



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA
Y URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA PARA
LA CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN
LA SUBESTACIÓN PCH-104 DEL PROYECTO DE
ELECTRIFICACIÓN CHAVIMOCHIC.”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

Bach. Urcia Suclupe, Miguel Junior

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-5806-4360>

Asesor:

Mg. Ing. Rojas Coronel Angel Marcelo

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente.

Pimentel – Perú

2022

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CALIDAD DEL
SUMINISTRO ELÉCTRICO EN LA SUBESTACIÓN PCH104 DEL
PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN CHAVIMOCHIC.
APROBACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Mg. Ing. Gastiaburú Morales Silvia Yvone
Presidente del jurado de tesis

Mg. Ing. Vives Garnique Juan Carlos
Secretario del jurado de tesis

Mg. Ing. Rojas Coronel Ángel Marcelo
Vocal del jurado de tesis

Dedicatorias

Dedicarle este proyecto en primer lugar a Dios porque es quien guía mi camino hacia un buen futuro y a la vida que cada día nos regala.

A mis padres que siempre estuvieron conmigo en todo momento y me enseñaron que las cosas se consiguen con sacrificio.

Dedico también a mis hermanos que también van por un buen proyecto de vida, a mi primo por los consejos y brindarme ánimos para seguir adelante.

Y por último quiero dedicar este proyecto a todas las personas que en su momento fueron los guías en mi enseñanza desde mi niñez hasta la etapa que me voy formando como profesional.

Miguel Junior Urcia Suclupe

Agradecimientos

A mi Dios sobre todas las cosas, quien me ha permitido culminar con éxito este proyecto, dándome salud, sabiduría.

A mis padres, quienes admiro cada día por su fuerza y voluntad de sacarnos adelante junto con mis hermanos para ser personas de bien y ejercer nuestras metas trazadas.

Gracias por enseñarme que, aunque el camino sea largo la satisfacción será grande.

Agradezco de forma especial a mi primo Antony Urcia Ramon quien considero como un hermano, gracias por confiar en mí y enseñarme que con paciencia y perseverancia venceré mis miedos y obstáculos lograr grandes metas.

A mi asesor de tesis el ingeniero Ángel Marcelo Rojas Coronel quien se encargó de brindarme parte de su conocimiento.

Miguel Junior Urcia Suclupe

Resumen

El presente Proyecto de investigación tiene por objetivo Analizar y plantear propuestas de mejora para calidad del suministro eléctrico en la Subestación de Distribución Eléctrica PCH-104, propiedad de la concesionaria Proyecto Especial Chavimochic.

La Subestación de Distribución, forma parte del alimentador “AA.HH. Ciudad Valle de Dios”, cuenta con un Transformador de 500 KVA. Los reportes de operación de la Subestación, proporcionados por la concesionaria, correspondientes al año 2021, finalmente el promedio de 7235 usuarios afectados, reflejando que actualmente, existe mala calidad de energía que la subestación PCH-104 brinda a sus usuarios.

El trabajo de investigación tiene como objetivos: Realizar levantamiento de información de campo de las instalaciones eléctricas en la subestación PCH-104, Confeccionar base de parámetros eléctricos, Calcular flujos de potencia eléctrico en circuitos de distribución de Baja Tensión, Elaborar indicadores críticos de calidad del servicio eléctrico, Determinar correctivos utilizando simulaciones con el software de modelamiento y Realizar evaluación económica de propuestas a implementar.

Así mismo las conclusiones a que se arribaron como resultado de la investigación, que la subestación de distribución de 500 KVA y los correctivos planteados en la simulación, es viable, con un VAN para un año de S/. 664,374.21. La rentabilidad total del proyecto, es de 89 % (TIR) superando la tasa de interés fija 12%. demostrándose que el proyecto presenta ventajas concretas, competitivas y comparativas, en proporción a su localización y factores ambientales. Además, el proyecto es rentable obteniendo B/C de 4.88 para análisis de un año, con periodo de retorno a partir del quinto año.

Palabras claves: Calidad de Suministro de Energía Eléctrica, Máxima Demanda, Caída de Tensión, Subestación de Distribución.

Abstract

The purpose of this project is to analyze and propose improvement proposals for the quality of the electricity supply at the PCH-104 Distribution Substation, owned by the Chavimochic concessionaire.

The Distribution Substation is part of the feeder “AA.HH. Valle de Dios”, has a 500 KVA Transformer, Substation Operation Reports, provided by the operator, corresponding to the year 2021, the average interruption time was 1.51 hours, the SAIFI was 1.75 and the SAIDI was 1.19, finally the average of 7,235 affected users, reflecting that currently, there is poor power quality that the PCH-104 substation provides to its users.

Its objectives are: To carry out field information survey of the electrical installations in the PCH-104 substation, Prepare a base of electrical parameters, Calculate electrical power flows in LV distribution circuits, Prepare critical indicators of quality of electrical service, Determine corrective measures using simulations with modeling software and carry out economic evaluation of proposals to be implemented.

The conclusions of the investigation, that the distribution substation of 100 KVA and the corrective measures proposed in the simulation, is viable, with a NPV for one year of S/. 664,374.21. The total profitability of the project is 89% (IRR) exceeding the fixed interest rate of 12%. demonstrating that the project presents concrete, competitive and comparative advantages, in proportion to its location and environmental factors. In addition, the project is profitable, obtaining a B/C of 4.88 for a one-year analysis, with a return period from the fifth year.

Keywords: Electric Power Supply Quality, Maximum Demand, Voltage Drop, Distribution Substation.

Indice

Dedicatorias.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Resumen	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática.....	11
1.1.1. Internacionales.....	11
1.1.2. Nacionales.....	12
1.2. Antecedentes de estudio	15
1.2.1. Internacional.....	15
1.2.2. Nacional.....	18
1.3. Formulación del problema.	19
1.4. Justificación e importancia del estudio.	19
1.5. Objetivos.....	21
1.5.1. Objetivo General.....	21
1.5.2. Objetivos específicos.....	21
1.6. Marco Teórico.....	21
1.6.1. Calidad de energía eléctrica.....	21
1.6.2. Redes de distribución de la energía eléctrica.....	22
1.6.3. Análisis en sistemas de distribución.....	22
1.6.4. Confiabilidad en sistemas de distribución.....	23
1.6.5. Reconfiguración en sistemas de distribución.....	23
1.6.6. Mercado eléctrico en Perú	24
1.6.7. Precios finales en el mercado eléctrico.....	24
1.6.8. La energía eléctrica.....	24
1.6.9. Sector Eléctrico.....	25

1.6.10. Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos:	25
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	25
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	25
2.1.1. Tipo de investigación.....	25
2.1.2. Diseño de investigación.....	26
2.2. Variables, Operacionalización.	26
2.2.1. Variable independiente	26
2.2.2. Variable dependiente	26
2.2.3. Operacionalización.	27
2.3. Población y muestra	28
2.3.1. Población	28
2.3.2. Muestra	28
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. .	28
2.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	28
2.4.2. Instrumento de recolección de datos.....	28
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	28
2.6. Criterios Éticos.....	29
2.7. Criterios de rigor científico.	29
III. RESULTADOS.	30
3.1. Análisis de la máxima demanda eléctrica actual de la SED PCH-104, ubicada en el asentamiento humano valle de Dios, la misma perteneciente al alimentador de Media Tensión SCHAL 01- CHAO.	30
Sistema eléctrico del centro poblado Distrito de Chao-Provincia de Virú...;	Error!
Marcador no definido.	
3.2. Registro de valores eléctricos de la PCH-104.....	44
3.3. Flujos de potencia eléctrico actuales en los circuitos de distribución en baja tensión	47

3.4.	Tipificación de los factores críticos.	58
3.4.1	Caída de tensión (%).	58
3.4.2.	Compensación por circuito.	59
3.4.3.	Determinación del factor de utilización del transformador (FU).	60
3.5.	Reformas empleando un software.	60
3.5.1	Simulación del flujo de potencia en el circuito “I”.	60
3.5.1.2.	Simulaciones en el circuito “I” para mejorar el servicio eléctrico.	62
3.5.2	Simulación del flujo de potencia en el circuito “E”	63
3.5.2.1	Simulaciones en el circuito “E” para mejorar el servicio eléctrico.	64
3.5.3	Simulación del flujo de potencia en el circuito “B”	66
3.5.3.1	Simulaciones en el circuito “B” para mejorar el servicio eléctrico.	67
3.5.4	Simulación del flujo de potencia del circuito “H”.	69
3.5.4.1	Simulación del circuito “H” para mejorar el servicio eléctrico	70
3.5.5	Caída de voltaje utilizando el software en circuitos	71
3.5.6	Factor de utilización utilizando el software en subestaciones PCH 104 y PCH 104 – A	72
3.6.	Evaluación económica de las propuestas a implementar	73
3.6.1	Modelo Técnico del proyecto	73
5.6.4.4	Monto de inversión	73
3.6.1.2.	Ingresos	74
3.6.1.3.	Ingreso total	75
3.6.1.4.	Costos Variables	76
3.6.1.5.	Costos indirectos	76
3.6.1.6.	Depreciación,	77
3.6.1.7.	Estado de ganancias y pérdidas.	77
3.6.1.8.	Flujo de caja	78
3.6.1.9.	Evaluación económica	79

IV. CONCLUSIONES	80
V. RECOMENDACIONES.....	81
Referencias	83

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

1.1.1. Internacionales

(Torres, 2019) En su artículo “*Política energética: problemas y posibles soluciones*” El sistema energético afronta una crisis de producción. Más de cincuenta años funciona a base de comercializar, transformar y hacer uso de hidrocarburos. Su suministro ocultaba la demanda ascendente del mercado, ocasionaba residuos netos de transacción y cooperaba a financiar el gasto público. Por lo tanto, el sistema se tornó de manera disfuncional.

La demanda de energía mantiene el incremento tolerado que ha caracterizado por bastante tiempo, la demanda de energía afecta múltiples entornos de economía, uno es la desusada subordinación externa de hidrocarburos primarios y transformados.

México es el principal emisor de las exportaciones estadounidenses de gas natural, gasolinas, diésel. La demanda energética externa impacta la balanza comercial y presiona adversamente el mercado.

Una de las raíces de la crisis energética habita en la carencia acumulada de la inversión pública para reponer e integrar la formación de capital de la industria petrolera y restituir las reservas de hidrocarburos.

(Pinto, 2017) En su revista “*Nuevas Estrategias para un plan de uso eficiente de la energía eléctrica*” afrontan problemáticas en cuestión que el consumo cada vez es mayor en energía eléctrica, por el estado inadecuado que conforman la red de electricidad y el impacto ambiental negativo de las fuentes de generación de energía, dicho artículo proponen un grupo de estrategias para un plan de uso racional y eficaz en energía eléctrica, adaptable a cualquier país y basado en la coexistencia de nuevas formas de generar energía (generación alternativa, cogeneración, generación distribuida), así como en la incorporación de técnicas y metodologías, tales como redes inteligentes. También, el plan propuesto determina una solución holística integral para abordar el uso racional de energía eléctrica promoviendo un cambio en el comportamiento del usuario del servicio. El plan precisa objetivos concretos y estrategias.

(Sandino, 2019) En su tesis “*Análisis del desarrollo del sector de generación de energía eléctrica en Nicaragua*” Realizo propuestas por impulsar el desarrollo del sector eléctrico,

logrando avances representativos en la transformación de la matriz eléctrica a fuentes renovables y el incremento de proyectos de generación de energía. Nicaragua tenía una matriz energética fundamentalmente térmica. Las fuentes renovables representan casi más del 50% de la generación neta; disminuyendo de esta manera las emisiones procedentes de la quema de combustibles fósiles y la alta dependencia del país a los derivados del petróleo. dicha investigación tiene la intención de contribuir al desarrollo del sector del país desde la academia. Expertos coinciden en que el sector energético es clave para aumentar la competitividad y desarrollo de un país. El sector energético a nivel global ha tenido una increíble transformación, con la incorporación de tecnologías de energías renovables.

1.1.2. Nacionales.

(Garcia, 2003) En la revista *“La Problemática de la Actividad de Transmisión de Energía en el Perú: Algunas Opciones de Política”*. Observó que la transmisión de electricidad es un asunto de menor importancia económica, incluso a nivel del sector eléctrico, que representa menor al 10% de ingresos de una empresa del sector, al respecto, estudios recientes y la experiencia internacional muestran que la importancia de este sistema es promover la competencia en el sector eléctrico y la competitividad de los consumidores de energía. Un sistema de transmisión adecuadamente regulado puede aumentar la competencia entre los generadores, reduciendo así la proporción de usuarios finales y creando planes viables para una mayor expansión del mercado, como la subasta de energía. La operación de transmisión tiene el carácter de un monopolio natural y es un contribuyente importante porque debe llegar al cliente final y el costo de generación de los generadores es muy alto. Estas características hacen necesaria la regulación de las operaciones en el ámbito de la definición de indicadores y mecanismos de escalamiento. Su propósito es proporcionar una evaluación inicial de la medida en que los reguladores aplicables buscan simular el desempeño en un entorno competitivo, enviar las señales correctas a los inversores y establecer los precios correctos para los diferentes usuarios de la red. Cada país enfrenta el problema de escalar y establecer tarifas óptimas de diferentes maneras, en el caso de Perú, por primera vez, se mirarán desde una perspectiva económica utilizando los conceptos de Conceptos de la teoría del monopolio natural, enfoques marginales a las industrias., electricidad, cambios recientes a la experiencia internacional relevante y teoría regulatoria. El análisis permitirá evaluar el marco institucional de los mecanismos de gestión para fortalecer la oferta de líneas de transmisión doméstica con base en criterios razonables,

avances desde el nivel teórico y mejores prácticas internacionales. Se analizará el proceso de aprobación de proyectos entre organismos como el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y el Superintendente de Inversiones en Energía (OSINERG). Esto es importante porque, en casos extremos, la subestimación puede conducir a la congestión de la red, lo que obligará a cambiar el programador menos costoso, al tiempo que aumenta las tarifas y los problemas con la transmisión de energía en Perú.

(Gamio, 2017) En su revista “Energía: un cambio necesario en el Perú” En este artículo se analiza la problemática que existe en el Perú en el excesivo uso de energías contaminantes (basadas en hidrocarburos), así como la problemática de un cambio progresivo a energías limpias y renovables que permitan hacer frente al cambio de clima. Asimismo, se propone la obligación de políticas públicas para impulsar el desarrollo sostenible del país, por problemas del gobierno y falta de instituciones impiden proyectos a ejecutar. Se analiza, además, el gran potencial de las energías renovables.

Perú en un 72% de hidrocarburos, el cual no brinda relación con el potencial de energías renovables. Asimismo, se nota una gran inseguridad por la exagerada dependencia del gas natural. De otro lado, la creciente importación de petróleo y derivados eleva la contaminación ambiental; a esto hay que agregarle la principal infraestructura, que ampara una economía adecuada. Además de ello, los derechos la calidad de los servicios eléctricos se lo lleva la capital.

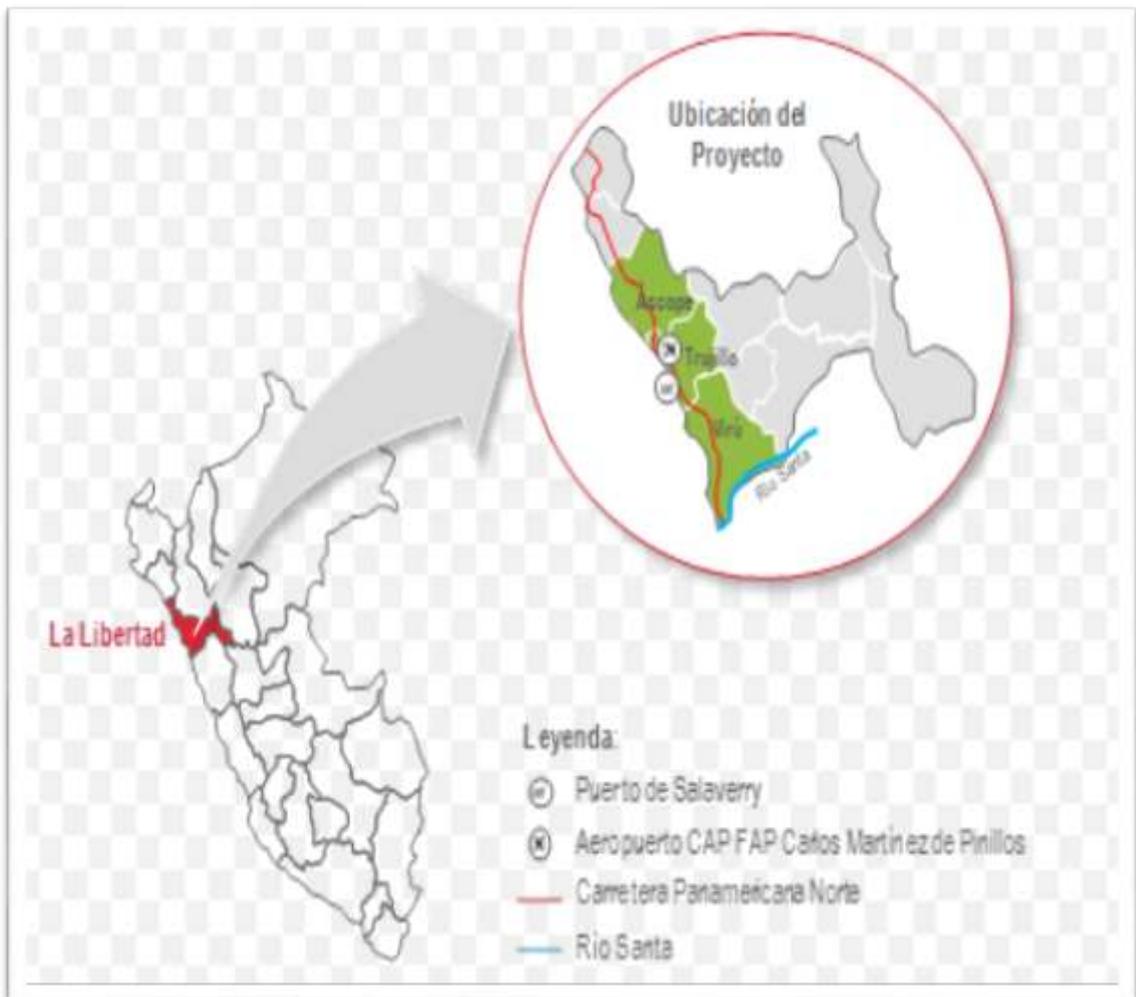
1.1.3. Local

La Subestación de Distribución, materia de la presente investigación, forma parte de este alimentador y tiene por nombre “AA.HH. Ciudad Valle de Dios”, cuenta con un Transformador de 500 kVA, perteneciente al proyecto de Electrificación Chavimochic, del alimentador de Media Tension SCHAL 01 - CHAO

De acuerdo a los reportes de operación de la Subestación PCH-104, proporcionados por la concesionaria, correspondientes al año 2021, y finalmente el promedio de 7235 usuarios afectados, lo que se refleja que actualmente, existe mala calidad de suministro eléctrico que la subestación PCH-104 brinda a sus usuarios.

El Proyecto Especial Chavimochic desarrolla sus actividades de Distribución de energía eléctrica, dentro de su zona de concesión la cual comprende los territorios del distrito de Chao y parte alta del distrito de Virú, departamento de La Libertad.

Figura 1: Ubicación del Proyecto Especial Chavimochic



Fuente: Datos de la concesionaria.

Sistema eléctrico del centro poblado Distrito de Chao-Provincia de Virú.

El Proyecto Especial Chavimochic suministra con electricidad de la Subestación de 500 KVA en un nivel de tensión de 10 kV, ubicada aproximadamente a unos 53Km al sur de Trujillo, compra energía eléctrica a la Concesionaria del Proyecto Especial Chavimochic (PECH).

- Su trayectoria de la línea primaria es de 500 KVA.

- En la actualidad el transformador aún no cuenta con sistema de protección ni Recloser solo cuenta con seccionadores por lo que corre riesgo que dicho transformador tenga fallas y produzcan cortocircuitos.
- Las trüncales de las líneas de baja tensión no tienen un buen calibre de cable por lo que antes estaba previsto como un centro poblado abandonado.
- En las instalaciones del alumbrado público se encuentran deterioradas, se requiere cambio de accesorios y equipos.
- De acuerdo a entrevistas por vía telefónica a encargados del área eléctrica del PECH informaron que actualmente se viene realizando mantenimientos correctivos esto quiere decir que no hay programación de mantenimiento (semanal, quincenal, mensual y anual).

1.2. Antecedentes de estudio

A continuación, se especifica investigaciones relacionados a mi investigación de tesis:

1.2.1. Internacional.

(Scholz, 2015) en su trabajo de investigación titulado: *“Efecto de los requerimientos frente a huecos de tensión para generación distribuida”*, se estudia la caída de voltaje en redes distribuidas, incluidos los generadores descentralizados. En este estudio determina el tipo de suministro eléctrico promedio nacional, en el cual se identificaron las instalaciones de media tensión, así como las instalaciones de baja tensión en zonas residenciales e industriales evaluar. Se ha evaluado en ocho casos, siendo un fallo trifásico en la primera línea del sistema el caso primario y se han examinado dos rearmes diferentes. En los resúmenes de estos estudios, los escenarios propuestos y las distribuciones filogenéticas influyen en los estreses cada vez más precoces de los trastornos estudiados, con mayores diferencias entre ellos en tiempos de mayor permeabilidad y mayor distribución.

(Gonzales, 2015) Realizo en su tesis *“Mejoramiento de la confiabilidad en sistemas de distribución mediante reconfiguración de circuitos”* para obtener el título de ingeniero electricista en la Universidad Tecnológica de Pereira en Colombia.

Desarrollaron en su investigación sobre confiabilidad en sistemas de distribución, ya que es una de las formas de ofrecer seguridad y serenidad a los usuarios que se benefician del consumo de energético y establece estándares en continuidad de servicio que hacen que los agentes distribuidores se preocupen cada vez más por el servicio que están suministrando,

tratando de pronosticar y subsanar todo aquello que interrumpa el correcto funcionamiento del sistema. Tuvo como objetivo una manera eficiente de minimizar los índices de confiabilidades es la reconfiguración de alimentadores de circuitos primarios. Como conclusión está proporcionando encontrar redes con topologías en la confiabilidad ya que es el factor más importante. También se introduce un nuevo algoritmo que realiza el ordenamiento nodal de una red de distribución sin importan cuantas subestaciones tenga entregando el sistema completamente ordenado.

