación en Central Termoeléctrica Tocopilla, o realizar acciones manuales post ocurrencia de la contingencia, a fin de prever que las transferencias de potencias sean acordes con las capacidades informadas para el Sistema de Transmisión. En el Anexo 2 se presentan los resultados obtenidos.

Los análisis realizados permiten verificar que, dadas las capacidades de control disponibles en el EDAG por sobrefrecuencia, y la adopción de medidas de seguridad a nivel de la programación y operación, una eventual desconexión masiva de carga debido a las subtensiones presentes en la Zona no resultaría en condiciones que puedan vulnerar la SyCS del SING; particularmente en lo que respecta a sobretensiones o sobrecargas en el Sistema de Transmisión.

3.2.1 RECOMENDACIONES

3.2.1.1 EDAC por subtensión

Considerando que el EDAG por sobrefrecuencia actualmente disponible en el SING permite un control satisfactorio de aquellas contingencias que deriven en una desconexión masiva de carga, si así resultara como consecuencia de la condición inicial de subtensión que pueda presentarse, se recomienda prescindir de la implementación de un EDAC por subtensión en la Zona Chuquicamata-Calama, considerando que si bien ello podría redundar en la desconexión total de los consumos Chuquicamata y Calama, esto no resultaría crítico para la SyCS del SING.

Al respecto cabe destacar que, si bien pudiese resultar factible diseñar un EDAC por subtensión, y entonces evitar la desconexión de la totalidad de los consumos de la zona, dicho diseño se estima de alta complejidad y, además, resultando en un esquema de control con desempeño incierto. En efecto, la información que caracteriza el monto de desconexión y la sensibilidad de la carga en función de la tensión resulta de difícil obtención, lo cual se verifica por el hecho de que ésta no ha sido entregada por los respectivos Coordinados.

Frente a la desconexión total de los consumos Chuquicamata y Calama no se espera una condición de sobretensión crítica sobre el resto de subestaciones del SING, observándose que las tensiones quedarían acotadas en el rango de operación definido por los estándares establecidos en la NT.

Adicionalmente, en relación a eventuales sobrecargas transitorias en el Sistema de Transmisión post-contingencia, ellas pueden ser superadas adoptando medidas en la operación en tiempo real.

⁸ El consumo Calama considera ELECDA Calama y Santa Margarita.



4. CONCLUSIONES

El presente Estudio se concentró en revisar la presencia de eventuales problemas de subtensión en la Zona Norte y la Zona Chuquicamata-Calama, y analizar la necesidad y conveniencia de implementar las recomendaciones tendientes a darles solución, considerando la implementación del EDAG por sobrefrecuencia y la aplicación de la Política de Operación de la Zona Norte.

Los análisis realizados permiten concluir, para cada zona, lo siguiente:

- Zona Norte

La aplicación de la Política de Operación de la Zona Norte, actualmente vigente, evita sobrecargas en las instalaciones de transmisión ante la ocurrencia de contingencias simples, y en forma indirecta, la presencia de subtensiones; de este modo se concluye que, mientras se encuentre en aplicación dicha Política de Operación, no se requiere implementar un EDAC por subtensión.

Se recomienda a los propietarios de las instalaciones involucradas en los problemas de sobrecarga de la Zona Norte lo siguiente:

- Implementar protecciones por sobrecarga.
- Evaluar la implementación de un EDAC por sobrecarga.
- Analizar la factibilidad de redefinir la capacidad transitoria o redefinir la capacidad permanente informada para las líneas de transmisión.
- Analizar la factibilidad de realizar un cambio de TT/CC, aumentando su capacidad.

- Zona Chuquicamata-Calama

El EDAG por sobrefrecuencia actualmente disponible en el SING permite un control satisfactorio de aquellas contingencias que deriven en una desconexión masiva de carga, si así resultara producto de la condición inicial de subtensión que pueda ser experimentada.

Se recomienda a los propietarios de las instalaciones involucradas en los problemas de subtensión de la Zona Chuquicamata-Calama evalúen lo siguiente:

- Prescindir de la implementación de un EDAC por subtensión en la zona, considerando que si bien ello podría redundar en la desconexión total de los consumos Chuquicamata y Calama, esto no resultaría crítico para la SyCS del SING.

La DO convocará a los propietarios de las instalaciones involucradas a una reunión a efectos de analizar las recomendaciones indicadas y concluir acerca de su implementación práctica.



5. ANEXOS

5.1 ANEXO 1. RESULTADOS ZONA NORTE

La Tabla N°1 presenta, para un escenario de operación crítico en términos de subtensiones, caracterizado por el estado de la unidad CTTAR fuera de servicio y transferencias de potencia máximas hacia la Zona Norte, las transferencias de potencia por las líneas de interés y la tensión en barras, en condiciones normales de operación y en caso de contingencia simple.

Tabla 1: Resultados análisis Zona Norte con CTTAR F/S.

Instalación	Condiciones normales de operación	Falla Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1	Falla Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2	Falla Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi
	Transferencias de Potencia [MW]	Transferencias de Potencia [MW]	Transferencias de Potencia [MW]	Transferencias de Potencia [MW]
Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1	114,3	-	183,6	175,4
Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2	116,3	182,5	-	177,8
Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi	125,4	170,0	172,5	-
Total	356,0	352,5	356,1	353,2

Barra	Tensión [pu]	Tensión [pu]	Tensión [pu]	Tensión [pu]
Crucero 220 kV	1,011	1,002	1,001	0,997
Lagunas 220 kV	0,997	0,96	0,952	0,929
Collahuasi 220 kV	0,974	0,94	0,933	0,896

Nota: De acuerdo a la Política de Operación de la Zona Norte, la transferencia de potencia máxima permitida desde la Zona Centro a la Zona Norte es de 356 MW, la cual es válida para una temperatura ambiente de 20°C o menor.

