



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Sistemas inteligentes para mejorar la calidad de suministro del
alimentador AMT PAC001- Pacasmayo.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

López Molina, Foster (ORCID: 0000-0001-7677-7447)

ASESOR:

Mg. Panta Carranza, Dante Omar (ORCID: 0000-0002-4731-263X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

A cada uno de los que cada día llena mi vida de bendiciones.

A mi familia que son el apoyo mas grande para el logro de todas mis metas.

En especial a mi esposa Sonia por su apoyo incondicional, comprensión y dedicación a lo largo de este camino de estudio.

Gracias.

Agradecimiento

A Dios por la vida, darme las fuerzas y la voluntad para seguir adelante.

A mis padres por sus enseñanzas su ejemplo de gratitud, honestidad y solidaridad.

A mi familia por ser mi base en todo momento y mi apoyo incondicional para lograr todas mis metas.

A mi esposa Sonia a quien amo tanto, agradezco por tenerme paciencia, estar a mi lado en todo momento y por darme su amor todos los días, lo que me motiva a cumplir lo propuesto.

Y en especial a mi amado hijo Junior que desde el cielo nos ilumina y nos bendice, en este largo camino de estudio siendo mi inspiración para la realización de este proyecto.

A todos aquellos que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo.

Índice de contenidos

| | |
|--|------|
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de contenidos..... | iv |
| Índice de tablas..... | vi |
| Índice de Figuras..... | vii |
| Siglas y Acrónimos..... | viii |
| Resumen..... | ix |
| Abstract..... | x |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 12 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 12 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 12 |
| 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis..... | 12 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 12 |
| 3.5. Procedimientos..... | 13 |
| 3.6. Método de análisis de datos..... | 13 |
| 3.7. Aspectos éticos..... | 13 |
| IV. RESULTADOS..... | 15 |
| V. DISCUSIÓN..... | 42 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 45 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 46 |
| VIII. REFERENCIAS..... | 47 |
| IX. ANEXOS..... | 49 |
| ANEXO 01: Operacionalización de variables..... | 49 |
| ANEXO 02: Validación del instrumento..... | 52 |
| ANEXO 03: Matriz de consistencia y operacionalización de variables..... | 62 |
| matriz de consistencia..... | 62 |
| ANEXO 04: Intensidades de Corriente de las Subestaciones de Distribución del alimentador AMT PAC001- Pacasmayo..... | 63 |

| | |
|---|----|
| ANEXO 05: Tensiones de las Subestaciones de Distribución del alimentador AMT PAC001- Pacasmayo..... | 67 |
| ANEXO 06: Diagrama Unifilar del Alimentador AMT PAC001- Pacasmayo antes de la implementación del Sistema Inteligente..... | 71 |
| ANEXO 07: Ubicación de la instalación de los Sistemas Inteligentes: Recloser a instalar..... | 72 |
| ANEXO 08: Zona del Diagrama Unifilar donde se Proyecta la instalación Sistemas Inteligentes..... | 73 |
| ANEXO 09: Diagrama Unifilar del Alimentador AMT PAC001- Pacasmayo después de la implementación del Sistema Inteligente..... | 74 |
| ANEXO 10: Capturas programa noja Power..... | 75 |
| ANEXO 11: Presupuesto de la implementación de Sistemas inteligentes..... | 77 |
| ANEXO 12: Vistas fotográficas de la implementación de Sistemas inteligentes..... | 78 |
| ANEXO 13: Estudio de corriente de ruptura..... | 81 |
| ANEXO 14: Estudio de parámetros para seleccionar equipos inteligentes..... | 88 |
| ANEXO 15: Diseño esquemático de instalación de sistema inteligente y monitoreo... | 93 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Valores límites de SAIFI y SAIDI | 11 |
| Tabla 2: Resumen de valores de SAIFI y SAIDI..... | 16 |
| Tabla 3: Energía Pérdida producido por las fallas en el Alimentador AMT PAC001 ... | 16 |
| Tabla 4: Características del Alimentador y las Zonas en que se ha dividido..... | 19 |
| Tabla 5: Datos del alimentador AMT PAC001- Pacasmayo | 20 |
| Tabla 6: Convergencia de la simulación de montecarlo..... | 21 |
| Tabla 7: Variación de ENS entre tramos vecinos | 22 |
| Tabla 8: Variación del cálculo de ENS ante diferente CV y semilla..... | 22 |
| Tabla 9: Resultados de localización óptima de reconectores..... | 24 |
| Tabla 10: Resultados las máximas corrientes de falla obtenidas por nivel de tensión | 30 |
| Tabla 11: Valores de SAIFI y SAIDI | 41 |
| Tabla 12: Evaluación Económica | 41 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Procedimiento General..... | 7 |
| Figura 2: Zonas en que se ha dividido el Alimentador | 18 |
| Figura 3: Estabilidad del Valor esperado para CV=2% | 23 |
| Figura 4: Análisis con un reconectador | 24 |
| Figura 5: Análisis con dos reconectores..... | 25 |
| Figura 6: Análisis con tres reconectores..... | 25 |
| Figura 7: Análisis con cuatro reconectores..... | 26 |
| Figura 8: Análisis de cortocircuito del Alimentador | 27 |
| Figura 9 : Resultados de corrientes simétricas y asimétricas de cortocircuito trifásicas, bifásicas y monofásicas del Alimentador AMT PAC001-PACASMAYO en el DigSilent | 29 |
| Figura 10: Ubicación de los Recloser en el Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo .. | 31 |
| Figura 11: Curva de saturación | 32 |
| Figura 12: Falla trifásica del Recloser de Zona A..... | 33 |
| Figura 13: Falla trifásica del Recloser de Zona A..... | 33 |
| Figura 14: Falla trifásica del Recloser de Zona B..... | 34 |
| Figura 15: Falla trifásica del Recloser de Zona B..... | 34 |
| Figura 16: Falla trifásica del Recloser de Zona C..... | 35 |
| Figura 17: Falla trifásica del Recloser de Zona C..... | 35 |
| Figura 18: Falla trifásica del Recloser de Zona D..... | 36 |
| Figura 19: Falla trifásica del Recloser de Zona D..... | 36 |
| Figura 20: Ubicación del Recloser zona A..... | 37 |
| Figura 21: Ubicación del Recloser zona B..... | 38 |
| Figura 22: Ubicación del Recloser zona C | 39 |
| Figura 23: Ubicación del Recloser zona D | 40 |

Siglas y Acrónimos

OSINERGMIN: Organismo Supervisor en Inversión en Energía y Minería

TcT: Teoría Clásica de los Tests

SAIFI: System Average Interruption Frequency Index

SAIDI: System Average Interruption Duration Index

GIS: Sistemas de Información Geográfica

AMI: Infraestructura de medición avanzada

ENS: Energía no suministrada

AGCB: Algoritmo Genético de Chu- Beasley

NTCSE: Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos

CV: Coeficiente de Variación

VAN: Valor Actual Neto

TIR: Tasa Interés Retorno

Resumen

El alimentador AMT PAC001 se encuentra ubicado en la zona de Pacasmayo, distrito de Pacasmayo, provincia de Pacasmayo, departamento de La Libertad, actualmente se encuentra bajo la concesión de la empresa concesionaria de distribución Hidrandina.

Cuenta con 8938 usuarios distribuidos entre las localidades de Pacasmayo y Jequetepeque alimentados estos usuarios por 62 sub estaciones de transformación. Asimismo, cuenta con 08 seccionamientos de línea, 01 Seccionamiento bajo Carga SBC. No cuenta con ningún Recloser. Toda la infraestructura tiene una vida promedio de 15 años.

El Alimentador está permanentemente expuesta a fallas de cortocircuito, ocasionadas en la mayoría de veces por el deterioro de sus elementos, la antigüedad de sus componentes, vandalismo provocado por terceros y mala calidad de los materiales, es a raíz de estas situaciones que se tiene como resultado tensiones eléctricas variables las que provocan desperfectos en los dispositivos de la red eléctrica y en varias ocasiones no se les puede evitar, por lo que en la presente investigación se pretende siguiente objetivo general: Implementar Sistemas Inteligentes para mejorar la Calidad de Suministro del Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo.

Logrando como resultados de la presente investigación que la inversión que involucra implementar el sistema inteligente es de S/.153163,67, con un gasto en mantenimiento anual de S/. 36 000,00, además con esto se podrá despachar la energía que se pierde cuando la línea queda des energizada, que asciende a un monto de S/.11 430,00. Con lo cual al hacer una evaluación a 5 años se obtiene un VAN de S/.129 090,307 y una TIR de 42%, con lo cual se concluye que el proyecto es viable técnica y económicamente.

PALABRA CLAVE: Sistema Inteligente, Calidad de Suministro, Alimentador Eléctrico

Abstract

The AMT PAC001 feeder is located in the Pacasmayo area, Pacasmayo district, Pacasmayo province, La Libertad department, it is currently under the concession of the Hidrandina distribution concessionaire.

It has 8938 users distributed between the towns of Pacasmayo and Jequetepeque, these users are fed by 62 transformation substations. Likewise, it has 08-line sectioning, 01 SBC Load Sectioning. It does not have a Recloser. All infrastructure has an average life of 15 years.

The Feeder is permanently exposed to short-circuit failures, caused in most cases by the deterioration of its elements, the age of its components, vandalism caused by third parties and poor quality of the materials, it is as a result of these situations that it is considered Variable electrical voltages result, which cause malfunctions in the devices of the electrical network and on several occasions they cannot be avoided, so in this research the following general objective is intended: Implement Intelligent Systems to improve the Supply Quality of the AMT Feeder PAC001-Pacasmayo.

Achieving as results of the present investigation that the investment involved in implementing the intelligent system is S /. 153163.67, with an annual maintenance expense of S /. 36,000.00, in addition to this it will be possible to dispatch the energy that is lost when the line is de-energized, which amounts to S /.11,430.00. With which, when making a 5-year evaluation, a VNA S / .129090.307 is obtained and an TIR of 42%, with which it is concluded that the project is technically and economically viable.

KEYWORD: Intelligent System, Supply Quality, Electric Power Supply

I. INTRODUCCIÓN

Las empresas de energía a nivel mundial enfrentan modificaciones con la finalidad de poder encontrar el equilibrio a los problemas de generación, transmisión y distribución los cuales cambian continuamente tanto en calidad como en interrupciones sea este del tipo domiciliario o industrial.

Como reto tienen el lograr cumplir sus principales intereses los que son alcanzar mayores ventas, evitar multas por parte de las áreas reguladoras de energía y responder de forma más rápida e inmediata a la intervención y solución tanto en averías como en reposición.

En la actualidad la propuesta es transformar las redes de potencia y estar siempre un paso adelante con la tendencia de digitalizar todos los procesos consiguiendo que estas sean más eficientes, confiables, económicas y que cuente con un sistema de monitoreo continuo, de respuesta inmediata y de aviso con exactitud de donde ocurre la avería, sin embargo el implementar este sistema tomara un tiempo debido a que se debe efectuar muchos cambios tales como regulatorio, garantía de derechos del consumidor y seguridad. Este tipo de sistemas se le denomina “redes de energía inteligente” (Gomez Sarduy, y otros, 2017)

La Red Inteligente, es una infraestructura que integra las capas física y digital de una red en una sola, mejorando su fiabilidad, su resiliencia y su eficiencia. Para ello se deben digitalizar progresivamente los activos de la red, aumentando su sensorización, expandiendo su capacidad de comunicación e implementando control y monitorización en remoto con el objetivo final de automatizar la red. (Albaladejo, 2020)

En el Perú, se promulgó el Decreto Supremo N° 020-97-EM, que aprobó la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, donde se aprobó los estándares mínimos que debe tener la energía eléctrica y designó al Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería como organismo encargado de hacer cumplir estos estándares. Esta norma se complementa con lo esbozado en la Resolución de Consejo Directivo OSINERG N.º 074-2004-OS/CD: Procedimiento para la Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos, mediante el cual se evalúa el desempeño de las empresas concesionarias eléctricas en cuanto a los parámetros SAIDI y SAIFI.

La aplicación en el presente estudio, se aplica en el Alimentador AMT PAC001-

Pacasmayo, el mismo que cuenta con 8938 usuarios distribuidos entre las localidades de Pacasmayo y Jequetepeque, los cuales son alimentados por 62 sub estaciones de distribución. Asimismo, cuenta con 04 Recloser electrónicos, 01 Seccionamiento bajo Carga SBC, 10 Seccionamientos de línea el cual garantizara la continuidad del servicio Eléctrico. Actualmente este alimentador tiene un excesivo número de paradas imprevistas debido a la antigüedad de las instalaciones generando demora en la reposición del suministro, incrementando los indicadores del tiempo de paralización por interrupciones (SAIDI) y el número de veces de interrupciones (SAIFI). Las redes eléctricas en operación están permanentemente expuesta a fallas de cortocircuito, ocasionadas en la mayoría de veces por el deterioro de sus elementos, la antigüedad de sus componentes, vandalismo provocado por terceros y mala calidad de los materiales, es a raíz de estas situaciones que se tiene como resultado tensiones eléctricas variables las que provocan desperfectos en los dispositivos de la red eléctrica y en varias ocasiones no se les puede evitar, siendo necesario proporcionarles a este tipo de sistemas la seguridad adecuada en coordinación con el área operativa a fin de reducir el número de fallas y tiempos de interrupción a los usuarios, mantener la política de mejora continua, calidad de atención, bajar la cantidad de usuarios afectados y la razón más importante la protección de la vida humana.

Por lo manifestado, la enunciación del problema en la presente investigación será: ¿en qué medida la implementación de sistemas inteligentes mejora la calidad de suministro del Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo?

La investigación se justifica mediante tres criterios: Tecnológica, Económica y Social. La Justificación Tecnológica, de esta investigación se justifica debido a que se usarán equipos, software, sistemas de supervisión, control, monitoreo y adquisición de datos, acorde a la vanguardia tecnológica basados en sistemas de comunicación inalámbrica y protocolos de comunicación actuales para sistemas inteligentes y automatizados en el Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo. Estos dispositivos reemplazarían a los equipos que actualmente están en operación que fueron instalados anteriormente. La Justificación Económica, de esta investigación está en que al implementar un sistema inteligente, haciendo uso de equipos eléctricos y dispositivos electrónicos, como

también de softwares para realizar este tipo de trabajo, se reduce los tiempos de reparación y ubicación de donde se generaron los problemas eléctricos, reduciendo el tiempo de reposición, menor costo operativo y mejorando los indicadores de gestión supervisados por el ente regulador del sistema eléctrico consiguiendo con ello el incremento de la rentabilidad a favor de la empresa. La Justificación Social, de esta investigación está en que el Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo, al tener una mejor confiabilidad, los usuarios que pertenecen a este alimentador no sufrirán de cortes de suministro además de contar con una mejor calidad de energía eléctrica.

Por medio de este sistema se mejora de manera constante la operación del Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo, eliminando los tiempos que retrasan detectar la falla debido al control permanente que se efectúa en tiempo real brindándonos el punto exacto para dar la solución a los problemas sucedidos a causa de paradas imprevistas en las redes eléctricas de media tensión.

Basándose en la formulación del problema, planteamos la siguiente hipótesis: Mediante la Implementación de Sistemas Inteligentes se mejora la calidad de suministro del Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo.

Dando la respuesta al problema, se plantea el siguiente objetivo general: Implementar Sistemas Inteligentes para mejorar la calidad de suministro del Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo.

Para poder conseguir el objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos: Diagnosticar las condiciones actuales de la calidad de suministro del alimentador PAC001-Pacasmayo, Elaborar la propuesta para mejorar la calidad de suministro en el alimentador AMT PAC001-Pacasmayo, Evaluar la calidad de suministro posterior a la implementación de sistemas inteligentes y finalmente Realizar la evaluación económica de la implementación de las propuestas.

II. MARCO TEÓRICO

En investigaciones realizadas a nivel nacional, se encontró Socualaya (2018), quien en su investigación realizada al alimentador 7004 de propiedad de la empresa minera Chumpe, buscó determinar cómo influye en la Calidad de Suministro del Sistema Eléctrico, la Coordinación de Protección. Para realizar esta investigación utilizó fichas de observación, toma de lectura de los medidores. En esta investigación se concluyó que al aplicar la coordinación de protección en la subestación Chumpe, se logra mejorar la continuidad del sistema eléctrico en un 100%, siendo su estado inicial de 3 interrupciones mensuales (98,96%) durante las pruebas realizadas.

Así mismo, Ramos y otros (2019), en su trabajo e investigación de como supervisar el monitoreo de una Smart Grid en condiciones menos desarrollada, utilizando para ello un software libre. Para tal efecto logró implementar una base de datos SQLite y un sistema en el lenguaje de programación Python, además el Protocolo utilizado fue el ZigBee. Finalmente, con esta investigación demostró que si es posible desarrollar este tipo de sistemas con software libre y plataforma de código abierto.

Otro trabajo de investigación es el realizado por Vilcahuamán Sanabria (2018), que abordó la necesidad de identificar las inconsistencias de la información reportada por las empresas eléctricas en el tema de calidad del servicio eléctrico en el Perú. El autor arribó a la siguiente conclusión que en el mercado existen software que permiten manejar grandes cantidades de información, así como permite analizarlos. Uno de este software es VALSIRAI, que permite manejar información que ha sido transferida en tiempos cortos y sin contratiempos por las empresas eléctricas. Así mismo hay otro software denominado SIRVAN 2.0, referido a Calidad del Servicio de Energía Eléctrica. Así mismo en el trabajo de investigación Goñas (2018), investigó sobre los parámetros de calidad de suministro con mantenimiento en el alimentador de media tensión CAO003 Cartavio, Ascope, La Libertad haciendo uso de la técnica TcT, para lo cual empleo información proporcionada por el operador de la línea. Concluyendo que actualmente el alimentador tiene indicadores SAIFI y SAIDI que superan los establecidos por el OSINERGMIN, por lo que con la implementación del presente proyecto dichos indicadores mejorarían notablemente.

Otro trabajo de investigación, realizado por Roncal (2017), investigó la manera de mejorar los indicadores de calidad de suministro con mantenimiento en alimentadores de media tensión de Trujillo, concluyendo que al aplicar este tipo de mantenimiento los indicadores disminuyen a la mitad produciendo un ahorro promedio de 17 529,69 dólares.

Finalmente en el trabajo de investigación realizado por Gaspar (2020), tuvo como objeto analizar los parámetros SAIFI y SAIDI para determinar su efecto en la confiabilidad del alimentador de media tensión Nam 001 Hidrandina Cajamarca, concluyendo que cuando los dispositivos de protección se apresuran en abrir circuito, los indicadores SAIFI y SAIDI para que estos suban del nivel 5 y 6, suban como producto de la falla, perjudicando entre 5 mil y 6 mil usuarios, dichos indicadores alcanzaron valores el SAIDI 25 y el SAIFI 64.505.

Redes inteligentes

Dependiendo del punto de vista y de la funcionalidad que se le da a la llamada Red Eléctrica Inteligente; una red eléctrica inteligente tiene el siguiente concepto: son redes que permiten integrar de una manera efectiva las nuevas tecnologías, de tal manera que permitan un mejor control y monitoreo de los sistemas eléctricos, originando con ello que estos sistemas sean más eficientes, seguros y confiables. Siendo una característica muy importante de estas redes, es que emplean nuevas tecnologías de comunicación, control, monitorización y autodiagnóstico.

Requerimientos a nivel de infraestructura de las SMART GRID

Actualmente los sistemas eléctricos se ven en la necesidad de renovar su infraestructura eléctrica, haciendo que la distribución se realice de forma más confiable, segura y económica, mejorando la atención al cliente, potenciando y desarrollando las tecnologías actuales de control, supervisión, gestión de la distribución, Sistemas de Información Geográfica (GIS) e Infraestructura de medición avanzada (AMI), por ello las Smart Grids se dividen en tres áreas importantes a nivel de requerimientos de infraestructura como lo son:

- (1) Sistemas automáticos de control y análisis de información,
- (2) Plataforma de comunicación inteligente y, por último,
- (3) RTU y dispositivos inteligentes,

Las áreas de operación trabajan en conjunto, con el Sistema de Gestión de Distribución (DMS), con el sistema (SCADA) “Sistema de Adquisición, Supervisión, y Control de Datos”, con la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI), con el Sistema de Gestión de Cortes (OMS) y logrando así la Automatización de Distribución (DA). (Gómez, y otros, 2017)

Sistema De Distribución

Un sistema de Distribución, es aquel capaz de conducir la electricidad a los diferentes usuarios finales, de acuerdo con los estándares establecidos en la normatividad legal vigente. (Centeno Cardeña, 2019)

Este sistema está compuesto por:

Subestaciones. - Son las encargadas de reducir el nivel de tensión, a tensiones que se puedan utilizar para suministrarlo a los diferentes usuarios finales. (Gonzales Gonzales, y otros, 2015).

Función De Protección

Esta función permite al Sistema de Distribución, darle confiabilidad y de esta manera ante cualquier avería desenergizarla y evitar cualquier tipo de eventos lamentables. (Gaspar, 2020)

Infraestructura de un sistema de distribución eléctrica primaria

Infraestructura destinada a transportar la energía eléctrica en media tensión hacia los lugares donde se consume. (Ramírez Castaño, 2004)

Configuración de un sistema de distribución eléctrica primaria

La configuración de los sistemas de distribución primaria, es del tipo estrella o triangulo, lo que permite llegar hasta lugares muy alejados de nuestra geografía. (Brown, 2009)

Componentes de un alimentador

Un alimentador está constituido por los siguientes componentes:

- a) Transformador de distribución: permite transformar la tensión, aumentarla o disminuir la tensión y de esta manera hace más viable la distribución de energía eléctrica. (Ras Oliva, 1991)
- b) Postes: sirve de soporte a los conductores eléctricos. (Brown, 2009)
- c) Conductores eléctricos: son de aleación de aluminio y sirve para conducir la

corriente eléctrica (Brown, 2009)

d) Aisladores: sirven como medio aislante entre el poste y el conductor.

e) Conectores: sirve de conexión entre conductores y aisladores.

g) Seccionador: son dispositivos de protección, ante una sobrecarga o cortocircuito en el alimentador. (Brown, 2009)

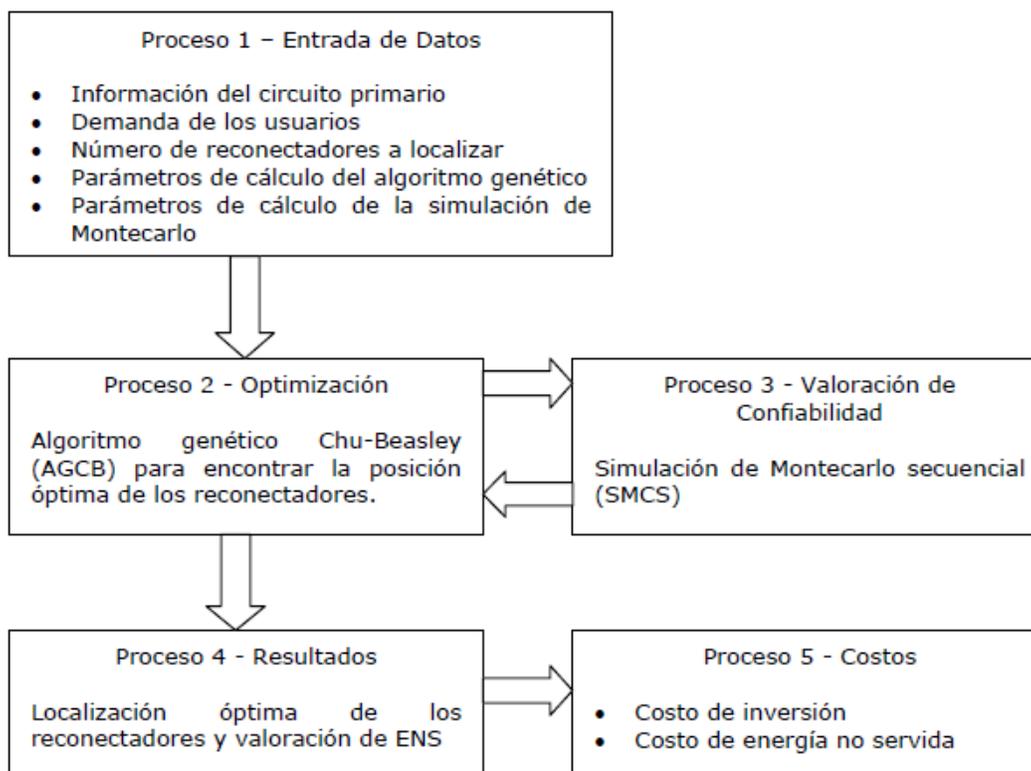
h) Reconectador (automatic circuit Recloser): son dispositivos que permiten cerrar el circuito si la eventualidad en el alimentador no es permanente.

i) Interruptor automático (con recierre): dispositivo que permite la apertura del alimentador ante una sobrecarga o cortocircuito. (Brown, 2009)

Metodología desarrollada para ubicación de reconectadores basado en criterios de confiabilidad

La metodología para ubicación de reconectadores se subdivide en 5 procesos que se aprecian en la figura siguiente:

Figura 1: Procedimiento General



Fuente: (Pulgarín Flórez, 2011)

A continuación, describimos cada uno de estos procesos:

Proceso 01: Entrada de Datos

En primer lugar, empezamos por enumerar los nodos y cada uno de los elementos del alimentador a analizar.