(Zapata, 2004) realizo en este articulo llamado *El método de simulación de Montecarlo en estudio de confiabilidad de sistemas de distribución de energía eléctrica – 2004.*, los autores dieron como propuesta que el método más difundido dada su simplicidad y la analogía existente con los circuitos eléctricos. Es que cada componente del circuito primario se representa como un bloque definido por una tasa media de salidas o fallas (λ) y un tiempo medio de restauración o reparación (r). Los índices de confiabilidad de los puntos de carga se obtienen haciendo reducción consecutiva de los componentes ubicados entre la fuente y el punto de carga utilizando fórmulas definidas para las combinaciones serie y paralelo de componentes en conclusión la frecuencia de falla de los puntos de carga no es una función de la distancia del punto de carga a la subestación sino depende de la zona donde se encuentre el punto de carga.

(Merino, 2002) realizo en su investigación: *Mejoramiento de índices de confiabilidad mediante la optimización de recursos en redes de distribución – 2002.* En la Universidad de la escuela Politécnica nacional, en Quito en este trabajo los estudios de confiabilidad de los sistemas eléctricos son de gran utilidad, pues con su ayuda se puede determinar cuáles son los elementos de la red de distribución presentan mayores fallas en Quito se presentaron muchos cambios, los cuales se notaron en el sector eléctrico, por lo que se realizó una urgente inversión de recursos para mejorar los índices de confiabilidad, por tal motivo se hizo necesario la determinación de los puntos en los cuales la inversión genero mejores réditos en la empresa, en conclusión su metodología fue presentada para la localización de los recursos de puedan aplicar de manera fácil con conceptos básicos que podamos manejar y entender.

(Aljefri, 2014)” Event-Driven Time-Domain Elucidation of the Power Quality Disturbances” en su artículo de investigación nos refiere sobre las perturbaciones de calidad de energía (PQ) que causan problemas rigurosos en las redes e industrias clásicas e inteligentes. La identificación de las perturbaciones de PQ y la prevención efectiva de tales eventos son esenciales. En este marco, este documento sugiere un enfoque original en tiempo real, basado en el procesamiento controlado por eventos, para la extracción y clasificación de características de señales PQ en el dominio del tiempo. La idea se basa en la combinación inteligente de la adquisición y segmentación de señales impulsadas por eventos junto con la extracción de características locales y la clasificación basada en votación para lograr una solución eficiente y de alta precisión. Se describe el algoritmo de clasificación. La funcionalidad del sistema se prueba para un estudio de caso y se presentan los resultados. La reducción del primer orden de magnitud en el recuento acumulado de muestras se logra mediante el enfoque ideado en comparación con las contrapartes tradicionales. Confirma una ganancia de procesamiento significativa y efectividad en términos de consumo de energía del sistema sugerido en comparación con los pares. El sistema propuesto alcanza una precisión de reconocimiento promedio del 99%, para el caso de señales PQ de tres clases. Demuestra los beneficios de utilizar la solución sugerida para la realización de aclaradores automáticos de perturbaciones de PQ computacionalmente eficientes.

(Molina, 2019)” Análisis, evaluación de la red de distribución en M.T y B.T para mejorar los índices y niveles de calidad en el suministro eléctrico”, Previo a la obtención del título profesional de ingeniero eléctrico, consecuentemente tiene la finalidad de aumentar los índices y niveles de calidad del sector eléctrico de su institución, así mismo aumentar las condiciones eléctricas, calidad del servicio, vida útil de los elementos eléctricos, seguridad integral y el buen vivir de la comunidad, que se encuentra dentro de las instalaciones, además se deja actualizado toda una base de datos técnicos, así también se pone en práctica el análisis, la evaluación, normas, procedimientos, teorías y experiencias adquiridas en dicho trabajo, garantizando la calidad, eficiencia y mejoramiento para el aprovechamiento de una mejor calidad de servicio, evitando también, daños eléctricos a motores, iluminarias, artefactos eléctricos, pero sobre todo la seguridad integral de todo el personal que ingrese a las instalaciones de la facultad.

1.2.2. Nacional.

(Quispe, 2018) realizó la tesis: “*Metodología de la reconfiguración de redes primarias de la subestación de transformación San Lázaro para garantizar la confiabilidad del servicio eléctrico en la zona céntrica de Arequipa – 2018*”, en esta tesis el autor realiza una investigación sobre la reconfiguración obtenida para el suministro eléctrico principal del Centro de Conversión. La presente tesis tiene como objetivo garantizar confiabilidad del suministro eléctrico en el centro de Arequipa, en caso de interrupciones por averías o mantenimiento programado, mediante la reconfiguración del centro de conmutación de San Lázaro con otros centros principales de transformación se conectan los ramales y se conectan mediante torneado. encender y apagar la unidad de forma remota. Los métodos y herramientas desarrollados se apoyan en el programa informático “CYMDIST” para obtener, a través de la investigación y el conocimiento del tipo y conducta de cargas del cargador asociado, la topología de la corriente de carga en el circuito que se analiza. Se analizarán e identificarán las opciones de reconfiguración, y también se recopilarán informes de potencia y recarga en las condiciones más críticas. Una vez concluida la metodología y el análisis de los resultados obtenidos, en caso de interrupciones (tanto no programadas como planificadas), se realizan recomendaciones para la reconfiguración de las líneas eléctricas, asegurando que la energía restituida a áreas libres de fallas o desastres sea reparada de forma continua. base. Este trabajo también servirá como base para aplicarlo a otros proveedores de los centros de procesamiento de SEALs, a saber, los franquiciados de distribución de Arequipa. Finalmente, se evaluarán los costos y beneficios de probar la reconfiguración de la distribución principal de energía en el Centro de Conversión de San Lázaro.

(Rubiños, 2016), en la Tesis titulada: “*Generación distribuida mediante energías renovables como factor de sostenibilidad de las redes eléctricas de distribución*”, Se investigan los pros y contras de la ejecución de la generación distribuida, el análisis de cómo se lleva a cabo el marco legal, de qué se dispone, cuáles son las barreras que existen y conducen a su desarrollo. Para concluir con este proyecto se determinó que examina los pros y los contras de implementar la generación distribuida analizando cómo se implementa el marco regulatorio, qué está disponible, qué barreras existen y condujo a su desarrollo. Resumiendo, esta investigación, se encuentra que implementar la producción de electricidad distribuida en las redes existentes generará cambios ya que están diseñadas para ser puramente unidireccionales y una vez implementadas su comportamiento será bidireccional.

(Viteri, 2016), en la revista “*Análisis de Confiabilidad en Subestaciones Eléctricas Tipo Maniobra Implementando el Transformador de Tensión con Núcleo de Potencia*” dicha revista busca moderar la probabilidad de perder continuidad del suministro eléctrico y asimismo evitar la dependencia del agente distribuidor externo, cuyo resultado está en la confiabilidad de los servicios auxiliares y la simulación del software A.T.P para su verificación en su comportamiento del equipo concluyendo en la implementación de un transformador ya que es conveniente para subestaciones que no cuentan con el sistema de alimentación de servicios auxiliares confiable que convierte a la subestación en auto dependiente en su función obtendrá un gran aumento en la confiabilidad de los servicios auxiliares de subestaciones tipo maniobra y también menos probabilidad de pérdida de carga.

(Maque, 2017), En el trabajo de investigación “*Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora de calidad de servicio a causa de fallas imprevistas en el suministro eléctrico*”, su propósito es explicar los problemas de suministro eléctrico y recomendar propuestas y soluciones a la empresa distribuidora utilizando herramientas de gestión comercial para reducir el tiempo de reposición del servicio, mantener un método que beneficie a la empresa, la tecnología avanzada y la sociedad.

1.3. Formulación del problema.

¿Cómo mejorar la calidad del suministro eléctrico en la subestación PCH-104 del proyecto de electrificación Chavimochic?

1.4. Justificación e importancia del estudio.

Régimen donde la energía se distribuye, la electricidad debe suministrarse a un voltaje y una frecuencia específicos sin interferencias.

En la práctica, sin embargo, ninguna de estas condiciones se cumple, ya que estos valores cambian con la frecuencia o la tensión, y aumenta el ruido en la red de distribución.

La falta de garantía de la confiabilidad de los servicios eléctricos es perjudicial no solo para la industria, las empresas y el comercio, sino también para todos los usuarios conectados a la red provincial de Chao-Provincia Virú.

Técnica.

De acuerdo a la NTCSE, la calidad del suministro eléctrico y en función de su continuidad del servicio de luz y para evaluación dicha calidad, se toma en cuenta los indicadores que miden el número de interrupciones del servicio eléctrico y la energía no suministrada en consecuencia. su control de interrupción es de seis meses de duración y sirve para identificar la calidad del servicio eléctrico que brinda y poder tomar las mejores medidas para mejorar dicha calidad.

Económica.

La mala calidad de energía en el suministro eléctrico genera problema en lo económico como va la distribución de energía de la central hidroeléctrica sus clientes estarían con gastos innecesarios por sus electrodomésticos en su vida útil, gastos por la reparación de equipos, recalentamiento de equipos entre otros para ello se hace esta investigación porque sirve para identificar la calidad del servicio eléctrico que se brinda la central hidroeléctrica y poder así tomar las mejores medidas para mejorar dicha calidad y no hacer pagos indebidos en el suministro del recibo.

Tecnológica.

Mi proyecto de investigación refiere a mejorar la calidad de energía en redes eléctricas y subestaciones del país y la región obteniendo mejor confiabilidad y seguridad de distribución de energía para los usuarios.

Asimismo, se reconoce como afectan a las conexiones en parámetros eléctricos de redes como también de corriente, armónicos, potencia, frecuencia, etc.

Ambiental.

Mi justificación ambiental sería factible ya que como finalidad tengo el objetivo de mejorar el sistema eléctrico en baja tensión lo que mejora de utilización de energía eléctrica y aumenta su eficiencia por ello sería aprovechable por los usuarios ya que es una energía limpia y renovable y así no se requiere quema de combustibles por tanto no generara emisión de gases invernadero.

Social

La energía eléctrica es vital para el mundo ya que trae consigo mejores oportunidades para la vida cotidiana porque genera más puestos de trabajo, mejor educación en zonas que no cuentan con factibilidad de energía, mejor servicio energético todos los trabajos que se realicen.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo General.

Analizar y plantear propuestas de mejora para calidad del suministro eléctrico en la Subestación Eléctrica de Distribución PCH104, de propiedad de la concesionaria Proyecto Especial Chavimochic.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Analizar la máxima demanda eléctrica actual de la SED PCH-104, ubicada en el asentamiento humano valle de Dios, la misma correspondiente al alimentador de Media Tensión SCHAL 01- CHAO
- Confeccionar base de datos de parámetros eléctricos de la PCH-104.
- Calcular los flujos de potencia eléctrica actuales en los circuitos de distribución en baja tensión.
- Realizar indicadores críticos de calidad del servicio eléctrico.
- Diagnosticar correctivos utilizando simulaciones con el software DIGSILENT.
- Elaborar la valoración económica de las propuestas a implementar.

1.6. Marco Teórico.

1.6.1. Calidad de energía eléctrica.

(Gomezcoello, 2016)Calidad de Energía Eléctrica (CEE), es usado en descripción de una combinación de características a través de las cuales el producto y el servicio del suministro eléctrico que corresponden a las expectativas del cliente.

En la parte técnica, el usuario necesita una fuente de alimentación con un voltaje sinusoidal balanceado con amplitud y frecuencia constantes desde el divisor. Lo que esto significa en la práctica, brindar servicios de alta calidad, costos operativos razonables y equipos y procesos seguros y confiables sin colocar en peligro el medio ambiente o la salud humana.

1.6.2. Redes de distribución de la energía eléctrica

A. Control de tensiones.

El control de tensiones mantiene El voltaje está dentro del estándar o rango especificado por la normativa vigente. Hay dos métodos de control de voltaje, uno usa un condensador de compensación y el otro usa un transformador regulador.

➤ Transformadores y reguladores de tensión.

Los transformadores y reguladores de tensión son de suma importancia en un sistema de suministro en energía eléctrica. Porque con los transformadores de potencia se hace admisible la unión de los diferentes niveles de tensión para la transportación de energía desde las centrales de generación hasta los consumidores.

➤ Compensadores

Esta es otra forma de controlar el nivel de voltaje y lo hace introduciendo potencia reactiva que reduce la caída de voltaje y por lo tanto aumenta el voltaje en el nodo.

Este método es económico porque generar potencia reactiva es más económico que generar potencia activa.

Al igual que ocurre con los transformadores reguladores, existen diferentes tipos de condensadores, empezando por aquellos que proporcionan un valor constante de potencia reactiva cuando se necesita. Por ejemplo, cuando se requiere un horno de arco eléctrico.

Se tiene capacitores que alternativamente brindan potencia reactiva, estos capacitores solo establecen los parámetros de voltaje requeridos por los nodos, y los mismos capacitores se encargan de ajustar su capacidad para obtener el voltaje deseado. (Gamarra, 2016)

➤ Pérdidas de energía

Cuando la electricidad se distribuye a través de la red de distribución, inevitablemente se produce una pérdida de energía, por lo que el objetivo del franquiciado es minimizar la pérdida, toda pérdida de energía se convierte en pérdida económica.

La corriente eléctrica a través de un conductor genera calor y la energía se convierte en calor por el efecto Joule.

1.6.3. Análisis en sistemas de distribución.

Los estudios que se realizan para realizar el análisis en sistemas de distribución son:

- ✓ Confiabilidad.

- ✓ Balanceo en fases.
- ✓ Disminuir pérdidas.
- ✓ Reconfiguración en alimentadores primarios. (Gonzales, 2015)

1.6.4. Confiabilidad en sistemas de distribución.

Confiabilidad en un asunto de suma interés para el sistema de distribución porque su funcionamiento es afectado por las fallas ocurridas, otra razón para que la importancia va creciendo es por la nueva normativa que cubre el sistema eléctrico debido a tener mayor atención en el ámbito de confiabilidad por las sanciones y multas a empresas distribuidoras porque no suministran un servicio confiable. (Wrom, 2015)

La confiabilidad está relacionada con capacidad o habilidad que el sistema debe distribuir un adecuado suministro eléctrico, por ello se considera cualitativa porque permite tener ideas en comportamientos en los sistemas y así conlleve a tomar decisiones sobre diseños y planificaciones de redes eléctricas.

1.6.5. Reconfiguración en sistemas de distribución.

Reconfiguración en sistemas de distribución fue propuesto por Merlín y Back en el año 1975, cuando dieron como propuesta la minimización en pérdidas de potencia.

La reconfiguración en sistemas de distribución está basada en encontrar topologías y adecuarlas al sistema para analizar el comportamiento, existen varios métodos que va desde técnicas manuales hasta los más sofisticados algorítmicos.

Tiene como objetivo de encontrar mejoras que permitan suministrar un excelente servicio desde el punto de confiabilidad, seguridad y rentabilidad tanto en la concesionaria o empresa distribuidora como para el consumidor final, teniendo en cuenta las siguientes variables.

- ✓ Confiabilidad en el suministro.
- ✓ Abastecimiento de la demanda.
- ✓ Radiabilidad del sistema eléctrico.
- ✓ Pérdidas mínimas.
- ✓ Niveles de tensión adecuadas.
- ✓ Capacidad de líneas y subestaciones.

1.6.6. Mercado eléctrico en Perú

En la revista “*Estrategias para comercializar energías renovables en el mercado eléctrico peruano*” Se refiere a una empresa productora de energía que proporciona una determinada cantidad de energía a un determinado valor por hora y día. Al mismo tiempo, los vendedores y los consumidores directos al mercado son exigentes. Por lo tanto, el monto total de la compra forma una curva de demanda. Para solucionar este problema, elige la oferta de venta más barata hasta cumplir todos los requisitos: el precio de la electricidad será el precio de la última oferta. Luego se ajustan las restricciones técnicas para garantizar que el resultado económico del mercado sea técnicamente factible. Para ello, existen las denominadas reglas de mercado que detallan el funcionamiento del mercado eléctrico mayorista. (Murillo Manrique, 2017)

1.6.7. Precios finales en el mercado eléctrico

Los precios eléctricos se construyen esencialmente a través de la llamada coincidencia de oferta y demanda. Pero también incluye otros ingredientes que se suman al precio base para que el consumidor pague el precio final. Por ejemplo, pagar una tarifa de reserva de capacidad para compensar el suministro a las plantas en operación y reemplazar los equipos de generación de energía renovable si comienzan a sufrir falta de viento, agua o luz solar. (Murillo Manrique, 2017)

1.6.8. La energía eléctrica.

➤ Consumo energético.

Consumo energético se asocia al crecimiento de producción industrial, de la misma forma también ha aumentado el consumo de energético a nivel doméstico y transporte. Esto deriva en un aumento en las necesidades económicas y sociales de la población mundial. Este incremento no se da en todas las regiones por igual. Una quinta parte de la población mundial no tiene acceso a una fuente de calidad energía. (Cadena, 2015)

➤ Corriente eléctrica.

Energía eléctrica se expone como corriente eléctrica, La intensidad de corriente es la cantidad de electricidad que recorre por un circuito en la unidad de tiempo.

Formula:

$$I = \frac{Q}{t} \text{Formula 3}$$

Donde:

I: Intensidad representada en Amperios(A)

Q: Carga eléctrica representada en Culombios(C)

t: Tiempo representado en segundos(s)

1.6.9. Sector Eléctrico

La industria de la electricidad se estableció en 1992, bajo Ley de concesiones Eléctricas. En este caso, el sector de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica se segmenta bajo un sistema de libre precio para asegurar el suministro en condiciones competitivas, mientras que el otro sector se abastece a precio regulado cuando es necesario. De esta forma, existe una forma de captar los precios de creación, transmisión y distribución, así como los organismos encargados de fijar las tarifas.

1.6.10. Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos:

La NTCSE es la normativa peruana que regula todo el tema de calidad del servicio eléctrico, internacionalmente existen otras normas como la IEEE Y IEC, sin embargo, en el Perú los parámetros y estándares que se cumplen son fijados por la NTCSE.

Los usuarios necesitan adquirir una buena calidad de energía que sea permanente para el uso de electrodomésticos entre otros.

La calidad del suministro eléctrico no obstante perjudica al comercio, empresas e industrias sino también a los clientes conectados a la red de energía.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación.

Aplicada: El proyecto se realiza sobre el suministro eléctrico en la subestación PCH-104 del proyecto de electrificación Chavimochic con el fin de mejorar la calidad de energía eléctrica.

Se realizará un estudio detallado de la subestación PCH-104 y su alimentador en media tensión del distrito de Chao, para valorar sus condiciones de operación y establecer el principio de fallas del sistema eléctrico y así mismo los reclamos de los usuarios y sus expectativas.

2.1.2. Diseño de investigación.

Mi investigación es descriptiva, se realizó a través de consultas y entrevistas se determinará la situación en el presente que se vive en el Distrito de Chao y se realizará una propuesta viable en el sistema eléctrico.

2.2. Variables, Operacionalización.

2.2.1. Variable independiente

Análisis y propuesta de mejora.

2.2.2. Variable dependiente

Calidad del suministro eléctrico.

2.2.3. Operacionalización.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUBINDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Análisis y propuesta de mejora	Demanda de energía	Energía / potencia consumida por los usuarios	Consumo de energía	kWh/día	Análisis documentales	Registros del PECH	Ficha de recolección de datos
			Máxima potencia demandada	kW	Análisis documentales	Registros del PECH	Ficha de recolección de datos
	Proyección de demanda	Aumento de demanda en el mediano plazo		kW	Análisis documentales	Informes de MINEM	Ficha de recolección de datos
	Caída de tensión	Diferencia de voltaje		%V	Análisis documentales	Registros del PECH	Ficha de recolección de datos
Variable Dependiente: Calidad del suministro eléctrico	Caída de tensión	Diferencia de voltaje		%V	Análisis documentales	Registros del PECH	Ficha de recolección de datos
	Intensidad de Corriente	Intensidad Máxima de Corriente		kA	Análisis documentales	Registros del PECH	Ficha de recolección de datos

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

En mi investigación, la población a analizar es la subestación PCH-104, del Distrito de Chao cuya concesionaria eléctrica es la central hidroeléctrica del Proyecto Especial Chavimochic (PECH).

2.3.2. Muestra

Está conformada por la subestación PCH-104, del Distrito de Chao cuya concesionaria eléctrica es la central hidroeléctrica del Proyecto Especial Chavimochic (PECH)

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

En mi investigación se necesitaron instrumentos, equipos en el cual nos ayudaron en la recolección de datos e información donde se presenta lo siguiente:

2.4.1. Técnicas de recolección de datos.

En la presente investigación se utilizarán las siguientes técnicas:

- Entrevista
- Recolección de datos

2.4.2. Instrumento de recolección de datos.

Los instrumentos a utilizar son:

- Cuestionario
- Ficha de recolección de datos

2.5. Procedimiento de análisis de datos.

La indagación brindada es principalmente de registros e informes de la central Hidroeléctrica del Proyecto Especial Chavimochic (PECH). Dicha concesionaria distribuye energía y agua potable, dichos registros se obtuvo datos de la subestación en estudio y datos del alimentador con sus parámetros de operación como los cálculos de tensión, caída de tensión, confiabilidad, potencia entre otros. Esta averiguación sirve para analizar detalladamente cómo funciona el alimentador y la subestación en estudio.

Así mismo se hizo un procedimiento apropiado mediante programas tal cual son:

- Office Word.

- Office Excel.
- AutoCAD.
- DIgSILENT

2.6. Criterios Éticos.

Los criterios éticos de mi investigación cumplen con los derechos de autores y nuestro aporte propio, teniendo en cuenta el código de ética del colegio de ingenieros del Perú.

La presente investigación cuenta con referencias, también cumple con la normativa: reglamentos y estándares, vigentes que son aplicables, respetando la naturaleza, salud ocupacional y seguridad.

