



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Evaluación y análisis de la calidad de producto y servicio de energía eléctrica de generación hidroeléctrica relacionada a las centrales Illuchi N°1 E Illuchi N°2

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería Electromecánica

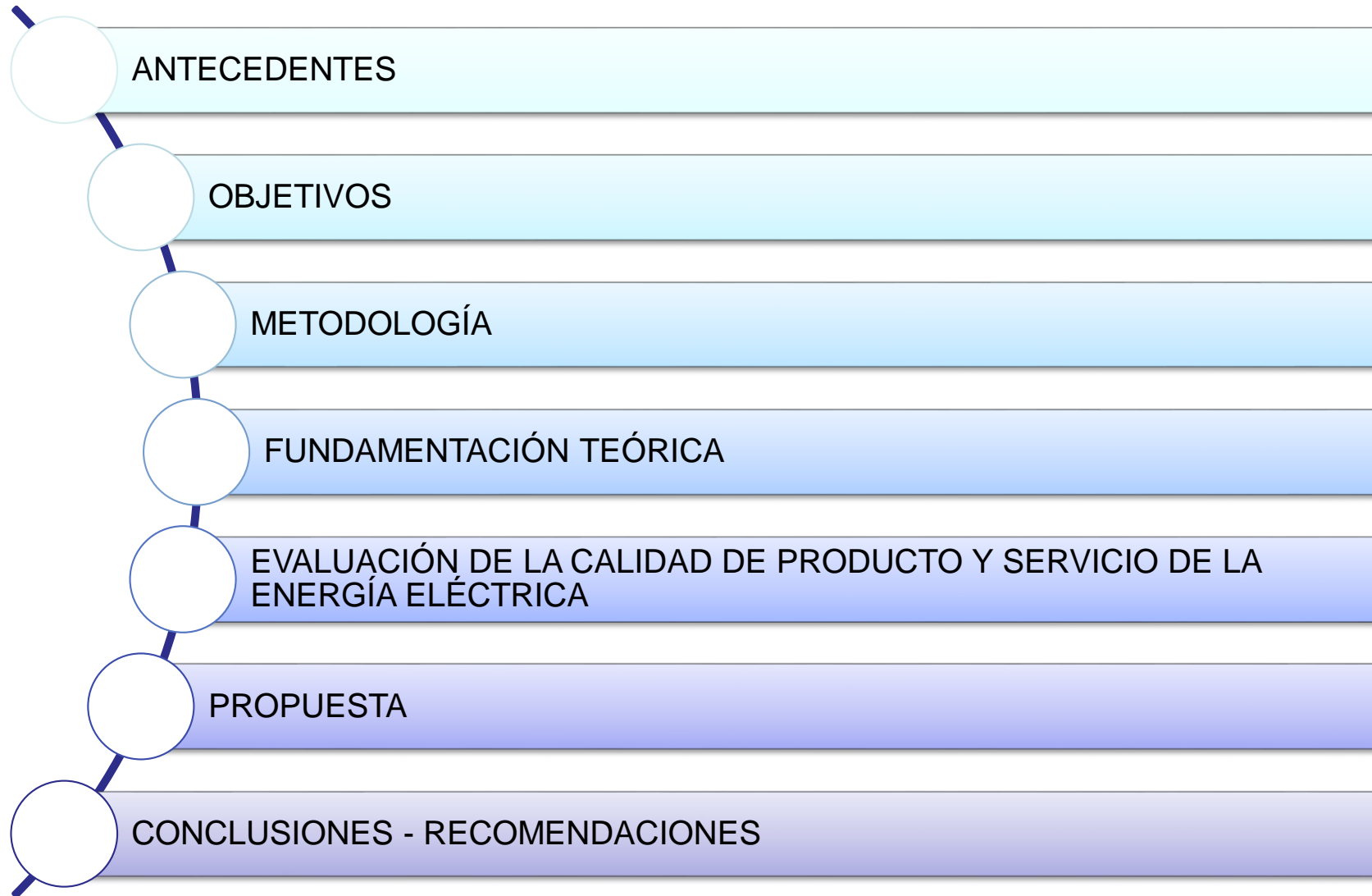
Autores: Altamirano Bustos, Paul Ricardo
Toapanta Gallegos, Rosa Sabrina

Tutor: Ing. Freire Llerena, Washington Rodrigo

JULIO 2022



Agenda



Antecedentes

En el Ecuador debido a una expansión de equipos electrónicos y tecnología que hoy en día son sumamente sensibles a las variaciones de voltaje, hacen que la calidad de potencia eléctrica sea una necesidad. En los últimos años se ha evidenciado un aumento de interrupciones de procesos productivos, en las industrias utilizan equipos electrónicos y controles extremadamente sensibles a las variaciones de voltaje, contaminación armónica y flickers, se evidencia que dichas variaciones o anomalías llegan a producir la actuación errónea de protecciones de las centrales.