Estos datos ingresados son almacenados en una base de datos del tipo relacional, que luego es utilizado en un programa de optimización.

Luego elaboramos una base de datos donde ingresamos la matriz de $N \times 11$, donde N es el número de tramos con lo cual está constituido el alimentador.

A continuación, se procede a caracterizar la Máxima Demanda, y luego aplicando el método de agregación de curvas se procede a calcular la energía no suministrada (ENS).

Proceso 02: Optimización.

Par ubicar correctamente los reconectores, utilizamos la técnica de optimización combinatorial como lo es el Algoritmo Genético de Chu- Beasley [AGB], y para ello definimos en términos de la Energía No Suministrada mediante la siguiente función objetivo:

$$Min ENS = \sum_{j=0}^{fp} \left(\sum_{i=ri}^{Nfp} P_{prom j} * \left(\sum_{t=tf_j}^{tf_j+td_j+tr_j} \sum_{k=0}^3 C_k A_k \right) \right)$$

Esta función está sujeta a las siguientes restricciones:

En primer lugar, no puede ser la misma, la ubicación de los reconectores

En segundo lugar, la ubicación de los recloser no debe prevalecer el número máximo establecido.

ENS = Energía No Suministrada [kWh].

tr_j = Tiempo de reparación de la falla permanente.

fp = Número de fallas permanentes registradas en un año.

tf_j = Tiempo en el que ocurrió la falla permanente.

ri = Posición del reconector que aisló la falla permanente.

Nfp = Número de nodos de carga afectados por la falla permanente.

td_j = Tiempo de espera debido a congestión de recursos logísticos.

C_k = Participación de los abonados tipo k del nudo en el consumo mensual $P_{prom j}$ = Consumos promedio del nodo j [kWh].

A_k = Incorporación hora a hora de curva de carga tipo k

El índice de la energía no suministrada, se obtendrá de la función objetivo mediante la aplicación del Algoritmo Genético de Chu-Beasley, para lo cual utilizamos como supuesto que la ENS sea la mínima.

Proceso 03: Valoración de Confiabilidad.

Para la valoración de confiabilidad se tomarán los siguientes criterios:

- Modelamos los elementos del alimentador donde ocurren y concurren la mayor cantidad de fallas transitorias.
- En esta modelación empleamos los reconectores.
- En este modelamiento no se están considerando la energía no suministrada producida por los recierres de los reconectores.

Proceso 4: Resultados

Los resultados obtenidos es encontrar cuanto es la Energía No Distribuida, así como la óptima ubicación de los reconectores

Proceso 5: Costos

- Costo de la inversión a realizar en la implementación de los reconectores.
- Costo de la energía no suministrada.

Coordinación de protección del sistema eléctrico

Esto significa que se tiene que determinar los tiempos en que las protecciones deben operar, permitiendo que los tiempos de actuación se minimicen, teniendo en cuenta una oportuna y correcta operación. (Gaspar, 2020)

Calidad del suministro

Según el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minerías, la calidad de suministro está relacionada directamente al número de interrupciones por cliente y a la duración ponderada de interrupciones por cliente. (Lira, y otros, 2011)

La continuación del abastecimiento de energía eléctrica

Está determinada por el número de paralizaciones del servicio de energía eléctrica que sufre el usuario final, así como por el tiempo que dura dicha interrupción.

Tensión

Es la fuerza que requieren los electrones para poder desplazarse. (Lira, y otros, 2011)

Intensidad de Corriente

La cantidad de corriente eléctrica que se traslada por unidad de tiempo se denomina intensidad de corriente. (Lira, y otros, 2011)

Máxima Demanda

Hace referencia al registro de demanda de mayor consumo en un período determinado. (Lira, y otros, 2011)

Nivel de Protección

Valor máximo permisible de tensión pico en los terminales de un dispositivo de protección sujeto a impulsos tipo maniobra bajo condiciones específicas. (Minas, 2002)

Selectividad

Capacidad de una protección para identificar la sección y/o fase(s) defectuosas de una red eléctrica. (Minas, 2002)

Tiempo de actualización

Intervalo de tiempo entre un cambio de estado en una estación satélite y su registro en el centro de control o estación principal. (Minas, 1997, pp.23)

System Average Interruption Frequency Index (SAIFI): El indicador SAIFI representa la cantidad promedio de interrupciones a los abonados entre el número total de abonados. Considerando que el número de usuarios es una cantidad fija, entonces para mejorar el indicador SAIFI debemos minimizar la cantidad de interrupciones. Por ello, una mejora del indicador SAIFI implica una mejora de la confiabilidad del sistema eléctrico. (Minas, 1997, pp.23)

$$SAIFI = \frac{NUMERO DE INTERUPCIONES A LOS USUARIOS}{NUMERO TOTAL DE USUARIOS ATENDIDOS}$$

$$SAFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i}$$

Donde:

- λ_i es la tasa de fallas del punto i
- N_i en el número de usuarios del punto de carga i

System Average Interruption Duration Index (SAIDI): El parámetro SAIDI es la división entre la suma de las duraciones de las interrupciones y el número total de

usuarios atendidos. (Minas, 1997, pp.23)

$$SAIDI = \frac{SUMA DE LAS DURACIONES DE LAS INTERUPCIONES}{NUMERO TOTAL DE USUARIOS ATENDIDOS}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i}$$

Donde:

- U_i es el tiempo de interrupciones anual del punto de carga i .
- N_i es el número de usuarios del punto de carga i .

Tolerancia para índice de confiabilidad

De acuerdo a las normas:

- DS 020-1997- EM (NTCSE) Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos,
- RD N° 016-2008-EM/DGE Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos Rurales (NTCSER)
- Resolución OSINERG N.º 074-2004- OS/CD Procedimiento “Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos”, aprobado con.

En la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, se indica los valores límites de calidad de suministro, por sector típico, los cuales presento a continuación.

Tabla 1: Valores límites de SAIFI y SAIDI

| Sector Típico | Valores limites | Indicadores | Tolerancia |
|---------------|-------------------------------|--|-----------------------------------|
| 2 | Por usuario afectado (NTCSE) | N: N° de interrupciones por usuario y por semestre D: Duración ponderada de las interrupciones por usuario y por semestre | 8 /sem. 13 horas/sem. |
| | Por sistema eléctrico | SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico | 5 /año 9 horas/año |
| 3 | Por usuario afectado (NTCSE) | N: N° de interrupciones por usuario y por semestre D: Duración ponderada de las interrupciones por usuario y por semestre | 8 /sem. 13 horas/sem. |
| | Por sistema eléctrico | SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico | 7/año 12 horas/año |
| 4, 5 y SER | Por usuario afectado (NTCSER) | NIC: N° de interrupciones promedio por cliente y por semestre DIC: Duración ponderada acumulada de interrupciones promedio por cliente por semestre | 10 /sem. 25 y 40 horas/sem. |
| | Por sistema eléctrico | SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico | 12 y 24/ año 16 y 40 horas/año |

Fuente: Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación a realizar será del tipo APLICADA, esto como consecuencia de que se utilizarán los conocimientos relacionados a redes inteligentes, así como a confiabilidad de redes eléctricas para poder lograr solucionar la calidad de suministro que atraviesa el Alimentador AMT PAC001- Pacasmayo.

Diseño de investigación

El Diseño de la presente investigación es experimental: transversal descriptivo (simple, comparativo, correlacional, correlacional causal o predictivo) pues vamos a manipular la variable Sistemas Inteligentes, con la finalidad de mejorar la variable Calidad de Suministro en el alimentador AMT PAC001- Pacasmayo

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Sistemas Inteligentes

Variable Dependiente: Calidad de Suministro

La operacionalización de variables está en el Anexo 01

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: La población lo constituye el Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo

Muestra: Es una muestra poblacional por tanto lo constituye el Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo

Muestreo: No hubo muestreo pues la muestra es una muestra poblacional.

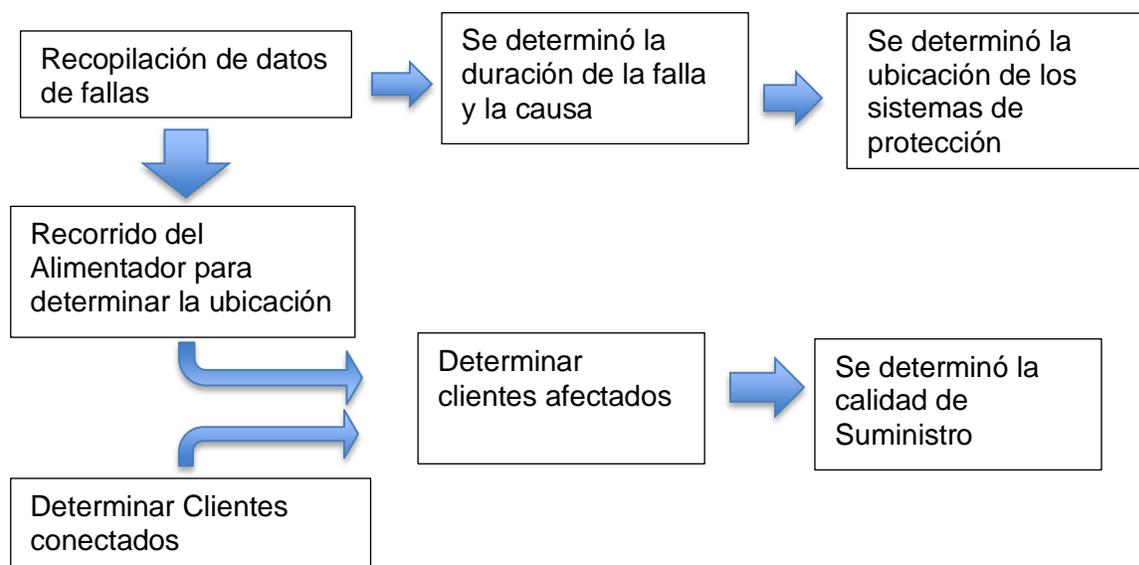
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

| Técnica | Instrumentos | Finalidad |
|----------------------------|-------------------------------|---|
| Observación directa | Guía de observación de campo. | Permite recopilar información de los dispositivos de defensa del alimentador, además de sus indicadores de funcionamiento |

3.5. Procedimientos

Para conseguir los datos se siguió la siguiente secuencia:



3.6. Método de análisis de datos

Para analizar los datos utilizados en la presente investigación se empleará la estadística descriptiva a través de sus estadígrafos como la Mediana, lo que nos permitirá determinar el estado situacional del alimentador y luego poder establecer las medidas a implementar.

3.7. Aspectos éticos

Los factores éticos de un investigador, deben enmarcarse dentro de: la honestidad de sus afirmaciones y la exposición de sus teorías, con unas condiciones mínimas de dignidad y calidad. No se precipita en emitir juicios; no condena a los colegas; no le agrada abarrotar escenarios para declamar en público. La gloria digna y austera se alcanza sólo por la perseverancia y la sencillez. Y, sin duda, mediante la cordialidad con los compañeros inmersos en la investigación. La generosidad se manifiesta en compartir con los colegas y con los otros investigadores los frutos de las labores.

En esta investigación se tiene en cuenta la protección a la propiedad intelectual; a las creencias religiosas, a las prácticas políticas, la protección al ambiente.

Todo conocimiento utilizado en la presente investigación será referenciado. Así

mismo se cumplirá con la normatividad: reglamentos y estándares, vigentes que sean aplicables, además se respetará el medio ambiente y de seguridad y salud ocupacional

Así mismo, se tendrá en cuenta el Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de las condiciones actuales de la calidad de suministro del alimentador PAC001-Pacasmayo

El alimentador AMT PAC001 se encuentra ubicado en la zona de Pacasmayo, distrito de Pacasmayo, provincia de Pacasmayo, departamento de La Libertad, actualmente se encuentra bajo la concesión de la empresa concesionaria de distribución Hidrandina.

Cuenta con 8938 usuarios distribuidos entre las localidades de Pacasmayo y Jequetepeque alimentados estos usuarios por 62 sub estaciones de transformación. Asimismo, cuenta con 08 seccionamientos de línea, 01 Seccionamiento bajo Carga SBC. No cuenta con ningún Recloser. Toda la infraestructura tiene una vida promedio de 15 años.

El alimentador pertenece al sector típico 2, con una Máxima Demanda de 3,5 MW. El nivel de tensión de llegada al patio de llaves es en 60 000 kV realizando una transformación a 10 000 kV para la distribución a la población, este alimentador cuenta con una longitud de 20 km aproximado de recorrido.

La línea de distribución cuenta con una derivación a la zona de Jequetepeque que en su totalidad es de aluminio de 120 mm y la zona de Pacasmayo también cuenta con aluminio de diferentes calibres aluminio de 120 y 70 mm y algunas zonas aun es Cobre de 70 mm.

De todas las Subestaciones de Distribución, la ubicada en Av. Francisco Aponte-Sector el Porvenir, es la que consume la Máxima Demanda 431,54 KW. Ver Anexo Tabla 5 y 6.

En el Anexo 06 se presenta el Diagrama Unifilar de este alimentador, donde podemos apreciar que el alimentador está dividido en 04 derivaciones de la línea troncal de la salida del patio de llaves, que es donde se manifiestan las interrupciones de energía.

Las interrupciones del servicio de energía eléctrica se deben principalmente a:

- Aisladores rotos
- Averías de Transformadores
- Bajo Nivel de Aislamiento

- Contacto entre conductores por fuertes vientos
- Vandalismo
- Línea abierta o caída
- Otros

Estas causas, que por lo general son temporales, originan que los fusibles de los seccionadores se aperturen y provoquen la salida del alimentador AMT PAC001 dejando el sistema inoperativo por periodos de tiempo prolongados, pues hasta que se ubique la falla, vaya las cuadrillas de emergencias y se solucione la falla. Lo que origina valores de SAIFI y SAIDI elevados tal como lo apreciamos en la siguiente tabla:

Tabla 2: Resumen de valores de SAIFI y SAIDI

| AÑO | SAIFI | SAIDI |
|------|-------|-------|
| 2016 | 7,77 | 9,28 |
| 2017 | 7,30 | 7,94 |
| 2018 | 4,83 | 5,62 |
| 2019 | 7,53 | 9,54 |
| 2020 | 6,07 | 5,79 |

Fuente: Elaborado por el autor

De la tabla anterior y considerando los valores en la Tabla 1, vemos que los valores de SAIFI y SAIDI están por encima de valores límites de calidad de suministro.

Así mismo, la energía pérdida debido a estas fallas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3: Energía Pérdida producido por las fallas en el Alimentador AMT PAC001

| AÑO | ENERGIA (Kw-h) |
|----------|----------------|
| 2015 | 612000,00 |
| 2016 | 684000,00 |
| 2017 | 720000,00 |
| 2018 | 900000,00 |
| 2019 | 792000,00 |
| 2020 | 864000,00 |
| PROMEDIO | 762000,00 |

Fuente: Elaborado por el autor

4.2. Propuesta para mejorar la calidad de suministro en el alimentador AMT PAC001-Pacasmayo

Para disminuir los valores de SAIFI y SAIDI evaluamos la posibilidad de instalar Sistemas Inteligentes que permita detectar las fallas transitorias, y luego de esto reconectar nuevamente el alimentador, sectorizando la zona donde se produjo el

evento. Este tipo de sistema son los Recloser o Reconectores inteligentes.

Considerando la ubicación de las fallas temporales, que se han descrito en el ítem anterior, donde manifestamos 04 zonas definidas como derivaciones de la línea troncal se instalaran 04 reconectores, cuya ubicación se aprecia en el Anexo 07.

Entonces aplicando la metodología ubicación de reconectores por el criterio de confiabilidad y las curvas de convergencia del AGCB, tenemos:

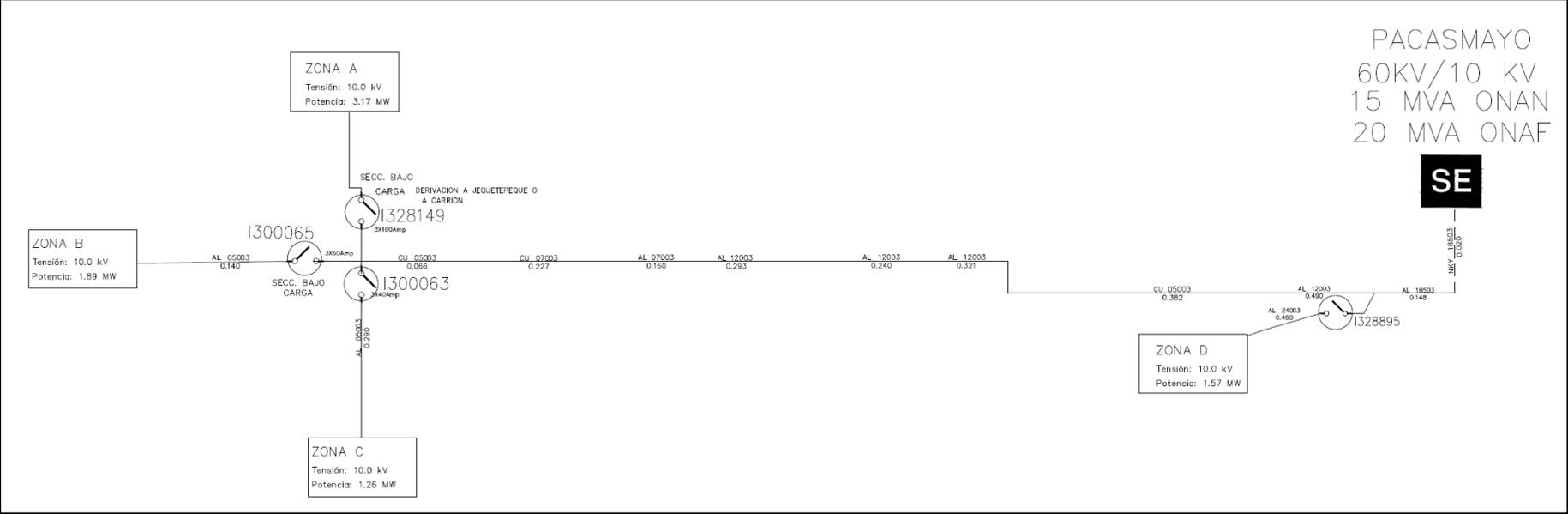
El sistema que se trabajó del alimentador AMT PAC001-Pacasmayo, con las características siguientes:

- Los datos utilizados han sido proporcionados por la concesionaria de esta zona de la libertad norte Hidrandina, recorridos del alimentador, desde enero 2015 y a diciembre de 2020.
- El alimentador cuenta con las características siguientes:
 - a. Carga Promedio 3 294 kW
 - b. Carga Instalada 3 600 kVA
 - c. Longitud de 20 000 m.
 - d. 100% urbano
 - e. 62 transformadores de distribución.
 - f. 254 usuarios comerciales
 - g. 8938 usuarios residenciales.
 - h. 27 usuarios industriales.

El circuito del alimentador AMT PAC001-Pacasmayo es medianamente largo, por lo que para ubicar los reconectores asumimos 04 zonas que es donde se ubican las fallas transitorias, por lo que para ello se convierte en un problema de alta explosión combinatorial.

En la siguiente figura, apreciamos las 04 zonas en que se ha dividido el Alimentador:

Figura 2: Zonas en que se ha dividido el Alimentador



Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Ubicación de reconectores basado en criterios de confiabilidad

En la siguiente tabla se muestra la máxima demanda total del alimentador, así como de cada una de las zonas en que se ha dividido.

Tabla 4: Características del Alimentador y las Zonas en que se ha dividido

| ALIMENTADOR | TENSIÓN | MAXIMA DEMANDA | | PERFILES DE TENSION | | PERFILES DE CORRIENTE | |
|--------------|---------|----------------|----------------|---------------------|---------|-------------------------|-------------------------|
| | | Potencia | Nivel de Carga | Tensión | Tensión | Intensidad de Corriente | Intensidad de Corriente |
| | | (kV) | (MW) | (%) | (Kv) | (p.u.) | (A) |
| Zona A | 10,00 | 1,38 | 37,07 | 9,93 | 0,993 | 100,00 | 1,000 |
| Zona B | 10,00 | 0,83 | 22,29 | 9,95 | 0,995 | 60,00 | 0,600 |
| Zona C | 10,00 | 0,54 | 14,66 | 9,82 | 0,982 | 40,00 | 0,400 |
| Zona D | 10,00 | 0,96 | 25,98 | 9,94 | 0,994 | 70,00 | 0,700 |
| TOTAL | | 3,71 | 100,00 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Para la ubicación de reconectores utilizamos criterios de confiabilidad. Empezaremos presentando las características principales del Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo:

Tabla 5: Datos del alimentador AMT PAC001-Pacasmayo

| Tramo | Ni | Nj | Longitud [m] | Trafo (Nj) | Energía [kWh/mes] | Circuito | Tipo | Capacidad MVA | Pj (MW) | % Resi | % Com | % Ind |
|-------|----|----|--------------|------------|-------------------|----------|------|---------------|---------|--------|-------|-------|
| A | 1 | 1 | 765,24 | 13 | 2316,31 | 1 | 2 | 3,97 | 3,17 | 0,02 | 0,44 | 0,54 |
| B | 2 | 2 | 3365,00 | 17 | 1377,65 | 2 | 2 | 2,36 | 1,89 | 0,06 | 0,23 | 0,71 |
| C | 3 | 3 | 3450,00 | 23 | 917,22 | 3 | 2 | 1,57 | 1,26 | 0,23 | 0,48 | 0,56 |
| D | 4 | 4 | 1440,00 | 14 | 1599,47 | 4 | 2 | 2,74 | 2,19 | 0,21 | 0,35 | 0,54 |

Fuente: Elaborado por el autor

A continuación, seleccionamos el Coeficiente de Variación para poder realizar la simulación por el método de Montecarlo, con el que vamos a determinar el tiempo de ejecución óptimo de la simulación, cuyos resultados presentamos en la siguiente tabla:

Tabla 6: Convergencia de la simulación de Montecarlo

| Posición | CV % | Energía MWh | Variación (%) | Subiteraciones | Indisponibilidad (hora) | Tiempo computacional (s) |
|----------|---------|----------------|------------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|
| 13 | 5 | 4,5519 | 4,79 | 466 | 3,6692 | 40,22 |
| 13 | 4 | 4,5106 | 3,84 | 736 | 3,6659 | 63,55 |
| 13 | 3 | 4,3836 | 0,92 | 1322 | 3,5664 | 112,3 |
| 13 | 2 | 4,3672 | 0,54 | 3012 | 3,5717 | 255,64 |
| 13 | 1 | 4,3225 | 0,49 | 12260 | 3,5374 | 1049,97 |
| 13 | 0,9 | 4,3452 | 0,03 | 15023 | 3,5582 | 1290,03 |
| 13 | 0,8 | 4,3318 | 0,27 | 18993 | 3,5466 | 1624,17 |
| 13 | 0,7 | 4,3454 | 0,04 | 25003 | 3,5614 | 2153,64 |
| 13 | 0,6 | 4,3437 | 0,00 | 33912 | 3,5586 | 2942,59 |

Fuente: Elaborado por el autor

La Tabla 7, se presenta la variación porcentual utilizando para ello la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Variación del Calculo de ENS} = \frac{\text{Valor} - \text{ValorBase}}{\text{ValorBase}} * 100\%$$

Dónde:

Valor: es el valor obtenido de la Energía No Suministrada para el Coeficiente de Variabilidad indicado.

