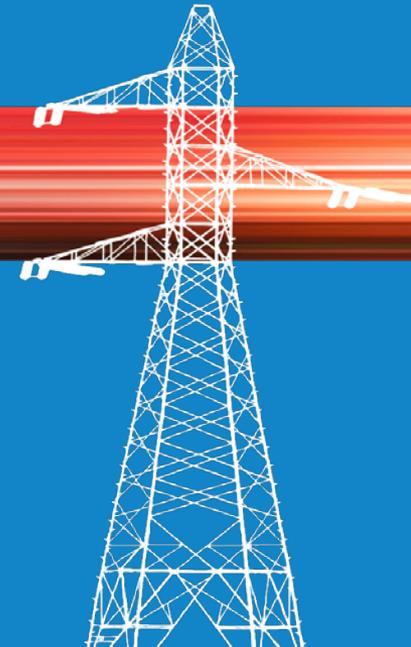


Altos niveles de cortocircuito en el Sistema Eléctrico Nacional



Christian Weishaupt Villouta
28 de Agosto de 2017

Agenda

1. Introducción
2. Diagnóstico del sistema
3. Análisis de la problemática
4. Alternativas de Mitigación
5. Visión de la Metodología de Cálculo de Cortocircuito
6. Conclusiones

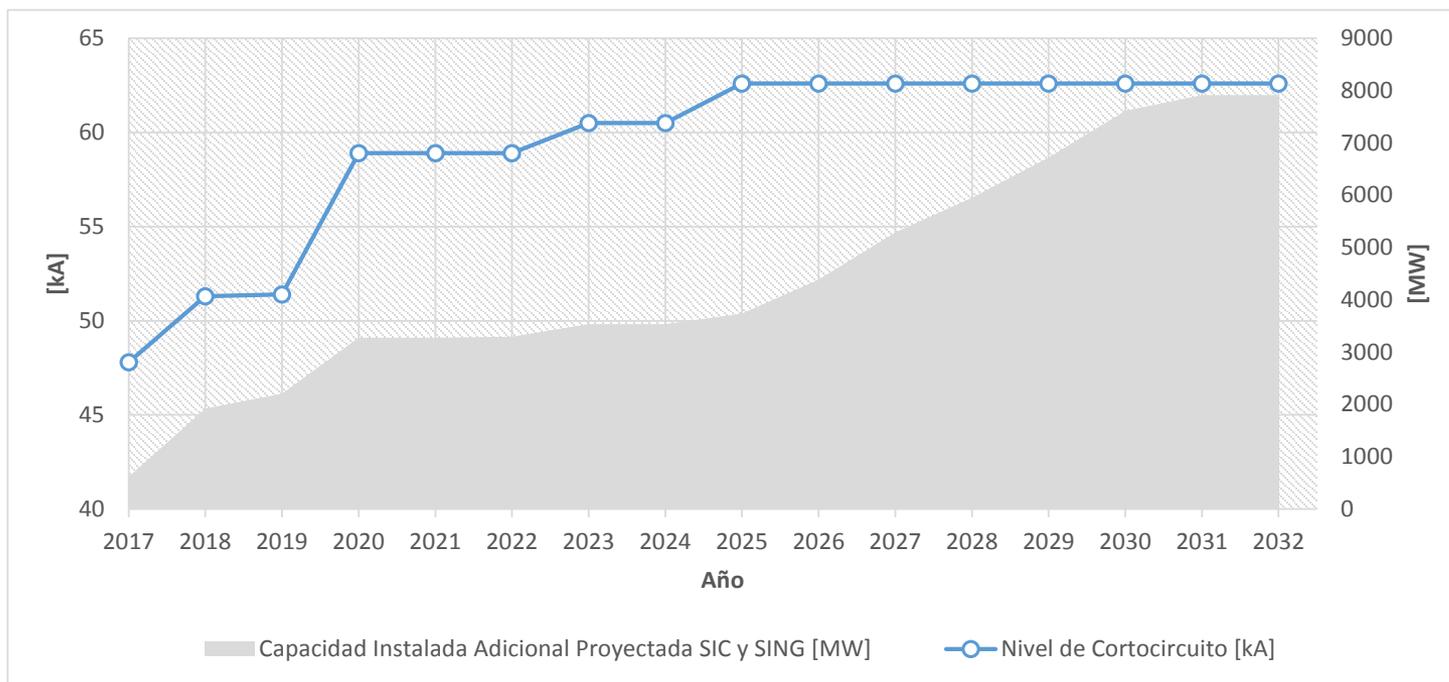
Agenda

1. Introducción
2. Diagnóstico del sistema
3. Análisis de la problemática
4. Alternativas de Mitigación
5. Visión de la Metodología de Cálculo de Cortocircuito
6. Conclusiones

Introducción

Los niveles de cortocircuito en algunas subestaciones, particularmente en S/E Charrúa, están alcanzando los niveles máximos de capacidad de ruptura de los interruptores actuales (63 kA).

El desarrollo de centrales convencionales como El Campesino y Tierra Noble (~1200 MW) requeriría la implementación de medidas estructurales para mitigar la problemática.

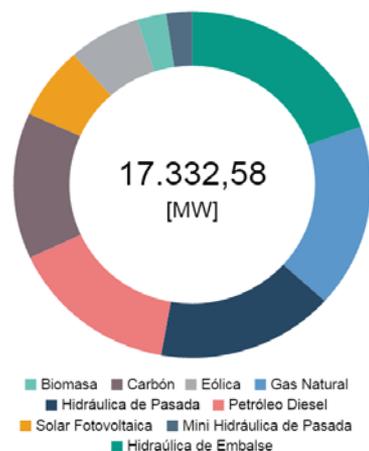


Proyección del Nivel de Cortocircuito en S/E Charrúa considerando proyectos el Campesino y Tierra Noble

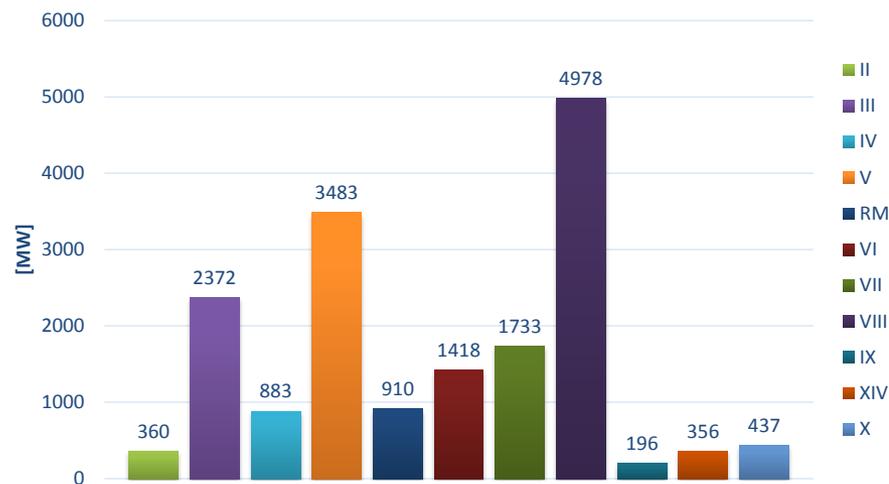
Introducción

Elementos que han incidido en los altos niveles de cortocircuito del SI:

- Sistema de Transmisión
 - Topología, enmallamiento, número de elementos (Planificación centralizada).
- Unidades Generadoras
 - Gran concentración de acuerdo a disponibilidad del recurso primario (Señales de mercado).