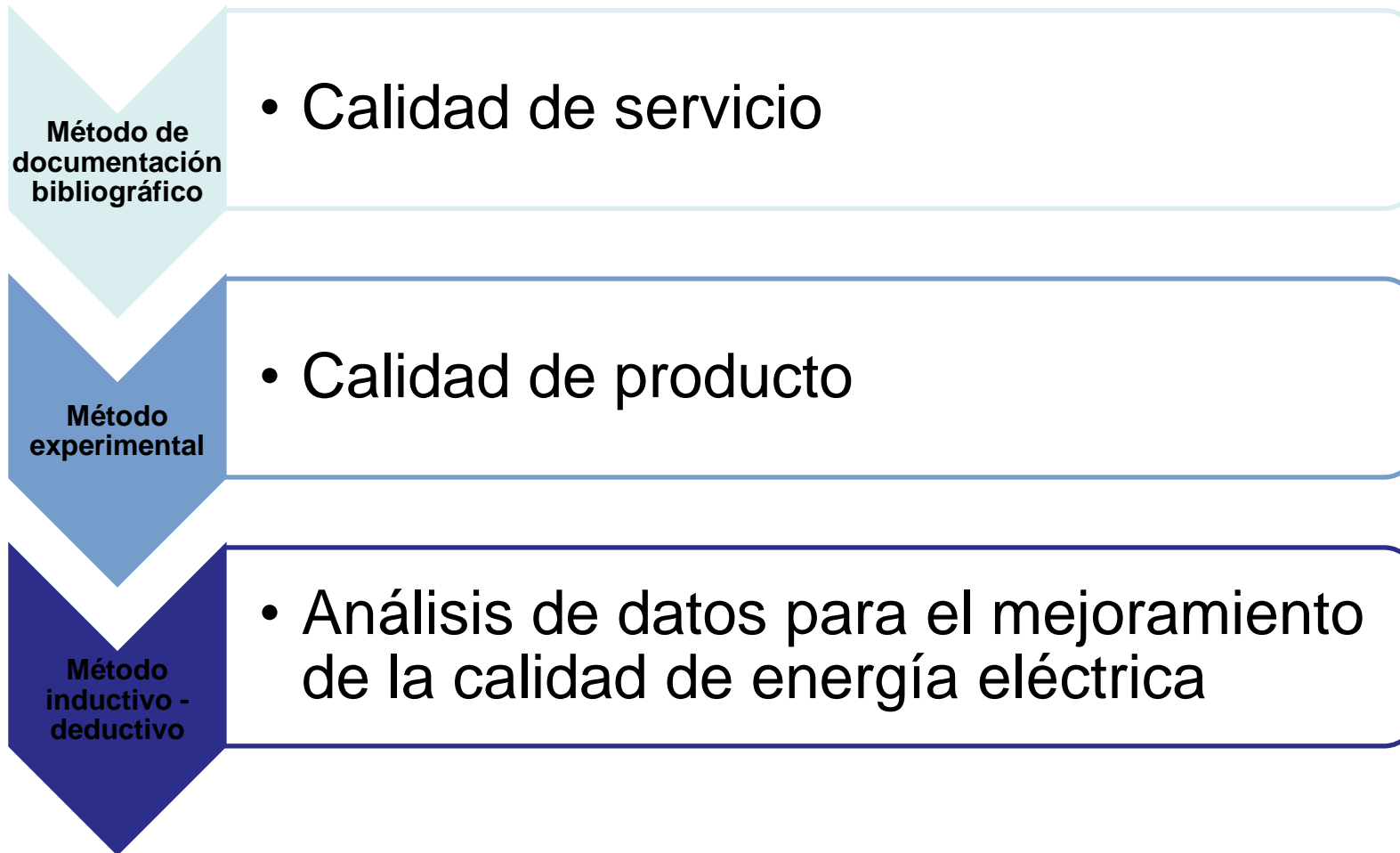
Objetivos

Objetivo General

- Evaluar y Analizar la calidad de producto y servicio de la energía eléctrica de generación hidroeléctrica relacionada a las centrales hidroeléctricas Illuchi N°1 e Illuchi N°2, para mejorar el producto y servicio de energía eléctrica en la zona de influencia de las dos centrales.

Objetivos Específicos

- Medir y monitorear los parámetros eléctricos relacionados con la calidad de la energía eléctrica.
- Analizar y evaluar los parámetros eléctricos para el estudio de calidad de energía en un punto de la red y garantizar el cumplimiento a las normativas y regulaciones nacionales.
- Determinar las posibles soluciones a ser implementadas, para mejorar la calidad de producto y servicio de la energía eléctrica de generación de las centrales hidroeléctricas Illuchi N°1 e Illuchi N°2.



Fundamentación teórica Regulación No. ARCERNNR - 002/20

Calidad de producto de energía eléctrica

Nivel de voltaje

Nivel de voltaje	Rango admisible
Alto voltaje (grupo 1 y grupo 2)	+/- 5.0 %
Medio voltaje	+/- 6.0 %
Bajo voltaje	+/- 8.0 %

Distorsión armónica total de voltaje (THD)

Nivel de voltaje	Factor de distorsión armónica individual (%)	THD (%)
Bajo voltaje	5.0	8.0
Medio voltaje	3.0	5.0
Alto voltaje (Grupo 1)	1.5	2.5
Alto voltaje (Grupo 2)	1.0	1.5

Desequilibrio de voltaje

El valor límite para el índice de desequilibrio de voltaje en un punto de medición será de 2% para todos los niveles de voltaje.

Distorsión armónica total de corriente (TDD)

I_{cc}/I_L	3≤h<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h<50	TDD
< 20 ^b	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20<50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50<100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100<1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Índice de severidad del flicker de corta duración (Pst)

El valor límite para el índice de severidad del flicker de corta duración Pst en el punto de medición respectivo no debe superar la unidad.

En su punto de medición cuando el 95% o más de los datos registrados en su periodo de evaluación de al menos 7 días continuos, se encuentran dentro del rango admisible

Calidad de servicio de energía eléctrica

Frecuencia media de interrupción por KVA (FMIK)

Representa el promedio de veces que cada KVA nominal instalado sufrió una interrupción de servicio

Tiempo total de interrupción por KVA (TTIK)

Representa el tiempo promedio expresada en horas en que cada KVA nominal instalado estuvo fuera de servicio

Índice	Red	Alimentador	
		Alta densidad	Baja densidad
FMIK	6,0	7,0	9,5
TTIK	8,0	10,0	16,0

Registrador de energía Fluke 1744



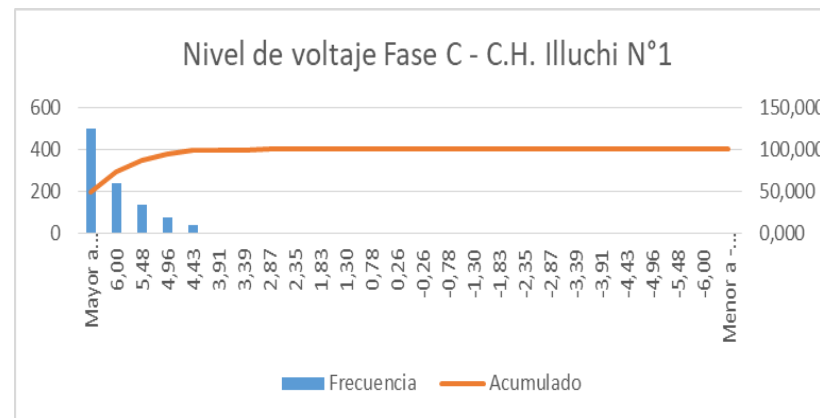
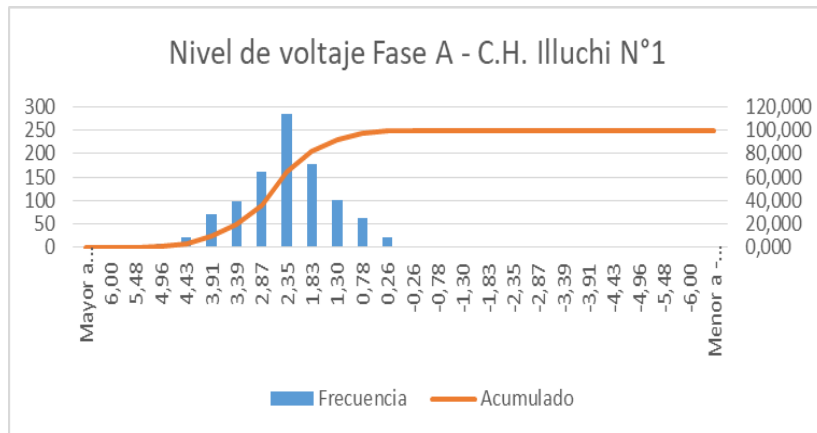
- Es utilizado para determinar la calidad de energía en conformidad con los estándares aplicables de la regulación.
- Cuenta con dos tipos de funciones de registro: función de registro A (avanzada) y función de registro P (potencia). La función A es el conjunto completo de parámetros y la función P aporta capacidades de registro optimizadas para estudios de carga y registro básico de la energía eléctrica. La función P contiene todos los parámetros de la función A salvo los armónicos y los interarmónicos de voltaje y corriente.
- Utiliza las normas EN 50160 compliance monitoring, IEC 61000-4-7 harmonics & inter-harmonics, IEC 61000-4-15 flicker, CBEMA/ITIC, IEEE 519 and IEEE 1159

Evaluación de la calidad de producto de la energía eléctrica C.H. Illuchi N°1

Nivel de Voltaje Fase A			
Límites			
Mínimo		Máximo	
-6		6	
11939,60		13463,81	
Mínimo		Máximo	
12515,66		13424,13	
Fecha	13/1/2022	Fecha	14/1/2022
Hora	18:50:00	Hora	17:30:00
Número de muestras menores al límite	0	Número de muestras mayores al límite	0
Cumplimiento de la regulación			
SI	NO	SI	NO
Porcentaje		Porcentaje	
100,000	0,000	100,000	0,000

