EVENTO-014-2020

DESCONEXIÓN DE LA LÍNEA L-1142 (TINGO MARÍA - PIEDRA BLANCA) DE 138 KV

Del 12.03.2020 a las 14:07 h

COES

Lima, 20 de ENERO 2023

1. EVENTO : Desconexión de la línea L-1142 (Tingo María - Piedra Blanca) de 138 kV

2. FECHA : 12.03.2020

3. HORA : 14:07 h

4. PROPIETARIO: RED DE ENERGÍA DEL PERÚ

5. INFORMES:

N°	EMPRESA	INFORME FINAL	FECHA DE ENTREGA
1	RED DE ENERGIA DEL PERÚ	OP/AP - 000019672020	13.03.2020
2	RED DE ENERGIA DEL PERÚ	OP/AP - 000019682020	13.03.2020
3	ELECTROCENTRO	IF_ELC-015-2020	01.04.2020

6. DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

Se produjo una falla monofásica de alta impedancia en la fase "R" de la línea L-1142 (Tingo María – Piedra Blanca), cuya causa no fue determinada[1] por la empresa Red de Energía del Perú (REP), propietario de la línea. La falla fue despejada por el sistema de protección mediante el disparo monofásico de la fase fallada, con posterior recierre exitoso en ambos extremos de la línea; sin embargo, al persistir la falla, se produjo la desconexión de la línea L-1142 en la S.E. Tingo María.

Debido a que la falla aún se encontraba alimentada desde la S.E. Piedra Blanca, luego de 5,19 minutos se produjo la desconexión de los transformadores T26-11 de 138/10,7kV y T57-121 de 138/24/10,5 kV de la S.E. Huánuco por actuación de su protección de sobrecorriente a tierra, interrumpiéndose los suministros de la S.E Huánuco con un total de 17,17 MW. La falla fue finalmente despejada del sistema con la desconexión de la línea L-1142 en la S.E. Piedra Blanca por su protección de sobrecorriente direccional a tierra.

A las 14:22 y 14:28 h, se energizaron los transformadores T26-11 y T57-121 en 138 kV respectivamente, y se procedió a recuperar los suministros interrumpidos.

7. CONDICIÓN PREVIA AL EVENTO EN EL SEIN

7.1 Las condiciones operativas del SEIN previas al evento fueron las siguientes:

7.1.1 Centros de generación involucrados:

[1] De acuerdo con el informe de inspección de la empresa REP, remitido por correo electrónico el 06.04.2020, no se llegó a determinar la causa de la falla en la línea L-1142.

N°	Central	Unidad	Generación	
			MW	MVAr
1	PCH GHAGLLA	G1	6,4	S/D
2	8 DE AGOSTO	G1	10,45	S/D
		G2	10,45	S/D

S/D: Sin Datos.

7.1.2 Flujo de potencia por las principales líneas de la zona:

N°	Código	Subestaciones		Potencia Activa (MW)	Potencia Reactiva (MVAr)
		De	A		
1	L-1142	Tingo María	Piedra Blanca	-19,21	25,04
2	L-1121	Amarilis	Piedra Blanca	13,88 *	-26,47*
3	L-1144	Amarilis	Huánuco	17,42*	4,21*

(*): SCADA COES

7.1.3 Flujo de potencia por los transformadores de potencia de la zona:

N°	Código	S.E.	Nivel de Tensión (kV)	Potencia Activa (MW)	Potencia Reactiva (MVAr)
1	T57-121	Huánuco	138	3,16	S/D
2	T26-11	Huánuco	138	14,01	S/D

S/D: Sin datos.

8. SECUENCIA DE EVENTOS

Hora	S.E. / C.C.	Descripción
14:07:10.015		**Se produjo falla monofásica de alta impedancia, en la fase "R" de la línea L-1142 (Tingo María – Piedra Blanca).**
14:07:10.164	Tingo María	El sistema de protección de la línea L-1142, abrió el interruptor IN-4068 fase "R", con posterior recierre exitoso.
14:07:10.222	Piedra Blanca	El sistema de protección de la línea L-1142, abrió el interruptor IN-4286 fase "R", con posterior recierre exitoso.
14:07:11.365	**Tingo María**	**Debido a la falla permanente en la línea L-1142, abrió el interruptor IN-4068 de manera tripolar; la línea L-1142 quedó energizado desde la S.E. Piedra Blanca.**
14:07:55	CC-REP[2]	Informó al CCO-COES[3] la desconexión de la línea L-1142 en la S.E. Tingo María.
14:10	CCO-COES	Se comunicó con el CC-KLP[4] para consultar las tensiones

[2] CC-REP : Centro de Control de Red de Energía del Perú.
[3] CCO-COES : Centro de Coordinación de la Operación del COES-SINAC.

Hora	S.E. / C.C.	Descripción
		en la S.E. Tingo María. El CCO-COES ordenó conectar el reactor R-9 de la S.E. Tingo María.
14:11	CCO-COES	Se comunicó con el CC-GHU [5]para consultar si la línea L-1142 se encuentra conectada en la S.E. Piedra Blanca. CC-GHU informa que las líneas L-1142 y L-1121 se encuentran conectadas en la S.E. Piedra Blanca.
14:12	CCO-COES	Se comunicó con el CC-REP para consultar si tenía tensión de retorno en la S.E. Tingo María. CC-REP informó que cuenta con tensión de retorno
14:12:21.725	**Huánuco**	**Desconectó el transformador T26-11 en el lado 138 kV, por su protección de sobrecorriente a tierra.**
14:12:22.006	**Huánuco**	**Desconectó el transformador T57-121 en el lado 138 kV, por su protección de sobrecorriente a tierra.**
14:12:31.502	**Piedra Blanca**	**Desconectó la línea L-1142, por su protección de sobrecorriente direccional a tierra.**
14:13	CC-REP	Informó al CCO-COES que perdió tensión de retorno en la S.E Tingo María.
14:15	CC-GHU	Informó que la línea L-1142 abrió en la S.E. Piedra Blanca.
14:17	CC-REP	Informó al CCO-COES que se produjo desconexión de los transformadores en el lado de alta tensión en la S.E. Huánuco, produciéndose interrupción de suministros.
14:17	CC- GAN[6]	Informó la salida de la C.H. 8 de Agosto. CCO-COES informó que la tensión en la S.E. Tingo María fue regulada y que se puede conectar cuando tenga condiciones de conexión.
14:21	CC-REP	Declaró al CCO-COES disponible el transformador T26-11 para recuperar carga. Informó que el T57-121 se encontraba bloqueado.
14:22	CCO-COES	Coordinó con el CC-REP conectar el lado de alta del transformador T26-11 y el lado de baja del transformador T23-11.
14:23	CCO-COES	Autorizó a CC-REP coordinar con el CC-ELC[7] para recuperar carga en la S.E. Huánuco.
14:27	CC-REP	Declaró disponible el transformador T57-121 para su energización. CCO-COES autorizó su energización y la coordinación con el CC-ELC para recuperar carga en la S.E. Huánuco.
14:30	CC-REP	Declaró disponible la línea L-1142. Informó que la falla se produjo por malas condiciones atmosféricas.
14:34	CCO-COES	Coordinó con el CC-REP cerrar el interruptor de la línea