Valor Base: Es el valor obtenido de la Energía No Suministrada para un Coeficiente de Variabilidad muy preciso, que para este caso se tomará el CV= 0.6 %

Para obtener el valor de CV máximo, se observa cuanto será la variación de la Energía No Suministrada, en un tramo cuando se instala un Reconectador, además como varía en los tramos vecinos, como se presenta en la Tabla 8.

Tabla 7: Variación de ENS entre tramos vecinos

| Posición del Reconector | ENS [MWh] | Variación [%] |
|-------------------------|----------------------|---------------|
| 15 | 4,591 | 1,67 |
| 14 | 4,514 | 4,3 |
| 13 | 4,320 | 1,03 |
| 12 | 4,365 | 1,15 |
| | 4,416 | |
| CV 2% | Min Variación | 1,03 |

Fuente: Elaborado por el autor

Para el presente análisis se utilizó la Simulación de Montecarlo y del Algoritmo Genético fijó, utilizando para ello números aleatorios a 100 elaborando la Tabla 9:

Tabla 8: Variación del cálculo de ENS ante diferente CV y semilla

| Posición | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
|----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
| Tiempo | 40,22 | 63,15 | 112,30 | 255,64 | 1049,97 | | | |
| CV | 5,00% | 4,00% | 3,00% | 2,00% | 1,00% | | | |
| sml | ENS [MWh] | ENS [MWh] | ENS [MWh] | Variación [%] | ENS [MWh] | Variación [%] | ENS [MWh] | Variación [%] |
| 0 | 4,300 | 4,20 | 4,18 | 0,00 | 4,34 | 0,46 | 4,38 | 1,62 |
| 10 | 4,440 | 4,47 | 4,46 | 6,70 | 4,42 | 2,31 | 4,39 | 1,86 |
| 20 | 4,250 | 4,20 | 4,28 | 2,39 | 4,32 | 0,00 | 4,33 | 0,46 |
| 30 | 4,320 | 4,37 | 4,32 | 3,35 | 4,34 | 0,46 | 4,35 | 0,93 |
| 40 | 4,500 | 4,44 | 4,45 | 6,46 | 4,38 | 1,39 | 4,31 | 0,00 |
| 50 | 4,560 | 4,36 | 4,44 | 6,22 | 4,33 | 0,23 | 4,35 | 0,93 |
| 60 | 4,670 | 4,49 | 4,41 | 5,55 | 4,36 | 0,93 | 4,32 | 0,23 |
| 70 | 4,510 | 4,45 | 4,37 | 4,55 | 4,35 | 0,69 | 4,32 | 0,44 |
| 80 | 4,550 | 4,43 | 4,43 | 5,98 | 4,41 | 2,08 | 4,35 | 0,93 |
| 90 | 4,230 | 4,37 | 4,47 | 6,94 | 4,37 | 1,16 | 4,36 | 1,16 |
| 100 | 4,240 | 4,37 | 4,37 | 4,55 | 4,35 | 0,69 | 4,33 | 0,46 |
| | | | | 4,78 | | 0,95 | | 0,82 |

Fuente: Elaborado por el autor

Para el siguiente análisis se utilizará un coeficiente de variación del 2%, los cuales presentamos en la Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9.

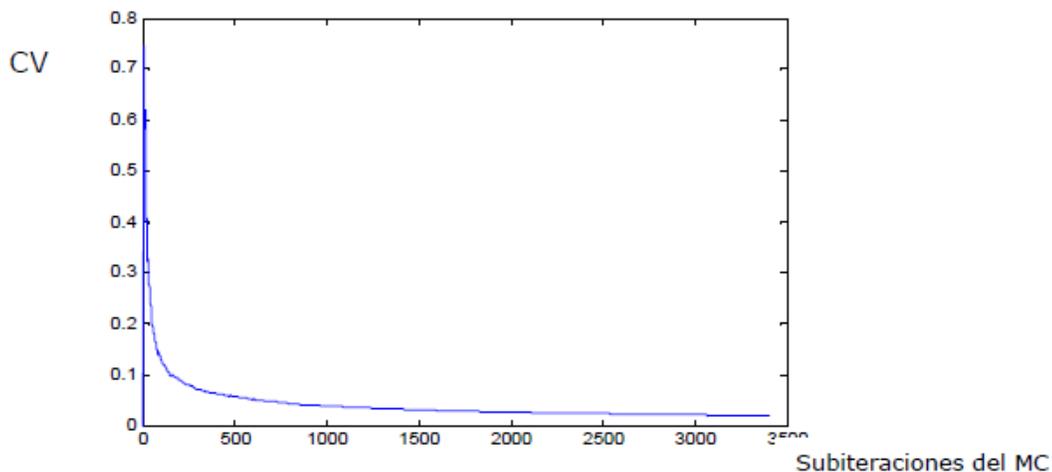
Dicho análisis se ha realizado tomando en cuenta:

- La diversificación del cálculo de Energía No Suministrada, depende de la precisión del cálculo.

- Es importante resaltar que cuando el Coeficiente de Variabilidad es muy bajo, se necesita tiempos computacionales demasiado altos, razón por la cual se recomienda que se evalúe el CV a utilizar y esto depende del sistema a analizar.

En virtud a ello, para el presente analizador se utilizará un CV=2%, cuyo análisis presentamos en la Fig. 2:

Figura3: Estabilidad del Valor esperado para CV=2%



Fuente: Elaborado por el autor

Parámetros para el análisis de confiabilidad del Alimentador.

Se tomará el modelo la distribución exponencial, con lo cual se calculará la distribución de tiempos para fallas, en la que asumiremos un λ urbano= 2,1 [fallas/km*año].

Se tomará el modelo la distribución Log normal, para obtener la distribución de tiempos para reparación, y para ello se asumirá Valor Esperado: 1,0 [h] y Desviación Estándar: 0,46 [h].

Se tomará el modelo la distribución Log normal, para obtener la distribución de tiempos para espera, se asume Valor Esperado: 0,5 [h], Nivel de la congestión de recursos logísticos: 42% y Desviación Estándar: 0,5.

Resultados de óptima localización de recloser sobre el alimentador.

Tabla 9: Resultados de localización óptima de reconectadores

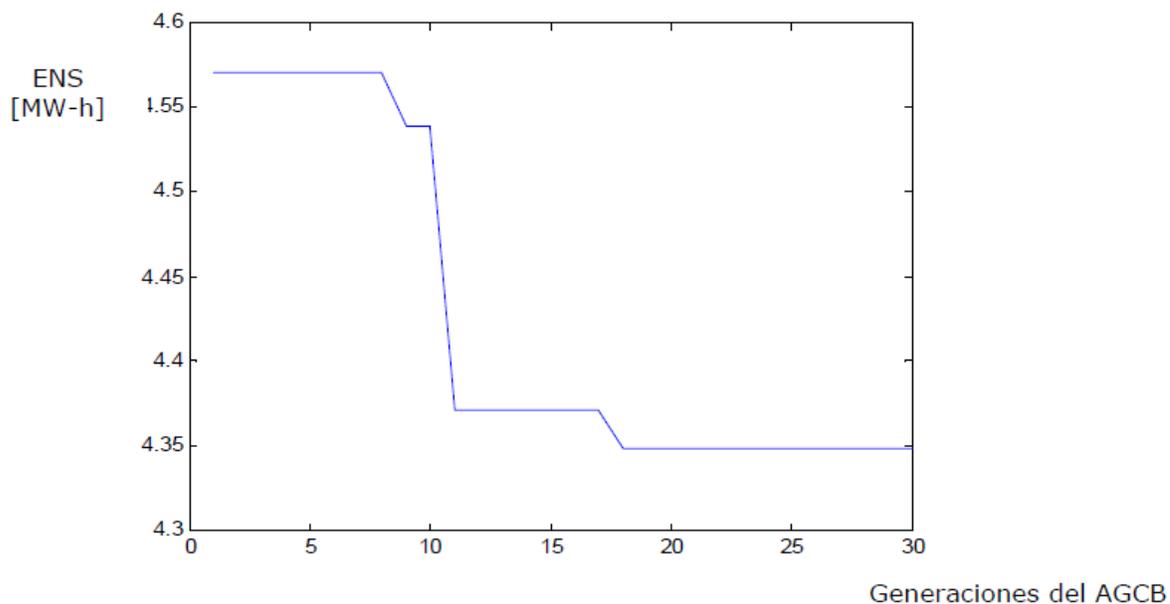
| No. Rec | Periodo (años) | Energía (MWh) | Interacciones del AGCB | Posición | converge el AGCB | CV | Falla Permanente | Fallas Transitorias Mitigadas |
|---------|----------------|---------------|------------------------|----------------|------------------|----|------------------|-------------------------------|
| 0 | 1 | 5,6062 | | Int S/E | | | | 0 0% |
| 1 | 1 | 4,3225 | 30 | 13 | 17 | 2% | 1 | 4 50% |
| 2 | 1 | 3,7499 | 200 | 13, 36 | 117 | 2% | 1 | 4 50% |
| 3 | 1 | 3,2873 | 250 | 13, 16, 36 | 124 | 2% | 1 | 4 50% |
| 4 | 1 | 2,9953 | 1000 | 13, 16, 29, 36 | 658 | 2% | 1 | 5 63% |

Fuente: Elaboración propia

Curvas de convergencia del AGCB.

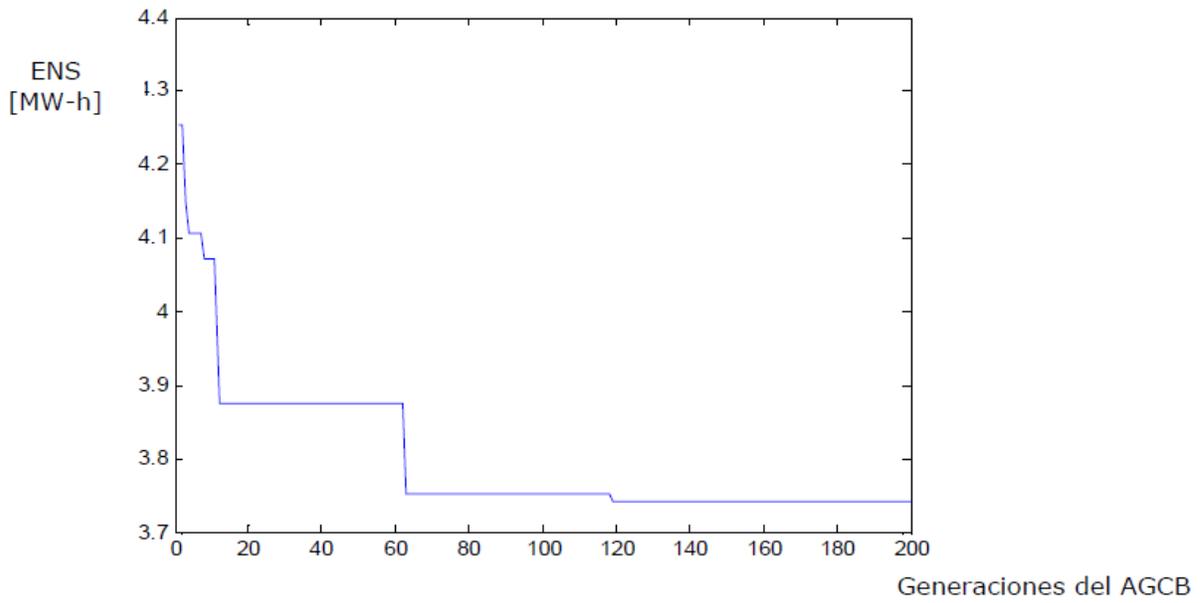
Las curvas de convergencia del AGCB, nos permiten obtener un reporte del comportamiento de la función objetivo, y permiten obtener razones para poder determinar un óptimo global o un óptimo local.

Figura 4: Análisis con un reconectador



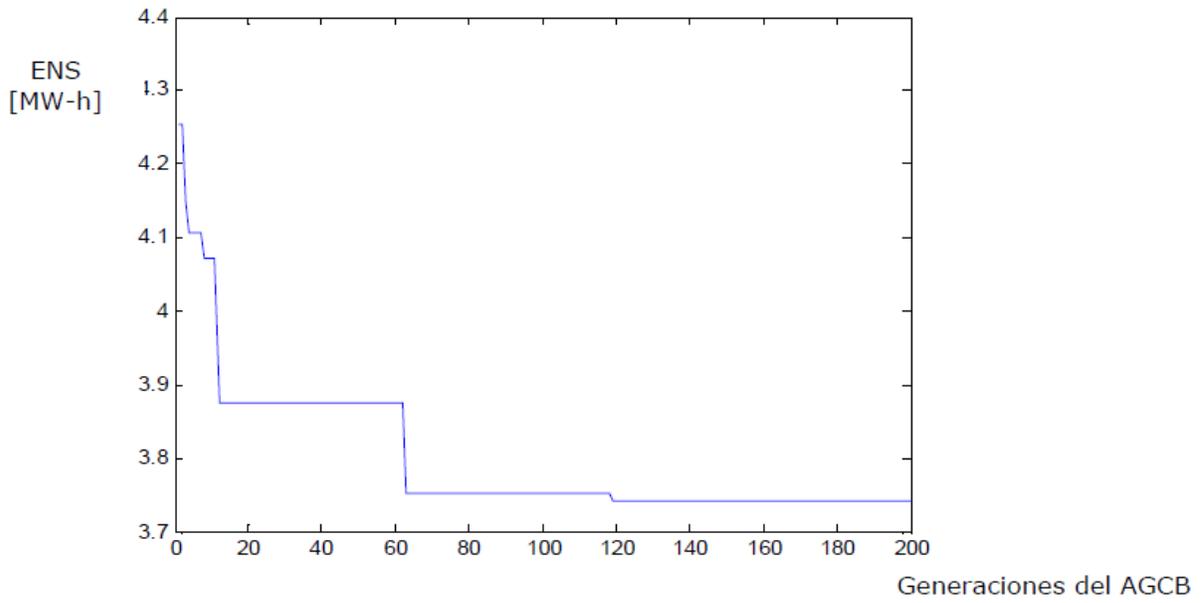
Fuente: Elaboración propia

Figura 5: Análisis con dos reconectores



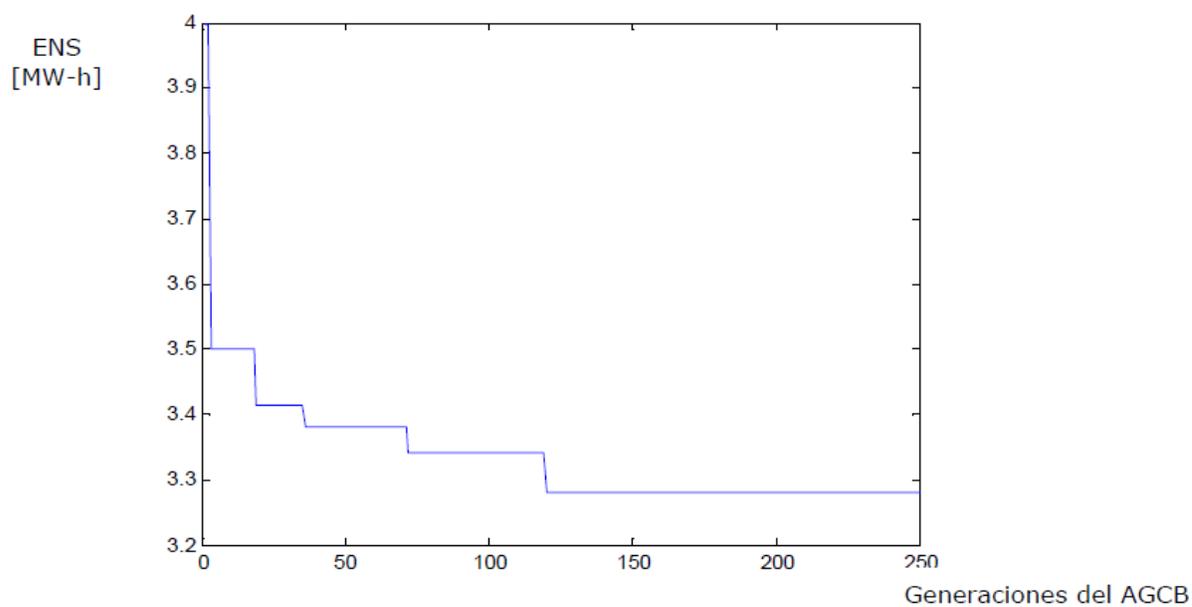
Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Análisis con tres reconectores



Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Análisis con cuatro reconectadores



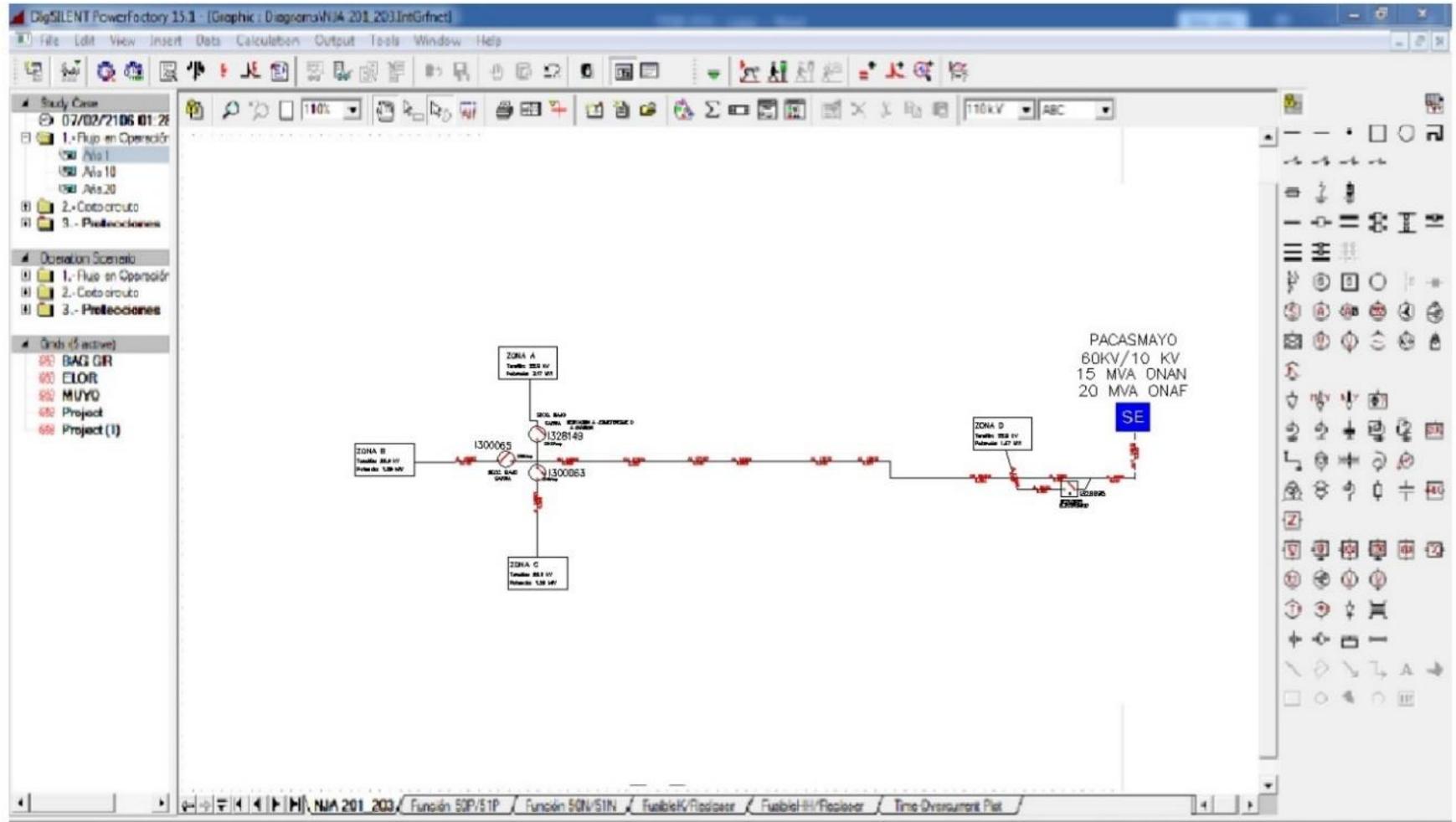
Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Estudio de Coordinación y Protección

Para el cálculo del estudio de Coordinación y Protección se ha utilizado el software DlgSILENT PowerFactory, obteniendo que las corrientes de cortocircuito obtenidas en los casos analizados están dentro de los valores nominales de capacidad de ruptura de los equipos instalados.

En la figura 8, presentamos la captura de pantalla del análisis DlgSILENT PowerFactory.

Figura 3: Análisis de cortocircuito del Alimentador



Fuente: Simulaciones en DigSILENT

Los resultados obtenidos del análisis de fallas realizado con el software DIgSILENT PowerFactory, se aprecian en la Tabla 10.