Nivel de Voltaje Fase C			
Límites			
Mínimo		Máximo	
-6		6	
11939,60		13463,81	
Mínimo		Máximo	
13031,88		13810,36	
Fecha	13/1/2022	Fecha	16/1/2022
Hora	18:50:00	Hora	6:40:00
Número de muestras menores al límite	0	Número de muestras mayores al límite	502
Cumplimiento de la regulación			
SI	NO	SI	NO
Porcentaje		Porcentaje	
100,000	0,000	50,198	49,802

En su punto de medición cuando el 95% o más de los datos registrados en su periodo de evaluación de al menos 7 días continuos, se encuentran dentro del rango admisible

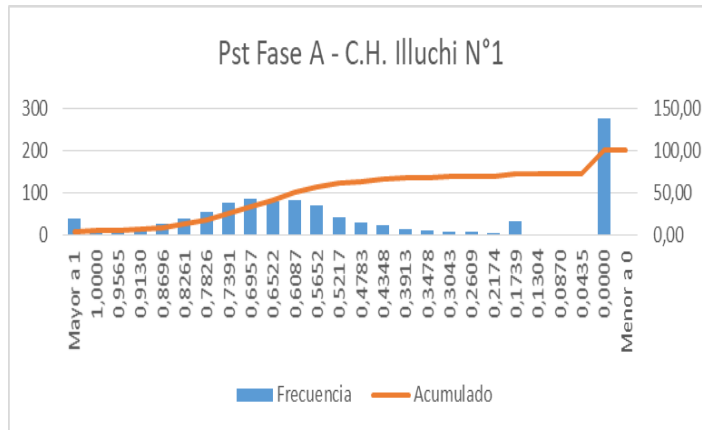


Evaluación de la calidad de producto de la energía eléctrica C.H. Illuchi N°1

Pst Fase A			
Límite		Muestras mayores al límite	
1		37	
Cumplimiento de la regulación			
Si		No	
96,329		3,671	
Máximo		Mínimo	
22,135		0	
Fecha	14/1/2022	Fecha	11/1/2022
Hora	17:30:00	Hora	18:10:00

Pst Fase B			
Límite		Muestras mayores al límite	
1		35	
Cumplimiento de la regulación			
Si		No	
96,528		3,472	
Máximo		Mínimo	
22,452		0	
Fecha	14/1/2022	Fecha	11/1/2022
Hora	17:30:00	Hora	18:10:00

Pst Fase C			
Límite		Muestras mayores al límite	
1		36	
Cumplimiento de la regulación			
Si		No	
96,429		3,571	
Máximo		Mínimo	
22,537		0	
Fecha	14/1/2022	Fecha	11/1/2022
Hora	17:30:00	Hora	18:10:00

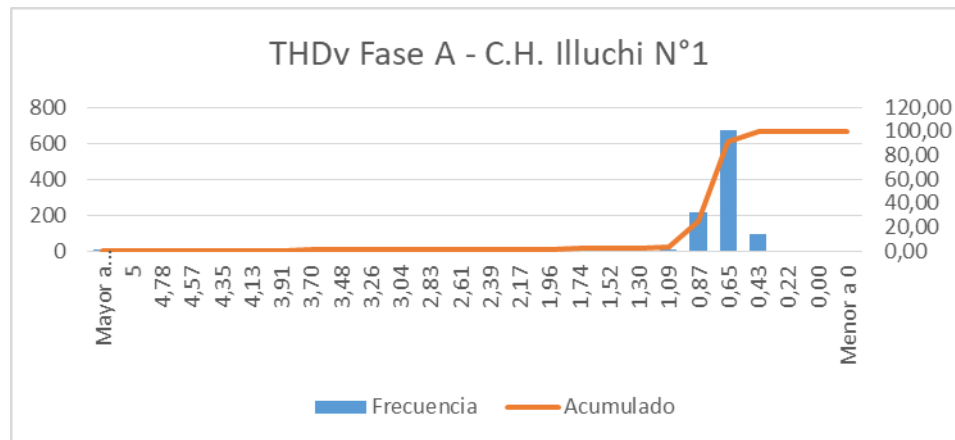


En su punto de medición cuando el 95% o más de los datos registrados en su periodo de evaluación de al menos 7 días continuos, se encuentran dentro del rango admisible, indicado que no supera la unidad



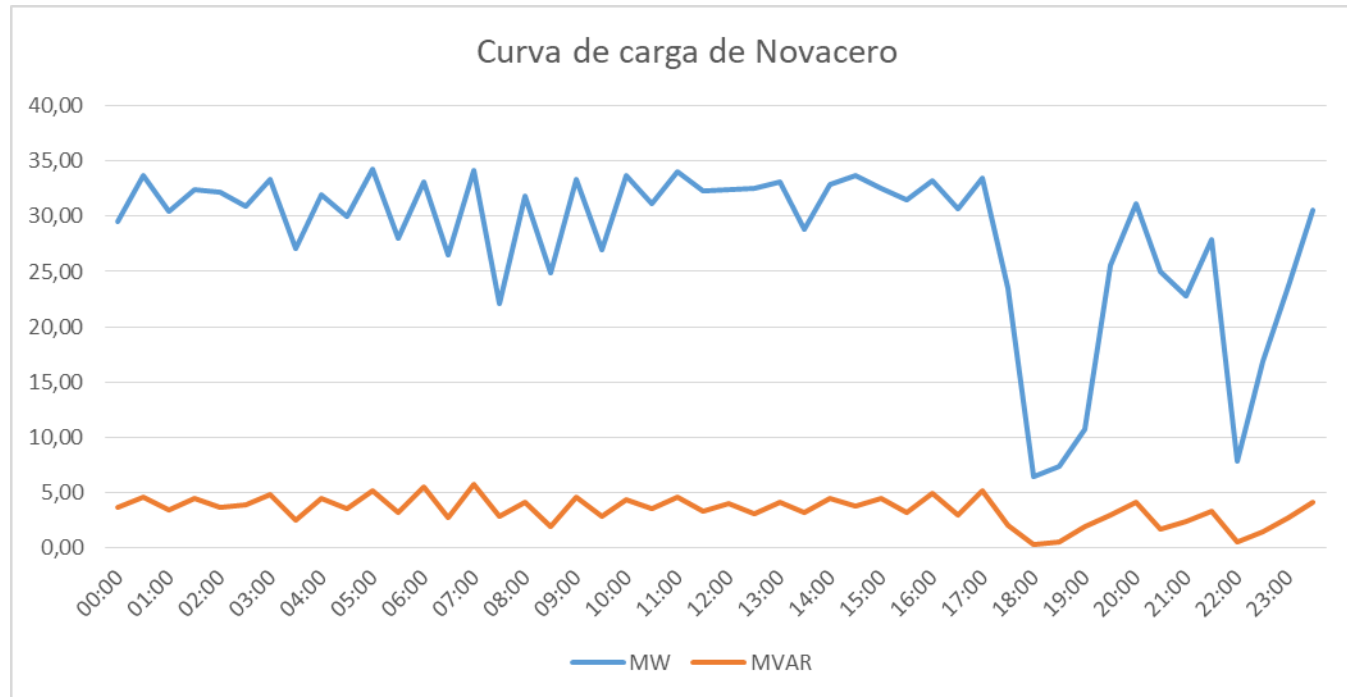
Evaluación de la calidad de producto de la energía eléctrica C.H. Illuchi N°1