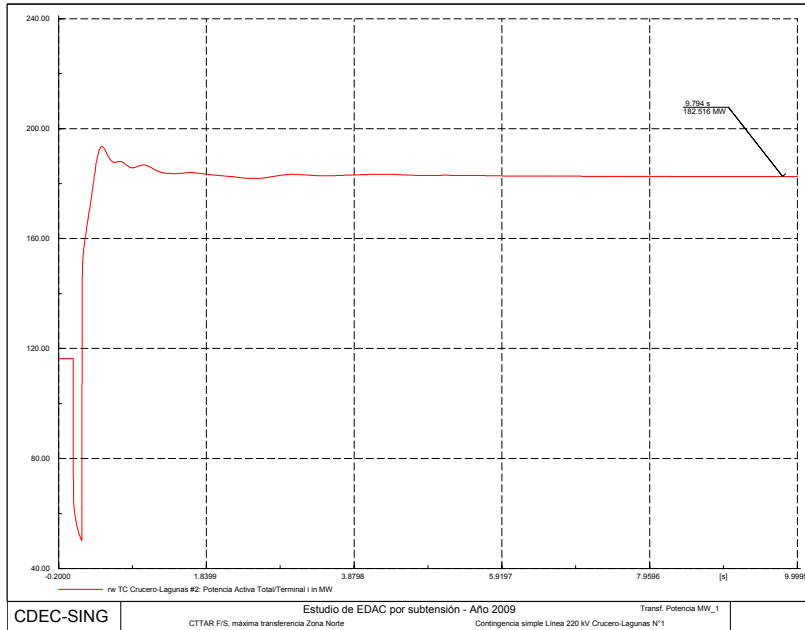


5.1.1 GRÁFICOS DE SIMULACIONES

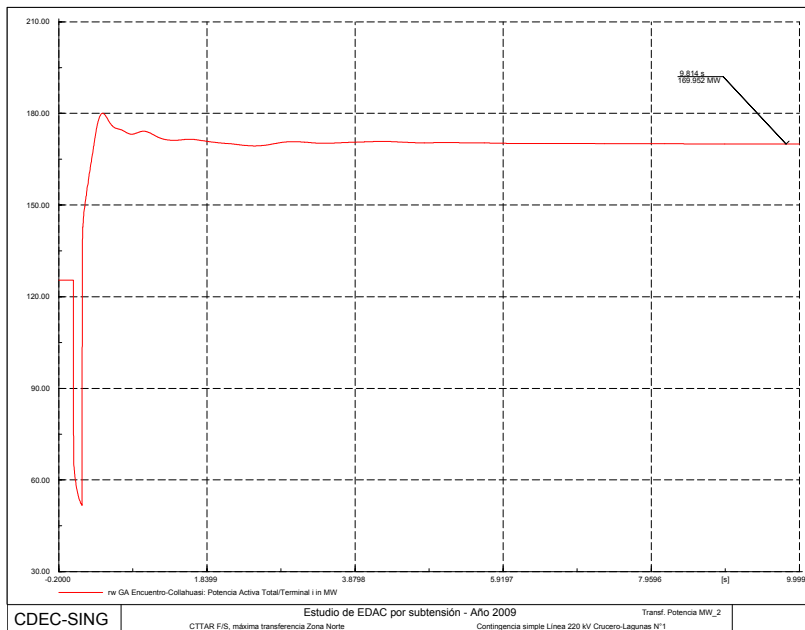
Escenario con unidad CTTAR F/S y máximas transferencias de potencia hacia la Zona Norte.

5.1.1.1 Contingencia Simple en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1.

- Transferencias de potencia en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2.

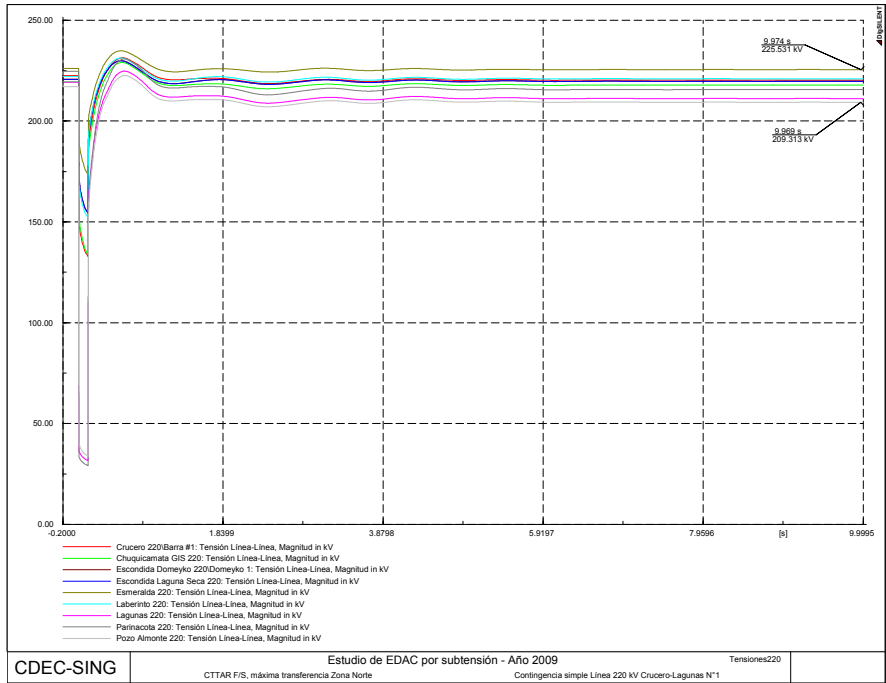


- Transferencias de potencia en Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi.



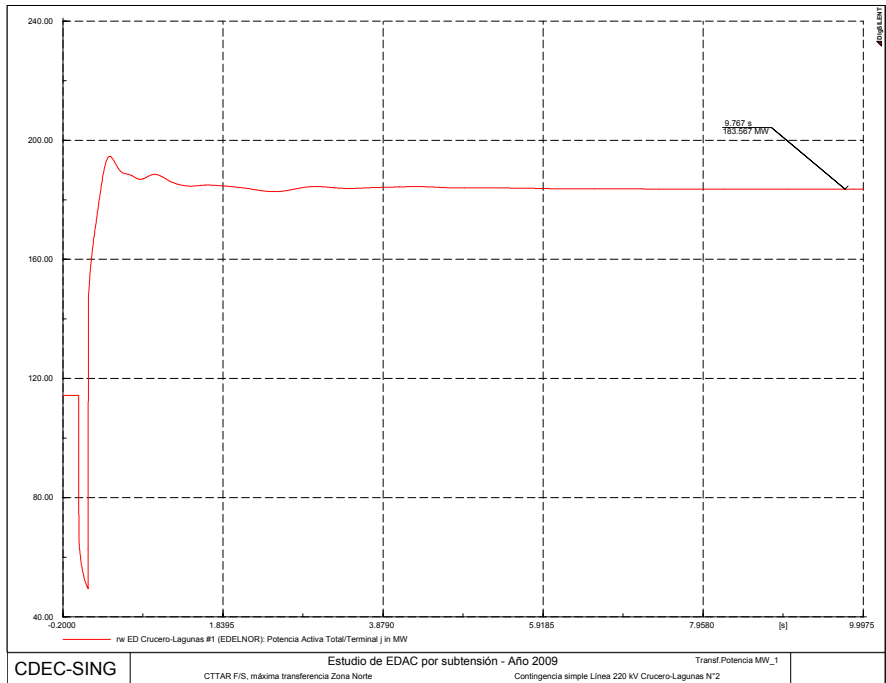


■ Tensión en barras 220 kV.