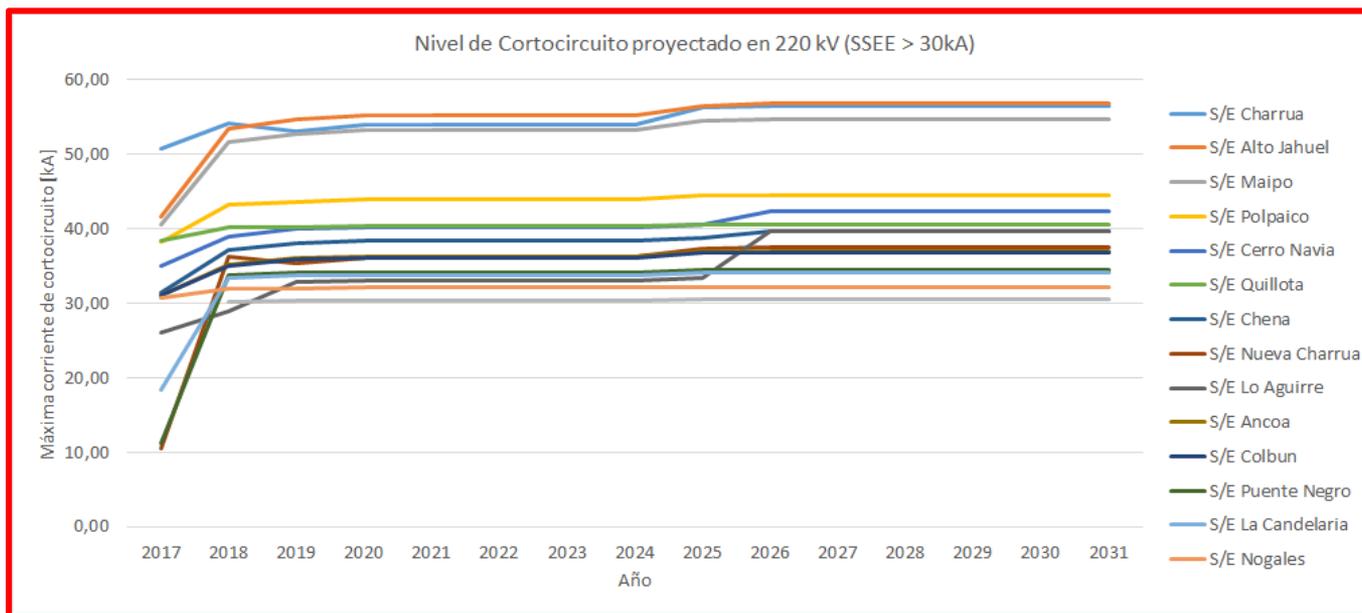
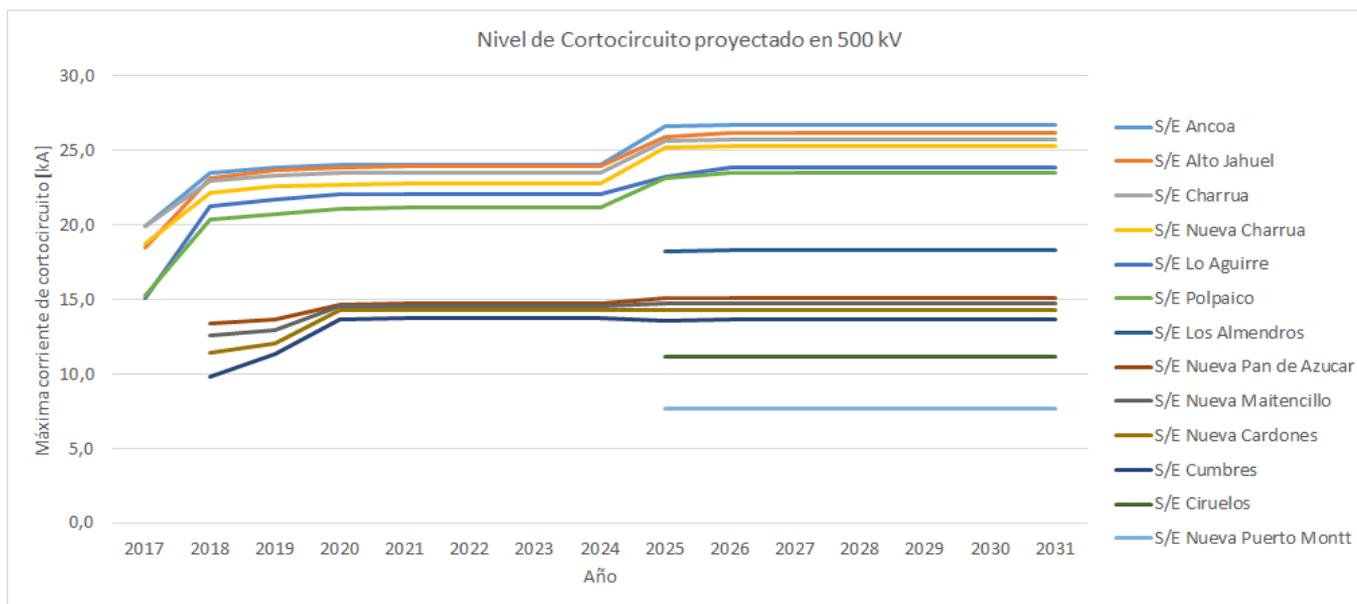
Fuente: Energiaabierta.cl