THD Fase A				THD Fase B				THD Fase C			
Límites Medidos				Límites Medidos				Límites Medidos			
Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo	
0,37		6,74		0,33		4,38		0,37		3,74	
Fecha	16/1/2022	Fecha	14/1/2022	Fecha	16/1/2022	Fecha	14/1/2022	Fecha	17/1/2022	Fecha	14/1/2022
Hora	2:30:00	Hora	17:30:00	Hora	18:30:00	Hora	17:30:00	Hora	20:40:00	Hora	17:30:00
Número de muestras mayores al límite				Número de muestras mayores al límite				Número de muestras mayores al límite			
3				0				0			
Cumplimiento de la regulación				Cumplimiento de la regulación				Cumplimiento de la regulación			
SI		NO		SI		NO		SI		NO	
Porcentaje				Porcentaje				Porcentaje			
99,702		0,298		100,000		0,000		100,000		0,000	



En su punto de medición cuando el 95% o más de los datos registrados en su periodo de evaluación de al menos 7 días continuos, se encuentran dentro del rango admisible, indicado que no supera la unidad

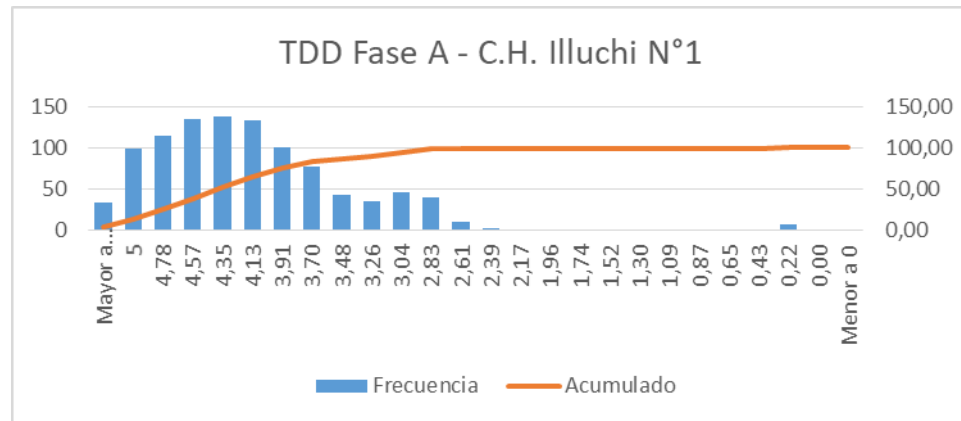
Evaluación de la calidad de producto de la energía eléctrica



La generación que se da de flicker por parte del horno de arco eléctrico se visualiza que en un horario de 18:00 a 23:00 presenta mayor contaminación a la red, siendo esto un contaminante a la central.

Evaluación de la calidad de producto de la energía eléctrica C.H. Illuchi N°1

TDD Fase A				TDD Fase B				TDD Fase C			
Límite				Límite				Límite			
5				5				5			
Límites Medidos				Límites Medidos				Límites Medidos			
Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo	
0,00		7,48		0,00		5,71		0,00		5,79	
Fecha	13/1/2022	Fecha	15/1/2022	Fecha	13/1/2022	Fecha	15/1/2022	Fecha	13/1/2022	Fecha	15/1/2022
Hora	18:20:00	Hora	8:10:00	Hora	18:20:00	Hora	9:40:00	Hora	18:20:00	Hora	8:10:00
Número de muestras mayores al límite				Número de muestras mayores al límite				Número de muestras mayores al límite			
33				16				21			
Cumplimiento de la regulación				Cumplimiento de la regulación				Cumplimiento de la regulación			
SI		NO		SI		NO		SI		NO	
Porcentaje				Porcentaje				Porcentaje			
96,726		3,274		98,413		1,587		97,917		2,083	

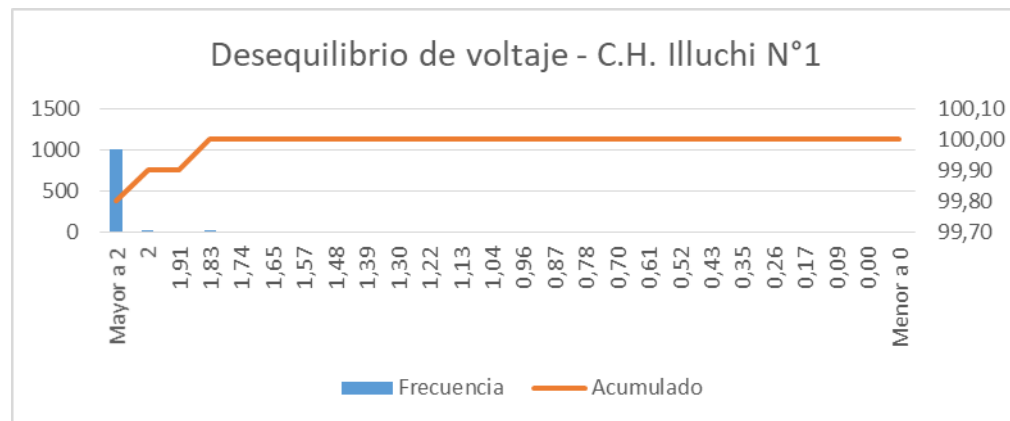


En su punto de medición cuando el 95% o más de los datos registrados en su periodo de evaluación de al menos 7 días continuos, se encuentran dentro del rango admisible, indicado que no supera la unidad

Evaluación de la calidad de producto de la energía eléctrica C.H. Illuchi N°1

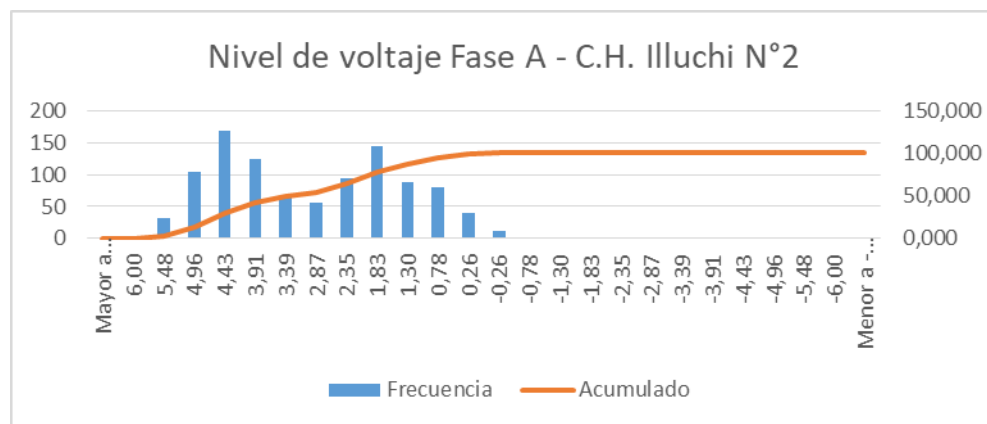
Desequilibrio de Voltaje			
Límites Medidos			
	Mínimo		Máximo
	1,80		3,01
Fecha	13/1/2022	Fecha	15/1/2022
Hora	17:30:00	Hora	13:40:00
Número de muestras mayores al límite			
1006			
Cumplimiento de la regulación			
	SI		NO
Porcentaje			
	0,198		99,802

En su punto de medición el desequilibrio de voltaje será del 2% para todos los niveles de voltaje.