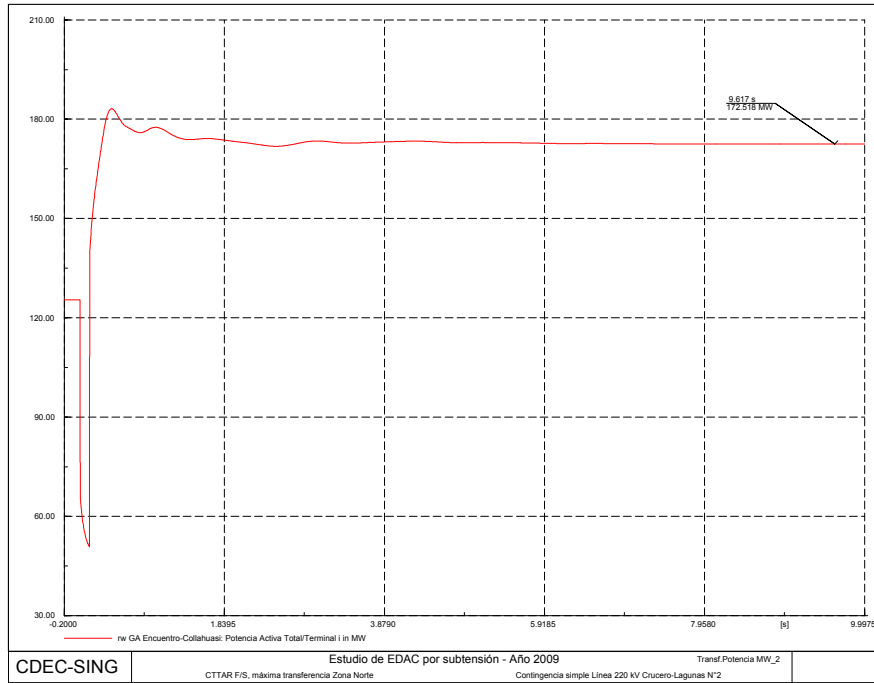
5.1.1.2 Contingencia Simple en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2.

■ Transferencias de potencia en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1.

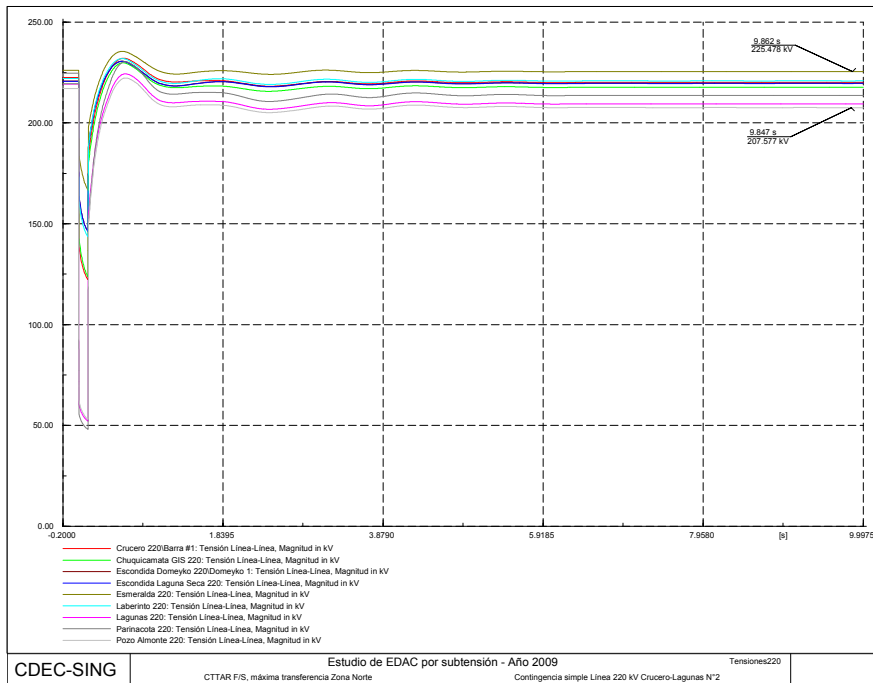




- Transferencias de potencia en Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi.



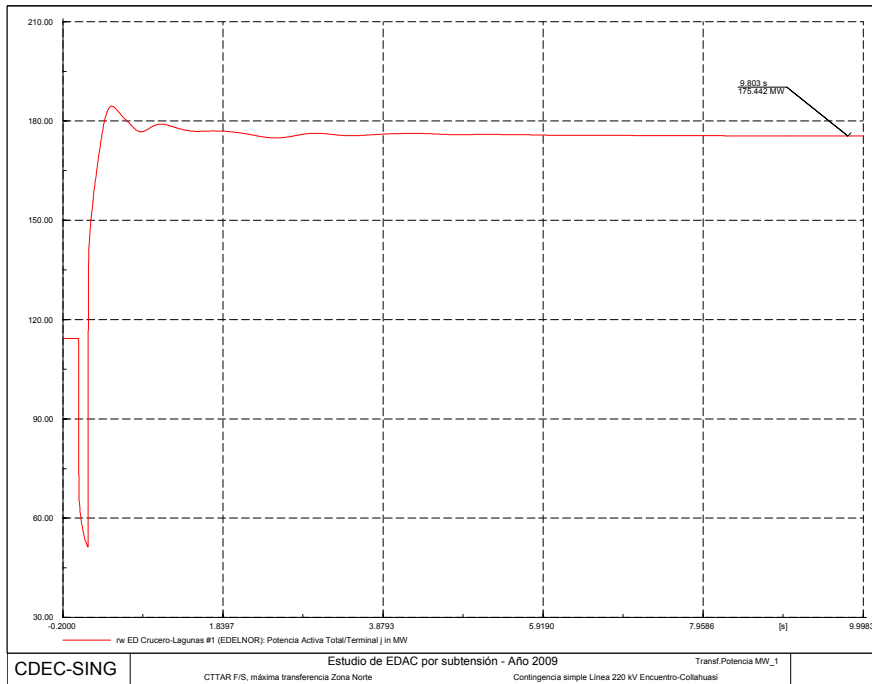
- Tensión en barras 220 kV.



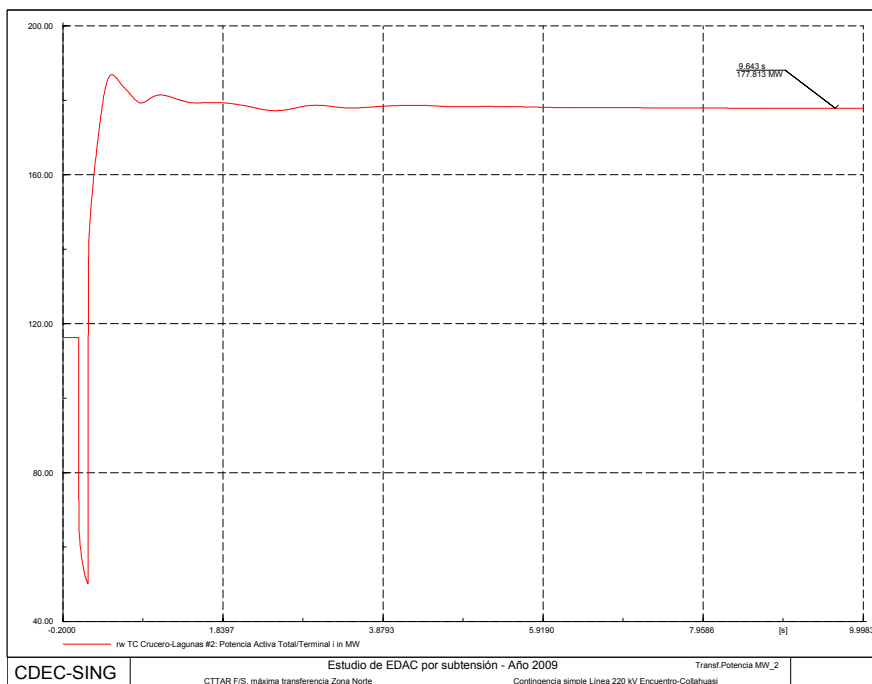


5.1.1.3 Contingencia Simple en Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi.

- Transferencias de potencia en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1.