Este software para función de falla trifásica, calibra la función instantánea, tomando en cuenta la corriente de Pick Up con un factor de 0,8 correspondiente a la máxima corriente de cortocircuito, y para ello utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Pick Up} = \frac{80 \% I_{CC3\phi}}{RTC}$$

Mientras que para la función temporizada se calculó la corriente de ajuste, utilizando para ello la siguiente fórmula:

$$\text{Ajuste} = \frac{125 \% I_n}{RTC}$$

Figura 4 : Resultados de corrientes simétricas y asimétricas de cortocircuito trifásicas, bifásicas y monofásicas del Alimentador AMT PAC001-PACASMAYO en el DigSilent

The screenshot shows the DlgSILENT PowerFactory 15.1 interface. The main window displays a table with the following data:

| ALIMENTADOR | TENSIÓN (kV) | FALLA MONOFÁSICA | | | FALLA BIFÁSICA A TIERRA | | | | | | FALLA TRIFÁSICA | | |
|-------------|-----------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | Sk ^o A (MVA) | Ik ^o A sim (kA) | Ik ^o A asim (kA) | Sk ^o B (MVA) | Ik ^o B sim (kA) | Ik ^o B asim (kA) | Sk ^o C (MVA) | Ik ^o C sim (kA) | Ik ^o C asim (kA) | Sk ^o A (MVA) | Ik ^o A sim (kA) | Ik ^o A asim (kA) |
| Zona A | 10 | 6,88 | 1,03 | 2,25 | 41,28 | 2,69 | 5,92 | 39,90 | 2,60 | 5,72 | 115,70 | 4,50 | 9,91 |
| Zona B | 10 | 4,14 | 0,62 | 1,35 | 16,54 | 1,08 | 2,37 | 23,99 | 1,56 | 3,44 | 71,97 | 1,83 | 4,03 |
| Zona C | 10 | 2,18 | 0,32 | 0,71 | 6,53 | 0,43 | 0,94 | 12,63 | 0,82 | 1,81 | 37,88 | 0,96 | 2,12 |
| Zona D | 10 | 4,82 | 0,72 | 1,53 | 19,23 | 1,26 | 2,76 | 27,96 | 1,82 | 4,01 | 83,88 | 2,14 | 4,70 |

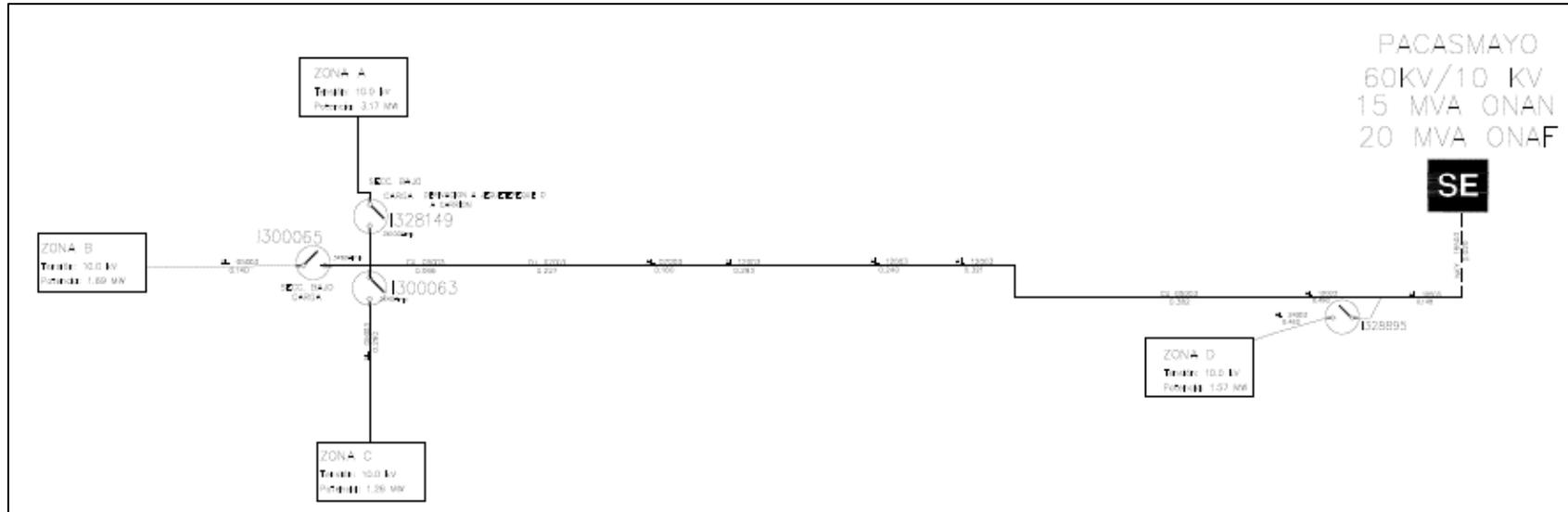
Fuente: Simulaciones en DlgSILENT

Tabla 5: Resultados las máximas corrientes de falla obtenidas por nivel de tensión

| ALIMENTADOR | TENSIÓN (kV) | FALLA MONOFÁSICA | | | FALLA BIFÁSICA A TIERRA | | | | | | FALLA TRIFÁSICA | | |
|---------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-------------------|---------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| | | Sk"A (MVA) | Ik"A sim (kA) | Ik"A asim (kA) | Sk"B (MVA) | Ik"B sim (kA) | Ik"B asim (kA) | Sk"C (MVA) | Ik"C sim (kA) | Ik"C asim (kA) | Sk"A (MVA) | Ik"A sim (kA) | Ik"A asim (kA) |
| Zona A | 10 | 6,88 | 1,03 | 2,26 | 41,28 | 2,69 | 5,92 | 39,90 | 2,60 | 5,72 | 119,70 | 4,50 | 9,91 |
| Zona B | 10 | 4,14 | 0,62 | 1,36 | 16,54 | 1,08 | 2,37 | 23,99 | 1,56 | 3,44 | 71,97 | 1,83 | 4,03 |
| Zona C | 10 | 2,18 | 0,32 | 0,71 | 6,53 | 0,43 | 0,94 | 12,63 | 0,82 | 1,81 | 37,88 | 0,96 | 2,12 |
| Zona D | 10 | 4,82 | 0,72 | 1,58 | 19,28 | 1,26 | 2,76 | 27,96 | 1,82 | 4,01 | 83,88 | 2,14 | 4,70 |

Fuente: Elaboración propia en base a Simulaciones en DIgSILENT

Figura 5: Ubicación de los Recloser en el Alimentador AMT PAC001-Pacasmayo

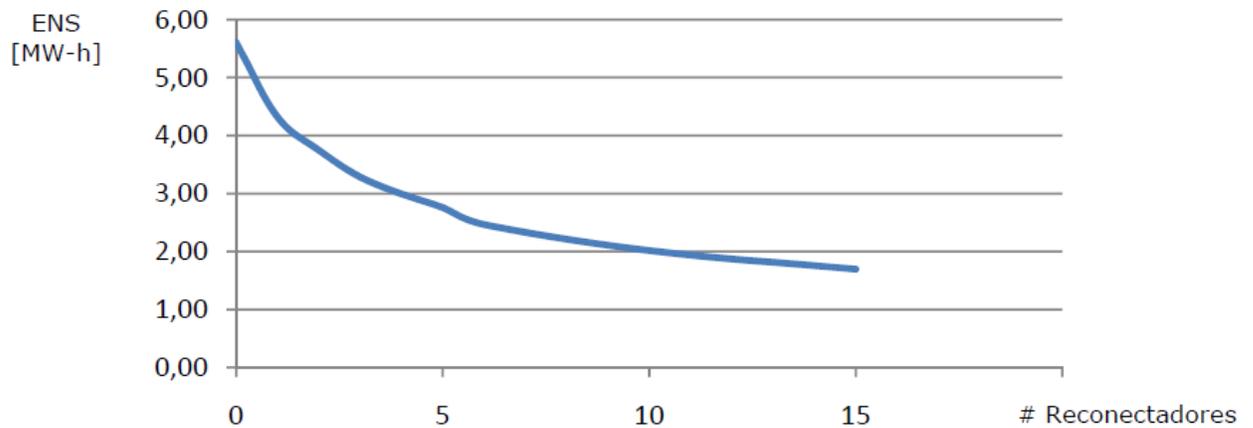


Fuente: Elaboración propia

Curva de saturación

A continuación, presentamos la curva de saturación mostrada la misma que ha sido elaborada empleando los datos obtenidos en el análisis del circuito del Alimentador.

Figura 6: Curva de saturación



Fuente: Elaboración propia

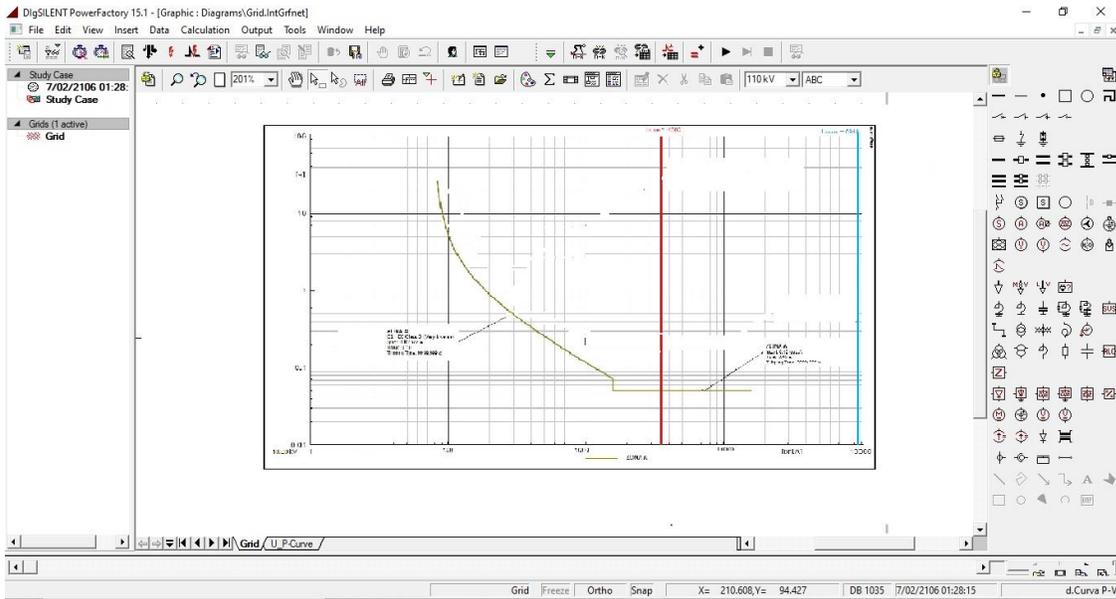
Dentro de las principales ventajas que presenta la curva de saturación es que permite ubicar óptimamente el recloser, así como su dimensionamiento del número en todo el circuito del alimentador.

Para poder determinar las características de los Reconectores realizamos el estudio de coordinación y protecciones.

Curva del impacto de los reconectores ante el efecto de las fallas transitorias

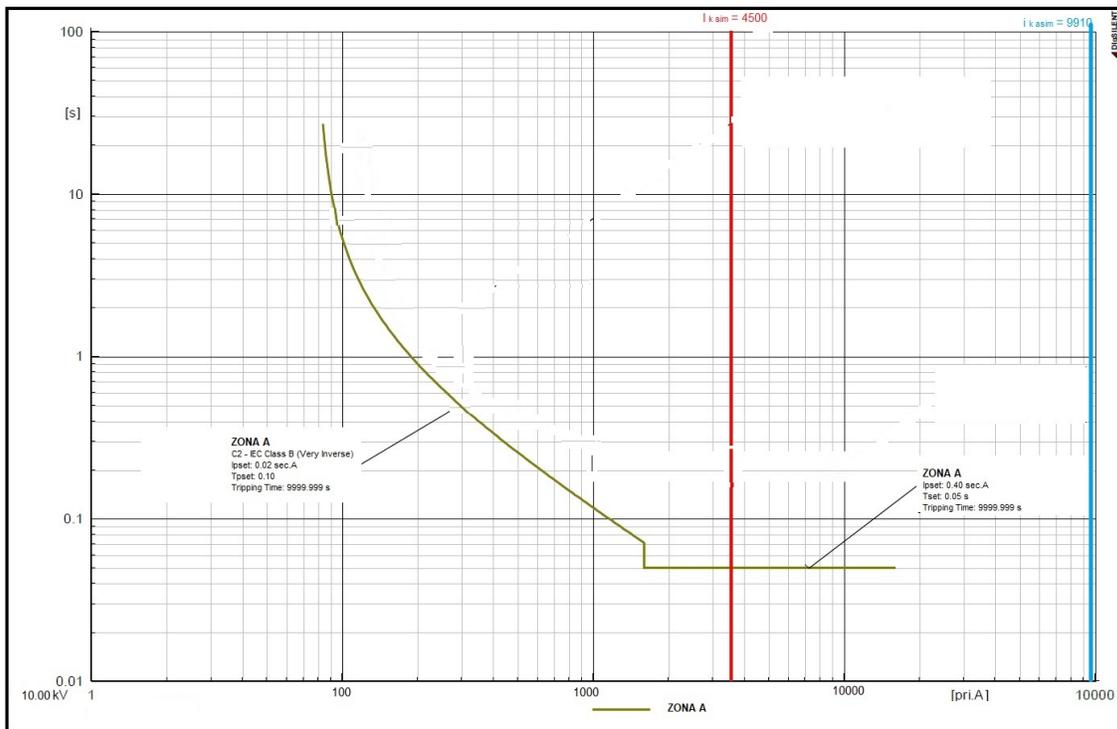
Para las curvas de impacto de los reconectores se ha hecho uso del software DlgSILENT PowerFactory, cuyos resultados se muestran a continuación:

Figura 7: Falla trifásica del Recloser de Zona A



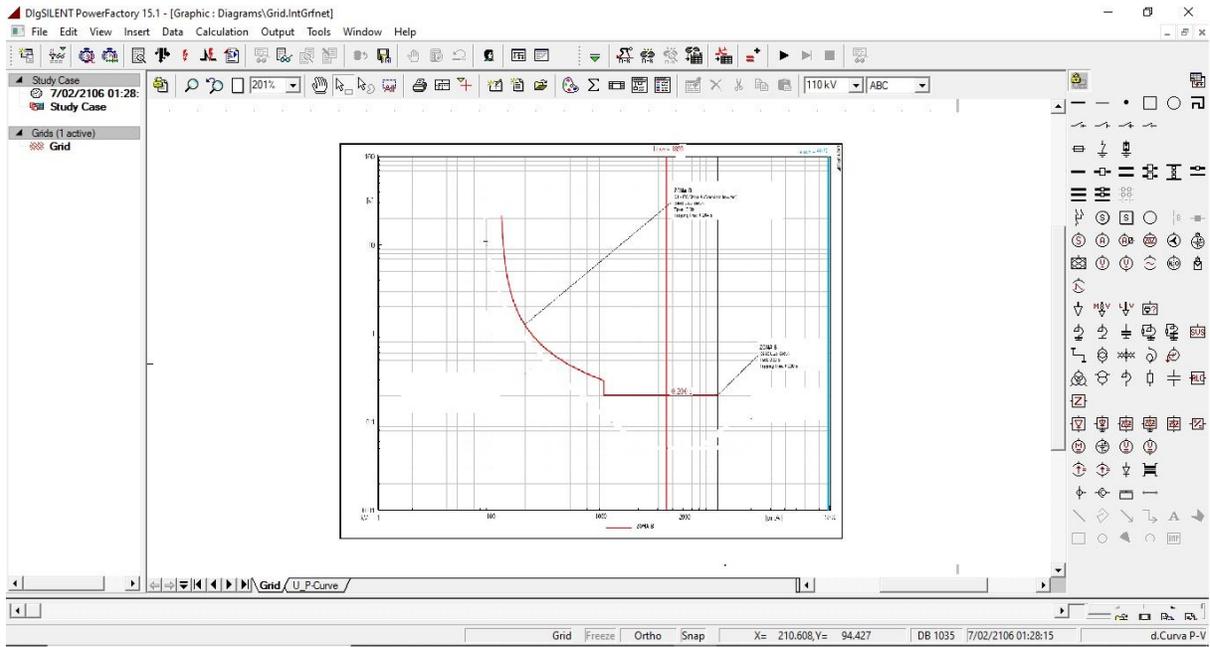
Fuente. Simulaciones en DigSILENT

Figura 8: Falla trifásica del Recloser de Zona A



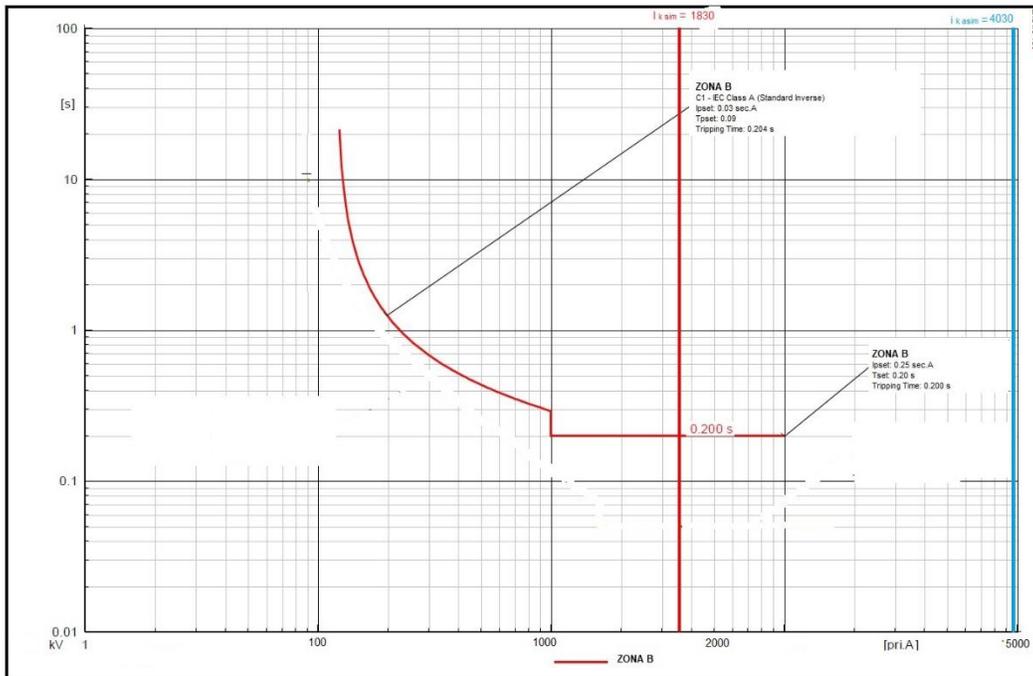
Fuente. Elaboración Propia en base a Simulaciones en DigSILENT

Figura 9: Falla trifásica del Recloser de Zona B



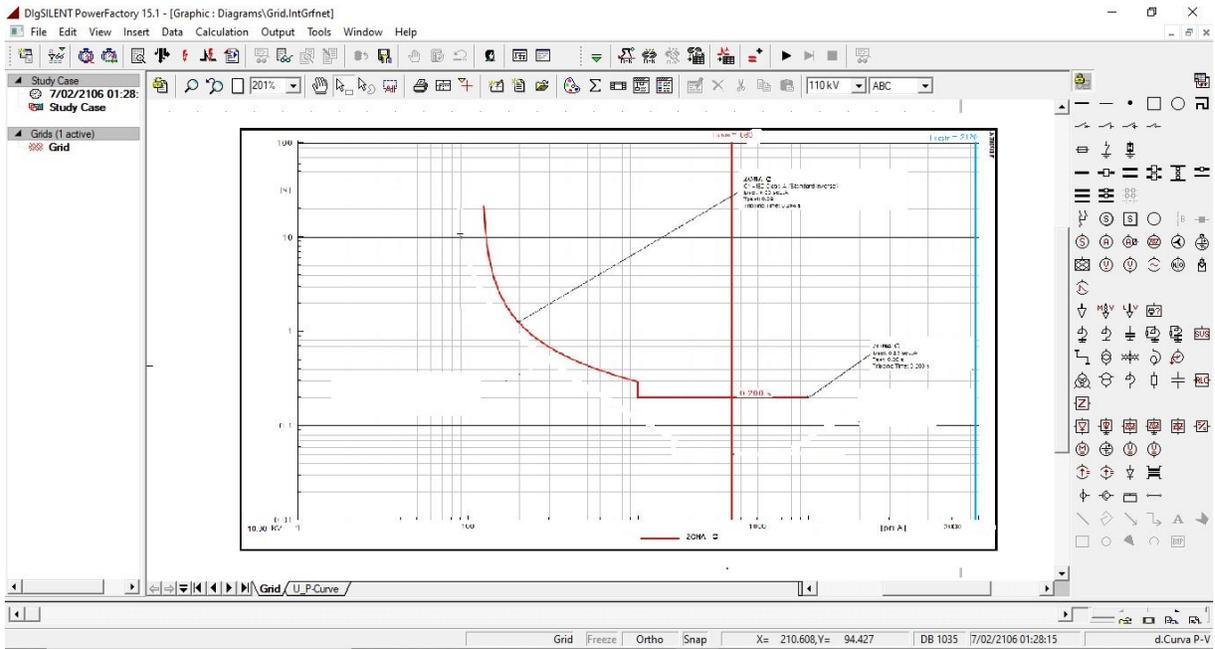
Fuente. Simulaciones en DigSILENT

Figura 10: Falla trifásica del Recloser de Zona B



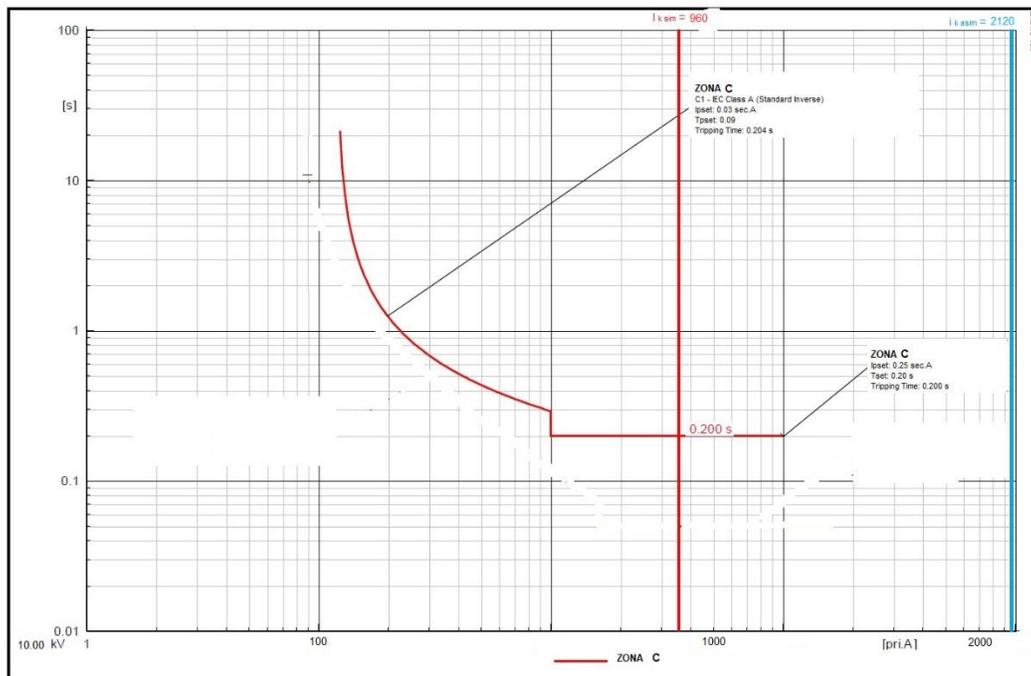
Fuente. Elaboración Propia en base a Simulaciones en DigSILENT