Evaluación de la calidad de producto de la energía eléctrica C.H. Illuchi N°2

Nivel de Voltaje Fase A				Nivel de Voltaje Fase B				Nivel de Voltaje Fase C			
Límites		Límites		Límites		Límites		Límites		Límites	
Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo	
-6		6		-6		6		-6		6	
7489,39		8445,48		7489,39		8445,48		7489,39		8445,48	
Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo	
7906,31		8401,43		7904,67		8351,42		7859,58		8321,91	
Fecha	10/3/2022	Fecha	15/3/2022	Fecha	10/3/2022	Fecha	15/3/2022	Fecha	10/3/2022	Fecha	15/3/2022
Hora	20:40:00	Hora	4:10:00	Hora	20:40:00	Hora	4:10:00	Hora	20:40:00	Hora	4:10:00
Número de muestras menores al límite		Número de muestras mayores al límite		Número de muestras menores al límite		Número de muestras mayores al límite		Número de muestras menores al límite		Número de muestras mayores al límite	
0		0		0		0		0		0	
Cumplimiento de la regulación				Cumplimiento de la regulación				Cumplimiento de la regulación			
SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
100,000	0,000	100,000	0,000	100,000	0,000	100,000	0,000	100,000	0,000	100,000	0,000



En su punto de medición cuando el 95% o más de los datos registrados en su periodo de evaluación de al menos 7 días continuos, se encuentran dentro del rango admisible

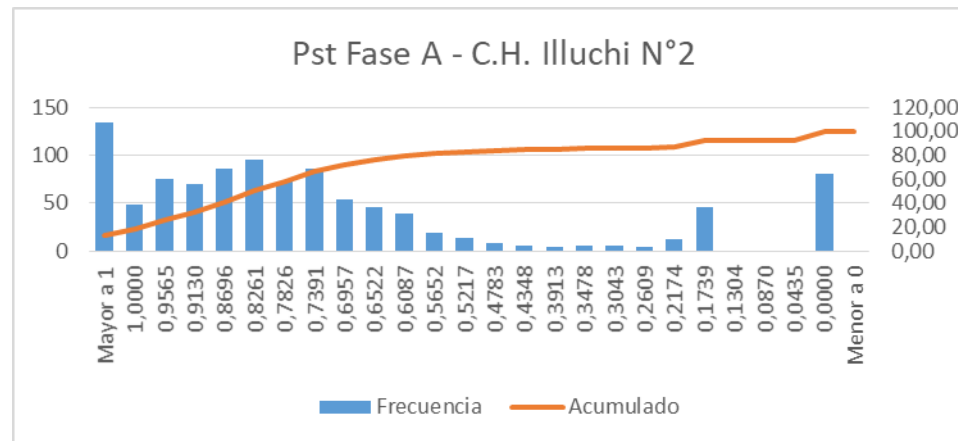


Evaluación de la calidad de producto de la energía eléctrica C.H. Illuchi N°2

Pst Fase A			
Límite	Muestras mayores al límite		
1	134		
Cumplimiento de la regulación			
Si	No		
86,706	13,294		
Máximo	Mínimo		
1,853	0		
Fecha	13/3/2022	Fecha	10/3/2022
Hora	11:50:00	Hora	10:40:00

Pst Fase B			
Límite	Muestras mayores al límite		
1	140		
Cumplimiento de la regulación			
Si	No		
86,111	13,889		
Máximo	Mínimo		
1,742	0		
Fecha	13/3/2022	Fecha	10/3/2022
Hora	11:50:00	Hora	10:40:00

Pst Fase C			
Límite	Muestras mayores al límite		
1	126		
Cumplimiento de la regulación			
Si	No		
87,500	12,500		
Máximo	Mínimo		
1,642	0		
Fecha	13/3/2022	Fecha	10/3/2022
Hora	11:50:00	Hora	10:40:00



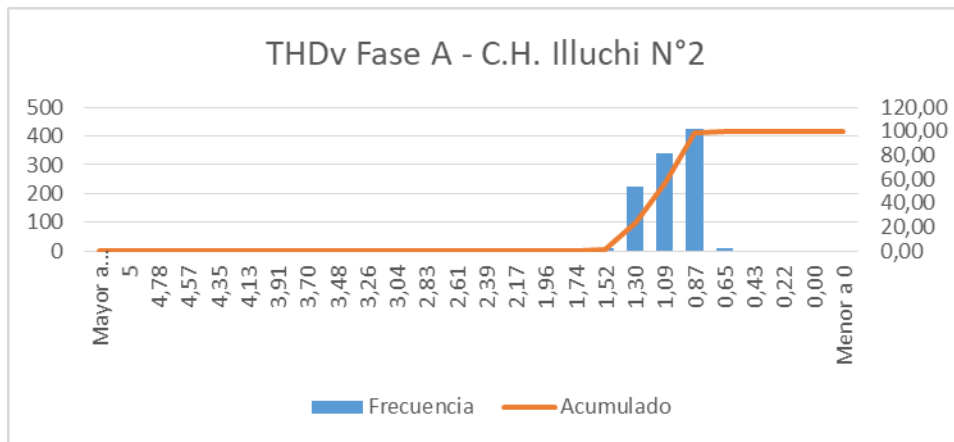
Obteniendo los porcentajes del Pst se presenta que dichos datos tienden a sobrepasar el límite permitido del 5% del total de los datos para el cumplimiento de la regulación No. ARCERNNR - 002/20.

Evaluación de la calidad de producto de la energía eléctrica C.H. Illuchi N°2

THD Fase A			
Límite			
5			
Límites Medidos			
Mínimo		Máximo	
0,59		1,39	
Fecha	17/3/2022	Fecha	13/3/2022
Hora	6:20:00	Hora	7:50:00
Número de muestras mayores al límite			
0			
Cumplimiento de la regulación			
SI		NO	
Porcentaje			
100,000		0,000	

THD Fase B			
Límite			
5			
Límites Medidos			
Mínimo		Máximo	
0,64		1,51	
Fecha	17/3/2022	Fecha	13/3/2022
Hora	6:20:00	Hora	8:00:00
Número de muestras mayores al límite			
0			
Cumplimiento de la regulación			
SI		NO	
Porcentaje			
100,000		0,000	

