

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Optimización de la confiabilidad del sistema eléctrico
que alimenta a los equipos críticos de la Central de
Chimay de la región Junín mediante la instalación
de un banco de baterías con sistema de
monitorización remoto MCU2500**

Claver Tapia Campos

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme salud durante el periodo de mis estudios y porque lo siga haciendo por mucho tiempo más.

Agradezco a mis padres Victoria Campos y Ermenejildo Tapia, por brindarme los valores básicos y su inteligencia para encaminarme adecuadamente para desarrollarme como persona y como profesional dentro de mi centro de trabajo Enel Generación del Perú S.A.A.

Agradezco a Dios por darme una esposa, Lila Quispe, quien me entiende y apoya incondicionalmente junto a mis pequeños hijos Caleb y Cesia Tapia.

Agradezco a mis hermanos y hermanas: José, Vanesa, Virgilio, Aníbal, Donicia, Agustín, Alvino, Sandra quienes me apoyaron en diferentes formas.

Agradezco grandemente a todos los ingenieros que llegaron a enseñarme y guiarme en mi carrera profesional.

Agradezco a mi asesora Rosario Márquez, así mismo a los jurados quienes son muy buenos profesionales en lo personal y en lo ético, Pedro Gurmendi, David Checa y Joel Contreras.

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo y por sus enseñanzas.

A mi esposa, por su apoyo incondicional.

A mis hijos, por el gran cariño que me tienen.

A mis hermanos y hermanas, por su fortaleza.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema	13
1.1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.1.2. Formulación del problema.....	14
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Objetivo general	15
1.2.2. Objetivos específicos	15
1.3. Justificación e importancia	15
1.3.1. Justificación tecnológica.....	16
1.3.2. Justificación económica	17
1.3.3. Justificación social.....	17
1.4. Hipótesis	17
1.4.1. Hipótesis general.....	17
1.4.2. Hipótesis específicas.....	17
1.4.3. Descripción de variables	18
1.4.4. Operacionalización de las variables	18
CAPÍTULO II	19
2.1. Antecedentes del problema.....	19
2.1.1. Nacional	19
2.1.2. Internacional.....	20
2.2. Bases teóricas.....	22
2.2.1. Banco de baterías	22
2.2.2. Confiabilidad del sistema eléctrico.	30
2.2.3. Sistema eléctrico	32
2.2.4. Sistema monitorizado remoto.....	35
2.2.5. Interrupciones del sistema eléctrico	37
CAPÍTULO III	38
3.1. Método de la investigación	38
3.1.1 Métodos aplicados.....	38
3.1.2. Tipo de investigación.....	39
3.1.3. Nivel de la investigación	39
3.2. Diseño de la investigación.....	40

3.4.1. Técnicas de investigación	41
3.4.2. Instrumentos de investigación	41
3.5. Pruebas y mediciones	47
3.5.1. Descripción del procedimiento de pruebas de densidad y tensión.....	47
3.5.2. Medición de la impedancia del banco de baterías.....	49
3.6. Configuración del equipo.....	49
3.6.1. Medición de impedancia de la celda:	50
3.6.3. Almacenamiento de datos y desactivación del equipo	52
CAPÍTULO IV	55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1.Resultados del tratamiento y análisis de la información	55
4.1.1. Análisis de la información.....	55
4.1.2. Resultados del tratamiento.....	62
4.2. Prueba de hipótesis.....	88
4.2.1 hipótesis general	88
4.2.2 hipótesis específica 1	89
4.2.3 hipótesis específica 2	89
4.2.4 hipótesis específica 3	89
4.3. Discusión de resultados	90
4.3.1. Evaluación de confiabilidad del sistema eléctrico.....	90
4.3.2. Tiempo de descarga del banco de baterías nuevo.....	91
4.3.3. Evaluación de optimización del tiempo.....	92
4.3.4. Evaluación económica.....	92
CONCLUSIONES.....	94
RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Números de interrupciones en años.....	31
Tabla 2 tolerancia de indicadores de performance.....	34
Tabla 3 Tiempos de transferencias en sistema ininterrumpido.	35
Tabla 4 Números de interrupciones en años.....	37
Tabla 5 Calculo de descarga del banco de baterías nuevo y descarga real. ...	44
Tabla 6 Pruebas de tensión de flotación y densidad del banco de baterías.....	48
Tabla 7 Pruebas de Medición de Impedancia del banco de baterías 125 Vdc. 53	
Tabla 8 Capacidad del banco de baterías antiguo	57
Tabla 9 Datos históricos de descarga del banco de batería antiguo	57
Tabla 10 Confiabilidad capacidad de tensión del banco de baterías antiguo en (ah).....	57
Tabla 11 Potencia activa (MW) del año 2012 – Central de Chimay	59
Tabla 12 Potencia activa promedio y horas de producción - 2015.....	59
Tabla 13 Potencia activa (MW) producida de 00:00 a 12:00 horas, 2015 - Central de Chimay.....	60
Tabla 14 Potencia producida de 13:00 a 0:00 horas 2015 - Central de Chimay	60
Tabla 15 Energía y producción – 2015.....	61
Tabla 16 Costo de energía y costo promedio - 2018.....	61
Tabla 17 Calculo del banco de baterías nuevas.....	63
Tabla 18 Resultados de comparación del antiguo banco de batería y nuevo banco de Baterías	64
Tabla 19 Confiabilidad capacidad y tensión del banco de baterías nuevo en (ah).....	65
Tabla 20 Tiempo de respuesta antiguo	67
Tabla 21 Tiempo de respuesta nuevo	67
Tabla 22 Costo de energía promedio durante 12 meses.	68
Tabla 23 Costo de energía promedio durante 12 meses.	68
Tabla 24 de costos perdidos durante el cambio de los equipos críticos de la Central Chimay.....	70
Tabla 25 Del VAN y TIR considerando 4 días de pérdida de generación.....	70
Tabla 26 Inversión y pérdida de generación durante 10 días de generación. ..	71

Tabla 27 Especificaciones técnicas del nuevo banco de baterías y el costo....	71
Tabla 28 Datos para el estudio.....	77
Tabla 29 Valores de tensión mínimo, promedio y máximo de 4 días	77
Tabla 30 Datos de corriente mínimos, promedio y máximo de 4 días consecutivos.....	78
Tabla 31 Datos de frecuencia mínimo, promedio y máximo de 4 días consecutivos.....	78
Tabla 32 Desviación de tensión máxima y mínima	79
Tabla 33 Datos de factor de cresta de tensión de las fases (U, V y W)	80
Tabla 34 Factor de cresta de corriente de las fases (U, V, y W)	81
Tabla 35 Datos de energía y potencia activa combinada	82
Tabla 36 Potencia reactiva combinada valores negativos.....	83
Tabla 37 Potencia aparente y factor de potencia combinado.....	83
Tabla 38 Potencia activa fundamental	84
Tabla 39 Potencia reactiva fundamental	85
Tabla 40 Potencia aparente mínimo, promedio, máximo y desbalance de potencia.....	86
Tabla 41 Factor de potencia y porcentaje de desbalance de carga mínimo, promedio y máximo	87
Tabla 42 Inversión y pérdida de generación durante 10 días de generación. ..	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zona de prueba eléctrica (calidad de energía)	14
Figura 2: Esquema eléctrico equivalente de la celda de batería.	29
Figura 3: Sistema de control y monitoreo a tiempo real	36
Figura 4: Nuevo banco de baterías 125 Vdc con capacidad de 560 AH	36
Figura 5: Rack o bastidor para fijar el banco de baterías	42
Figura 6: Unifilar de la Central Hidroeléctrica Chimay	43
Figura 7 Características del nuevo banco de baterías	44
Figura 8: Esquema eléctrico del cambio del banco de baterías de 125 Vdc	45
Figura 9: Banco de baterías antiguo	46
Figura 10: Nuevo banco de baterías 125 Vdc con capacidad de 560 AH	47
Figura 11: Esquema eléctrico de medición de la Corriente de Rizo	49
Figura 12: Esquema eléctrico del proceso de medición de la Corriente Total ..	50
Figura 13: Esquema eléctrico de medición de la Impedancia de la Celda	51
Figura 14: Esquema eléctrico de medición de la Resistencia del Puente	52
Figura 15: Impedancia de cada celda del banco de baterías	54
Figura 16: Cambios en impedancia como resultado de la capacidad de la batería	54
Figura 17: Sistema de control y monitoreo a tiempo real	58
Figura 18: Conexión del nuevo banco de baterías 125 Vdc con capacidad de 560 AH.	72
Figura 19: Diagrama de desfasaje de tensión respecto a la corriente.....	72
Figura 20: Datos de corriente en el controlador MCU 2500	73
Figura 21: Potencia activa, reactiva, aparente y factor de potencia	73
Figura 22: Gráfica sinusoidal de tensiones de las Fases (U, V y W).....	74
Figura 23: Potencia activa, reactiva aparente en el IHM del controlador MCU 2500	75
Figura 24: Factor de potencia, frecuencia y números de horas de funcionamiento	75
Figura 25: Alarmas durante las pruebas eléctricas	76
Figura 26 Eventos de caídas de tensión durante los 4 días de pruebas eléctricas	76
Figura 27: Gráfica de números de datos eléctricos para el estudio.....	77

Figura 28: En la gráfica se observan valores de tensión, corriente y frecuencia	78
Figura 29: Gráfica de desviación de tensión máxima y mínima	79
Figura 30: Gráfica de factor de cresta de corriente de las Fases (U, V y W)....	81
Figura 31: Energía, potencia activa mínima, promedio, máxima.....	82
Figura 32: Potencia reactiva combinada negativa.....	83
Figura 33: Gráfica de potencia aparente y factor de potencia	84
Figura 34: Gráfica de potencia activa fundamental	85
Figura 35: Gráfica de potencia reactiva fundamental	85
Figura 36: Gráfica de potencia activa por fase y desbalance de potencia	86
Figura 37: Factor de potencia y porcentaje de desbalance según la carga.....	87

RESUMEN

La presente tesis está referida a la optimización de la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la Región Junín mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MCU2500.

El problema que se suscita es el bajo nivel de confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta los equipos críticos de la Central de Chimay y se basa en la falta de un sistema de control remoto MCU2500 que mejore la autonomía del banco de baterías, el cual, actualmente, no brinda continuidad de servicio de acuerdo a las exigencias que el código de electricidad indica y de acuerdo a las normas técnicas de calidad de energía.

Considerando que en el sistema eléctrico mencionado se ha incrementado el número de equipos críticos desde hace seis años, el banco de baterías ha sufrido una disminución en el nivel de autonomía, lo cual se observa en la información en línea obtenida mediante el sistema SCADA.

El objetivo principal del presente estudio de investigación es la optimización de la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay, lo cual se podrá lograr mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MCU2500. Este sistema logrará que la autonomía del banco de baterías se incremente y por ende los resultados de respuesta sean inmediatos, disminuyendo el número de interrupciones y al mismo tiempo logre contribuir con elevar el nivel de confiabilidad proyectado.

Los estándares de calidad de energía exigen a las empresas eléctricas, garantizar el buen servicio eléctrico, para lo cual, son imprescindibles aplicar diversas estrategias, a fin de lograr optimizar la confiabilidad del sistema eléctrico.

Palabras clave: confiabilidad del sistema eléctrico, banco de baterías.

ABSTRACT

This thesis concerns the optimization of the reliability of the electrical system that powers the critical equipment of the Chimay plant of the Junín Region by installing a battery bank with remote monitoring system MCU2500.

The problem is the low level of reliability of the electrical system that powers the critical equipment of the Chimay Central and is based on the lack of an MCU2500 remote control system that improves the autonomy of the Battery Bank, which, currently, does not provide continuity of service according to the requirements indicated by the electricity code and in accordance with the technical standards of energy quality.

Considering that the number of critical equipment has increased in the above-mentioned electrical system for six years, the battery bank has suffered a decrease in the level of autonomy, which is observed in the online information obtained through the system Scada.

The main objective of this research study is the optimization of the reliability of the electrical system that powers the critical equipment of the Chimay Central, which can be achieved by the installation of a battery bank with a system of MCU2500 remote monitoring. This system will increase the battery bank's autonomy and thus the response results are immediate.

Energy quality standards require power companies to ensure good electrical service, for which various strategies are essential to optimize the reliability of the electrical system.

Keywords: power system reliability, battery bank.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el tema de la confiabilidad de sistemas eléctricos es de suma importancia, por lo tanto, el presente trabajo de investigación está referido a la optimización de la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remoto MCU2500.

El contenido de la presente tesis se encuentra enmarcada en cuatro capítulos. El Capítulo I describe el problema que se suscita, el bajo nivel de confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta los equipos críticos de la Central de Chimay basado en la falta de autonomía del banco de baterías con un sistema de control remoto MCU2500 que mejore la autonomía del banco de baterías, el cual, actualmente, no brinda continuidad de servicio según las exigencias que el código de electricidad indica y de acuerdo a las normas técnicas de calidad de energía. El Capítulo II está referido a los antecedentes nacionales e internacionales y a las bases teóricas relacionadas con el tema de investigación. El capítulo III explica la metodología aplicada al proceso de investigación. El Capítulo IV detalla de manera específica los resultados y discusión de la investigación; dando lugar a las conclusiones y recomendaciones.

El cumplimiento de las normas de calidad de energía exige brindar elevados niveles de confiabilidad de los sistemas eléctricos, motivo por el cual la importancia del presente trabajo de investigación se sustenta de manera sólida, considerando que contribuye con la optimización de un sistema eléctrico que a su vez posee una gran influencia sobre el desarrollo tecnológico, económico y social de la región Junín.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El nivel de confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín se encuentra en un nivel bajo y requiere optimizar en función a las exigencias de las normas técnicas, sustentado por el número de interrupciones.

El diagnóstico actual del sistema eléctrico, motivo del desarrollo de la presente tesis, está relacionado con el diseño del banco de baterías actual, de 125 Vdc, con capacidad de 450 AH, que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay, el cual, no contribuye con el nivel de confiabilidad requerido, ya que no opera el tiempo de 10 horas mínimas y pone en riesgo la continuidad de servicio eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín.

A causa del incremento de carga realizado desde el año 2011, el banco de baterías ha influido en la disminución del nivel de confiabilidad del sistema

eléctrico y no responde en el tiempo apropiado durante la interrupción del sistema eléctrico.

1.1.2. Formulación del problema

Problema general

¿De qué manera se puede optimizar la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín?

Problemas específicos

¿De qué manera se puede incrementar el tiempo de descarga del sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín?

¿De qué manera se puede disminuir el tiempo de respuesta del sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín?

¿De qué manera se puede disminuir las pérdidas económicas por fallas de alimentación al sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín?

Módulo rectificador

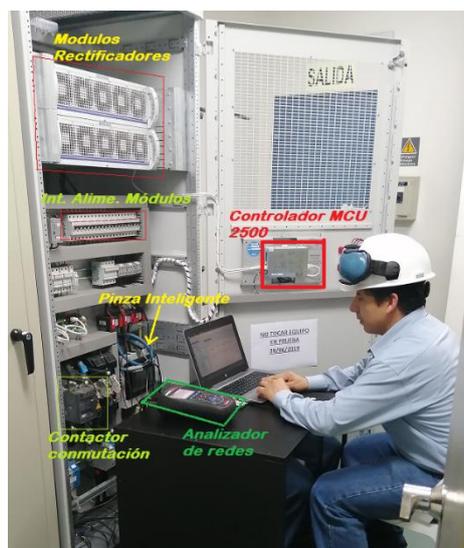


Figura 1: Zona de prueba eléctrica (calidad de energía)
Fuente: elaboración propia

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Optimizar la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín, mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MCU2500.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Incrementar el tiempo de descarga del banco de baterías del sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín.
- b) Disminuir el tiempo de respuesta del sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín.
- c) Disminuir las pérdidas económicas por fallas en las líneas de transmisión Chimay – Yanango 2257 y la línea 2256 Yanango - Pachachaca que es la fuente de la transmisión de la energía eléctrica de la Central de Chimay de la región Junín.

1.3. Justificación e importancia

La presente investigación es muy importante porque es de suma urgencia optimizar la confiabilidad del sistema eléctrico, mediante la instalación del banco de baterías con un sistema monitorizado remoto MCU 2500.

Considerando que pertenece a la empresa Enel Generación Perú S.A.A., una de las principales compañías privadas de generación de electricidad en el Perú. Quien otorga una potencia efectiva de 1,595.72 MW, siendo el 44 % generada a través de energía hidroeléctrica mientras que el resto (56 %) de la energía termoeléctrica.

1.3.1. Justificación tecnológica

Basada en la importancia de los equipos críticos que están alimentados de manera ininterrumpida por el banco de baterías de la Central Hidroeléctrica Chimay.

Los equipos críticos de la Central son los siguientes.

- Relés de protección de los generadores 1 y 2, transformadores de potencia, transformadores de excitación, líneas de transmisión.
- Equipos del sistema contra incendios, este sistema es muy importante ante cualquier falla en los transformadores y/o generadores de la Central Hidroeléctrica Chimay deben estar al 100 % operativo como circuito y como alimentación de energía eléctrica segura.
- Regulador de tensión y de velocidad, estos dos equipos son el corazón de la Central Hidroeléctrica Chimay, debido a sus principales funcionamientos.
- Regulador de tensión. Encargado de regular la tensión, la potencia reactiva a través del sistema de excitación, por ende, la alimentación de energía eléctrica debe ser confiable para evitar cualquier disparo de la Central y/o pérdidas de configuración de regulador de tensión.
- Regulador de velocidad. Es el encargado de regular la velocidad y frecuencia del generador por medio de los álabes del sistema oleodinámico.
- Servidores del sistema de control SCADA. Son los encargados de recopilar la información de los PLC como señales analógicas y señales digitales de todos los sistemas de la Central. Mejorar, indicar todos los equipos del actual sistema SCADA contra el antiguo.
- Equipos de comunicación. En los medios de comunicación la energía eléctrica debe ser totalmente confiable por motivo de comunicar cualquier emergencia que suceda en la Central.
- Motores de inyección pivote en corriente continua. La alimentación de energía eléctrica debe ser totalmente confiable por ser vital al momento que arranca y para los grupos, su función principal es de lubricar el cojinete pivote, para evitar rozamiento en dicho cojinete.

1.3.2. Justificación económica

La producción energética es la base del desarrollo económico de la región Junín y por ende de nuestro país. Una interrupción del sistema eléctrico en la Central de Chimay causaría enormes pérdidas económicas en el sector comercial, industrial y domiciliario.

1.3.3. Justificación social

La Central de Chimay contribuye con el desarrollo social del país, otorga gran cantidad de puestos laborales, es muestra de éxito de la gestión energética y del desarrollo sostenible de nuestro país; por lo tanto, la optimización de la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín mediante la instalación del banco de baterías con un sistema monitorizado remoto MCU 2500 es indispensable.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Se logrará optimizar la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remoto MCU2500.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Se logrará incrementar el tiempo de descarga de las baterías, mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MUC2500, que alimenta a los equipos críticos de la Central Chimay de la región Junín.
- b) Se logrará disminuir el tiempo de respuesta de conmutación al sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central Chimay

de la Región Junín, mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MUC2500.

- c) Se logrará disminuir las pérdidas económicas por falta de alimentación al sistema ininterrumpido de los equipos críticos de la Central Chimay de la Región Junín, mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MUC2500.

1.4.3. Descripción de variables

Variable dependiente

- Confiabilidad del sistema eléctrico

Variable independiente

- Banco de baterías

1.4.4. Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Confiabilidad del sistema eléctrico	Continuidad de servicio eléctrico	Tiempo de respuesta y tiempo de descarga	Cronómetro
Banco de baterías	Variaciones de tiempo	Potencia ah	Analizador de redes eléctricas

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Nacional

- **Evaluación de fallas de baterías en el banco de baterías Toma Tulumayo.**
Según el mantenimiento correctivo de la empresa Enel Generación del Perú se encuentran fallas en uno de los terminales de una celda del banco de baterías debido a un deterioro del terminal en la batería. En servicio con tensión y corriente de flotación de carga flotante y de carga de igual, los cargadores deberán tener característica de corriente constante - tensión constante, correspondiente a la característica I-U. Este banco de baterías realizó el reemplazo de baterías, para poder reconocer a tiempo el final de la vida útil de la batería, conforme a la norma internacional DIN IEC 623 la carga se efectúa con corriente nominal constante I5 (capacidad nominal C5/5 h) durante un tiempo de 7 a 8 horas. Tras la carga, la batería debe permanecer en reposo durante un tiempo de una hora y como máximo cuatro horas, con una temperatura ambiente de (20+/-5) °C. La descarga se efectúa con corriente nominal I5 hasta una tensión de 1.0 voltios por celda media asimétrica. Para obtener una capacidad del 100 % el tiempo de descarga

mínima debe ser de cinco horas. La capacidad obtenida en este control se calcula como sigue: $\text{Capacidad (\%)} = (\text{tiempo de descarga (h)} / 5 \text{ h}) * 100$.

2.1.2. Internacional

- El diseño del banco de baterías de 125 Vdc. El trabajo especial de grado elaborado por Henneberg (1992) titulado: “Programa para el cálculo y diseño de banco de baterías estacionarias plomo ácido y níquel – cadmio”. Desarrollado en la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela”. [1]

“El objetivo del programa para el cálculo y diseño de banco de baterías plomo ácido y níquel cadmio, de la Universidad Rafael Urdaneta de la Facultad de Ingeniería de la Escuela de Ingenieros Maracaibo – Estado Zulia, tiene como finalidad facilitar los cálculos y diseño del banco de baterías estacionarias tanto para plomo ácido y níquel cadmio, para requerimientos específicos (Sistemas de Control, UPS, Gabinetes de telemetría, Sistemas Solares, etc.). Este programa está basado en el método presentado por la IEEE Standard. 485-83 para el dimensionamiento de banco de baterías estacionarias convencionales y el presentado por la IEEE Standard. 1013.90 para el dimensionamiento de bancos de batería para sistemas fotovoltaicos” [2].

“La confiabilidad en los sistemas eléctricos competitivos y el modelo colombiano de cargo por confiabilidad” investigado por Restrepo, María, de la pontificia Universidad de Madrid en España, tiene como finalidad efectuar un análisis de la seguridad en el suministro de electricidad en Colombia, considerando el nuevo esquema del Cargo por Confiabilidad, modelo adoptado en Colombia para garantizar las inversiones en generación. Para esto se analiza la diferencia entre escenarios de demanda y de oferta de electricidad. La oferta para las plantas nuevas considera las Obligaciones de Economía Firme (OEF) adquiridas con el cargo; y para las plantas existentes se realizan simulaciones bajo diversos escenarios de ocurrencia del fenómeno de "El Niño".

Según Burgos [9] en su tesis titulada “Estimación del estado de carga para un banco de baterías basada en modelación difusa y filtro extendido de Kalman” establece el estado de carga para acumuladores de energía del tipo plomo ácido. Determinado como la energía expresada como un porcentaje de la capacidad nominal, que aún está disponible para ser utilizada. Este indicador depende de muchas otras magnitudes, tales como: temperatura, tasas de corriente de carga/descarga, tiempo de uso, histéresis, y auto descarga. Este parámetro no es medible, por lo cual es necesario estimarlo en base a mediciones de otras señales disponibles en los acumuladores, tales como tensión, corriente y temperatura. Para desarrollar un estimador del SoC hay que tener en cuenta dos aspectos; el primero de ellos es contar con un buen modelo que represente el comportamiento del acumulador de manera adecuada, mientras que el segundo, dice relación con el algoritmo utilizado para realizar la estimación. Ambos aspectos suponen contar con información del acumulador para poder identificar el modelo y diseñar el estimador. Por lo tanto, se establecieron los objetivos de la tesis, los cuales corresponden en primer término a la construcción de un prototipo con el cual se pueda someter el banco de acumuladores a diversos perfiles de carga/descarga. Luego en base a la información generada mediante este sistema experimental, derivar un modelo de baterías que sea sencillo de implementar y requiera poca cantidad de información. Dicho modelo corresponde a un modelo difuso. Con el modelo de baterías ya definido, se utiliza el algoritmo del filtro extendido de Kalman para desarrollar un estimador del SoC basado en el modelo propuesto. Es importante destacar que tanto el modelo como el estimador son evaluados y comparados con modelos de baterías convencionales y con estimadores basados en ellos. (Implementados con el algoritmo de Kalman). Los aportes del trabajo de tesis son en primer lugar, la construcción del sistema experimental, el cual servirá para otras investigaciones relacionadas a acumuladores de energía. En segundo término, se tiene que la metodología basada en lógica difusa (para el desarrollo del modelo), es novedosa, pues hasta el momento sólo ha sido implementada con datos basados en mediciones en el dominio de la frecuencia o en conjunto con redes neuronales. Lo que supone en el primer caso que el modelo no pueda ser llevado a la práctica debido al costoso equipamiento necesario para obtener datos en el dominio de la frecuencia, y en la necesidad de contar con gran cantidad de información para el segundo caso.