[4] CC-KLP : Centro de Control de Kallpa Generación (Operador de los equipos de ETESELVA).
[5] CC-GHU : Centro de Control de Empresa de Generación Huallaga.
[6] CC-ELC : Centro de Control de GENERACIÓN ANDINA
[7] CC-ELC : Centro de Control de ELECTROCENTRO.

Hora	S.E. / C.C.	Descripción
		L-1142 en la S.E. Piedra Blanca.
14:36	CCO-COES	Coordinó con el CC-GHU cerrar el interruptor de la línea L-1142 en la S.E. Piedra Blanca.
14:39	**S.E. Piedra Blanca**	**Se conectó la Línea L-1142.**
14:40	CCO-COES	Coordinó con el CC-KLP regular la tensión en la S.E. Tingo María mediante la desconexión del reactor R-9
14:45	**S.E. Tingo María**	**Se conectó la línea L-1142 en la S.E. Tingo María.**

9. SEÑALIZACIÓN DE LAS PROTECCIONES

Subestación	Equipo	Código	Señalizaciones	Interruptor	A/C
Tingo María	L-1142	REL670	67N-Sobrecorriente	IN-4068	A
Piedra Blanca	L-1142	REL670	Ninguna	IN-4286	C

A/C: Abierto o cerrado

10. CONTADOR DE INTERRUPTORES Y PARARRAYOS

No se reportaron.

11. ANÁLISIS DEL EVENTO

11.1 A las 14:07:10.015 h, se produce una falla monofásica en la fase “R” de la línea L-1142 (Tingo María – Piedra Blanca), cuya causa no fue determinada, según lo informado por REP, propietario de la línea. De acuerdo al análisis realizado, la falla fue de alta impedancia.

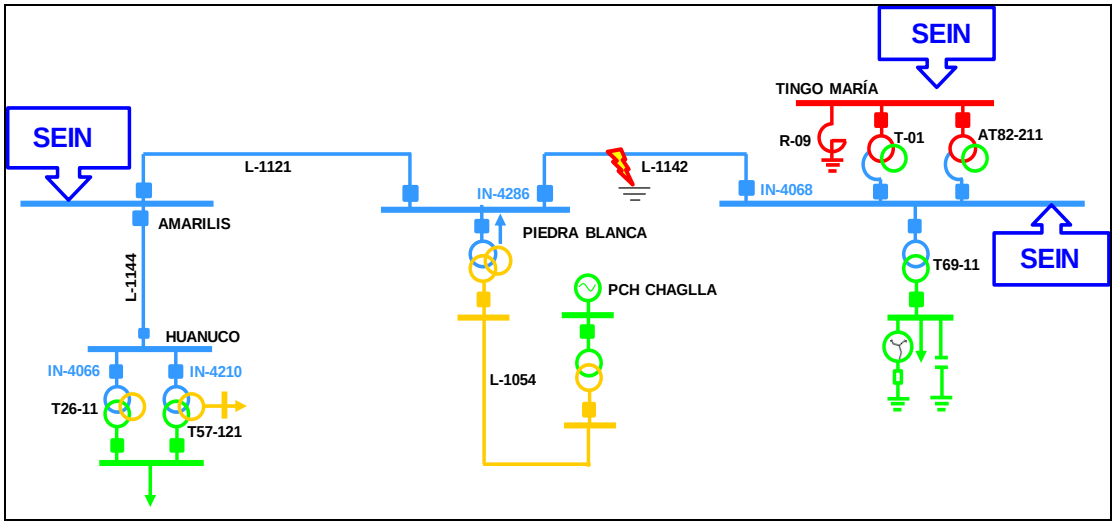

Figura 1. Diagrama unifilar de la zona de influencia de la falla (Fuente: COES)

11.2 En la S.E. Tingo María, luego de 149 ms de iniciado la falla, se produce el disparo monopolar de la fase "R" del interruptor IN-4068 de la línea L-1142, por su función de sobrecorriente en comparación direccional (67N CD), trascurrido 557 ms, se produce el recierre del interruptor (ver Figura 2).