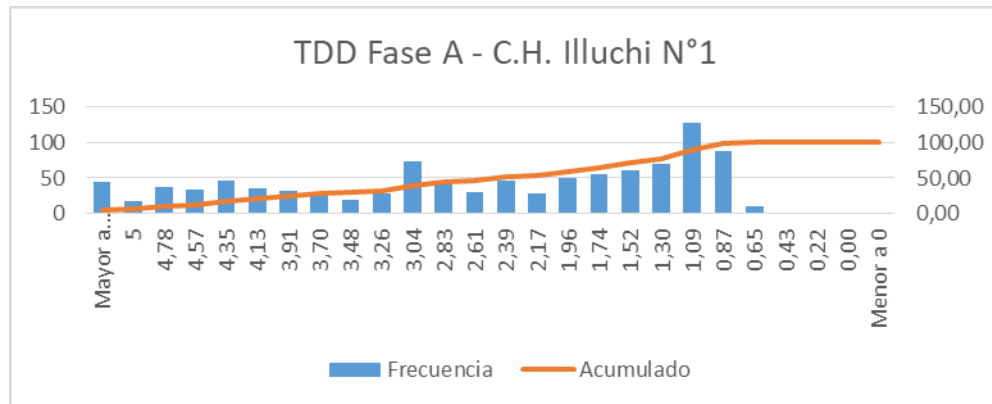
THD Fase C			
Límite			
5			
Límites Medidos			
Mínimo		Máximo	
0,57		1,38	
Fecha	17/3/2022	Fecha	13/3/2022
Hora	6:10:00	Hora	8:10:00
Número de muestras mayores al límite			
0			
Cumplimiento de la regulación			
SI		NO	
Porcentaje			
100,000		0,000	



En su punto de medición cuando el 95% o más de los datos registrados en su periodo de evaluación de al menos 7 días continuos, se encuentran dentro del rango admisible, indicado que no supera la unidad

Evaluación de la calidad de producto de la energía eléctrica C.H. Illuchi N°2

TDD Fase A				TDD Fase B				TDD Fase C			
Límite				Límite				Límite			
5				5				5			
Límites Medidos		Límites Medidos		Límites Medidos		Límites Medidos		Límites Medidos		Límites Medidos	
Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
0,55	12,20	0,80	13,90	0,80	14,20	0,80	14,20	0,80	14,20	0,80	14,20
Fecha	14/3/2022	Fecha	10/3/2022	Fecha	14/3/2022	Fecha	10/3/2022	Fecha	14/3/2022	Fecha	10/3/2022
Hora	12:20:00	Hora	19:30:00	Hora	12:30:00	Hora	20:00:00	Hora	12:30:00	Hora	20:00:00
Número de muestras mayores al límite				Número de muestras mayores al límite				Número de muestras mayores al límite			
45				50				50			
Cumplimiento de la regulación		Cumplimiento de la regulación		Cumplimiento de la regulación		Cumplimiento de la regulación		Cumplimiento de la regulación		Cumplimiento de la regulación	
SI		NO		SI		NO		SI		NO	
Porcentaje		Porcentaje		Porcentaje		Porcentaje		Porcentaje		Porcentaje	
95,536		4,464		95,040		4,960		95,040		4,960	

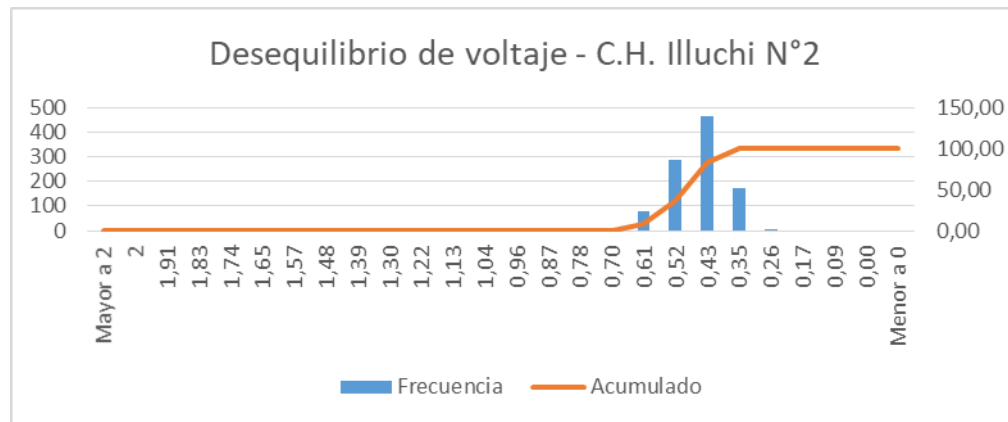


En su punto de medición cuando el 95% o más de los datos registrados en su periodo de evaluación de al menos 7 días continuos, se encuentran dentro del rango admisible, indicado que no supera la unidad

Evaluación de la calidad de producto de la energía eléctrica C.H. Illuchi N°2

Desequilibrio de Voltaje			
Límites Medidos			
	Mínimo		Máximo
	0,24		0,61
Fecha	10/3/2022	Fecha	14/3/2022
Hora	13:20:00	Hora	5:30:00
Número de muestras mayores al límite			
0			
Cumplimiento de la regulación			
SI		NO	
Porcentaje			
100,000		0,000	

En su punto de medición cuando el 95% o más de los datos registrados en su periodo de evaluación de al menos 7 días continuos, se encuentran dentro del rango admisible, indicado que no supera la unidad



Evaluación de la calidad de servicio de la energía eléctrica C.H. Illuchi N°1

DETALLE DE LA FALLA	TIPO DE FALLA	FECHA	POTENCIA KVA	TIEMPO HORAS	FMIK	TTIK
Falla externa generación asociada a fallas de línea, reporte externo. (En la línea Mulaló)	EXTERNA	7/3/2020	3222,22	2,87	0,61	1,76
Falla externa a la central falla de línea, reporte externo (sector El Calvario)	EXTERNA	7/4/2020	3888,89	1,42	0,74	1,05
Falla externa a la central, cargada a la línea (Actuación de protecciones)	EXTERNA	3/7/2020	3888,89	0,87	0,74	0,64
Falla externa a la central, falla de línea (Descarga Atmosférica- sector Pusuchusi)	EXTERNA	19/8/2020	3444,44	0,75	0,66	0,49
Falla externa generación - asociada a fallas de línea reporte externo (Sector San Martín)	EXTERNA	21/8/2020	3333,33	3,23	0,64	0,48
Falla externa a la central, asociada a falla de línea (sector Pusuchusi)	EXTERNA	23/8/2020	3333,33	0,75	0,64	0,48
Falla externa a la central, cargada a la línea (Falla en las líneas del alimentador 3 de la de la S/E La Cocha)	EXTERNA	24/9/2020	4111,11	0,68	0,78	0,54
Falla externa generación - asociada a fallas de línea reporte externo (Sector Loco Pata)	EXTERNA	28/10/2020	3333,33	0,62	0,64	0,39
Falla externa a la central asociada a falla de línea sector (S/E San Rafael)	EXTERNA	18/3/2021	3222,22	0,80	0,61	0,49
TOTAL			31777,78	12,08	6,06	7,96

En el período de control en la central hidroeléctrica Illuchi N°1 tiene un total de nueve fallas que representan un tiempo de para de 12 horas y 5 minutos, con valores en los indicadores del FMIK de 6,06 y para el TTIK de 7,96.



