

Minuta: Impacto en la modelación línea 1x220 kV PEQ – S/E Frontera

El presente documento tiene por objetivo evaluar el impacto asociado al cambio en la modelación de la línea 1x220 kV PEQ – S/E Frontera sobre los estudios previamente aprobados por el CEN.

Para ello, en primer lugar, se analiza la variación de los parámetros eléctricos respecto de aquellos utilizados en los estudios originales. Posteriormente, se evalúa el impacto de dicha variación en los niveles de cortocircuito ante fallas en los extremos de la línea (métodos IEC y Completo). Finalmente, se analizan los flujos de potencia a través de la línea bajo ambas condiciones de modelación: sin cable de tierra y con cable de tierra.

Cabe mencionar que el análisis se realiza sobre las bases de datos utilizadas en los estudios de Cortocircuito y Flujo de Potencia aprobados por el CEN para el proyecto Quillagua II: Parque Fotovoltaico + BESS de 105 MW (NUP 4637) , a partir de los cuales se derivan los demás estudios asociados.

Revisión de Parámetros

Tramo	Modelación anterior					
	R0	R1	X0	X1	B0	B1
	Ohm/km	Ohm/km	Ohm/km	Ohm/km	uS/km	uS/km
220 kV Tap Off Quillagua – PEQ	0,237	0,0904	1,5853	0,3876	1,5989	2,9718
EST.19ª – FRONTERA 220kV	0,237	0,0904	1,5853	0,3876	1,5989	2,9718
Tramo	Modelación anterior					
	R0	R1	X0	X1	B0	B1
	Ohm/km	Ohm/km	Ohm/km	Ohm/km	uS/km	uS/km
220 kV Tap Off Quillagua – PEQ	0,3289	0,093	1,5427	0,3876	1,6742	2,9746
EST.19ª – FRONTERA 220kV	0,239	0,093	1,5445	0,4083	1,5809	2,8339

Como se parecía, existe una leve diferencia de parámetros, lo cuales se reflejan en la tabla siguiente, donde se muestra la diferencia en Ohm/km entre la modelación anterior y la nueva (parámetro nuevo – parámetro anterior).

Tramo	Diferencia en Ohm/km					
	R0	R1	X0	X1	B0	B1
	Ohm/km	Ohm/km	Ohm/km	Ohm/km	uS/km	uS/km
220 kV Tap Off Quillagua – PEQ	0,092	0,003	-0,043	0,000	0,075	0,003
EST.19ª – FRONTERA 220kV	0,002	0,003	-0,041	0,021	-0,018	-0,138

Revisión de resultados de Cortocircuito Método IEC

Para la revisión del impacto en los niveles de cortocircuitos considerando el cambio de modelación, se realizan fallas trifásicas y monofásicas con métodos IEC en los extremos de la línea bajo análisis.

Falla 3F	Resultados con modelación anterior							
Barra	I_k''	i_p	i_{dc}	I_b	I_k	I_{th}	I_{asi}	X/R
	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	
FRONTERA 220 kV	16,767	39,812	4,928	16,746	16,1	16,982	17,456	7,345
PEQ AT	15,345	36,13	4,121	15,331	14,739	15,532	15,875	6,978
Falla 3F	Resultados con Nueva Modelación							
Barra	I_k''	i_p	i_{dc}	I_b	I_k	I_{th}	I_{asi}	X/R
	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	
FRONTERA 220 kV	15,715	37,105	4,357	15,694	15,048	15,909	16,288	7,103
PEQ AT	14,281	33,368	3,543	14,266	13,675	14,447	14,699	6,683