Finalmente es importante mencionar que las baterías consideradas para esta tesis están presentes en la micro-red Huatacondo perteneciente al Centro de Energía de la de Chile.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Banco de baterías

2.2.1.1 Definición

El banco de baterías está constituido de 94 celdas de Níquel – Cadmio conectadas en serie, montadas en su respectivo rack con el objetivo de mantener la potencia y aumentar la tensión de salida, que alimenta a los equipos críticos de la central Chimay.

Según Harper “Las baterías de almacenamiento se usan con frecuencia para alimentar cantidades limitadas de potencia de emergencia, principalmente para alumbrado. Estas unidades están montadas en gabinetes individuales o en rack para las grandes instalaciones y están siempre previstas de equipos autónomos de carga”.

a) Batería Níquel – Cadmio (NI-CAD)

Según Harper “La celda tiene una placa positiva de hidrato de níquel y una placa negativa de esponja de cadmio, el electrolito es una solución de hidróxido de potasio con una gravedad específica de 1.16 a 1.19 a 25°C (77°F)”.

Las baterías de Níquel- Cadmio tiene las ventajas de requerir poco mantenimiento, no produce humos corrosivos, inmunes a las sobrecargas y los requerimientos de reducción por temperatura de ambiente, de bajo de 25°C (77°F) son limitados.

Las baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd) fueron las primeras baterías pequeñas recargables selladas. Como su nombre indica, sus electrodos son de cadmio y níquel, los cuales están sumergidos en un electrolito alcalino (KOH)

que no interviene en la reacción química. Cuentan con excelentes capacidades a baja temperatura y a altas magnitudes de corriente. Es una tecnología muy común para los sistemas portátiles debido a su bajo precio comparada con otras tecnologías de baterías alcalinas. Destacan por ser resistentes a maltratos mecánicos, eléctricos y térmicos y por requerir poco mantenimiento o ninguno. Durante mucho tiempo se han considerado como la única opción para herramientas eléctricas y se eligieron para los primeros teléfonos y ordenadores portátiles. Se conocen por sufrir el efecto memoria que consiste en la pérdida de capacidad al funcionar a ciclos parciales de carga y descarga. Este efecto es reversible mediante descargas completas a menores tensiones de corte. Las baterías de níquel-cadmio han tenido una gran importancia en la última década, pero en la actualidad se están sustituyendo por otras tecnologías a causa del efecto medioambiental que produce el vertido del cadmio. Estas se están reemplazando mayormente por baterías de tecnología níquel-metal hidruro y litio-ion. La reacción describe el comportamiento de las baterías de níquel-cadmio utilizadas [5].

La batería es la que convierte la energía química en energía eléctrica y se utiliza en el momento que falle el suministro de la red eléctrica, es muy independiente a la red.

Estos sistemas de bancos de baterías se utilizan para energizar los siguientes equipos.

- Los relés de protección de los generadores, transformadores de potencia, transformador de excitación, reguladores de velocidad, reguladores de tensión.
- Servidores del sistema SCADA y RTU
- Motores del sistema de inyección pivote
- Alimentación a los sistemas de control.
- Alimentación al sistema de comunicación.
- Alimentación a los sistemas de contra incendio de los generadores y transformadores de potencia.

Aplicaciones

Estas baterías estacionarias tiene las siguientes aplicaciones según SEC. El almacenamiento según Energy Company.

- Telecomunicaciones
- Instalaciones de UPS
- Centrales Eléctricas
- Las refinerías de petróleo y gas.
- Ferrocarriles.
- Puesta en marcha de motores diésel.
- Iluminación de emergencia.
- Las baterías de tracción.
- Fotovoltaicas y energía eólica.
- Equipos Marinos.
- Equipos del buque abordo.

b) Características de la batería níquel – cadmio

Capacidad 560 ah

Tensión mínima 1.1 Vdc

Tensión nominal 1.2 Vdc

Tensión de flotación 1.42 Vdc

Tensión de recarga 1.68 Vdc

Temperatura 25 °C

c) Tensión

La tensión o diferencia de potencial (en voltios) es el primer parámetro por considerar, pues es el que suele determinar si el acumulador conviene al uso al cual se le destina. Viene fijado por el potencial de reducción del par redox utilizado; suele estar entre 1 V y 4 V por elemento. Para este caso se utiliza la tensión nominal de 1.2 voltios por celda.

Se define como el trabajo realizado sobre la unidad de carga circulante. La unidad de tensión es el voltio, de ahí que se llame a menudo voltaje. Matemáticamente [7].

$$V = \frac{dW}{dq}$$

Donde:

V = Voltaje

W = Trabajo

Q = Carga

Reemplazando la formula eléctrica

$$V = I * R$$

Donde:

V = Voltaje

I = Intensidad

R = Resistencia

Simplificando mucho, mediante una analogía mecánica, la diferencia de potencial es como la altura de una cascada de agua. Cuanta más alta sea la cascada, mayor será la energía disponible para mover una noria. Una cascada de agua de altura pequeña moverá poco la rueda, realizará poco trabajo. Una cascada de mayor altura moverá mucho la rueda, realizará más trabajo. Por ello si se quiere obtener más trabajo se necesita una pila de tensión superior. Por ejemplo, en autorradios controlados, cuanto más voltaje tenga la batería será mayor la potencia que mueve el automóvil.

d) Corriente

Es la carga eléctrica neta (medida en culombios) transferida a través de una sección transversal de un conductor por unidad de tiempo. De acuerdo al Código nacional de electricidad CNE. ver: [8].

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Donde:

Intensidad de corriente

q = Carga

t = Tiempo

Reemplazando, la formula eléctrica es la siguiente:

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde:

I = Corriente

V = Voltaje

R = Resistencia

La intensidad de la corriente eléctrica es como el flujo o corriente de agua de la cascada que mueve la noria. En motores de corriente continua cuanto mayor es la corriente mayor será el par motor que puede suministrar el motor. Siendo simplista más potencia podrá desarrollar dicho motor. [8].

e) Resistencia

La resistencia de las baterías es muy inferior a la de las pilas, lo que les permite suministrar intensidades de corriente mucho más intensas que las de estas, sobre todo de forma transitoria. Por ejemplo, la resistencia interna típica de una batería de plomo-ácido es del orden de 6 mΩ (mili-ohmios) y la de otra de Ni-Cd, de 9 mΩ". Según el código nacional de electricidad [8].

f) Capacidad de carga

La capacidad de carga o capacidad del acumulador es la carga que puede almacenar el elemento. Se mide en amperios-hora (Ah) y es el segundo parámetro por considerar. En las baterías de baja capacidad de carga, suele expresarse en miliamperios-hora (mAh). Una capacidad de carga de 1 amperio-hora significa que la batería puede suministrar una intensidad de corriente de 1 A durante 1 hora antes de agotarse. [1].

Entre una batería o pila de 1200 mAh y otra de 2400 mAh, la segunda durará más tiempo (el doble) porque tiene más carga eléctrica almacenada. En un equipo eléctrico se pueden colocar pilas con cualquier capacidad de carga, ya que esta tan solo influye en la duración de funcionamiento.

El banco de baterías es de 560 AH y la corriente de trabajar en el sistema de corriente continua es de 45 amperios, donde se obtendrá un tiempo de autonomía de 12 horas.

$$T = \frac{AH}{I}$$

Donde:

T = Tiempo

AH = Amperios hora

I = Intensidad o corriente

g) Carga eléctrica

La carga eléctrica se mide en la práctica por referencia a los tiempos de carga y de descarga en amperios (A). La unidad SI es el culombio (C)”

$$Q = It = I(3600th)$$

Donde:

Q = Carga eléctrica

I = Intensidad

t = Tiempo (en segundos)

th = Tiempo en horas

Por lo tanto, la carga eléctrica en diferentes unidades es:

$$1Ah = 3600C \quad y \quad 1C = 0.278mAh$$

h) La energía

La cantidad de energía que puede suministrar una batería depende de su capacidad y de su voltaje, y se mide habitualmente en Wh (vatios-hora).

$$W = Pt = P(3600 th)$$

Donde:

W = Energía

P = Potencia

t = Tiempo (en segundos)

th = Tiempo (en horas)

Por tanto, las equivalencias de las unidades son:

$$1Wh = 3600J \quad y \quad 1J = 0.278 \text{ mWh}$$

Además, la potencia eléctrica es:

$$P = IV$$

Donde:

P = Potencia

I = Intensidad

V = Diferencia de potencial

i) Impedancia

La impedancia es la oposición de la corriente alterna, se representa como resistencia de un circuito eléctrico, que describe con precisión la amplitud relativa de la tensión y corriente. De acuerdo a MACHACA, J. [1].

La importancia de la impedancia de la batería es representada por un circuito equivalente, se visualiza en la siguiente figura.

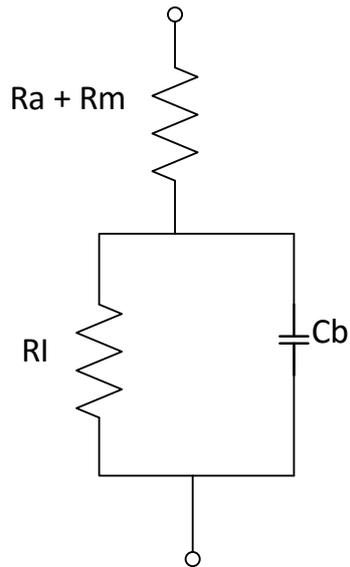


Figura 2: Esquema eléctrico equivalente de la celda de batería.
Fuente: RenoBat expertos en baterías

En el diagrama de la Figura 2 se muestra el circuito eléctrico.

R_m . Es la resistencia de la conexión metálica a través de la célula incluyendo los terminales, los electrodos y las interconexiones. R_a , es la resistencia de la vía electroquímica incluyendo los electrolitos y separadores. C_b , es la capacitancia de las placas paralelas que forman los electrodos de la célula. R_i , es la resistencia de contacto no lineal entre la placa o el electrodo y el electrolito.

2.2.1.2 Componentes

Los componentes de la batería es las siguientes según FLORES. J. “Los componentes básicos de la batería es una celda, la cual está compuesta por tres componentes”.

- El ánodo o electrodo negativo, el cual proporciona los electrodos al circuito externo y es oxidado durante la reacción electroquímica.
- El cátodo o electrodo positivo, el cual acepta los electrones del circuito externo y es reducido durante la reacción electroquímica.
- El electrolito o conductor iónico, el cual proporciona el medio para la transferencia de carga de los iones en el interior de la celda entre el ánodo y cátodo.

2.2.2. Confiabilidad del sistema eléctrico.

2.2.2.1 Definición

Según Gómez “Es la probabilidad de que un componente, subsistema o sistema desempeñe adecuadamente sus funciones durante un periodo de tiempo previsto y bajo las condiciones de operaciones usuales”.

Esta definición tiene cuatro conceptos importantes, según Gomez:

- **Probabilidad:** Las características aleatorias asociadas al sistema hacen que el análisis no pueda ser determinístico. Esto hace que sea necesario aplicar conceptos de probabilidad y estadística para lograr una mejor evaluación del funcionamiento del sistema.
- **Funcionamiento adecuado:** Esto involucra que el sistema tenga continuidad en el servicio, una buena regulación de tensión, así como un buen control de la frecuencia.
- **Periodo de tiempo previsto:** Es el intervalo durante el cual el componente del sistema o subsistema debe estar operando continua o esporádicamente, según sea su función específica que tenga asignada. Ejemplo de operación esporádica son los elementos que trabajan solo en horas pico de la demanda, como en el caso de un banco de capacitores.
- **Condiciones de operación:** Estas condiciones pueden ser constantes o variables, según el lugar donde se localice el sistema. Por ejemplo, las condiciones climatológicas determinan el incremento o decremento del número de fallas en los componentes.

En el sistema eléctrico de la presente investigación, se tiene como confiabilidad a los dispositivos de conmutación y banco de baterías en buen funcionamiento respecto al tiempo de respuesta ante cualquier falla de la línea de transmisión 2256 y 2257.

En condiciones de operación este sistema eléctrico ininterrumpido, del banco de baterías es variable por su función específica de funcionar inmediatamente ante una emergencia, fallas externas de la línea y/o internas.

Un aspecto incidente es el financiamiento de los dispositivos y componentes del sistema, el cual limita el alcance de la confiabilidad.

En esta oportunidad se minimizará el tiempo de respuesta de conmutación de los equipos críticos de la Central Chimay mediante el control motorizado remoto MUC2500 que ingresará automáticamente sin dejar sin tensión a dichos equipos.

Es un requisito indispensable de la calidad de servicio eléctrico, es directamente proporcional a la continuidad de servicio. Para hacer posible que se obtenga un cien por ciento de continuidad de servicio, las condiciones de operación deben estar preparadas para afrontar las fallas aleatorias del sistema como aquella que se presentan en forma externa. Mora, en su texto “Estudio y análisis de la calidad de energía” [6].

Tabla 1 Números de interrupciones en años

Años	N° Fallas externas
2014	5
2015	3
2016	5
2017	1
2018	1
2019	1

Fuente: elaboración propia

En la tabla 1 se observa el número de interrupciones obtenidas durante los años del 2014 hasta 2016 donde se tiene un promedio de 4 fallas por año, todas estas fallas son de condición externa, donde supera la tasa de tolerancia según la Normas legales 384471 la tolerancia es de 3 interrupciones por año.

Ante la probabilidad de fallas en la línea de transmisión se logró a mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico ininterrumpido de los equipos críticos de la central Chimay al 98 % mediante la instalación de un banco de baterías con sistema monitorizado remoto MCU2500.

2.2.3. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico de potencia es el conjunto de instalaciones y equipos para producir, transportar y distribuir energía eléctrica a los usuarios de una zona, ciudad, región o país. De acuerdo al código nacional de electricidad CNE [8].

a) Clientes grandes o contratos

Son todos los clientes que se tiene contratos de 2.5 a más de 10MW que se encuentran conectados al sistema eléctrico interconectado nacional SEIN como pueden ser agrupaciones de los clientes libres.

b) Clientes regulados

Son todos los clientes o usuarios domésticos que es regulado los costos por el órgano regulador Osinermin.

c) Clientes libres

Son los que pueden contratar de 0.2 hasta 2.5MW y no se están sujetos a la regulación del precio.

Ellos pueden participar del mercado de corto plazo esto quiere decir que pueden contratar energía por tiempos cortos.

2.2.3.1 Tolerancias

La línea de transmisión 2256 y 2257 Chimay – Pachachaca cuenta con una distancia de 140Km donde se transmite la energía eléctrica de las centrales Yanango y Chimay es la única línea de transmisión para transmisión de energía a los clientes contratados, regulados y libres y tiene una confiabilidad del 97% y quedando un 3% de probabilidad de riesgo según las NORMAS legales 384471 [2].

En la tabla 2 de tolerancia esta referenciada según el “organismo supervisor de la inversión de energía y minería modificado el 14 de noviembre del 2008 con resolución del consejo directivo Organismo Supervisor de la inversión en energía y minería Osinergmin N° 656-2008-OS/CD” [2]

También se observa la fórmula de la tasa de fallas en las líneas de transmisión según el nivel de tensión, distancia de línea en kilómetros así mismo se tiene en consideración los lugares como son la costa sierra y selva.

Fórmula de tolerancia

$$TFL = \frac{N^{\circ} \text{ FALLA}}{\text{Distancia línea}} * 100$$

Para el caso de las líneas de transmisión se tiene los siguientes.

TFL 2257 Chimay – Yanango 40 Km	0.1% de confiabilidad de falla
TFL 2256 Yanango – Pachachaca 100 Km	3% de confiabilidad de falla

Tabla 2. tolerancia de indicadores de performance

Indicador	Unidad	Componente		Tolerancias	
				Costa	Sierra y Selva
1) Tasa de Falla para cada componente de subestación	Número de Fallas por dos semestres consecutivos	Transformador, Auto transformador, Equipo de Compensación; o sus celdas, en el nivel de tensión igual o mayor de 30 kV y menor de 250 kV. Barra en el nivel de tensión igual o mayor a 30 kV y menor de 250 kV		1	
2) Tasa de Falla para cada línea de transmisión o celda	Número de Fallas por cada 100 Km., en dos semestres consecutivos	Líneas de transmisión igual o mayores de 100 Km. Celdas de líneas de transmisión.	Nivel de tensión: 220 kV	1	1.5
			Nivel de tensión: 138 kV	2	3
			Nivel de tensión: Igual o mayor a 30 kV y menor a 75 kV	4	5
	Número de Fallas en dos semestres consecutivos	Líneas de transmisión menores a 100 Km. Celdas de líneas de transmisión	Nivel de tensión: 220 kV	1	2
			Nivel de tensión: 138 kV	2	4
			Nivel de tensión: Igual o mayor a 30 kV y menor a 75 kV	4	8
3) Indisponibilidad para cada componente de subestación	Horas	Transformador, Auto transformador, Equipo de Compensación; o sus celdas, en el nivel de tensión 220 y 138 kV.		6	
		Transformador, Auto transformador, Equipo de Compensación; o sus celdas, en el nivel de tensión igual o mayor de 30 kV y menor de 75 kV.		4	
		Barra en el nivel de tensión igual a mayor a 30 kV y menor de 250 kV		1	
4) Indisponibilidad para cada componente de línea de transmisión o celda.	Horas	Línea de transmisión iguales mayores de 100Km o celdas.	Nivel de tensión 220 y 138 kV.	8	
			Nivel de tensión igual o mayor de 30kV ó menor a 75kV.	6	
		Línea de transmisión iguales menores de 100Km o celdas.	Nivel de tensión 220 y 138 kV.	6	
			Nivel de tensión igual o mayor de 30kV ó menor a 75kV.	4	

Fuente: Normas legales 384471

2.2.3.2 Optimización

Según Figuera. “El hecho común a todos los tipos de problemas es que existe un valor ideal, o unos valores límites y cuantificables. Varias unidades de producto nos permiten evaluar la medida y la variabilidad”.

“La palabra optimización utilizada en sentido escrito se refiere simultáneamente a la optimización de la medida y la reducción de la variación”.

“Para poder proceder ajustar las medidas y la variación es necesario comprender cuales son las causas que nos pueden introducir desajustes o incrementar la variabilidad, a saber, la variabilidad en el proceso de la manufactura, la variabilidad debida al uso y la variabilidad debida a las diferentes condiciones de uso”.

La optimización es considerada de minimizar costos, tiempos, ventas y recursos con el objetivo de obtener mayor rentabilidad en los diferentes procesos, para nuestro caso reduciremos el tiempo de respuesta de conmutación de alimentación ininterrumpida de los equipos críticos de la Central Chimay.

Tabla 3 Tiempos de transferencias en sistema ininterrumpido.

Tiempo de conmutación	
Grupo diésel	50 segundos
Baterías antiguas	20 segundos

Fuente: elaboración propia

2.2.4. Sistema monitorizado remoto

El sistema de control y monitoreo está compuesto por equipos críticos, los cuales no pueden dejar de funcionar por ser equipos base para el monitoreo del sistema eléctrico. Según MORA, S. [6].

Este sistema es importante de por motivo que son los ojos del comportamiento de los equipos electromecánicos durante su funcionamiento en dicha planta.

Posee un sistema de control monitorizado.

2.2.5. Interrupciones del sistema eléctrico

Las interrupciones del sistema eléctrico son eventos que se caracterizan porque durante el suceso el voltaje es igual a cero en el punto de consumo y no logra retornar al valor nominal de manera instantánea.

Aquellas interrupciones que duran más de tres segundos o más de dos minutos se clasifican dentro de las interrupciones sostenidas.

Una interrupción con tiempo de duración de tres minutos a más se encuentra en el nivel de interrupción larga y si es menor de tres minutos se encuentra en el nivel de corta duración, según los estándares del y de acuerdo a las determinaciones del IEC.

Tabla 4 Números de interrupciones en años

Años	Fallas externas
2014	5
2015	3
2016	5
2017	1
2018	1
2019	1

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4 se observa el número de interrupciones durante los años donde se observa que en los años 2014 y 2016 se tiene mayores interrupciones.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de la investigación

Para desarrollar el presente trabajo de investigación se aplicaron los siguientes métodos

3.1.1 Métodos aplicados

Método descriptivo

Mediante este método se identificaron las características del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín. Asimismo, se describieron las características de los equipos críticos y del nuevo banco de baterías propuesto.

Este método descriptivo es fundamental en el desarrollo de la investigación, considerando que nos permitió obtener los reportes de medición del funcionamiento de las baterías antiguas, los informes de las interrupciones de la línea de transmisión desde Chimay, Yanango hasta Pachachaca, con Código 2257 y 2256.

Método analítico

Este método se aplicó para analizar las deficiencias, ventajas y desventajas del sistema eléctrico, causas que ocasionan el problema planteado y contribuyo con la determinación de las alternativas de solución.

El método analítico incide en la toma de decisiones con respecto a los resultados obtenidos mediante las tablas comparativas logradas por el análisis efectuado.

Asimismo, este método es imprescindible para efectuar la evaluación técnica y económica de la instalación del nuevo banco de baterías y su influencia sobre los nuevos resultados proyectados.

El análisis desarrollado durante todo el proceso de la investigación, ha sido trascendental en la prueba de la hipótesis general y de las hipótesis específicas.

3.1.2. Tipo de investigación

El tipo de la investigación es aplicada, según CASTRO, Eusebio “El propósito fundamental es dar solución a problemas prácticos”.

En el proceso de la investigación se demuestra que es aplicada por motivo que la investigación es solucionar un problema real y practico.

De acuerdo con Castro la investigación aplicada es aquella cuyo propósito fundamental es dar solución a problemas prácticos; la presente investigación es de tipo aplicado porque se dará solución al problema del sistema eléctrico ininterrumpido de la central Chimay.

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es correlacional, su finalidad es aplicar el conocimiento en casos reales. Según CASTRO, Eusebio, explica que “El propósito es vincular variables que se sospechan están interrelacionadas. Sirve

para hacer predicciones. Podemos realizar comparaciones entre variables para predecir sus comportamientos”.

De acuerdo con Casto la presente investigación, se interrelacionan las variables dependientes e independientes, a fin de efectuar el análisis comparativo entre ellas y evaluar sus comportamientos antes y después de la instalación del banco de baterías propuesto.

3.2. Diseño de la investigación

En la investigación se ha empleado el diseño experimental. Según SALKIND, Neil, “Consiste en demostrar que la modificación de una variable (independiente) ocasiona un cambio predecible en otra variable (dependiente)”, lo cual se aplica en la presente investigación, con el objetivo de indagar la incidencia y los valores, que se manifiesta en una o más variables, relacionadas con el objetivo general y los objetivos específicos.

3.3. Población y muestra

Población

Es el número de interrupciones según el tipo de falla en la línea 2257 Chimay – Yanango y la línea 2256 Yanango – Pachachaca en el Sistemas eléctricos Nacional Interconectado que se conecta a la Central Hidroeléctricas Chimay en 220 kV, de la Región Junín.

Muestra

Interrupciones por descarga atmosférica en la línea 2257 Chimay – Yanango y línea 2256 Yanango – Pachachaca, esta es la línea del sistema interconectado nacional eléctrico donde se transporta la energía eléctrica a los clientes regulado libre y contratados.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de investigación

Se desarrolló mediante la aplicación de teorías y procedimientos estandarizados por el código nacional de electricidad y normas vigentes y la comparación con el diagnóstico efectuado en el sistema eléctrico.

Se obtuvo información de los planos eléctricos, reportes de mediciones, reportes de interrupciones, registro de datos, memorias, información estadística, placas nominales de características técnicas de los equipos eléctricos y reportes técnicos relacionados con el tema de investigación.

3.4.2. Instrumentos de investigación

Se emplearon instrumentos de alta precisión, el analizador de redes, el voltímetro, osciloscopio, cronómetro y otros instrumentos que se requirieron en el desarrollo de la investigación como protocolos de pruebas, fichas de registro, mediciones eléctricas, entrevista con los operadores y personal responsable del funcionamiento del sistema eléctrico que alimenta los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín.