2.7. Criterios de rigor científico.

La actual aplicación está encaminada en lo que indica la investigación científica, así determinaremos los criterios de rigor científico: Conformabilidad, aplicabilidad, dependencia y credibilidad.

III. RESULTADOS.

3.1. Analizar la máxima demanda eléctrica actual de la SED PCH-104, ubicada en el asentamiento humano valle de Dios, la misma correspondiente al alimentador de Media Tensión SCHAL 01- CHAO.

Las redes de distribución de media tensión del Proyecto Especial Chavimochic, son subterráneas y predominantemente aéreas. Hay subestaciones tipo caseta y aéreas. Las redes y subestaciones aéreas tienen estructuras de concreto, con el empleo de aisladores apropiados para el nivel de tensión de operación utilizando, además, equipos de maniobra y protección seguros.

RED DE M.T. SCHAL 01:

1.	Sistema / Tensión	:	Aéreo - Subterráneo / Operación 10 KV.
2.	Longitud	:	51,926 km
3.	Estructuras	:	Postes de concreto armado centrifugado y de madera tratada
4.	Numero de Estructuras	:	591
5.	Potencia Nominal	:	500 kVA
6.	Material del conductor	:	AAAC
7.	Sección del Conductor	:	50
8.	Ménsulas y crucetas	:	De concreto y madera
9.	Aisladores	:	Poliméricos, híbridos y de porcelana.
10.	Seccionamiento de línea	:	Tipo Cut Out
11.	Subestación de distribución	:	Aéreas
12.	Antigüedad	:	20 años
13.	Ubicación	:	Distrito de Chao, Viru, La Libertad

En diagnóstico tenemos como objetivo reconocer la actualidad de la Máxima Demanda eléctrica de la SED PCH-104, ubicado en el Asentamiento Humano Valle de Dios, distrito de Chao, la misma que cuenta con las siguientes características:

SISTEMA ELECTRICO	NOMBRE SED	ALIMENTADOR	CODIGO SED	UBIGEO	PROPIEDAD	
URBANO	AA.HH. Ciudad Valle de Dios	SCHAL 1	PCH104	131202	Distribuidora	
TRANSFORMADOR		TOTALIZADOR (1)		MEDIDOR A.P (2)		
MARCA	Potencia (KVA)	Serie	Marca	N° Serie	Marca	N° Serie
EPLI S.A.C	500	TR2014- 04073-01	ELS ELSTER	04017087	ELS ELSTER	8404378

Transformador de distribución Trifásico.

El transformador de distribución trifásico en la subestación PCH 104 es de tipo interior, con 500 kVA de potencia aparente, tiene una conexión delta (Δ) en el lado primario y estrella (Y) en el secundario, con una salida de 380 V trifásico y 220 V monofásico con neutro (Fig. N° 2).

Figura 2: Subestación PCH-104 tipo de caseta nivel



Fuente: Elaborado por el autor.

Actualmente cuenta con 921 suministros conectados desde el sistema de distribución eléctrica secundaria, con referencia del 2012 a 2020, resulta un consumo de energía de 2501 MW- h (ver Tabla 2).

Sistemas de protección en Media y Baja Tensión.

El sistema de protección en la subestación de distribución PCH 104 está compuesta por:

A. Seccionador de media tensión.

Es del tipo botella, con una capacidad de 63A. Montado en la pared de la sala de transformadores con una tensión de trabajo de 10 kV. Accionamientos para cargas no accionadas mecánicamente y protección con fusible de botella de 63 A.

B. Fusible de protección de baja tensión.

Son fusibles tipo NH con amperajes de 40, 160 y 250, siendo el voltaje máximo de operación de 500 V.

C.- Circuitos de la red secundaria en baja tensión (BT).

Los circuitos son de configuración radial, en un total de 11 circuitos, los cuales son: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J y K, con niveles de tensión de 380 V, en sistema trifásico 4 hilos y monofásico de 2 hilo, con conductores de cobre del tipo subterráneo NYY (Tabla N° 1).

Tabla 1: Características en baja tensión de las redes secundarias

ITEM	SUBESTACION	CIRCUITO	TIPO	CALIBRE (mm2)	MATERIAL	LONGITUD (km)
1	PCH-104	A	S	3 x 16	Cu	0.089
2	PCH-104	A	S	3 x 25	Cu	0.1747
3	PCH-104	A	S	3 x 25	Cu	0.3206
4	PCH-104	A1	S	3 x 25	Cu	0.1337
5	PCH-104	B	A		Cu	0.3459
6	PCH-104	B	S	1 x 10	Cu	0.018
7	PCH-104	B	S	3 x 10	Cu	0.4242
8	PCH-104	B	S	3 x 120	Cu	0.0921
9	PCH-104	B	S	3 x 16	Cu	0.4384
10	PCH-104	B	S	3 x 25	Cu	0.1779
11	PCH-104	B	S	3 x 25	Cu	0.1226
12	PCH-104	B	S	3 x 50	Cu	0.1088
13	PCH-104	C	A		Cu	0.3653
14	PCH-104	C	S	3 x 10	Cu	0.6688
15	PCH-104	C	S	3 x 120	Cu	0.0587
16	PCH-104	C	S	3 x 16	Cu	0.1851
17	PCH-104	C	S	3 x 50	Cu	0.3867
18	PCH-104	C	S	3 x 70	Cu	0.1977
19	PCH-104	D1	S	3 x 25	Cu	0.0745
20	PCH-104	D2	S	3 x 25	Cu	0.2118
21	PCH-104	E1	S	3 x 10	Cu	0.2904
22	PCH-104	E2	S	3 x 6	Cu	0.0035
23	PCH-104	E2	S	3 x 70	Cu	0.2985
24	PCH-104	E3	A	3 x 25	Al	0.03
25	PCH-104	E3	A	3x 50	Al	0.1353
26	PCH-104	E3	S		Cu	0.0124
27	PCH-104	E3	S	3 x 10	Cu	0.2824
28	PCH-104	E3	S	3 x 25	Cu	0.0598
29	PCH-104	F1	S	3 x 10	Cu	0.1713
30	PCH-104	F1	S	3 x 25	Cu	0.005
31	PCH-104	F2	A	3 x 10	Al	0.1546
32	PCH-104	F2	A		Cu	0.0652
33	PCH-104	F2	A	1 x 6	Cu	0.0213
34	PCH-104	F2	S	2 x 25	Cu	0.6223
35	PCH-104	F2	S	3 x 25	Cu	0.1282
36	PCH-104	G	S	3 x 25	Cu	0.0347
37	PCH-104	G	S	3 x 25	Cu	0.1534
38	PCH-104	H1	S	3 x 10	Cu	0.3577
39	PCH-104	H2	S		Cu	0.1686
40	PCH-104	H2	S	3 x 25	Cu	0.4529
41	PCH-104	I	A		Cu	0.0361
42	PCH-104	I	S	3 x 10	Cu	0.481
43	PCH-104	I	S	3 x 25	Cu	0.0462
44	PCH-104	I	S	3 x 25	Cu	0.108
45	PCH-104	J	A		Cu	0.1012
46	PCH-104	J	S	3 x 10	Cu	0.2151
47	PCH-104	J	S	3 x 16	Cu	0.0664
48	PCH-104	J	S	3 x 35	Cu	0.1681
49	PCH-104	J	S	3 x 35	Cu	0.0095

Fuente: Elaborado por el autor

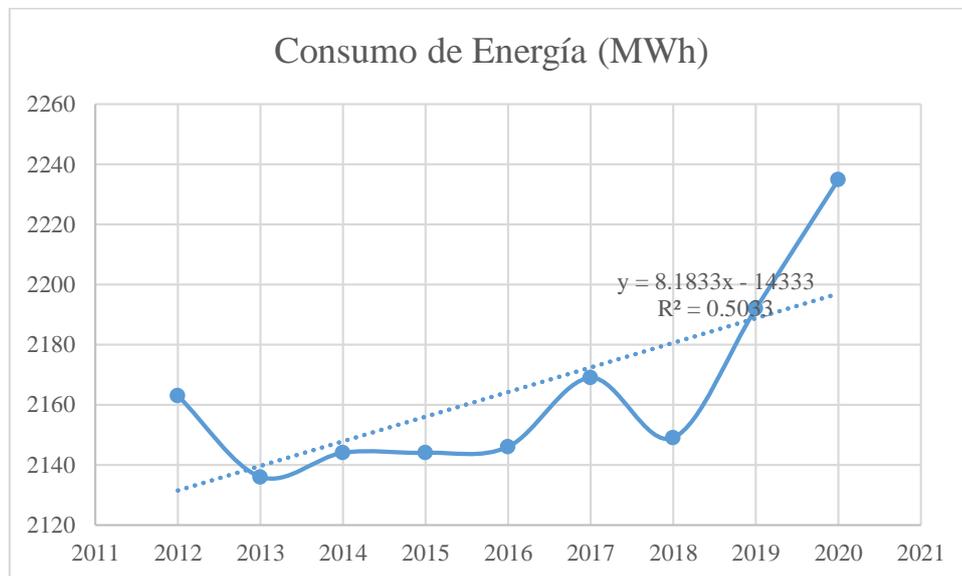
Tabla 2: Porcentaje de crecimiento promedio de energía PCH-104

Código	Alimentador	N° Clientes	Consumo de Energía (MWh)								Tabla de crecimiento	
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		2020
PCH-104	SCHAL 1	921	2163	2136	2144	2144	2146	2169	2149	2192	2235	0.5

Fuente: Elaboración propia

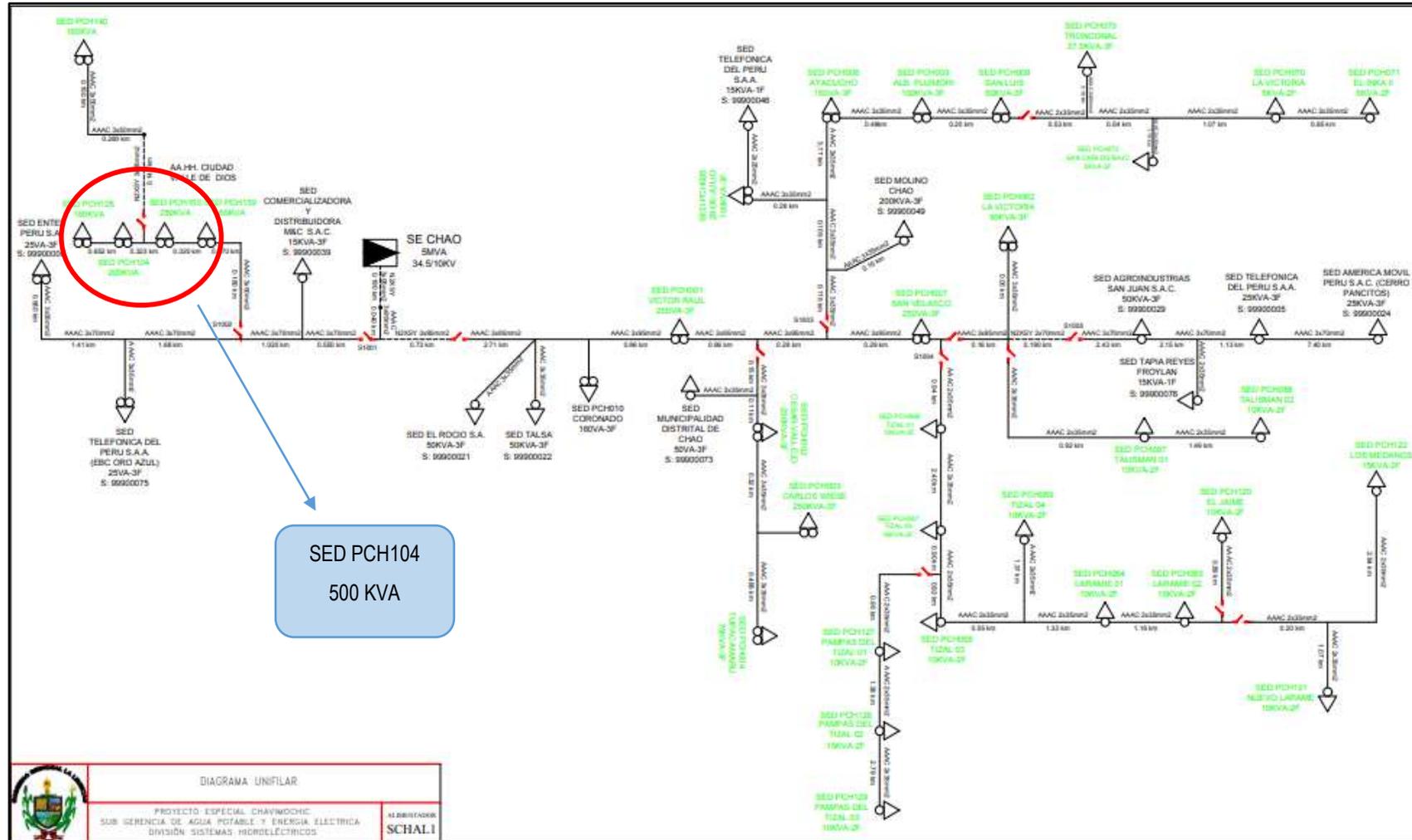
En la siguiente figura podemos apreciar que en comienzo en el año 2012 con un consumo de energía de 2163 kWh y disminuye para después empezar a crecer hasta llegar a un valor de 2235 MWh en el año 2020.

Figura 3: Representación del consumo de energía de clientes



Fuente: Elaboración autor.

Figura 4: Diagrama unifilar del Proyecto Especial Chavimochic



De acuerdo con las normas técnicas de calidad del servicio de energía eléctrica urbana, el informe de compensación por mala calidad del producto con niveles de voltaje insuficientes en 2020 debe estar dentro de $\pm 5\%$ entre los valores 209 y 209. 231 V. En el tramo correspondiente al circuito de la subestación PCH 104, se identificaron y compensaron económicamente un total de 129 fuentes de energía.

Para determinar la compensación económica se realizaron mediciones en los suministros A, B, C, D, E, F, G, H, I, J y K, obteniendo cuatro niveles que no cumplen con el nivel de tensión.

En la siguiente tabla, presentamos dichas compensaciones:

Tabla 3: *Compensaciones económicas por circuito PCH104*

ITEM	SUMINISTRO MEDIDO	CIRCUITO	MONTO EN DOLARES (\$)
1	46526487	I	152,87
2	46485216		
3	47825215	E	159,74
4	47584251	B	39,82
5	47652385	H	22,43
			374,86

Fuente: Elaborado por el autor

En la siguiente tabla presentamos las compensaciones económicas en dólares realizada a los clientes en el año 2020.

Tabla 4: *Compensación económica por período año 2020.*

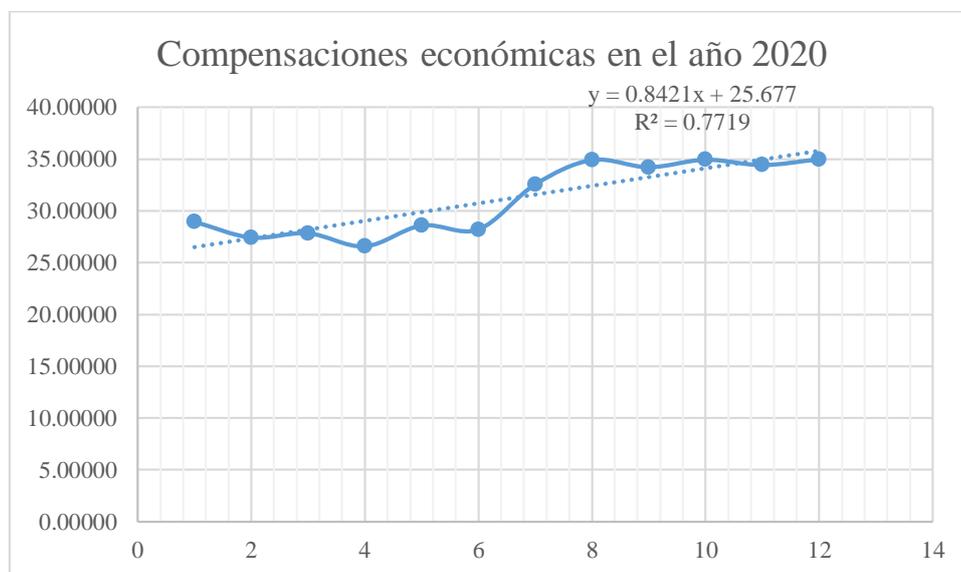
Periodo	Suma de Monto de Compensación (US\$)
2020 - ene	28,96090
2020 - feb	27,43990
2020 - mar	27,85060
2020 - abr	26,58720
2020 - may	28,60430
2020 - jun	28,21970
2020 - jul	32,57260

2020 - ago	34,92900
2020 - set	34,23510
2020 - oct	34,95800
2020 - nov	34,44470
2020 - dic	35,00400
TOTAL	373,80600

Fuente: Elaborado por el autor

La compensación de potencia domiciliar del circuito de tensión baja de la estación PCH 104 (figura 08), es consistente con la línea de tendencia del aumento observado en el consumo de energía, con una línea de tendencia ascendente desde el suministro de energía eléctrica, momento en el cual se realizan mediciones sobre la distribución y sobre la calidad de las condiciones de entrada de estos productos para que se involucren nuevos suministros.

Figura 5: *Compensaciones por periodo 2020 y su índice de crecimiento*



Fuente: Elaborado por el autor

Monitoreo ejecutado en los suministros del circuito “I”.

Se presentan las mediciones diarias (Tabla 5) de los alimentadores 52378817 y 52378735 acoplados al circuito "I" de la subestación PCH 104 a intervalos de 15 minutos el día 20 de julio de 2020, en el caso de que el alimentador o analizador de red sea provisto por un período de 7 días (20 de julio de 2020 al 27 de julio de 2020).

El voltaje asociado a la fuente 52378817 se registra como un valor crítico de 195 V fuera del valor o rango especificado por la NTCSE, el cual debe estar entre 209 y 231 voltios, es

decir $\pm 5\%$ del voltaje nominal, por lo tanto, como se mencionó anteriormente, los titulares de licencias están obligados en todos los casos a compensar financieramente a dicha fuente de energía (donde se haga el registro) por un voltaje aguas abajo demasiado bajo y un voltaje aguas arriba demasiado alto.

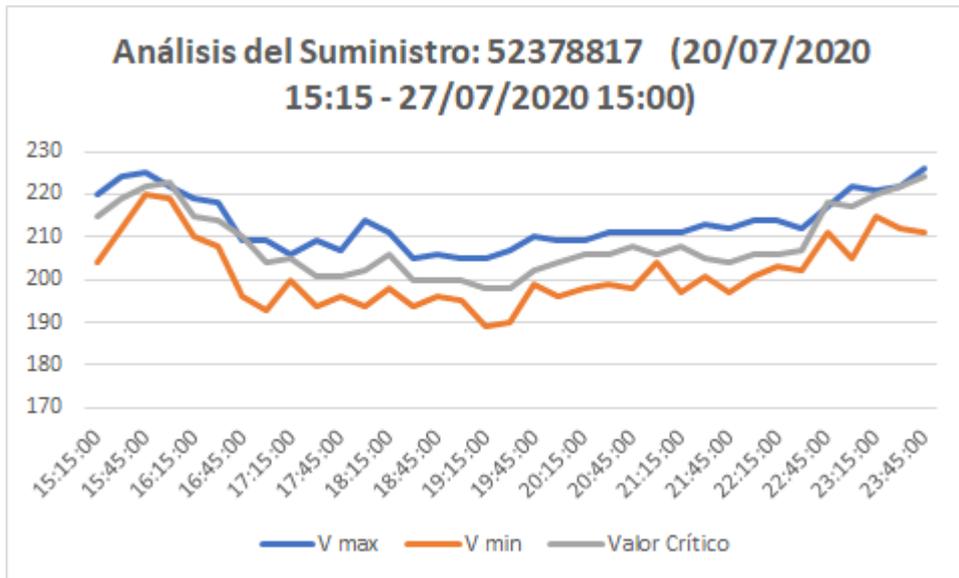
Tabla 5: Datos de abastecimiento 52378817 medido por mala calidad

Item	Hora	V max	V min	Valor Crítico	Armónicos	-5.00%	+ 5%	V nom
1	15:15:00	220	204	215	0	209	231	220
2	15:30:00	224	212	219	5.05	209	231	220
3	15:45:00	225	220	222	5.23	209	231	220
4	16:00:00	222	219	223	5.04	209	231	220
5	16:15:00	219	210	215	5.19	209	231	220
6	16:30:00	218	208	214	5.37	209	231	220
7	16:45:00	209	196	210	5.12	209	231	220
8	17:00:00	209	193	204	5.99	209	231	220
9	17:15:00	206	200	205	6	209	231	220
10	17:30:00	209	194	201	6.04	209	231	220
11	17:45:00	207	196	201	6.22	209	231	220
12	18:00:00	214	194	202	6.18	209	231	220
13	18:15:00	211	198	206	6.27	209	231	220
14	18:30:00	205	194	200	6.88	209	231	220
15	18:45:00	206	196	200	7.5	209	231	220
16	19:00:00	205	195	200	7.94	209	231	220
17	19:15:00	205	189	198	8.17	209	231	220
18	19:30:00	207	190	198	8.24	209	231	220
19	19:45:00	210	199	202	8.3	209	231	220
20	20:00:00	209	196	204	8.36	209	231	220
21	20:15:00	209	198	206	8.14	209	231	220
22	20:30:00	211	199	206	8.36	209	231	220
23	20:45:00	211	198	208	8.29	209	231	220
24	21:00:00	211	204	206	8	209	231	220
25	21:15:00	211	197	208	7.84	209	231	220
26	21:30:00	213	201	205	7.65	209	231	220
27	21:45:00	212	197	204	7.36	209	231	220
28	22:00:00	214	201	206	7.3	209	231	220
29	22:15:00	214	203	206	7.26	209	231	220
30	22:30:00	212	202	207	6.76	209	231	220
31	22:45:00	217	211	218	6.51	209	231	220
32	23:00:00	222	205	217	6.15	209	231	220
33	23:15:00	221	215	220	6.05	209	231	220
34	23:30:00	222	212	222	5.98	209	231	220
35	23:45:00	226	211	224	5.84	209	231	220

Fuente: Elaboración propia

En la fuente de alimentación donde se realizaron las mediciones, los valores de voltaje registrados se pueden apreciar en la figura 09, mostrando el cambio de lo que se considera bajo voltaje, mientras que para la sobrepresión por un período de 7 días.