Falla 1F	Resultados con modelación anterior									
Barra	I''^k	i_p	i_{dc}	I_b	I_k	I_{th}	I_{asi}	k_{dc}	$3xI_0$	X/R
	[kArms]	[kA]	[kA]	[kArms]	[kArms]	[kArms]	[kArms]	[%]	[kArms]	
FRONTERA 220 kV B1	10,79	25,63	1,64	10,79	10,79	10,93	10,92	10,72	10,79	5,63
PEQ AT	9,51	22,38	1,45	9,51	9,51	9,62	9,62	10,78	9,51	5,64
Falla 1F	Resultados con Nueva Modelación									
Barra	I''^k	i_p	i_{dc}	I_b	I_k	I_{th}	I_{asi}	k_{dc}	$3xI_0$	X/R
	[kArms]	[kA]	[kA]	[kArms]	[kArms]	[kArms]	[kArms]	[%]	[kArms]	
FRONTERA 220 kV B1	10,64	25,12	1,60	10,64	10,64	10,77	10,76	10,66	10,64	5,61
PEQ AT	9,37	21,90	1,33	9,37	9,37	9,48	9,47	10,04	9,37	5,47

Como se puede observar, se tiene un leve impacto en los niveles de cortocircuitos, alineado con la variación vista en los parámetros eléctricos.

Para este caso, se destaca una leve disminución en los niveles de cortocircuitos ante fallas en las barras del extremo de la línea.

Revisión de resultados de Cortocircuito Método Completo

Para la revisión del impacto en los niveles de cortocircuitos considerando el método completo (cortocircuitos utilizados para el análisis de protecciones), se realizan fallas trifásicas y monofásicas en los extremos de la línea bajo análisis.

Falla 3F	Resultados con modelación anterior			
Barra	Ik"	ip	Ib	Ith
	kA	kA	kA	kA
FRONTERA 220 kV B1	12,937	30,788	10,901	13,114
PEQ AT	12,054	28,473	10,242	12,211
Falla 3F	Resultados con Nueva Modelación			
Barra	Ik"	ip	Ib	Ith
	kA	kA	kA	kA
FRONTERA 220 kV B1	12,938	30,788	10,901	13,114
PEQ AT	12,062	28,481	10,248	12,218

Falla 1F	Resultados con modelación anterior		
Barra	Ik" A	ip A	3*I0
	kA	kA	kA
FRONTERA 220 kV B1	8,924	21,332	8,924
PEQ AT	7,967	18,907	7,967
Falla 1F	Resultados con Nueva Modelación		
Barra	Ik" A	ip A	3*I0
	kA	kA	kA
FRONTERA 220 kV B1	8,924	21,332	8,924
PEQ AT	7,986	18,945	7,986