Evaluación de la calidad de servicio de la energía eléctrica C.H. Iluchi N°2

DETALLE DE LA FALLA	TIPO DE FALLA	FECHA	POTENCIA	TIEMPO	FMIK	TTIK
			KVA	HORAS		
Falla externa generación asociada a fallas de línea, reporte externo. (En la línea Mulaló)	EXTERNA	7/3/2020	3333,33	3,33	0,51	1,71
Falla externa a la central, asociada a fallas de línea, reporte externo. (Sector Alcoceres)	EXTERNA	8/3/2020	3000,00	0,70	0,46	0,32
Falla externa a la central, asociada a falla de línea, reporte externo (sector Saragosín)	EXTERNA	7/4/2020	4666,67	0,92	0,72	0,66
Falla externa a la central, cargada a la línea de protecciones (Actuación de protecciones)	EXTERNA	3/7/2020	4777,78	0,88	0,74	0,65
Falla externa a la central, falla de línea (Descarga Atmosférica- sector Loco Alto)	EXTERNA	19/8/2020	3444,44	0,75	0,53	0,40
Falla externa generación asociada a fallas de línea, reporte externo. (En la línea Mulaló)	EXTERNA	22/8/2020	2222,22	0,95	0,34	0,32
Falla externa generación - asociada a fallas de línea reporte externo (Falla en la S/E La Cocha)	EXTERNA	22/8/2020	2222,22	0,88	0,34	0,30
Falla externa generación - asociada a fallas de línea reporte externo (Falla en la S/E El Calvario)	EXTERNA	22/8/2020	2222,22	0,53	0,34	0,18
Falla externa a la central, asociadas a fallas de línea (Falla en la S/E La Cocha y la S/E El Calvario)	EXTERNA	23/8/2020	3333,33	0,75	0,51	0,38
Falla externa a la central, cargada a la línea (Falla en las líneas del alimentador 3 de la de la S/E La Cocha)	EXTERNA	24/9/2020	4888,89	0,75	0,75	0,56
Falla externa generación - asociada a fallas de línea reporte externo (Sector Santa Marianita)	EXTERNA	28/10/2020	2222,22	0,78	0,34	0,27
Falla externa a la central, cargada a la línea (Actuación de protecciones)	EXTERNA	15/12/2020	2333,33	0,63	0,36	0,23

En la central hidroeléctrica Iluchi N°2 se tiene un total de doce fallas que representan un tiempo de para de 11 horas y 52 minutos durante el período de control, con valores en los indicadores del FMIK de 5,95 y para el TTIK de 5,99 .

Propuesta

La siguiente propuesta es el diseño de un filtro el que va ayudar para mitigar la presencia de armónicos y flicker

Cálculo de corriente de corto circuito

$$I_{CC} = \frac{1}{X_{pu}} = \frac{1}{0,0843} 11,86 A$$

Corriente armónica a filtrar

$$I_{AF} = SF_h * I_{carga} * THDI\%$$

$$THDV = 3\% \rightarrow SF_h = 1,2$$

Corriente de carga de cada una de las fases

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L} = \frac{6500 KA}{\sqrt{3} * 13,8 KV} = 271,94 A$$

Si el THDV = 3% el factor de seguridad a aplicar es de 1,2.
Si el THDV = 5% el factor de seguridad a aplicar es de 1,5.
Si el THDV > 5% el factor de seguridad a aplicar es de 1,8 a 2,0.

El factor de sobrecarga del filtro (SF_h) seleccionado es de 1,2 ya que los valores registrados del THDV por el analizador de energía para la fase A es de 1,39%, para la fase B es de 1,51% y para la fase C es de 1,38%.

Propuesta

Corriente por unidad

$$I_{LpuFAN} = \frac{I_{faseAN}}{I_{Lsistema}} = \frac{179 A}{271,94 A} = 0,658$$

$$\alpha = THDI\% = \frac{I_{CC}}{I_{puFAN}} = \frac{11,86 A}{0,658} = 18,024 A$$

$$I_{AF} = SF_h * I_{carga} * THDI\%$$

$$I_{AF} = 1,2 * 180,3 * 18,02\%$$

$$I_{AF} = 38,98 A$$

Este cálculo se realiza por cada una de las fases. Se obtiene de la corriente de filtrado se observa que los valores con mayor corriente son de la fase A con 38,98 A, por lo tanto el filtro deberá considerarse para corrientes máximas de 40 A.

Datos obtenidos de corriente

$$I_{AF} \quad 38,98 A$$

$$I_{BF} \quad 38,87 A$$

$$I_{CF} \quad 38,70 A$$

Propuesta

Descripción	Fabricante			
	ABB	SCHEIDER-ELETRIC	CIRCUITOR	LIFASA
Modelo	PQFS	AccuSine PFV+	AFQm	SINAF M
Voltaje de operación	208-240 V 380-415 V	208-415 V	230 – 400 V	230 – 400 V
Corrientes de filtrado	30 - 45 - 60 -70 - 80 - 90 - 100 A	20 – 30 – 50 - 60A	30 - 60 – 100 A	30 - 60 - 90 - 100A
Orden de armónicos	2 - 50	2 - 50	2 - 50	2 - 50
Corrección de factor de potencia	0,6 inductivo 0,6 capacitivo	-	0,7 inductivo 0,7 deductivo	0,7 inductivo 0,7 deductivo
Filtrado de armónicos	Hasta el orden 15 consecutivo	Hasta el orden 25 consecutivo	Hasta el orden 25 consecutivo	Hasta el orden 25 consecutivo
THDV máximo	-	Hasta el 20%	Hasta el 25%	Hasta el 25%
Tiempo de respuesta	0,5 ms	0,8 ms	0,1 ms	0,1 ms
Numero de filtros en paralelo	Hasta 4	-	Hasta 100	Hasta 100
Dimensiones (Alto x Ancho x Profundidad)	70,0 x 58,5 x 31,0 cm	96,0 x 44,0 x 26,5 cm	53,0 x 43,0 x 17,8 cm	50,0 x 30,0 x 17,8 cm
IP protección	IP 30	IP 00	IP 20	IP 20
Altura (msnm)	-	4800	3000	3000

Sugerencia de características de cuatro fabricantes par la selección del filtro.



Propuesta

MANTENIMIENTO TRANSFORMADORES DE POTENCIA			
DETALLE DE ACTIVIDADES QUE SE REQUIEREN EJECUTAR EN LOS MANTENIMIENTOS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA			
TIPO DE MANTENIMIENTO	TRAFO. 14	TRAFO. 15	TRAFO. 16
Termografía del sistema y conexiones al transformador antes y después del mantenimiento.			
Verificación y reajuste total conexiones aéreas del y hacia el transformador.			
Revisión y reajuste total de señales de control e instrumentación del transformador.			
Reajuste, cambio de empaques, corrección de fugas de aceite y completado de niveles. (bushing y reajuste de bridas y tuberías).			
Limpieza general del transformador y sus elementos lubricación de elementos.			
Corrección de puntos de óxido y fallas de pintura del transformador.			
Pruebas funcionales de protecciones mecánicas			
Suministro de conectores, conductores para reposición, en caso de que sean necesarias reemplazar.			
Arreglo y peinado de los conductores cables eléctricos desde y hacia el transformador de baja y media tensión aislados.			
Verificación de conexión del transformador y medida de la resistencia de puesta a tierra.			
PRUEBAS, ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DIAGNÓSTICO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA			
Factor de potencia del transformador.			
Factor de potencia a bushings.			
Factor de potencia y pérdidas a pararrayos.			
Relación de transformación (TTR).			
Resistencia estática de devanados.			
Resistencia de aislamiento.			

Se sugiere realizar actividades y mantenimientos que pueden ser de tipo preventivo, correctivo o predictivo, los mismos que facilitará a determinar a detalle que problemas se están presentando en dichos equipos, ayudará a establecer las posibles soluciones para evitar interrupciones a corto, mediano plazo y pérdidas económicas.