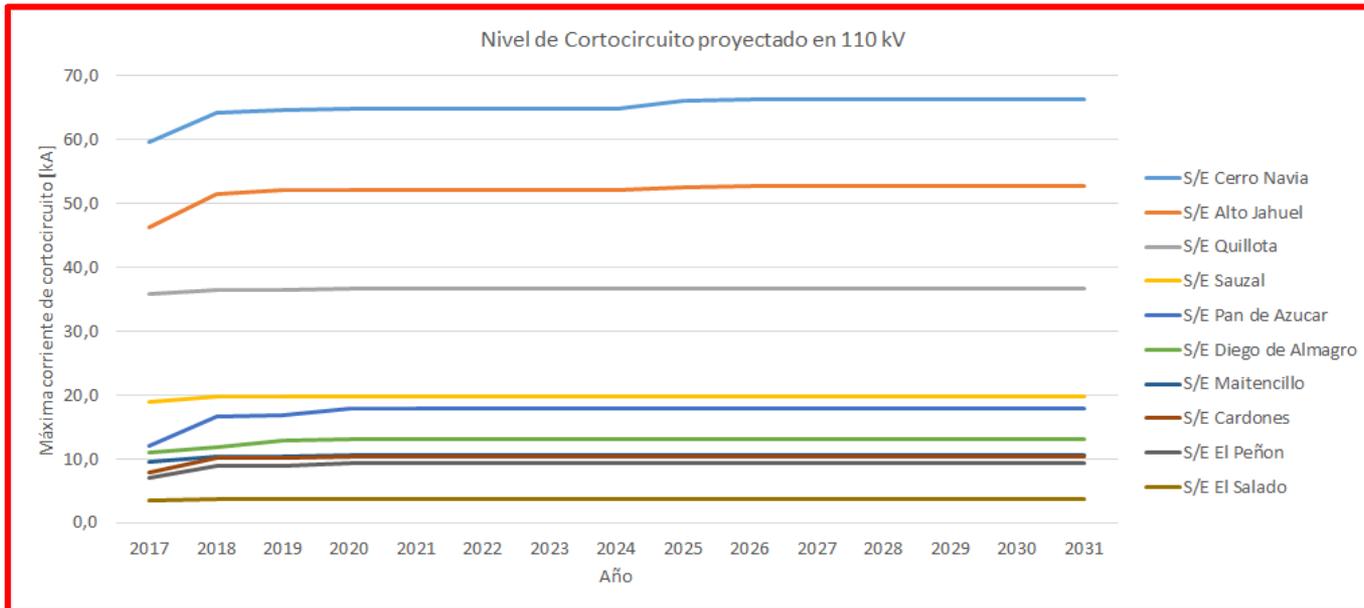
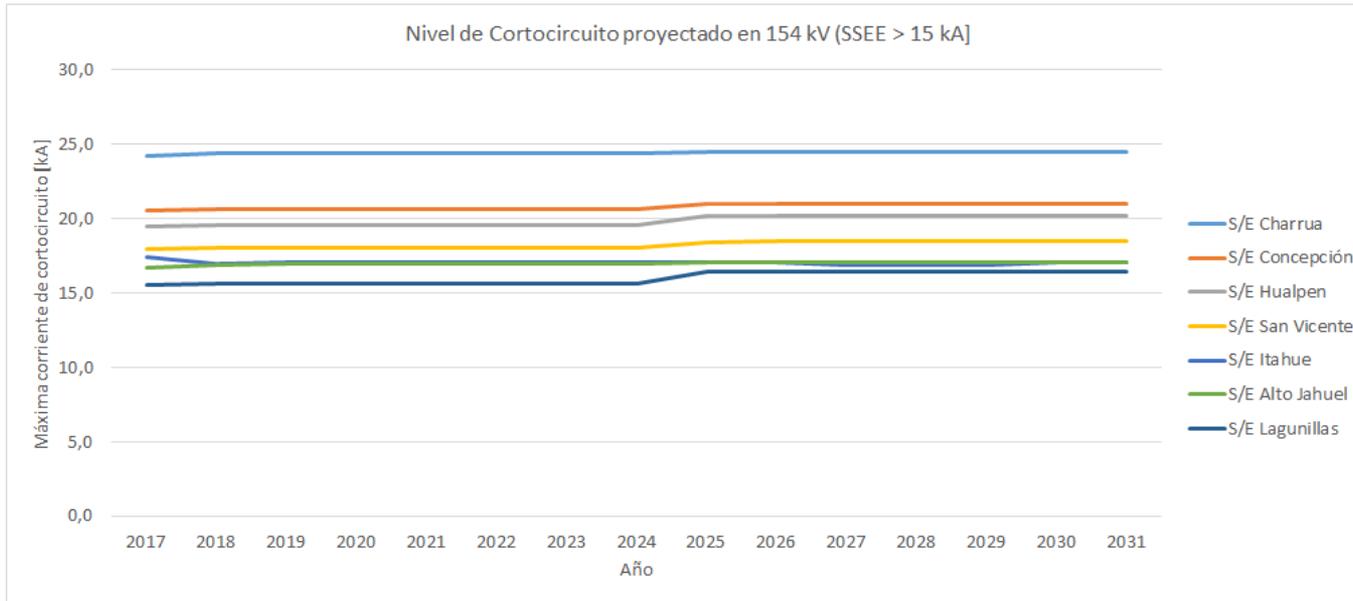
Agenda

1. Introducción
- 2. Diagnóstico del sistema**
3. Análisis de la problemática
4. Alternativas de Mitigación
5. Visión de la Metodología de Cálculo de Cortocircuito
6. Conclusiones