Figura 6: Análisis del Suministro 52378817



Fuente: Elaborado por el autor

En la siguiente Tabla 06 se muestra el número de intervalos obtenidos a partir de las mediciones de un total de 1142 cajas suministradas, de las cuales 672 fueron de baja calidad (MQ).

Tabla 6: Suministro 52378817- Intervalos medidos

I.- DATOS DEL SUMINISTRO			
Suministro	52378817		
Circuito	D302174 Circuito BT - I		
Subestación	PCH-104		
II.- DATOS DE LA MEDICIÓN			
2.1. Datos Generales			
Identificador	HID16112400X1	Data Fuente	46469124.R32
Fecha de instalación	20/07/2020 03:08:00 p.m.	Nivel de Tensión	220
Fecha de retiro	01/08/2020 12:32:00 p.m.	Factor de corrección PT	1
Equipo de medición	ECAMEC-RES4R32A-BP-4411-S1510 (Id: 2653)	Factor de corrección CT	1
Tipo de Alimentación	Monofásico (MO)	Factor de tolerancia	5
2.2. Resultados			
Resultado	MALA CALIDAD		
Total de intervalos	1142	Intervalo BQ	588
Intervalos evaluados	672	Intervalo MQ	84
Tensión Máxima	230.61	Fecha de Ten. Máxima	27/07/2020 05:00:00 a.m.
Tensión Mínima	195.07	Fecha de Ten. Mínima	25/07/2020 08:30:00 p.m.
Presencia de PST	NO	Presencia de THD	SI

Fuente: Elaboración propia

Utilizando una pinza de voltioamperios, los valores instantáneos de corriente y tensión obtenidos en diferentes momentos suelen obtenerse durante las horas pico (18:00 a 23:00 horas) (Tabla 7).

Suponiendo un valor instantáneo, la utilización del transformador observada es 1,26, esto indica una sobrecarga del dispositivo, la corriente máxima es la fase R y la corriente mínima de voltaje es 432 V entre las fases R-T.

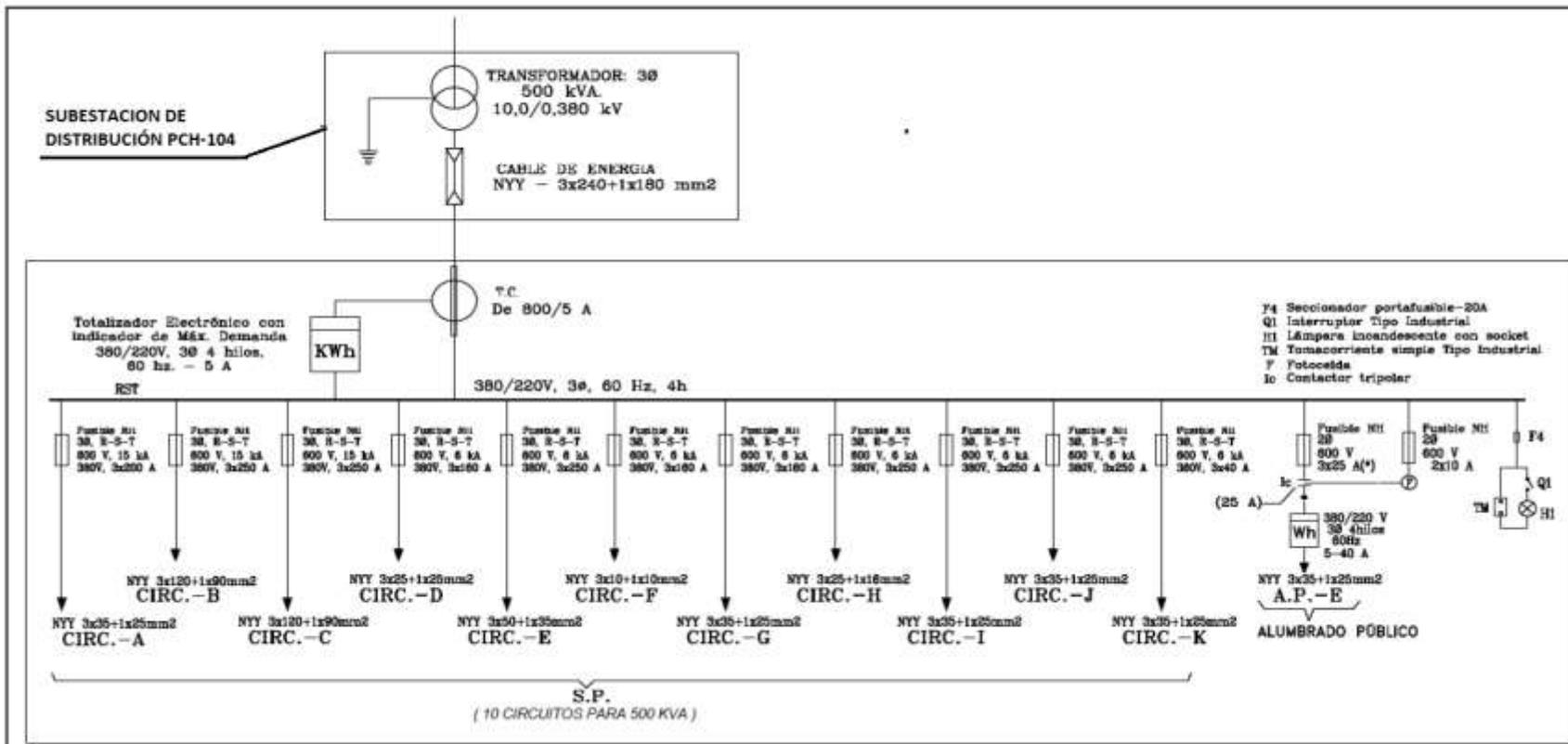
Tabla 7: Valores de Intensidad de Corriente y Tensión en horas pico.

AMT	P.I. KVA	M.D. KVA	Factor de Utilización (MD/PI)	Fecha	Hora	Sistema	I_R	I_S	I_T	I_b	I_L	V_{RS}	V_{ST}	V_{RT}	V_L	$\text{Cos}\phi$	MD (kW)	MD (kVA)
PCH-104	500	632	1.264	18/12/2020	20:00	Trifásic o 380/220 V	778	688	699	361	842	434	434	432	433	0.9	588.77	631.97

Fuente: Elaborado por el autor

A continuación, presentamos el diagrama unifilar de la subestación PCH-104:

Figura 7: Diagrama unifilar de subestación



Fuente: Elaborado por el autor

3.2. Registro de valores eléctricos de la PCH-104.

Los parámetros eléctricos se midieron o registraron instalando un analizador de potencia trifásica Fluke modelo 1743 en el polo principal del circuito de salida principal del transformador de distribución durante 7 días y se registraron cada 15 días, además de usar Fluke para medir el voltaje del dispositivo Valor instantáneo de voltaje y corriente, tarda unos minutos.

Registre el nivel de voltaje.

Registro de tensión obtenido del registrador en la salida del circuito de baja tensión del transformador, donde los valores mínimos y máximos de tensión se dan en la Tabla 08, siendo el voltaje de fase 220 V y el voltaje de línea de 380 V.

Tabla 8: Valores mínimos y máximos de Voltaje

Item	Fases	Valor Máximo	Valor Mínimo
1	R - S	398	382
2	S - T	399	385
3	R - T	398	382
4	R - N	229	220
5	S - N	230	222
6	T - N	231	222

Fuente: Elaborado por el autor

Registre el nivel de Intensidad de Corriente.

Los registros de corriente se obtienen del registrador de red en la salida del circuito del transformador, donde las corrientes máximas y mínimas para cada fase se especifican en la Tabla 09 en relación a los valores de operación del transformador.

Tabla 9: Valores mínimos y máximos de Intensidad de Corriente

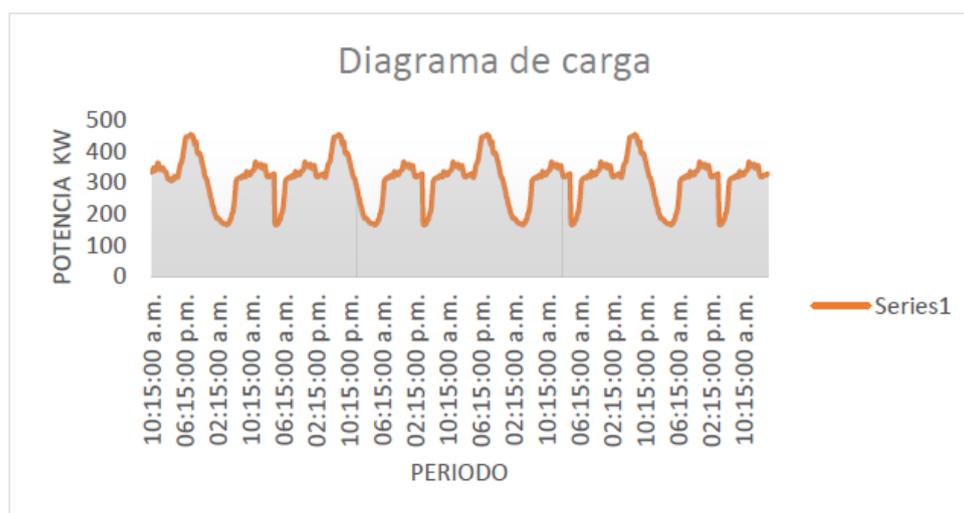
Item	Fases	Valor Máximo	Valor Mínimo
1	R	785	298
2	S	685	219
3	T	710	231
4	N	342	112

Fuente: Elaborado por el autor

Gráfico de carga de la subestación.

La Figura 11 muestra un gráfico de carga que muestra la actividad de la carga durante un tiempo de 7 días (12/03/2020 al 18/03/2020), donde la máxima demanda de energía operativa es de 455 kW.

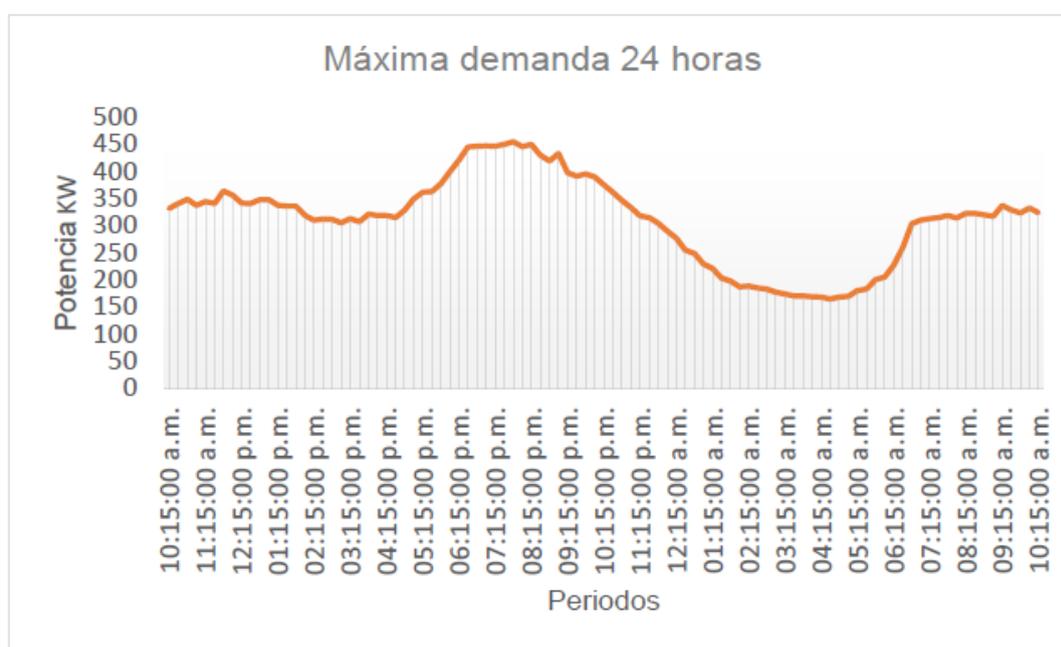
Figura 8: Gráfico de carga PCH-104



Fuente: Elaborado por el autor

En un gráfico de un día (monitoreo de 24 horas) de la carga eléctrica activa en este caso, como se muestra en la Figura 12, es posible observar el aumento de electricidad durante las horas pico y la disminución durante las horas valle.

Figura 9: Diagrama de Carga PCH 104 en 24 horas



Fuente: Elaborado por el autor

Determinación de la máxima demanda.

Este parámetro tiene en cuenta el máximo valor de potencia activa producido por el sistema de medida registrado.

$$MD = 455 \text{ kW}$$

Determinación del factor de carga.

En el cálculo del factor de carga, se asume que el valor medido y registrado del analizador de red es la demanda promedio y máxima de la estación de distribución durante 7 días.

Máximo requerimiento total (MD): 455 kW

Demanda Media (DP): 318 kW.

$$f.c. = P_{media} / MD = 318 / 455 = \mathbf{0,68}$$

Determinación del factor de potencia.

Calcular el factor de potencia y la relación entre potencia activa (P) y potencia aparente (S), obtenidos a partir de mediciones realizadas en la salida del transformador en el lado de baja tensión.

$$f.p. = P / S = 455,26 / 471,88 = \mathbf{0,96}$$

Determinación del factor de pérdidas.

Use la Ecuación 8 para hacer este cálculo usando el factor de carga y el factor. En caso de una amenaza, estos datos deben ingresarse en un formulario de datos de software Computadora para simular corriente eléctrica

$$fp = coebullery \times fc + (1 - coebullery) \times fc$$

Reemplazando:

$$fp = 0,15 \times 0,68 + (1 - 0,15) \times 0,682 = \mathbf{0,49}$$

3.3. Flujos de potencia eléctrica actuales en los circuitos de distribución en baja tensión

Con las medidas eléctricas obtenidas del transformador del Proyecto Especial Chavimochic PCH y en el registrador de energía, se realiza un cálculo de corriente de energía para cada circuito de la subestación PCH 104 para determinar qué circuito tiene una clasificación crítica (porcentaje de caída de voltaje, utilización).

Valores de datos ingresados.

Se ingresa los valores de los datos requeridos en el programa DIgSILENT y se realiza el flujo de potencia:

Tabla 10: Valores tomados cada hora.

Ítem	Indicador	Valor
1	Factor de carga	0,68
2	Cos ϕ	0,96
3	Factor de pérdidas	0,49
4	Potencia base (KW)	100 (CCO)
5	Temperatura °C	70°C
6	Horas/mes:	720
7	Tensión base (KV):	387 V
8	Factor de simultaneidad	1 (CCO)
9	Tipo de red	Baja Tensión
10	Grupo de conexión	Δ , Y
11	Fases	3

Fuente: Elaborado por el autor

Se realiza la simulación del flujo de potencias se realizó considerando los siguientes aspectos:

- El tipo de configuración Δ - Y.
- Número y condición de clientes menores
- Distancia de los vanos.
- Tener en cuenta las cargas importantes.

Al momento de realizar la simulación, se ha considerado el valor medio del voltaje nominal a la salida del transformador de distribución.

Modelado en el circuito “A”.

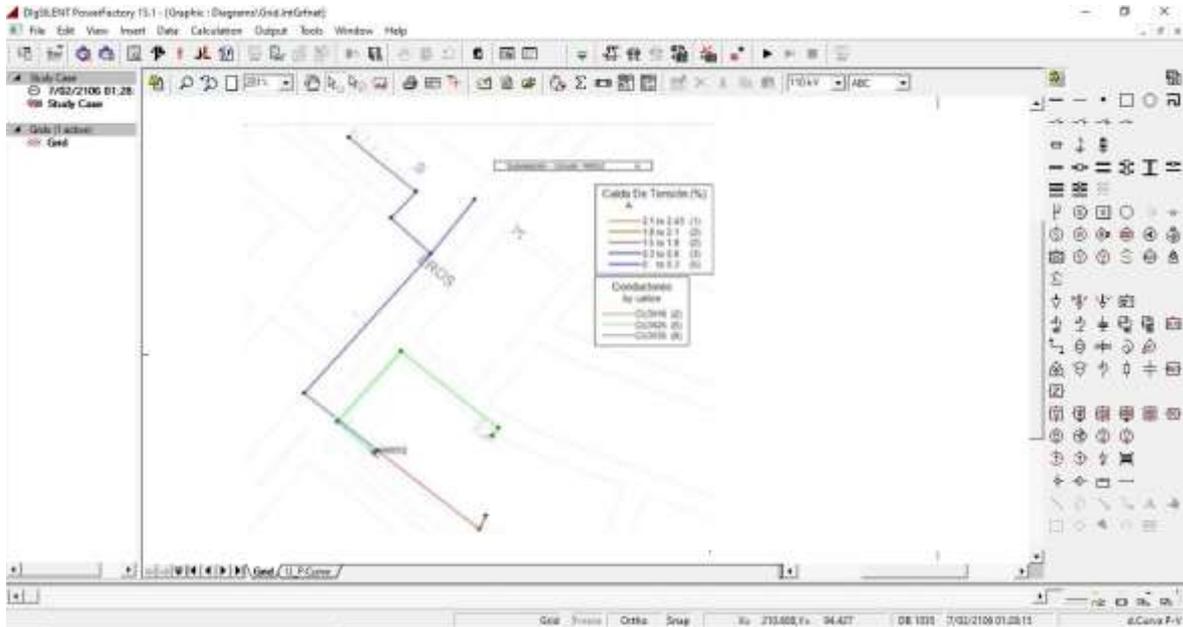
A partir de la gráfica resultante, se modela la curva de potencia del circuito PCH 104 “A”, ingresando a su vez los parámetros que se muestran en la Tabla 10, además de los siguientes:

Longitud total del circuito: 0,5843 Km.

Los resultados posteriores al flujo de energía exponen el porcentaje de variación de voltaje del circuito en los puntos críticos y más alejados varía de 2,1 % a 2,43 %, dentro de la tolerancia especificada por NTCSE, como se muestra en la Fig. 13.

Potencia total 22,48 KW, procedente de aparamenta de subestación.

Figura 10: Esquema de la caída de tensión circuito “A”.



Fuente: Elaborado por el autor

Modelado en el circuito “B”.

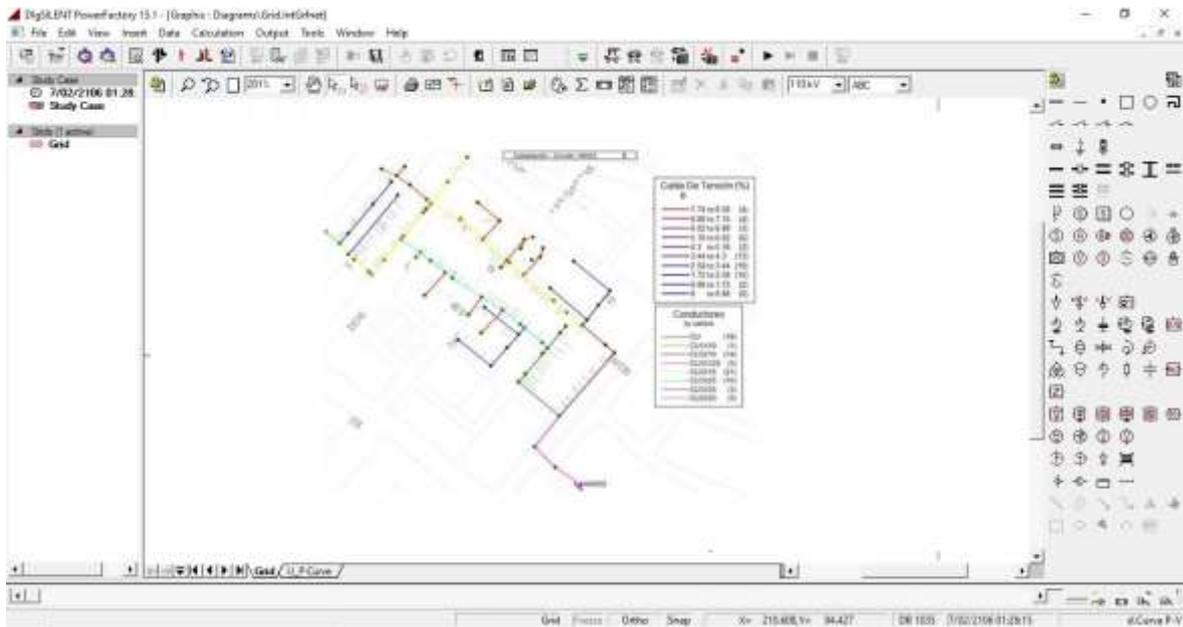
En la modelación de la corriente de la línea “B” PCH 104, también se tuvo en cuenta la longitud de 1,72 km en el tramo de metro.

Se puede observar que la caída de tensión en el punto más crítico varía entre el 7,74% y el 8,56%, y está de color rojo, muy por encima de la tolerancia indicada por la NTCSE.

En la figura 14 se observa que en el tramo A - B, capacidad 39,5 KW, se tiene una red de BT con cable de cobre, tamaño 3x25 + 1x16 mm², se analizan los puntos adicionales C - D, donde se encuentra la sección del cable de red. es de 3x10 + 1x6 mm², y dado que la carga en este momento es de 10 kW, es demasiado pequeña y se debe aumentar o considerar para transferir a una nueva subestación.

La potencia total del circuito a la salida de la barra de la subestación es de 71,74 kW.

Figura 11: Esquema de la caída de voltaje en el circuito “B”.



Fuente: Elaborado por el autor

Modelado en el circuito “C”.