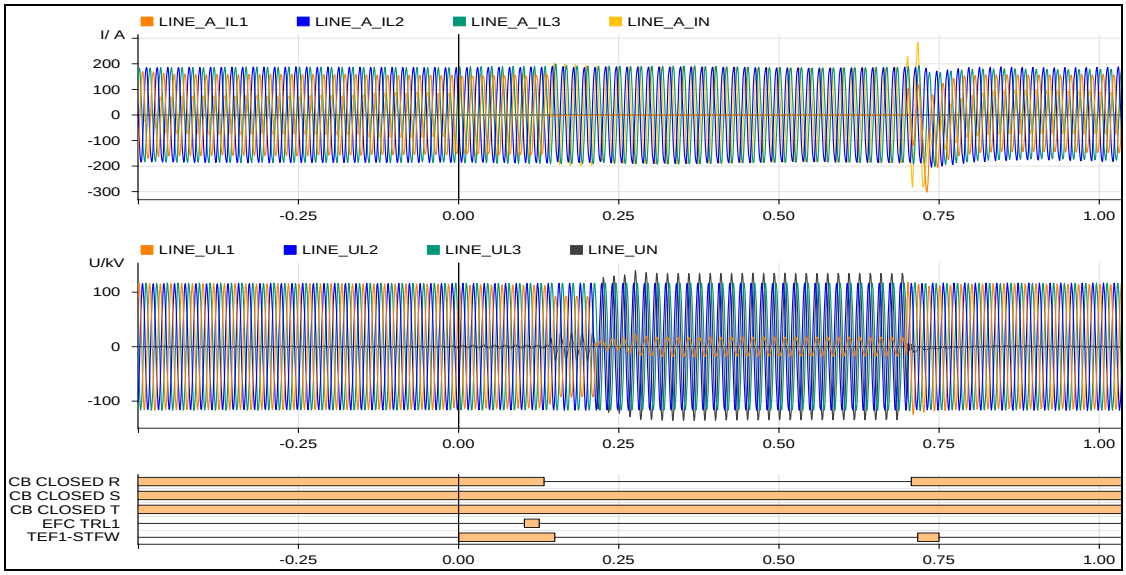

Figura 2. Registro oscilográfico del relé principal REL670 de la línea L-1142 en la S.E. Tingo María (Fuente: REP)

11.3 En la S.E. Piedra Blanca, luego de 207 ms de iniciada la falla, se produce el disparo monopolar de la fase "R" del interruptor IN-4286 de la línea L-1142, por su función de sobrecorriente en comparación direccional (67N CD), trascurrido 525 ms, se produce el recierre del interruptor (ver Figura 3), por lo cual la línea L-1142 quedo en servicio, con la falla aun presente en la línea.

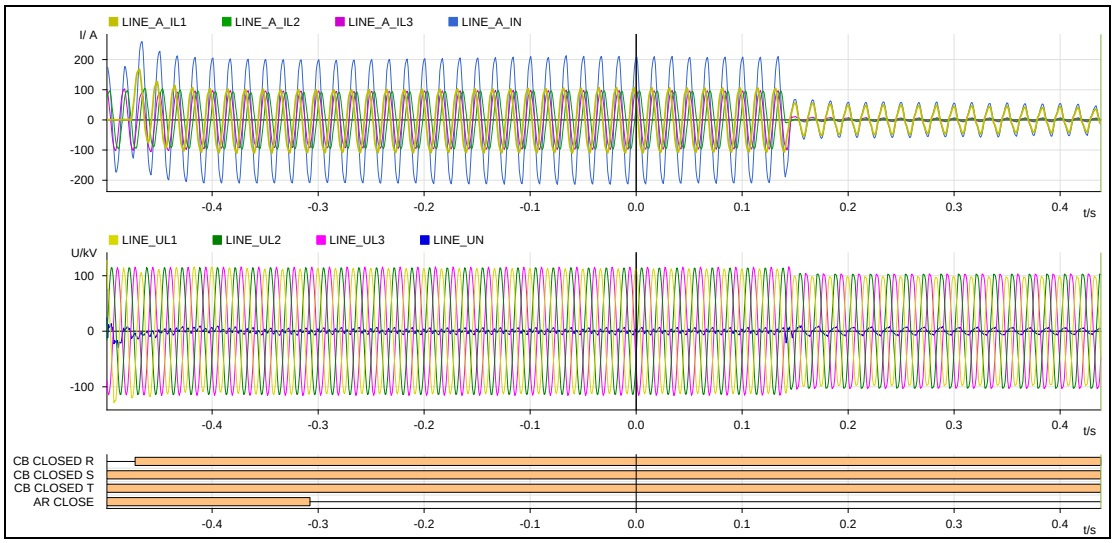

Figura 3. Registro oscilográfico del relé principal REL670 de la línea L-1142 en la S.E. Piedra Blanca (Fuente: EGEHUALLAGA)

Del análisis de la información de los relés de la S.E. Piedra Blanca, se observa que la estampa de tiempo de los relés no está sincronizada con hora GPS ya que, al

compararlos con la oscilografía de los relés de la S.E. Tingo María, se observa un desfasamiento en el tiempo.

11.4 En la S.E. Tingo María, luego de 1350 ms de iniciada la falla, se produjo la desconexión trifásica de la línea L-1142, por actuación de su función de sobrecorriente a tierra en comparación direccional 67 NCD (ver Figura 4). La causa de la desconexión fue que la falla aún continuaba presente en el sistema. En esta oportunidad el recierre no volvió a ejecutarse debido a que el interruptor se encontraba dentro de su tiempo de reclamo.

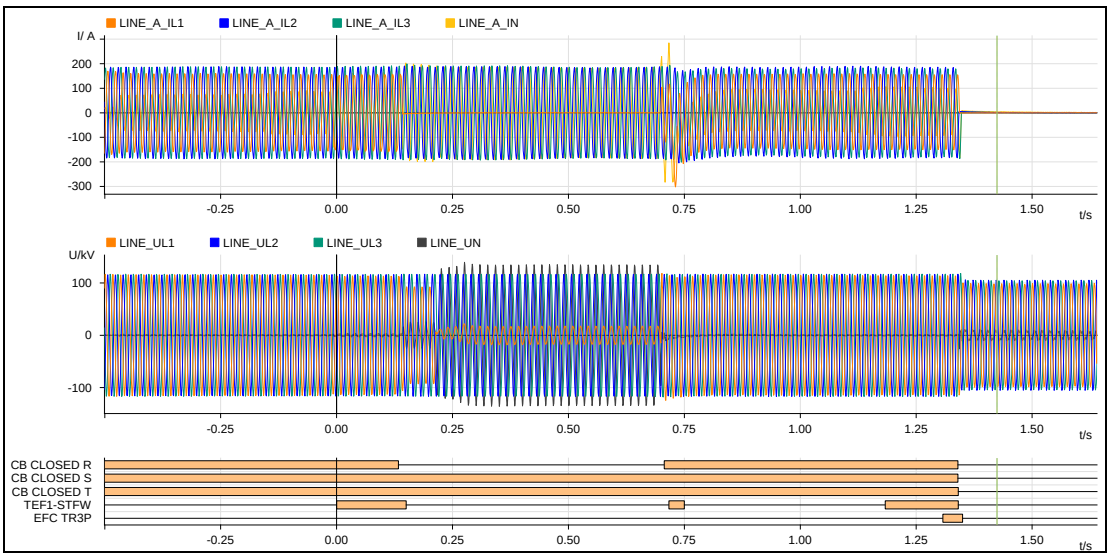

Figura 4. Registro oscilográfico del relé principal REL670 de la línea L-1142 en la S.E. Tingo María (Fuente: REP)