Diagnóstico del Sistema



Diagnóstico del Sistema

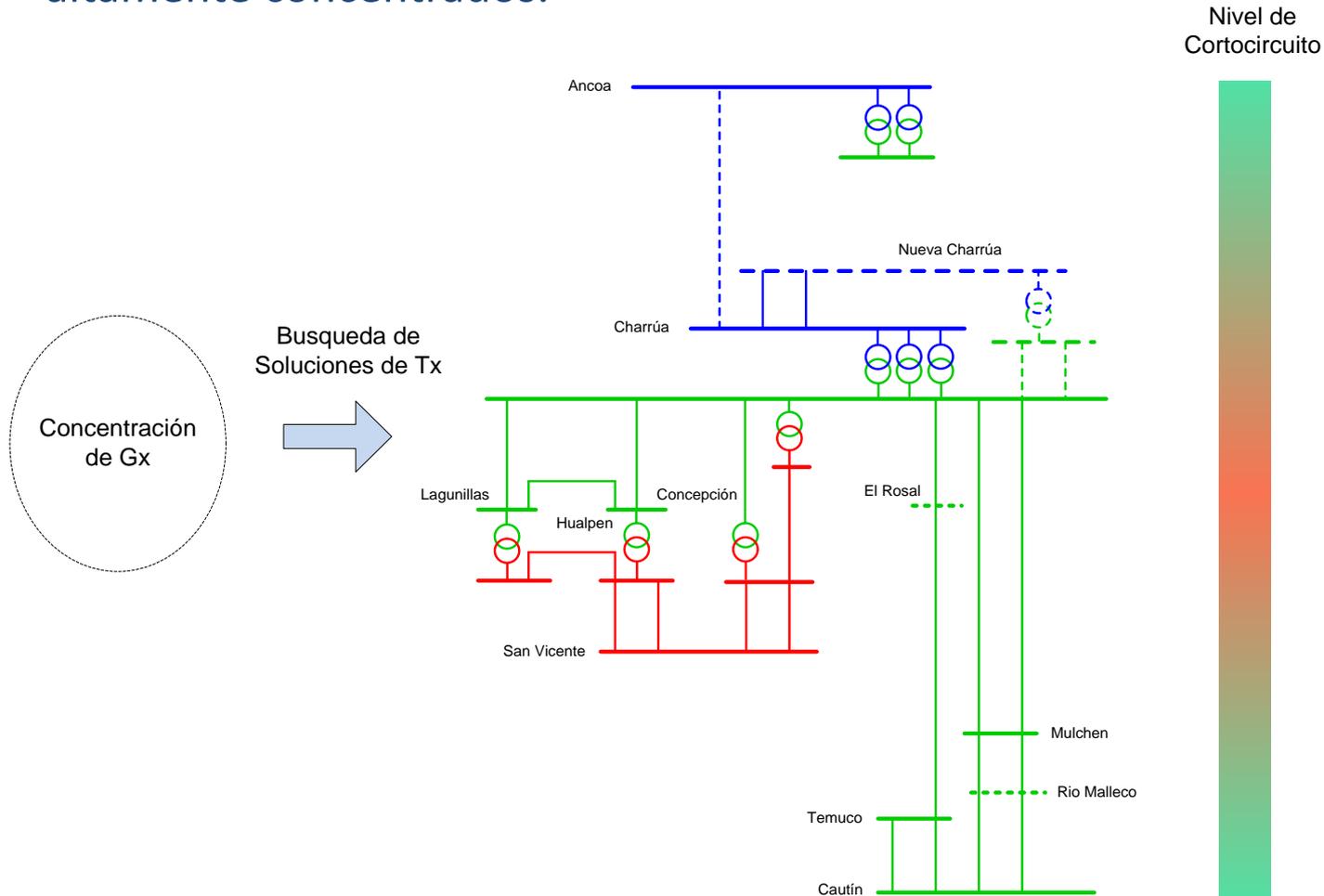


Agenda

1. Introducción
2. Diagnóstico del sistema
- 3. Análisis de la problemática**
4. Alternativas de Mitigación
5. Visión de la Metodología de Cálculo de Cortocircuito
6. Conclusiones

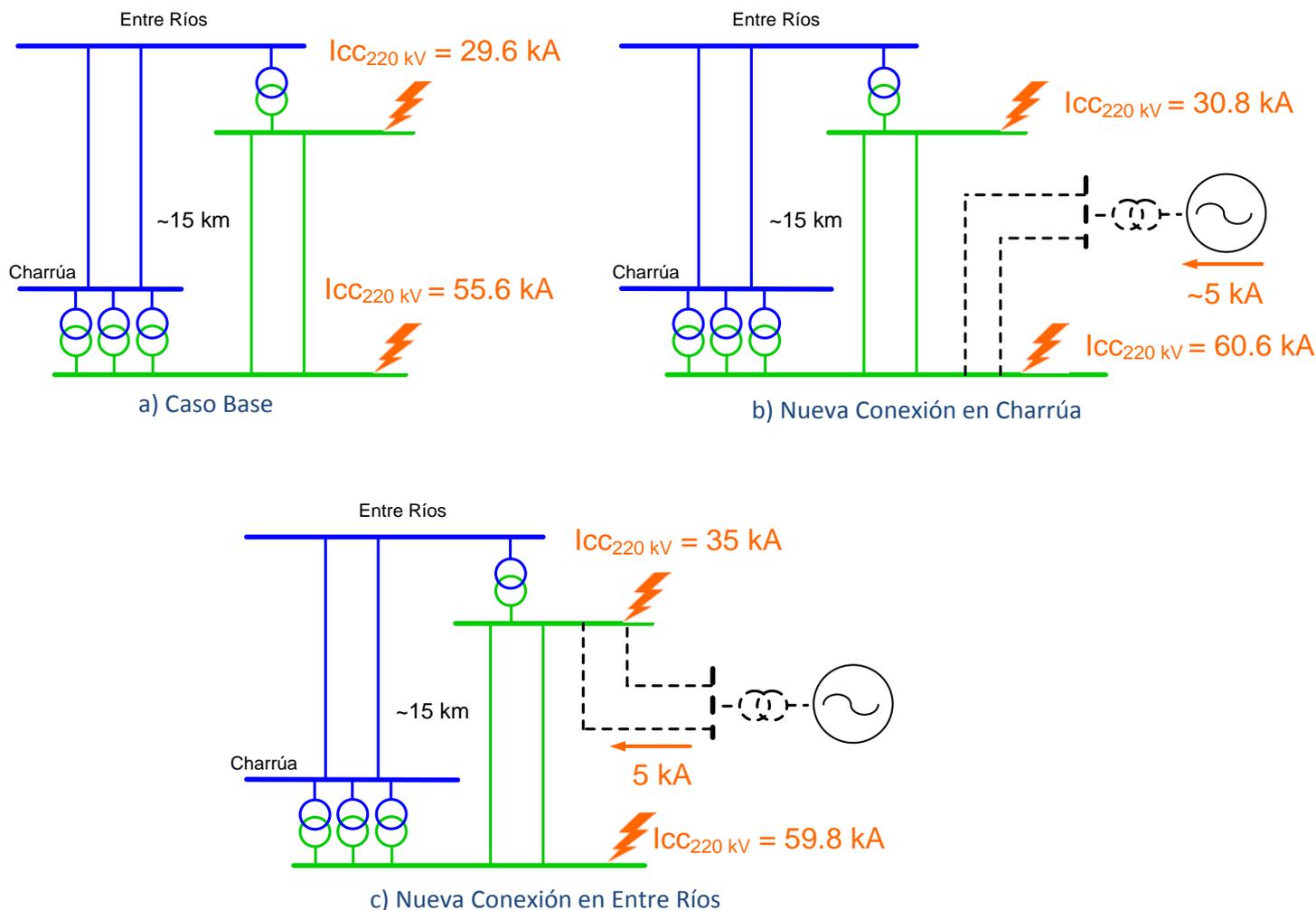
Análisis de la problemática

- Ubicación de proyectos nuevos y ampliación de existentes están altamente concentrados.