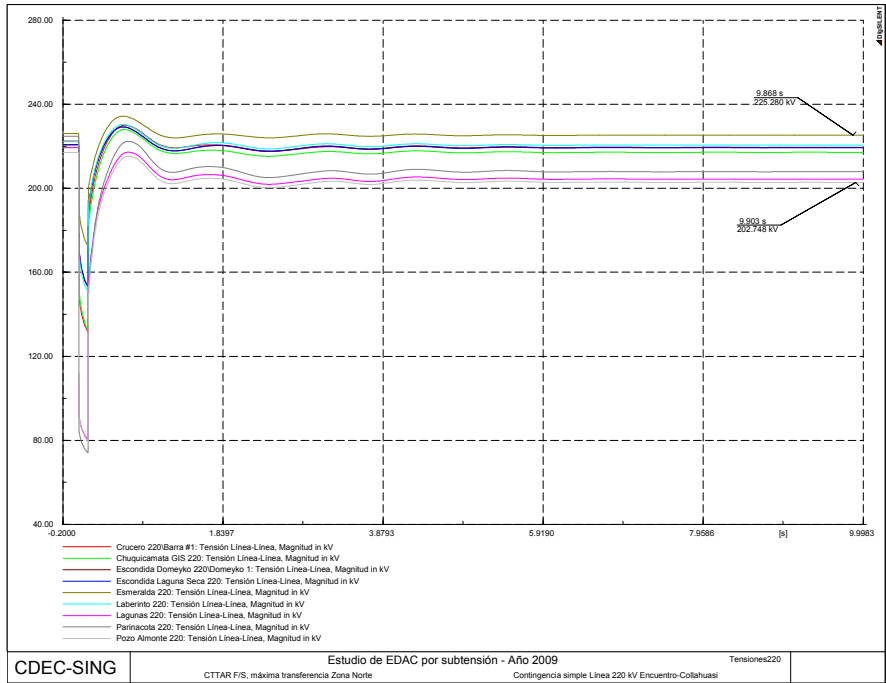


- Transferencias de potencia en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2.





■ Tensión en barras 220 kV.





5.2 ANEXO 2. RESULTADOS ZONA CHUQUICAMATA-CALAMA

La Tabla N°2 presenta, para dos escenarios de operación críticos en términos de subtensiones, caracterizados por indisponibilidad de la Línea 220 kV Crucero-Salar, las transferencias de potencia por las líneas de interés y la tensión en barras, en condiciones normales de operación y en caso de contingencia simple.

Instalación	Caso1-A		Caso1-B		Caso2	
	Condiciones normales de operación	Falla Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata	Condiciones normales de operación	Falla Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata	Condiciones normales de operación	Falla Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata
	Transf. de Potencia [MW]	Transf. de Potencia [MW]	Transf. de Potencia [MW]	Transf. de Potencia [MW]	Transf. de Potencia [MW]	Transf. de Potencia [MW]
Línea 220 kV C.Tocopilla-Crucero, cto.6A	241,2	324,7	241,2	287,7	33,7	45,0
Línea 220 kV C.Tocopilla-Crucero, cto.7A	245,0	328,4	245,0	291,4	37,4	48,9
Línea 110 kV C.Tocopilla-A, cto.1	54,3	-1,4	36,9	-0,5	11,2	0,2
Línea 110 kV C.Tocopilla-A, cto.2	54,5	-1,3	37,1	-0,5	11,3	0,3
Línea 110 kV C.Tocopilla-CD Tamaya, cto.3	18,9	-27,2	17,5	-12,4	10,2	0,3
Línea 110 kV C.Tocopilla-CD Tamaya, cto.4	19,5	-28,2	18,0	-12,8	10,6	0,1
Línea 110 kV CD Tamaya-A, cto.3	58,7	1,9	39,4	1,0	11,4	0,2
Línea 110 kV CD Tamaya-Salar, cto.4	54,9	1,5	36,3	0,7	9,4	0,1
Booster 110/110 N°1-2	51,8	138,3 (1)	56,6	11,3	23,5	2,3
ATR C.Tocopilla 220/110/13.8 kV N°1-2	51,8	138,0 (1)	56,7	11,3	23,5	2,4

Barra	Tensión [pu]	Tensión [pu]	Tensión [pu]	Tensión [pu]	Tensión [pu]	Tensión [pu]
Crucero 220 kV	1,017	1,013	1,018	1,024	0,999	1,046
Tocopilla 220 kV	1,020	1,005	1,020	1,020	1,005	1,060
Tocopilla 110 kV	0,973	0,974	0,973	0,994	0,942	1,039
Atacama 220 kV	1,040	1,036	1,040	1,041	1,040	1,054
Domeyko 220 kV	1,007	1,002	1,007	1,010	0,997	1,023
Lagunas 220 kV	1,029	1,025	1,029	1,031	0,994	1,040
Cóndores 220 kV	1,023	1,020	1,023	1,024	0,996	1,043
Parinacota 220 kV	1,042	1,039	1,042	1,044	1,014	1,063
Chuquicamata 220 kV (3)	0,975	1,073	0,988	1,116	0,955	1,143

Frecuencia máxima [Hz]	-	51,612	-	51,489	-	51,44
------------------------	---	--------	---	--------	---	-------

Notas:

- (1) Se presenta una sobrecarga superior a la capacidad permanente, pero dentro de la capacidad transitoria, según fax de Electroandina CDC/2003/196 del 23.12.2003.
- (2) El signo asociado a las transferencias de potencia representa la dirección del flujo por las instalaciones.
- (3) Barra en la Zona donde se produce la desconexión de la totalidad de los consumos.

Descripción de los Casos analizados:

- Caso1-A: considera la Línea 220 kV Crucero-Salar indisponible, un nivel de generación elevado en Central Tocopilla (máxima generación de las unidades que inyectan en la barra 110 kV) y una condición de demanda relativamente baja en las Zonas Centro y Norte.
- Caso1-B: considera la Línea 220 kV Crucero-Salar indisponible, un nivel de generación elevado en Central Tocopilla (máxima generación de las unidades que inyectan en la barra 220 kV) y una condición de demanda relativamente baja en las Zonas Centro y Norte.
- Caso2: considera la Línea 220 kV Crucero-Salar indisponible, una condición de demanda relativamente baja en las Zonas Centro y Norte, y baja presencia de unidades despachadas en las Zonas Centro y Norte.