11.5 Debido a que la falla aún permanecía en la línea L-1142; la componente de la corriente de falla a tierra (3Io) comenzó a circular por el neutro de los transformadores T57-121 y T26-11 de la S.E. Huánuco en 138 kV (ver Figura 5).

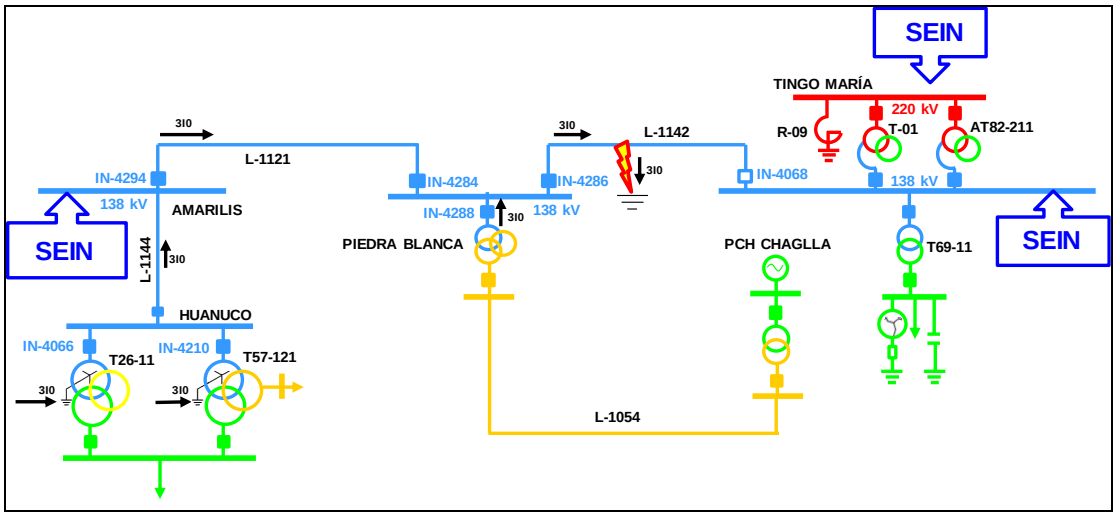

Figura 5. Diagrama unifilar luego de la desconexión de la línea L-1142 en la S.E. Tingo María, mostrando la circulación de la componente 3Io (Fuente: COES)

11.6 En efecto, en la S.E. Huánuco, luego de 5,195 minutos aproximadamente de iniciada la falla, se produjo la desconexión del transformador T26-11 en 138kV, por actuación de su protección de sobrecorriente a tierra (51 N) (ver Figura 6). El motivo por el cual el relé actuó en un tiempo tan largo fue debido a la variabilidad en la magnitud e intermitencia de la corriente de falla a tierra 3 I0, lo cual ocasionó que el relé no detecté la falla o no arranque, motivo por el cual no se produjo la apertura del interruptor (ver Figura7).

Number	Indication	Value	Date and time
00301	Power System fault	258 - ON	12.03.2020 14:12:18.915
00302	Fault Event	258 - ON	12.03.2020 14:12:18.915
00501	Relay PICKUP	ON	0 ms
01761	50(N)/51(N) O/C PICKUP	ON	0 ms
01765	50N/51N picked up	ON	0 ms
01837	51N picked up	ON	0 ms
00511	Relay GENERAL TRIP command	ON	2756 ms
01791	50(N)/51(N) TRIP	ON	2756 ms
01839	51N TRIP	ON	2756 ms
00533	Primary fault current Ia	0.02 kA	2793 ms
00534	Primary fault current Ib	0.09 kA	2793 ms
00535	Primary fault current Ic	0.10 kA	2793 ms
01765	50N/51N picked up	OFF	2809 ms
01837	51N picked up	OFF	2809 ms
01761	50(N)/51(N) O/C PICKUP	OFF	2809 ms
00301	Power System fault	258 - OFF	12.03.2020 14:12:21.725

Figura 6. Disparo de eventos del relé de sobrecorriente 7SJ611 del transformador T26-11 en 138 kV de la S.E. Huánuco (Fuente: REP)

El relé de sobrecorriente del transformador T26-11 en 138kV, no capturó el registro de falla en el instante del disparo, sin embargo, se tiene el registro previó a la desconexión del transformador en el cual se muestra el arranque de la función sobrecorriente a tierra (51 N) (ver Figura 7) registrando una corriente inicial 3Io de 44,56 Amp. Dicha corriente continúa creciendo de manera sostenida hasta un máximo de 115,59 Amp.