Aplicando los instrumentos mencionados, se logró identificar la anomalía que se ha generado y, se ha obtenido mediante un aviso con el código 10160735, diseño de autonomía del banco de batería 125 Vdc Central Chimay, que fue generado la fecha 30/04/2015.

Para efectos de cálculo de la capacidad del nuevo banco de baterías se consideró la Tabla 5, bajo estas condiciones se obtuvieron las especificaciones técnicas para el nuevo banco de baterías y el rack o bastidor para fijar el banco de baterías, mostrado en la Figura 5.

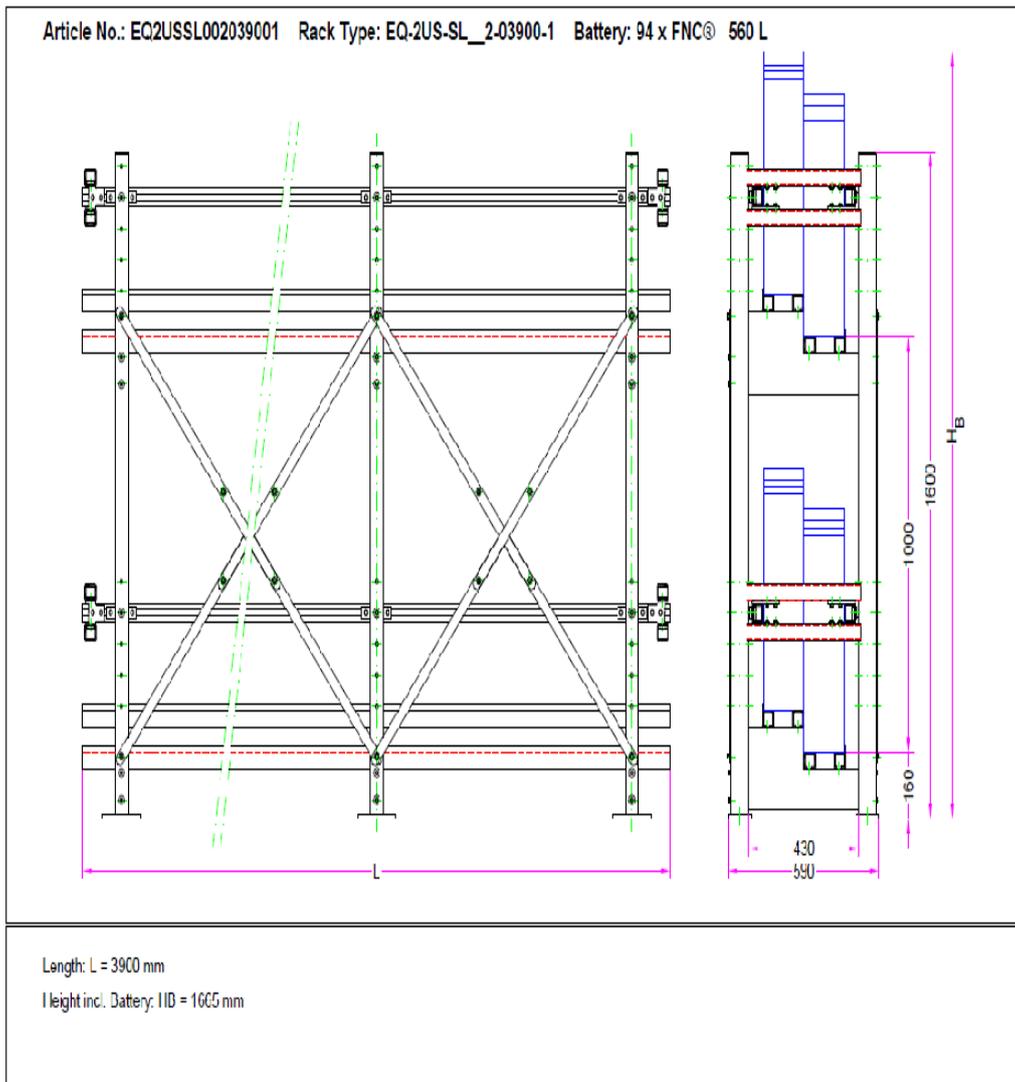


Figura 5: Rack o bastidor para fijar el banco de baterías
Fuente: Manual Banco de baterías 125 Vdc

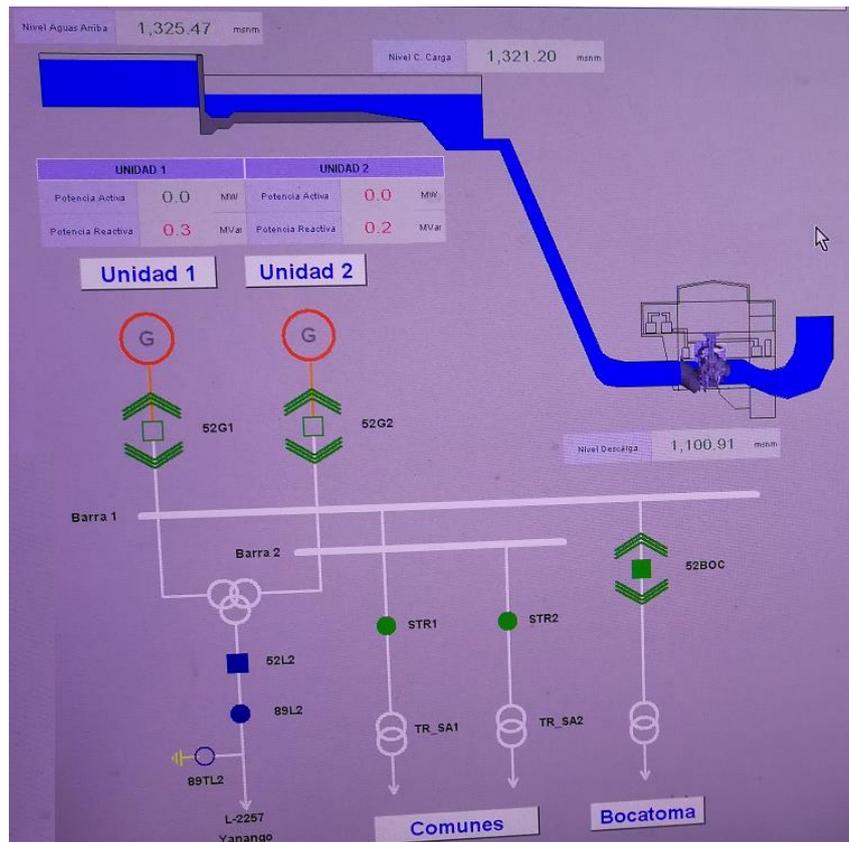


Figura 6: Unifilar de la Central Hidroeléctrica Chimay
Fuente: Enel generación del Perú S.A.A.

Cálculos eléctricos

Se han efectuado los cálculos eléctricos correspondientes para determinar los valores de la capacidad requerida para el nuevo banco de baterías.

Cálculo del tiempo de duración:

El tiempo, la corriente y la capacidad en Amper - Hora (AH)

$$T = \frac{AH}{I}$$

Donde:

T = Tiempo

AH = Amperios hora

I = Intensidad o corriente

Tabla 5. Cálculo de descarga del banco de baterías nuevo y descarga real

Banco de batería nueva 125 dc	
Capacidad (ah)	560 AH
Corriente de la Carga (a)	49.8 A
Tiempo Calculado (h)	11.24 h
Tiempo real de descarga (h)	10 h
Tiempo estándar (h)	10 h
Desviación de tiempo (%)	0%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5 se observa que el nuevo banco de baterías cumple con las horas de descarga deseadas obteniendo una desviación del 0%, esto quiere decir que las alimentaciones ininterrumpidas de los equipos críticos de la Central Chimay se encuentran confiable 98 %.

Mediante el método sintético se han determinado las especificaciones técnicas y datos de placa del nuevo banco de baterías, en función a los resultados obtenidos mediante la aplicación de los métodos antes mencionados.



Figura 7 Características del nuevo banco de baterías
Fuente: elaboración propia

En la Figura 7 se observan los datos de placa de las nuevas baterías que garantizarán la optimización de la confiabilidad del sistema eléctrico mediante una alimentación continua a los equipos críticos de la Central de Chimay.

Se establecieron programas de operación simulada, para efectuar las pruebas periódicas y se logre consolidar la confiabilidad del sistema.

Los nuevos resultados de las mediciones y protocolos de prueba demuestran que el nuevo banco de baterías es confiable y puede garantizar una mayor proyección de vida útil del sistema eléctrico de la Central de Chimay.

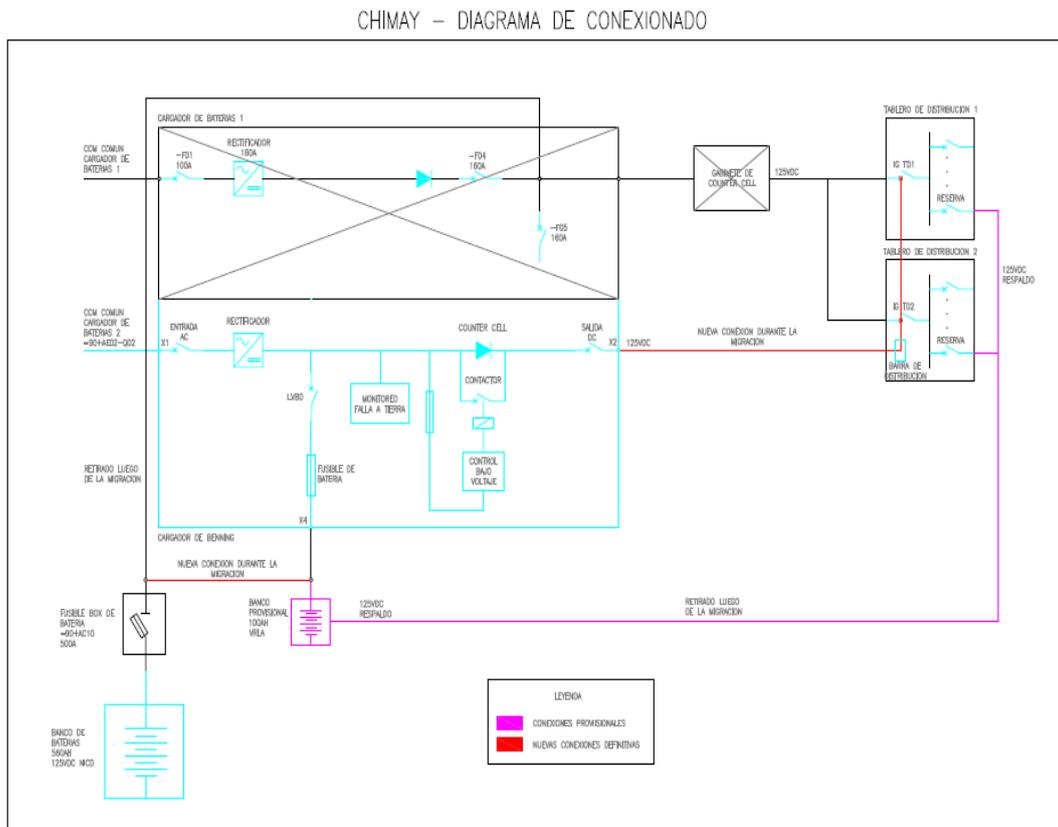


Figura 8: Esquema eléctrico del cambio del banco de baterías de 125 Vdc
Fuente: elaboración propia

En la Figura 8 se puede observar el esquema eléctrico donde se observa que se modifica el circuito respecto al circuito del banco de baterías antiguo de 450 AH, el cual se encuentra conectado en serie con una tensión de flotación 1.289 Vdc por cada celda, así mismo se observa cómo será el nuevo circuito.



Figura 9: Banco de baterías antiguo
Fuente: elaboración propia

En la Figura 9 se muestra el banco de baterías antiguo, se encuentra conectado en serie y tiene una tensión de flotación de 1.289 Vdc en cada celda.

La prueba en el banco de baterías de 125 Vdc con capacidad de 450AH de tensión de flotación y densidad se encuentran dentro del estándar como se indica en la Tabla 6.

Este banco será reemplazado por el nuevo banco de baterías con una capacidad de 560 AH con la tensión de 1.42 Vdc



Figura 10: Nuevo banco de baterías 125 Vdc con capacidad de 560 AH
Fuente: elaboración propia

En la Figura 10 se muestra el nuevo banco de baterías de 125 Vdc con una capacidad de 560 AH, tiene la misma configuración de conexión en serie, con el fin de aumentar la tensión en los terminales y cuenta con 94 celdas que forman el banco de baterías.

3.5. Pruebas y mediciones

3.5.1. Descripción del procedimiento de pruebas de densidad y tensión

Para ejecutar las pruebas de densidad y tensión, se han seleccionado equipos de medición adecuados, determinando las especificaciones técnicas apropiadas a fin de obtener resultados precisos y con la mayor exactitud posible.

El protocolo de pruebas exige una inspección visual previa para considerar las condiciones actuales de operación, el reporte queda en el file de pruebas.

Las pruebas del banco de baterías de 125 Vdc con capacidad de 450AH de tensión de flotación y densidad se encuentran dentro del estándar como se indica en la Tabla 6.

Tabla 6 Pruebas de tensión de flotación y densidad del banco de baterías

CENTRAL:		CHIMAY		SISTEMA:		SSAA								
GRUPO:		COMUNES		EQUIPO:		BANCO DE BATERÍAS								
ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL BANCO DE BATERIAS														
MARCA:		HOPPECKE		U / CELDA:		1.4								
CAPACIDAD:		450AH		N° CELDAS:		94								
PUESTA SERVICIO:		12/12/2005		TIPO DE BATERIA:		FNC 412L								
TENSION:				DENSIDAD:		125VC								
CONTROL DE BATERIAS														
V. BATERIA		131.5		CONTROLES 1H DESPUES DESCARGADO EL BANCO										
I. Flotación		0.2		V BATERIA:										
V. RECTIFICADOR		134.1		I DESCARGA:										
N°	DENS.	TENSION	N°	DENS.	TENSION	N°	DENS.	TENSION	N°	VPC FIM Descar	N°	VPC FIM Descar	N°	VPC FIM Descar
1	1.160	1.416	33	1.170	1.417	65	1.170	1.384	1		33		65	
2	1.170	1.410	34	1.170	1.424	66	1.170	1.400	2		34		66	
3	1.170	1.419	35	1.170	1.429	67	1.170	1.383	3		35		67	
4	1.170	1.374	36	1.170	1.421	68	1.170	1.490	4		36		68	
5	1.170	1.397	37	1.170	1.412	69	1.170	1.384	5		37		69	
6	1.170	1.402	38	1.170	1.343	70	1.170	1.393	6		38		70	
7	1.150	1.392	39	1.170	1.364	71	1.170	1.425	7		39		71	
8	1.170	1.371	40	1.170	1.408	72	1.170	1.419	8		40		72	
9	1.170	1.371	41	1.170	1.423	73	1.170	1.355	9		41		73	
10	1.170	1.404	42	1.170	1.411	74	1.170	1.412	10		42		74	
11	1.170	1.394	43	1.170	1.411	75	1.170	1.394	11		43		75	
12	1.170	1.399	44	1.170	1.413	76	1.170	1.396	12		44		76	
13	1.175	1.414	45	1.170	1.396	77	1.170	1.427	13		45		77	
14	1.170	1.409	46	1.170	1.408	78	1.165	1.379	14		46		78	
15	1.170	1.407	47	1.170	1.423	79	1.150	1.397	15		47		79	
16	1.170	1.426	48	1.165	1.418	80	1.170	1.412	16		48		80	
17	1.170	1.423	49	1.170	1.419	81	1.170	1.417	17		49		81	
18	1.170	1.417	50	1.170	1.385	82	1.170	1.314	18		50		82	
19	1.170	1.408	51	1.170	1.379	83	1.170	1.373	19		51		83	
20	1.165	1.350	52	1.165	1.409	84	1.170	1.420	20		52		84	
21	1.165	1.362	53	1.165	1.338	85	1.170	1.412	21		53		85	
22	1.170	1.395	54	1.165	1.359	86	1.170	1.403	22		54		86	
23	1.170	1.301	55	1.170	1.403	87	1.170	1.425	23		55		87	
24	1.175	1.414	56	1.170	1.400	88	1.170	1.402	24		56		88	
25	1.165	1.390	57	1.170	1.412	89	1.170	1.418	25		57		89	
26	1.165	1.368	58	1.170	1.400	90	1.170	1.400	26		58		90	
27	1.170	1.389	59	1.170	1.415	91	1.170	1.417	27		59		91	
28	1.170	1.367	60	1.170	1.412	92	1.170	1.422	28		60		92	
29	1.165	1.368	61	1.170	1.413	93	1.150	1.396	29		61		93	
30	1.170	1.412	62	1.170	1.421	94	1.170	1.413	30		62		94	
31	1.170	1.425	63	1.170	1.419				31		63			
32	1.170	1.390	64	1.170	1.400				32		64			

CONTROL DE TEMPERATURAS °C					
T. AMB.	T. BAT 1	T. BAT 24	T. BAT 48	T. BAT 72	HUMEDAD
27	25.5	25.5	25.5	25.5	

ESTANDARES
1.15Kg/L < densidad a 20°C <= 1.20Kg/L
1.3 V < Tensión Flotación por batería < 1.46 V
125 V < Tensión Flotación Total < 133 V
Temp < 30 °C

Cant. Agua destilada Agregada	No Bat. Cant.				
Estado de baterías de repuesto					
Instrumento empleado: (densímetro)			RESPONSABLE		
Instrumento empleado: (multímetro)			C. TAPIA		
Instrumento empleado: (pinza amperimétrica)			N OT		
			486418		
			FECHA		
			13/11/2012		

OBSERVACIONES

Y/O RESULTADOS Se realiza medición de densidad y tensión del banco de baterías de 125 Vdc se verifica el nivel de líquido de baterías óptimo.

Fecha de aprobación: 07/09/06

Fuente: elaboración propia

3.5.2. Medición de la impedancia del banco de baterías

La medición de impedancia del banco de baterías se toma como referencia del estado de cada celda.

Se emplearon el transmisor, el receptor, la sonda y la pinza amperimétrica.

3.6. Configuración del equipo

El equipo debe estar configurado según el manual de funcionamiento, otorgado por el fabricante.

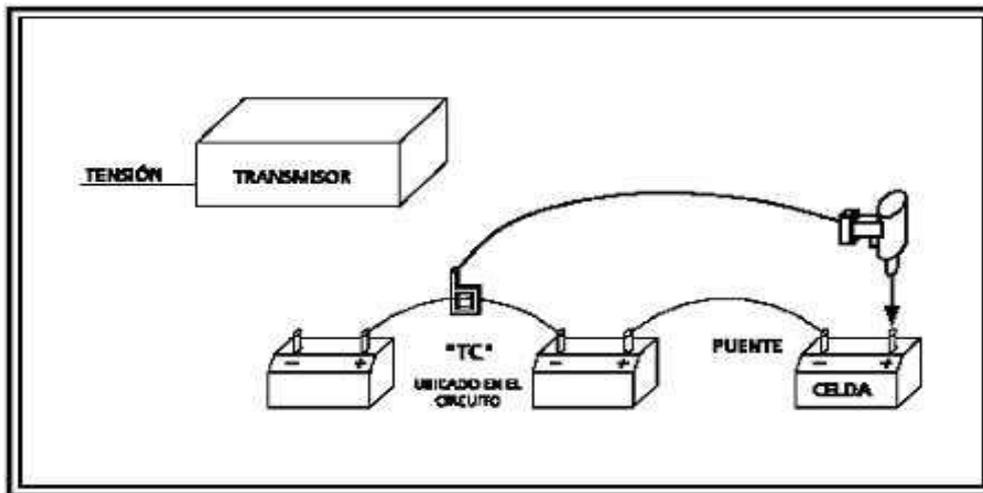


Figura 11: Esquema eléctrico de medición de la Corriente de Rizo
Fuente: instructivo de medición impedancia

El proceso de medición es importante, su correcta configuración nos otorga resultados precisos de la corriente de RIZO.

En el display del receptor se visualiza la magnitud de la corriente total que circula en el circuito, es importante guardar la información de esta medición.

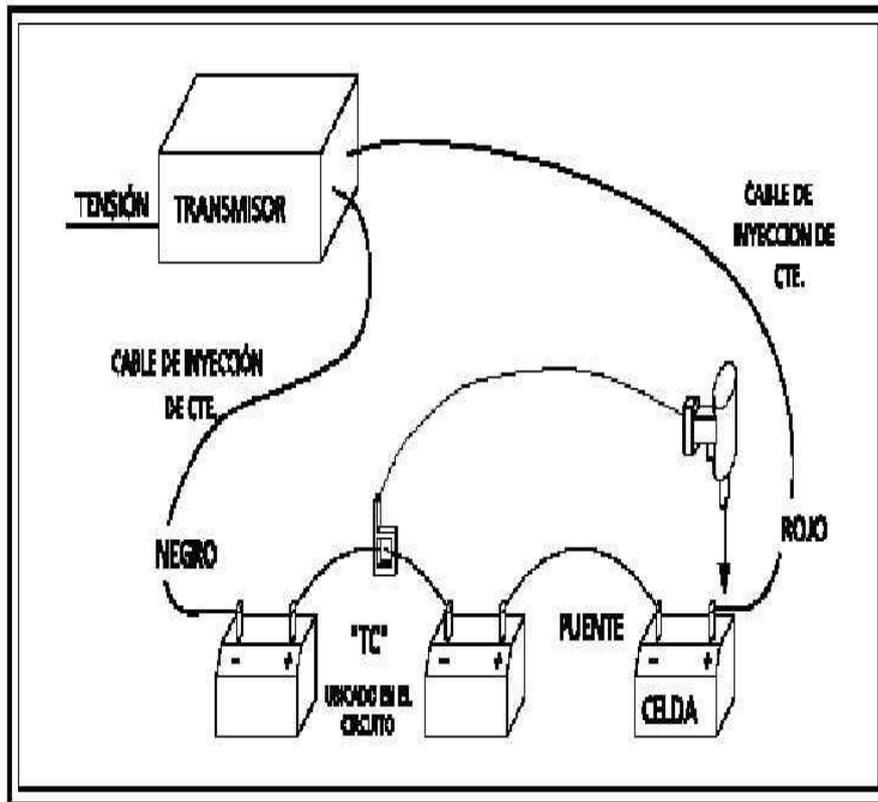


Figura 12: Esquema eléctrico del proceso de medición de la Corriente Total
Fuente: Manual de medición de la corriente total

3.6.1. Medición de impedancia de la celda:

Para efectuar el proceso de medición de la impedancia es necesario tener en cuenta la polaridad.

Se debe medir la celda colocando el receptor en polo (+) de celda 1 y sonda pequeña en polo (-) de celda 1.

La pantalla mostrará la tensión de celda (+) e impedancia, luego se debe guardar la información.

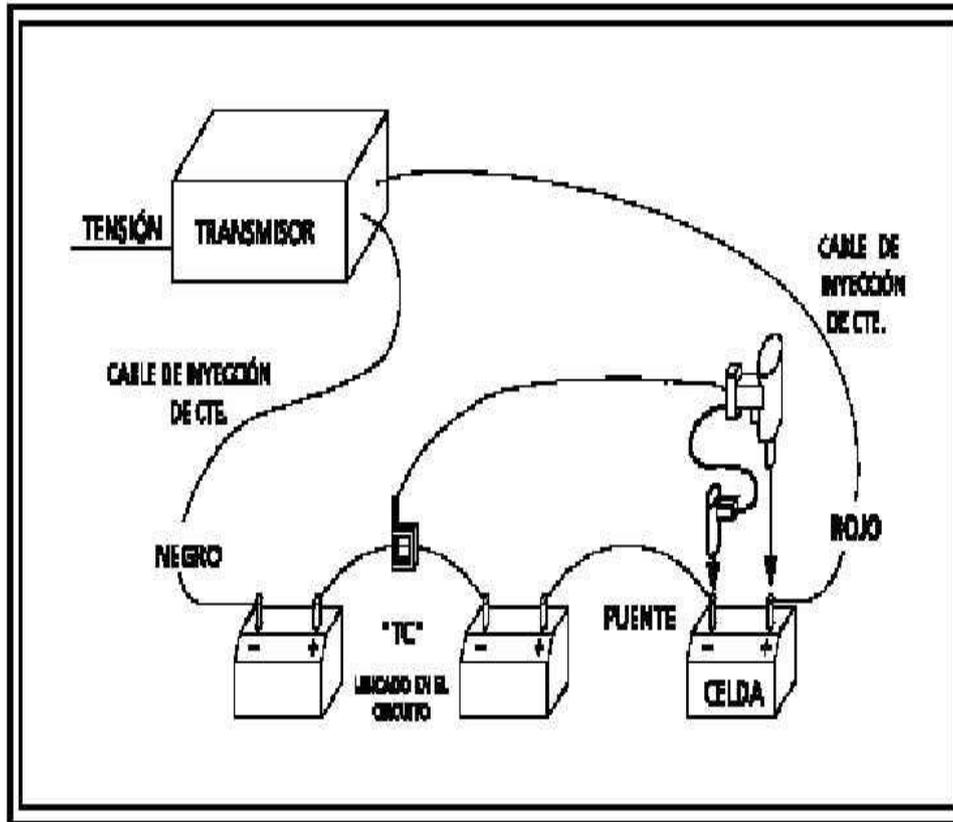


Figura 13: Esquema eléctrico de medición de la Impedancia de la Celda
Fuente: Instructivo de medición de impedancia

3.6.2. Medición de la Resistencia del Puente:

En la segunda fila del display aparece puente (Strap) mover el receptor al polo (+) de la próxima celda, la segunda fila muestra la impedancia del puente oprimir gatillo y el beeper del receptor sonará indicando que la medida fue almacenada.