Figura 11: Falla trifásica del Recloser de Zona C



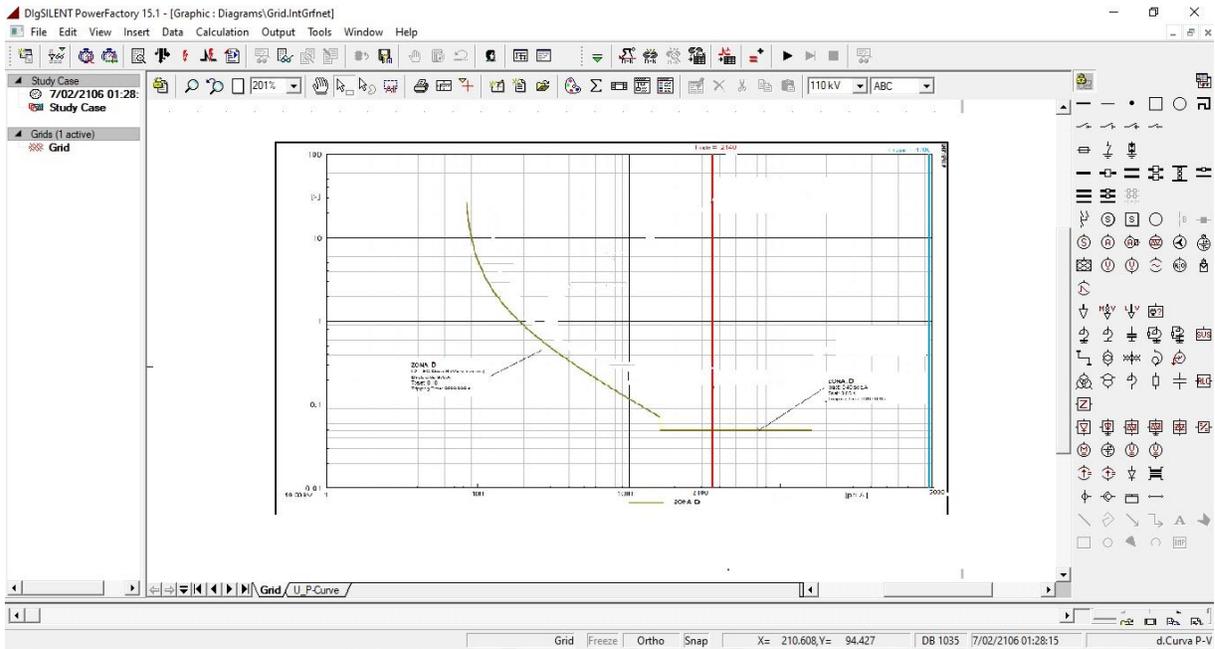
Fuente. Simulaciones en DigSILENT

Figura 12: Falla trifásica del Recloser de Zona C



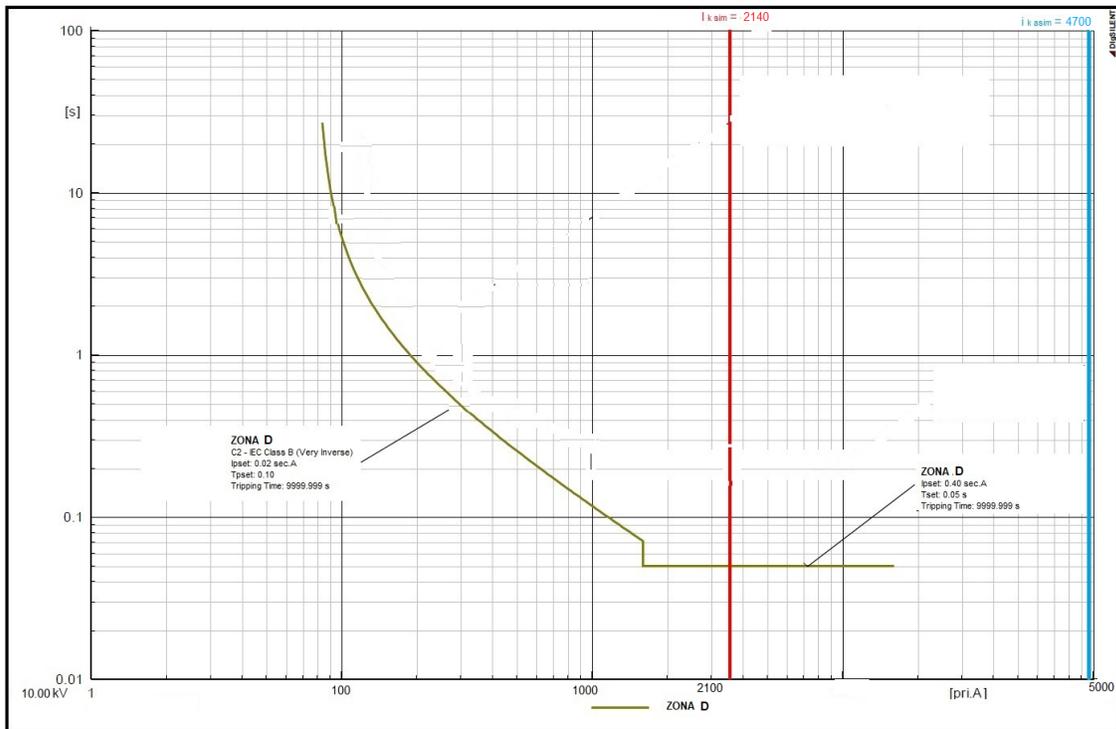
Fuente. Elaboración Propia en base a Simulaciones en DigSILENT

Figura 13: Falla trifásica del Recloser de Zona D



Fuente. Simulaciones en DigSILENT

Figura 14: Falla trifásica del Recloser de D



Fuente. Elaboración Propia en base a Simulaciones en DigSILENT

Seleccionador del Reconectador a instalar.

Para seleccionar el Reconectador a instalar se ha tomado los siguientes criterios:

- Curvas de convergencia obtenidas por el método AGCB
- Disponibilidad en el mercado nacional
- Fácil operatividad
- Mantenimiento
- Confiabilidad
- Operatividad a una altitud de 0-4500 msnm

En virtud a todo ello se ha seleccionado los siguientes Reconectadores:

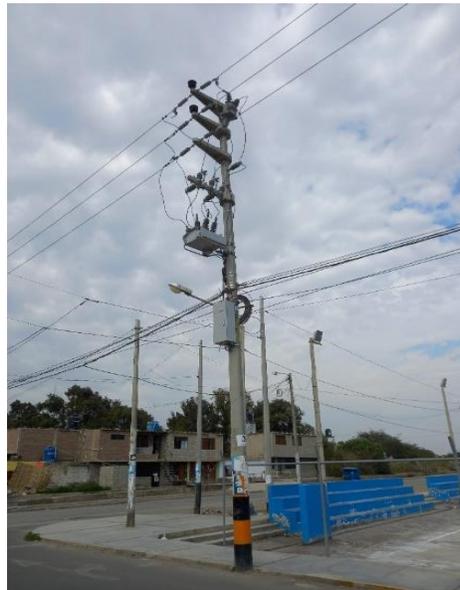
ZONA A:

RECON 3Ø, 27 KV, 100 A, 150 KV, RAD, TF10/0.22 KV

Interrupción de recierre automático (reconectador o Recloser) trifásico, radial, tensión nominal 10 KV, corriente nominal 100 A, Bill 150 kVp, corriente de interrupción simétrica nominal 10.5 KA, con transformador auxiliar de 10/0.22 KV, 0.05 KVA, bil externo 95 KVP, altitud (0-4500 msnm), para instalación en poste

Este Reconectador estará ubicado de acuerdo a la siguiente figura:

Figura 15: Ubicación del Recloser zona A



Fuente: Elaboración propia

ZONA B:

RECON 3Ø, 27 KV, 60 A, 150 KV, RAD, TF10/0.22 KV

Interruptor de recierre automático (reconectador o Recloser) trifásico, radial, tensión nominal 10 KV, corriente nominal 60 A, Bil 150 kVP, corriente de interrupción simétrica nominal 4.5 KA, con transformador auxiliar de 10/0.22 KV, 0.05 KVA, bil externo 95 KVP, altitud (0-4500 msnm), para instalación en poste.

Este Reconectador estará ubicado de acuerdo a la siguiente figura:

Figura 16: Ubicación del Recloser zona B



Fuente: Elaboración propia

ZONA C:

RECON 3Ø, 27 KV, 40 A, 150 KV, RAD, TF10/0.22KV

Interruptor de recierre automático (reconectador o Recloser) trifásico, radial, tensión nominal 10 KV, corriente nominal 40 A, Bill 150 kVP, corriente de interrupción simétrica nominal 2.5 KA, con transformador auxiliar de 10/0.22 KV, 0.05 KVA, bil externo 95 KVP, altitud (0-4500 msnm), para instalación en poste.

Este Reconectador estará ubicado de acuerdo a la siguiente figura:

Figura 17: Ubicación del Recloser zona C



Fuente: Elaboración propia

ZONA D:

RECON 3Ø, 27 KV, 70A,150 KV, RAD, TF10/0.22KV

Interruptor de recierre automático (reconectador o Recloser) trifásico, radial, tensión nominal 27 KV, corriente nominal 70 A, Bill 150 kVP, corriente de interrupción simétrica nominal 2.5 KA, con transformador auxiliar de 10/0.22 KV, 0.05 KVA, bil externo 95 KVP, altitud (0-4500 msnm), para instalación en poste.

Este Reconectador estará ubicado de acuerdo a la siguiente figura:

Figura 18: Ubicación del Recloser zona D



Fuente: Elaboración propia

4.3. Evaluación de la calidad de suministro posterior a la implementación de sistemas inteligentes

Una vez implementado el sistema inteligente, en el alimentador AMT PAC001-Pacasmayo, los valores de SAIFI y SAIDI obtenidos, se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 6: Valores de SAIFI y SAIDI

| AÑO | SAIFI | SAIDI |
|------|-------|-------|
| 2021 | 2,43 | 3,01 |

Fuente: Elaboración propia

Estos valores comparados con los presentados en la Tabla 1, están por debajo de los de valores límites de calidad de suministro.

4.4. Evaluación económica de la implementación de las propuestas

Para realizar la evaluación económica de la propuesta planteada, primero determinemos el presupuesto que involucra la instalación de los 04 reconectores, el mismo que asciende a S/. 153163,67. (Ver Anexo 11)

Luego determinamos el monto que involucra por aquella energía que no se vende debido a las fallas en el alimentador. Esta la calculamos así:

Ingresos por energía = 762000 kW-h /año x 0,15 S/. /kW-h =S/. 114 300 al año

Así mismo, considerando el costo de mantenimiento al año: S/. 36 000,00

Entonces la evaluación económica con un periodo de 05 años será:

Tabla 7: Evaluación Económica

| Años | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| EGRESOS | -153163,67 | -36000 | -36000 | -36000 | -36000 | -36000 |
| Inversión | -153163,67 | | | | | |
| Mantenimiento | | -36000 | -36000 | -36000 | -36000 | -36000 |
| INGRESOS | 0 | 114300 | 114300 | 114300 | 114300 | 114300 |
| Energía | | 114300 | 114300 | 114300 | 114300 | 114300 |
| BENEFICIOS | -153163,67 | 78300 | 78300 | 78300 | 78300 | 78300 |

| | |
|-----|------------|
| VAN | 129090.307 |
| TIR | 42% |

Fuente: Elaborado por el autor

V. DISCUSIÓN

5.1. El alimentador AMT PAC001 se encuentra ubicado en la zona de Pacasmayo, distrito de Pacasmayo, provincia de Pacasmayo, departamento de La Libertad, actualmente se encuentra bajo la concesión de la empresa concesionaria de distribución Hidrandina, presenta interrupciones temporales, lo que origina que los valores de SAIFI y SAIDI, sean superiores a los valores permitidos, 6,07 y 5,79, respectivamente. Producto de esas interrupciones se pierde un promedio de 762 000,00 kW-h.

Caber precisar que es un alimentador que por la cantidad de corriente que conduce pertenece al sector típico 2, con lo cual debemos entender que tiene cargas importantes que consumen electricidad, de ahí que es muy importante que este alimentador no deje de operar, porque de lo contrario perjudica notablemente a las cargas que está alimentando.

Así mismo las interrupciones que se producen en el alimentador, producen valores de SAIFI de 7,77 y SAIDI de 9,28 en el año 2016, en el caso del SAIFI disminuye en un 22% en cambio el SAIDI 37,6%, y esto porque se logran instalar reconectores pero que no responden a los requerimientos del sistema eléctrico.

La Energía que se pierde en el año 2015 es de 612 000,00 kW-h, la misma que se incrementa en un 29,1% en relación al año 2020.

5.2. Los resultados presentados en la presente investigación, se han logrado utilizando la metodología denominada Algoritmo Genético de Chu- Beasley, pues consideramos que es una metodología de mayor uso a nivel mundial además sus resultados tienen una confiabilidad que oscila entre 99% a 99,99%. Así mismo con parámetro a evaluar se ha utilizado el Coeficiente de Variación, con un valor de 2%.

Es importante resaltar que para el análisis es:

- La diversificación del cálculo de Energía No Suministrada, depende de la precisión

del cálculo.

- Es importante resaltar que cuando el Coeficiente de Variabilidad es muy bajo, se necesita tiempos computacionales demasiado altos, razón por la cual se recomienda que se evalúe el CV a utilizar y esto depende del sistema a analizar

Así mismo en la Tabla 8 y 9 podemos evidenciar los resultados de la localización óptima, análisis que se ha realizado tomando como período un año, con lo cual se determinó que las fallas transitorias migradas, era de 50% para los tres primeros reconectores y de 63% para los 04 reconectores.

Además, en la Convergencia de la Simulación de Montecarlo se ha tomado como posición inicial 13 con lo cual se ha obtenido, el tiempo computacional para esta posición.

Luego utilizando el estudio de Coordinación y Protección, ayudados por el software DigSilent, se pudo determinar las características de los Reconectores a instalar, concluyendo de forma fehaciente la instalación de los 04 reconectores del tipo RECON 3Ø, 10 kV, 100 A, 50 A, 40 A, 70 A, 150KV, RAD, TF10/0.22KV, bil 150kvp, corriente de interrupción simétrica nominal 12.5 KA, con transformador auxiliar de 10/0.22 KV, 0.05 KVA, bil externo 95 KVP, altitud (0-4500 msnm), para instalación en poste.

5.3. Mediante la implementación del Sistema Inteligente se logrará disminuir el SAIFI y SAIDI a valores por debajo de los valores que nos manda la Norma Técnica de Calidad de los Suministros Eléctricos.

Esta disminución se ha originado como consecuencia que, con la instalación de los reconectores, estos ante una falla eventual, apertura el circuito y después de un determinado tiempo, si es que la falla ha sido eventual, el reconector nuevamente cierra circuito y el Alimentador sigue suministrando energía eléctrica a los usuarios.

Si comparamos los valores de la Tabla 9 con los valores de la Tabla 2, vemos que los valores de SAIFI y SAIDI obtenidos están por debajo de la mitad de los valores obtenidos sin la instalación del Sistema Inteligente.

5.4. En cuanto a los resultados de evaluación económica en nuestra investigación, se logró un ahorro de S/.11 430,00, esto como producto de que, al instalar el Sistema Inteligente, ya no habrá energía pérdida, lo cual concuerda con la investigación realizada por Roncal (2017), quien en su investigación logró un ahorro promedio de US\$ 17 529,69 con mantenimiento en alimentadores de media tensión de Trujillo, logrando que los indicadores disminuyan a la mitad produciendo un ahorro promedio.

Cabe precisar que el ingreso en nuestra investigación es producto de la energía que ya dejamos de perderla por inoperatividad del alimentador, esto como consecuencia de que, al tener instalado el sistema inteligente, la línea ya no quedará desconectada por periodos de tiempos largos, esto considerando que son fallas temporales.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo de investigación son:

- El alimentador AMT PAC001 se encuentra ubicado en la zona de Pacasmayo, distrito de Pacasmayo, provincia de Pacasmayo, departamento de La Libertad, actualmente se encuentra bajo la concesión de la empresa concesionaria de distribución Hidrandina, presenta interrupciones temporales, lo que origina que los valores de SAIFI y SAIDI, sean superiores a los valores permitidos, 6,07 y 5,79, respectivamente. Producto de esas interrupciones pierde un promedio de 762 000,00 kW-h.
- La propuesta para mejorar la calidad de suministro en el alimentador AMT PAC 001, es la instalación de 04 Recloser (reconectores) ubicados en 04 zonas: **ZONA A:** RECON 3Ø, 10 kV, 100 A,150 KV, RAD, TF10/0.22 KV; **ZONA B:** RECON 3Ø, 10 kV, 60 A,150 KV, RAD, TF10/0.22 KV; **ZONA C:** RECON 3Ø, 10 kV, 40 A,150 KV, RAD, TF10/0.22KV; **ZONA D:** RECON 3Ø, 10 kV, 70A,150 KV, RAD, TF10/0.22KV.
- Los valores de SAIFI y SAIDI, después de implementar la instalación de los 04 Recloser bajaron a 2,43 y 3,01, respectivamente, los mismos que están por debajo de los indicado por la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos.
- La inversión para implementar los sistemas inteligentes es de S/.153 163.67, con un gasto en mantenimiento anual de S/. 36 000,00, además con esto se podrá despachar la energía que se pierde cuando la línea queda desenergizada, que asciende a un monto de S/.11 430,00. Con lo cual al hacer una evaluación a 5 años se obtiene un VAN de S/.129 090,307 y una TIR de 42%, con lo cual se concluye que el proyecto es viable técnica y económicamente.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Realizar un estudio similar al resto de alimentadores que conformar el sistema que maneja la concesionaria Hidrandina.
- Evaluar la posibilidad de instalar la Generación Distribuida en el Alimentador

VIII. REFERENCIAS

Referencias

Albaladejo, Jesús La Parra. 2020. *Cambio de paradigma del sistema eléctrico al integrar el concepto de red inteligente.* España : Tecnatom, 2020.

Brown, R. E. 2009. *Electric Power Distribution Reiliability.* Florida, Estados Unidos de América : Taylor & Francis Group, LLC., 2009.

Centeno Cardeña, Franklin. 2019. *Linea Primaria y Sub estacion con potencia de transformador (400 KVA) en las calles Arcopata y Meloq.* Cuzco : Universidad Nacional San Antonio Abad, 2019.

Gaspar, Chávarry Ruíz Josué. 2020. *Análisis de los Indicadores SAIDI y SAIFI para determinar su efecto en la confiabilidad del alimentador de media tensión Nam Hidrandina.* Cajamarca : Universidad Cesar Vallejo, 2020.

Gomez Sarduy, Julio y Viego Felipe, Percy. 2017. *La universidad en la transformación hacia la redes eléctricas inteligentes en america latina.* Cuba : s.n., 2017. s.n..

Gómez, Víctor A. y Hernández, Cesar. 2017. *Visión General, Características y Funcionalidades de la Red.* Bogotá-Colombia : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.

Goñas, Carlos Marxs Vargas. 2018. *Optimización de los indicadores calidad de suministro con mantenimiento de red de distribución primaria mediante técnica TcT en el alimentador de media tensión CA0003 Cartavio, Ascope, La Libertad.* Trujillo : Universidad Cesar Vallejos, 2018.

Lira, Alfredo Dammert, Aristondo, Fiorella Molinelli y Navarro, Max Arturo Carbajal. 2011. *Fundamentos Técnicos Económicos del Sector Eléctrico Peruano .* Lima - Perú : OSINERGMIN, 2011.

Minas, Ministerio de Energía y. 1997, pp.23. *Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricas - NTCSE.* Lima : Ministerio de Energía y Minas, 1997, pp.23.

—. **2002.** *Terminología.* Lima : Minem, 2002.

Ramírez Castaño, S. 2004. *Redes de Distribución de Energía.* Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2004.

Ramos, Guardarrama Josnier, Hernández, Areu Orestes y Silverio, Freire Raimundo Carlos. 2019, pag. 271. *Sistema de supervisión para el monitoreo de redes eléctricas.* La Habana : Centro de Investigación y Pruebas Electroenergéticas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de La Habana, 2019, pag. 271.

Ras Oliva, E. 1991. *Transformadores de potencia, de medida y de protección.* Barcelona : Marcombo S.A., 1991.

Roncal, Segundo Miguel Saune. 2017. *Optimización de los indicadores de calidad de suministro con mantenimiento de líneas energizadas en los alimentadores de media*

tensión en la ciudad de Trujillo. Trujillo : Universidad Cesar Vallejo, 2017.

Socualaya Quispe, Jack. 2018, pp. 45. *Influencia de la coordinación de protección en la calidad de suministro del Sistema Eléctrico del Alimentador 7004 de la Minera IRL Chumpe 2017*. Huancayo : Universidad Continental, 2018, pp. 45.

Velasco Ramirez, E, Angeles Camacho, C y Martinez, Garcia. 2013. *Ingeniería, Investigación y tecnología*. México : s.n., 2013. s.n..

Vilcahuaman Sanabria, Raul Cesar. 2018, pp. 54. *Sistema inteligente para supervisión y monitoreo de la calidad del servicio eléctrico*. Callao : Universidad Nacional del Callao, 2018, pp. 54.

IX. ANEXOS

ANEXO 01: Operacionalización de variables

Operacionalización de Variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Indicadores | Escala de medición |
|--|--|---|---|--------------------|
| <p>Variable Independiente Sistemas Inteligentes</p> | <p>Son redes que permiten integrar de una manera efectiva las nuevas tecnologías, de tal manera que permitan un mejor control y monitoreo de los sistemas eléctricos, originando con ello que estos sistemas sean más eficientes, seguros y confiables. (Vilcahuaman Sanabria, 2018, pp. 54)</p> | <p>Operacionalmente se define como la implementación de un sistema de monitoreo y control en los sistemas eléctricos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Tensión • Intensidad de Corriente • Máxima Demanda • Nivel de protección. • Selectividad • Tiempo de actualización | <p>Proporción</p> |

| | | | | |
|--|---|--|---|-------------------|
| <p>Variable Dependiente Calidad de Suministro eléctrico</p> | <p>Calidad del suministro eléctrico es el conjunto de parámetros físicos y técnicos que debe cumplir el producto de electricidad. Dichos parámetros son, entre otros, tensión, frecuencia y disponibilidad. (<i>Minas, 1997, pp.23</i>)</p> | <p>Operacionalmente se define como la calidad de la energía es la alimentación y puesta de tierra de equipos electrónicos sensibles en una manera que sea adecuado para su operación. Por otra parte, hay quien comenta que la calidad de la energía se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • System Avarage Interruption Duration Index (SAIDI) • System Avarage Interruption Frecuency Index (SAIFI) | <p>Proporción</p> |
|--|---|--|---|-------------------|

ANEXO 02: Validación del instrumento

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Dr. AMADO AGUINAGA PAZ

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante del programa de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero.

El título nombre de mi proyecto de investigación es: **“Sistemas inteligentes para mejorar la calidad de suministro del alimentador AMT PAC001- Pacasmayo”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Matriz de consistencia.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Instrumento para validar.

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Foster López Molina
D.N.I: 43050846

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

| | |
|---------------------------------|--|
| Nombre del instrumento | Guía de observación de campo |
| Objetivo del instrumento | Recopilar información de campo |
| Nombres y apellidos del experto | Amado Aguinaga Paz |
| Documento de identidad | 16527442 |
| Años de experiencia en el área | 35 años |
| Máximo Grado Académico | Doctor en Ingeniería Mecánica y Eléctrica |
| Nacionalidad | Peruana |
| Institución | Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo |
| Cargo | Docente |
| Número telefónico | 919660032 |
| Firma |  |
| Fecha | 14 /10 / 2021 |

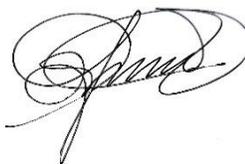
| Criterios | Detalle | Calificación |
|-------------|--|-----------------------------------|
| Suficiencia | El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |
| Claridad | El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |
| Coherencia | El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |
| Relevancia | El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |

| Dimensión | Indicador | Ítem | Suficiencia | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observación |
|--------------------|-----------|------------------|-------------|----------|------------|------------|-------------|
| CALIDAD DE ENERGÍA | SAIFI | Suma de SAIFI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Acumulado SAIFI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Tolerancia SAIFI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | SAIDI | Suma de SAIDI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Acumulado SAIDI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Tolerancia SAIDI | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir []

No aplicable []

Trujillo, 14 de octubre de 2021.



Dr. AMADO AGUINAGA PAZ
DNI: 16527442

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: M.Sc. FREDY DAVILA HURTADO

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante del programa de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero.

El título nombre de mi proyecto de investigación es: **“Sistemas inteligentes para mejorar la calidad de suministro del alimentador AMT PAC001- Pacasmayo”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Matriz de consistencia.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Instrumento para validar.

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Foster López Molina
D.N.I.: 43050847

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

| | |
|---------------------------------|--|
| Nombre del instrumento | Guía de observación de campo |
| Objetivo del instrumento | Recopilar información de campo |
| Nombres y apellidos del experto | Fredy Dávila Hurtado |
| Documento de identidad | 16670066 |
| Años de experiencia en el área | 30 años |
| Máximo Grado Académico | Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica y Eléctrica |
| Nacionalidad | Peruana |
| Institución | Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo |
| Cargo | Docente |
| Número telefónico | 968287566 |
| Firma |  |
| Fecha | 14 /10 / 2021 |

| Crterios | Detalle | Calificación |
|-------------|--|-----------------------------------|
| Suficiencia | El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |
| Claridad | El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |
| Coherencia | El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |
| Relevancia | El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |

| Dimensión | Indicador | Ítem | Suficiencia | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observación |
|--------------------|-----------|------------------|-------------|----------|------------|------------|-------------|
| CALIDAD DE ENERGÍA | SAIFI | Suma de SAIFI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Acumulado SAIFI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Tolerancia SAIFI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | SAIDI | Suma de SAIDI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Acumulado SAIDI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Tolerancia SAIDI | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir []

No aplicable []

Trujillo, 14 de octubre de 2021.