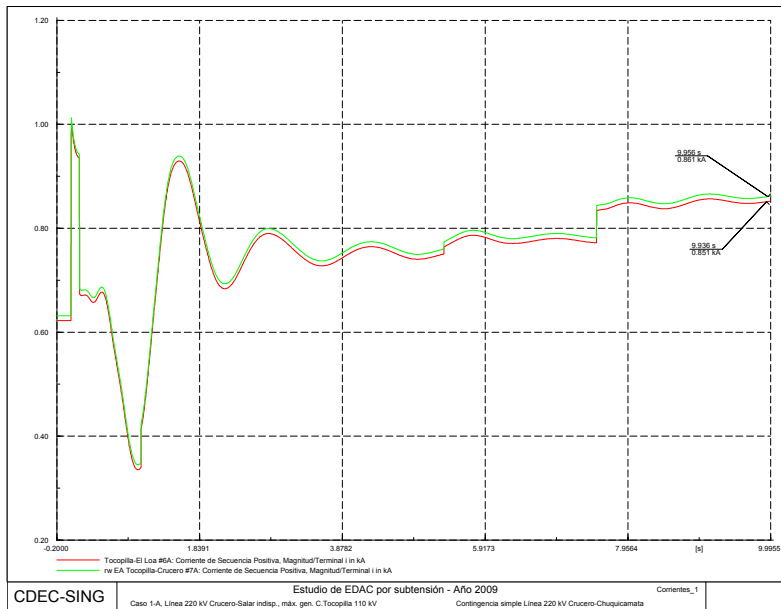


5.2.1 GRÁFICOS DE SIMULACIONES

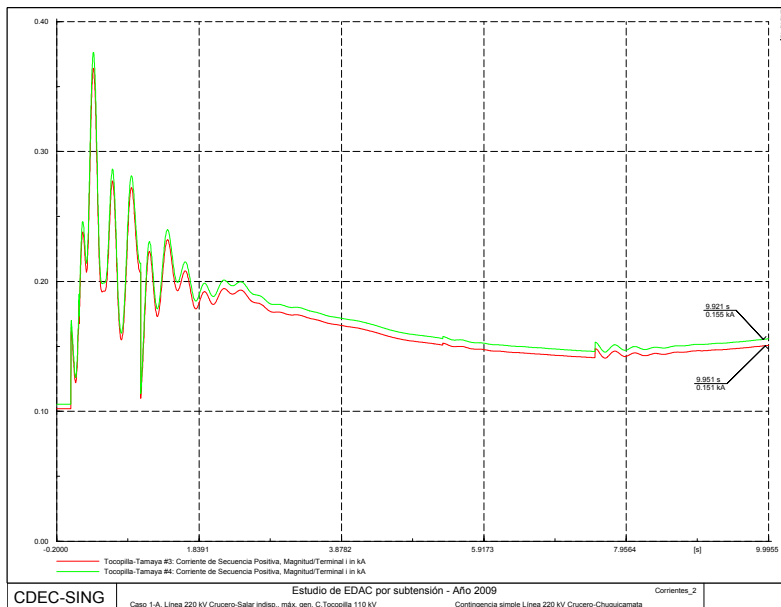
Caso 1-A, Escenario con Línea 220 kV Crucero-Salar indisponible, nivel de generación elevado en Central Tocopilla (máxima generación en 110 kV) y demanda relativamente baja en las Zona Centro y Norte.

5.2.1.1 Caso 1-A, Contingencia Simple en Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata.

- Corriente en Línea 220 kV Central Tocopilla-Crucero.

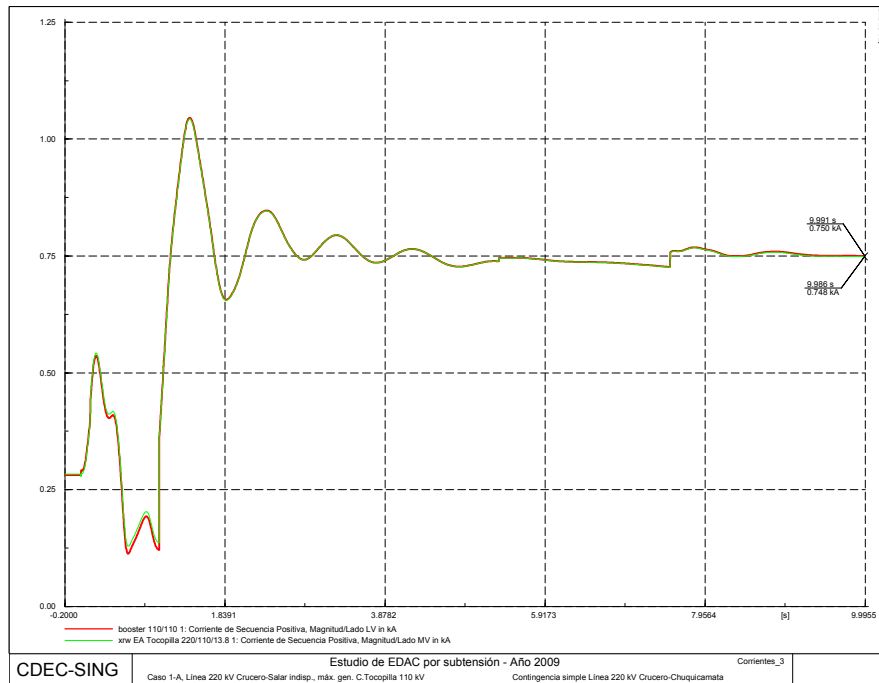


- Corriente en Línea 110 kV Central Tocopilla-CD Tamaya.

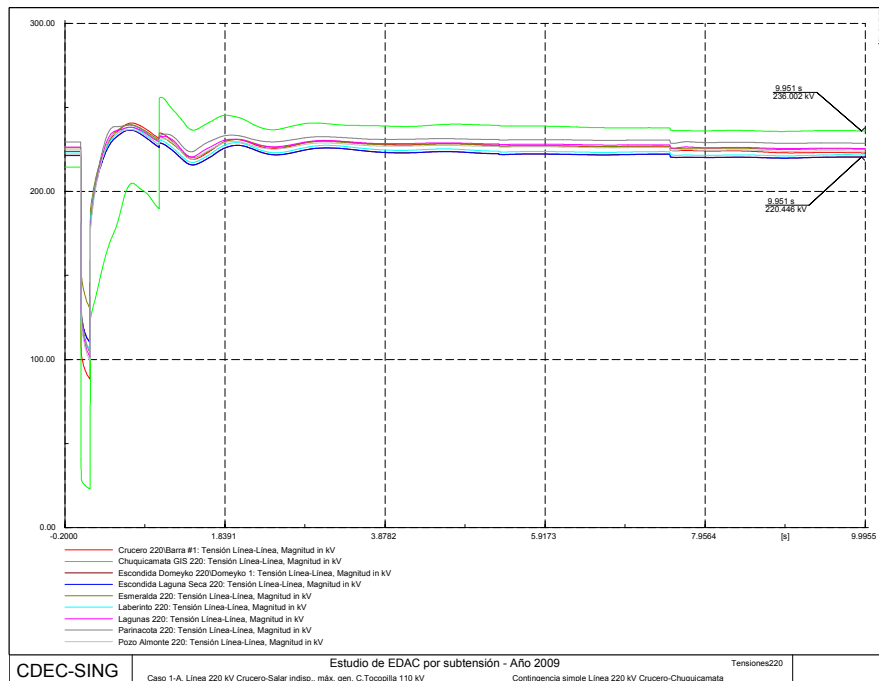




- Corriente en Booster 110/110 N°1-2 y ATR C.Tocopilla 220/110/13.8 kV N°1-2.