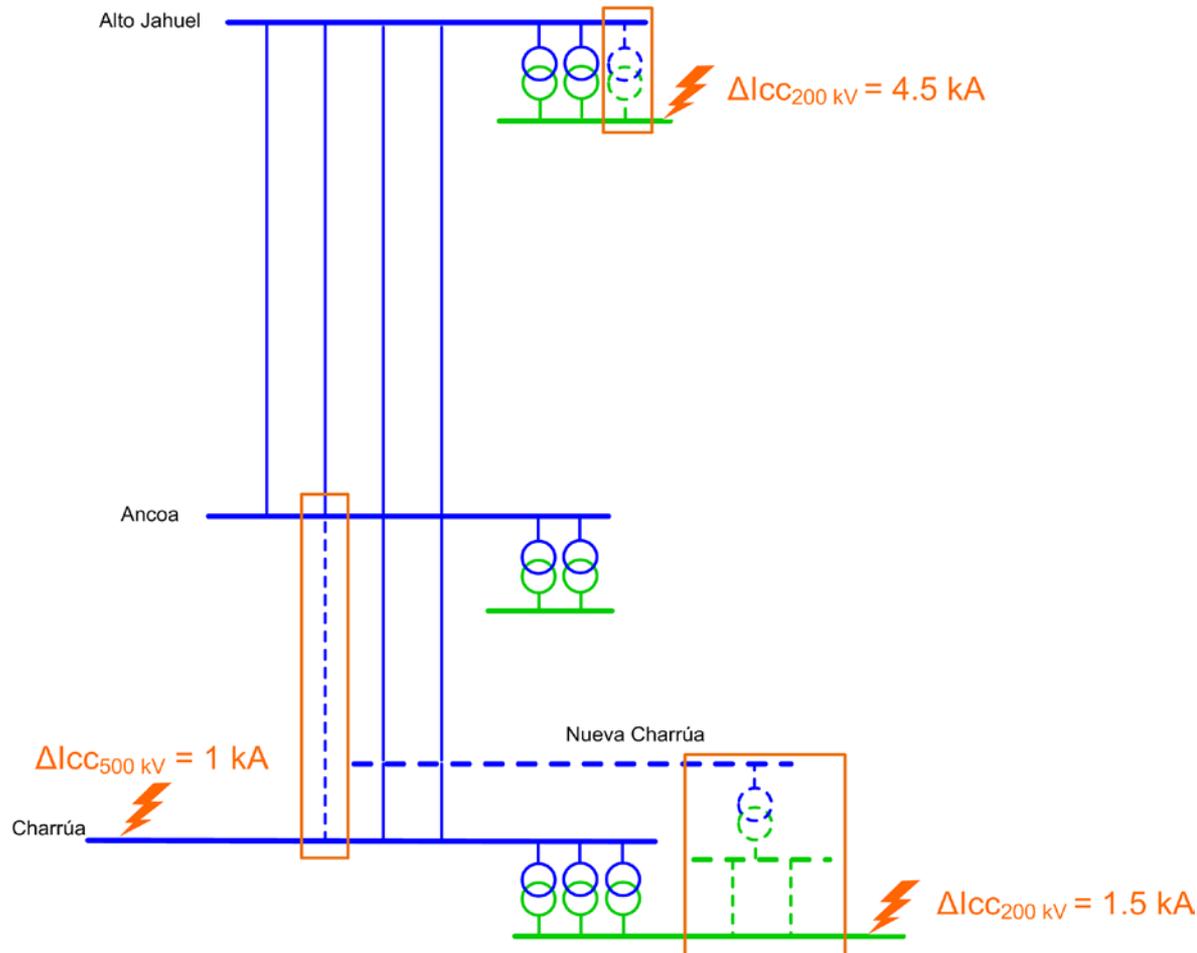
Análisis de la problemática

- Conexión de proyectos en nuevas SSEE que cuentan con capacidad disponible, igualmente pueden tener un impacto elevado en el nivel de cortocircuito.



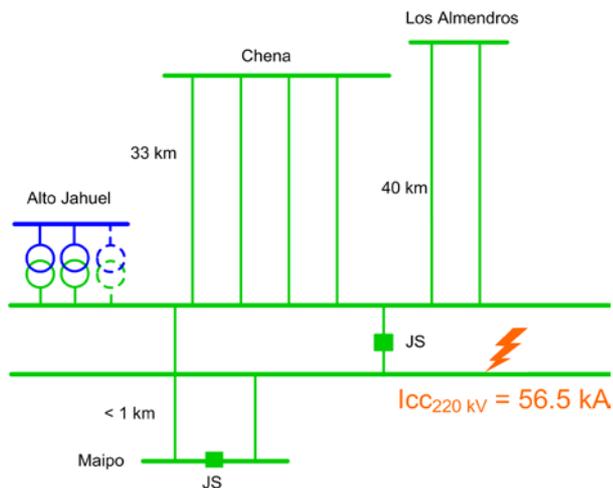
Análisis de la problemática

- Incorporación de nuevos elementos de transmisión para evitar restricciones en el ST o bien obras que permitan mejorar la seguridad y calidad de servicio.

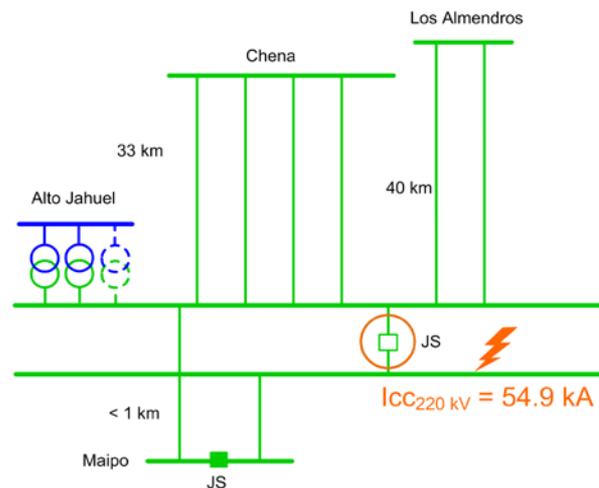


Análisis de la problemática

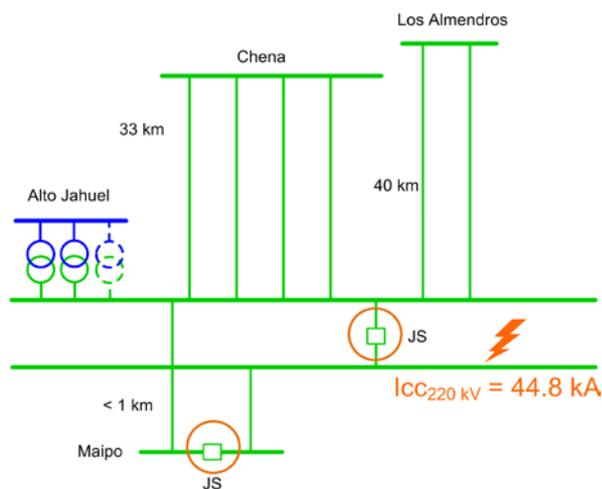
- Dificultad para implementar medidas de mitigación debido al enmallamiento existente en SSEE cercanas.