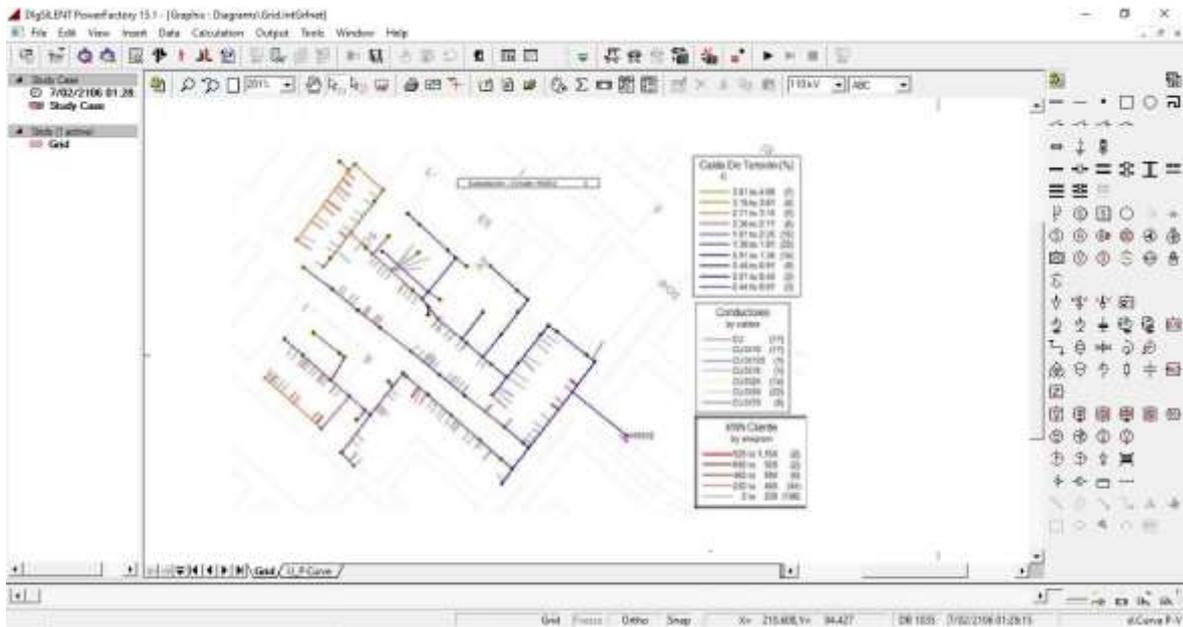
El modelado de corriente en el circuito “C” de la estación PCH 104 se realiza en base a un nivel de tensión de 385 V en la pestaña de entrada del programa con una longitud de circuito de 1,86 km.

De acuerdo con el análisis de la Figura 15, los valores de caída de voltaje de final de línea resultantes oscilan entre 3,61 % y 4,08 %, todos dentro del rango de especificaciones.

El circuito tiene una capacidad de 89,9 kW, por lo que se debe tener en cuenta la carga a transferir debido a que el transformador PCH 104 está sobrecargado.

Muestra conexiones de alto consumo (resaltadas en rojo) como 920 y 1150 kWh.

Figura 12: Esquema de la caída de voltaje en el circuito "C".



Fuente: Elaborado por el autor.

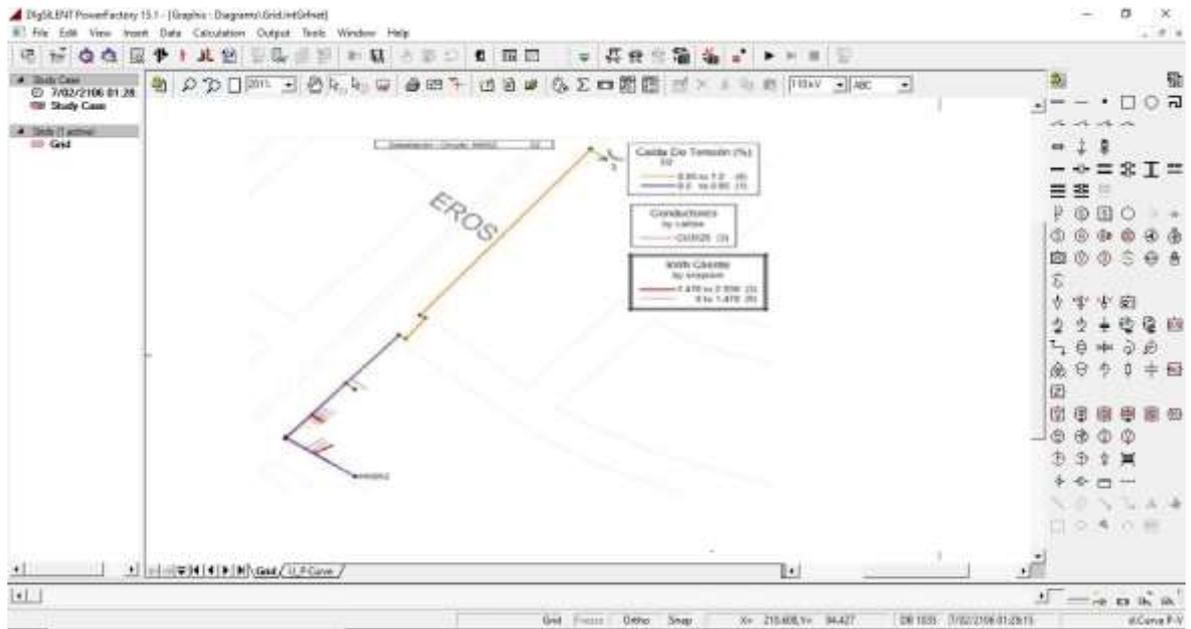
Modelado en el circuito "D".

El circuito "D" se modeló tiene una longitud total de 0,28 km.

La figura 16 muestra la pantalla del software, dado que el nivel de tensión del bus es superior a 380V, los resultados de las caídas de tensión porcentuales se muestran en la gráfica resaltada en amarillo, con valores que van desde 0,85 hasta 1,2 x 0,28m. alambre de cobre con una sección transversal de 3x25 + 1x16 mm² para mantener el valor de voltaje dentro del rango estándar permitido.

La Máxima Demanda del circuito es de 21,58 kW.

Figura 13: Esquema de la caída de voltaje en el circuito “D”.



Fuente: Elaborado por el autor.

Modelado en el circuito “E”.

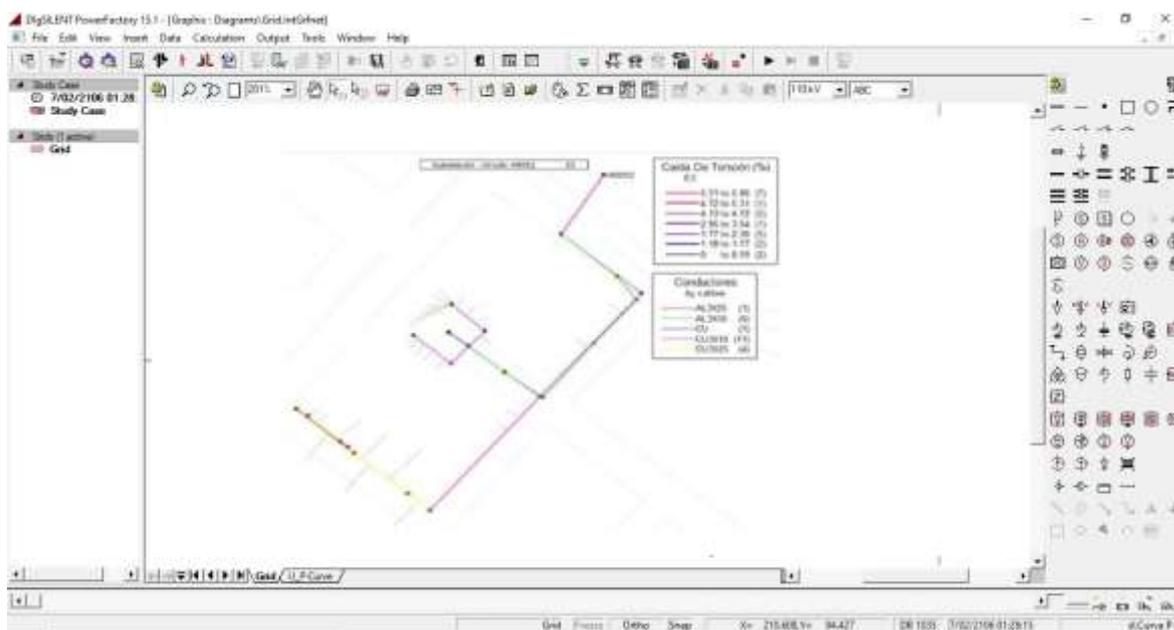
En el modelo de la vía "E", también se tuvo en cuenta la longitud de vía de 0,50 km.

La figura 17 muestra el resultado rojo de la caída de voltaje en el campo con el valor registrado que va de 5,31 a 5,86%, el cable de salida del circuito es $3 \times 10 + 1 \times 10 \text{ mm}^2$, lo que resulta en una mala calidad de la caída de voltaje.

La Máxima Demanda en el circuito es de 19,15 kW.

Los resultados demuestran que la caída de voltaje excede la especificación NTCSE $\pm 5\%$.

Figura 14: Esquema de la caída de tensión circuito “E”.



Fuente: Elaborado por el autor.

Modelado en el circuito “F”.

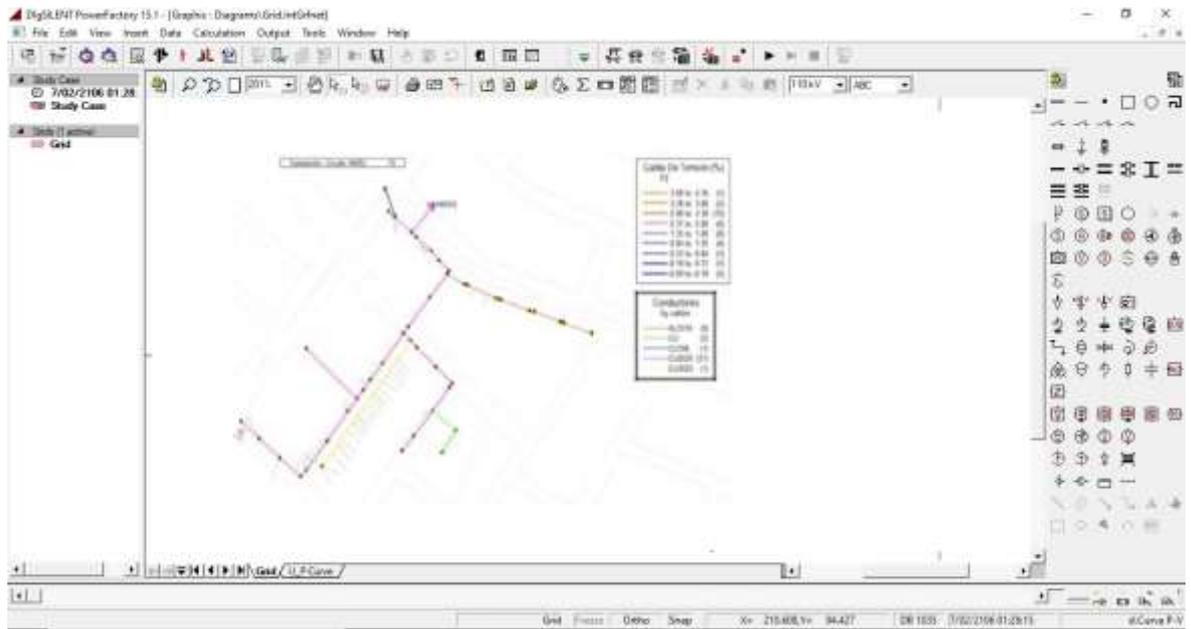
El circuito "F" se modela en base a la longitud total de 0,99 km.

La Figura 18 muestra la captura de la pantalla del software, la caída de voltaje resultante, los valores registrados están entre 3.88% y 4.36% como se mencionó antes. El estándar dice que hay un cable de alimentación en estas partes rojas de cobre de distribución tamaño 2x25 + 1x16 mm² bifásico, que representa a una carga monofásica, asumiendo potencia 35 kW en este tramo.

La Máxima Demanda Total asumida a la salida del circuito es de 55,34 kW.

La conexión con consumo de energía mayor está marcada en rojo y tiene un intervalo de 1770 a 2350 kWh.

Figura 15: Esquema de la caída de voltaje en el circuito "F".



Fuente: Elaborado por el autor.

Modelado en el circuito "G".

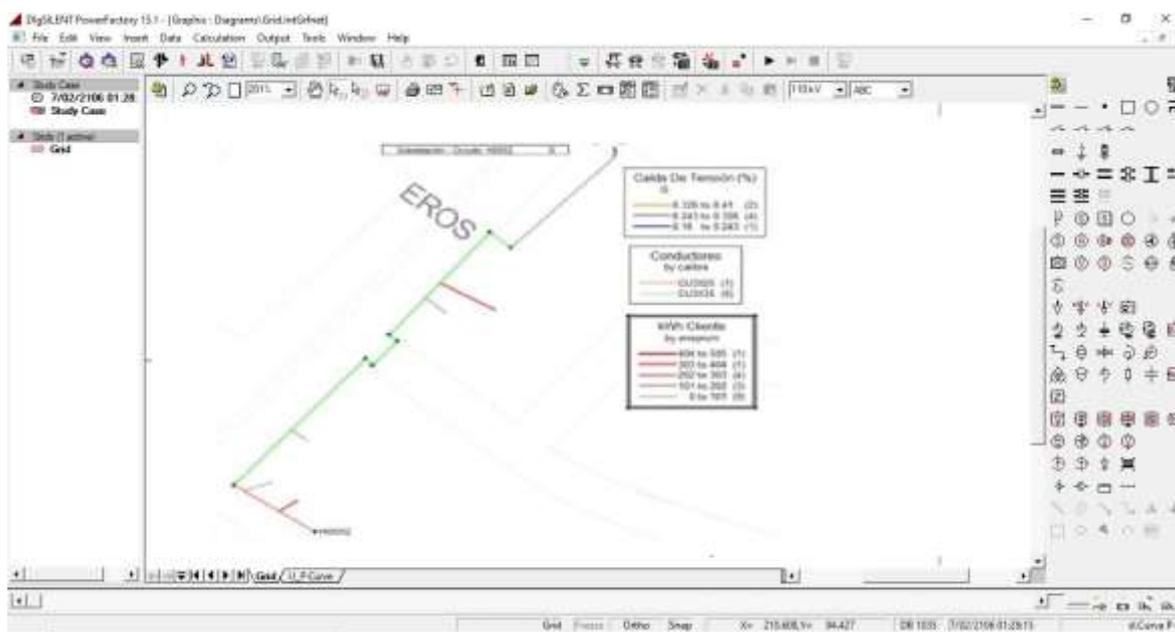
El circuito "G" se modela en base a la longitud total de 0,18 km.

La Figura 19 muestra el resultado del software, el resultado porcentual del voltaje del circuito de distribución se resalta en amarillo en el campo de valor de escritura, el rango de porcentaje es de 0,326 a 0,41, debido al nivel de voltaje del bus de 380 V, la distancia es de 180 m.

La Máxima Demanda en el circuito es de 6,99 kW.

Los valores obtenidos se encuentran dentro de las tolerancias permitidas por la NTCSE.

Figura 16: Esquema de la caída de tensión en el circuito “G”.



Fuente: Elaborado por el autor.

Modelado en el circuito “H”.

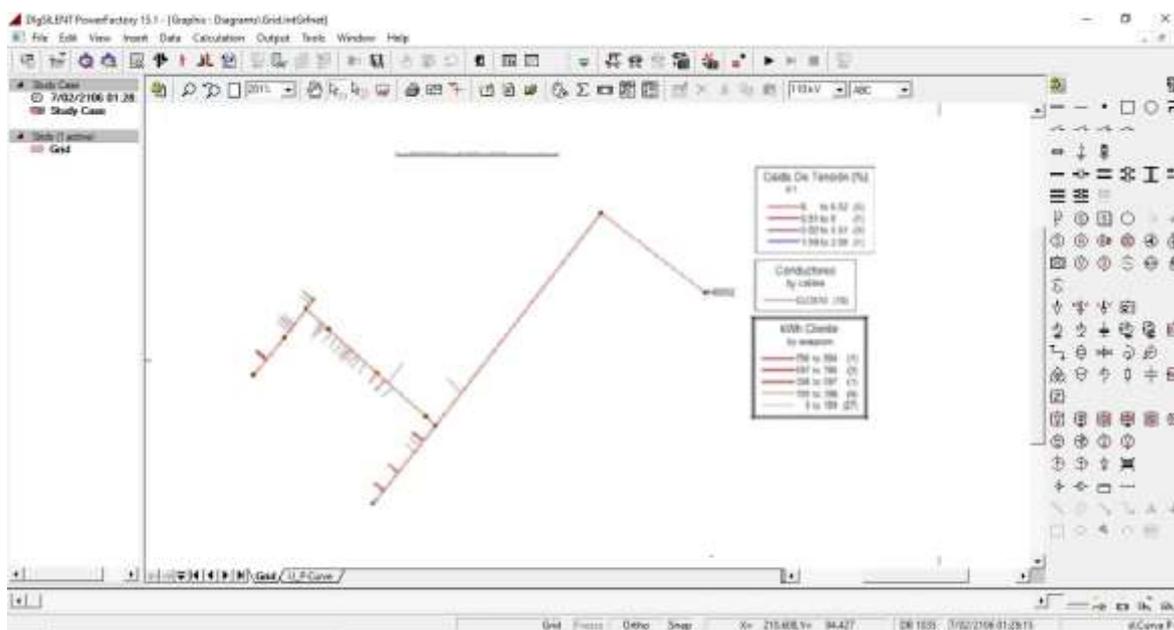
El circuito "G" se modela en base a la longitud total de 0,35 km.

La figura 20 se muestra los resultados, se destaca en rojo la caída de tensión resultante entre las partes A - B, los valores registrados están fuera del rango indicado en la norma ($\pm 5\%$), porcentaje de 6 a 6,5, la red de distribución sección de cobre tiene disponible cable trifásico de diámetro $3 \times 10 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$.

La Máxima Demanda supuesta es de 17 kW a la salida del sistema.

Sus conexiones con consumo de energía máximo están marcadas de color rojo y consumen de 796 a 994 kWh al final del circuito.

Figura 17: Esquema de la caída de tensión en el circuito “H”.



Fuente: Elaborado por el autor

Modelado en el circuito “I”.

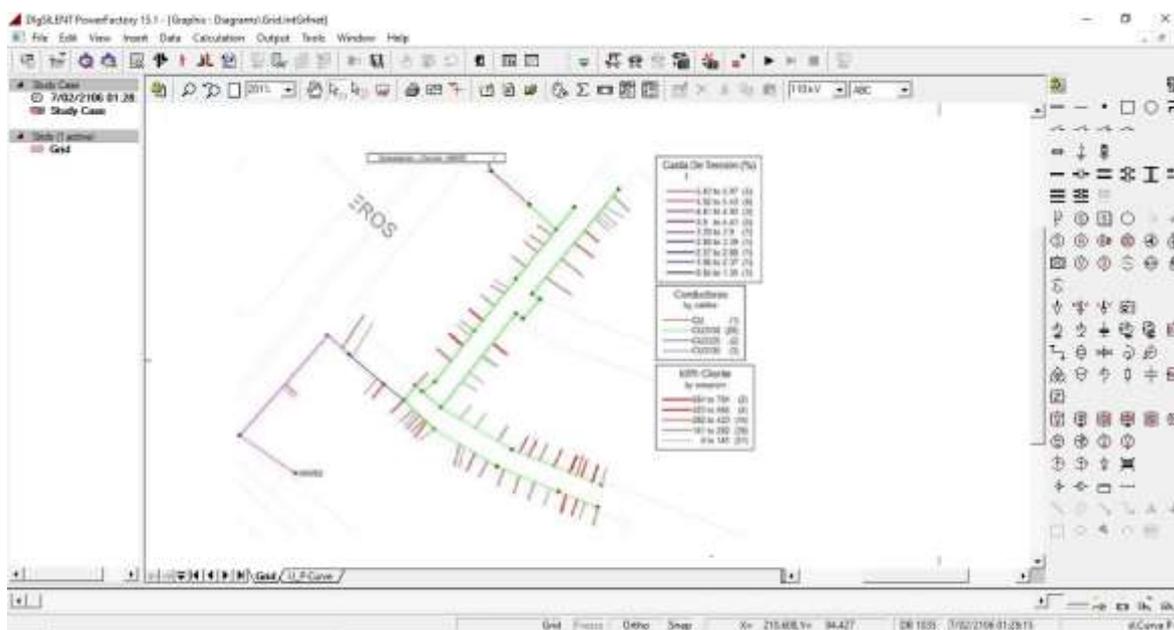
El circuito "I" se modela en base a la longitud total de 0,66 km.

La figura 21 muestra los resultados de la variación del voltaje entre las secciones A - B coloreados de rojo, los valores registrados están fuera del rango estándar ($\pm 5\%$) entre 5, 43 a 5,97 por ciento.

La Máxima Demanda supuesta es de 49,9 kW a la salida del circuito.

Tiene una conexión eléctrica superior, marcada en rojo y va desde los 564 hasta los 704 kWh, principalmente en las partes más pequeñas de la red ($3 \times 10 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$).

Figura 18: Esquema de la caída de tensión en el circuito "I".



Fuente: Elaborado por el autor.

Modelado en el circuito "J".