La pantalla del receptor avanza a la siguiente celda (n+1). Repetir los pasos anteriores hasta terminar la medición de todas las celdas.

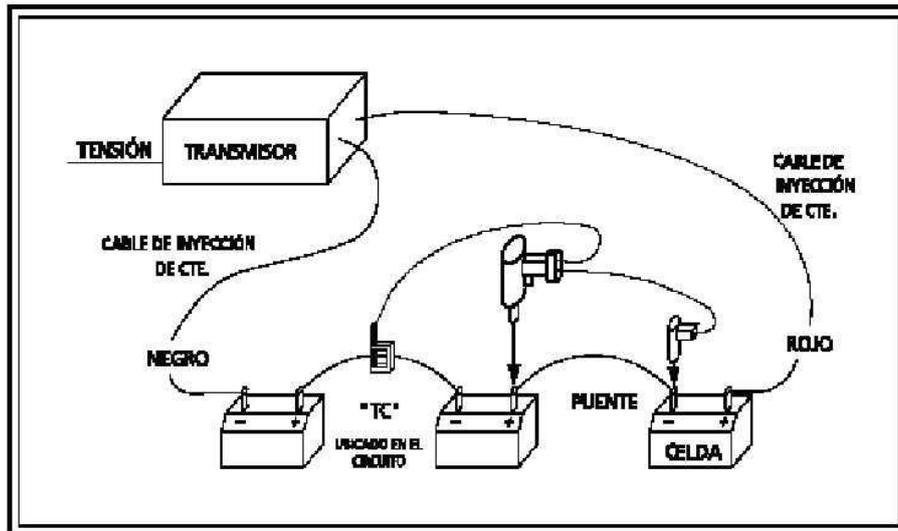


Figura 14: Esquema eléctrico de medición de la Resistencia del Puente
Fuente: Instructivo de medición de impedancia

3.6.3. Almacenamiento de datos y desactivación del equipo

Al finalizar las mediciones en todas las celdas, se genera cortocircuito en las puntas de las sondas y se oprime el gatillo para guardar la información. Esto crea una falsa medición de la serie lo cual completa la última línea de información. Si esto no se realiza se pierde la información de la última celda.

Cuando se presiona el pulsador **Current ON/OFF**, el foco de corriente se apaga, luego de apagar el **switch** de tensión de alimentación, se desconectan los cables de inyección de corriente.

En el receptor presionar flecha abajo y seguir los pasos:

- PBA completa S
- Esta segura SÍ
- Apagar receptor, y confirmar SÍ

Al finalizar las pruebas, primero apagar el transmisor, luego desconectar los cables de inyección de corriente del banco de baterías.

Tabla 7. Pruebas de Medición de Impedancia del banco de baterías 125 Vdc
PROTOCOLO DE MEDICION DE IMPEDANCIA DE BATERIAS

Central:	CHIMAY	Instalación:	SERVICIOS AUXILIARES	Puesta en Servicio:	12/12/2005
Marca:	HOPPECKE	Modelo:		Tipo:	FNC 412L
N° Celdas:	94	Capacidad:	450AH	Tensión Celda:	1.4

Datos de la Prueba:

Temperatura :	27.4°C	Humedad Relativa :	42%
Corriente de Rizo :	2.8	Corriente de Test :	10
Multiplicador :	1	Fecha de Ejecución:	20-ago-12
Responsable :	J. ROMERO	OT :	486541
Hora Inicio :	09:30:00	Hora Fin :	11:30:00

Número de Celda	Impedancia de la Celda	Impedancia del Puente	Voltaje de la Celda	Número de Celda	Impedancia de la Celda	Impedancia del Puente	Voltaje de la Celda	Número de Celda	Impedancia de la Celda	Impedancia del Puente	Voltaje de la Celda	Número de Celda	Impedancia de la Celda	Impedancia del Puente	Voltaje de la Celda
1	0.401	0.026	1.409	45	0.388	0.029	1.399	89	0.365	0.041	1.410				
2	0.381	0.033	1.402	46	0.385	0.033	1.400	90	0.375	0.032	1.396				
3	0.378	0.026	1.411	47	0.365	0.464	1.414	91	0.363	0.036	1.407				
4	0.373	0.028	1.388	48	0.380	0.035	1.408	92	0.386	0.031	1.412				
5	0.394	0.029	1.391	49	0.380	0.033	1.410	93	0.396	0.028	1.385				
6	0.383	0.041	1.392	50	0.378	0.028	1.390	94	0.380	0.003	1.403				
7	0.373	0.028	1.389	51	0.363	0.036	1.384								
8	0.370	0.049	1.384	52	0.375	0.029	1.401								
9	0.376	0.028	1.382	53	0.363	0.033	1.374								
10	0.367	0.047	1.398	54	0.367	0.028	1.368								
11	0.371	0.026	1.387	55	0.360	0.036	1.396								
12	0.381	0.046	1.395	56	0.371	0.029	1.396								
13	0.386	0.028	1.407	57	0.368	0.033	1.405								
14	0.380	0.045	1.402	58	0.371	0.024	1.392								
15	0.378	0.028	1.400	59	0.363	0.036	1.408								
16	0.363	0.046	1.416	60	0.373	0.028	1.404								
17	0.360	0.281	1.414	61	0.360	0.327	1.404								
18	0.367	0.070	1.408	62	0.376	0.033	1.410								
19	0.367	0.068	1.402	63	0.358	0.042	1.411								
20	0.363	0.061	1.390	64	0.363	0.049	1.393								
21	0.371	0.059	1.379	65	0.358	0.044	1.384								
22	0.357	0.059	1.398	66	0.367	0.047	1.396								
23	0.362	0.045	1.317	67	0.378	0.050	1.388								
24	0.370	0.048	1.407	68	0.362	0.047	1.394								
25	0.358	0.047	1.393	69	0.360	0.046	1.393								
26	0.363	0.055	1.401	70	0.357	0.044	1.391								
27	0.363	0.036	1.411	71	0.363	0.055	1.414								
28	0.368	0.049	1.391	72	0.363	0.052	1.412								
29	0.368	0.048	1.393	73	0.350	0.051	1.392								
30	0.367	0.055	1.403	74	0.371	0.044	1.410								
31	0.360	0.045	1.415	75	0.370	0.049	1.390								
32	0.362	0.054	1.385	76	0.370	0.046	1.399								
33	0.363	0.367	1.407	77	0.376	0.259	1.418								
34	0.380	0.037	1.415	78	0.359	0.042	1.375								
35	0.396	0.029	1.420	79	0.368	0.039	1.395								
36	0.383	0.036	1.402	80	0.367	0.033	1.398								
37	0.381	0.029	1.398	81	0.365	0.039	1.409								
38	0.370	0.040	1.391	82	0.368	0.036	1.342								
39	0.370	0.026	1.381	83	0.362	0.039	1.393								
40	0.367	0.036	1.404	84	0.371	0.041	1.415								
41	0.383	0.026	1.415	85	0.362	0.039	1.412								
42	0.368	0.033	1.403	86	0.367	0.033	1.397								
43	0.395	0.026	1.408	87	0.383	0.040	1.416								
44	0.373	0.040	1.405	88	0.363	0.031	1.398								

Datos Adicionales Obtenidos de los Datos de la Medición:

	Promedio	Máximo	Mínimo	Dev. Estándar
Voltaje de la Celda	1.398	1.420	1.317	0.015
Impedancia de la Celda	0.371	0.401	0.350	0.010

Instrumentos Utilizados:

Medidor de Impedancia Pinza Amperimetrica	Termo-Higrometro Portátil Multimetro Digital
--	---

Observaciones:

- Bornes y Puentes con Sulfatación
 Puentes con recubrimiento de Gel
 Bornes y Puentes en buen estado sin gel

En caso de sulfatación en bornes y puentes de la batería indique el porcentaje del mismo:

Otras Observaciones: _____

Recomendaciones:

- Limpieza General de Bornes
 Limpieza General de Puentes
 Colocar Protección de Bornes y Puentes

Fuente: elaboración propia

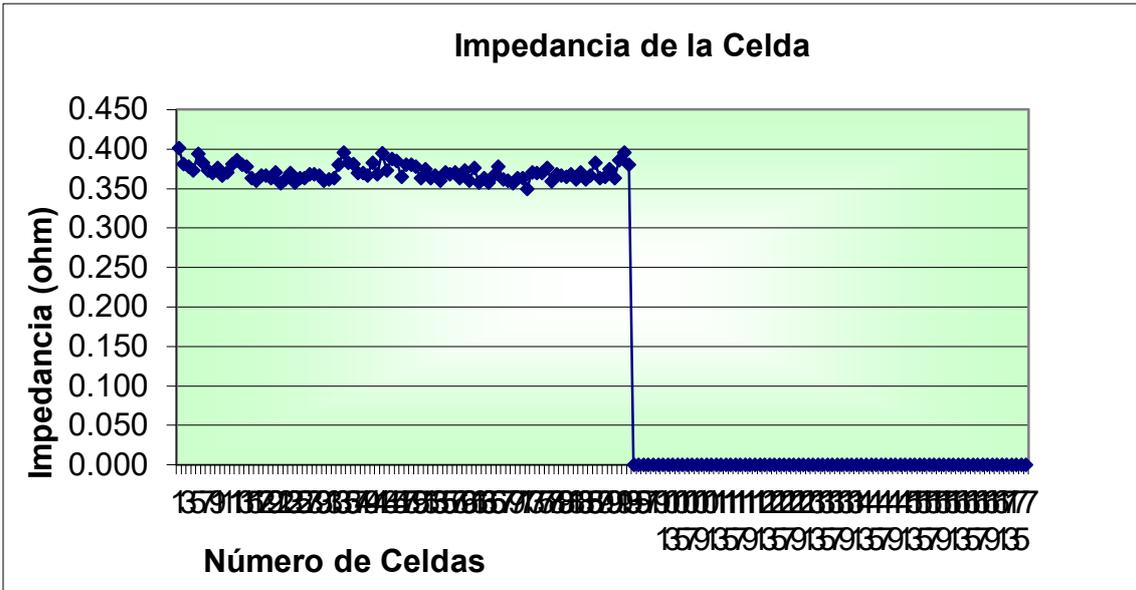


Figura 15: Impedancia de cada celda del banco de baterías
Fuente: elaboración propia

El cálculo de impedancia de la celda resulta en un nivel promedio sobre 0.35 ohm, en todas las celdas.

A medida que va envejeciendo las baterías la impedancia se incrementa según Santillán “envejecen las celdas, la impedancia interna se incrementa”, como se muestra en la figura 16.

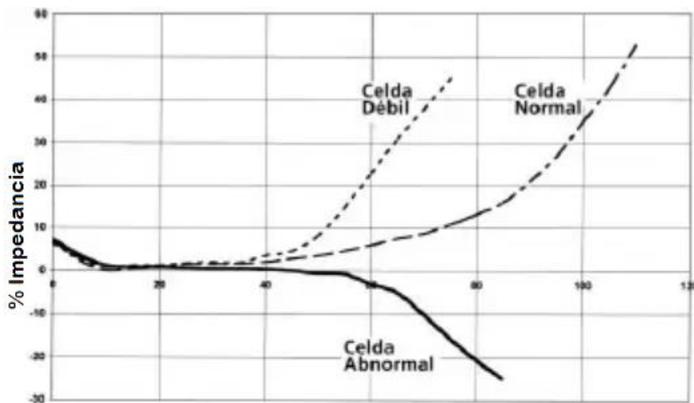


Figura 16: Cambios en impedancia como resultado de la capacidad de la batería
Fuente: Santillán, A.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Análisis de la información

En el esquema eléctrico de la alimentación ininterrumpida se observa que existen dos cargadores de batería, en este circuito explica el procedimiento del cambio del banco de baterías con sus respectivas secuencias para evitar corte de energía a los tableros de distribución 1 y 2 que alimentan a los equipos críticos de la Central de Chimay.

El cálculo de la capacidad del nuevo banco de baterías se logra con la aplicación de las siguientes fórmulas.

$$T = \frac{AH}{I}$$

Donde:

T = Tiempo

AH = Amperios hora

I = Intensidad o corriente

El banco de baterías debe ser de 560 AH y la corriente de trabajo en el sistema de corriente continua será de 45 amperios, donde se obtendrá un tiempo de autonomía de 12 horas.

La carga eléctrica se mide en la práctica por referencia a los tiempos de carga y de descarga en amperios (A). La unidad SI es el culombio (C).

$$Q = It = I(3600th)$$

El banco de baterías nuevo está conformado por 94 celdas con una tensión de clasificación de 1.2 Vdc, tensión de flotación de 1.42 Vdc y con una capacidad de 560 AH

En el circuito de la alimentación interrumpida se observa que existen dos cargadores de batería, en este circuito se explica el procedimiento del cambio del banco de baterías con sus respectivas secuencias para evitar corte de energía a los tableros de distribución 1 y 2 que alimentan a los equipos críticos de la Central de Chimay.

Por seguridad en el circuito se observa que el banco de baterías nuevo está como alimentación provisional en el momento de desmontaje del banco de baterías de retirar, luego se invierten las condiciones, el banco retirado estará como provisional hasta terminar de montar el nuevo banco de baterías en la zona de montaje definitivo.

El banco de baterías antiguo es de 450AH y se encuentra conectado en serie con una tensión de flotación 1.289 Vdc por cada celda.

Este banco será reemplazado por el banco de baterías nuevos con una capacidad de 560AH con la misma tensión de 1.42 Vdc.

Para efectuar el análisis de la información, primero nos ocupamos de la obtenida mediante el diagnóstico del banco de baterías antiguo.

Tabla 8. Capacidad del banco de baterías antiguo

BANCO DE BATERÍAS ANTIGUO 125 V		
Capacidad (AH)	450 AH	
Corriente de la carga (A)	49.8 A	49.8 A
Cálculo	9.036 h	9.036 h
Tiempo real de descarga (h)	8 h	
Tiempo normal (h)	10 h	

Fuente: elaboración propia

En la tabla 8 se observa la capacidad del banco de baterías y se observa que no cumple con el tiempo de descarga estándar de 10 horas, donde se encuentra una deficiencia del 20 %.

Tabla 9 Datos históricos de descarga del banco de batería antiguo

Años	Voltaje de descarga CC	Corriente de descarga A	Potencia kW
2006	117.6	27.2	3.20
2007	118.2	27.2	3.22
2008	116.8	24	2.80
2011	120.3	27.8	3.34
2012	113	48.7	5.50
2014	112	49.8	5.58
2015	113	48	5.42
2015	112	47	5.26

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 9 se puede identificar la deficiencia con respecto al voltaje de descarga, el cual se encuentra por debajo del valor mínimo de 114cc.

Tabla 10 Confiabilidad capacidad de tensión del banco de baterías antiguo en (ah)

Años	Voltaje de Descarga (v)	Corriente de Descarga (a)	Potencia kW	Tiempo de autonomía Real (h)	Confiabilidad del Banco de Baterías (%) en tiempo	Confiabilidad del Banco de Baterías (%) en voltaje
2006	117.6	27.2	3.20	10	100%	102%
2007	118.2	27.2	3.22	10	100%	103%
2008	116.8	24	2.80	10	100%	102%
2011	120.3	27.8	3.34	9	90%	105%
2012	113	48.7	5.50	8	80%	98%
2014	112	49.8	5.58	8	80%	97%
2015	113	48	5.42	8	80%	98%
2015	112	47	5.26	8	80%	97%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 10 se observa el tiempo de autonomía del banco de baterías durante los años 2012 hasta el 2015 se tiene una desviación del 20% este porcentaje tiene un alto riesgo por alimentar a los equipos críticos de la Central Chimay región Junín.

Mientras que la tensión también se observa que está por debajo del valor mínimo de un 3% esto tiene como consecuencia que los equipos críticos de la Central Chimay Región Junín empiecen a fallar o bloquearse, esto trae como consecuencia la inoperatividad de la Central Chimay.

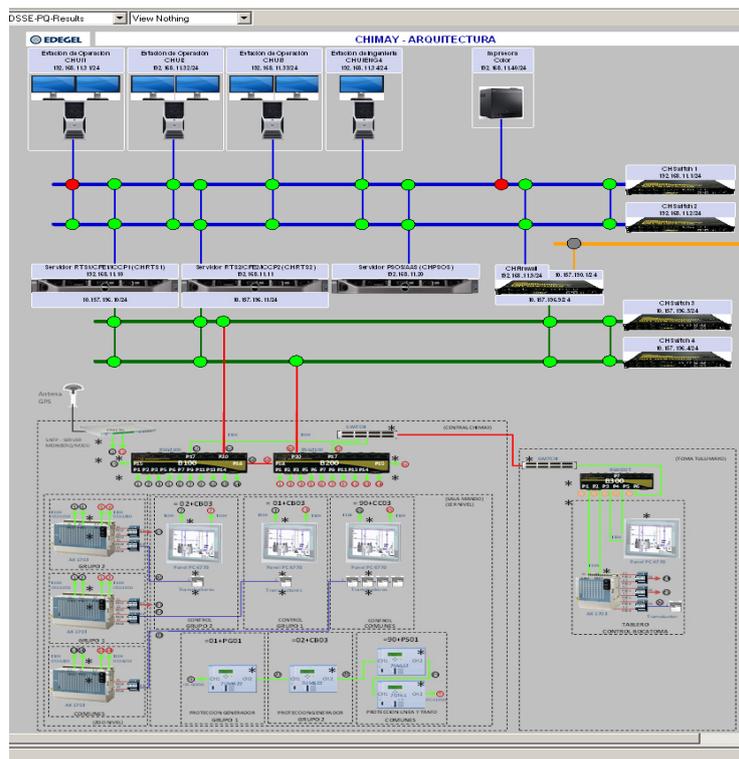


Figura 17: Sistema de control y monitoreo a tiempo real
Fuente: Enel Generación del Perú S.A.A.

El sistema de control y monitoreo está compuesto por equipos críticos, los cuales no pueden dejar de funcionar por ser equipos base para el monitoreo del sistema eléctrico.

El sistema de control y monitoreo funciona con el sistema SCADA y tiene la misión de otorgar la información requerida en línea activa a fin de ejecutar las decisiones apropiadas en cualquier instante y en tiempo real.

Tabla 11. Potencia activa (MW) del año 2012 – Central de Chimay

2012	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	0:00	2:00	4:00	6:00
enero	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
febrero	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
marzo	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
abril	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
mayo	90	90	150	90	120	150	150	150	90	F/S	60	120
junio	75	120	150	150	150	45	90	90	F/S	F/S	F/S	45
julio	F/S	45	45	45	45	45	120	90	45	F/S	F/S	F/S
agosto	F/S	F/S	75	75	75	120	120	75	F/S	F/S	F/S	F/S
septiembre	F/S	45	45	45	90	90	90	75	45	F/S	F/S	F/S
octubre	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
noviembre	120	120	150	150	90	120	150	150	90	45	F/S	90
diciembre	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

Fuente: Enel Generación del Perú

En la Tabla 11 se muestran las variaciones de potencia durante el año 2012 en la Central de Chimay y especialmente el número de falta de servicio en diferentes períodos del año.

Las evidencias de falta de servicio justifican el requerimiento de asegurar la alimentación de los equipos críticos que controlan y monitorean el sistema eléctrico.

Tabla 12 Potencia activa promedio y horas de producción - 2015

2015	Potencia Promedio MW	Producción en (h)
enero	150.000	24
febrero	150.000	24
marzo	150.000	24
abril	146.250	24
mayo	150.000	24
junio	105.833	24
julio	77.308	24
agosto	86.000	24
septiembre	80.870	24
octubre	51.818	24
noviembre	75.000	24
diciembre	118.125	24

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 12 se muestran las variaciones de potencia promedio diario durante el año en el sistema eléctrico de la Central de Chimay.

Se observa que los meses de julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre bajaron en relación a los meses anteriores.

Tabla 13 Potencia activa (MW) producida de 00:00 a 12:00 horas, 2015 - Central de Chimay

2015	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
enero	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
febrero	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
marzo	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
abril	150	150	150	150	150	150	F/S	F/S	F/S	F/S	75	150
mayo	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
junio	F/S	F/S	F/S	F/S	F/S	75	75	75	90	90	120	150
julio	F/S	45	45	45								
agosto	F/S	45	150	120	120							
septiembre	45	45	45	45	75	75	75	75	120	120	120	90
octubre	F/S	45	45	45	45	120						
noviembre	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
diciembre	75	75	75	75	75	120	120	120	150	150	150	150

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 13 se muestra la potencia producida en horas de la mañana en el sistema eléctrico de la Central de Chimay.

Asimismo, el número de fallas de servicio por cada mes, especialmente en los meses de junio, julio, agosto y octubre del año 2015.

Tabla 14 Potencia producida de 13:00 a 0:00 horas 2015 - Central de Chimay

2015	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
enero	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
febrero	150	150	150	150	F/S	F/S						
marzo	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
abril	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
mayo	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
junio	90	90	90	150	150	150	150	150	90	75	45	F/S
julio	45	F/S	F/S	45	45	75	120	120	150	150	75	45
agosto	75	75	45	F/S	45	45	90	90	90	90	90	120
septiembre	90	90	120	120	90	90	90	75	75	45	45	F/S
octubre	45	45	45	45	45	45	F/S	F/S	F/S	F/S	F/S	F/S
noviembre	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
diciembre	150	150	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 14 se observa la potencia producida en horas de la tarde y la noche durante el año 2015.

Los meses de febrero y octubre tuvieron mayor cantidad de faltas de servicio y queda la evidencia del requerimiento de garantizar la alimentación ininterrumpida de los equipos críticos con el banco de baterías.

Tabla 15 Energía y producción – 2015

2015	Promedio (MW)	Producción (horas)	Energía en MW/H
enero	150.000	24	3600.000
febrero	150.000	24	3600.000
marzo	150.000	24	3600.000
abril	146.250	24	3510.000
mayo	150.000	24	3600.000
junio	105.833	24	2540.000
julio	77.308	24	1855.385
agosto	86.000	24	2064.000
septiembre	80.870	24	1940.870
octubre	51.818	24	1243.636
noviembre	75.000	24	1800.000
diciembre	118.125	24	2835.000

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 15 se muestran la potencia y la energía promedio del día durante los 12 meses del año 2015.

La menor producción energética se visualiza en el mes de octubre del 2015.

Tabla 16 Costo de energía y costo promedio - 2018

2018	Costo energía MW/H (\$)	Costo promedio por día (\$)
enero	10	36000.000
febrero	10	36000.000
marzo	10	36000.000
abril	10	35100.000
mayo	10	36000.000
junio	10	25400.000
julio	10	18553.846
agosto	10	20640.000
septiembre	10	19408.696
octubre	10	12436.364
noviembre	10	18000.000
diciembre	10	28350.000

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 16 se muestra el costo de energía diario durante los meses del año 2018, considerando 10 dólares / MWh.

El costo de energía ha ido descendiendo paulatinamente, considerando que el año 2012 costaba \$43.68/ MWh, el año 2014 \$35.47/MWh, el año 2015 \$ 18.29/ MWh, el año 2016 costaba \$ 17.10/MWh, el año 2017 costaba \$15/MWh.

4.1.2. Resultados del tratamiento

Cálculo de la nueva capacidad del banco de baterías

El banco de baterías está conformado por 94 celdas con una tensión de clasificación de 1.2 Vdc, tensión de flotación de 1.42 Vdc y con una capacidad de 560 AH.