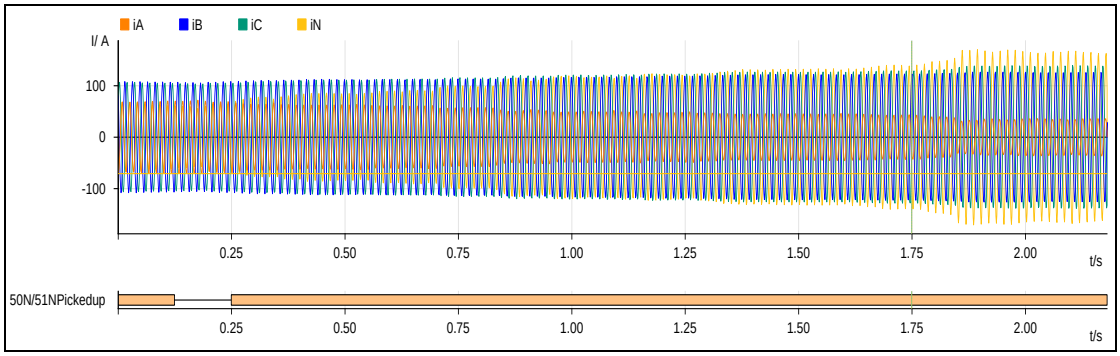

Figura 7. Registro de falla del relé de sobrecorriente 7SJ611 del transformador T57-121 en 138 kV de la S.E. Huánuco (Fuente: REP)

11.7 En la S.E. Huánuco, luego de 5,199 minutos aproximadamente de iniciada la falla, se produjo la desconexión del transformador T57-121 en el lado de 138 kV, por actuación de su protección de sobrecorriente a tierra (51 N) (ver Figura 8). El motivo por el cual el relé actuó en un tiempo tan largo fue debido a la variabilidad en la magnitud e intermitencia de la corriente de falla a tierra 3 I0, lo cual ocasionó que el

relé no detecté la falla o no arranque, motivo por el cual no se produjo la apertura del interruptor (ver Figura 9).

Number	Indication	Value	Date and time
00301	Power System fault	310 - ON	12.03.2020 14:12:19.094
00302	Fault Event	310 - ON	12.03.2020 14:12:19.094
00501	Relay PICKUP	ON	0 ms
01761	Time Overcurrent picked up	ON	0 ms
01765	Time Overcurrent Earth picked up	ON	0 ms
01837	IEp picked up	ON	0 ms
00511	Relay GENERAL TRIP command	ON	2853 ms
01791	Time Overcurrent TRIP	ON	2853 ms
01839	IEp TRIP	ON	2853 ms
00533	Primary fault current IL1	0.03 kA	2889 ms
00534	Primary fault current IL2	0.05 kA	2889 ms
00535	Primary fault current IL3	0.05 kA	2889 ms
01765	Time Overcurrent Earth picked up	OFF	2911 ms
01837	IEp picked up	OFF	2912 ms
01761	Time Overcurrent picked up	OFF	2912 ms
00301	Power System fault	310 - OFF	12.03.2020 14:12:22.006

Figura 8. Disparo de eventos del relé de sobrecorriente 7SJ611 del transformador T57-121 en 138 kV de la S.E. Huánuco (Fuente: REP)

El relé de sobrecorriente del transformador T57-121 en 138 kV, no capturó el registro de falla en el instante del disparo, sin embargo, se tiene el registro previó a la desconexión del transformador en el cual se muestra el arranque de la función sobrecorriente a tierra (51 N) (ver Figura 9) registrando una corriente inicial 3Io de 36,68 Amp, dicha corriente continúa creciendo de manera sostenida hasta un máximo de 71,13 Amp.

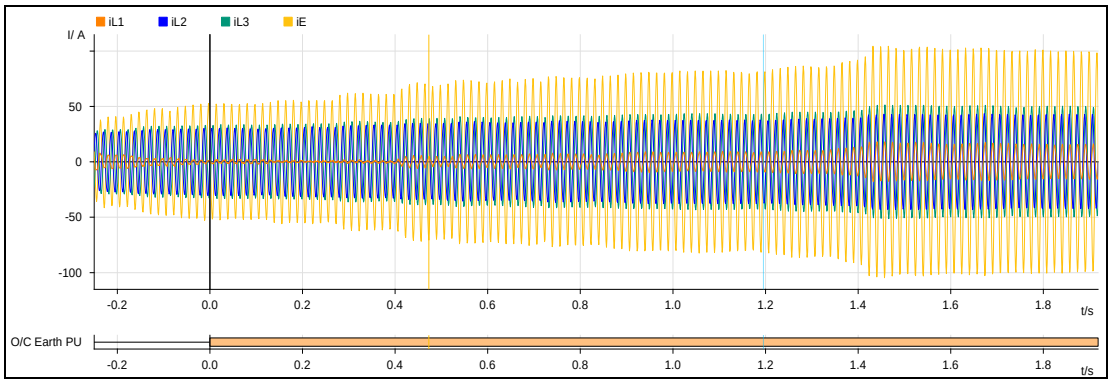

Figura 9. Registro de eventos del relé de sobrecorriente 7SJ611 del transformador T57-121 en 138 kV de la S.E. Huánuco (Fuente: REP)

11.8 Con la oscilografía del relé de respaldo REL670 de la línea L-1142 en la S.E. Piedra Blanca[8], se determinó la característica de operación de la protección de sobrecorriente direccional a tierra de la línea L-1142 (ver Figura 10 y Figura 11), donde se muestra el desfase de las componentes de secuencia 3Io y -3Uo con polarización por tensión, la cual determina la dirección de la falla, con esto se corrobora que la falla aún permanecía en la línea L-1142 con dirección a Tingo María.

[8] Oscilografía luego de la desconexión de los transformadores de potencia T26-11 y T57-121 de la S.E Huánuco