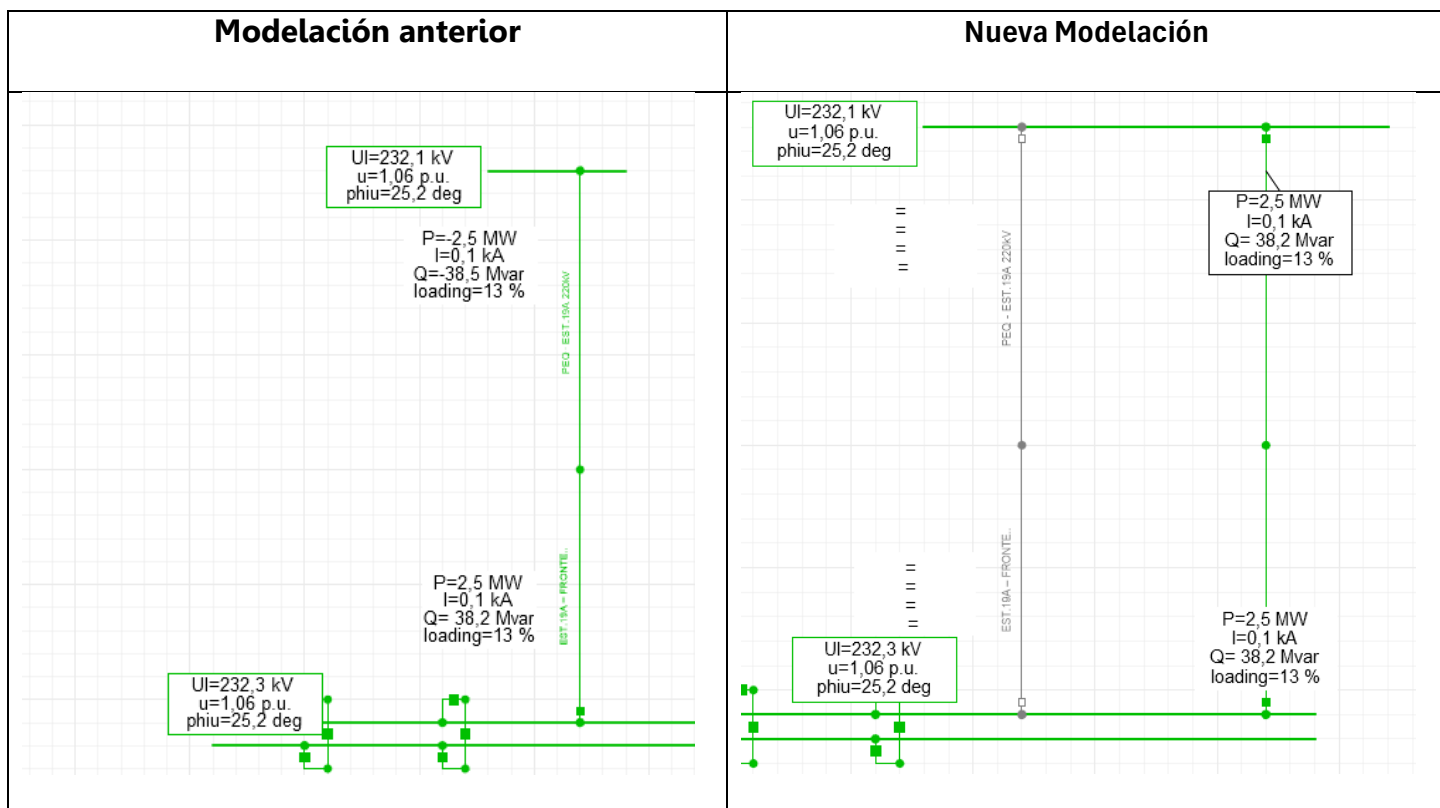
En línea con los resultados vistos, se puede apreciar un leve impacto en los niveles de cortocircuitos, casi despreciable.

Revisión de resultados de Flujo de potencia

En las tablas siguientes se muestra los resultados del flujo con y sin la modelación, de manera de evaluar su impacto en el estudio de flujo de potencia.

Resultados con modelación anterior					
Tramo de Línea	Active Power	Reactive Power	Current, Magnitude	Current, Angle	Loading
	Terminal i in MW	Terminal i in Mvar	Terminal i in kA	Terminal i in deg	%
PEQ - EST.19A 220kV	2,5	38,2	0,095	-61,1	13,3
EST.19A – FRONTERA 220kV	-2,5	-38,2	0,095	118,9	13,2
Resultados con Nueva Modelación					
Tramo de Línea	Active Power	Reactive Power	Current, Magnitude	Current, Angle	Loading
	Terminal i in MW	Terminal i in Mvar	Terminal i in kA	Terminal i in deg	%
PEQ - EST.19A 220kV	2,5	38,2	0,095	-61,1	13,3
EST.19A – FRONTERA 220kV	-2,5	-38,2	0,095	118,9	13,2

Como se puede observar, se tiene un impacto nulo en los resultados de flujo a través de la línea de transmisión. A modo de referencia en la figura siguiente se muestran los flujo y tensión en las barras de los extremos de la línea con la modelación anterior y nueva.



Revisión de Protecciones

En este apartado se realiza una revisión de los ajustes definidos en el ECAP previamente aprobado, con el objetivo de verificar su validez frente a la nueva modelación de la línea PEQ - Frontera.