En el circuito de la alimentación interrumpida se observa que existen dos cargadores de batería, en este circuito se explica el procedimiento del cambio del banco de baterías con sus respectivas secuencias para evitar corte de energía a los tableros de distribución 1 y 2 que alimentan a los equipos críticos de la Central de Chimay.

Por seguridad en el esquema eléctrico se observa que el banco de baterías nuevo está como alimentación provisional en el momento de desmontaje del banco de baterías a ser reemplazado, luego de este proceso, se invierten las condiciones, el banco reemplazado queda como provisional hasta terminar de montar el nuevo banco de baterías en la zona de montaje definitivo.

El banco de baterías antiguo es de 450 AH y se encuentra conectado en serie con una tensión de flotación 1.289 Vdc por cada celda. Este banco será reemplazado por el nuevo banco de baterías motivo de la presente investigación tecnológica, con una capacidad de 560 AH con la misma tensión de 1.42 Vdc.

Es fundamental proponer el diseño de un nuevo banco de baterías que cumpla con los requerimientos exigidos para mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico.

Las especificaciones técnicas del nuevo banco de baterías, considera básicamente el incremento de la capacidad en Amper -Hora.

Cuadros comparativos de las capacidades y especificaciones técnicas del banco de baterías antiguo y nuevo.

Mediante la aplicación de fórmulas para el desarrollo de cálculos correspondientes, se determinan los valores de rediseño de la capacidad requerida para el nuevo banco de baterías.

El banco de baterías debe ser de 560 AH y la corriente de trabajo en el sistema de corriente continua será de 45 amperios, donde se obtendrá un tiempo de autonomía de 12 horas.

$$T = \frac{AH}{I}$$

Donde:

T = Tiempo

AH = Amperios hora

I = Intensidad o corriente

La carga eléctrica se mide en la práctica por referencia a los tiempos de carga y de descarga en amperios (A). La unidad SI es el culombio (C).

$$Q = It = I(3600th)$$

Tabla 17 Cálculo del banco de baterías nuevas

Banco de batería nueva 125 dc	
Capacidad (ah)	560 AH
Corriente de la Carga (a)	49.8 A
Tiempo Calculado (h)	11.24 h
Tiempo real de descarga (h)	10 h
Tiempo estándar (h)	10 h
Desviación de tiempo (%)	0%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 17 se observa los cálculos del nuevo banco de baterías que alimentara a los equipos críticos de la Central Chimay, así mismo cumple con el tiempo deseado de las 10 horas continuas.

Tabla 18 Resultados de comparación del antiguo banco de batería y nuevo banco de Baterías

Parámetros de evaluación	Antiguo Banco de baterías	Nuevo Banco de baterías	Diferencia
Capacidad (AH)	450 AH	560 AH	90 AH
Tiempo Real de descarga (H)	8 h	10 h	2 h
Tensión de flotación (Volt)	1.289 vcc	1.420 vcc	0.131vcc
Corriente (A)	49.8 A	45 A	
Tiempo standard de descarga (H)	10 h	12 h	2 h
Confiabilidad (%)	80%	100%	20%

Fuente: elaboración propia

La Tabla 18 muestra la capacidad del banco de baterías antiguo y nuevo, donde se observa que el tiempo real de descarga del banco de baterías antiguo es de 8 hora, este tiempo insuficiente para garantizar la continuidad de servicio de los equipos críticos de la central Chimay, las 8 horas representa el 80% de confiabilidad.

Mientras que el banco de baterías nuevo tiene una confiabilidad del 98% que garantizara la confiabilidad de alimentación ininterrumpida de los equipos críticos de la Central Chimay.

Este nuevo banco, considera en su rediseño una mejorar la autonomía, considerando que el tiempo de funcionamiento posee como mínimo 10 horas de trabajo continuo y la confiabilidad de lograr el tiempo deseado, ya que el banco de baterías antiguo no cumple el tiempo estimado por la cual fue diseñado.

Tiempo de descarga del nuevo banco de baterías.

Según las descargas del banco de baterías nuevo se evalúa la confiabilidad del banco de la autonomía de las 10 horas establecidas y con una tensión de descarga de 118vcc.

Tabla 19. Confiabilidad capacidad y tensión del banco de baterías nuevo en (ah)

Años	Voltaje de Descarga (v)	Corriente de Descarga (a)	Potencia kW	Tiempo de autonomía Real (h)	Confiabilidad del Banco de Baterías (%) en tiempo	Confiabilidad del Banco de Baterías (%) en voltaje
2006	121	27.2	3.29	10	100%	105%
2007	121	27.2	3.29	10	100%	105%
2008	120	24	2.88	10	100%	104%
2011	119	27.8	3.31	10	100%	103%
2012	119	48.7	5.80	10	100%	103%
2014	119	49.8	5.93	10	100%	103%
2015	118	48	5.66	10	100%	103%
2015	118	47	5.55	10	100%	103%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 19 se observa que la autonomía del banco de baterías nuevos es confiable por motivo que mantiene el tiempo deseado de las 10 horas, y con una tensión de las baterías esta sobre 3% de la tensión mínima.

En el circuito de la alimentación ininterrumpida se observa que existen dos cargadores de batería, en este circuito se explica el procedimiento del cambio del banco de baterías con sus respectivas secuencias para evitar corte de energía a los tableros de distribución 1 y 2 que alimentan a los equipos críticos de la Central de Chimay.

El banco de baterías antiguas es de 450AH y se encuentran conectadas en serie con una tensión de flotación 1.289 Vdc por cada celda.

Este banco será reemplazado por el banco de baterías nuevos con una capacidad de 560 AH con la misma tensión de 1.42 Vdc.

La anomalía se ha generado con el código 10160735, referido al diseño de autonomía del banco de baterías 125 Vdc de la Central Chimay, que fue generado el 30 de abril de 2015, luego se calcula la nueva capacidad del banco de baterías, bajo estas condiciones se realizan las especificaciones técnicas para el nuevo banco de baterías.

Dos días antes del montaje del nuevo banco de baterías se realizará el montaje provisional en el exterior de la Central, para realizar la carga de las baterías a una tensión de flotación.

Para el cambio del banco de baterías se programará una indisponibilidad de la Central Chimay.

Se realizará una programación semanal, una vez programado el cambio del banco de baterías se deben elaborar los siguientes documentos.

- Procedimiento de trabajo
- Permiso de trabajo
- IPER: identificación de peligros y evaluación de riesgos
- IAA: impactos, aspectos ambientales
- Charla preoperacional

Luego se realizarán las desconexiones de los terminales principales (positivo y negativo) y la conexión al nuevo banco de batería que se encuentra en el exterior, con el objetivo de evitar cortes de energía por tiempo prolongado, luego se procederá a la desconexión de los puentes que unen a cada celda de las baterías. Se efectuará el montaje de estas baterías al exterior de la Central, a fin de conectar a la carga mientras se realiza el montaje del rack del nuevo banco de baterías.

Durante las pruebas de tensión de flotación del nuevo banco de baterías, se obtienen resultados dentro del estándar, de la misma forma los valores de densidad son normales.

Este banco será reemplazo por el banco de baterías nuevos con una capacidad de 560 AH con la misma tensión de 1.42 Vdc.

El nuevo banco de baterías se contará con una confiabilidad del 98% respecto a las baterías antiguas que contaban con una confiabilidad de 80% logrando mejorar un 18% de confiabilidad a la central Chimay.

Tiempo de respuesta

El tiempo de respuesta de conmutación después que se va la alimentación de retorno para arrancar el grupo diésel es de 50 segundos mientras que el banco de baterías tiene un tiempo de respuesta de 20 segundos, esto ocasiona un riesgo para los equipos críticos de la central Chimay donde se alimentaran con su propia fuente interna, estas fuentes internas no son confiables por los años de servicio que cuenta dicha Central Chimay.

Aquí podemos observar los diferentes tiempos de conmutación del sistema ininterrumpidos de los equipos críticos de la Central Chimay de la Región Junín, mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MUC2500.

Tabla 20 Tiempo de respuesta antiguo

Tiempo de conmutación con banco nuevo	
Grupo diésel	50 segundos
Baterías antiguas	20 segundos

Fuente: elaboración propia

En la tabla 20 se observa que el tiempo de conmutación del sistema eléctrico ininterrumpido de los equipos críticos de la central Chimay es de 20 segundos.

Tabla 21 Tiempo de respuesta nuevo

Tiempo de conmutación con banco nuevo	
Grupo diésel	50 segundos
Baterías nuevas	0.5 segundos

Fuente: elaboración propia

En la tabla 21 se logra a optimizar el tiempo de conmutación reduciendo un 90% quiere decir que de inmediato ingresa la alimentación ininterrumpida en un tiempo 0.5 segundos a los equipos críticos de la central Chimay de la Región Junín mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MCU2500.

Perdidas económicas

Según Krugman “Las pérdidas económicas es cuando los beneficios son negativos, es decir los ingresos son inferiores al costo total”.

En consideración de Krugman las pérdidas económicas en la investigación se consideran a la disminución de la generación eléctrica por falta de alimentación ininterrumpida de los equipos críticos de la Central Chimay.

Tabla 22 Costo de energía promedio durante 12 meses

2012	Promedio (MW)	Producción (h)	Energía en MW/h	Costo de Energía (\$)	Costo de energía día (\$)
Enero	150.00	24	3600	\$ 20.00	\$ 72,000.00
Febrero	150.00	24	3600	\$ 20.00	\$ 72,000.00
Marzo	150.00	24	3600	\$ 20.00	\$ 72,000.00
Abril	150.00	24	3600	\$ 20.00	\$ 72,000.00
Mayo	114.55	24	2749	\$ 20.00	\$ 54,981.82
Junio	101.67	24	2440	\$ 20.00	\$ 48,800.00
Julio	60.00	24	1440	\$ 20.00	\$ 28,800.00
Agosto	90.00	24	2160	\$ 20.00	\$ 43,200.00
Septiembre	65.63	24	1575	\$ 20.00	\$ 31,500.00
Octubre	75.00	24	1800	\$ 20.00	\$ 36,000.00
Noviembre	115.91	24	2782	\$ 20.00	\$ 55,636.36
Diciembre	150.00	24	3600	\$ 20.00	\$ 72,000.00
Costo Total					\$ 658,918.18
Costo Maximo					\$ 72,000.00
Costo Mínimo					\$ 28,800.00
Costo Promedio					\$ 54,909.85

Fuente: elaboración propia

Tabla 23 Costo de energía promedio durante 12 meses

2015	Promedio (MW)	Producción (h)	Energía en MW/h	Costo de Energía (\$)	Costo de energía día (\$)
Enero	150	24	3600	\$ 10.00	\$ 36,000.0
Febrero	150	24	3600	\$ 10.00	\$ 36,000.0
Marzo	150	24	3600	\$ 10.00	\$ 36,000.0
Abril	146	24	3510	\$ 10.00	\$ 35,100.0
Mayo	150	24	3600	\$ 10.00	\$ 36,000.0
Junio	106	24	2540	\$ 10.00	\$ 25,399.9
Julio	77	24	1855	\$ 10.00	\$ 18,553.9
Agosto	86	24	2064	\$ 10.00	\$ 20,640.0
Septiembre	81	24	1941	\$ 10.00	\$ 19,408.8
Octubre	52	24	1244	\$ 10.00	\$ 12,436.3
Noviembre	75	24	1800	\$ 10.00	\$ 18,000.0
Diciembre	118	24	2835	\$ 10.00	\$ 28,350.0
Costo Maximo					\$ 36,000.0
Costo Mínimo					\$ 12,436.3
Costo Promedio					\$ 26,824.1

Fuente: elaboración propia

Al no tener confiable el banco de batería se estaría perdiendo el 100% de generación diario equivalente a 36.000 dólares.

En la tabla 22 del 2012 y 23 del 2015 se muestra las pérdidas del 8.3 % del costo promedio anual diario de generación por lo tanto es de suma importancia la optimización de la confiabilidad del sistema eléctrico ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MCU2500.

La alimentación de retorno y de emergencia se tiene una probabilidad de falla 3 veces al año donde los bancos de baterías deberán estar en óptimas condiciones y con una alta confiabilidad, para responder ante esta emergencia asumiendo las cargas críticas de la Central Chimay.

La central Chimay está ubicada en el distrito de Monobamba provincia de Jauja Región Junín y está conectada a la cola del sistema eléctrico nacional interconectado, cuando se tiene problemas en la línea de transmisión la central Chimay dispara donde de inmediato ingresa el sistema de motorización remota MCU2500 al banco de baterías para alimentar a los equipos críticos de la central Chimay hasta que arranque el grupo electrógeno.

- **Al fallar este banco de baterías se tiene las siguientes consecuencias.**

Sistema de inyección pivote dejara de inyectar presión a los cojinetes del generador y esto trae como consecuencia la destrucción de los cojinetes.

Tiempo promedio de reparación los cojinetes de los generadores es 7 días de pérdidas de generación eléctrica, equivalente \$ 187,768.56 dólares.

Regulador de tensión y regulador de velocidad.

Potencial riesgo de pérdidas de configuración del software de los reguladores de tensión y velocidad, el tiempo de reparación promedio es de 10 días de pérdidas de generación eléctrica, es equivalente \$ 268,240.80 dólares.

Relés de protección de los generadores, transformadores de potencia y líneas de transmisión.

Potencial riesgo de pérdidas de configuración del software de los relés de protección, el tiempo de reparación promedio es de 4 días de pérdidas de generación eléctrica, es equivalente \$ 107,296.32 dólares.

Tabla 24 de costos perdidos durante el cambio de los equipos críticos de la Central Chimay

Costo perdido por central fuera de servicio durante 7 días (Cambio cojinetes)	\$ 187,768.56
Costo perdido por central fuera de servicio durante 10 días (Regulador de tensión y velocidad)	\$ 268,240.80
Costo perdido por central fuera durante 4 días (cambio de los relés de protección generadores y transformadores).	\$ 107,296.32
Costo total	\$ 563,305.68

Fuente: elaboración propia

En la tabla 24 se observa los costos que se perderán al no contar con el banco de batería confiable será la suma de \$ 563,305.68 dólares.

Tabla 25 Del VAN y TIR considerando 4 días de pérdida de generación

Año	Flujo de Efectivo	Valor Presente	Interés	22.305876%
0	-304490	-S/.304,490.00		
1	107296.32	S/.87,727.85		
2	106400.32	S/.71,129.26		
3	106896.32	S/.58,427.97		
4	106896.80	S/.47,772.22		
5	107917.80	S/.39,432.70		
Valor Presente Neto (VPN):		-S/.0.00		
		- 0.00		
Tasa de Interés de Retorno (TIR):				22.305876%

Fuente: elaboración propia

La tasa interna de retorno es de 22.305 % durante los 5 años por lo cual considerando 4 días de pérdida de generación de la Central Chimay, esto es siendo muy optimistas con el tiempo de cambio y/o reparación de los equipos críticos de la Central Chimay.

Si consideramos las pérdidas totales de todos los equipos críticos de la Central Chimay como es los cojinetes del generador, reguladores de tensión y velocidad, relés de protección de los generadores y transformadores de potencia se tiene una 54 % respecto a las pérdidas totales durante los 10 días de no generar energía eléctrica por cambio de los equipos críticos, por lo cual es de suma importancia la optimización de la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MCU2500.

Tabla 26 Inversión y pérdida de generación durante 10 días de generación.

Costo de inversión	\$ 304,490.00
Costo de Perdida	\$ 563,305.68
Porcentaje de inversión	54%

Fuente: elaboración propia

Tabla 27 Especificaciones técnicas del nuevo banco de baterías y el costo.

CHINANGO					
CHIMAY					
5	CARGADOR DE BATERIA				
	Capacidad	125VDC / 180A			
	Marca:	BENNING			
	Modelo:	TEBECHOP			
	Procedencia:	ALEMANIA			
6	BANCO DE BATERÍA				
	Capacidad	1.2V / 560Ah	GLB.	1	304490,00
	Marca:	SEC BATTERY			304490,00
	Modelo:	NIQUEL CADMIO			
	Procedencia:	INGLATERRA			
	Tiempo de Autonomia	8 horas			
	Expectativa de vida	mayor a 20 años en condiciones			
	Incluye Rack				
	Incluye 05 Celdas de Repuesto				

Fuente: elaboración propia

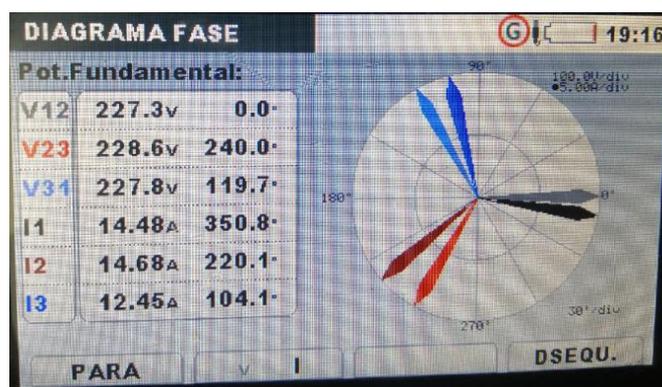
En la tabla 27 se observa los datos técnicos del banco de baterías y cargador con su respectivo costo de inversión.



**Figura 18: Conexión del nuevo banco de baterías 125 Vdc con capacidad de 560 AH.
Fuente: elaboración propia**

En la Figura 18 se muestra la conexión del banco de baterías en serie y la nueva capacidad de 560 AH, con este rediseño se logra incrementar la tensión en los terminales con 94 celdas en total.

Calidad de la energía que alimenta al cargador del nuevo banco de baterías, se observa con una buena calidad, así como se muestra en las figuras y tablas en adelante.



**Figura 19: Diagrama de desfase de tensión respecto a la corriente
Fuente: elaboración propia**

En el diagrama de fase se observa que la corriente se encuentra en atraso respecto a la tensión en 30°.



Figura 20: Datos de corriente en el controlador MCU 2500
Fuente: elaboración propia

En el analizador de redes Metrel MI 2883 se observa que la potencia reactiva se encuentra en negativo, es por motivo de que el banco de baterías se encuentra con carga de flotación, por ende, se comporta como si fuera una carga capacitiva.



Figura 21: Potencia activa, reactiva, aparente y factor de potencia
Fuente: elaboración propia

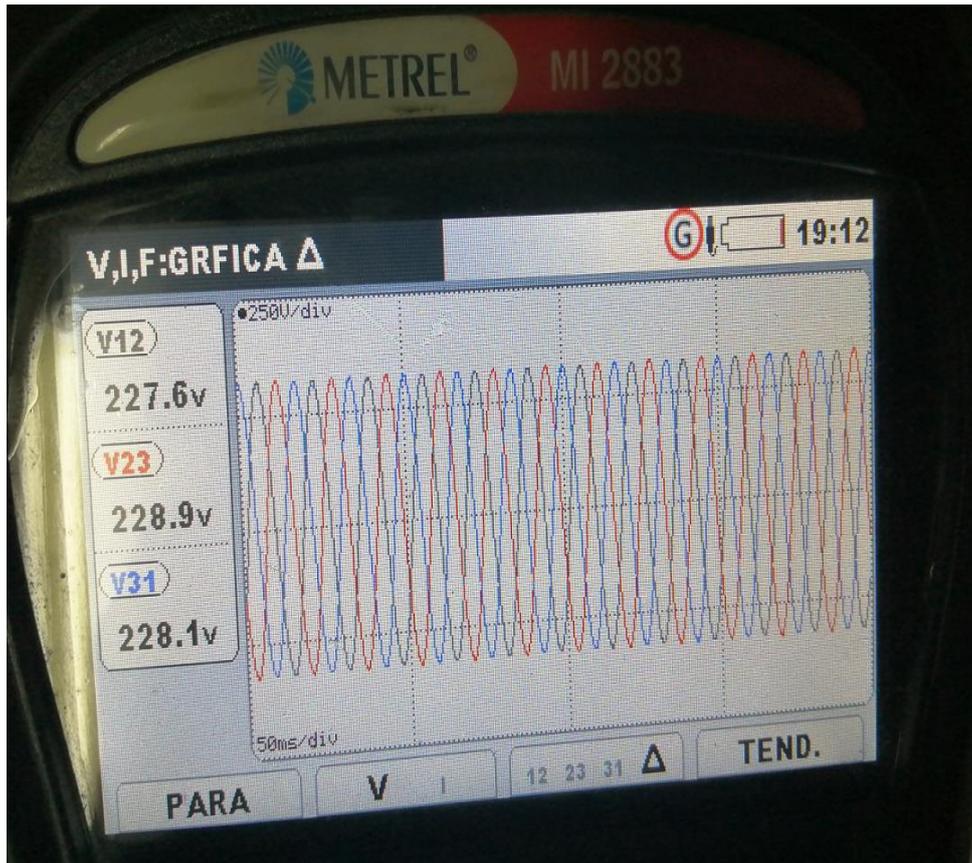


Figura 22: Gráfica sinusoidal de tensiones de las Fases (U, V y W)
Fuente: elaboración propia

Se observa la imagen del analizador de redes, así como la pantalla del IHM del controlador MCU 2500 coinciden los valores negativos de la potencia reactiva.

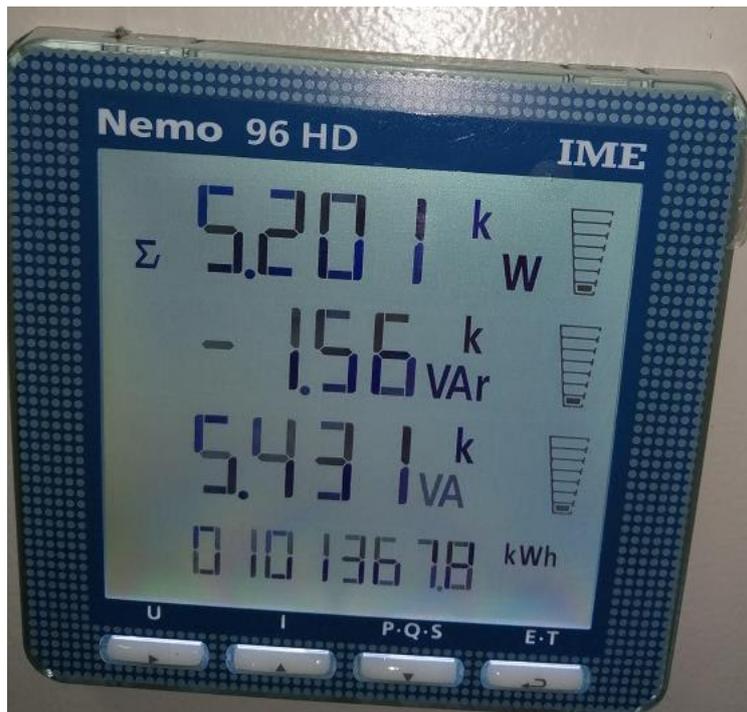


Figura 23: Potencia activa, reactiva aparente en el IHM del controlador MCU 2500
Fuente: elaboración propia



Figura 24: Factor de potencia, frecuencia y números de horas de funcionamiento
Fuente: elaboración propia

Los valores y gráficos son editados por medio del software Metrel PowerView V3 propio del instrumento de medición. La información fue descargada el 5 de julio de 2019.

Información diversa
 Descargado el: 5/07/2019 19:22:36.303
 Descargado por: Claver Tapia Campos
 Descargado utilizando: Metrel PowerView v3.0.0.3855 (64-bit), es-PE
 Versión de Windows: Windows 10 64-bit (Microsoft Windows NT 10.0.10240.0)

Alarmas medidas según registros, se observa que en la fase U hay una caída de tensión del 8 % por un tiempo promedio de 200ms por motivo que la corriente se elevó a 102Amp por un tiempo de 1s así como se muestra en la imagen.

Alarm Settings
 Quantity: U1, Fase: L1, Nivel: > 235.00 V, Duración: > 200 ms
 Quantity: U1 a5, Fase: L1, Nivel: > 8.00 %, Duración: > 200 ms
 Quantity: U1 a7, Fase: L1, Nivel: > 8.00 %, Duración: > 200 ms
 Quantity: u, Fase: T, Nivel: > 2.00 %, Duración: > 200 ms
 Quantity: THD U1, Fase: L1, Nivel: > 8.00 V, Duración: > 200 ms
 Quantity: Pst(1min)1, Fase: L1, Nivel: > 1.00, Duración: > 10 m 0 s
 Quantity: I1, Fase: L1, Nivel: > 105.00 A, Duración: > 1 s

Figura 25: Alarmas durante las pruebas eléctricas
 Fuente: elaboración propia

Estos eventos de caídas de tensión son ocasionados por los arranques de las cargas auxiliares de los generadores.