a) Caso Base



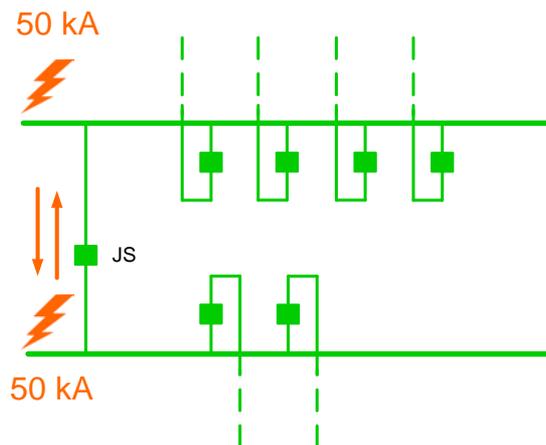
a) Apertura JS S/E Alto Jahuel



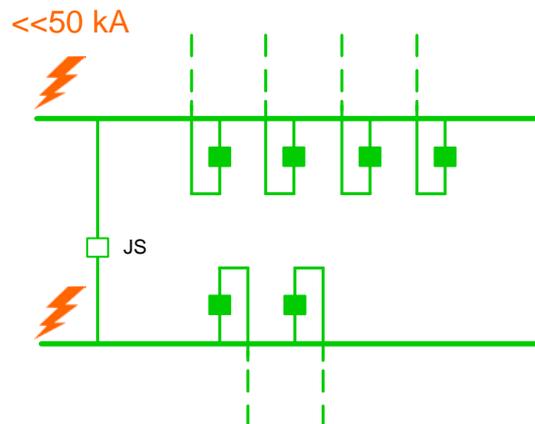
a) Apertura JS S/E Alto Jahuel y S/E Maipo

Análisis de la problemática

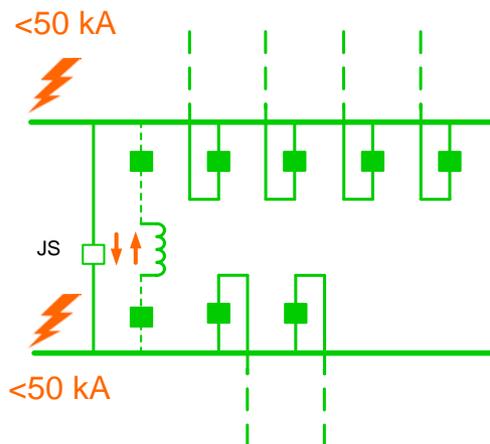
- Dificultad para implementar medidas de mitigación debido a la incorporación de nuevas topologías de conexión de interruptores para cumplir con criterios normativos (Severidad 9).



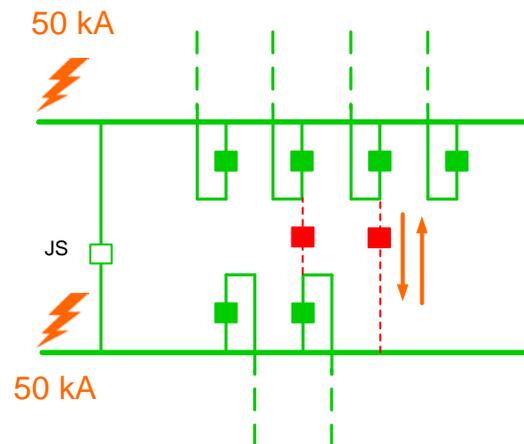
a) Caso Base



b) Apertura seccionador



c) Desacople a través de reactor serie



d) Acoplamiento a través de otros puntos

Agenda

1. Introducción
2. Diagnóstico del sistema
3. Análisis de la problemática
- 4. Alternativas de Mitigación**
5. Visión de la Metodología de Cálculo de Cortocircuito
6. Conclusiones

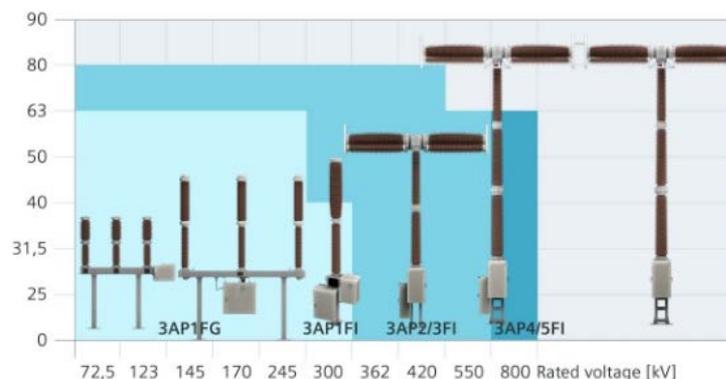
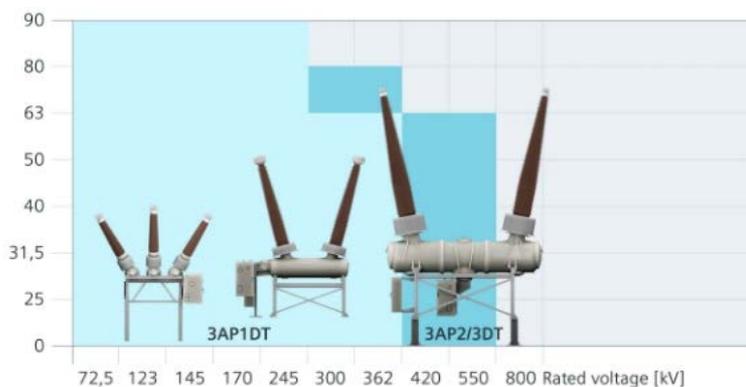
Alternativas de mitigación

Solución	Ventajas	Desventajas	Costo
Remplazo interruptores	No requiere mayores estudios	Remplazo elementos serie, desconexiones complejas, medida CP	Depende del número de elementos
Desconexión secuencial interruptores	No requiere equipamiento adicional	Compromete confiabilidad, aumenta tiempo de despeje	Bajo costo
Construcción nuevas SSEE	No requiere equipamiento específico	Solución LP, Requiere desacople con S/E existente	Alto costo
Segmentación de barras	Reducción significativa Coci	Complejiza la redistribución de flujos	Bajo Costo
CLR	Reducción significativa Coci y fácil instalación	Requiere estudios de verificación de impacto sistémico	Intermedio
Limitadores de Corriente	Aumento impedancia sólo en falla	Tecnología en desarrollo	Alto costo
HVDC	Control de transferencias	No se justifica sólo por cortocircuito	Muy alto costo