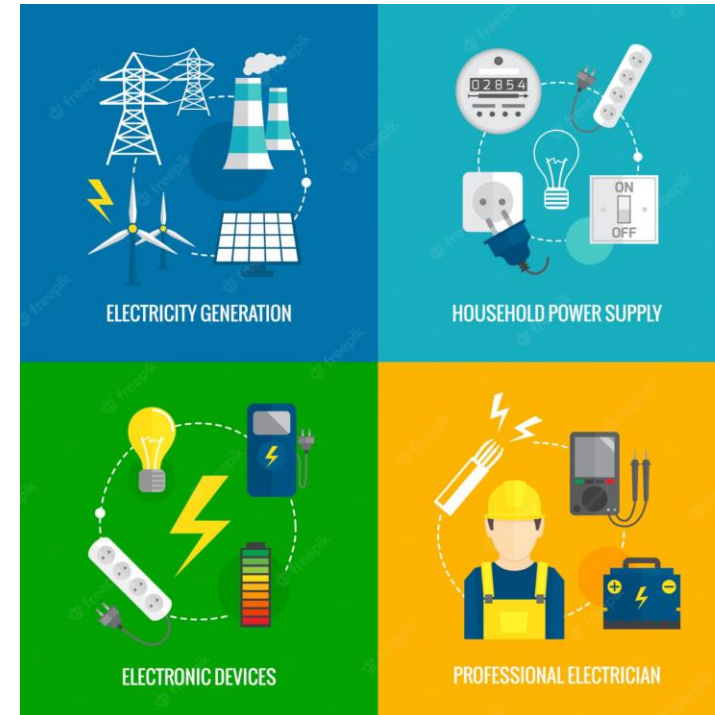
ANÁLISIS FISICO QUIMICO Y CROMATOGRAFÍA DE GASES DISUELTOS EN ACEITE DIELÉCTRICO DE TRANSFORMADORES			
Prueba de contenido de PCB's.			
Rigidez dieléctrica (Norma ASTM D-877-02).			
Contenido de humedad (Norma ASTM D-1533).			
Tensión interfacial (Norma ASTM D-971).			
Ácidez (Norma ASTM D-974).			
Color (Norma ASTM D-1500).			
Gravedad específica (Norma ASTM D-1298).			
Análisis Cromatográfica de Gases Disueltos DGA (Norma ASTM D-3612-02).			
Informe de diagnóstico de transformadores			
TRABAJOS ESPECIALES			
Proceso de termo filtrado de aceite, extracción de humedad del aceite por recirculación lenta, análisis DGA antes y después de intervención.			
Regeneración de aceite, análisis físico - químico y DGA antes y después de intervención.			



Propuesta

Como una propuesta dentro del estudio de confiabilidad sería necesario implementar una plantilla que contenga un registro cronológico y a detalle de los eventos que conlleven cada una de las fallas tanto internas como externas, para que sirva como una herramienta para la toma de decisiones. Dicha plantilla debe llevar información correspondiente a:

- Topología de la red, tipo de falla
- Detalle de la falla, duración del evento
- Ubicación
- Causa de la interrupción
- Tiempo de salida
- Tiempo de ingreso
- Personal encargado
- Tiempo de reparación
- Tiempo de maniobras



CONCLUSIONES

- En el escenario de estudio se presentó la curva de análisis de los últimos diez años con su respectiva generación que ayudó a visualizar los meses aptos que son de (enero a marzo), el estudio tiene su respectiva medición y evaluación de la calidad de producto con el registrador de energía (Fluke 1744) en las dos centrales hidroeléctricas, Illuchi N°1 e Illuchi N°2.
- Dando cumplimiento a la medición y monitoreo de los parámetros eléctricos relacionados a la calidad de la energía, en la calidad de producto se evidenció que el (Nivel de voltaje y desequilibrio de voltaje) en la central hidroeléctrica Illuchi N°1, y el (Pst) en la central hidroeléctrica Illuchi N°2, cada uno de estos índices son los que presentan incumplimiento con la regulación ARCERNNR 002/20; En los indicadores del FMIK y TTIK que corresponde a la calidad de servicio analizados en las centrales, la C.H. Illuchi N°1 dichos indicadores superan los valores de los límites permitidos (6 y 8 respectivamente).
- Con el desarrollo y utilización de un aplicativo en Macros se evidenció un mejor manejo de la información y facilidad del análisis y procesamiento de la base de datos permitiendo establecer un diagnóstico con mayor rapidez hacia el cumplimiento de índices e indicadores como lo señala la regulación ARCERNNR 002/20.

CONCLUSIONES

- En el estudio se concluye que la ayuda de filtros activos hoy en día son una de las alternativas más eficaz para mitigar los flicker y armónicos ya que su forma de actuar es dinámica mientras que filtros pasivos en ciertas condiciones producen cierta resonancia en frecuencias específicas esto generando que el flicker aumente y no tenga control del mismo, siendo así que estos no son recomendados para mitigar este problema.
- Dentro del análisis del estudio en la calidad de servicio se concluye que es complejo emitir comentarios con exactitud del estado actual de la central hidroeléctrica N° 1 de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A con respecto a los indicadores FMIK y TTIK, con los resultados obtenidos luego de la tabulación de los valores se llega a la conjetura que las posibles causas que pueden verse afectadas ante una interrupción o el poder despejar el evento en el menor tiempo posible, o registro adecuado de los tiempos de interrupciones e ingreso de los grupos. Una posible solución a dichas conjeturas es revisar la información obtenida de la calidad de servicio para lograr una mitigación del problema y así conseguir que los índices se encuentren por debajo de los límites permitidos por parte de la regulación ARCERNR 002/20.

RECOMENDACIONES

- Se debe tener presente las actualizaciones que se van realizando en las regulaciones referentes a energía eléctrica establecidas por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR).
- Se recomienda que el análisis de calidad de energía se realice con barra aislada o en isla, además como sugerencia se debe intervenir con mantenimiento en las máquinas rotativas generadores es decir una evaluación de excitación en el rotor, campos magnéticos, valores de corriente, campo eléctrico en rotor, estator y otros.
- En el análisis de la base de datos obtenida mediante el registrador de energía se recomienda que las variables a ser estudiadas presente el orden y número indicado de datos cronológicos de medición dados por la regulación ARCERNNR 002/20.
- Una de las opciones que se presentó para mitigar las perturbaciones rápidas de voltaje se determinó la opción más favorable que es la utilización de un filtro activo, siendo este que permite reducir el Flicker y los microcortes de tensión, reducir los armónicos de corriente.

Normas

Norma CENELEC EN50160

EN 50160 es una norma europea que trata los requisitos de calidad de energía eléctrica para los servicios públicos europeos. La norma define niveles específicos de voltaje que deben cumplir las empresas de servicios públicos y los métodos para evaluar el cumplimiento.

IEC 61000-4-30 Clase-A

Proporcionan los estándares IEC para monitorear los fenómenos de la calidad de la energía, los estándares individuales de esta serie cubren requisitos específicos para cada tipo de variación de la calidad de la energía. Por ejemplo, IEC 61000-4-7 proporciona las especificaciones para monitorear los niveles de distorsión armónica. IEC 61000-4-15 proporciona las especificaciones para monitorear el parpadeo (flicker).

IEEE Standard 519-2014

La filosofía detrás de esta norma busca limitar la inyección armónica de clientes individuales para que no creen una distorsión de voltaje inaceptable bajo las características normales del sistema y para limitar la distorsión armónica general en el voltaje suministrado por la red.

GRACIAS