Cabe señalar que esta revisión se limita únicamente a aquellos ajustes que podrían verse afectados por variaciones en los niveles de cortocircuito.

La tabla siguiente presenta los niveles de cortocircuito obtenidos mediante el método completo en ambos escenarios de modelación. Se incluye, además, la variación porcentual entre ambos casos.

Falla 3F	Resultados con modelación anterior				Resultados con Nueva Modelación				Variación Porcentual			
Barra	Ik"	ip	Ib	Ith	Ik"	ip	Ib	Ith	Ik"	ip	Ib	Ith
	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
FRONTERA 220 kV B1	12,937	30,788	10,901	13,114	12,938	30,788	10,901	13,114	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PEQ AT	12,054	28,473	10,242	12,211	12,062	28,481	10,248	12,218	-0,06%	-0,03%	-0,06%	-0,06%
SWG1 23kV	26,100	69,233	22,916	27,092	26,103	69,237	22,919	27,094	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%
SWG2 23kV	26,100	69,233	22,916	27,092	26,103	69,237	22,919	27,094	-0,01%	-0,01%	-0,01%	-0,01%

Falla 1F	Resultados con modelación anterior			Resultados con Nueva Modelación			Variación Porcentual		
Barra	Ik" A	ip A	3*I0	Ik" A	ip A	3*I0	Ik" A	ip A	3*I0
	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
FRONTERA 220 kV B1	8,924	21,332	8,924	8,924	21,332	8,924	0,00%	0,00%	0,00%
PEQ AT	7,967	18,907	7,967	7,986	18,945	7,986	-0,24%	-0,20%	-0,24%
SWG1 23kV	1,213	3,223	1,213	1,213	3,223	1,213	0,00%	0,01%	0,00%
SWG2 23kV	1,213	3,223	1,213	1,213	3,223	1,213	0,00%	0,01%	0,00%

Como se observa, las variaciones no superan el 1%, siendo la mayor variación de un 0,24% ante fallas monofásicas en el extremo PEQ.

En función de lo anterior, se puede concluir que los ajustes definidos en el estudio aprobado no requieren modificaciones, manteniéndose válidos frente a la nueva modelación de la línea de transmisión PEQ – Frontera.

Con independencia del resultado anterior, se realiza una revisión de los criterios asociados a los ajustes aprobados por el CEN, según lo dispuesto en el ECAP disponible en la plataforma de gestión del proyecto. Esta revisión se centra exclusivamente en las funciones de protección involucradas ante fallas desbalanceadas (presentaron mayor variación según tabla anterior).

Elemento	Protección principal	Funciones por revisar
Transformador Elevador	Protección diferencial	87T, 51N, 50N, 51G, 50BF
Incoming	Protección de sobrecorriente	50N, 50BF
Cables Colectores PFV	Protección de sobrecorriente	50N, 50BF
Cables Colectores BESS	Protección de sobrecorriente	50N, 50BF