Alternativas de mitigación

Remplazo de interruptores

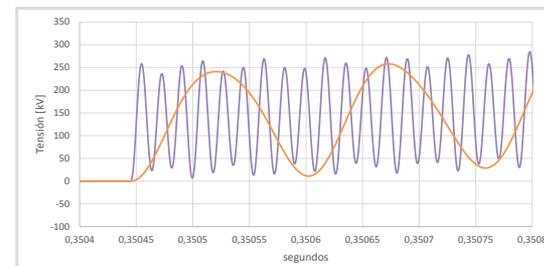
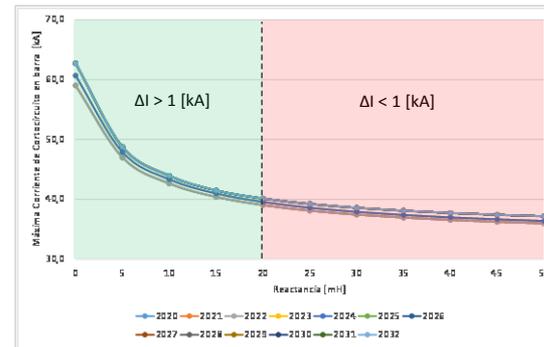
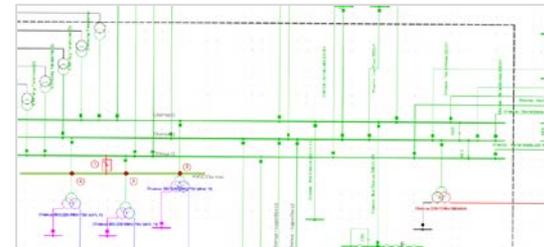
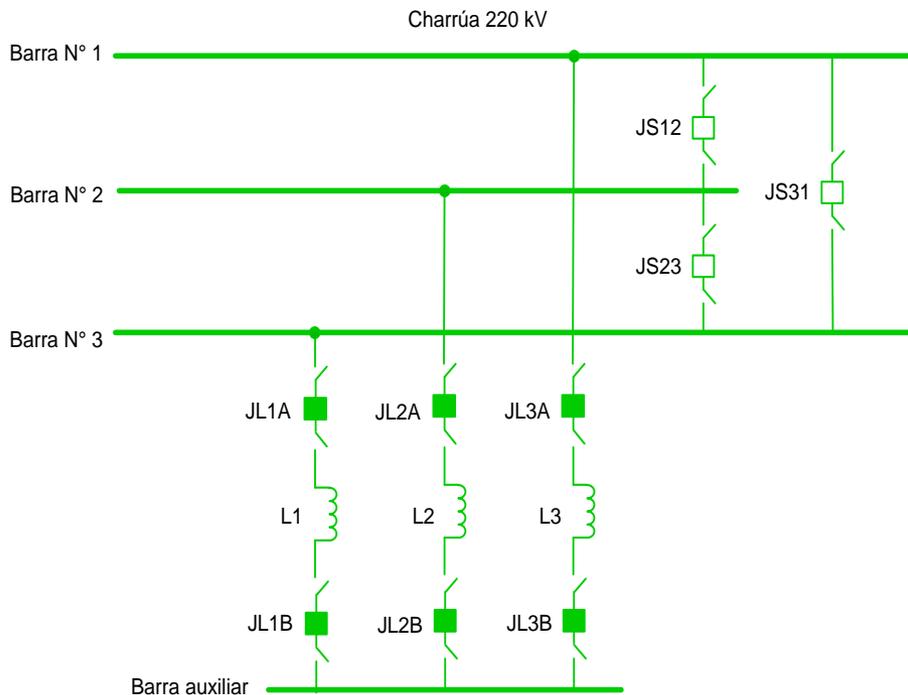
- Se deben considerar aspectos como el espacio disponible en las subestaciones existentes, el costo asociado a los nuevos equipos y las indisponibilidades asociadas al proyecto (puede ser un gran número de interruptores).
- Otro aspecto fundamental a considerar es la corriente y los esfuerzos a los que se verán sometidos el resto de los elementos serie.
- Es importante la visión del fabricante en esta materia.



Alternativas de mitigación

Reactores limitadores de corriente (CLR)

Aplicación en S/E Charrúa 220 kV



- No requiere mayores intervenciones.
- Topología modular.
- Mayor seguridad.
- Desventajas: Desbalance ante contingencias y requiere desacople de barras.

Alternativas de mitigación

Reactores limitadores de corriente (CLR)

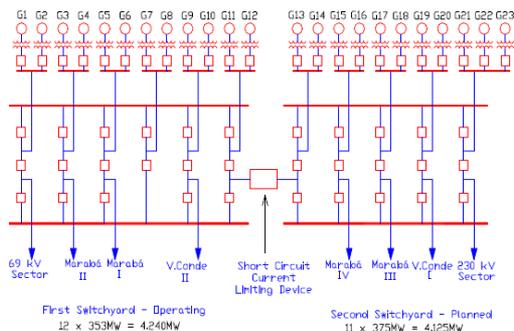
- Furnas (Sudeste de Brasil)

- rated voltage (kV): 345
- rated frequency (Hz): 60
- per phase inductance (μH): 24000
- rated current (A): 2100
- maximum voltage drop (kV, RMS): 18,9
- rated power (MVar): 40
- rated short-circuit current (kA, RMS): 25



- Eletronorte (Norte de Brasil)

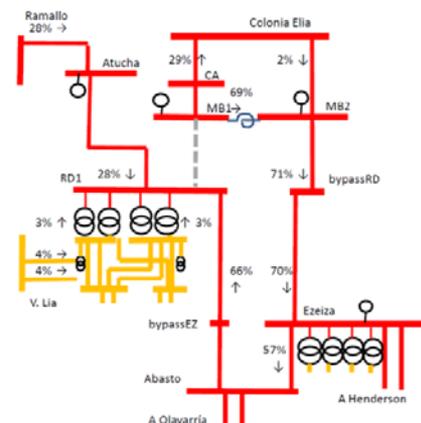
- rated voltage (kV): $550/\sqrt{3}$
- rated frequency (Hz): 60
- reactance per phase (Ω): 20
- per phase inductance (μH): 53050
- rated current (A): 2600
- maximum voltage drop (kV, RMS): 52
- rated power (MVar): 135



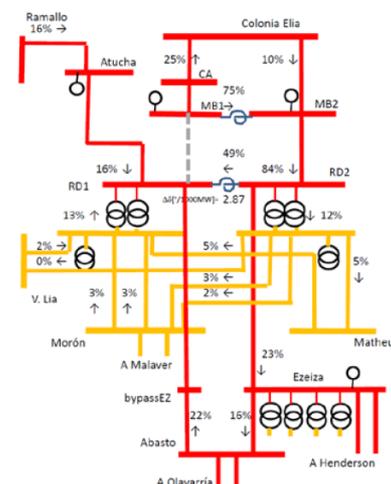
Alternativas de mitigación

Trabajo presentado en el ERIAC 22017: "Limitación de Corrientes de cortocircuito en la red de 500 kV del Gran Buenos Aires.