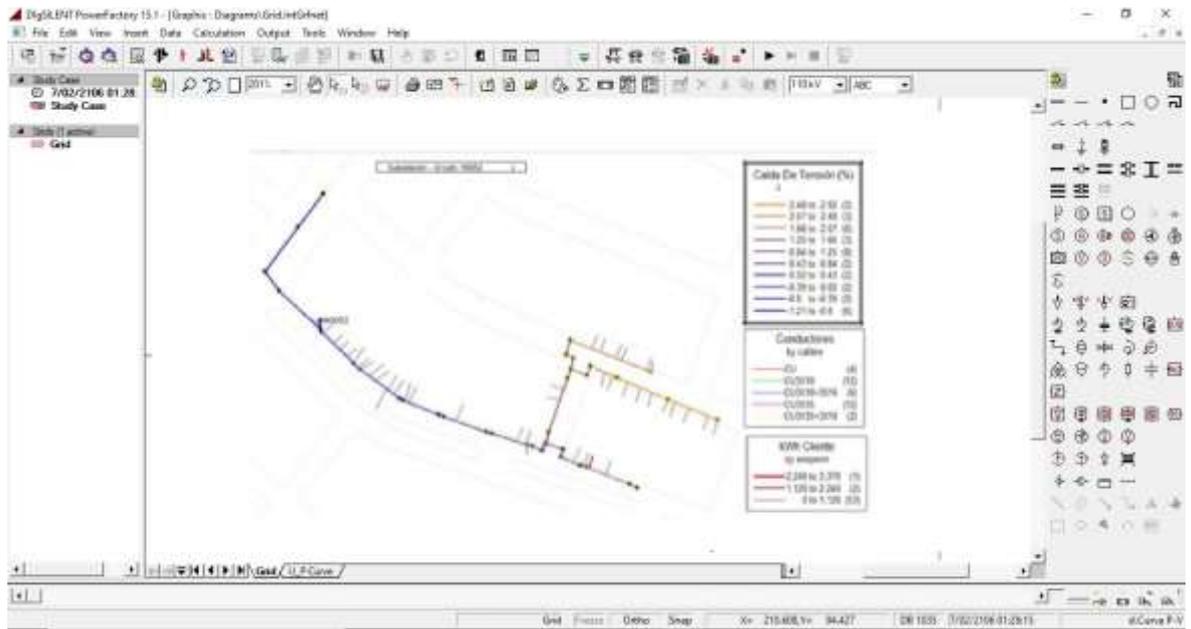
El circuito "I" se modela en base a la longitud total de 0,560 km.

La Figura 22 presenta los resultados del software con el porcentaje de caída de tensión resultante en el circuito de distribución resaltado en amarillo en el Valor Registrado entre 2.48% y 2.92%, debido a que la tensión nominal del bus es de 380 V, tiene un consumo promedio de la Conexión de 2240 a 3370 kWh, pero dada la especificación de una red cableada de 3x16 mm² con una sección transversal de 60 m, no afectarán la variación de voltaje en el circuito.

La Máxima Demanda total es de 48,63 kW al inicio del circuito.

Se encuentran dentro de la tolerancia permitida por la NTCSE en base al valor de % de caída de tensión visualizado.

Figura 19: Esquema de la caída de voltaje en el circuito “J”.



Fuente: Elaborado por el autor.

3.4. Tipificación de los factores críticos.

Obtenga datos de una variedad de sistemas de TI para identificar métricas clave y determinar qué circuitos tratar.

Mediante el modelado en el software informático DIgSILENT: Power System Solutions, se obtienen datos de corriente para analizar cada circuito de la subestación PCH 104 y determinar qué circuito está provocando un bajo rendimiento por niveles de tensión insuficientes.

El sistema del Proyecto Especial Chavimochic, proporciona el número de clientes afectados por la mala calidad del servicio y el monto de la compensación por línea cada año.

Los datos del analizador de red se utilizan para recopilar la información que nos permita determinar el factor de utilización del transformador en la subestación PCH 104 y hacer recomendaciones para transferir la carga a otra estación mediante simulación de software.

3.4.1 Caída de Voltaje.

Se ejecutó un modelado y simulación de flujo de energía, en el cual se identificaron 6 circuitos, donde la parte más significativa de la caída de tensión estuvo fuera del rango estándar aceptable (NTCSE) $\pm 5\%$.

Las partes de baja tensión consideradas importantes están marcadas en rojo y superan el

5%.

Para tal efecto se realiza la siguiente tabla en el número 11, donde se ha observado una caída de tensión por encima del rango permisible de la NTCSE y el circuito “B” presenta el mayor porcentaje.

Tabla 11: Caídas de voltaje por cada circuito.

Ítem	Circuito	Rango en % de caída de tensión
1	I	5,43 – 5,97
2	E	5,31 – 5,86
3	B	7,74 – 8,56
4	H	6 – 6,52

Fuente: Elaborado por el autor.

3.4.2. Compensación por circuito.

La cantidad de fuentes de alimentación enumeradas en la Tabla 12 es un momento en el que el monitoreo de la calidad del producto da como resultado niveles de voltaje que no cumplen con las especificaciones.

En cinco puntos de monitoreo se modelan a su vez cuatro circuitos (I, E, B, H), lo que confirma la mala calidad del producto, además de estos, existen otros dos circuitos con valor similar. (C y F).

Tabla 12: Número de suministros afectados o compensados al año.

Ítem	Suministro medido	Circuito	Monto en dólares (\$)	Suministros afectados
1	52378817	I	144,75	22
2	52378735			22
3	64248892	E	165,93	17
4	64354294	B	41,79	8
5	64451788	H	21,34	1
	TOTAL		373,81	70

Fuente: Elaboración propia.

Las entregas afectadas que resultan en 70 entregas se compensan financieramente por todo 2020 de \$373,81.

3.4.3. Determinación del factor de utilización del transformador (FU).

Dicho factor se infiere de la relación entre el valor máximo de demanda (kW) calculado a partir del registrador de redes ubicado en el transformador a su salida y la capacidad instalada, valor que se ha obtenido de la placa de identificación de los transformadores.

Demanda Máxima - MD: 473 kVA.

Potencia instalada - PI: 500 kVA. (placa del transformador).

Resultando:

$$FU = \frac{\text{CARGA MAXIMA}}{\text{CAPACIDAD INSTALADA}} = \frac{DM}{PI} = \frac{473 \text{ KVA}}{500 \text{ KVA}} = 0,946$$

3.5. Reformas empleando un software.

Para analizar y simular la mejora de la red de distribución utilizando un software de modelado, además de considerar la escala de la red existente, también se debe considerar la capacidad de las diferentes partes del circuito a mejorar.

3.5.1 Simulación en el circuito "I" del flujo de potencia.

La figura 23 muestra el circuito "I" en el estado inicial, se puede ver:

Mapa de rutas de red de baja tensión de circuitos de georreferenciación desde la subestación, a su salida, hasta el final del circuito.

Se acondiciona la conexión a una red, donde se ingresan los datos de consumo (kWH) de cada cliente.

Los nudos de consumo de carga, se identifican como puntos en el diagrama. Cifrado de partes de una red de bajo voltaje entre nudos.

La ubicación de la subestación de distribución PCH 104 en relación con las rutas del circuito y la ubicación de los bloques.

Informe de calibre de 3 conductores. Reporte el porcentaje de caída de presión.

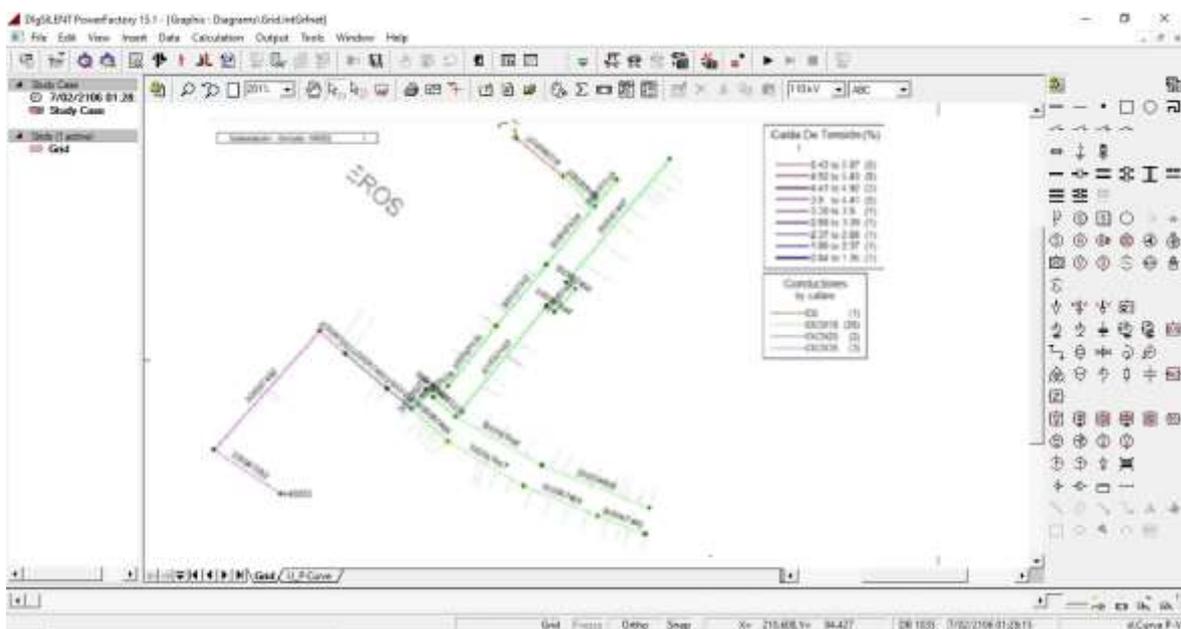
Como consecuencia de la corriente resulta que la longitud más crítica es entre los puntos A - B, la cual está formada por los tramos con los códigos 508036575, 508067991, 508067635, 508067736, 508067237, 508067638, 508077933, donde se produce la caída máxima. presión, la puntuación es de 5,4%.

Además, entre los puntos C-D incluidos los segmentos 508013808, 508062993, 508062994, 508062395, 508062396, 508062392 con 7 kW de potencia.

Se observaron valores de caída de voltaje entre 4,71% y 5,97%. Entre los puntos C - E cubiertos los segmentos 508062392, 508036300, el voltaje al final del circuito es de 5,3% y la potencia es de 7 KW.

Con base en los reportes obtenidos en la tabla, los siguientes valores se utilizan para analizar y hacer recomendaciones para mejorar la calidad de los servicios de electricidad.

Figura 20: Esquema de la caída de voltaje en el circuito "I".



Fuente: Elaborado por el autor.

La Tabla 13, tomada del gráfico de la Figura 23, muestra la longitud, potencia y sección del cable de red que se modificará en la simulación para alcanzar los valores esperados en la especificación.

Tabla 13: *Nodos perturbados por la caída de voltaje.*

Ubicación de los nodos	Longitud (m)	Potencia (kW)	Calibre conductor mm²
A - B	125,84	9	3x10 + 1x6
C - D	149,98	7	3x10 + 1x6
C - E	86,6	7	3x10+ 1x6

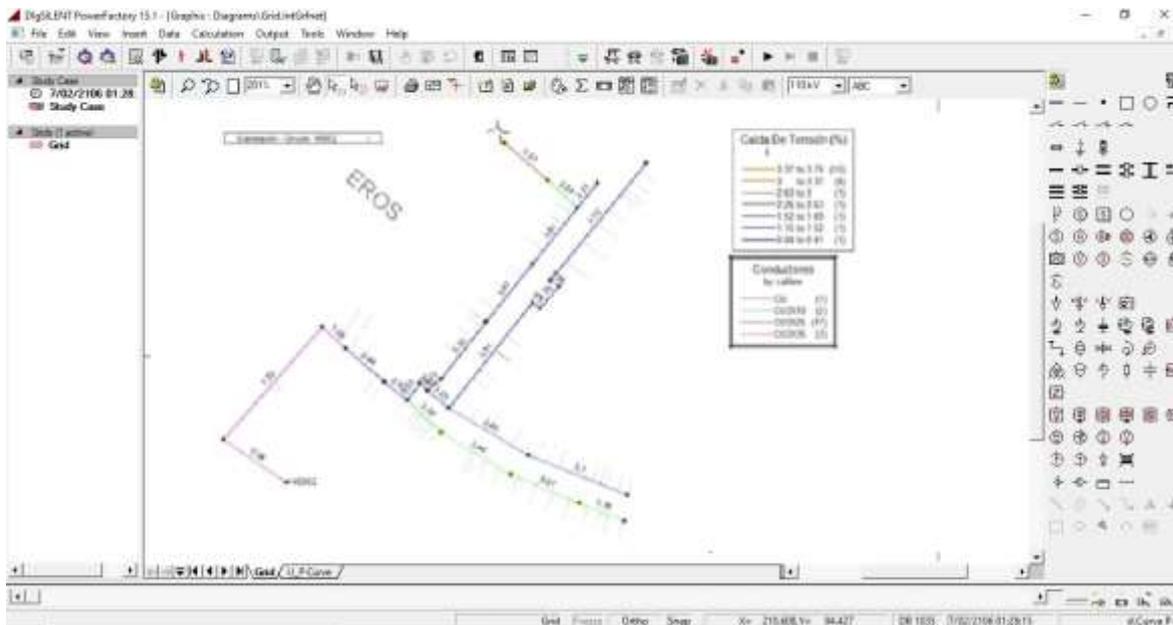
Fuente: Elaborado por el autor.

3.5.1.2. Simulaciones en el circuito “I” para mejorar el servicio eléctrico

Debido a niveles de voltaje insuficientes, se han realizado simulaciones usando software para mejorar la calidad del servicio de energía, consulte la Tabla 13 para conocer las longitudes de red afectadas y sus tamaños entre segmentos A - B - C y D - E recomiendan secciones de cable 3x25 + 1x16 mm².

Los valores obtenidos de los resultados de la simulación se aprecian en la Figura 24. Nótese que ahora, de acuerdo con la tabla de secciones de los conductores 3x10 + 1x6 mm² se reemplaza por 3x25 + 1x16 mm², del nodo A al punto al nodo, D disminuyendo la caída de voltaje es de 3,37% a 3,76%, valor que está dentro de lo permitido por la NTCSE.

Figura 21: Caída de Voltaje en el circuito "I" posterior a la simulación



Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Simulación del flujo de potencia en el circuito "E"

La figura 25 muestra el estado inicial del circuito "E", mostrando:

La ruta de la red de baja tensión de los circuitos de georreferenciación desde la subestación, a la salida, hasta el final del circuito.

Se agregan las conexiones al circuito donde se ingresa el consumo de datos (kW-h) de cada usuario.

Los nudos de consumo se identifican como puntos en el diagrama. Los códigos de red de baja tensión se encuentran entre los nudos.

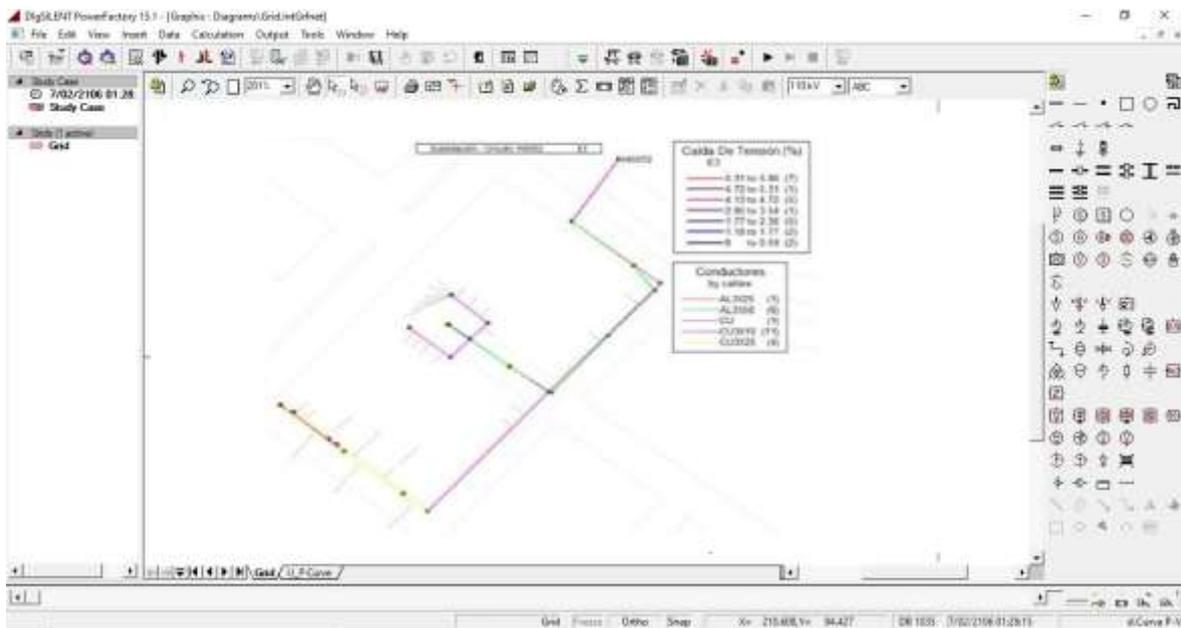
La ubicación de la subestación PCH 104 está relacionada con el circuito y la ubicación del casco urbano.

El informe de variación de caída de voltaje se muestra en la etiqueta.

Según los resultados del flujo de energía, se ha demostrado que la longitud más crítica es entre los puntos A - B, y el punto más alejado es 5,86% inferior a los suministros 508158085, 508158087, 508021742, 508021962, 508056804, 508056808, 508056810, 508007151, 50802944.

También se observa que la sección del conductor entre estos puntos es de $5 \times 10 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ con una capacidad de 17,9 kW.

Figura 22: Esquema de la caída de voltaje en el circuito “E”.



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 14 muestra las partes que deben modificarse para cumplir con la NTCSE.

Tabla 14: Nodos perturbados por la disminución de voltaje.

Ubicación de los nodos	Longitud (M)	Potencia (KW)	Calibre conductor mm ²
A - B	248,46	17	5x10 + 1x6

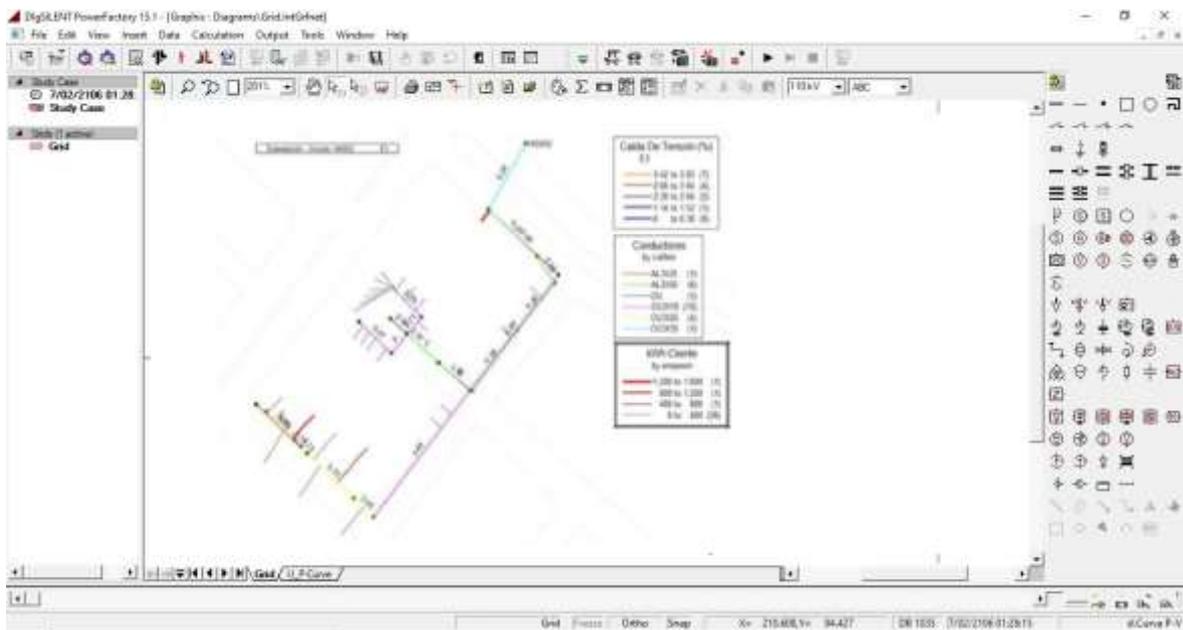
Fuente: Elaborado por el autor.

3.5.2.1 Simulaciones en el circuito “E” para mejorar el servicio eléctrico.

Mediante el software se simuló el cambio de conductor $5 \times 10 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ por el conductor $5 \times 55 + 1 \times 16 \text{ mm}^2$, existente entre los nodos A-B, el cual presentamos en la Tabla 14, logrando cumplir con lo estipulado en la NTCSE.

En la la figura N° 26, se presenta el esquema de la caída de voltaje obtenido en dicho circuito, logrando disminuir la caída de voltaje de 5,42 % a 5,85 % cumpliendo con la tolerancia del $\pm 5\%$ de acuerdo a NTCSE.

Figura 23: *Caída de Voltaje en el circuito “E” posterior a la simulación*



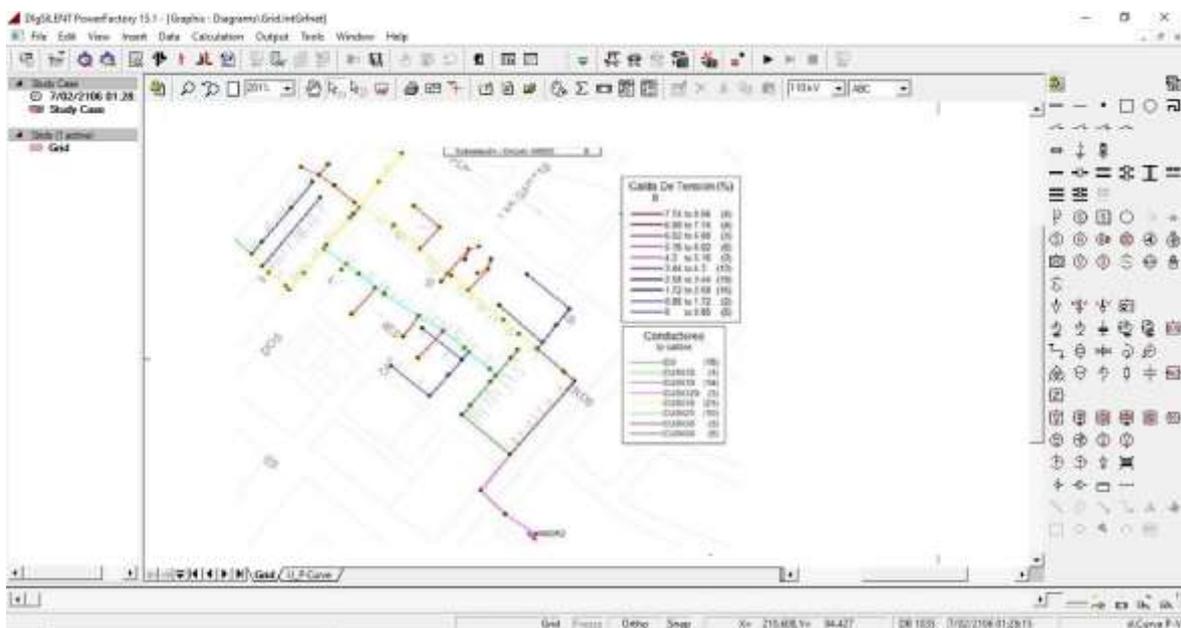
Fuente: Elaborado por el autor.