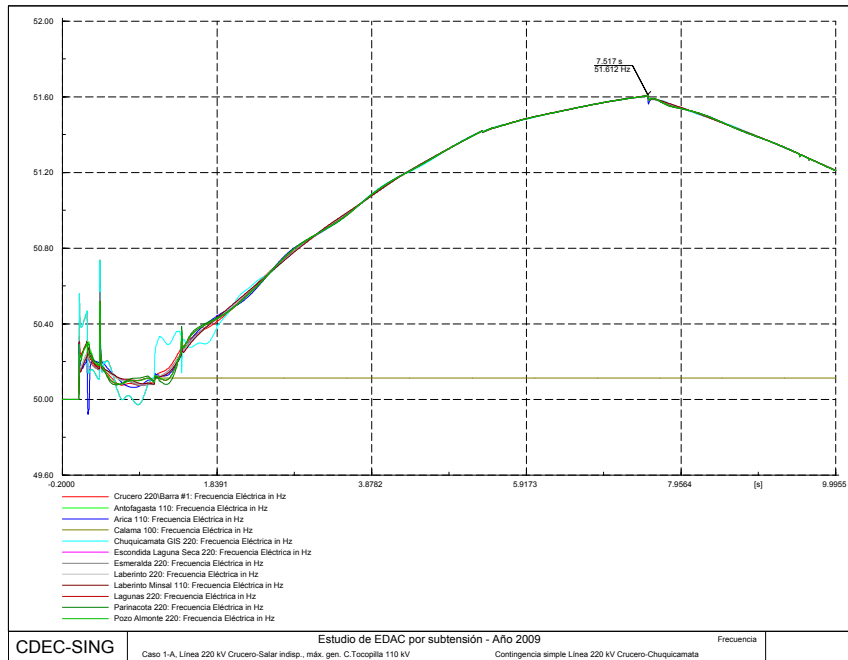


- Tensión en barras 220 kV.





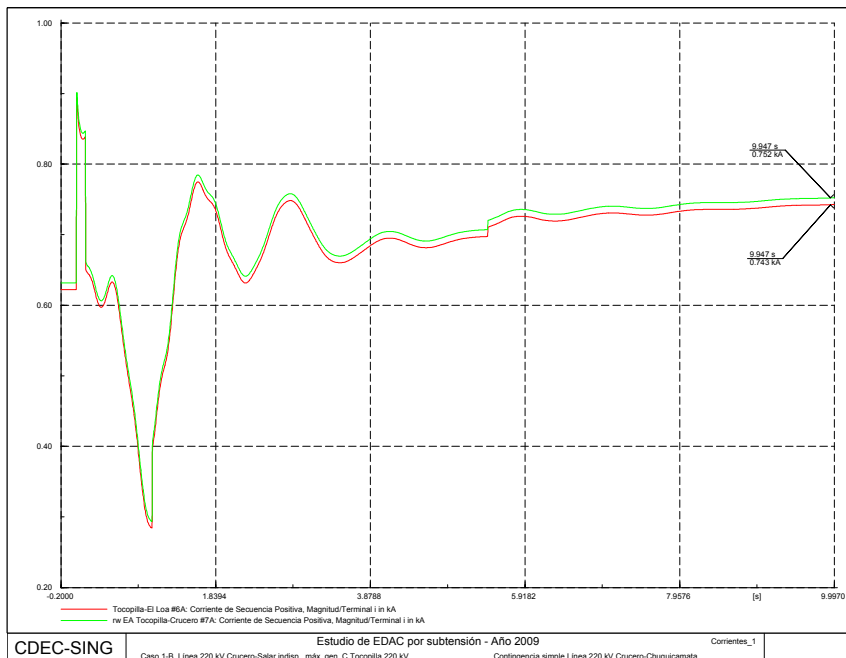
- Frecuencia en barras 220 kV.



Caso 1-B, Escenario con Línea 220 kV Crucero-Salar indisponible, nivel de generación elevado en Central Tocopilla (máxima generación en 220 kV) y demanda relativamente baja en las Zona Centro y Norte.

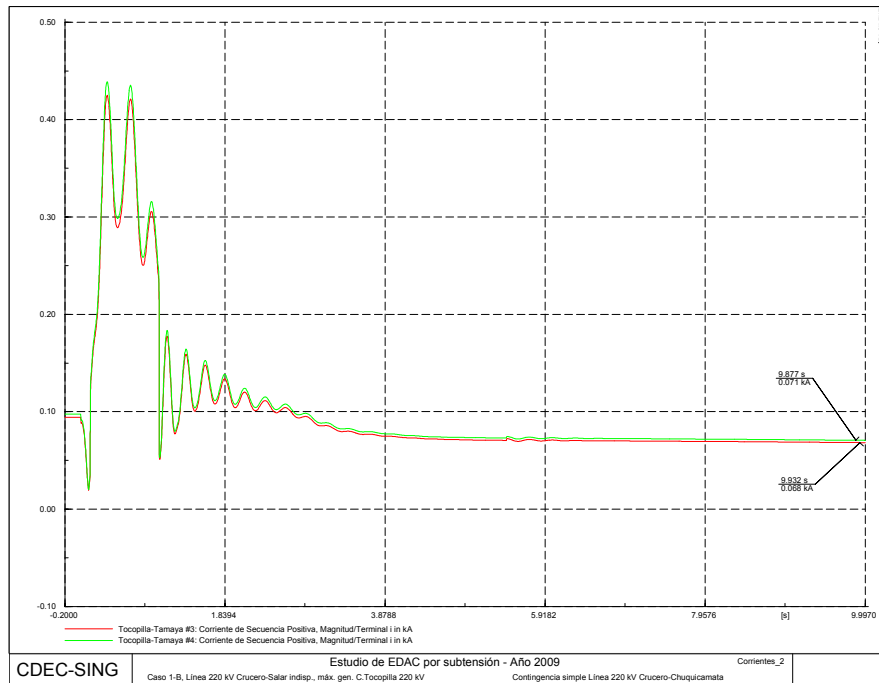
5.2.1.2 Caso 1-B, Contingencia Simple en Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata.

- Corriente en Línea 220 kV Central Tocopilla-Crucero.