- En S/E Ezeiza (EZ) y S/E Rodriguez **500 kV** se ha alcanzado el límite de corriente de cortocircuito.
- Actualmente está en construcción una **solución transitoria** (bypass EZ).
- El cambio de equipamiento resulta complejo debido a las **indisponibilidades de elementos críticos** del sistema.
- Se estudia la **separación conveniente de circuitos de 500 kV** junto con la utilización de CLR y la **construcción de nuevas líneas y SSEE de 500 kV** para no comprometer confiabilidad.



(a) bypass RD



(b) CLR 25 ohm/fase

Agenda

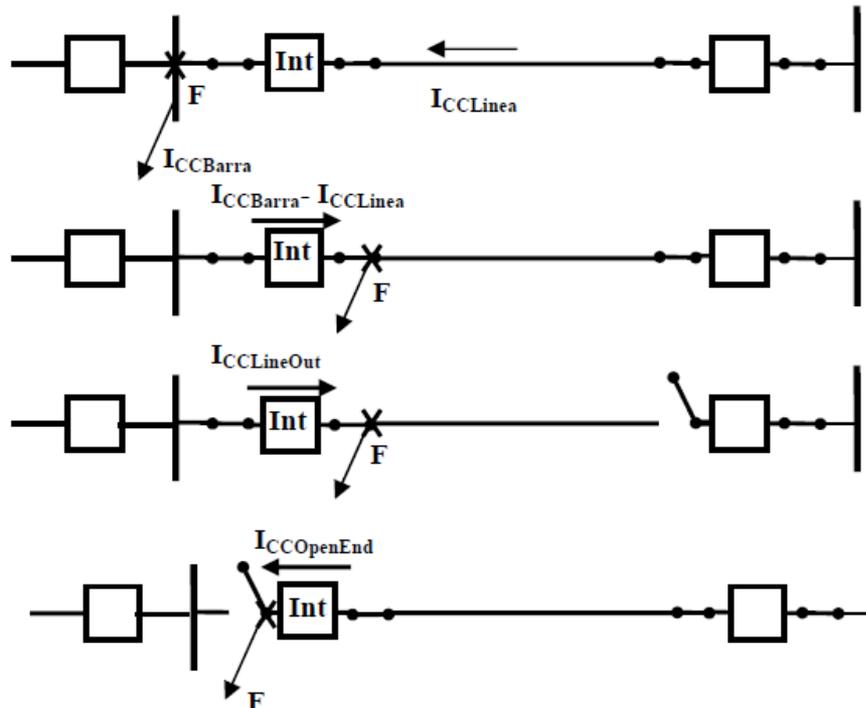
1. Introducción
2. Diagnóstico del sistema
3. Análisis de la problemática
4. Alternativas de Mitigación
5. **Visión de la Metodología de Cálculo de Cortocircuito**
6. Conclusiones

Visión de la Metodología de Cálculo de Cortocircuito

- Anexo Técnico “Cálculo de Nivel Máximo de Cortocircuito” de la NTSyCS establece lo siguiente:
 - Objetivo: **Verificar las exigencias mínimas establecidas en el Artículo 3-3 letra d) de la NTSyCS** (Capítulo 3 “Exigencias mínimas de diseño de instalaciones).
 - Los elementos del ST deben contar con capacidad que les permita soportar al menos los máximos niveles de cortocircuito calculados en dicho Anexo (basado en Norma IEC 60909).
 - Para efectos del cálculo se deberán considerar **todas las unidades de generación conectadas**, al igual que líneas y transformadores en servicio, a fin de configurar el **mayor enmallamiento** en el sistema.
- Se define un criterio robusto y conservador para evaluar las máximas corriente de cortocircuito al que se verán sometidos los equipos primarios. No obstante, existen algunos elementos asociados a la metodología que a nuestro juicio son perfectibles.

Cálculo de corriente por paño

- Lo recomendable es analizar en detalle tal como lo especifica el antiguo Procedimiento DO del CDEC-SIC “Términos y Condiciones del Cálculo de Corrientes de Cortocircuito para la Verificación del Dimensionamiento de Interruptores en el SIC”.



Visión de la Metodología de Cálculo de Cortocircuito

Nivel de enmallamiento

- En 500 y 220 kV parece razonable. ¿Tiene sentido en un nivel de tensión inferior a 110 kV? Aparentemente la característica radial de nuestras redes no lo justifica.

Proyección de Parque Generador

- ¿Tiene sentido considerar todo el parque generador en servicio (~17000 MW Gx vs 10000 MW Demanda)? Escenario poco realista que distorsiona los resultados.
- En una Subestación como Charrúa se pueden ver diferencias de hasta 10 kA en 220 kV, considerando escenarios de despacho reales (demanda máxima).

Criterio de diseño y verificación de equipamiento existente

- ¿Se deben utilizar los mismos criterios para diseño y evaluación de impacto en instalaciones existentes? Se pueden adelantar obras estructurales de gran envergadura que en la práctica no son necesarias.
- Criterio de recambio → ¿70, 80, 90, 100%?

Especificación de la capacidad de ruptura

- Si bien se especifica **cómo** determinar el nivel máximo de cortocircuito que debe tolerar el equipamiento, no se especifican **criterios de diseño específicos**.
- Ej: Si el nivel máximo de cortocircuito de una determinada barra es igual a 30 kA proyectada al año 2022, ¿cual debería ser la capacidad de ruptura del equipamiento a instalar en dicha S/E? → ¿40/50/63 kA?
- RE N°96/2015, Plan de Expansión 2014-2015 (previo al panel de expertos): “...los nuevos interruptores deberá tener una capacidad de ruptura igual o superior a lo que determine el propietario..., con tal que cada interruptor no sea remplazado durante su vida útil...” ¿Es posible asegurarlo por 40 años?
 - Considerando los antecedentes presentados por Transelec se estableció una capacidad de ruptura igual a 63 kA.

Agenda

1. Introducción
2. Diagnóstico del sistema
3. Análisis de la problemática
4. Alternativas de Mitigación
5. Visión de la Metodología de Cálculo de Cortocircuito
6. Conclusiones

Conclusiones

- Existe espacio para mejorar la normativa vigente con el fin de obtener un diagnóstico más certero de las reales condiciones del sistema.
- Si bien existe un margen de holgura para aplazar decisiones de inversión de proyectos de mayor envergadura, la evolución del sistema eléctrico requerirá implementar soluciones estructurales en el largo plazo.
- Se debe realizar el seguimiento a la proyección del nivel de cortocircuito y considerar este antecedente como un elemento adicional para planificar el futuro sistema de transmisión.
- Discusión con todos los actores del mercado: Definir las mejores prácticas para enfrentar esta problemática en el futuro (CNE, Coordinador, Empresas, Fabricantes y otros organismos técnicos como el Cigre).

Muchas Gracias