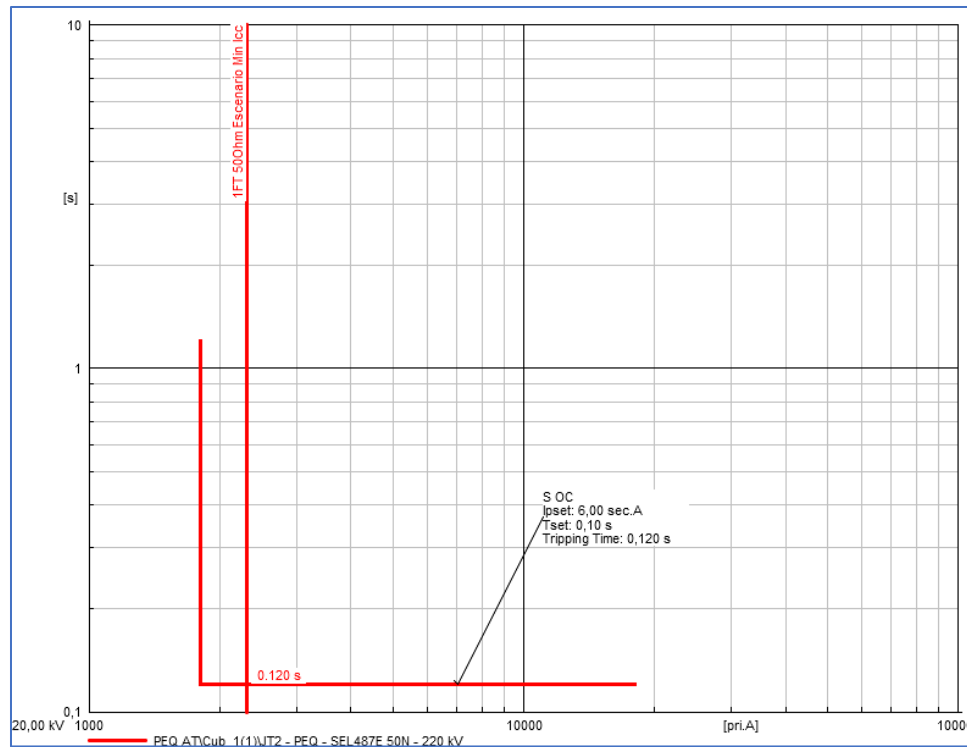
- **Transformador Elevador:**

- Protección 87T: Los ajustes que se realizan para esta protección son en función de las recomendaciones del fabricante. Dada los leves cambios en los niveles de cortocircuito, no resulta necesario plantear modificaciones.
- Función de sobrecorriente residual (lado 220kV): Dado el grupo de conexión del transformador a proteger, con una delta en el lado AT, sólo serán medidas corrientes residuales para fallas desbalanceadas en el lado del devanado AT del transformador. El ajuste de esta función corresponde al siguiente

$$I_{pickup} = 0.8 * 2250 [A_{pri}] = 1800 [A_{pri}] = 6 [A_{sec}]$$

Con una temporización de 100 ms.

En la figura siguiente se verifica el comportamiento ante una falla monofásica a tierra con 50Ohm en los bornes de AT del Transformador, donde se aprecia un correcto comportamiento.



- Función de sobrecorriente residual (lado 23kV): Dado que el grupo de conexión del transformador es delta en el lado AT, los TC ubicados en ambos incomings no observan aportes de corriente homopolar ante fallas desbalanceadas en la red de 220 kV, por lo que no resulta necesario plantear modificaciones al ajuste indicado en el ECAP aprobado.
- Función contra falla de interruptor (lado 220kV): Como se menciona solo se realiza la revisión de los ajustes de fallas a tierra. Para este caso el criterio de ajuste de la mínima corriente de operación fase-tierra se ajusta al 10% de la corriente nominal del TTCC, por lo que no resulta necesario plantear modificaciones.
- **PF Red interna PF + BESS Quillagua II:**
 - La red interna de parque contempla desde el lado de MT del Transformador elevador hasta los cables colectores del parque fotovoltaico y BESS. Dado el grupo de conexión del transformador elevador el cual es delta en el lado AT, no se tiene modificación en las corrientes de cortocircuitos a tierra con las cuales se analizó el estudio de

protecciones aprobado, por lo que no resulta necesario plantear modificaciones al ajuste indicado en el ECAP.

En vista de los resultados obtenidos, se observa que, si bien los cambios en la modelación generan una leve variación en los parámetros eléctricos, no afecta las conclusiones técnicas de los estudios previamente aprobados por el CEN, dado lo acotada longitud de la línea. Específicamente, no se ven comprometidas las conclusiones de los estudios de Coordinación y Ajuste de Protecciones, Flujo de Potencia, Estabilidad Transitoria, Capacidad de Barras, Cortocircuitos, Coordinación de Aislamiento y Saturación Magnética.