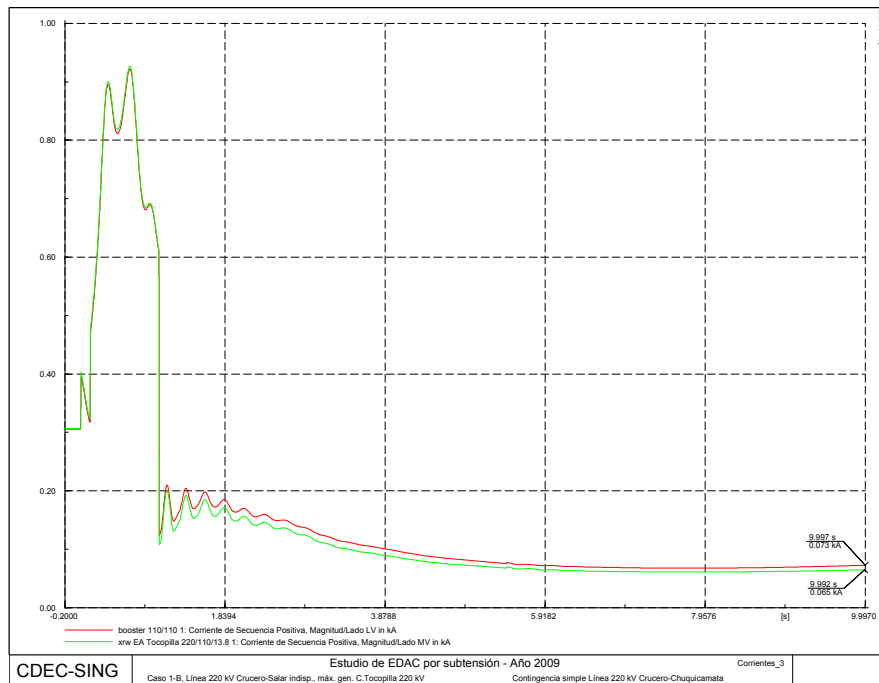




- Corriente en Línea 110 kV Central Tocopilla-CD Tamaya.

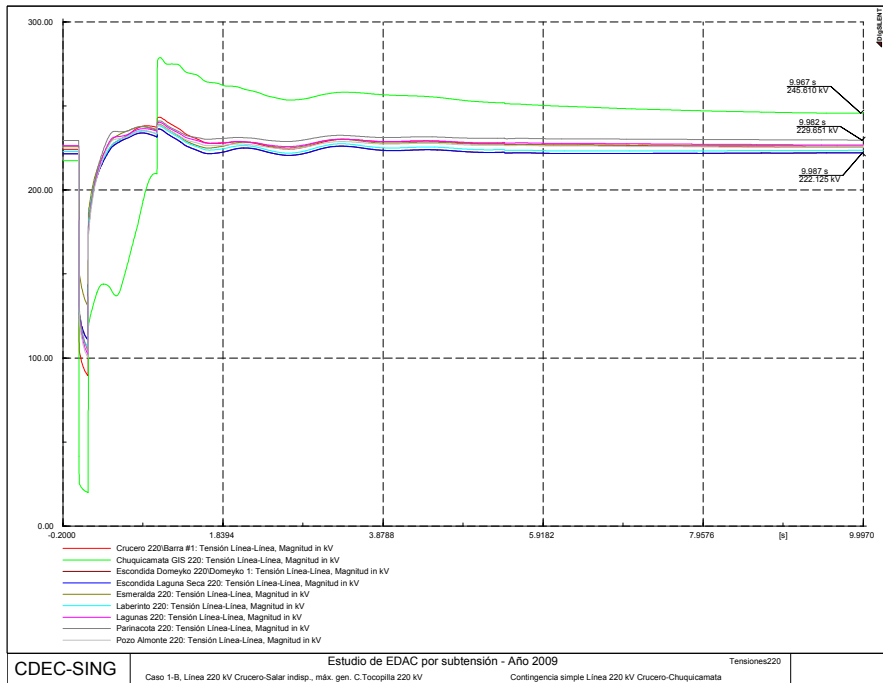


- Corriente en Booster 110/110 N°1-2 y ATR C.Tocopilla 220/110/13.8 kV N°1-2.

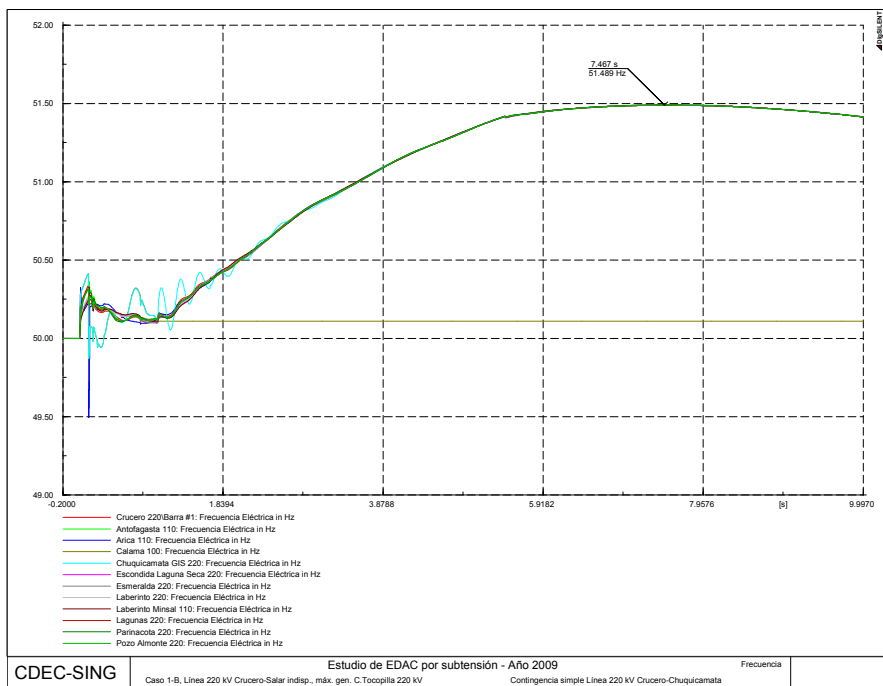




■ Tensión en barras 220 kV.



■ Frecuencia en barras 220 kV.