3.5.3 Simulación del flujo de potencia en el circuito "B".

La figura 25 muestra el estado inicial del circuito "B", mostrando los nodos críticos A-B y C-D, así mismo podemos ver la subestación PCH 104 con el recorrido de cada uno de los circuitos.

Luego se realizó el flujo de potencia, en el tramo C – D, constituido por los suministros 508067585, 508067579, 508067580, 508067581 presentados de color rojo obteniendo una caída de voltaje de 8.56 %, siendo el calibre del conductor de $5 \times 10 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ con una capacidad de 16 kW.

Figura 24: Esquema de la caída de voltaje en el circuito "B".



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 15, tomada del gráfico de la Figura 27, muestra la longitud, potencia y sección del cable de red que se modificará en la simulación para alcanzar los valores esperados en la especificación

Tabla 15: Nodos perturbados por la disminución de voltaje en el circuito "B".

Ubicación de los nodos	Longitud (m)	Potencia (kW)	Calibre conductor mm ²
A - B	248,46	58	5x25+1x16
B - C	96,6	22	5x16+1x10
C - D	80,2	16	5x10+1x6

Fuente: Elaborado por el autor.

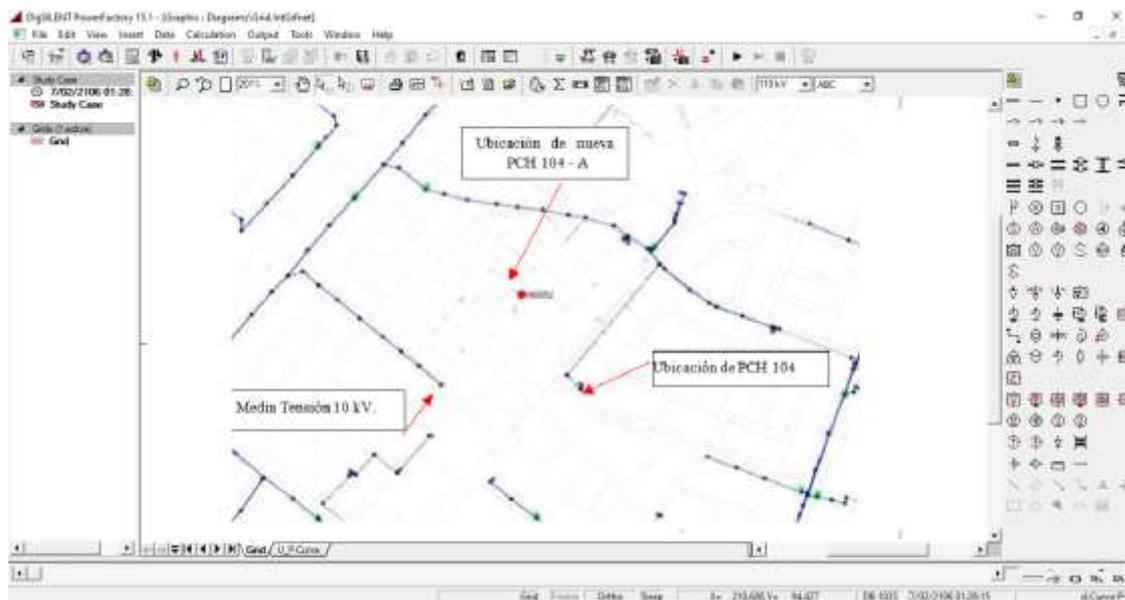
3.5.3.1 Simulaciones en el circuito "B" para mejorar el servicio eléctrico.

Mediante el software se simuló el cambio de conductor 5x10 + 1x6 mm² por el conductor 5x55 + 1x16 mm², existente entre los nodos C-D, con los suministros 508063539, 508063580, 508063584 y 508063584, el cual presentamos en la Tabla 45, logrando cumplir con lo estipulado en la NTCSE.

Para la parte de la cuadrícula entre los puntos B a C, el tamaño es 5x46 + 4x40 mm² se sustituirá por cable de sección 5x25 + 4x46 mm² para aumentar el nivel de voltaje, terminará reemplazando entre los puntos A - B, tamaño 5x55 + 4x25 mm², para una capacidad de 58 kW en la parte A - B - C - D.

Según el amperaje de la figura 27, la potencia total es de 70 kW del circuito es "B" y debe cambiarse de PCH 104 al proyecto de la subestación aérea bipolar denominada PCH 104-A en el proyecto de centro de carga. En el circuito "B", la posición técnica de la subestación se basa en la línea suministra hasta 40 kV. TSU0040 se muestra en la Figura 28.

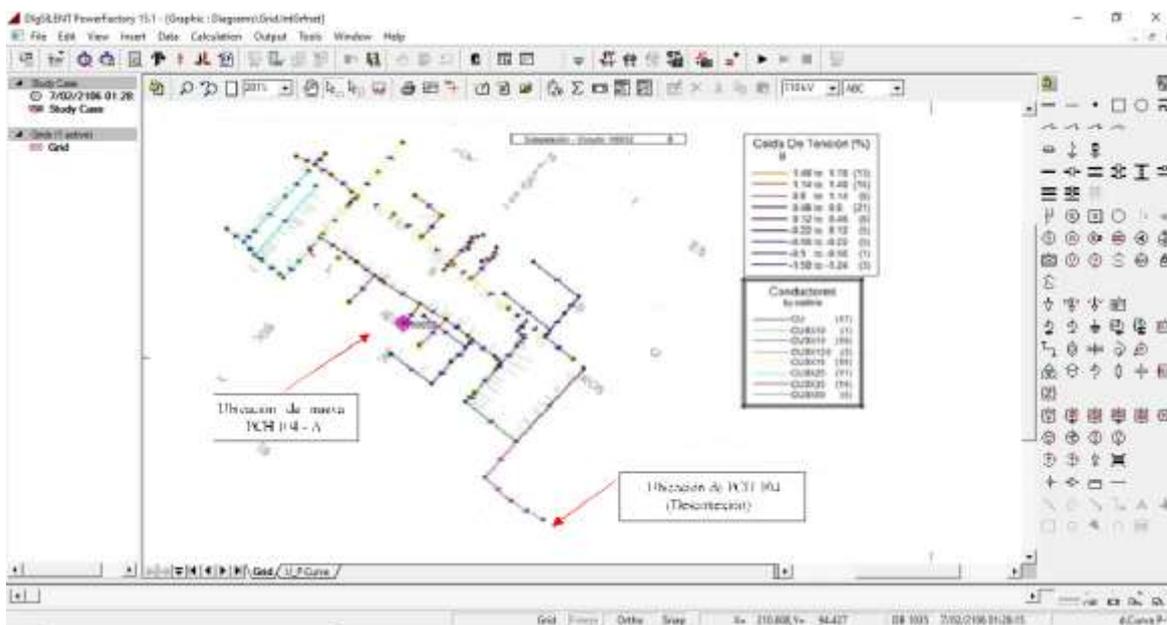
Figura 25: Posicionamiento del centro de carga AMT – TSU0040



Fuente: Elaborado por el autor

El ingreso de datos se realiza utilizando los nuevos valores de la especificación de la red mencionada, donde pueden ser relevantes los nuevos valores obtenidos de los resultados de la simulación que se muestra en la Figura 29. Se observó que el porcentaje de caída de voltaje en el circuito en el punto más alejado es de 4,48% a 4,78%, con una tolerancia de $\pm 5\%$, cumpliendo con la NTCSE y también se observa la dirección del nuevo flujo de potencia desde la fuente ya que debe estar cerrada en el punto F y abierta en el punto E para que el flujo tenga el recorrido más corto.

Figura 26: Disminución del voltaje y traslado de carga a la sub estación PCH 104 – A



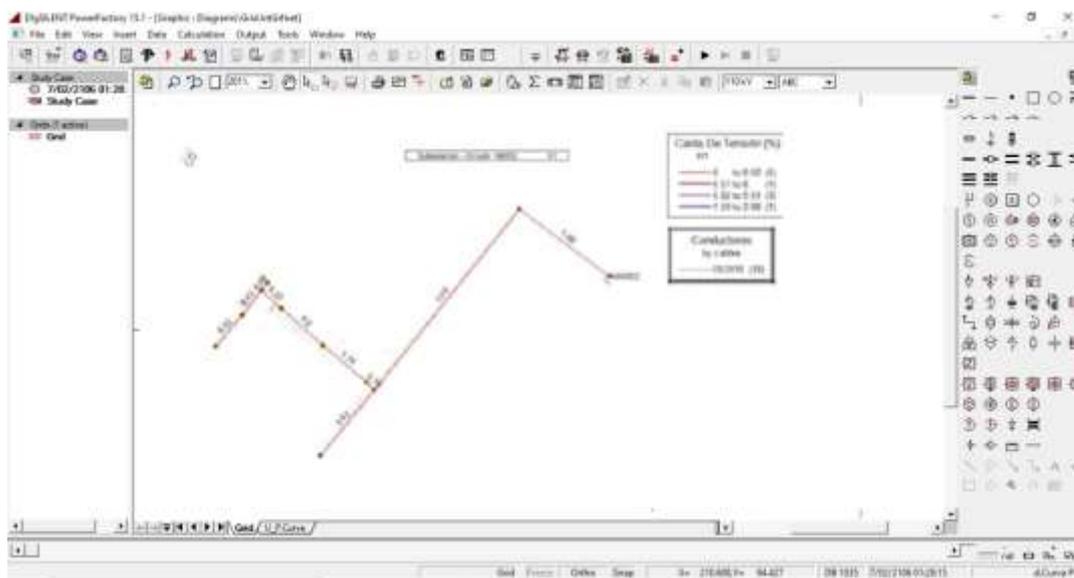
Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Simulación del flujo de potencia del circuito “H”.

En la Figura 47 se presenta la simulación del software, el resultado de la caída de tensión está marcado en rojo, el valor está fuera del rango interno estándar ($\pm 5\%$) de 6% a 6,5%, observe el conductor trifásico $5 \times 40 + 4 \times 6 \text{ mm}^2$, se sustituirá por $5 \times 55 + 4 \times 25 \text{ mm}^2$, para una capacidad total del circuito de 47 kW. En ese sentido los puntos a modificarse se encuentran entre A – B, abarcado los suministros 508068487, 508068488.

Dado que la caída de voltaje en el circuito en el nudo más alejado es de 8,56%, se obtienen datos para análisis y recomendaciones para optimizar la calidad del servicio de energía eléctrica.

Figura 27: Esquema de la caída de voltaje en el circuito “H”.



Fuente: Elaborado por el autor

La Tabla 46 enumera los tamaños y longitudes de cables disponibles perturbados por la caída de voltaje.

Tabla 16: Nodos afectados en el circuito “H” por la caída de voltaje

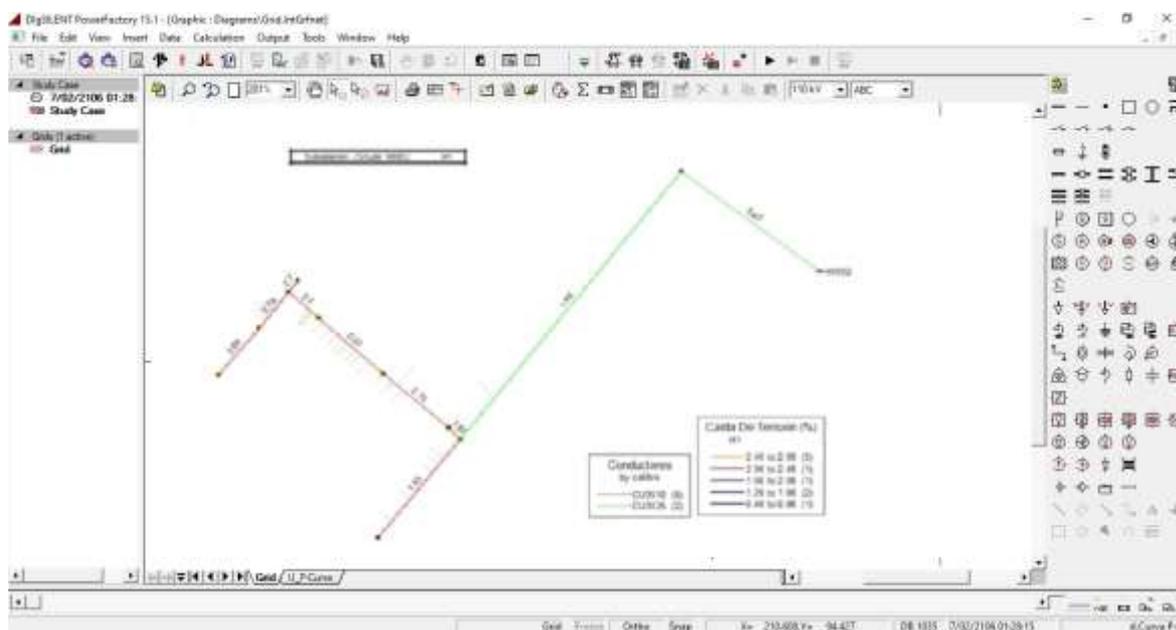
Ubicación de los nodos	Longitud (m)	Potencia (kW)	Calibre conductor mm ²
A – B	486,85	47	5x40 + 4x6
B – C	427,89		5x40 + 4x6
B – D	45		5x40 + 4x6

Fuente: Elaboración propia.

3.5.4.1 Simulación del circuito “H” para mejorar el servicio eléctrico

Usando la simulación del programa se introdujo datos para reemplazar la sección del conductor entre los nodos A - B en los suministros 508068982, 508068983 con el conductor 5x55 + 4x25 mm², donde la nueva caída de voltaje se distribuye en los puntos más alejado, y están en un intervalo de 2,46% al 2,88% cumpliendo con la NTCSE.

Figura 28: Caída de Voltaje en el circuito “H” posterior a la simulación



Fuente: Elaborado por el autor.

3.5.5 Caída de voltaje utilizando el software en circuitos

Se elaboró la tabla de comparación número 47 del circuito de la estación PCH 104, en la cual se observó una mejora en el porcentaje de caída de voltaje propuesto.

Tabla 17: Nodos afectados por la caída de voltaje en circuitos PCH 104.

Ítem	Circuito	% Inicial de caída de tensión	% Final de caída de tensión
4	I	5,45 – 5,97	5,57 – 5,76
2	E	5,54 – 5,86	5,42 – 5,85
5	B	7,74 – 8,56	4,48 – 4,78
4	H	6 – 6,52	2,46 – 2,88

Fuente: Elaboración propia.

3.5.6 Factor de utilización utilizando el software en subestaciones PCH 104 y PCH 104 – A

Los valores de utilidad para la subestación PCH 104 se dan en la tabla 48, en la cual se muestra la potencia aparente total de 474 kVA obtenida del analizador de redes y la potencia instalada del panel transformador de 500 kVA, resulta un factor de utilización de 0,94, también vemos los valores actuales después de transferir el circuito "B" de 70 kW a la estación PCH 104-A.

La capacidad simulada ha disminuido desde que se transfirió la carga a la nueva subestación PCH 104-A. Los valores de uso inicial oscilaron entre 0,94 antes de la simulación y 0,80 después que el transformador entre en funcionamiento.

Tabla 18: Valores del FU antes y después de la simulación PCH 404.

Ítem	Antes de simulación	Después de simulación
Potencia (KW)	455	585
Total kW	455	585
Total kVA	474	404
PI kVA	500	500
FU	0,95	0,80

Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 49 se presenta información sobre el uso de la nueva subestación PCH 104 - A, que propone transferir la capacidad del circuito "B" de la subestación PCH 104. Considerar la instalación de una subestación bipolar con un solo transformador de potencia de 100 kVA, alcanzando un valor de 0,75, por debajo del nivel de rendimiento técnico.

Tabla 19: Valores del FU después de simulación PCH 404 - A

Factor de utilización de subestación PCH 104 - A - TSU0040	
Ítem	Potencia antes de simulación
Circuito "B" (KW)	70
Total, kW	70
Total, kVA	75
PI kVA	400
FU	0,75

Fuente: Elaborado por el autor.

3.6. Evaluación económica de las propuestas a implementar

Se mejoró el modelo de evaluación de diseño de calidad de producto eléctrico y la caída de voltaje para eliminar el resarcimiento que exige el ente regulador OSINERGMIN a pagar a los usuarios con base en las siguientes razones operativas:

La energía tiene un precio definido por la inflación, que es para el mercado interno,

Los estudios duran 5 años y son recomendados por varios campos: finanzas, economía y tecnología,

El nivel de inversión se calcula según la estación de 100 kVA.

Administre los precios de mercado para calcular los costos operativos y variables, los precios de la energía según lo recomendado por los Concesionarios.

3.6.1 Modelo Técnico del proyecto

5.6.4.4 Monto de inversión

Como se puede apreciar en la Tabla 20, el 94,26% correspondió a equipo eléctrico, incluido el montaje electromecánico, y el 8,74% al costo de la licencia pública y trámites relacionados previos al inicio de la obra, arrojando una inversión total de 477,75 S/ 267. Como puede ver en la tabla anterior.

Tabla 20: Inversión del Proyecto

	Concepto	Inversión S/	Estructura
A)	Intangibles	28,034.20	10.49%
	Trámite de uso de Via Pública Municipalidad Provincial de Trujillo	285.45	
	Plan de Monitoreo Arqueológico Ministerio Cultura	3,248.75	
	Impacto Ambiental	6,500.00	
	Estudio de Factibilidad y Punto de Diseño	3,500.00	
	Ingeniería de Detalle	8,000.00	
	Supervisión en Construcción	6,500.00	
B)	Activos fijos	243,534.00	91.15%
	Suministro de Materiales	87,522.45	
	Montaje Obras Eléctricas	156,011.55	
	Total	267,177.75	

Fuente: Elaborado por el autor

3.6.1.2. Ingresos

En la tabla N° 24 se presenta la energía producida por la estación de producción se estima en kWh/año, la capacidad total del transformador distribuido para mejorar la calidad de los productos eléctricos es de 100 kVA, el factor de potencia es de 0,96% y el tiempo de operación es de 24 horas. (4 día) 565 días al año como se describe, la producción anual esperada después de 20 años será de hasta 4947 MWh/año.

Tabla 21: Energía producida en una subestación

Descripción	Cantidad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Potencia Bruta (KVA)	100	100	100	100	100
Perdidas	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
Potencia Neta	99	99	99	99	99
Horas de Funcionamiento al Día	24	24	24	24	24
Días de Funcionamiento al año	365	365	365	365	365
Disponibilidad Garantizada	1	1	1	1	1
Horas de funcionamiento	8,760.00	8,760.00	8,760.00	8,760.00	8,760.00
Horas de Funcionamiento acumulada		8,760.00	17,520.00	26,280.00	35,040.00
Energía Generada al año (MWh/año)	747.25	747.25	747.25	747.25	747.25
Perdidas	7.47	7.47	7.47	7.47	7.47
Energía vendida total (MWh/año)	739.78	739.78	739.78	739.78	739.78

Fuente: Elaborado por el autor.

3.6.1.3. Ingreso total

Se realizó el cálculo así: costo de la energía soles x kWh a 0,5924 y una inflación del 5 %,

Tabla 22: Energía producida en la subestación,

	Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026
Venta de energía (S/)	438,244.19	451,391.52	464,538.84	477,686.17	490,833.49
Total (S/)	438,244.19	451,391.52	464,538.84	477,686.17	490,833.49

Fuente: Elaborado por el autor.

3.6.1.4. Costos Variables

Se ha tomado en cuenta que, para la instalación de subestaciones de distribución, se incluye en los costos de operación y mantenimiento el 5,5% de la venta total de la electricidad vendida, además de la tarifa del sistema del 5% del valor inicial del equipo. Todo esto para los primeros 5 años.

Tabla 23: Energía producida en una subestación

Costos Variables	Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026
Costos de operación y mantenimiento	15,338.55	15,798.70	16,258.86	16,719.02	17,179.17
Peaje	13,358.89	13,358.89	13,358.89	13,358.89	13,358.89
Total	28,697.43	29,157.59	29,617.75	30,077.90	30,538.06

Fuente: Elaborado por el autor.

3.6.1.5. Costos indirectos

Otros costos indirectos, a tener en cuenta son: costos de administración, costos de mantenimiento y operación de la infraestructura eléctrica y costos por personal técnico.

Tabla 24: Costos Indirectos

Costos de operación	Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026
Operación y mantenimiento redes eléctricas	21,374.22	21,374.22	21,374.22	21,374.22	21,374.22
Técnicos de mantenimiento	25,114.71	25,114.71	25,114.71	25,114.71	25,114.71
Administración	29,977.34	29,977.34	29,977.34	29,977.34	29,977.34
Total	76,466.27	76,466.27	76,466.27	76,466.27	76,466.27

Fuente: Elaborado por el autor.

3.6.1.6. Depreciación,

Tabla 25: Depreciación

Activos a depreciar	Montos	Valor residual	Depreciación anual	Depreciación acumulada (20 años)
Equipos Eléctricos	87,522.45	8,752.25	3,942.45	78,770.21
Obras Eléctricas	156,011.55	15,601.16	7,027.55	140,410.40
Total	243,534.00	24,353.40	10,970.00	219,180.60

Fuente: Elaborado por el autor.

3.6.1.7. Estado de ganancias y pérdidas.

En este caso, la cuenta de pérdidas y ganancias (Cuadro 26) se pronostica en función de la instalación de la subestación de distribución, teniendo en cuenta los siguientes factores:

La tasa de impuesto se calcula como el 50% de la utilidad total del proyecto. La fórmula para calcular la utilidad bruta es:

Utilidad bruta = Ingresos – Cost de Producción – Cost Operación - Depreciación

Realizando la resta del 50% de la utilidad bruta para cada año de operación, dando como resultado la Utilidad Neta.