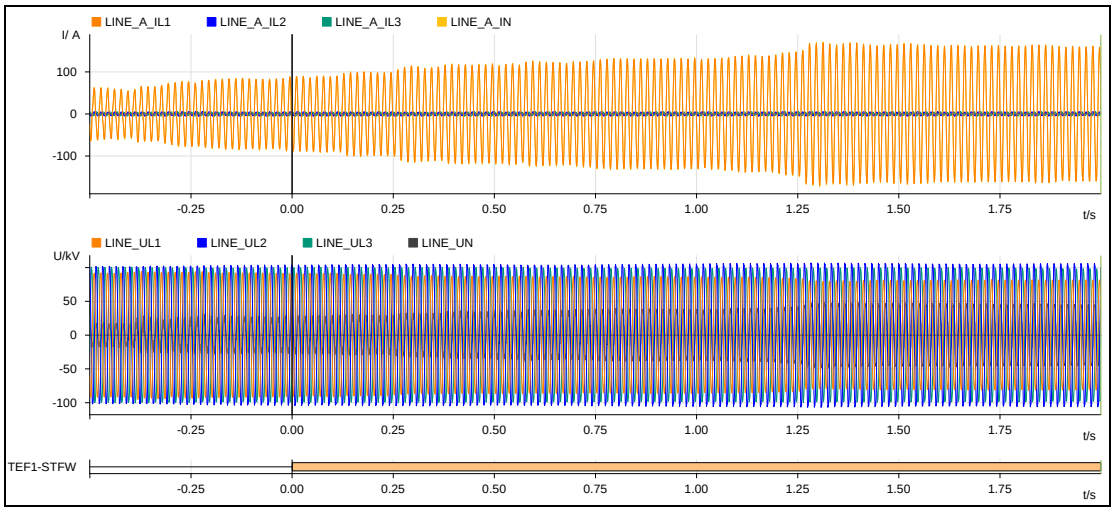

Figura 10. Registro oscilográfico del relé de respaldo REL670 de la línea L-1142 en la S.E. Piedra Blanca (Fuente: EGEHUALLAGA)

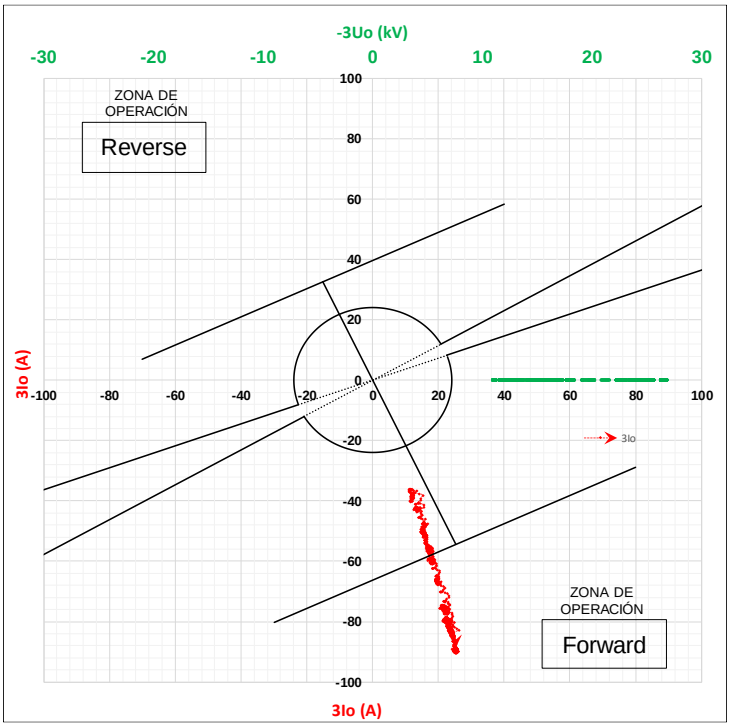

Figura 11. Característica de operación del relé de sobrecorriente direccional a tierra del relé respaldo REL670 de la línea L-1142 en la S.E. Piedra Blanca (Fuente: COES)

11.9 En la S.E. Piedra Blanca, luego de 5,358 minutos aproximadamente de iniciada la falla, se produjo la desconexión de la línea L-1142, por actuación de su protección de sobrecorriente direccional a tierra (ver Figura 12), registrando una corriente (3Io) de 135,61 Amp.

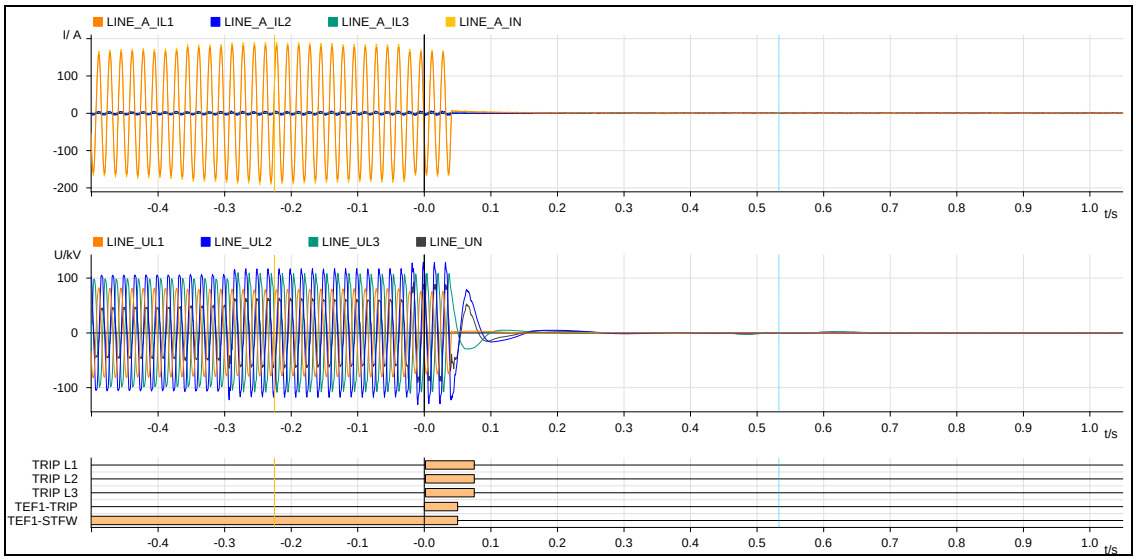

Figura 12. Registro oscilográfico del relé principal REL670 de la línea L-1142 en la S.E. Piedra Blanca (Fuente: EGEHUALLAGA)

Los ajustes de la protección de sobrecorriente en comparación direccional 67 NCD de la S.E. Piedra Blanca fueron determinados en el AECP-2018[9], cabe precisar que, en los cálculos para determinar estos ajustes, se considera que la resistencia de falla a tierra debe ser menor a 50 ohm.