M.Sc. Fredy Dávila Hurtado
D.N.I: 16670066

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: M.Sc. JONY VILLALOBOS CABRERA

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante del programa de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero.

El título nombre de mi proyecto de investigación es: **“Sistemas inteligentes para mejorar la calidad de suministro del alimentador AMT PAC001- Pacasmayo”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Matriz de consistencia.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Instrumento para validar.

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Foster López Molina
D.N.I.: 43050847

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

| | |
|---------------------------------|---|
| Nombre del instrumento | Guía de observación de campo |
| Objetivo del instrumento | Recopilar información de campo |
| Nombres y apellidos del experto | Jony Villalobos Cabrera |
| Documento de identidad | 16699530 |
| Años de experiencia en el área | 20 años |
| Máximo Grado Académico | Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica y Eléctrica |
| Nacionalidad | Peruana |
| Institución | Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo |
| Cargo | Docente |
| Número telefónico | 978015958 |
| Firma |  |
| Fecha | 14 /10 / 2021 |

| Crterios | Detalle | Calificación |
|-------------|--|-----------------------------------|
| Suficiencia | El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |
| Claridad | El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |
| Coherencia | El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |
| Relevancia | El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido | 1: de acuerdo 0: en desacuerdo |

| Dimensión | Indicador | Ítem | Suficiencia | Claridad | Coherencia | Relevancia | Observación |
|--------------------|-----------|------------------|-------------|----------|------------|------------|-------------|
| CALIDAD DE ENERGÍA | SAIFI | Suma de SAIFI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Acumulado SAIFI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Tolerancia SAIFI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | SAIDI | Suma de SAIDI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Acumulado SAIDI | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | Tolerancia SAIDI | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir []

No aplicable []

Trujillo, 14 de octubre de 2021.



: M.Sc. Jony Villalobos Cabrera
D.N.I: 16699530

Guía de observación de campo

| | Suma de Saifi | Acumulado SAIFI | Tolerancia SAIFI | Suma de Saidi | Acumulado SAIDI | Tolerancia SAIDI |
|-----------|---------------|-----------------|------------------|---------------|-----------------|------------------|
| ENERO | | | | | | |
| FEBRERO | | | | | | |
| MARZO | | | | | | |
| ABRIL | | | | | | |
| MAYO | | | | | | |
| JUNIO | | | | | | |
| JULIO | | | | | | |
| AGOSTO | | | | | | |
| SETIEMBRE | | | | | | |
| OCTUBRE | | | | | | |
| NOVIEMBRE | | | | | | |
| DICIEMBRE | | | | | | |

ANEXO 03: Matriz de consistencia y operacionalización de variables

matriz de consistencia

| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general |
|---|--|---|
| <p align="center">¿En qué medida la implementación de sistemas inteligentes mejora la calidad de suministro del alimentador AMT PAC001-Pacasmayo?</p> | Implementar sistemas inteligentes para mejorar la calidad de suministro del alimentador AMT PAC001-Pacasmayo | <p align="center">Mediante la Implementación de sistemas inteligentes se mejora la calidad de suministro del alimentador AMT PAC001-Pacasmayo</p> |
| | <p align="center">Objetivos específicos</p> | |
| | Diagnosticar las condiciones actuales de la calidad de suministro del alimentador AMT PAC001-Pacasmayo | |
| | Elaborar la propuesta para mejorar la calidad de suministro en el alimentador AMT PAC001-Pacasmayo | |
| | Evaluar la calidad de suministro posterior a la implementación de sistemas inteligentes | |
| Realizar la evaluación económica de la implementación de las propuestas | | |

**ANEXO 04: Intensidades de Corriente de las Subestaciones de Distribución del alimentador AMT PAC001-
Pacasmayo**

| CÓDIGO DE SED | UBICACIÓN | P.I. KVA | M.D. KVA | Factor de Utilización (M.D./P. I) | FECHA | Ir | Is | It | In | Total |
|---------------|--|----------|----------|-----------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PA6002 | Ca. José Olaya-Ignacio Merino | 200 | 89,4 | 0,45 | 01-03-19 al 15-03-19 | 136,3 | 159,1 | 135,6 | 54,2 | 485,2 |
| PA6006 | Ca. Manco Cápac-Ancash | 160 | 136,5 | 0,85 | 01-03-19 al 15-03-19 | 161,7 | 196,8 | 209,8 | 160,6 | 728,9 |
| PA6007 | Ca. Manco Cápac-Sarmiento | 75 | 38,4 | 0,51 | 01-03-19 al 15-03-19 | 59,4 | 27,7 | 32,6 | 36,9 | 156,6 |
| PA6008 | Ca. José Olaya-Llontop | 160 | 120,3 | 0,75 | 01-03-19 al 15-03-19 | 101,2 | 125,2 | 150,6 | 35,9 | 412,9 |
| PA6016 | av. Raimondi Sector el Porvenir | 100 | 81,6 | 0,82 | 01-03-19 al 15-03-19 | 81,8 | 82,9 | 85,7 | 41,8 | 292,2 |
| PA6017 | av. Raimondi Sector el Porvenir | 160 | 61,0 | 0,38 | 01-03-19 al 15-03-19 | 69,8 | 70,5 | 74,7 | 30,1 | 245,1 |
| PA6018 | Ca. Cajamarca | 200 | 71,1 | 0,36 | 01-03-19 al 15-03-19 | 66,9 | 145,5 | 123,4 | 75,5 | 411,3 |
| PA6019 | Ca. Cajamarca | 75 | 56,8 | 0,76 | 01-03-19 al 15-03-19 | 63,9 | 60,1 | 69,1 | 35,8 | 228,9 |
| PA6021 | ca. Tupac Amaru | 75 | 27,0 | 0,36 | 01-03-19 al 15-03-19 | 30,1 | 32,9 | 28,4 | 16,2 | 107,6 |
| PA6022 | AA. HH Las Palmeras | 100 | 56,6 | 0,57 | 01-03-19 al 15-03-19 | 84,6 | 73,3 | 46,8 | 62,2 | 266,9 |
| PA6023 | AA. HH Las Palmeras | 160 | 37,8 | 0,24 | 01-03-19 al 15-03-19 | 73,4 | 28,3 | 50,9 | 41,2 | 193,8 |
| PA6024 | Av. Francisco Aponte-Sector el Porvenir | 100 | 93,8 | 0,94 | 01-03-19 al 15-03-19 | 159,2 | 154,8 | 70,1 | 93,2 | 477,3 |
| PA6025 | Av. Benjamín Kauffman-Sector el Porvenir | 50 | 16,2 | 0,32 | 01-03-19 al 15-03-19 | 79,8 | 105,8 | 154,3 | 67,7 | 407,6 |

| | | | | | | | | | | |
|--------|--|------|------|------|-------------------------|-------|-------|------|------|-------|
| PA6029 | AA. HH Santa Polonia | 125 | 44,9 | 0,36 | 01-03-19 al 15-03-19 | 59,9 | 36,1 | 51,5 | 28,1 | 175,6 |
| PA6031 | AA. HH Las Palmeras | 37,5 | 29,2 | 0,78 | 01-03-19 al 15-03-19 | 49,5 | 46,5 | 23,1 | 29,3 | 148,4 |
| PA6032 | Ca. Callao-Ancash | 75 | 53,0 | 0,71 | 01-03-19 al 15-03-19 | 52,8 | 54,6 | 56,3 | 35,7 | 199,4 |
| PA6033 | Jr. Ancash-Adolfo King | 75 | 48,5 | 0,65 | 01-03-19 al 15-03-19 | 50,5 | 52,0 | 53,3 | 32,7 | 188,5 |
| PA6034 | Ca. Callao-San Martin | 75 | 40,1 | 0,53 | 01-03-19 al 15-03-19 | 55,2 | 30,5 | 58,8 | 38,7 | 183,2 |
| PA6035 | Jr. Junin-02 de mayo | 75 | 52,7 | 0,70 | 01-03-19 al 15-03-19 | 75,7 | 160,2 | 65,3 | 60,9 | 362,1 |
| PA6036 | Ca. Adolfo King-Ladislao Espinar | 75 | 71,3 | 0,95 | 01-03-19 al 15-03-19 | 100,1 | 80,2 | 90,4 | 50,4 | 321,1 |
| PA6037 | Ca. Callao-Ladislao Espinare | 75 | 48,3 | 0,64 | 01-03-19 al 15-03-19 | 78,2 | 80,2 | 50,5 | 40,1 | 249,0 |
| PA6038 | Ca. Jorge Desmaison-Huascar | 75 | 44,9 | 0,60 | 01-03-19 al 15-03-19 | 30,2 | 32,7 | 27,9 | 12,2 | 103,0 |
| PA6039 | Jorge Desmaison-Larco Herrera | 75 | 31,6 | 0,42 | 01-03-19 al 15-03-19 | 55,3 | 45,6 | 39,7 | 31,5 | 172,1 |
| PA6041 | Jr. Huayna Cápac-Plazuela del Niño | 50 | 31,7 | 0,63 | 01-03-19 al 15-03-19 | 26,9 | 30,9 | 29,0 | 31,5 | 118,3 |
| PA6042 | Ca. Daniel Carrión-Ignacio Merino | 75 | 28,1 | 0,37 | 01-03-19 al 15-03-19 | 32,3 | 34,6 | 27,7 | 26,2 | 120,8 |
| PA6043 | Ca. Daniel Carrión-Sarmiento | 75 | 49,2 | 0,66 | 01-03-19 al 15-03-19 | 81,7 | 59,2 | 48,2 | 32,9 | 222,0 |
| PA6044 | Ca. Daniel Carrión-Alamiro Calderón | 75 | 35,9 | 0,48 | 01-03-19 al 15-03-19 | 37,0 | 42,0 | 32,0 | 18,0 | 129,0 |
| PA6045 | Ca. Ladislao Espinar-Ricardo Palma | 75 | 51,2 | 0,68 | 01-03-19 al 15-03-19 | 64,4 | 39,6 | 42,4 | 45,2 | 191,6 |
| PA6046 | Ca. Ladislao Espinar-José F. Sánchez Carrión | 75 | 47,6 | 0,63 | 01-03-19 al 15-03-19 | 30,1 | 35,1 | 48,5 | 35,6 | 149,3 |
| PA6047 | ca. Ricardo Palma-ancash | 75 | 54,4 | 0,73 | 01-03-19 al 15-03-19 | 90,0 | 48,9 | 46,5 | 36,1 | 221,5 |

| | | | | | | | | | | |
|--------|---|------|------|------|-------------------------|-------|-------|-------|------|-------|
| PA6048 | Ca. Cesar Vallejo-Libertad | 75 | 33,6 | 0,45 | 01-03-19 al 15-03-19 | 38,0 | 27,3 | 46,6 | 26,9 | 138,8 |
| PA6049 | Jr. Aurelio Herrera-Garcilaso de La vega | 50 | 27,9 | 0,56 | 01-03-19 al 15-03-19 | 34,9 | 27,3 | 34,0 | 14,0 | 110,2 |
| PA6050 | Jr. Ladislao Espinar-América | 75 | 70,0 | 0,93 | 01-03-19 al 15-03-19 | 30,2 | 40,2 | 50,8 | 30,1 | 151,3 |
| PA6051 | av. Enrique Valenzuela | 50 | 28,2 | 0,56 | 01-03-19 al 15-03-19 | 37,1 | 9,7 | 38,2 | 24,3 | 109,3 |
| PA6052 | Av. Malecón Grau-Aurelio Herrera3 | 37,5 | 38,3 | 1,02 | 01-03-19 al 15-03-19 | 5,5 | 32,1 | 48,1 | 31,6 | 117,3 |
| PA6053 | La nueva Greda | 50 | 21,5 | 0,43 | 01-03-19 al 15-03-19 | 33,9 | 26,0 | 21,5 | 15,6 | 97,0 |
| PA6054 | Jr. Ancash | 75 | 40,0 | 0,53 | 01-03-19 al 15-03-19 | 54,2 | 30,5 | 32,5 | 21,4 | 138,6 |
| PA6055 | Jr. Andrés Razuri | 50 | 30,7 | 0,61 | 01-03-19 al 15-03-19 | 47,5 | 43,3 | 30,9 | 28,2 | 149,9 |
| PA6056 | Jr. Ancash | 75 | 38,2 | 0,51 | 01-03-19 al 15-03-19 | 57,7 | 50,8 | 29,6 | 30,5 | 168,6 |
| PA6057 | Ca. Washington | 75 | 26,8 | 0,36 | 01-03-19 al 15-03-19 | 38,3 | 47,4 | 44,0 | 21,3 | 151,0 |
| PA6058 | av. 28 de Julio | 75 | 41,5 | 0,55 | 01-03-19 al 15-03-19 | 30,2 | 72,2 | 50,9 | 42,3 | 195,6 |
| PA6059 | Ca. Ladislao Espinar | 100 | 89,8 | 0,90 | 01-03-19 al 15-03-19 | 160,5 | 139,5 | 123,0 | 51,7 | 474,7 |
| PA6060 | Ca. Leoncio Prado | 75 | 57,4 | 0,77 | 01-03-19 al 15-03-19 | 50,1 | 25,2 | 80,2 | 40,2 | 195,7 |
| PA6061 | Av. José Balta | 75 | 37,5 | 0,50 | 01-03-19 al 15-03-19 | 32,6 | 44,7 | 45,4 | 17,0 | 139,7 |
| PA6062 | Jr. Rufino Echenique | 75 | 9,2 | 0,12 | 01-03-19 al 15-03-19 | 25,0 | 5,0 | 12,8 | 12,7 | 55,5 |
| PA6063 | Urb. La Perla | 75 | 30,7 | 0,41 | 01-03-19 al 15-03-19 | 21,0 | 28,6 | 42,6 | 57,2 | 149,4 |
| PA6064 | Av. Gonzalo Ugas Salcedo | 160 | 52,5 | 0,33 | 01-03-19 al 15-03-19 | 80,7 | 81,2 | 84,1 | 25,9 | 271,9 |

| | | | | | | | | | | |
|--------|--|-----|------|-------------|-------------------------|-------|-------|-------|------|-------|
| PA6065 | Av. Gonzalo Ugas Salcedo | 50 | 26,5 | 0,53 | 01-03-19 al 15-03-19 | 20,7 | 15,7 | 32,2 | 25,9 | 94,5 |
| PA6066 | Ca. Ciro Alegría Bazán | 75 | 34,2 | 0,46 | 01-03-19 al 15-03-19 | 30,7 | 40,2 | 30,1 | 20,9 | 121,9 |
| PA6067 | Ca. María Parado de Bellido-El Progreso | 75 | 42,0 | 0,56 | 01-03-19 al 15-03-19 | 30,1 | 45,9 | 35,9 | 20,3 | 132,2 |
| PA6068 | Ca. Alfonso Ugarte | 75 | 42,6 | 0,57 | 01-03-19 al 15-03-19 | 83,9 | 64,8 | 52,9 | 35,9 | 237,5 |
| PA6069 | Ca. Virgilio Purizaga | 75 | 38,4 | 0,51 | 01-03-19 al 15-03-19 | 55,5 | 63,2 | 34,3 | 24,3 | 177,3 |
| PA6070 | Ca. San Martín de Porres- Jequetepeque | 50 | 20,4 | 0,41 | 01-03-19 al 15-03-19 | 19,2 | 26,3 | 31,9 | 11,9 | 89,3 |
| PA6071 | Av. Leoncio Prado | 75 | 50,1 | 0,67 | 01-03-19 al 15-03-19 | 54,4 | 60,4 | 32,6 | 42,3 | 189,7 |
| PA6072 | Jr. Sucre | 25 | 24,6 | 0,99 | 01-03-19 al 15-03-19 | 14,9 | 32,1 | 26,4 | 32,1 | 105,5 |
| PA6073 | Prolog. Guadalupe- Jequetepeque | 75 | 39,1 | 0,52 | 01-03-19 al 15-03-19 | 79,2 | 49,2 | 83,5 | 50,1 | 262,0 |
| PA6074 | Ca. Unión-Jequetepeque | 75 | 24,2 | 0,32 | 01-03-19 al 15-03-19 | 35,1 | 10,1 | 2,5 | 5,3 | 53,0 |
| PA6075 | Ca. Atahualpa-Jequetepeque | 75 | 57,7 | 0,77 | 01-03-19 al 15-03-19 | 81,9 | 83,5 | 75,9 | 65,1 | 306,4 |
| PA6076 | Ca. Atahualpa-Jequetepeque | 75 | 49,8 | 0,66 | 01-03-19 al 15-03-19 | 55,6 | 58,3 | 78,1 | 58,9 | 250,9 |
| PA6077 | Sata Martha-Jequetepeque | 15 | 3,7 | 0,24 | 01-03-19 al 15-03-19 | 14,1 | 12,1 | | 21,9 | 48,1 |
| PA6078 | AA. HH Las Palmeras | 100 | 85,4 | 0,85 | 01-03-19 al 15-03-19 | 105,9 | 120,1 | 111,9 | 80,9 | 418,8 |
| PA6079 | Av. Francisco Aponte-Sector el Porvenir | 100 | 82,2 | 0,82 | 01-03-19 al 15-03-19 | 16,3 | 15,5 | 43,1 | 27,4 | 102,3 |

Fuente: Elaborado por el autor

ANEXO 05: Tensiones de las Subestaciones de Distribución del alimentador AMT PAC001- Pacasmayo

| CÓDIGO DE SED | UBICACIÓN | P.I. KVA | M.D. KVA | Factor de Utilización (M.D./P.I.) | FECHA | Vrs | Vts | Vrt | VL | cosf fi | MD(KW) | MD(KVA) |
|---------------|--|----------|----------|-----------------------------------|----------------------|-----|-----|------|---------|---------|--------|---------|
| PA6002 | Ca. José Olaya-Ignacio Merino | 200 | 89,4 | 0,45 | 01-03-19 al 15-03-19 | 372 | 373 | 375 | 373,33 | 0,85 | 88,89 | 104,58 |
| PA6006 | Ca. Manco Cápac-Ancash | 160 | 136,5 | 0,85 | 01-03-19 al 15-03-19 | 395 | 390 | 390 | 391,67 | 0,85 | 140,10 | 164,83 |
| PA6007 | Ca. Manco Cápac-Sarmiento | 75 | 38,4 | 0,51 | 01-03-19 al 15-03-19 | 388 | 387 | 390 | 388,33 | 0,85 | 29,84 | 35,11 |
| PA6008 | Ca. José Olaya-Llontop | 160 | 120,3 | 0,75 | 01-03-19 al 15-03-19 | 282 | 280 | 285 | 282,33 | 0,85 | 57,21 | 67,30 |
| PA6016 | av. Raimondi Sector el Porvenir | 100 | 81,6 | 0,82 | 01-03-19 al 15-03-19 | 398 | 398 | 400 | 398,67 | 0,85 | 57,17 | 67,26 |
| PA6017 | av. Raimondi Sector el Porvenir | 160 | 61,0 | 0,38 | 01-03-19 al 15-03-19 | 394 | 397 | 395 | 395,33 | 0,85 | 47,55 | 55,94 |
| PA6018 | Ca. Cajamarca | 200 | 71,1 | 0,36 | 01-03-19 al 15-03-19 | 370 | 371 | 365 | 368,67 | 0,85 | 74,41 | 87,55 |
| PA6019 | Ca. Cajamarca | 75 | 56,8 | 0,76 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 383 | 385 | 383,33 | 0,85 | 43,06 | 50,66 |
| PA6021 | ca. Tupac Amaru | 75 | 27,0 | 0,36 | 01-03-19 al 15-03-19 | 385 | 382 | 389 | 385,33 | 0,85 | 20,35 | 23,94 |
| PA6022 | AA. HH Las Palmeras | 100 | 56,6 | 0,57 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 384 | 385 | 383,67 | 0,85 | 50,25 | 59,12 |
| PA6023 | AA. HH Las Palmeras | 160 | 37,8 | 0,24 | 01-03-19 al 15-03-19 | 388 | 385 | 3925 | 1566,00 | 0,85 | 148,94 | 175,22 |
| PA6024 | Av. Francisco Aponte-Sector el Porvenir | 100 | 93,8 | 0,94 | 01-03-19 al 15-03-19 | 388 | 385 | 3925 | 1566,00 | 0,85 | 366,81 | 431,54 |
| PA6025 | Av. Benjamín Kauffman-Sector el Porvenir | 50 | 16,2 | 0,32 | 01-03-19 al 15-03-19 | 387 | 384 | 391 | 387,33 | 0,85 | 77,48 | 91,15 |
| PA6029 | AA. HH Santa Polonia | 125 | 44,9 | 0,36 | 01-03-19 al 15-03-19 | 385 | 385 | 383 | 384,33 | 0,85 | 33,12 | 38,96 |