Tabla 26: Estado de ganancias y pérdidas

Ingresos	Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026
		457,753.90	471,486.52	485,631.11	500,200.05
Venta de Energía	457,753.90	471,486.52	485,631.11	500,200.05	515,206.05
Costos variables	29,380.28	29,860.92	30,355.98	30,865.89	31,391.10
Costos de operación y mantenimiento	16,021.39	16,502.03	16,997.09	17,507.00	18,032.21
Peaje	13,358.89	13,358.89	13,358.89	13,358.89	13,358.89
Costos de operación	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00
Operación y Mantenimiento Redes Eléctricas	21,600.00	21,600.00	21,600.00	21,600.00	21,600.00
Técnicos de Mantenimiento	25,200.00	25,200.00	25,200.00	25,200.00	25,200.00
Administración	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00	30,000.00
Depreciación	10,972.53	5,148.10	5,148.10	5,148.10	5,148.10
Utilidad bruta	340,601.09	359,677.50	373,327.03	387,386.06	401,866.85
Impuesto a la Renta -30%	102,180.33	107,903.25	111,998.11	116,215.82	120,560.06
Utilidad neta	238,420.76	251,774.25	261,328.92	271,170.24	281,306.80

Fuente: Elaborado por el autor.

3.6.1.8. Flujo de caja

Se determinará haciendo uso de:

$$FFE = \text{Depreciación} + \text{Utilidad neta}$$

El valor de inversión inicial del proyecto es de S/. 267 477,75, los flujos de efectivo esperados para 5 años, y también aparecerá que a partir del segundo año se recupera la inversión.

A continuación, se muestra los montos de flujo de caja en la tabla N° 27:

Tabla 27: Flujo de caja

Años	Flujo de caja
0	-267,177.75
1	238,420.76
2	251,774.25
3	261,328.92
4	271,170.24
5	281,306.80

Fuente: Elaborado por el autor

3.6.1.9. Evaluación económica

Los resultados de la evaluación económica se muestran en la tabla N° 28

Tabla 28: Resultados de la evaluación económica a cinco años,

VAN	664,374.21
TIR	89%
B/C	4.88

Fuente: Elaborado por el autor.

IV. CONCLUSIONES

- Se construyó una base de datos de medidas eléctricas de la estación PCH 104, obtenidos con un analizador de redes Fluke 576 FC, instalado en el bus de salida del transformador, utilizado para determinar la demanda máxima cuyo valor es 455 kW, siendo la demanda media es de 548 kW. Así mismo un factor de carga de 0,68, típico para uso residencial y comercial, un factor de potencia de 0,96, la tensión media entre fases es 225 V, la corriente máxima es de 784 A. Además, el circuito más crítico es el "B", con una caída de voltaje de 8,56%.
- Las lecturas claves se realizaron en 4 de un total de 40 circuitos (I, E, B, H) que tienen niveles de voltaje insuficientes de acuerdo al informe de flujo de potencia, el porcentaje de "I" es 5,97%, en el circuito "E" " 5,86% , en el circuito " B" 8,56% y el circuito "H" 6,52, todos exceden lo indicado en la NTCSE, por lo que se debería compensar al cliente.
- Usando el programa DIGSILENT: Power System Solutions presentó una simulación de la solución, resultando que los medidores de salida en los circuitos I, E, H tienen secciones más pequeñas, por lo que con base en el análisis se decidió reemplazarlos por un calibre más grande. Luego de la simulación, el circuito "I" alcanza 5,76% en el punto más crítico, "E" alcanza 5,85%, "H" alcanza 2,88%, en el circuito "B" transfiere su carga de 70 KW a la nueva subestación PCH104-A de 100 kVA, dependiendo del nivel de operación, el valor de caída de voltaje es 4,78% y la eficiencia es 0,75. Debido al desplazamiento de la carga, la subestación HI0052 original ha reducido su factor de utilización de 0,94 a 0,80 para seguir centrándose en aumentar la carga.
- Se concluye que, si se realizan las mejoras propuestas en la simulación, el cliente dejaría de ser compensado económicamente en el circuito anterior y que mediante el uso del programa se pueden seguir cubriendo las nuevas necesidades energéticas sin necesidad de recuperar las de menor calidad de servicio.
- Económicamente es factible instalar una subestación de distribución de 100 KVA y las acciones correctivas sugeridas en la simulación, con un VAN anual S/, 664,574.24 y una utilidad total del proyecto de 89% (TIR) sobre 42%, indicando que el proyecto tiene ventajas específicas, competitivas y comparativas en relación con la ubicación y los factores ambientales.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda efectuar anualmente como mínimo dos mantenimientos para las redes eléctricas del SCHAL 01, tanto para media como baja tensión y poder así disminuir la presencia de cortes en la infraestructura del Proyecto Especial Chavimochic,
- Se recomienda programar periódicamente la supervisión de las redes de baja tensión, para así evitar las conexiones domiciliarias clandestinas que muchos usuarios efectúan y las cuales provocan un incremento en la caída de tensión en los diferentes circuitos, para el caso de estudio en el PCH104,
- Se recomienda cambiar la infraestructura eléctrica porque es deteriorada en su mayoría en lo que va postes, retenidas, puestas a tierra, aisladores y conductores, además no cumplen distancias mínimas de seguridad por lo que se requiere renovación en su totalidad de la infraestructura eléctrica.

REFERENCIAS

Referencias

- Aljefri, Q. (2014). *sciencedirect*. Obtenido de sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920304051>
- Cadena, O. y. (2015). Calidad de vida y acceso a la energía: Dos casos de estudio. *ASADES*, 1-10.
- Ccoyccosi. (2019). Mediciones de calidad de energía. *DIT PERÚ*, 1-23.
- Commoner, B. (2016). Energía, Medio ambiente y Economía. *Transicion.Economia, trabajo,sociedad*, 1-7.
- Gamarra, V. Y. (2016). *Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía de los laboratorios de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Gamio. (2017). ENERGÍA: UN CAMBIO NECESARIO EN EL PERÚ. *Plataforma Latinoamericana de Energías Renovables (PLESE)*, 93-110.
- García, S. y. (2003). La Problemática de la Actividad de Transmisión de Energía en el Perú:Algunas opciones de política. *Consortio de Investigación Económica y Social - Proyectos Breves* , 1-20.
- Gomezcoello, H. y. (2016). *Análisis de Calidad de Energía Eléctrica en el nuevo campus de la universidad*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana SEDE-GUAYAQUIL.
- Gonzales. (2015). *Mejoramiento de la confiabilidad en sistemas de distribución mediante reconfiguración de circuitos primarios*. Medellín: Universidad tecnológica de Pereira.
- Gonzales. (2015). *Mejoramiento de la confiabilidad en sistemas de distribución mediante reconfiguración de circuitos primarios*. Medellín: Universidad tecnológica de Pereira.
- Gonzalez. (Julio de 2015). *Mejoramiento de la confiabilidad en sistemas de distribución mediante reconfiguración de circuitos primarios*. Medellín.
- Gonzalez. (Julio de 2015). *Mejoramiento de la confiabilidad en sistemas de distribución mediante reconfiguración de circuitos primarios*. Medellín: Universidad Tecnológica de Pereira.
- INEI. (2018-2020). Perú:Estimaciones y proyecciones de población por departamento,Provincia y Distrito,2018-2020. *INEI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA)*, 85-86.
- La Industria de la electricidad en el Perú. (2017). *OSINERGMIN*, 36-42.

- Maque, R. (06 de Agosto de 2017). *Analisis, Diagnostico y propuesta de mejora de calidad de servicio a causa de fallas imprevistas en el suministro electrico en el distrito de macusani-Carabaya*. Puno-Peru: Universidad Nacional Altiplano. Obtenido de sciencedirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016410591>
- Mendez, I. y. (2016). Calidad de suministro electrico en el Peru. *Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo*, 1-10.
- Mendoza, E. (2016). “ESTUDIO PARA MEJORAR EL NIVEL DE TENSION APLICANDO REGULADORES DE TENSION MONOFASICO AUTOMATICO PARA LA LINEA 10KV ALIMENTADOR 5006 DEL DISTEMA ELECTRICO (tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano.
- Merino, O. (2002). *Mejoramiento de indices de confiabilidad mediante la optimizacion de recursos en redes de distribucion*. Quito.
- Molina. (2019). *Analisis, evaluacion de la red de distribucion en media y baja tension para mejorar los indices y niveles de calidad en el suministro electrico*. Guayaquil, Ecuador: Universidad catolica de santiago de guayaquil. Obtenido de google academico:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43291873/FINALsauicedomtz.pdf?1456977830=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DINSTITUTO_POLITECNICO_NACIONAL_ESCUELA_S.pdf&Expires=1591310463&Signature=QmT~-kmk~KsAfD2QJWwY27tYSUqHhYYw6XOIDnGrymrQ~8x6Tl6
- Murillo Manrique, M. (10 de enero de 2017). Estrategias para comercializar energias renovables en el mercado electrico peruano. *Universidad Ricardo Palma-Facultad de ingenieria*, 159-163. Obtenido de google academico:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56725235/A1.1011-18.pdf?1528134971=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHistoria_y_Uso_de_Energias_Renovables_Hi.pdf&Expires=1592354929&Signature=ca9gjScpqqL44HJz3ySgcKpu9VBwQ2ADTe2lhE4ZKncSaAcRF2his1JHL
- OSINERGMIN. (2019). Calidad de suministro en el Perú- caso electronorte. *ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSION EN ENERGIA Y MINAS*, 4-14.

- Pinto, H. G. (2017). Nuevas Estrategias para un Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica. *Ciencia, Docencia y tecnología*, 75-85.
- Piscoya, L. (30 Octubre 2018). *Invertirán S/ 57 millones en redes eléctricas en Cajamarca y Lambayeque*. Perú: Agencia Peruana de Noticias ANDINA.
- Princonsa. (2015). *Determinación de la tarifa y mecanismos de remuneración para suministros en áreas no conectadas a la red*. Lima - Perú: Osinergmin.
- Pumay, P. y. (2014). *"ESTUDIO DE LA PROYECCIÓN DE LA RESERVA DE ENERGIA ELECTRICA PARA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO DEL PERU(tesis de pregrado)*. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional Del Santa,Chimbote Perú.
- Quispe, A. (2018). *METODOLOGIA DE RECONFIGURACION DE REDES PRIMARIAS DE LA SUBESTACION DE TRANSFORMACION SAN LAZARO PARA GARANTIZAR LA CONFIABILIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO EN LA ZONA CENTRICA DE AREQUIPA(tesis de pregrado)*. Arequipa: Universidad nacional de San Agustin, Arequipa, Perú.
- Rubiños, S. L. (2016). *Generación distribuida mediante energías renovables como factor de sostenibilidad de las redes eléctricas de distribución*. Callao: Universidad Nacional del Callao.
- Sandino, O. y. (2019). *Análisis del desarrollo del sector de generación de energía eléctrica en Nicaragua*. Nicaragua: Esan Graduate school of business.
- Schmerler, D., Velarde, J. C., & Rodríguez, A. y. (2019). *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*. Lima, Perú: Osinergmin.
- Scholz, C. B. (2015). *Efecto de los requerimientos frente a huecos de tensión para generación distribuida*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- SDE. (2020). Obtenido de ¿Qué Es Un Sistema Fotovoltaico?: <http://www.sde.mx/que-es-un-sistema-fotovoltaico/>
- Torres. (2019). Política energética: problemas y posibles soluciones. *Economía UNAM vol.16 no.46 México ene./abr. 2019 Epub 17-Jun-2020*, 53-63.
- Viteri, G. y. (mayo de 2016). Analisis de confiabilidad en subestaciones electricas tipo maniobra implementando el transformador de tension con nucleo de potencia. *Revista Ingenieria*, 65-83. Obtenido de google academico:

<http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/3533/Quispe%20Cardenas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Wrom. (2015). *Distribucion, Mejoramiento de indices de confiabilidad mediante la optimizacion de recursos en redes de Distribucion*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

Zapata, P. y. (2004). El metodo de simulacion de montecarlo en estudios de confiabilidad de sistemas de distribucion de energia electrica. *Aplicacion del metodo de simulacion de montecarlo en estudios de confiabilidad de sistemas de distribucion de energia electrica*, 55-60.

ANEXOS

Anexo 02

Formato para toma de datos instantáneos con pinza volt – amperimétricas Fluke de la subestación HI0052 (Horafuera de punta)

FORMATO						Código:	F12-03-10
MEDICIONES DE PARAMETROS ELECTRICOS V,I						Versión:	04/02-03-09
MEDICIONES DE PARAMETROS ELECTRICOS V,I						Página:	1 de 1
Nº SED	TIPO SED	AMT	UBICACIÓN	DEMANDA FHP KVA	DEMANDA HP KVA		
HI-052	CASETA	TSU010	AV. FATIMA CDRA 1	540.61	622.25		
CARACTERISTICAS DEL TRANSFORMADOR							
POTENCIA: <input type="text"/> VA	Nº TAPS: <input type="text"/> 5	POSICION TAPS: <input type="text"/>	MONOFASICO <input type="checkbox"/>	TRANSFORMADOR TRIFASICO <input checked="" type="checkbox"/> C	RELACION DE TRANSF. 10KV/0.400V	AÑO DE FABRICACION	SERIE
LECTURAS INSTANTANEAS A PLENA CARGA:							
TABLERO N°1							
TOTALIZADOR							
TENSION DE FASE		TENSION DE LINEA		CORRIENTE		ALUMBRADO PUBLICO	
HFP HP		HFP HP		HFP HP		HFP HP TIPO Amp	
RN	221	V	RS	388	V	R	741.0
SN	224	V	ST	391	V	S	664
TN	222	V	TR	390	V	T	668
						N	310
LECTURAS POR CIRCUITOS:							
CIRCUITO "A"		CIRCUITO "B"		CIRCUITO "C"		CIRCUITO "D"	
CARGA: HFP HP TIPO Amp		CARGA: HFP HP TIPO Amp		CARGA: HFP HP TIPO Amp		CARGA: HFP HP TIPO Amp	
R	109	NH	200	R	107	NH	250
S	90.1	NH	200	S	110	NH	250
T	84.3	NH	150	T	108	NH	250
N	39.7			N	8.2		
CIRCUITO "E"		CIRCUITO "F"		CIRCUITO "G"		CIRCUITO "H"	
CARGA: HFP HP TIPO Amp		CARGA: HFP HP TIPO Amp		CARGA: HFP HP TIPO Amp		CARGA: HFP HP TIPO Amp	
R	24.9	NH	250	R	99.5	NH	160
S	33.9	NH	250	S	7.1	NH	250
T	71.8	NH	250	T	63.8	NH	160
N	42.7			N	89.4		
CIRCUITO "I"		CIRCUITO "J"		CIRCUITO "K"			
CARGA: HFP HP TIPO Amp		CARGA: HFP HP TIPO Amp		CARGA: HFP HP TIPO Amp			
R	75.6	NH	250	R	34.8	NH	250
S	80.5	NH	250	S	134	NH	250
T	45.7	NH	125	T	99.3	NH	200
N	36.4			N	105		
CIRCUITO "L"		CIRCUITO "M"		CIRCUITO "N"			
CARGA: HFP HP TIPO Amp		CARGA: HFP HP TIPO Amp		CARGA: HFP HP TIPO Amp			
R	1.1	IT	40	R	1.1	IT	40
S	4.6	IT	40	S	4.6	IT	40
T	19.3	IT	40	T	19.3	IT	40
N	17.2			N	17.2		

Anexo 05

Reporte del registro de analizador de potencia Fluke 4745

PQ Log																					
1743 Power																					
Código de medición:																					
Periodo de medición: 15 minutos																					
Tensión nominal: 230 V																					
Tensión: 230 V																					
Corriente: 1500 A																					
Número de serie: 10061DAB3																					
Fecha	Hora	V L1	V L2	V L3	V L1L2	V L2L3	V L3L1	Asimetría V	Asimetría I	Asimetría2 V	Asimetría2 I	Frecuencia	I L1	I L2	I L3	I N	P total	Q total	S total	PF total	Total de energía
		V	V	V	V	V	V	%	%	%	%	Hz	A	A	A	A	W	Var	VA		Wh
14/06/2018	5:00:00 p. m.	227.4	228.2	228.4	394.7	395.5	394.4	0.06	5.34	0.26	5.95	60	563	523	508	238	349998.6	75704	363308.5	0.963	87499.64
14/06/2018	5:15:00 p. m.	225.8	227.1	227.3	392	393.6	392.4	0.17	7.15	0.41	9.85	60	606	532	518	258	361897.2	75115.9	375089.5	0.965	90474.29
14/06/2018	5:30:00 p. m.	224.7	226.4	226.7	390.6	392.2	390.9	0.16	8.05	0.54	11.16	60	618	547	503	280	363190.9	72940.1	376442.1	0.965	90797.73
14/06/2018	5:45:00 p. m.	224.3	226	226.5	390	391.7	390.5	0.22	8.53	0.58	11.57	60	647	572	521	287	377618.2	80094.9	392104.3	0.963	94404.55
14/06/2018	6:00:00 p. m.	223.8	226	225.9	388.9	391.9	389.3	0.37	9.04	0.64	11.93	60	689	570	587	285	400062.8	85759.9	415470.2	0.963	100015.7
14/06/2018	6:15:00 p. m.	222.6	224.7	224.9	386.7	389.8	387.4	0.32	8.07	0.66	11.25	60	728	614	621	307	421586.1	96560.8	439188.9	0.96	105396.52
14/06/2018	6:30:00 p. m.	221.4	223.4	223.4	384.8	387.5	384.8	0.3	6.55	0.61	8.17	60	749	657	671	317	445461.7	94326.1	462300	0.964	111365.41
14/06/2018	6:45:00 p. m.	220.2	222.6	222.7	382.5	386.2	383.6	0.39	8.61	0.72	12.22	60	784	653	659	331	446814.2	97129.3	464475.9	0.962	111703.55
14/06/2018	7:00:00 p. m.	219.9	222.1	222.1	381.8	385.5	382.5	0.43	8.09	0.68	10.89	60	777	649	676	331	447598.3	94835.8	464828.7	0.963	111899.57
14/06/2018	7:15:00 p. m.	220	222.2	222.1	382.3	385.2	382.7	0.32	6.36	0.64	9.76	60	769	666	666	341	447167.1	96364.8	464946.3	0.962	111791.76
14/06/2018	7:30:00 p. m.	220.1	222.3	222	382.5	385.2	382.7	0.28	6.55	0.6	9.58	60	772	669	672	337	450185.8	94953.4	467396.6	0.963	112546.45
14/06/2018	7:45:00 p. m.	220.1	222.3	222.2	382.7	385.4	382.6	0.36	6.01	0.64	7.77	60	767	683	685	339	455262.8	96208	472924.4	0.963	113815.7
14/06/2018	8:00:00 p. m.	220.7	222.6	223	383.6	386.1	383.8	0.29	5.11	0.62	6.68	60	743	689	657	342	446108.5	93306.8	463378.1	0.963	111527.13
14/06/2018	8:15:00 p. m.	221.2	223.3	222.8	384.2	387.3	383.8	0.43	6.54	0.53	7.84	60	747	645	708	329	450185.8	92052.3	466788.9	0.964	112546.45
14/06/2018	8:30:00 p. m.	221.8	223.8	223.6	385.4	388.2	385.1	0.38	5.43	0.56	5.92	60	709	635	664	333	430367.9	90915.3	447676.7	0.961	107591.97
14/06/2018	8:45:00 p. m.	222.3	224.2	224.4	386	389.1	386.5	0.37	5.72	0.59	8.02	60	704	625	627	331	419821.9	90405.7	437209.1	0.96	104955.47
14/06/2018	9:00:00 p. m.	222.7	225	224.5	386.8	390.1	386.9	0.44	7.29	0.62	9.43	60	733	615	661	327	433308.2	88955.1	449676.1	0.964	108327.06
14/06/2018	9:15:00 p. m.	222.9	225.2	224.9	387	390.6	387.7	0.44	9.59	0.64	12.76	60	695	550	604	323	397984.9	83309.7	414215.6	0.961	99496.24
14/06/2018	9:30:00 p. m.	222.6	224.3	224.2	386.3	389.1	386.6	0.34	6.65	0.49	8.18	60	658	561	606	304	391829.8	84799.4	407864.5	0.961	97957.46
14/06/2018	9:45:00 p. m.	223.1	224.6	224.7	386.8	389.9	387.6	0.29	8.11	0.46	9.66	60	671	555	609	298	396142.3	81467.1	411118.5	0.964	99035.58
14/06/2018	10:00:00 p. m.	223.7	225.2	225	388.2	390.6	388.2	0.25	6.8	0.42	7.85	60	647	555	605	292	390183.2	83427.3	405551.4	0.962	97545.81
14/06/2018	10:15:00 p. m.	224.8	226.1	226	389.8	392.1	390.1	0.22	6.65	0.37	8.11	60	621	530	579	283	375814.8	76233.2	389830.4	0.964	93953.69
14/06/2018	10:30:00 p. m.	225.6	226.8	226.7	391.2	393.3	391.3	0.19	6.45	0.33	7.57	60	592	512	557	278	361465.9	74096.6	375501.1	0.963	90366.48
14/06/2018	10:45:00 p. m.	226.6	228.1	227.7	393.3	395.3	393.1	0.25	6.18	0.38	8.12	60	572	489	526	271	346744.6	73508.5	360701.4	0.961	86686.15
14/06/2018	11:00:00 p. m.	227.8	229.5	229.6	395.5	397.7	396.5	0.22	8.4	0.5	13.53	60	574	479	464	275	333532.7	68980.4	346842.6	0.962	83383.17
14/06/2018	11:15:00 p. m.	228.6	230	230.3	396.8	398.6	397.6	0.17	7.42	0.44	11.58	60	537	468	438	262	318203.7	66451.7	331121.6	0.961	79550.92
14/06/2018	11:30:00 p. m.	229	230.1	230.6	397.5	398.8	398.2	0.1	5.4	0.38	8.44	60	516	476	435	250	315694.6	64432.7	327808.8	0.963	78923.65
14/06/2018	11:45:00 p. m.	229.2	230.2	230.6	397.6	399.1	398.2	0.16	6.31	0.36	9.38	60	503	444	432	230	304736.9	66451.7	316988.4	0.961	76184.23