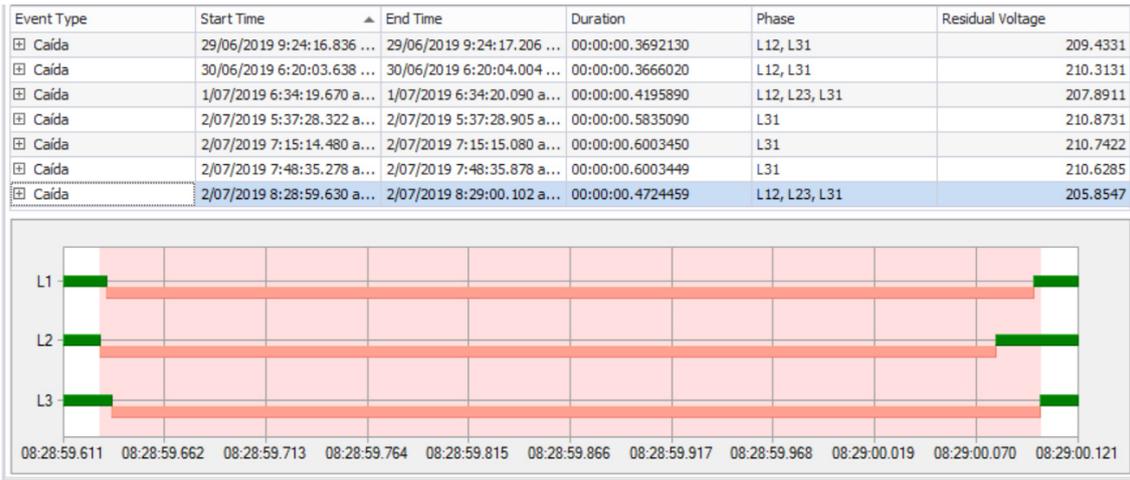


Figura 26 Eventos de caídas de tensión durante los 4 días de pruebas eléctricas
 Fuente: elaboración propia

Tabla 28 Datos para el estudio

FECHA	FASE "U"			FASE "V"			FASE "W"		
junio									
28-jun	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
29-jun	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
30-jun	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
julio									
01-jul	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
02-jul	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Total general	171.00								

Fuente: elaboración propia

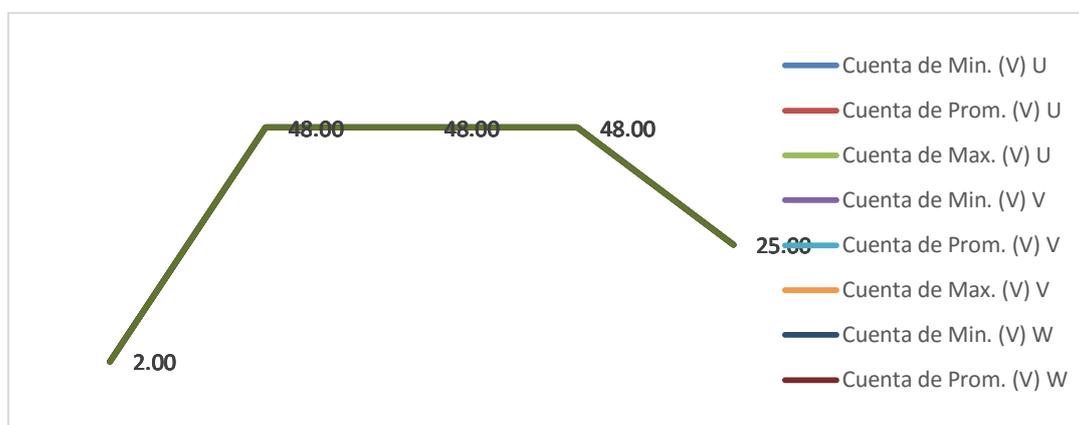


Figura 27: Gráfica de números de datos eléctricos para el estudio

Fuente: elaboración propia

Tabla 29 Valores de tensión mínimo, promedio y máximo de 4 días

Fecha	FASE "U"			FASE "V"			FASE "W"		
	Mín. de Min. (V) U	Prom. de Prom. (V) U	Máx. de Max. (V) U	Mín. de Min. (V) V	Prom. de Prom. (V) V	Máx. de Max. (V) V	Mín. de Min. (V) W	Prom. de Prom. (V) W	Máx. de Max. (V) W
Jun									
28-jun	216.45	226.08	227.05	218.48	227.76	228.64	214.96	226.53	227.62
29-jun	212.45	226.82	229.31	213.53	227.86	230.08	212.43	227.35	229.80
30-jun	212.82	227.32	229.22	214.26	228.52	230.20	212.88	227.87	229.80
Jul									
01-jul	210.42	226.94	229.37	211.61	228.04	230.15	209.88	227.42	229.73
02-jul	208.48	225.56	229.35	209.69	226.16	229.96	207.86	226.08	229.63
Total general	171	171	171	171	171	171	171	171	171

Fuente: elaboración propia

Tabla 30 Datos de corriente mínimos, promedio y máximo de 4 días consecutivos

Fecha	FASE U			FASE V			FASE W		
	Mín. de Min.	Prom. de Prom.	Máx. de Max.	Mín. de Min.	Prom. de Prom.	Máx. de Max.	Mín. de Min.	Prom. de Prom.	Máx. de Max.
	(I) U	(I) U	(I) U	(I) V	(I) V	(I) V	(I) W	(I) W	(I) W
Jun									
28-jun	14.26	15.18	16.09	14.01	15.09	16.15	12.36	12.94	13.53
29-jun	13.77	14.92	102.48	13.55	14.86	102.28	11.85	12.70	27.88
30-jun	13.74	15.09	32.79	13.41	14.95	32.62	11.96	12.81	27.91
Jul									
01-jul	13.86	15.07	56.74	13.65	14.93	56.81	11.96	12.71	27.69
02-jul	13.89	15.11	33.51	13.57	14.98	33.08	11.94	12.80	28.26
Total general	171	171	171	171	171	171	171	171	171

Fuente: elaboración propia

Tabla 31 Datos de frecuencia mínimo, promedio y máximo de 4 días consecutivos

Fecha	Mín. de f(Min) [Hz]	Promedio de f(ProAct) [Hz]	Máx. de f(Max) [Hz]
Jun			
28-jun	59.94	60.00	60.05
29-jun	59.87	60.00	60.13
30-jun	59.89	60.00	60.14
Jul			
01-jul	59.79	60.00	60.18
02-jul	59.89	60.00	60.15
Total general	59.79	60.00	60.18

Fuente: elaboración propia

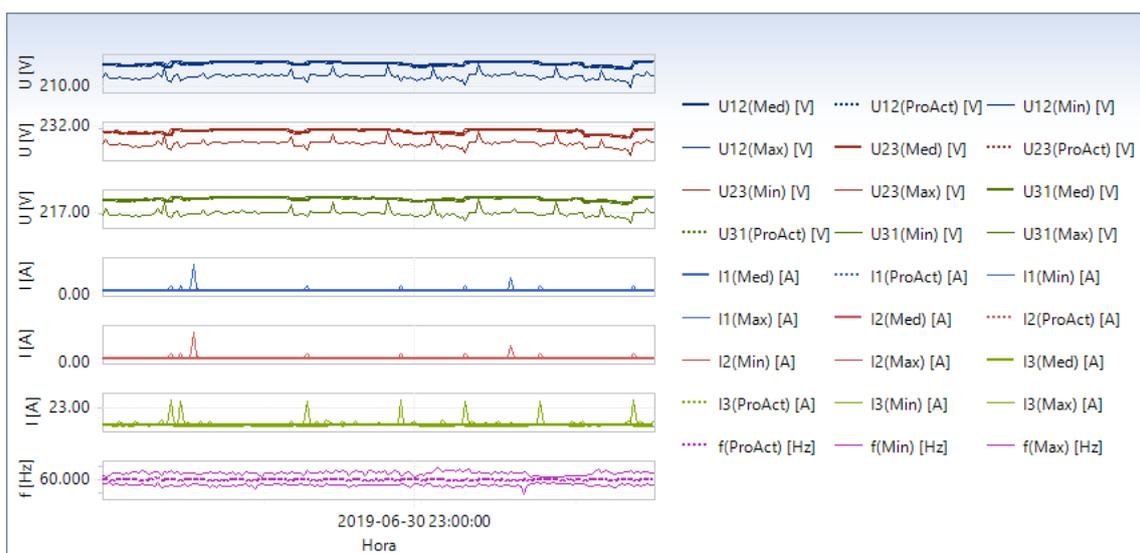


Figura 28: En la gráfica se observan valores de tensión, corriente y frecuencia

Fuente: elaboración propia

Tabla 32 Desviación de tensión máxima y mínima

Fecha	Máx. de Uover (U) [%]	Máx. de Uover (V) [%]	Máx. de Uover (W) [%]	Mín. de Uunder (U) [%]	Mín. de Uunder (V) [%]	Mín. de Uunder (W) [%]
jun						
28-jun	1.901	2.654	2.114	0.004	0.003	0.004
29-jun	2.834	3.309	3.054	0.003	0.003	0.003
30-jun	2.825	3.358	3.086	0.003	0.003	0.003
jul						
01-jul	2.902	3.309	3.055	0.003	0.003	0.003
02-jul	2.862	3.268	3.028	0.003	0.003	0.003
Total general	171	171	171	171	171	171

Fuente: elaboración propia

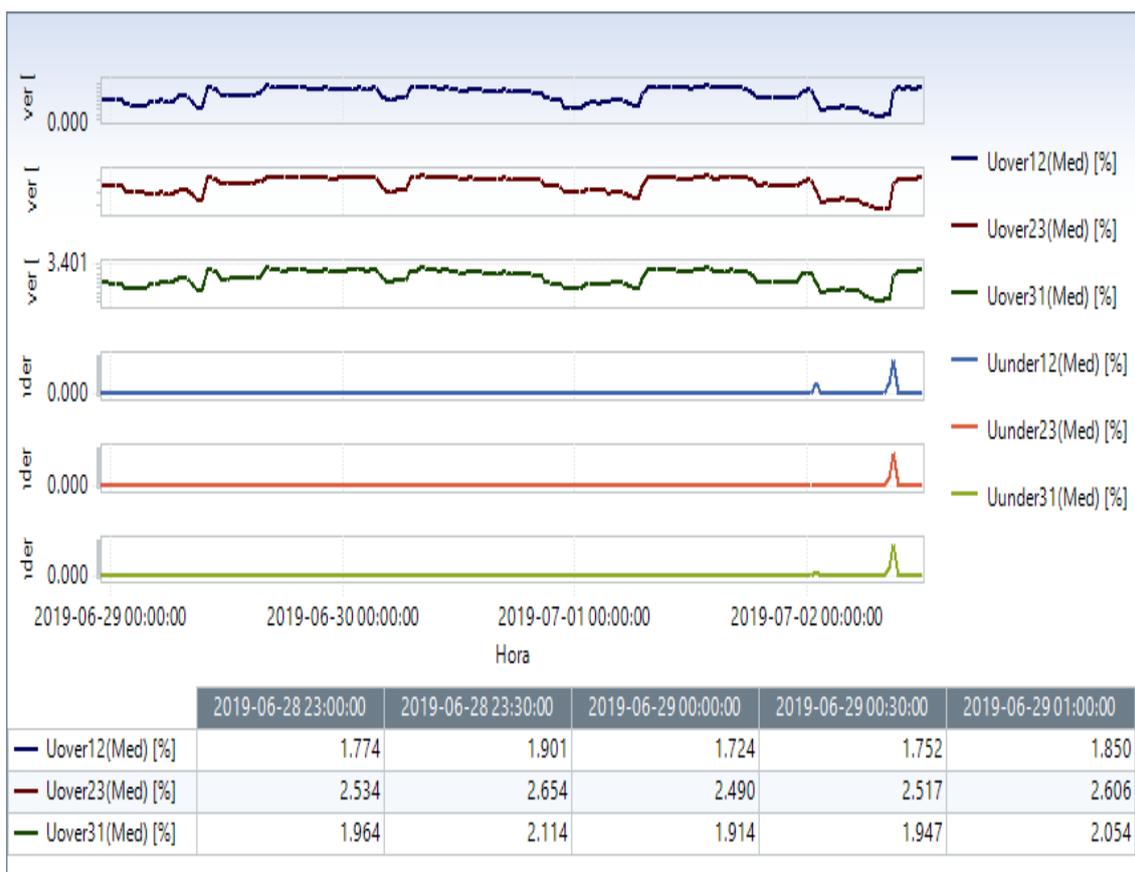


Figura 29: Grafica de desviación de tensión máxima y mínima

Fuente: elaboración propia

El Factor de Cresta (CF) es otra característica de la forma de onda. Esto se define como la relación entre el valor pico y su valor eficaz de la onda, que es

igual a 1,41 para una onda senoidal. La medición de CF, nos indica un tipo de distorsión que es importante para algunos problemas, pero es también limitado para indicar distorsiones generales.

Tabla 33 Datos de factor de cresta de tensión de las fases (U, V y W)

Fecha	Min. Fase (U)	Prom. Fase (U)	Max. Fase (U)	Min. Fase (V)	Prom. Fase (V)	Max. Fase (V)	Min. Fase (W)	Prom. Fase (W)	Max. Fase (W)
jun									
28-jun	1.422	2.851	2.944	2.836	2.842	2.928	2.836	2.842	2.947
29-jun	1.407	68.42	70.506	68.197	68.526	70.38	67.94	68.324	70.579
30-jun	1.409	68.37	70.092	68.163	68.456	70.075	67.911	68.24	70.294
jul									
01-jul	1.412	68.543	70.545	68.213	68.48	70.389	68.001	68.313	70.733
02-jul	1.409	35.903	36.811	35.653	35.863	36.739	35.645	35.916	36.999
Total general		171	171	171	171	171	171	171	171

Fuente: elaboración propia

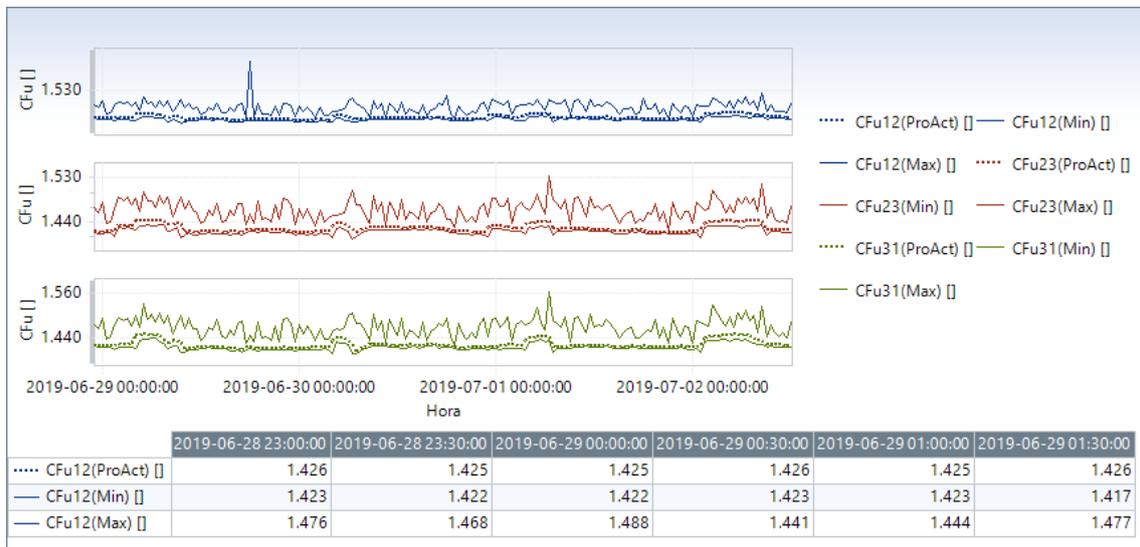


Figura 30. Gráfica de factor de cresta de tensión de las fases (U, V y W)

Fuente: elaboración propia

Tabla 34 Factor de cresta de corriente de las fases (U, V, y W)

Fecha	Min. Fase (U)	Prom. Fase (U)	Max. Fase (U)	Min. Fase (V)	Prom. Fase (V)	Max. Fase (V)	Min. Fase (W)	Prom. Fase (W)	Max. Fase (W)
jun									
28-jun	1.47	1.59	1.76	1.52	1.61	1.76	1.49	1.57	1.74
29-jun	1.29	1.58	4.39	1.30	1.64	3.26	1.43	1.60	2.11
30-jun	1.42	1.58	3.95	1.43	1.64	2.65	1.43	1.61	2.51
jul									
01-jul	1.43	1.59	2.75	1.42	1.65	3.61	1.42	1.60	2.26
02-jul	1.42	1.58	2.02	1.44	1.64	1.86	1.42	1.59	2.00
Total general	1.29	1.58	4.39	1.30	1.64	3.61	1.42	1.60	2.51

Fuente: elaboración propia

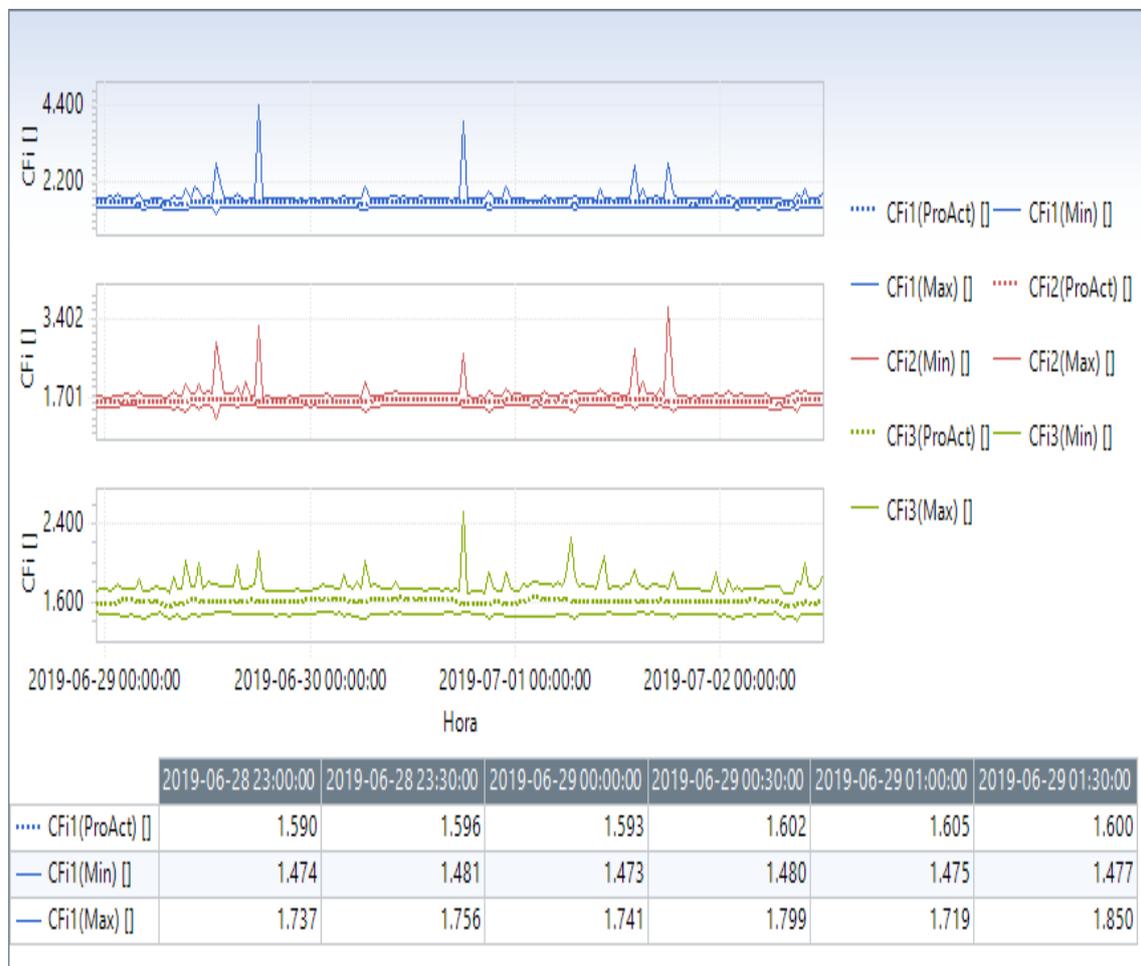


Figura 30: Gráfica de factor de cresta de corriente de las Fases (U, V y W)

Fuente: elaboración propia

Dentro del consumo de energía es variable debido a que el motor de inyección pivote de los generadores arranca cuando el generador se activa o

para por recuperación de nivel de embalse, esta es la causa de que se tenga pico de consumo, en algún momento coincidieron con registro de control del analizador de redes.

Qué es la potencia activa combina: es la potencia que se paga incluyendo las perturbaciones armónicas.

Tabla 35 Datos de energía y potencia activa combinada

Fecha	Energía máxima [Kw/h]	Mín. potencia [kW]	Promedio potencia [kW]	Máxima potencia [kW]
jun				
28-jun	2.72	5.33	5.43	5.55
29-jun	2.71	5.11	5.35	11.81
30-jun	2.75	5.19	5.41	11.96
jul				
01-jul	2.74	5.20	5.38	11.90
02-jul	2.70	5.20	5.37	11.87
Total general	171	171	171	171

Fuente: elaboración propia

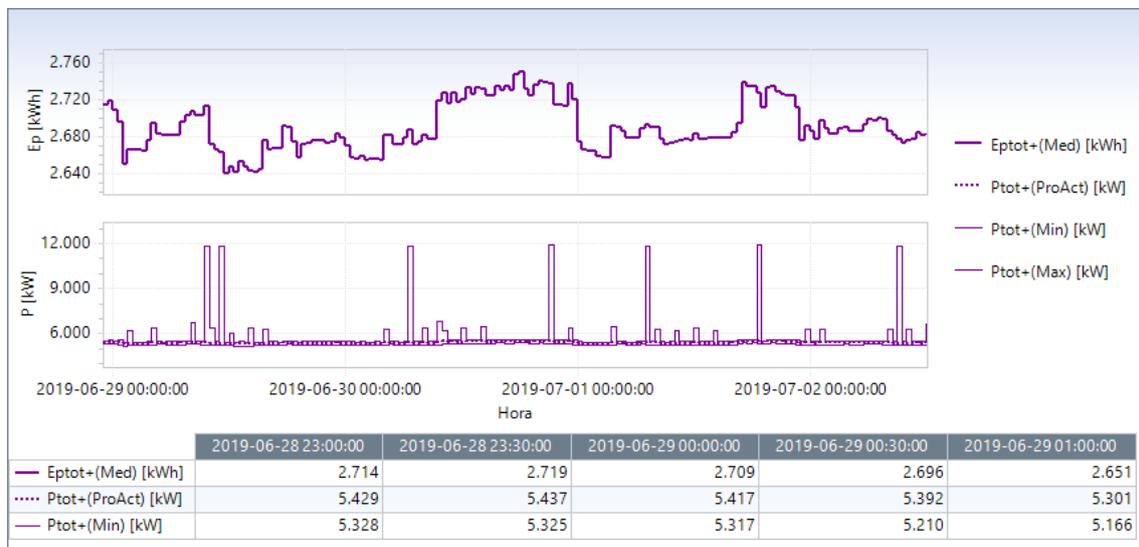


Figura 31: Energía, potencia activa mínima, promedio, máxima.
Fuente: elaboración propia.