La razón por la cual la protección de sobrecorriente en comparación direccional 67 NCD no detectó la falla fue debido a que, en el presente evento, la resistencia de falla a tierra tuvo valores superiores a 300 ohm (ver numeral 11.11) e inclusive alcanzó valores de hasta 435,9 ohm (ver Figura 15), la cual es una resistencia de falla a tierra elevada.

Cabe precisar que la elevada resistencia de falla a tierra puede originarse principalmente por los siguientes factores:

i. Acercamiento de árboles dentro de la faja de servidumbre.

ii. Valores de resistencia de puesta a tierra en las estructuras de la línea L-1142 superiores a lo recomendado en el Código Nacional del Electricidad Suministro -2011 (25 ohm).[10]

Ambas actividades corresponden ser realizadas por el titular de la línea L-1142, la empresa RED DE ENERGÍA DEL PERÚ, a fin de mantener sus instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente.

Respecto al desempeño del sistema de protección en la S.E. Piedra Blanca, se concluye que fue correcto, ya que actuó de acuerdo a los ajustes determinados en el AECP-2018, los cuales fueron realizados considerando resistencias de falla típicos, menores a 50 ohm.

[9] Actualización del Estudio de Coordinación de Protecciones del COES
[10] Sección 3: Métodos de puesta a tierra para instalaciones de suministro eléctrico y comunicaciones – Pagina 38

11.10 Al respecto, se determinó la característica de operación de la protección de sobrecorriente direccional a tierra, del relé principal REL670 (ver Figura 13), donde se muestra el desfase de las componentes de secuencia 3Io y -3Uo con polarización por tensión, la cual determina la dirección de la falla, con esto se corrobora que la falla aún permanecía en la línea L-1142 con dirección a Tingo María.

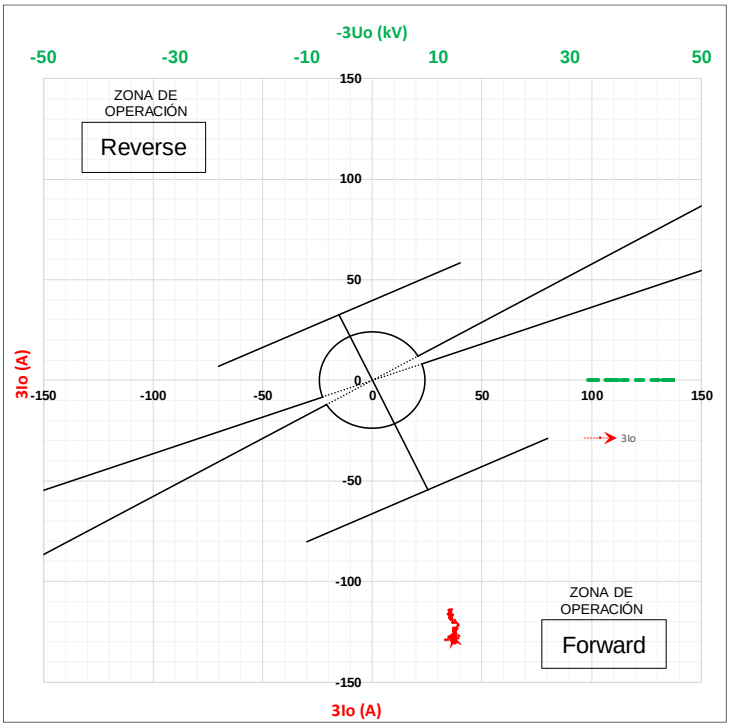

Figura 13. Característica de operación del relé de sobrecorriente direccional a tierra del relé principal REL670 de la línea L-1142 en la S.E. Piedra Blanca (Fuente: COES)

11.11 Asimismo, de acuerdo al diagrama de impedancias del relé principal REL670 en la S.E. Piedra Blanca, la resistencia de falla antes de la desconexión de la línea L-1142 era elevada ya que se encontraba en alrededor de los 300 ohm (ver Figura 14), correspondiendo a una falla de alta impedancia. Por la naturaleza de la falla, la cual duró más de cinco minutos y con un valor de resistencia de falla elevada, se descarta que el evento haya sido originado por descargas atmosféricas.

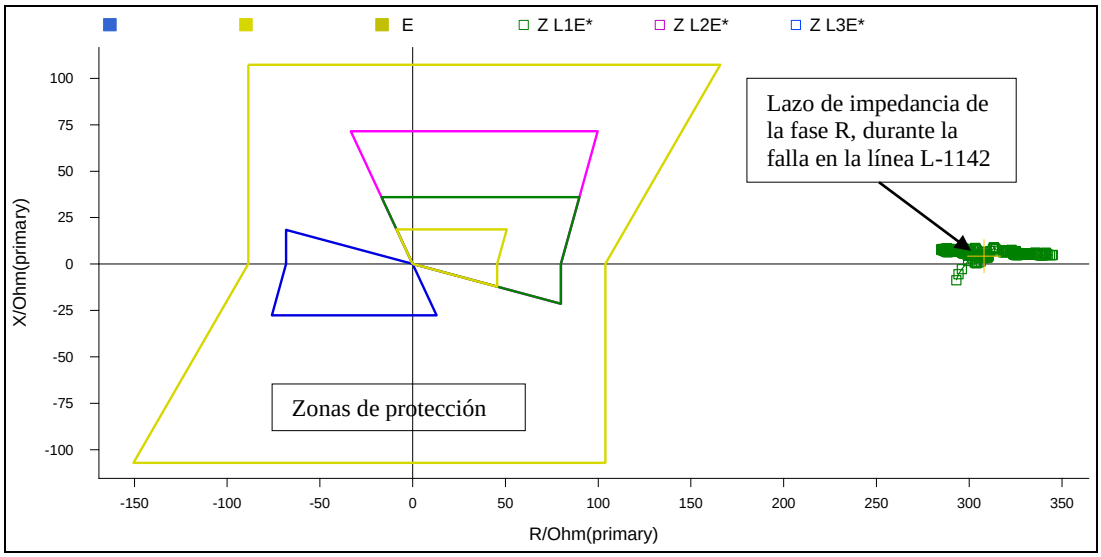

Figura 14. Lazo de impedancia de la fase R, del relé principal REL670 de la línea L-1142 en la S.E. Piedra Blanca (Fuente: EGEHUALLAGA)

Calculó de la distancia de falla:

11.12 La distancia de falla determinado por el software SIGRA fue de 8,6 km medido desde la S.E. Piedra Blanca (ver Figura 15); mientras que la distancia de falla calculada utilizando la característica cuadrilateral de la función distancia (ver Figura 14), es de 10,37 km de la S.E. Piedra Blanca, lo cual valida lo determinado por el software SIGRA.