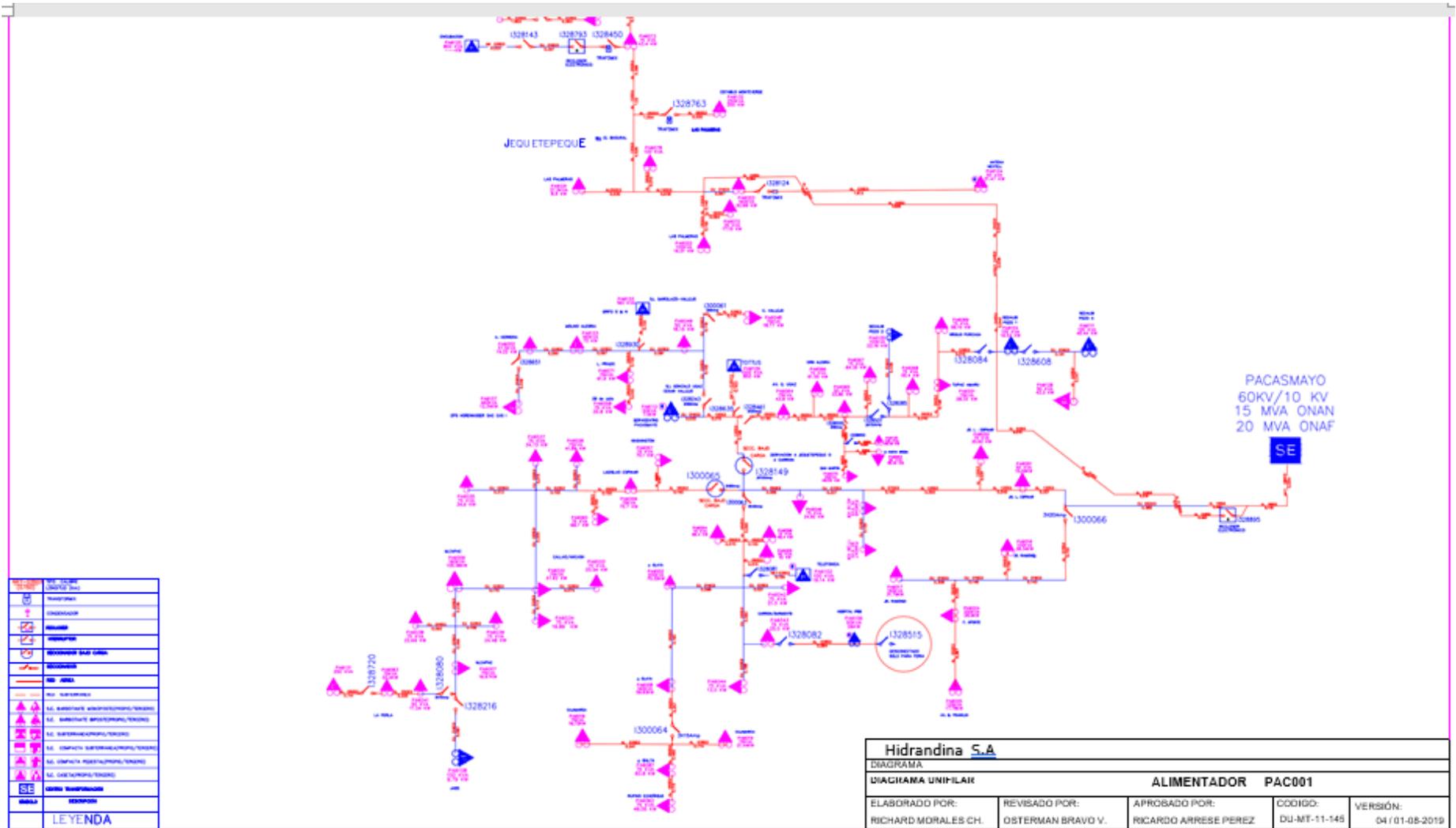
| | | | | | | | | | | | | |
|--------|--|------|------|------|-------------------------|-----|-----|-----|--------|------|-------|-------|
| PA6031 | AA. HH Las Palmeras | 37,5 | 29,2 | 0,78 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 383 | 385 | 383,33 | 0,85 | 27,92 | 32,84 |
| PA6032 | Ca. Callao-Ancash | 75 | 53,0 | 0,71 | 01-03-19 al 15-03-19 | 378 | 382 | 381 | 380,33 | 0,85 | 37,22 | 43,79 |
| PA6033 | Jr. Ancash-Adolfo King | 75 | 48,5 | 0,65 | 01-03-19 al 15-03-19 | 380 | 380 | 383 | 381,00 | 0,85 | 35,24 | 41,46 |
| PA6034 | Ca. Callao-San Martin | 75 | 40,1 | 0,53 | 01-03-19 al 15-03-19 | 393 | 390 | 388 | 390,33 | 0,85 | 35,09 | 41,29 |
| PA6035 | Jr. Junin-02 de mayo | 75 | 52,7 | 0,70 | 01-03-19 al 15-03-19 | 380 | 381 | 381 | 380,67 | 0,85 | 67,64 | 79,58 |
| PA6036 | Ca. Adolfo King-Ladislao Espinar | 75 | 71,3 | 0,95 | 01-03-19 al 15-03-19 | 380 | 379 | 378 | 379,00 | 0,85 | 59,72 | 70,26 |
| PA6037 | Ca. Callao-Ladislao Espinare | 75 | 48,3 | 0,64 | 01-03-19 al 15-03-19 | 385 | 386 | 387 | 386,00 | 0,85 | 47,17 | 55,49 |
| PA6038 | Ca. Jorge Desmaison-Huascar | 75 | 44,9 | 0,60 | 01-03-19 al 15-03-19 | 383 | 379 | 381 | 381,00 | 0,85 | 19,26 | 22,66 |
| PA6039 | Jorge Desmaison-Larco Herrera | 75 | 31,6 | 0,42 | 01-03-19 al 15-03-19 | 378 | 378 | 378 | 378,00 | 0,85 | 31,93 | 37,56 |
| PA6041 | Jr. Huayna Cápac-Plazuela del Niño | 50 | 31,7 | 0,63 | 01-03-19 al 15-03-19 | 381 | 382 | 385 | 382,67 | 0,85 | 22,22 | 26,14 |
| PA6042 | Ca. Daniel Carrión-Ignacio Merino | 75 | 28,1 | 0,37 | 01-03-19 al 15-03-19 | 380 | 382 | 381 | 381,00 | 0,85 | 22,59 | 26,57 |
| PA6043 | Ca. Daniel Carrión-Sarmiento | 75 | 49,2 | 0,66 | 01-03-19 al 15-03-19 | 380 | 381 | 379 | 380,00 | 0,85 | 41,40 | 48,71 |
| PA6044 | Ca. Daniel Carrión-Alamiro Calderón | 75 | 35,9 | 0,48 | 01-03-19 al 15-03-19 | 383 | 384 | 385 | 384,00 | 0,85 | 24,31 | 28,60 |
| PA6045 | Ca. Ladislao Espinar-Ricardo Palma | 75 | 51,2 | 0,68 | 01-03-19 al 15-03-19 | 380 | 382 | 381 | 381,00 | 0,85 | 35,82 | 42,15 |
| PA6046 | Ca. Ladislao Espinar-José F. Sánchez Carrión | 75 | 47,6 | 0,63 | 01-03-19 al 15-03-19 | 383 | 385 | 385 | 384,33 | 0,85 | 28,16 | 33,13 |
| PA6047 | ca. Ricardo Palma-ancash | 75 | 54,4 | 0,73 | 01-03-19 al 15-03-19 | 389 | 388 | 389 | 388,67 | 0,85 | 42,25 | 49,70 |
| PA6048 | Ca. Cesar Vallejo-Libertad | 75 | 33,6 | 0,45 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 380 | 381 | 381,00 | 0,85 | 25,95 | 30,53 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|--|------|------|------|-------------------------|-----|-----|-----|--------|------|-------|--------|
| PA6049 | Jr. Aurelio Herrera-Garcilaso de La vega | 50 | 27,9 | 0,56 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 382 | 385 | 383,00 | 0,85 | 20,71 | 24,37 |
| PA6050 | Jr. Ladislao Espinar-América | 75 | 70,0 | 0,93 | 01-03-19 al 15-03-19 | 360 | 379 | 380 | 373,00 | 0,85 | 27,70 | 32,58 |
| PA6051 | av. Enrique Valenzuela | 50 | 28,2 | 0,56 | 01-03-19 al 15-03-19 | 385 | 384 | 385 | 384,67 | 0,85 | 20,63 | 24,27 |
| PA6052 | Av. Malecón Grau-Aurelio Herrera3 | 37,5 | 38,3 | 1,02 | 01-03-19 al 15-03-19 | 381 | 385 | 382 | 382,67 | 0,85 | 22,03 | 25,92 |
| PA6053 | La nueva Greda | 50 | 21,5 | 0,43 | 01-03-19 al 15-03-19 | 383 | 385 | 381 | 383,00 | 0,85 | 18,23 | 21,45 |
| PA6054 | Jr. Ancash | 75 | 40,0 | 0,53 | 01-03-19 al 15-03-19 | 379 | 381 | 379 | 379,67 | 0,85 | 25,82 | 30,38 |
| PA6055 | Jr. Andrés Razuri | 50 | 30,7 | 0,61 | 01-03-19 al 15-03-19 | 381 | 380 | 382 | 381,00 | 0,85 | 28,03 | 32,97 |
| PA6056 | Jr. Ancash | 75 | 38,2 | 0,51 | 01-03-19 al 15-03-19 | 380 | 382 | 383 | 381,67 | 0,85 | 31,58 | 37,15 |
| PA6057 | Ca. Washington | 75 | 26,8 | 0,36 | 01-03-19 al 15-03-19 | 375 | 374 | 374 | 374,33 | 0,85 | 27,74 | 32,63 |
| PA6058 | av. 28 de Julio | 75 | 41,5 | 0,55 | 01-03-19 al 15-03-19 | 372 | 374 | 373 | 373,00 | 0,85 | 35,80 | 42,12 |
| PA6059 | Ca. Ladislao Espinar | 100 | 89,8 | 0,90 | 01-03-19 al 15-03-19 | 370 | 370 | 377 | 372,33 | 0,85 | 86,74 | 102,04 |
| PA6060 | Ca. Leoncio Prado | 75 | 57,4 | 0,77 | 01-03-19 al 15-03-19 | 380 | 381 | 380 | 380,33 | 0,85 | 36,53 | 42,97 |
| PA6061 | Av. José Balta | 75 | 37,5 | 0,50 | 01-03-19 al 15-03-19 | 381 | 382 | 385 | 382,67 | 0,85 | 26,23 | 30,86 |
| PA6062 | Jr. Rufino Echenique | 75 | 9,2 | 0,12 | 01-03-19 al 15-03-19 | 383 | 381 | 385 | 383,00 | 0,85 | 10,43 | 12,27 |
| PA6063 | Urb. La Perla | 75 | 30,7 | 0,41 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 386 | 383 | 383,67 | 0,85 | 28,13 | 33,09 |
| PA6064 | Av. Gonzalo Ugas Salcedo | 160 | 52,5 | 0,33 | 01-03-19 al 15-03-19 | 381 | 385 | 383 | 383,00 | 0,85 | 51,11 | 60,12 |
| PA6065 | Av. Gonzalo Ugas Salcedo | 50 | 26,5 | 0,53 | 01-03-19 al 15-03-19 | 385 | 382 | 381 | 382,67 | 0,85 | 17,75 | 20,88 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|-----|------|------|-------------------------|-----|-----|-----|--------|------|-------|-------|
| PA6066 | Ca. Ciro Alegría Bazán | 75 | 34,2 | 0,46 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 385 | 385 | 384,00 | 0,85 | 22,97 | 27,03 |
| PA6067 | Ca. María Parado de Bellido-El Progreso | 75 | 42,0 | 0,56 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 385 | 386 | 384,33 | 0,85 | 24,93 | 29,33 |
| PA6068 | Ca. Alfonso Ugarte | 75 | 42,6 | 0,57 | 01-03-19 al 15-03-19 | 385 | 386 | 385 | 385,33 | 0,85 | 44,91 | 52,84 |
| PA6069 | Ca. Virgilio Purizaga | 75 | 38,4 | 0,51 | 01-03-19 al 15-03-19 | 381 | 382 | 385 | 382,67 | 0,85 | 33,30 | 39,17 |
| PA6070 | Ca. San Martín de Porres-Jequetepeque | 50 | 20,4 | 0,41 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 385 | 385 | 384,00 | 0,85 | 16,83 | 19,80 |
| PA6071 | Av. Leoncio Prado | 75 | 50,1 | 0,67 | 01-03-19 al 15-03-19 | 381 | 382 | 385 | 382,67 | 0,85 | 35,62 | 41,91 |
| PA6072 | Jr. Sucre | 25 | 24,6 | 0,99 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 381 | 385 | 382,67 | 0,85 | 19,81 | 23,31 |
| PA6073 | Prolog. Guadalupe- Jequetepeque | 75 | 39,1 | 0,52 | 01-03-19 al 15-03-19 | 385 | 384 | 385 | 384,67 | 0,85 | 49,46 | 58,19 |
| PA6074 | Ca. Unión-Jequetepeque | 75 | 24,2 | 0,32 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 380 | 379 | 380,33 | 0,85 | 9,89 | 11,64 |
| PA6075 | Ca. Atahualpa-Jequetepeque | 75 | 57,7 | 0,77 | 01-03-19 al 15-03-19 | 385 | 38 | 384 | 269,00 | 0,85 | 40,45 | 47,59 |
| PA6076 | Ca. Atahualpa-Jequetepeque | 75 | 49,8 | 0,66 | 01-03-19 al 15-03-19 | 382 | 384 | 386 | 384,00 | 0,85 | 47,28 | 55,63 |
| PA6077 | Sata Martha-Jequetepeque | 15 | 3,7 | 0,24 | 01-03-19 al 15-03-19 | 381 | | | 127,00 | 0,85 | 3,00 | 3,53 |
| PA6078 | AA. HH Las Palmeras | 100 | 85,4 | 0,85 | 01-03-19 al 15-03-19 | 381 | 383 | 383 | 382,33 | 0,85 | 78,58 | 92,45 |
| PA6079 | Av. Francisco Aponte-Sector el Porvenir | 100 | 82,2 | 0,82 | 01-03-19 al 15-03-19 | 375 | 377 | 375 | 375,67 | 0,85 | 18,86 | 22,19 |

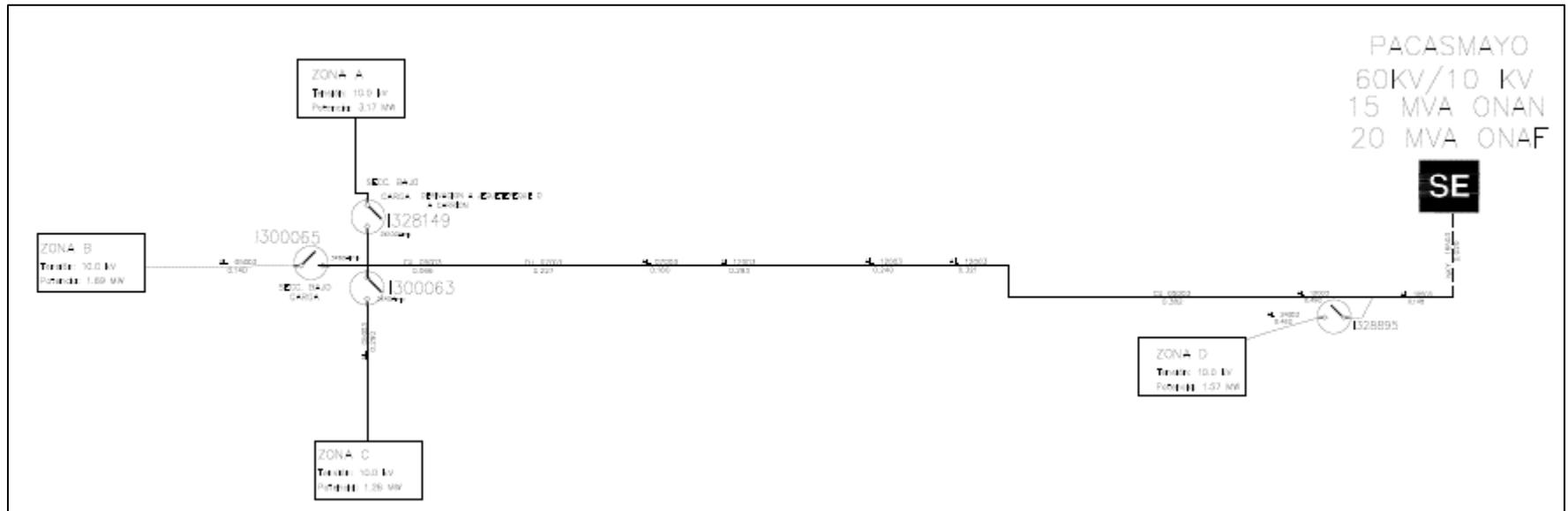
Fuente: Elaborado por el autor

ANEXO 06: Diagrama Unifilar del Alimentador AMT PAC001- Pacasmayo antes de la implementación del Sistema Inteligente



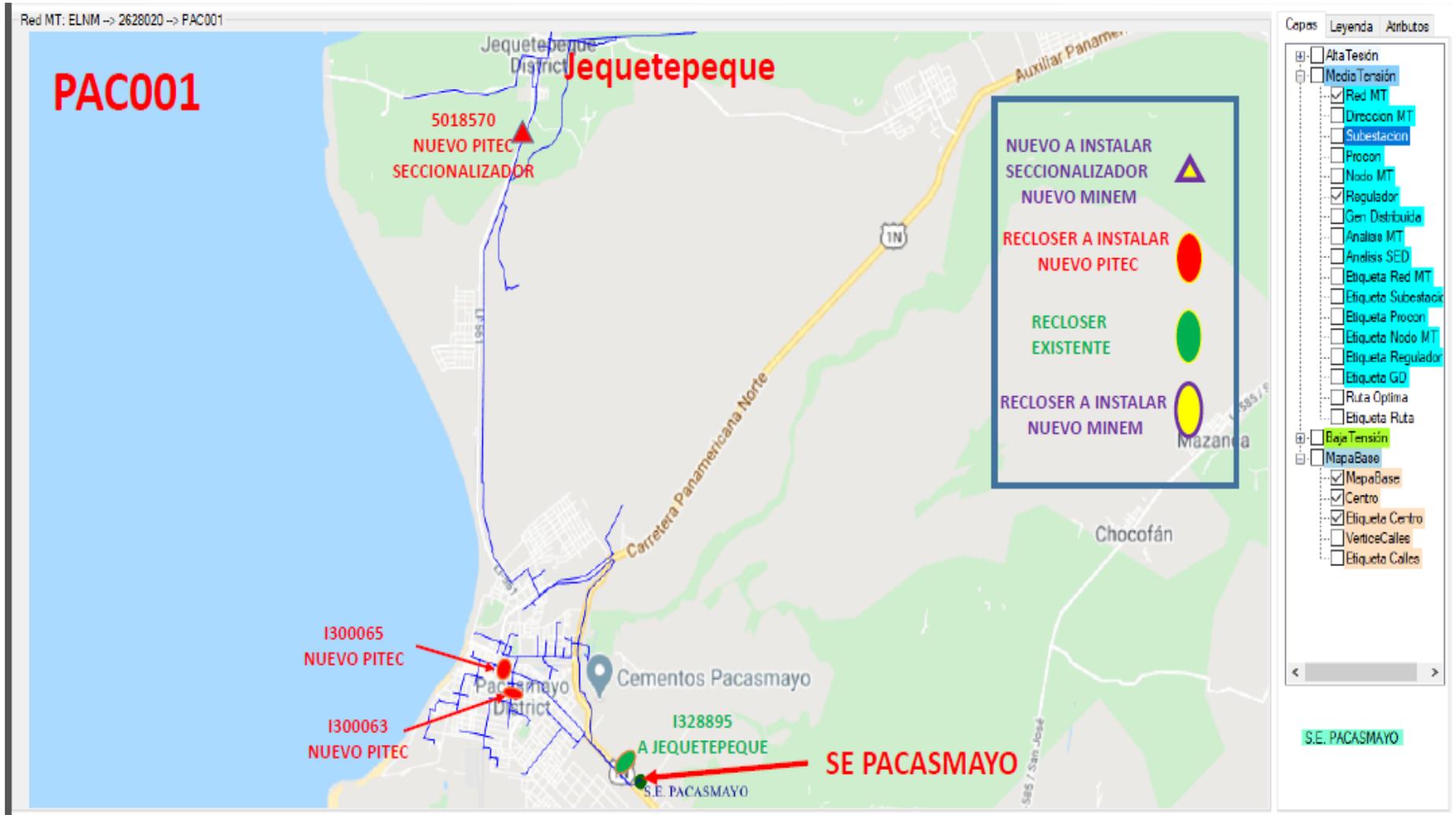
Fuente: Sistema Optimus NGC

ANEXO 07: Ubicación de la instalación de los Sistemas Inteligentes: Recloser a instalar

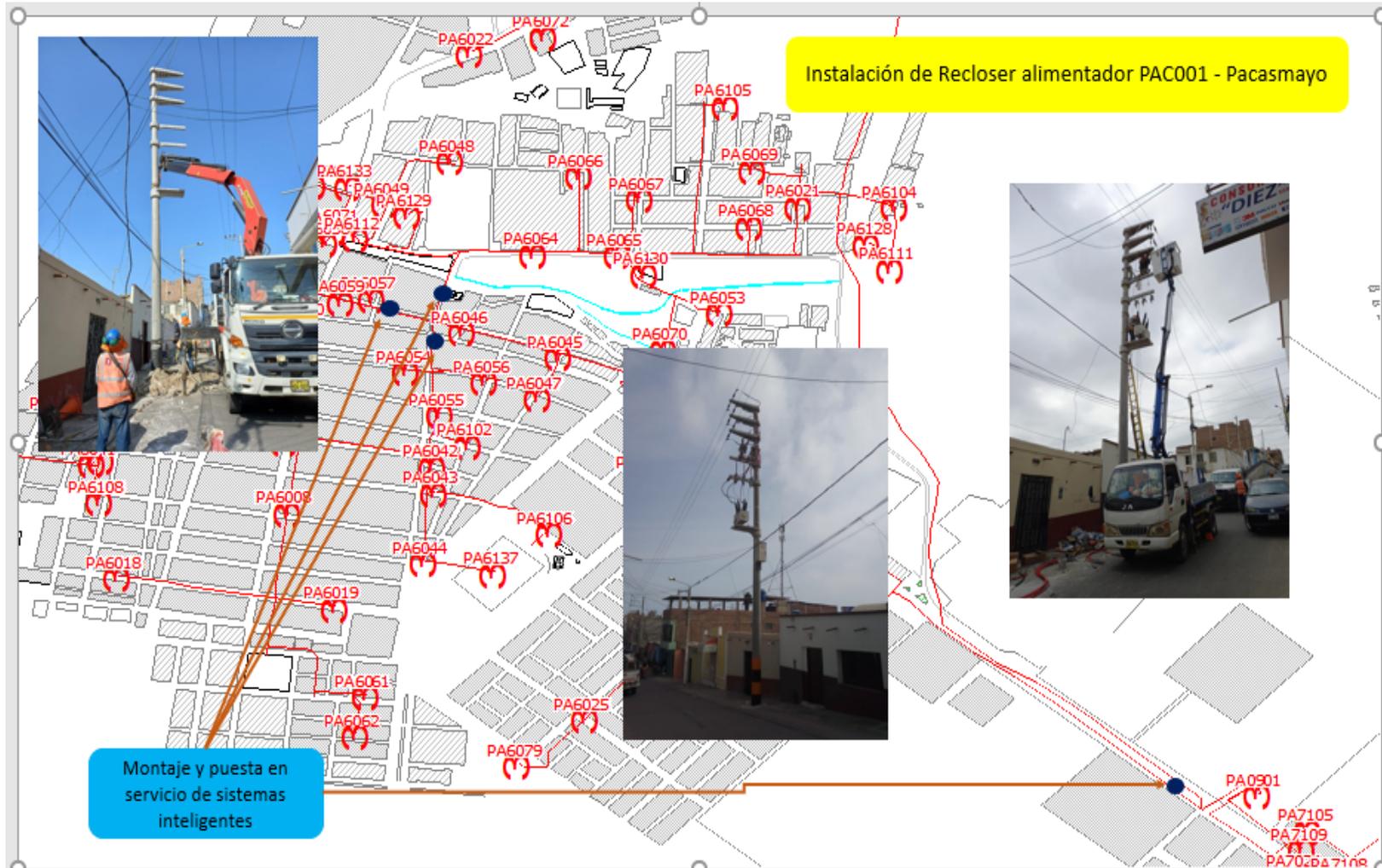


Fuente: Sistema Optimus NGC

ANEXO 08: Zona del Diagrama Unifilar donde se Proyecta la instalación Sistemas Inteligentes



ANEXO 09: Diagrama Unifilar del Alimentador AMT PAC001- Pacasmayo después de la implementación del Sistema Inteligente



Fuente: Elaborado por el autor

ANEXO 10: Capturas programa noja Power

The screenshot shows the 'Ajustes del Sistema' window with the following sections:

- Medición:** Voltage of the System (Phase - Phase) set to 00.0 kV, and Detector of Level Loss of Summers set to 2.0 kV.
- UPS:** Level of Shutdown set to 20%, Nominal Capacity of the Battery set to 26 Ah, Type of Battery set to AGM, External Charge Time set to 120 min, External Charge Recovery Time set to 0 hrs, and USB Hot Swap Enabled set to No.
- Prueba de Batería:** Automatic Test set to Off, and Interval of Time in Days set to 30 días.
- Reloj en Tiempo Real:** Format of the date set to DDMMAAA, Format of hours set to 12 horas, and Time Zone set to 00:00.
- Ajustes GSM:** Active Keypad Configuration set to Opción 1, and Control of Keypad Repeats with options for PB1 (Protección), PB2 (Falla de Tierra), PB3 (Falla Tierra Sensible), PB4 (Auto Recarga), PB5 (Carga Fija), and PB6 (Línea Viva).
- Configuración del GSM:** Phase Configuration set to ABC, Decision of Plan of Potency set to RST a ABC, CBF Mode of Backup set to Off, Content of Phase set to 1 A, Residual Content set to 1 A, Mode of Check of Content set to Fase, CBF Backup of Backup set to To Excessive Content, and Backup Delay Time set to 0.25 s.
- Bandejas de Falta:** Check Alerts of Failure of Core set to checked, and Alarm set to No Encarada.
- SNTP:** SNTP set to Desactivado, Version IP set to IPv4, and IP addresses for servers 1 through 4 are all set to 0.0.0.0. Update Interval is set to 600 and Refresh Interval is set to 10.