Tabla 36 Potencia reactiva combinada valores negativos

Fecha	Mín. de Ntotcap- (Min) [kvar]	Promedio de Ntotcap- (ProAct) [kvar]	Máx. de Ntotcap- (Max) [kvar]
jun			
28-jun	-1.36	-1.45	-1.48
29-jun	-1.11	-1.43	-2.01
30-jun	-1.30	-1.45	-1.97
jul			
01-jul	-1.26	-1.44	-2.00
02-jul	-1.25	-1.41	-1.86
Total general	171	171	171

Fuente: elaboración propia

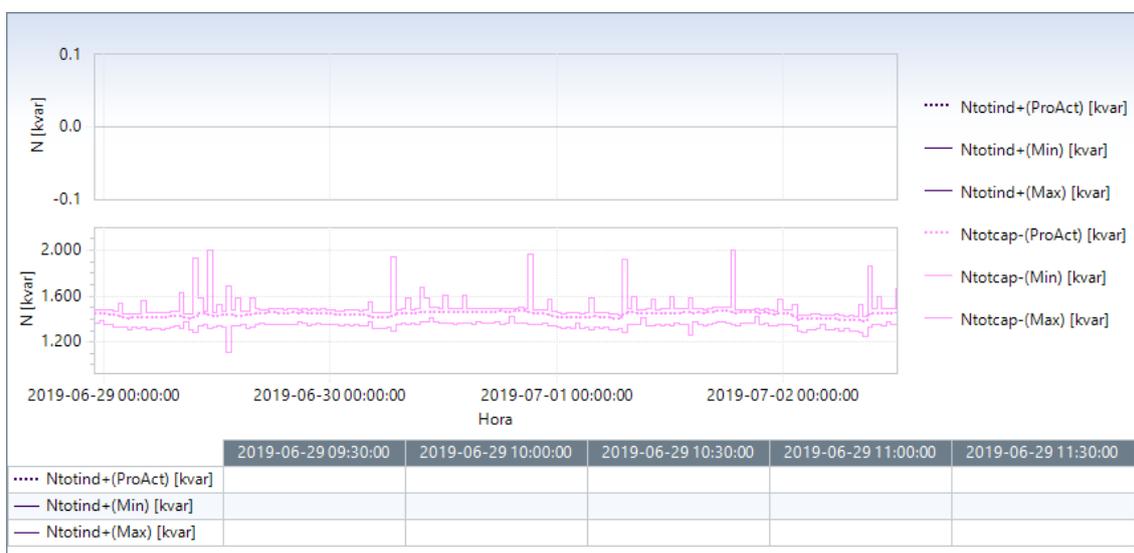


Figura 32: Potencia reactiva combinada negativa

Fuente: elaboración propia

Los valores de potencia reactiva son negativos por motivo que el banco de baterías de 125 Vdc se encuentra a una tensión de flotación y se comportan como condensadores.

Tabla 37 Potencia aparente y factor de potencia combinado

Fecha	Mín. P. Aparente [kVA]	Prom. P. Aparente [kVA]	Máx. P. Aparente [kVA]	Mínimo Factor Potencia	Promedio Factor Potencia	Máximo Factor Potencia
jun						
28-jun	5.56	5.67	5.80	0.95	0.96	0.96
29-jun	5.40	5.59	33.17	0.16	0.96	0.98
30-jun	5.44	5.65	12.19	0.94	0.96	0.98
Jul						
01-jul	5.44	5.62	18.53	0.30	0.96	0.98
02-jul	5.44	5.61	12.08	0.95	0.96	0.98
Total general	171	171	171	171	171	171

Fuente: elaboración propia

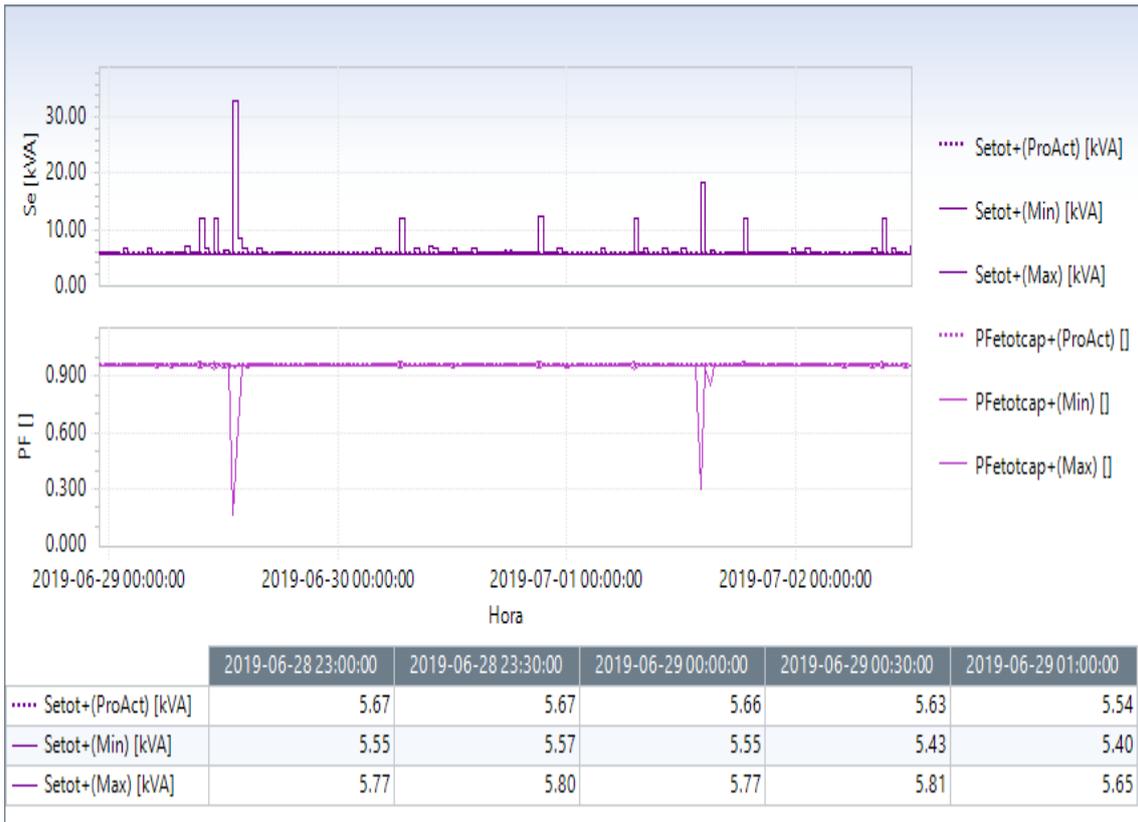


Figura 33: Gráfica de potencia aparente y factor de potencia
Fuente: elaboración propia

Se observa que la potencia aparente se incrementa; así mismo, el factor de potencia baja es probable que coincidió el arranque de motores DC del sistema de inyección pivote de los generadores al momento de parar y/o arranque. Tiene potencia fundamental.

Tabla 38 Potencia activa fundamental

Fecha	Mín. Potencia Fundamental [kW]	Prom. Mín. Potencia Fundamental [kW]	Máx. Mín. Potencia Fundamental [kW]
jun			
28-jun	5.29	5.40	5.51
29-jun	5.11	5.31	11.72
30-jun	5.16	5.38	11.88
jul			
01-jul	5.17	5.35	11.81
02-jul	5.17	5.34	11.78
Total general	171	171	171

Fuente: elaboración propia

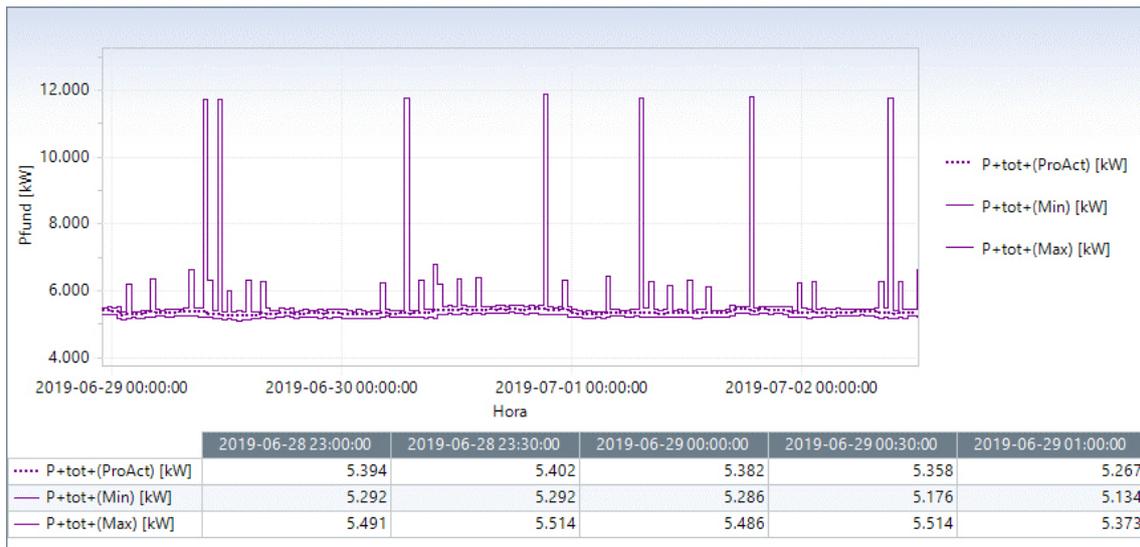


Figura 34: Gráfica de potencia activa fundamental
Fuente: elaboración propia

Tabla 39 Potencia reactiva fundamental

Fecha	Mín. Potencia Fundamental [kvar]	Promedio Potencia Fundamental [kvar]	Máx. Potencia Fundamental [kvar]
Jun			
28-jun	-1.32	-1.41	-1.44
29-jun	-1.22	-1.39	-1.93
30-jun	-1.26	-1.41	-1.90
Jul			
01-jul	-1.25	-1.40	-1.93
02-jul	-1.21	-1.38	-1.80
Total Datos	171	171	171

Fuente: elaboración propia

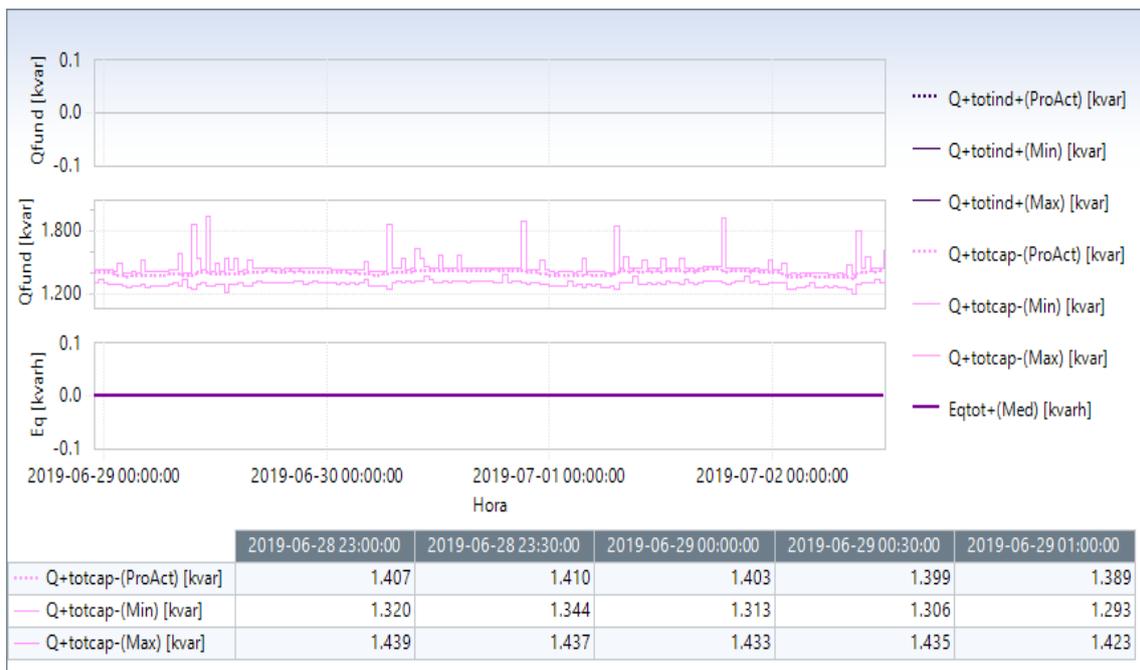


Figura 35: Gráfica de potencia reactiva fundamental
Fuente: elaboración propia

Tabla 40 Potencia aparente mínimo, promedio, máximo y desbalance de potencia

Fecha	Mín. P. Aparente [kVA]	Prom. P. Aparente [kVA]	Máx. P. Aparente [kVA]	Mín. P.A. Desbalanceada [kVA]	Prom. P.A. Desbalanceada [kVA]	Máx. P.A. Desbalanceada [kVA]	Mín. Potencia Total [kVA]	Prom. Potencia Total [kVA]	Máx. Potencia Total [kVA]
Jun									
28-Jun	5.47	5.58	5.70	0.42	0.59	0.76	5.50	5.61	5.73
29-Jun	5.30	5.49	11.88	0.39	0.58	1.26	5.34	5.52	11.95
30-Jun	5.34	5.56	12.02	0.38	0.59	1.30	5.38	5.59	12.09
Jul									
01-Jul	5.35	5.53	11.97	0.37	0.61	1.30	5.37	5.56	12.03
02-Jul	5.35	5.51	11.91	0.38	0.60	1.40	5.37	5.55	11.98
Total Datos	171	171	171	171	171	171	171	171	171

Fuente: elaboración propia

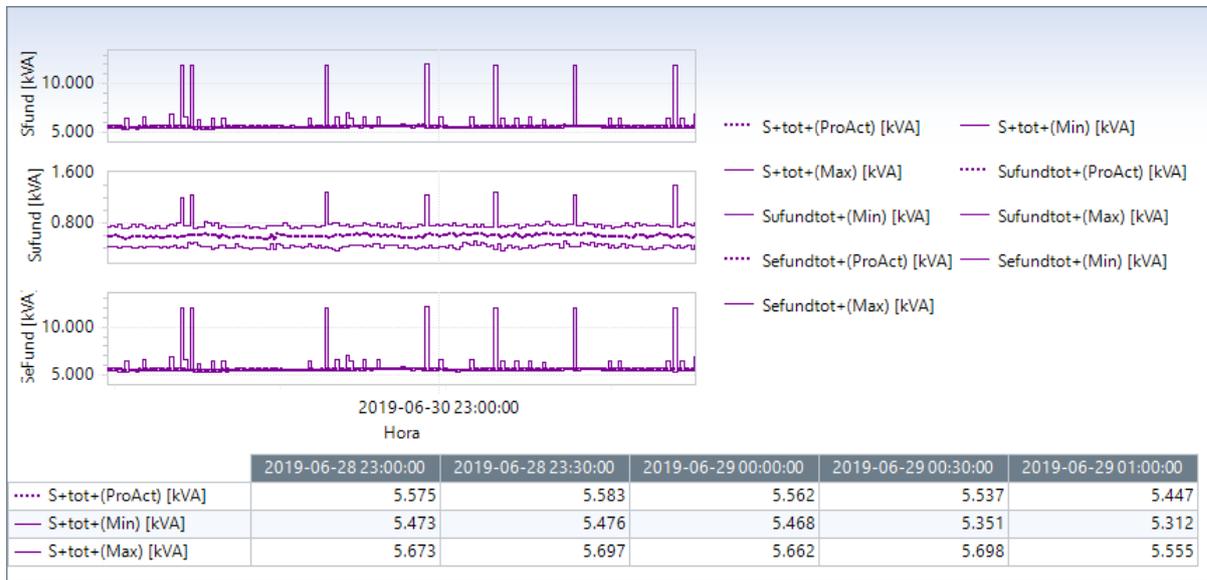


Figura 36: Gráfica de potencia activa por fase y desbalance de potencia

Fuente: elaboración propia

Tabla 41 Factor de potencia y porcentaje de desbalance de carga mínimo, promedio y máximo

Fecha	Mínimo FDP	Promedio FDP	Máximo FDP	Mínimo Desbalance [%]	Promedio Desbalance [%]	Máximo Desbalance [%]
Jun						
28-jun	0.97	0.97	0.97	7.61	10.53	13.60
29-jun	0.96	0.97	0.99	7.07	10.63	15.39
30-jun	0.97	0.97	0.99	6.88	10.68	14.98
Jul						
01-jul	0.96	0.97	0.99	6.75	11.06	15.03
02-jul	0.97	0.97	0.99	6.85	10.80	14.78
Total Datos	171	171	171	171	171	171

Fuente: elaboración propia

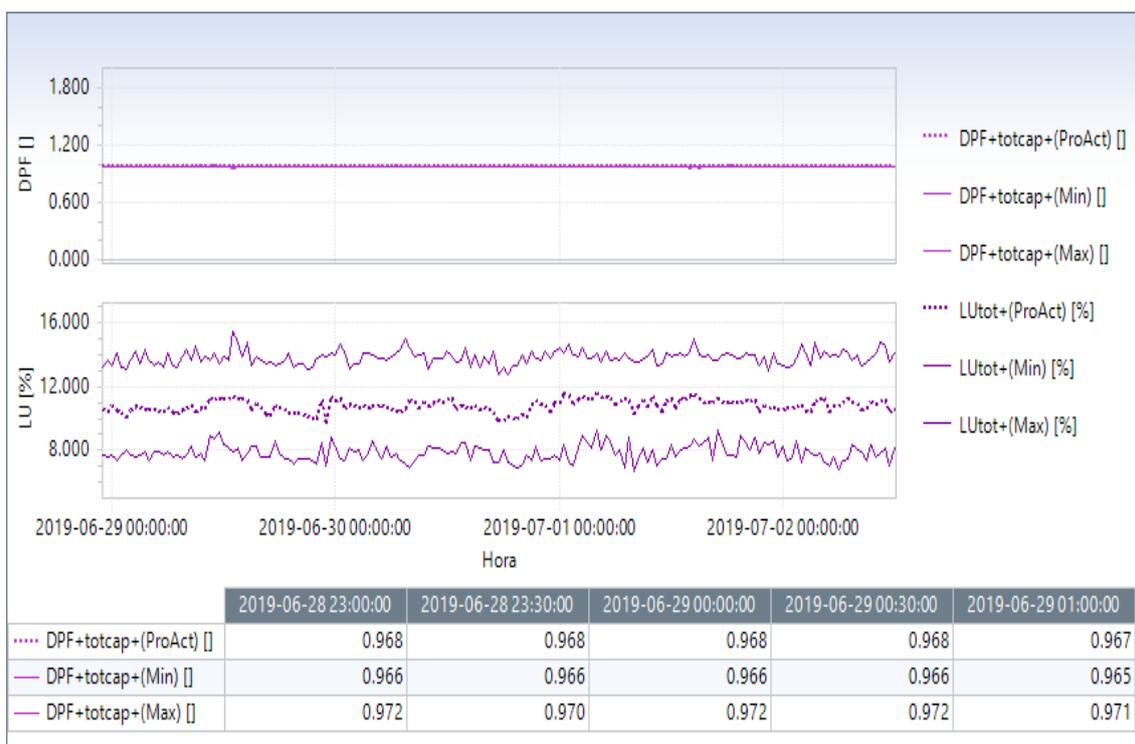


Figura 37: Factor de potencia y porcentaje de desbalance según la carga

Fuente: elaboración propia

Se observa la diferencia del factor de potencia combinado y que toda perturbación en el sistema eléctrico es asimilada, mientras que el factor de potencia en la fundamental no es detectado. Además, en las medidas combinadas no se tiene datos de desbalanceo.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1 hipótesis general

La prueba de hipótesis se efectúa en función a los resultados de la medición de tensión de flotación en las baterías celda por celda, las cuales poseen valores estándar de $1.3 \text{ V} < \text{Tensión flotación por batería} < 1.46 \text{ V}$ utilizando el multímetro, anotando los valores en el protocolo establecido. Asimismo, en relación a la medición de la tensión total del banco de baterías de 125 Vdc en el terminal positivo y negativo (Cable Negro Grueso) y la medición de la corriente de flotación en el terminal positivo o negativo, anotando también en el protocolo establecido.

Se logró a optimizo la confiabilidad de los sistemas eléctricos en un 98% que alimenta a los equipos críticos de la Central Chimay de la región Junín mediante la instalación de un banco de baterías con sistema Monitorizado remota MCU2500.

El proceso efectuado con respecto al control de la temperatura en las celdas del banco de baterías, son las siguientes: 1, 24, 48, 72 utilizando el termómetro.

Control de la temperatura ambiente y/o humedad utilizando el instrumento (Termo hidrómetro). $\text{Temp} < 30 \text{ }^\circ\text{C}$

El proceso de limpieza de todo el banco de baterías.

En el caso que se encuentre con el nivel de agua bajo se realizará el llenado de agua destilada utilizando un embudo adecuado.

La medición de impedancia al banco de baterías se toma como referencia del estado de cada celda.

Luego, el proceso de medición de densidad en cada celda o batería utilizando el instrumento de medición (Hidrómetro), soporta la verificación de los valores

del estándar $1.15\text{Kg/L} < \text{densidad a } 20^{\circ}\text{C} \leq 1.20\text{Kg/L}$, los cuales también quedaron anotados en el protocolo establecido.

4.2.2 hipótesis específica 1

Con la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remoto MUC2500, que alimenta a los equipos críticos de la Central Chimay de la región Junín, se logró a incrementar el tiempo de descarga de 8 horas a 10 horas elevando un porcentaje del 18% más que el banco de baterías antiguo, ver la tabla 17 Calculo del banco de baterías nuevo.

4.2.3 hipótesis específica 2

Con la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remoto MUC2500, se logró a optimizar el tiempo de respuesta en un 90% esto nos ayudó a reducir el tiempo de 20 segundos a 0.5 segundo de conmutación del sistema eléctrico ininterrumpido de los equipos críticos de la Central Chimay, ver la tabla 20 y 21 tiempo de respuesta nuevo.

4.2.4 hipótesis específica 3

Al no contar con la instalación del nuevo banco de baterías con sistema de monitorización remoto MUC2500, las pérdidas económicas serán elevadas por motivo que esta alimentación ininterrumpida de los equipos críticos de la Central Chimay se dañaran y/o fallaran, donde la central hidroeléctrica de Chimay dejará de producir los 150MW ver la tabla 22 y 23.

Las pérdidas totales por dejar de producir son de 563,305.68 dólares sin considerar el servicio ni costos de equipos de reemplazo durante un tiempo de 10 días, ver la tabla 24.

Así mismo se tiene una tasa de retorno del 22.3% respecto a la inversión total del banco de baterías y cargador, ver la tabla 25.

La inversión del banco de baterías del sistema ininterrumpido es el 54% del costo de generación durante 10 días por lo cual es de suma importancia la

instalación del nuevo banco de baterías con sistema de monitorización remoto MUC2500.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Evaluación de confiabilidad del sistema eléctrico.

De acuerdo a la tabla 1 se puede notar que el número de fallas se ha incrementado en un promedio de 4 veces por años, esto supera a la tolerancia establecida según la siguiente formula.

$$TFL = \frac{N^{\circ} \text{ FALLA}}{\text{Distancia línea}} * 100$$

De acuerdo a la tabla 2 los últimos años según en la tabla 1 se observa que se ha reducido el número de fallas respecto a los años anteriores de 4 falla que es el promedio a una falla por año, la instalación del nuevo banco de baterías con sistema monitorizado MCU2500 se tendrá una confiabilidad del 98% de los equipos críticos de la central Chimay de la Región Junín.

El sistema eléctrico de la línea 2256 Chimay - Pachacha que se conecta a la central hidroeléctrica Chimay tiene una confiabilidad del 97% quedando un 3% de probabilidad de falla.

TFL 2257 Chimay – Yanango 40 Km	0.1% de confiabilidad
TFL 2256 Yanango – Pachachaca 100 Km	3% de confiabilidad

Con respecto a la investigación realizada por Hemmerberg se diferencia porque las baterías analizadas por el mencionado autor constituyen la comparación entre dos tipos de baterías, de plomo ácido y de níquel – cadmio, con la finalidad de facilitar cálculos y diseño de estos bancos de baterías estacionarios.

Con respecto a la investigación desarrollada por Restrepo María, se diferencia de la presente tesis, porque efectúa un análisis respecto a las variables de demanda y oferta de la electricidad, mientras que, en la presente investigación, se mide el tiempo de descarga, el tiempo de respuesta en función a la

confiabilidad del sistema eléctrico ininterrumpido de los equipos críticos de la central de Chimay, Región Junín.

La anomalía se ha generado con el código 10160735, referido al diseño de autonomía del banco de baterías 125 Vdc de la Central Chimay, que fue generado la fecha 30 de abril de 2015, luego se calcula la nueva capacidad del banco de baterías, bajo estas condiciones se realizan las especificaciones técnicas para el nuevo banco de baterías.

Dos días antes del montaje del nuevo banco de baterías se realizará el montaje provisional en el exterior de la Central, para realizar la carga de las baterías a una tensión de flotación.

Para el cambio del banco de baterías se programará una indisponibilidad de la Central Chimay.

Se realizará una programación semanal, una vez programado el cambio del banco de baterías se deben elaborar los siguientes documentos.

- Procedimiento de trabajo
- Permiso de trabajo
- IPER: identificación de peligros y evaluación de riesgos
- IAA: impactos, aspectos ambientales
- Charla preoperacional

4.3.2. Tiempo de descarga del banco de baterías nuevo.

De acuerdo a la tabla 19 se puede notar que el tiempo de descarga se ha incrementado de 8 horas a 10 horas esto equivale a un 20 % más de autonomía del banco de baterías nuevo respecto al banco de baterías antiguo.