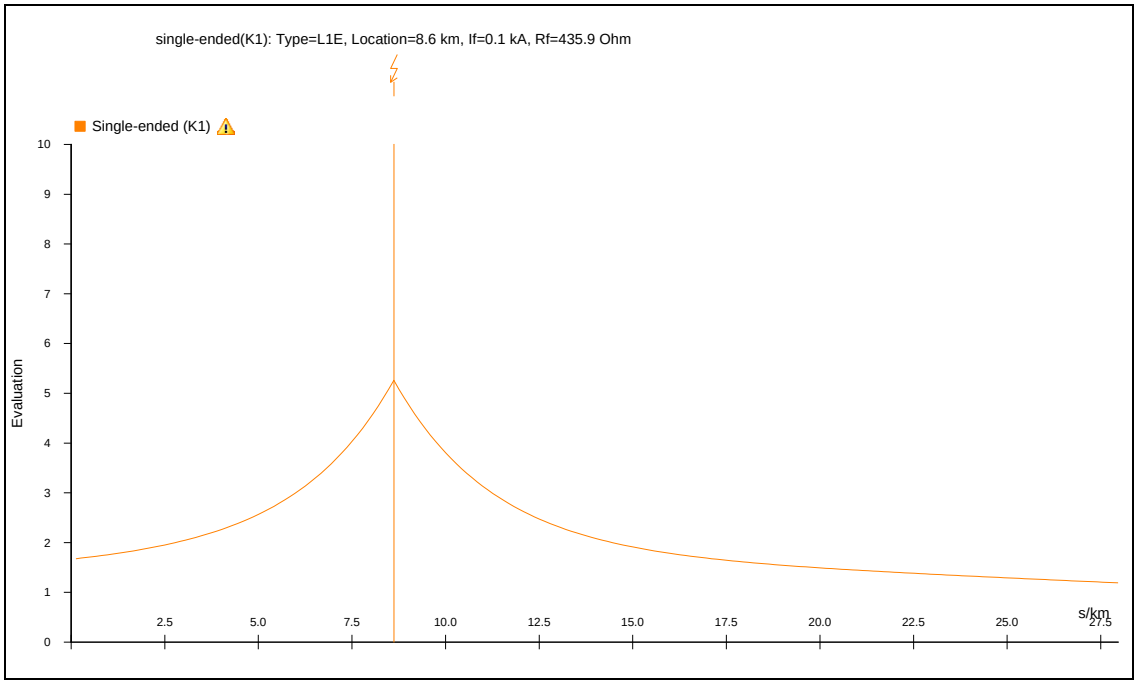

Figura 15. Cálculo de la distancia de falla con software SIGRA, utilizando el registro de falla del relé principal REL670 de la línea L-1142 en la S.E. Piedra Blanca (Fuente: COES)

Maniobras de Restablecimiento

11.13 A las 14:22 h, el CC-REP en coordinación con el CCO-COES, procedieron energizar el transformador T26-11 de la S.E. Huánuco en 138 kV y 10 kV.

11.14 A las 14:27 h, el CCO-COES autorizó al CC-REP la energización del transformador T57-121, asimismo, autorizó recuperar la carga interrumpida en coordinación con el CC-ELC.

11.15 A las 14:39 h y 14:45 h, se conectó la línea L-1142 (Tingo María -Piedra Blanca), en la S.E. Piedra Blanca y S.E. Tingo María respectivamente, quedando la línea L-1142 en servicio.

12. CONSECUENCIAS

12.1 **En la Calidad del Producto:** No hubo transgresiones a la calidad del producto.

12.2 **En la Calidad del Suministro:**

12.2.1 Las interrupciones de suministro que se produjeron fueron las siguientes:

SUMINISTRO	S.E.	POTENCIA (MW)	INICIO (HH:MM:SS)	FINAL (HH:MM:SS)	DURACIÓN (MIN)
A4251 (L-1024)	S.E. Huánuco 10 kV	1,930	14:12:21	14:24:15	11,900
A4252 (L-1036)	S.E. Huánuco 10 kV	2,210	14:12:21	14:24:52	12,516
A4253 (L-1037)	S.E. Huánuco 10 kV	2,870	14:12:21	14:24:54	12,550
A4254 (L-1026)	S.E. Huánuco 10 kV	2,310	14:12:21	14:24:23	12,034
A4255 (L-1027)	S.E. Huánuco 10 kV	0,610	14:12:21	14:24:29	12,133
A4256 (L-1028)	S.E. Huánuco 10 kV	2,670	14:12:21	14:28:38	16,284
A4257(L-1030)	S.E. Huánuco 22,9 kV	1,810	14:12:22	14:29:13	16,851
A4258 (L-1031)	S.E. Huánuco 22,9 kV	0,210	14:12:21	14:25:32	13,183
A4259 (L-1034)	S.E. Huánuco 22,9 kV	0,580	14:12:21	14:26:31	14,167
A4260 (L-1035)	S.E. Huánuco 22,9 kV	0,730	14:12:21	14:25:42	13,350
A4266 (L-1033)	S.E. Huánuco 22,9 kV	1,240	14:12:22	14:29:29	17,117
Total		**17,17**			

13. RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES:

13.1 CTAF A EGEHUALLAGA

- Corregir el estampado de tiempo con la hora GPS, de los relés de protección de la línea L-1142 en la S.E. Piedra Blanca.

13.2 CTAF A REP:

- Realizar mediciones de resistencia de puesta a tierra en las estructuras cercanas a la distancia de falla determinada en el numeral 11.12 de este informe. Informar al COES los hallazgos encontrados.