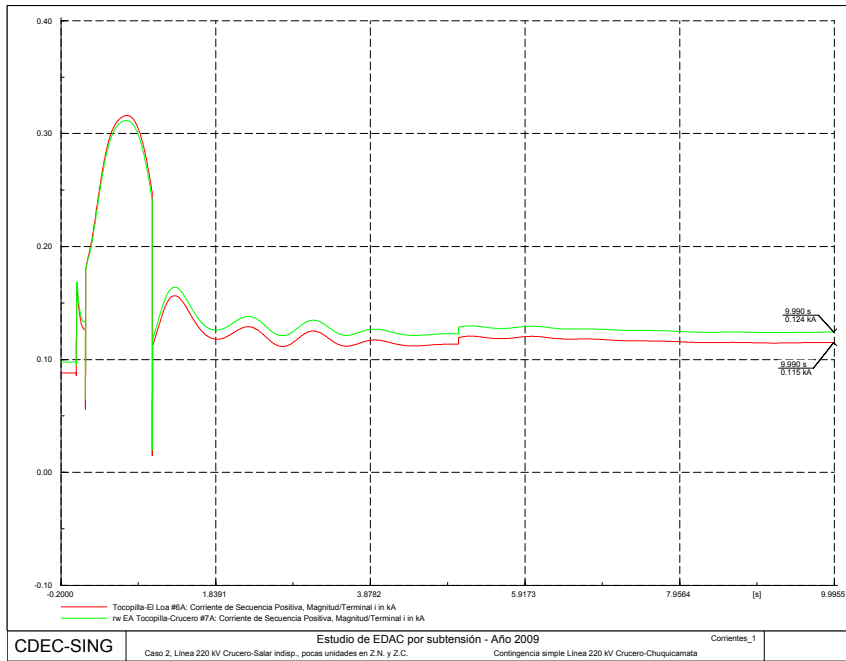




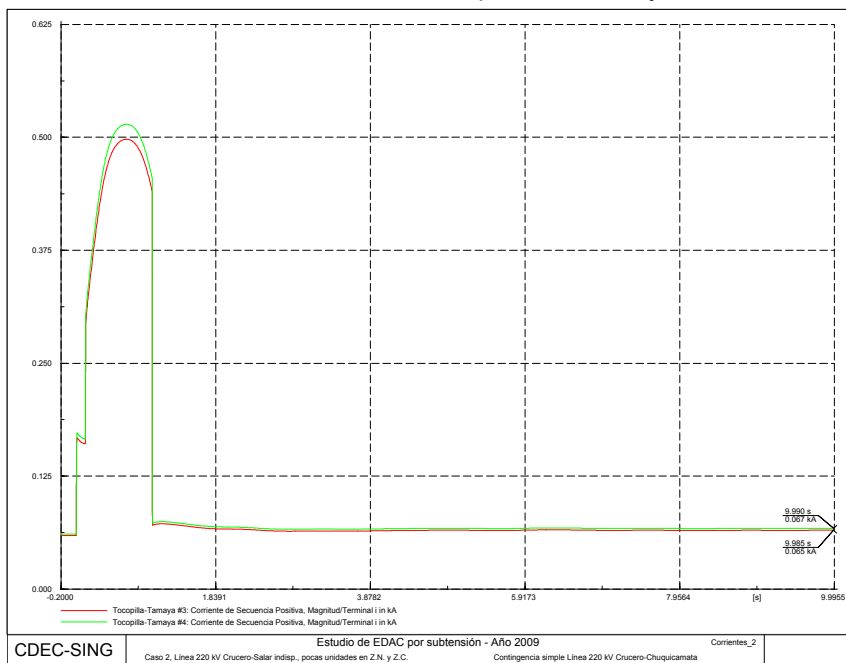
Caso 2, Escenario con Línea 220 kV Crucero-Salar indisponible, demanda relativamente baja en las Zona Centro y Norte, y baja presencia de unidades en las Zonas Centro y Norte.

5.2.1.3 Caso 2, Contingencia Simple en Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata.

- Corriente en Línea 220 kV Central Tocopilla-Crucero.

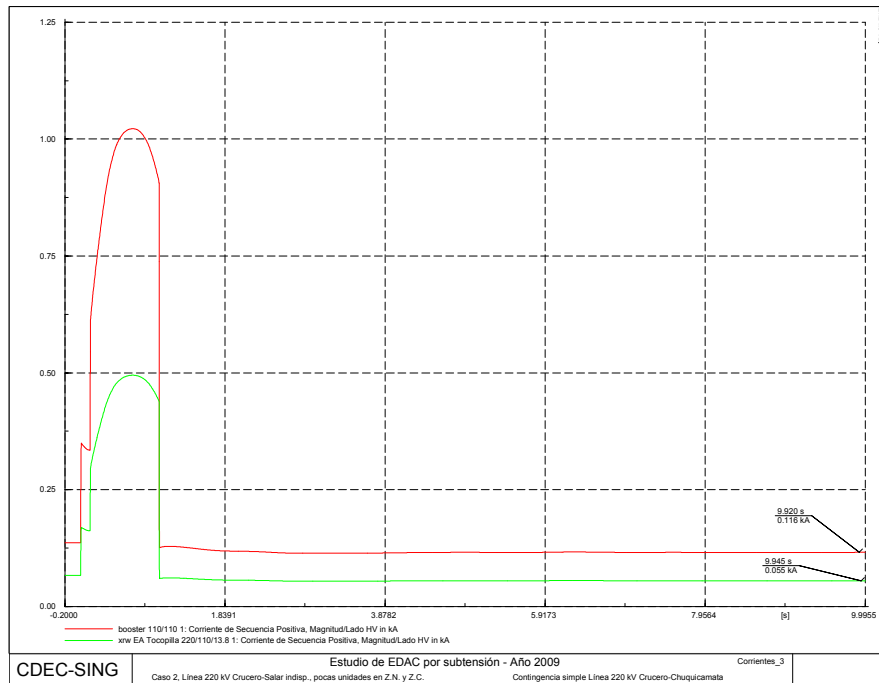


- Corriente en Línea 110 kV Central Tocopilla-CD Tamaya.

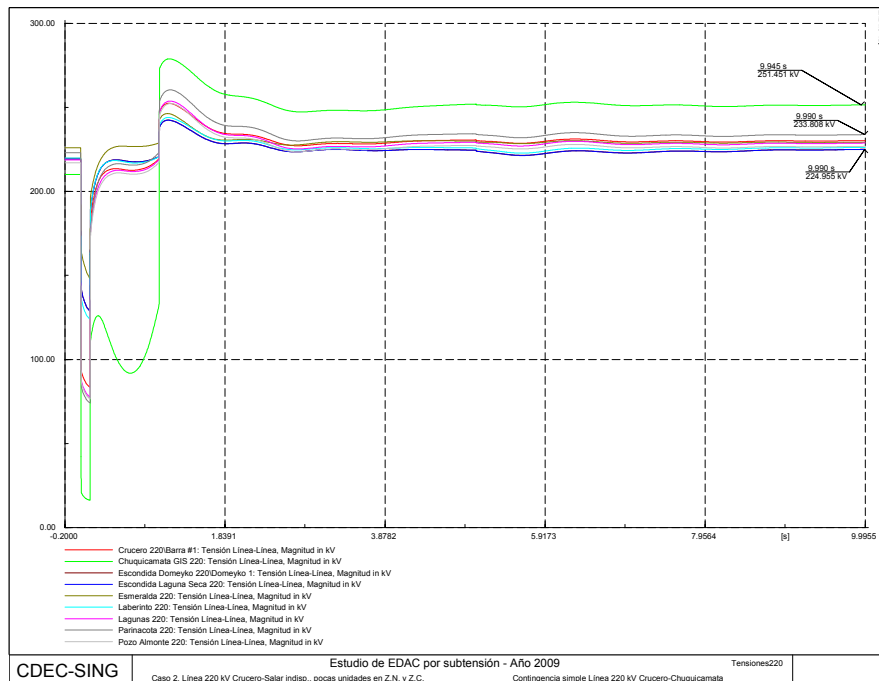




- Corriente en Booster 110/110 N°1-2 y ATR C.Tocopilla 220/110/13.8 kV N°1-2.



- Tensión en barras 220 kV.





▪ Frecuencia en barras 220 kV.