Así mismo también se puede observar en la tabla 10 y tabla 19 se puede comparar los valores de tensión del banco de baterías antiguo llega a 112 vdc y la tensión en el nuevo banco de baterías es de 118 vdc lográndose a incrementar en nivel de tensión en un 5% respecto al banco de baterías antiguo.

4.3.3. Evaluación de optimización del tiempo

De acuerdo a la tabla 20 y 21 se puede notar que el tiempo de conmutación del sistema ininterrumpido, se disminuye de 20 segundos a 0.5 segundos esto equivale a un 90 % de tiempo reducido, por medio de la instalación del nuevo banco de baterías con sistema de monitorización remota MUC2500.

4.3.4. Evaluación económica

Según las tablas 22 del 2012 y 23 del 2015 se muestra las pérdidas del 8.3 % del costo promedio anual diario de generación por lo tanto es de suma importancia la optimización de la confiabilidad del sistema eléctrico ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín mediante la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MCU2500.

Según la tabla 2 se puede notar el número de tolerancia consideradas en un año donde los bancos de baterías deberán estar en óptimas condiciones y con una alta confiabilidad, para responder ante esta emergencia asumiendo las cargas críticas de la Central Chimay.

La central Chimay está ubicada en el distrito de Monobamba provincia de Jauja Región Junín y está conectada a la cola del sistema eléctrico nacional interconectado, cuando se tiene problemas en la línea de transmisión la central Chimay dispara donde de inmediato ingresa el sistema de motorización remota MCU2500 al banco de baterías para alimentar a los equipos críticos de la central Chimay hasta que arranque el grupo electrógeno.

Según la tabla 24 se puede considerar que la pérdida total es de 563.305.68 dólares durante los 10 días estimados que dejara de producir la central Chimay.

Según la tabla 26 se puede notar que el costo de inversión es de 54% respecto a las pérdidas de generación durante los 10 días, consto de inversión \$ 304,490.00 costo total de pérdidas \$ 563,305.68.

- **Al fallar este banco de baterías se tiene las siguientes consecuencias.**

Sistema de inyección pivote dejara de inyectar presión a los cojinetes del generador y esto trae como consecuencia la destrucción de los cojinetes.

Tiempo promedio de reparación los cojinetes de los generadores es 7 días de pérdidas de generación eléctrica, equivalente \$ 187,768.56 dólares.

Regulador de tensión y regulador de velocidad.

Potencial riesgo de pérdidas de configuración del software de los reguladores de tensión y velocidad, el tiempo de reparación promedio es de 10 días de pérdidas de generación eléctrica, es equivalente \$ 268,240.80 dólares.

Relés de protección de los generadores, transformadores de potencia y líneas de transmisión.

Potencial riesgo de pérdidas de configuración del software de los relés de protección, el tiempo de reparación promedio es de 4 días de pérdidas de generación eléctrica, es equivalente \$ 107,296.32 dólares.

CONCLUSIONES

1.- Se logró optimizar la confiabilidad del sistema eléctrico hasta un 98%, mediante la instalación del banco de baterías con un sistema de monitorización remoto MUC2500

2.- Se logró incrementar el tiempo de descarga del banco de baterías mediante el dimensionamiento de su capacidad en Amper – Hora, de 450 AH a 560 AH, según tabla 17 cálculos de capacidad del nuevo banco de batería.

Banco de batería nueva 125 dc	
Capacidad (ah)	560 AH
Corriente de la Carga (a)	49.8 A
Tiempo Calculado (h)	11.24 h
Tiempo real de descarga (h)	10 h
Tiempo estándar (h)	10 h
Desviación de tiempo (%)	0%

3.- Se logró reducir el tiempo de respuesta de conmutación en un 90% con la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MCU250. Al contar con este sistema de monitorización remota la conmutación al sistema ininterrumpido es de un tiempo de 0.5 segundos, así como se muestra en el punto 4.3.2 Evaluación de optimización del tiempo.

Tiempo de conmutación con banco nuevo	
Grupo diésel	50 segundos
Baterías nuevas	0.5 segundos

4.- Se logró reducir las pérdidas económicas en un 54 % considerando las pérdidas totales de los equipos críticos por 10 días respecto a la inversión de la instalación del nuevo banco de baterías; por interrupciones en la línea de transmisión Chimay – Yanango – Pachachaca con Códigos 2257 y 2256.

Tabla 42 Inversión y pérdida de generación durante 10 días de generación.

Costo de inversión	\$ 304,490.00
Costo de Perdida	\$ 563,305.68
Porcentaje de inversión	54%

En la tabla 42 hace referencia al costo total de inversión del banco de baterías, la comparación solo se hace con la pérdida de generación durante los 10 días de reparación sin contar el servicio y repuestos a cambiar.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda ejecutar la instalación del banco de baterías con un sistema de monitorización remota MUC2500 para optimizar la confiabilidad del sistema eléctrico hasta un 100 %
2. Se recomienda efectuar el dimensionamiento de la capacidad del banco de baterías, en Amper – Hora., de 450 AH a 560 AH, a fin de incrementar el tiempo de descarga requerido, considerando las fórmulas aplicadas en la presente investigación.

Fórmulas utilizadas.

$$T = \frac{AH}{I}$$

3. Se recomienda realizar la instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MCU250. a fin de reducir el tiempo de respuesta de conmutación al sistema ininterrumpido en un 90 %
4. Se recomienda ejecutar la instalación del nuevo banco de baterías para reducir las pérdidas económicas en un 54 % respecto a la inversión del nuevo banco de baterías.
5. Se recomienda aplicar los protocolos de pruebas y mediciones antes de efectuar el desmontaje del banco de baterías antiguo y el montaje del nuevo banco de baterías rediseñado en el presente trabajo de investigación.
6. Se recomienda no realizar descargas al 100 % por motivo que tienen unas probabilidades de falla.
7. Se recomienda realizar mantenimiento preventivo e inspecciones para evaluar el estado de las baterías y conexiones, así mismo el nivel de electrolito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MACHACA, Julio y COILA, Abell. Tesis: *“Estudio y análisis experimental de la calidad del suministro electro de la Universidad Nacional del Altiplano, utilizando un analizador de redes - 2016”*, Puno-Perú. 2017.
2. HOLGUÍN, Marcos y GÓMEZ, David. Tesis *“Análisis de Calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana”*. Guayaquil – Ecuador. 2010.
3. HENNEBERG, R. *“Programa para el cálculo y diseño de banco de baterías estacionarias plomo ácido y níquel – cadmio”*. Desarrollado en la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela. 1992.
4. IEEE Standard. 1013.90 para el dimensionamiento de bancos de batería para sistemas fotovoltaicos” U.S.A. 2012.
5. HARPER, G. *“Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas”* U.S.A., 2006.
6. MORA, S., YANDRI J. y CEVALLOS, C. *“Estudio y análisis de la calidad de energía enfocado en nivel de armónicos en el sistema eléctrico de la subestación enfriadora 1 de HOLCIM, Ecuador Planta Guayaquil”*, Guayaquil Ecuador. 2014.
7. SAUCEDO, Daniel y TEXIS, José. *“Factores que afectan la calidad de energía y su solución”*, México, D.F. 2008.
8. RESTREPO, M. *“La confiabilidad en los sistemas eléctricos competitivos y el modelo colombiano de cargo por confiabilidad”* Restrepo, María. C/Madrid, 126 - 28903, Getafe (Madrid, España).
9. DECRETO, Supremo N° 022-2009-EM. *“Reglamento de usuarios libres de electricidad”* Publicado 16 de abril del 2009.
10. CASTRO, Eusebio. *“Teoría y práctica de la investigación científica”*-Perú- mayo 2016.
11. SANTILLAN, Augusto. *“ Guía para pruebas de baterías”*
https://www.academia.edu/38653981/GUIA_PARA_PRUEBA_DE_BATERIAS_WWW.MEGGER.COM_GUIA_PARA_PRUEBA_DE_BATERIAS_1

12. HARPER. Enríquez. "Diseño de sistemas electrónicos. Basado en la norma en la norma oficial mexicana de instalaciones eléctricas" Publicado México: Limusa, 2012, ISBN: 978-968-18-6501-6
13. FLORES. José. "Seminario de almacenamiento de energía en media potencia posgrado en ingeniería eléctrica" Publicado 10 de noviembre 2012-Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
14. GÓMEZ. Gustavo. "Evaluación y tendencias de índice de confiabilidad en sistemas eléctricos de potencia" Publicado abril-junio 2016.
15. KRUGMAN. Paul. "Fundamentos de economía" publicado en España Barcelona 1953, ISBN: 978-84-291-2633-4.
16. BURGOS. Claudio. "Estimación del estado de carga para un banco de baterías basado en modelación difusa y filtro extendido de Kalman" publicado en Universidad de Chile, facultad de ciencias físicas y matemáticas departamento de ingeniería eléctrica.
17. FIGUERA Pau. "Optimización de productos y procesos industriales" publicado en España, Barcelona, año 2006, ISBN:84-96426-63-7.

ANEXOS

Anexo 1

Módulo rectificador

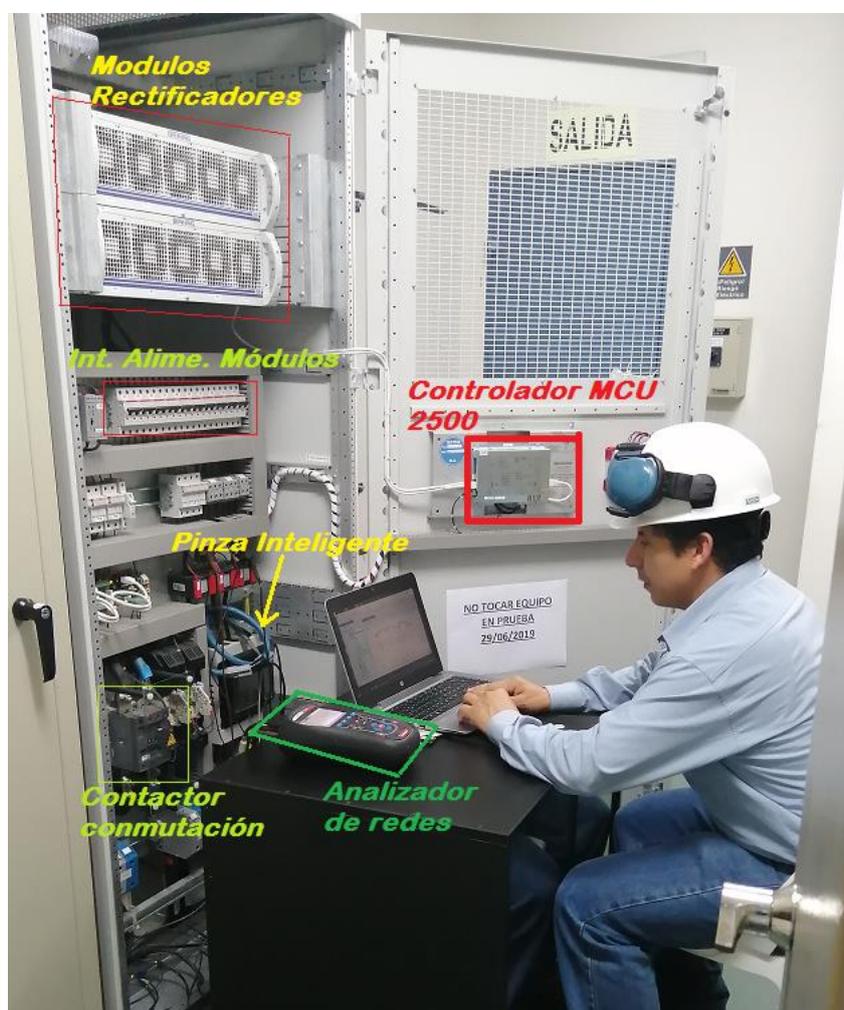


Figura: Zona de prueba eléctrica (Calidad de energía)
Fuente: elaboración propia

Anexo 4

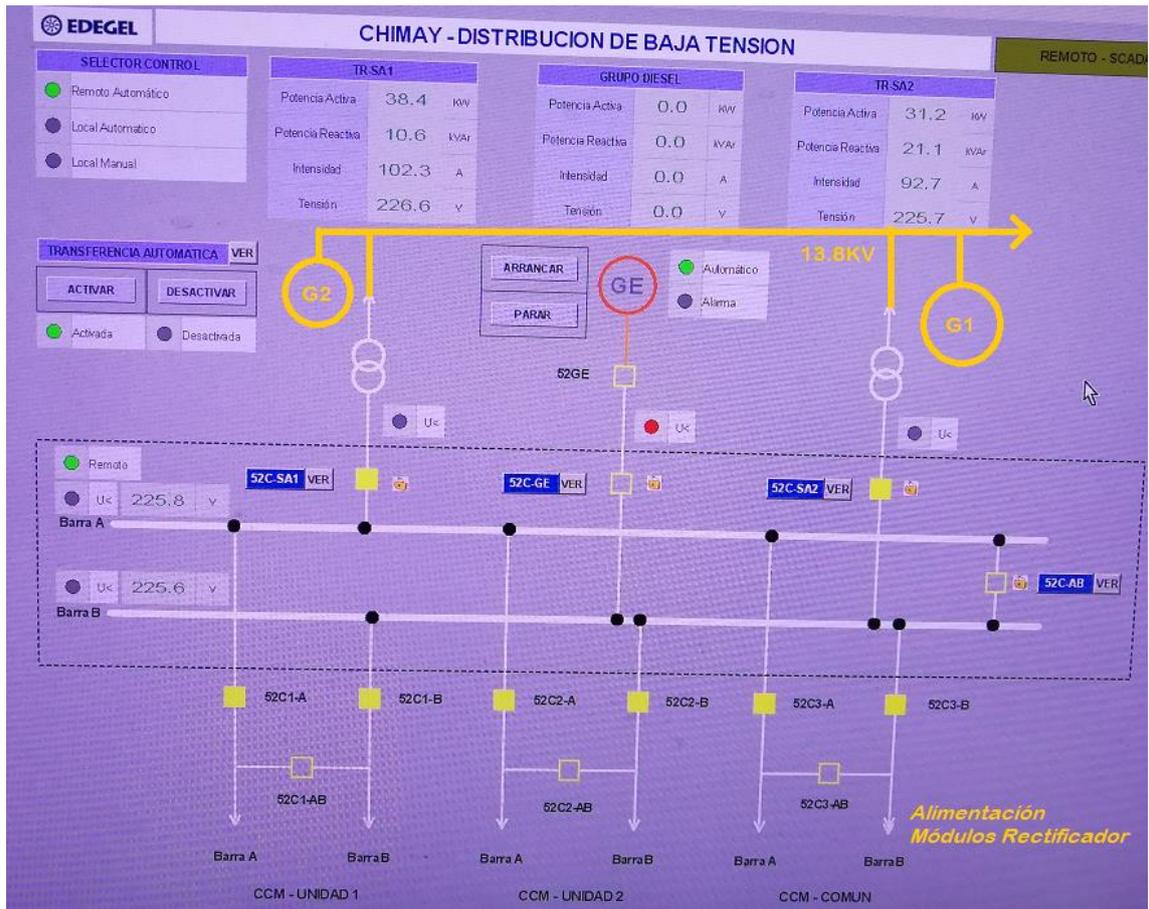


Figura: Alimentación principal a los servicios auxiliares de la Central y rectificador
Fuente: elaboración propia

Anexo 5

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“OPTIMIZACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO QUE ALIMENTA A LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA CENTRAL DE CHIMAY DE LA REGIÓN JUNÍN MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE UN BANCO DE BATERÍAS CON SISTEMA DE MONITORIZACIÓN REMOTA MCU2500”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS
¿De qué manera se puede optimizar la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín, mediante la instalación de un banco de baterías con sistema monitorizado remoto MCU2500?	Optimizar la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central Chimay de la región Junín.	La instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MUC2500, optimizará la confiabilidad del sistema eléctrico que alimenta a los equipos críticos de la Central Chimay de la Región Junín.
¿De qué manera se puede incrementar el tiempo de descarga del sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín?	Incrementar el tiempo de descarga del sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín.	La instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MUC2500, incrementará el tiempo de descarga de las baterías que alimenta a los equipos críticos de la Central Chimay de la región Junín.
¿De qué manera se puede disminuir el tiempo de respuesta del sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín?	Disminuir el tiempo de respuesta del sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín.	La instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MUC2500, disminuirá el tiempo de respuesta del sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central Chimay de la Región Junín.
¿De qué manera se puede disminuir las pérdidas económicas por fallas de alimentación al sistema ininterrumpido que alimenta a los equipos críticos de la Central de Chimay de la región Junín?	Disminuir las pérdidas económicas por fallas en las líneas de transmisión Chimay – Yanango 2257 y la línea 2256 Yanango - Pachachaca que es la fuente de la transmisión de la energía eléctrica de la Central de Chimay de la región Junín.	La instalación de un banco de baterías con sistema de monitorización remota MUC2500, disminuirá las pérdidas económicas por falta de alimentación al sistema ininterrumpido de los equipos críticos de la Central Chimay de la Región Junín.

Anexo 6



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INDECOPI - SNA CON REGISTRO N° LC-001



CERTIFICADO DE CALIBRACION N° MV-1868-2013

CON VALOR OFICIAL SEGÚN CÉDULA DE NOTIFICACIÓN N° 191.2011/SNA-INDECOPI

Fecha de emisión: 2013-09-12

Exp.: 35806

Pág. 1 de 2

1. Solicitante : SKANSKA DEL PERÚ S.A.
2. Dirección : Av. Independencia N° 238 - Moyopampa -
Lurigancho - Chosica
3. Instrumento calibrado : DENSÍMETRO
 - Marca : No indica
 - Modelo : No indica
 - Número de serie : No indica
 - Identificación : MEPORT-207 (*)
 - Procedencia : No indica
 - Alcance nominal : 1100 kg/m³ a 1300 kg/m³
 - División mínima : 5 kg/m³
 - Temperatura de ref. : 60 °F
 - Material : Vidrio
4. Lugar de calibración : Laboratorio de Volumen y Densidad de
METROIL S.A.C.
5. Fecha de calibración : 2013-09-12
2015-09-12
6. Método de calibración
La calibración se efectuó usando el método de Cuckow según el PC-MV-008 Rev. 05 "Procedimiento de Calibración de Densímetros de Inmersión" de METROIL S.A.C.
7. Trazabilidad
Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los Patrones Nacionales del SNM-INDECOPI. Se utilizó una balanza Clase I de código IM-727 con Certificado de Calibración N° M-1487-2013 y un termómetro patrón de código IT-286 con Certificado de Calibración N° T-2342-2013 de METROIL S.A.C. respectivamente.
8. Condiciones de calibración

Temperatura Ambiental	: Inicio.: 21,1 °C	Final.: 21,3 °C
Humedad Relativa	: Inicio.: 67,0 % H.R.	Final.: 65,0 % H.R.
Presión Ambiental	: 999,3 mbar	

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.



Ing. MARCO A. MONTALVO CABREJOS
Gerente del Servicio Metrológico

Anexo 7

Certificado de Calibración : MV-1868-2013
Pág. 2 de 2

9. Resultados

INDICACIÓN DEL DENSÍMETRO (kg/m ³)	DESVIACIÓN (kg/m ³)	INCERTIDUMBRE (kg/m ³)
1100	-26,7	2,2
1200	-18,2	2,5
1300	-7,6	2,9

10. Observaciones

- Las desviaciones están dadas para una tensión superficial de 0,035 N/m.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO, a la caja que lo contiene.
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- (*) Indicado en una etiqueta adherida a la caja del instrumento de medición.
- Los resultados están dados a la temperatura de referencia de 20 °C.
- La incertidumbre ha sido calculada con un factor de cobertura k = 2 para un nivel de confianza del 95 %.

(FIN DEL DOCUMENTO)



Anexo 8

Laboratorio de Metrología



LABORATORIO DE METROLOGÍA Y PRUEBAS DE MATERIALES

Certificado de Calibración N° 0145-LP-18

PROMECA S.A.C.
Laboratorio de Calibración
Av. Guillermo Dancay 1054 Urb. Lima Industrial Lima

Orden de Calibración: 001-00001694

Solicitante: CONFIPETROL ANDINA S.A.
Dirección: AV. SANTO TORIBIO NRO. 173 DPTO. 1002 URB. CENTRO EMPRESARIAL REAL LIMA - SAN SIDRO

Instrumento: MULTIMETRO
Marca: FLUKE
Modelo: 87 V
Número de Serie: 17350322
Fecha de calibración: 2018-06-22
Fecha de emisión: 2018-06-22

Método de Calibración:
La calibración se realizó por comparación directa con nuestro equipo patrón, se realizaron las mediciones por método directo.

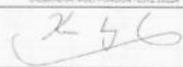
Procedimiento Utilizado:
PC-021-Segunda Edición-Marzo 2016 "Procedimiento para calibración de Multimetros Digitales-INACAL".

Condiciones Ambientales:

Temperatura	19,83 °C ± 0,44 °C
Humedad Relativa	55,7 % ± 1,2 %

Trazabilidad:
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales de INACAL-DIRECCION DE METROLOGIA, en concordancia con el sistema internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrón	Descripción	Fecha de Calibración
PATRÓN DE INACAL	CALIBRADOR MULTIFUNCION FLUKE 5222A	12-08-2017




KARINA LOJA CASTRO
Coordinador de Laboratorio de Calibración

Anexo 9

CONFIPETROL	CONFIPETROL	Código: LOG-0204-P-01																				
RUC 20357259978	CERTIFICADO DE CALIBRACION PINZAS VOLT-AMPEROMETRICAS CO.PE. 0037-19	Version: 0 Fecha: 30-10-2016 Pag. 1 de 2																				
Calle: CONFIPETROL ANDINA S.A.																						
Servicio: CALIBR.																						
Datos del instrumento a calibrar		Datos de los Instrumentos patrones																				
Interno n°: PAM 0144 Descripción: Pinza amperométrica Marcas: Amprobe Modelo: ACI-3300 DIO Serie n°: 9120149 Fecha de recepción: 29/01/19 Fecha de calibración: 29/01/19 Fecha de vencimiento: 29/01/20	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Interno n°</th> <th>Marcas</th> <th>Modelo</th> <th>Serie n°</th> <th>Fecha de Calibración</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INT 0005</td> <td>FLUKE</td> <td>9946A</td> <td>2129001</td> <td>29/01/2018</td> </tr> <tr> <td>BOR 0001</td> <td>INSTRUMENTOS LABORATORIO</td> <td>SP-128</td> <td>2004069</td> <td>28/06/2017</td> </tr> <tr> <td>BOR 0002</td> <td>INSTRUMENTOS LABORATORIO</td> <td>DR-18</td> <td>10041970</td> <td>28/06/2017</td> </tr> </tbody> </table>	Interno n°	Marcas	Modelo	Serie n°	Fecha de Calibración	INT 0005	FLUKE	9946A	2129001	29/01/2018	BOR 0001	INSTRUMENTOS LABORATORIO	SP-128	2004069	28/06/2017	BOR 0002	INSTRUMENTOS LABORATORIO	DR-18	10041970	28/06/2017	
Interno n°	Marcas	Modelo	Serie n°	Fecha de Calibración																		
INT 0005	FLUKE	9946A	2129001	29/01/2018																		
BOR 0001	INSTRUMENTOS LABORATORIO	SP-128	2004069	28/06/2017																		
BOR 0002	INSTRUMENTOS LABORATORIO	DR-18	10041970	28/06/2017																		
Resultados Se verificó el funcionamiento del instrumento en las funciones medición de corrientes alterna - continua corriente alterna - continua y resistencia para todos los rangos. El instrumento cumple con las especificaciones de exactitud declaradas por el fabricante en el manual de instrucciones del mismo, para todos los rangos, el instrumento fue ajustado.																						
Procedimiento Aplicado: LOG-GN1-P-30 Temperatura Ambiente: 21 °C Humedad: 55 % Presión atmosférica: 763 mm																						
La incertidumbre de medición expandida informada se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k=2, lo cual corresponde a un nivel de confianza del 95 % para una distribución normal. En ella se incluyen las contribuciones provenientes del procedimiento de calibración y de las condiciones del instrumento al momento de la misma. No contiene términos que contengan el comportamiento a largo plazo del elemento sometido a calibración.																						
Este certificado de calibración reconoce la trazabilidad a los patrones nacionales, los cuales representan a las unidades físicas de medida en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).																						
Responsable: 																						
Los resultados en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. La entidad que lo emite declara como responsable de los resultados que puedan obtenerse del uso adecuado del instrumento calibrado.																						