The status bar at the bottom indicates: 'Equipo Activo: EquipoNuevo1 : Desconectado', 'Detalles cargado correctamente para EquipoNuevo1', and '(localdb)\v11.0 CMS'.

The screenshot shows the 'Ajustes de IO' window with two tables:

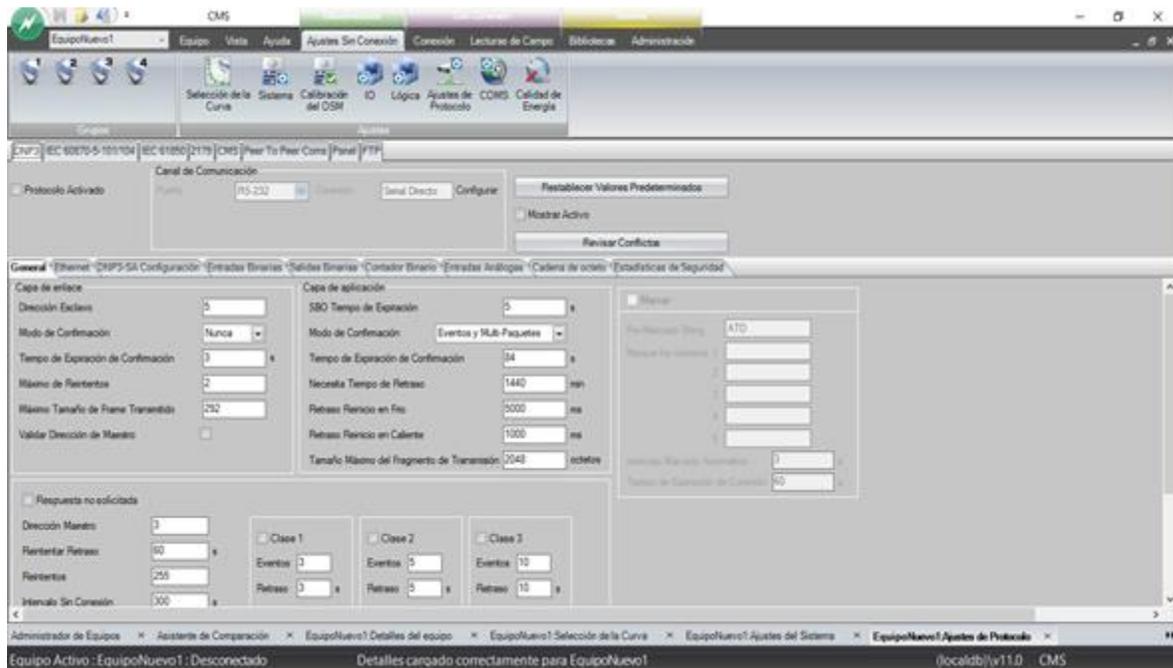
Entrada

| Entrada | Modo | Ajuste | Margen de Disparo | Tempo de Reconocimiento, s |
|---------|---------|------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | Activar | Entrada Genérica | No | 0.01 |
| 2 | Activar | Entrada Genérica | No | 0.01 |
| 3 | Activar | Entrada Genérica | No | 0.01 |
| 4 | Activar | Entrada Genérica | No | 0.01 |
| 5 | Activar | Entrada Genérica | No | 0.01 |
| 6 | Activar | Entrada Genérica | No | 0.01 |
| 7 | Activar | Entrada Genérica | No | 0.01 |
| 8 | Activar | Entrada Genérica | No | 0.01 |

Ajustes de Salida

| Salida | Modo | Ajuste | Tempo de Reconocimiento, s | Tempo de Retorno, s | Activar Pulso | Tempo de Pulso |
|--------|---------|-----------------|----------------------------|---------------------|---------------|----------------|
| 1 | Activar | Salida Genérica | 0.00 | 0.00 | Off | 0.02 |
| 2 | Activar | Salida Genérica | 0.00 | 0.00 | Off | 0.02 |
| 3 | Activar | Salida Genérica | 0.00 | 0.00 | Off | 0.02 |
| 4 | Activar | Salida Genérica | 0.00 | 0.00 | Off | 0.02 |
| 5 | Activar | Salida Genérica | 0.00 | 0.00 | Off | 0.02 |
| 6 | Activar | Salida Genérica | 0.00 | 0.00 | Off | 0.02 |
| 7 | Activar | Salida Genérica | 0.00 | 0.00 | Off | 0.02 |
| 8 | Activar | Salida Genérica | 0.00 | 0.00 | Off | 0.02 |

The status bar at the bottom indicates: 'Equipo Activo: EquipoNuevo1 : Desconectado', 'Detalles cargado correctamente para EquipoNuevo1', and '(localdb)\v11.0 CMS'.



ANEXO 11: Presupuesto de la implementación de Sistemas inteligentes

| ANEXO 03 | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------|---|-----------------|------------------|---------|-------------------|---------|---------|---------|---------|--------------------|----------------------------|----------------|
| | | | | OM N° | | | | | | | TOTAL | Costo Sub Total Materiales | |
| | | | | AMT PAC001 / SED | | | | | | | Metrado Solicitado | | |
| | | | | 10 kV | | | | | | | | | |
| UN LA LIBERTAD NORTE | | | | CODIGO EST. | 5018029 | NUEVA MT RECLOSER | EMPALME | 5018265 | 5060195 | 5018016 | 5018017 | | |
| SUMINISTRO DE MATERIALES | | | | | | | | | | | | | |
| SAP | MATERIALES | UNIDAD | C.U. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | |
| 1 | 240182 | POSTE CONCRETO ARMADO 13/400/2/180/375 | UND | S/. 780.00 | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 5.00 | S/. 3,900.00 |
| 2 | 240026 | MENSULA DE CONCRETO ARMADO DE M/1.50/250 | UND | S/. 72.42 | 3.00 | 1.00 | | | | | | 4.00 | S/. 289.67 |
| 3 | 240024 | MENSULA DE CONCRETO ARMADO DE M/1.00/250 | UND | S/. 62.63 | | 2.00 | | | | | | 2.00 | |
| | 150932 | DISTANC F°G° T/ALINEAMIENTO P/MT 2.20M | UND | S/. 269.18 | | | | 1.00 | | 1.00 | | 2.00 | |
| 19 | 160233 | TERMINAL COMP CU. ESTÑ. 70mm², B, STAND." | UND | S/. 3.35 | | 13.00 | | | | 3.00 | | 16.00 | S/. 53.58 |
| 20 | 160016 | CONECTOR DOBLE VIA COBRE DE 25-35mm² 2P | UND | S/. 9.98 | | 4.00 | | | | 3.00 | | 7.00 | S/. 69.86 |
| 21 | 50553 | CORDON PORTATIL DE COBRE (NMT) 2x2.5 mm2 | M | #N/A | | 20.00 | | | | | | 20.00 | |
| 22 | 150174 | VARILLA COPPERWELD DE 5/8"Ø X 2.40 M | UND | S/. 21.84 | | 1.00 | | | | | | 1.00 | S/. 21.84 |
| 23 | 150169 | SALES HIGROSCOPICAS | UND | S/. 17.51 | | 1.00 | | | | | | 1.00 | S/. 17.51 |
| 24 | 240004 | CAJA CONCRETO ARM P.T., 396 MM Ø EXT" | UND | S/. 29.17 | | 1.00 | | | | | | 1.00 | S/. 29.17 |
| 25 | 150178 | CONECTOR D/BRONCE P/VAR COBRE 16mmØ | UND | S/. 1.65 | | 1.00 | | | | | | 1.00 | S/. 1.65 |
| 26 | 160014 | CONECTOR DOBLE VIA DE AL 70-120mm² 2P | UND | S/. 3.90 | | | 6.00 | | | | | 6.00 | S/. 23.40 |
| 27 | 140179 | RECON3Ø, 27KV, 630A,150KV,RAD,TF10/0.22KV | UND | S/. 31,000 | | 1.00 | | 1.00 | | 1.00 | 1.00 | 4.00 | S/. 124,000.00 |
| 28 | 60041 | COND CU,DESÑ,CABLEADO,T/BLAND,25MM2,7H | M | #N/A | 6.00 | 35.00 | | | | | | 41.00 | |
| 35 | 150193 | CANAleta GUARDA A°G° 1/16"x2400mm P/RET | UND | S/. 19.60 | 2.00 | | | | | | | 2.00 | S/. 39.19 |
| 36 | 150206 | CABLE DE A°G° GRADO EHS, 3/8Ø, 7 H" | M | S/. 2.35 | 32.00 | | | | | | | 32.00 | S/. 75.20 |
| 37 | 150205 | VARILLA DE ANCL C/GUAR F°G° 3/4"x2,40m | UND | S/. 33.45 | 2.00 | | | | | | | 2.00 | S/. 66.91 |
| 38 | 150195 | JUEGO DE CONTRAPUNTA F°G° DE 2"Øx1.20m | UND | S/. 28.53 | | | | | | | | | |
| 39 | 150087 | ARAND CUAD PLANA 4"x4"x1/4", 13/16"Ø | UND | S/. 2.57 | 2.00 | | | | | | | 2.00 | S/. 5.15 |
| SUMINISTRO DE MATERIALES | | | | | | | | | | | | S/. 132,424.31 | |
| SAP | ACTIVIDADES REALIZADAS | UNIDAD | C.U. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | |
| 1 | 300629 | Cambio de poste de concreto de MT | u | S/. 858.82 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | 1.00 | | 5.00 | S/. 4,294.10 |
| 2 | 300651 | Cambiar/Instalar ménsula o cruceta de concreto | cjto | S/. 78.70 | 3.00 | 4.00 | 3.00 | | 3.00 | 3.00 | | 13.00 | S/. 1,023.10 |
| | 301526 | Cambio/instalación de distanciador FoGo de MT | u | S/. 297.75 | | 1.00 | | | 1.00 | 1.00 | | 3.00 | S/. 893.25 |
| 3 | 303185 | Cambio/Instalación de Transformador | trafo | S/. 470.70 | | 2.00 | | | 1.00 | | | 3.00 | S/. 1,412.10 |
| 7 | 300634 | Cambiar/Instalar aislador PIN | u | S/. 49.16 | 3.00 | 3.00 | | | 3.00 | | | 9.00 | S/. 442.44 |
| 8 | 300636 | Cambiar/Instalar aislador suspensión (cadena o polimérico) cjto | cjto | S/. 52.69 | 6.00 | 6.00 | | | | | | 12.00 | S/. 632.28 |
| 9 | 300662 | Cambiar / Reparar cuello de MT | u | S/. 45.48 | | 9.00 | | | | 6.00 | | 15.00 | S/. 682.20 |
| 10 | 300658 | Cambiar/Instalar seccionador tipo cut out | u | S/. 62.81 | | 3.00 | | | 3.00 | 3.00 | | 9.00 | S/. 753.72 |
| 11 | 300667 | Empalme de conductor MT (Entorche o conector) | u | S/. 33.19 | | 24.00 | | | 12.00 | 12.00 | | 9.00 | S/. 1,891.83 |
| 12 | 303191 | Transporte de Materiales con grua x hora | horas efectivas | S/. 283.41 | 0.83 | | | | | | | 0.83 | S/. 235.23 |
| 13 | 303193 | Traslado de personal a servicios eléctricos x hora | traslado | S/. 91.31 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | | | | 3.00 | S/. 1,369.65 |
| 14 | 300626 | Cambio de conductor de MT | m/fase | S/. 3.08 | | 250.00 | | | 300.00 | 300.00 | | 1,150.00 | S/. 3,542.00 |
| 15 | 300654 | Cambiar/Instalar retenida completa | cjto | S/. 318.71 | 2.00 | 2.00 | | | | 3.00 | | 7.00 | S/. 2,230.97 |
| 16 | 300714 | Retemplado de conductor de MT | m/fase | S/. 1.10 | 141.00 | | | | | | | 141.00 | S/. 155.10 |
| MONTAJE ELECTROMECHANICO | | | | | | | | | | | | S/. 20,739.36 | |

| ITEM | DESCRIPCION | TOTAL PROJ. SOLES (S/.) | TOTAL EJECUT. SOLES (S/.) |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| A | SUMINISTRO DE MATERIALES | 132,424.31 | 132,424.31 |
| B | MONTAJE ELECTROMECHANICO | 20,739.36 | S/. 20,739.36 |
| SUB-TOTAL SIN I.G.V. | | S/. 153,163.67 | S/. 153,163.67 |

Fuente: Elaborado por el autor

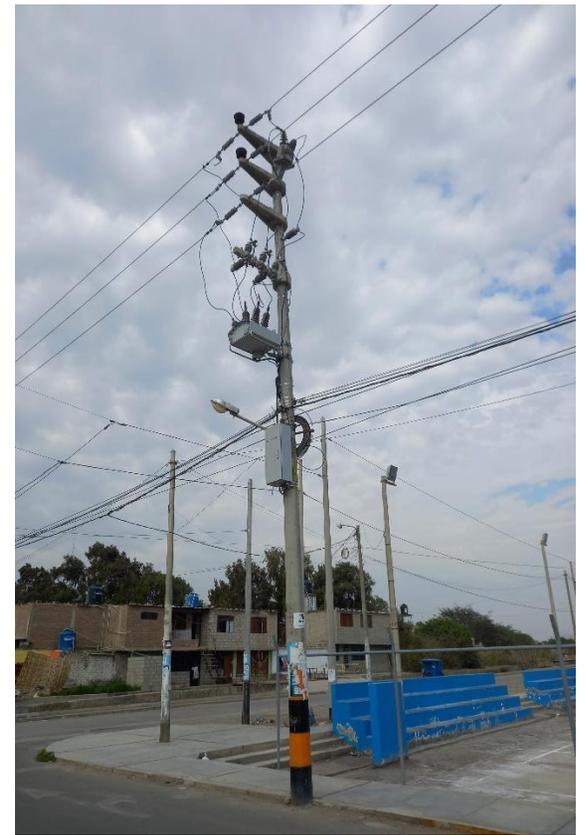
ANEXO 12: Vistas fotográficas de la implementación de Sistemas inteligentes



Fuente: Elaborado por el autor



Fuente: Elaborado por el autor



Fuente: Elaborado por el autor

ANEXO 13: Estudio de corriente de ruptura

El objetivo del presente Anexo es determinar los términos, las normas, las condiciones técnicas y la metodología que se debe tener en cuenta para efectuar el cálculo del máximo nivel de corriente de cortocircuito existente en cada punto del Alimentador AMT PAC001- Pacasmayo.

El método de cálculo de las corrientes de cortocircuito corresponde al definido por la Norma IEC 60909: 2001, para el cálculo de corrientes de cortocircuito en sistema trifásicos de corriente alterna.

El cálculo de las corrientes de cortocircuitos deberá contemplar las siguientes condiciones para su aplicación:

- a) Factor de tensión (c): se deberá considerar un factor de tensión c igual a 1,1. Lo corresponde a una tensión pre-falla.
- b) Topología de la red: Se deberá considerar la configuración del sistema que presente la mayor contribución de las centrales de generación al cortocircuito.
- c) Duración del cortocircuito: Se deberá considerar un tiempo de duración del cortocircuito, o tiempo de despeje de falla, de un segundo.

Las corrientes de cortocircuito deben ser evaluadas para los siguientes tipos de falla:

- a) Trifásica;
- b) Bifásica aislada de tierra;
- c) Bifásica a tierra; y
- d) Monofásica a tierra.

Para cada uno de los tipos de cortocircuitos indicados en el artículo precedente, se deberán determinar las siguientes componentes de la corriente de cortocircuito, definidas:

- a) Corriente de cortocircuito simétrica inicial: I''_K (r.m.s);

- b) Corriente de cortocircuito máxima instantánea: i_p ;
- c) Corriente de cortocircuito simétrica de interrupción: I_b (r.m.s);
- d) Componente continua de la corriente de cortocircuito: i_{dc} ;
- e) Corriente de cortocircuito asimétrica de interrupción: IASI (r.m.s);
- f) Corriente de cortocircuito de régimen permanente: I_K (r.m.s); y
- g) Corriente de cortocircuito de equivalente térmico: I_{th} (r.m.s).

En el cálculo de estas componentes, con la excepción de la correspondiente a régimen permanente, se deberán emplear los siguientes parámetros de las máquinas rotatorias:

- En las máquinas sincrónicas la reactancia subtransiente saturada o 0,8 veces el valor de la reactancia subtransiente no saturada.
- En las máquinas asíncronas la impedancia de rotor bloqueado.

Para el cálculo de la corriente de régimen permanente, las máquinas sincrónicas se representan por su reactancia sincrónica y no se considera aporte de las máquinas asíncronas.

Por otra parte, en el cálculo de las componentes de corriente de cortocircuito de interrupción, simétrica y asimétrica, y de la componente continua de la corriente de cortocircuito, se deberá emplear 40 milisegundos como tiempo mínimo en la separación de los contactos de un interruptor.

Los niveles máximos de cortocircuito de las componentes de corrientes de cortocircuito indicadas en el artículo precedente, se podrán determinar de la siguiente forma:

- a) El nivel máximo de la corriente de cortocircuito simétrica inicial, estará dado por la mayor de las correspondientes corrientes determinadas para cada tipo de cortocircuito de los indicados. Sea esta corriente de cortocircuito denotada como I''_{KMax} ;
- b) El nivel máximo de la corriente de cortocircuito máxima instantánea, se considera igual: $I'_{PMax} = 2,7 I''_{KMax}$;

c) El nivel máximo de la corriente de cortocircuito simétrica de interrupción, se considera igual: $I_{bMax} = I''_{KMax}$

d) El nivel máximo de la corriente de cortocircuito asimétrica de interrupción, se considera igual: $I_{ASIMax} = \sqrt{2} I''_{KMax}$

e) El nivel máximo de la corriente de cortocircuito de régimen permanente (I_{KMax}), estará dado por la mayor de las correspondientes corrientes determinadas para cada tipo de cortocircuito de los indicados

El nivel máximo de la corriente de equivalente térmico (I_{thMax}), será igual al nivel máximo de la corriente de cortocircuito simétrica inicial (I''_{KMax}) para un tiempo de duración del cortocircuito de 1 segundo. Para otros tiempos de duración del cortocircuito (t) el nivel máximo de la corriente de equivalente térmico, se estimará con la siguiente expresión: $I_{thMax} = \sqrt{t} * I''_{KMax}$

Para la estimación de las corrientes indicadas en los incisos b) y d), se ha considerado como referencia un valor de razón de reactancia a resistencia de cortocircuito (X/R) igual a 35.

Las instalaciones del sistema de transmisión con tensión nominal igual o superior a 22,9 [kV] y las instalaciones de generación, deberán soportar el efecto térmico equivalente al máximo nivel de corriente de cortocircuito simétrica inicial que se determine, considerando una duración del cortocircuito de al menos 0,5 segundos.

Las instalaciones del sistema de transmisión con tensión nominal inferior a 22,9 [kV] deberán soportar el efecto térmico equivalente al máximo nivel de corriente de cortocircuito simétrica inicial que se determine, considerando una duración del cortocircuito de al menos un segundo.4

En cualquier caso, los propietarios de las instalaciones deberán demostrar que los tiempos señalados en los incisos precedentes son compatibles con los tiempos de despeje de las fallas correspondientes, para operaciones de protecciones en respaldo en las condiciones más desfavorables.

Expresiones matemáticas de las componentes de corriente de cortocircuito.

Corriente de cortocircuito máxima instantánea (i_p)

$$i_p = \sqrt{2} I_{CCMax} \left[1 + e^{-\left(\frac{\pi}{(X/R)_{CCMax}}\right)} \right]$$

Componente continua de la corriente de cortocircuito (i_{dc})

$$i_{dc} = \sqrt{2} I_{CCMax} e^{-\left(\frac{4\pi}{(X/R)}\right)}$$

Corriente de cortocircuito asimétrica de interrupción (I_{ASI})

$$I_{ASI} = I_{CCMax} \sqrt{1 + 2 \cdot e^{-\frac{8\pi}{(X/R)_{CCMax}}}}$$

Expresiones matemáticas de corrientes de cortocircuitos simétricas según tipos de cortocircuitos.

Las siguientes expresiones de tipo general se pueden emplear para calcular; la corriente de cortocircuito simétrica inicia (I''_k), la corriente de cortocircuito simétrica de interrupción (I_b) y las correspondientes razones (X/R), según los tipos de cortocircuito.

Cortocircuito Trifásico:

$$I_{CC3F} = \frac{cV_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_1|} \quad (X/R)_{CC3F} = \frac{X_1}{R_1}$$

Cortocircuito Monofásico a tierra:

$$I_{CC1FT} = \frac{\sqrt{3}cV_n}{|(Z_1 + Z_2 + Z_0)|} \quad (X/R)_{CC1FT} = \frac{X_1 + X_2 + X_0}{R_1 + R_2 + R_0}$$

Cortocircuito Bifásico aislado de tierra:

$$I_{CC2F} = \frac{cV_n}{|(Z_1 + Z_2)|} \quad (X/R)_{CC2F} = \frac{X_1 + X_2}{R_1 + R_2}$$

Cortocircuito Bifásico a tierra:

$$I_{CC2FT_B} = cV_n \left[-j \cdot \frac{(Z_0 - a \cdot Z_2)}{(Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_0 + Z_2 \cdot Z_0)} \right] \quad a = -0.5 + j \frac{\sqrt{3}}{2} \quad : \text{operador}$$

$$I_{CC2FT_C} = cV_n \left[j \cdot \frac{(Z_0 - a^2 \cdot Z_2)}{(Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_0 + Z_2 \cdot Z_0)} \right] \quad a^2 = -0.5 - j \frac{\sqrt{3}}{2} \quad : \text{operador}$$

$$I_{CC2FT} = I_{CC2FT_B} + I_{CC2FT_C} = -cV_n \left[\frac{\sqrt{3} \cdot Z_2}{(Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_0 + Z_2 \cdot Z_0)} \right]$$

$$Z_{CC2FT} = \frac{(Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_0 + Z_2 \cdot Z_0)}{\sqrt{3} \cdot Z_2} \quad (X/R)_{CC2FT} = \frac{\text{Imag}\{Z_{CC2FT}\}}{\text{Real}\{Z_{CC2FT}\}}$$

Donde:

- V_n : Tensión nominal línea a línea del sistema en el punto de falla, en [kV].
- c : Factor de tensión, según Norma IEC 60909, este factor es igual a 1,1.
- $Z_1=R_1+jX_1$: Impedancia del circuito equivalente de Thevenin de la red de secuencia positiva en el punto de falla, en [Ω].
- $Z_2=R_2+jX_2$: Impedancia del circuito equivalente de Thevenin de la red de secuencia negativa en el punto de falla, en [Ω].
- $Z_0=R_0+jX_0$: Impedancia del circuito equivalente de Thevenin de la red de secuencia cero en el punto de falla, en [Ω].
- I_{CC3F} : Corriente de cortocircuito simétrica RMS de fase, para cortocircuito trifásico, en [kA].
- I_{CC1FT} : Corriente de cortocircuito simétrica RMS de fase, para cortocircuito monofásico a tierra, en [kA].

- I_{CC2F} : Corriente de cortocircuito simétrica RMS de fase, para cortocircuito bifásico aislado de tierra, en [kA].
- I_{CC2FT} : Corriente de cortocircuito simétrica RMS de fase, para cortocircuito bifásico a tierra, en [kA].
- $(X/R)_{CC3F}$: Razón X/R del cortocircuito trifásico.
- $(X/R)_{CC1FT}$: Razón X/R del cortocircuito monofásico a tierra.
- $(X/R)_{CC2F}$: Razón X/R del cortocircuito bifásico aislado de tierra.
- $(X/R)_{CC2FT}$: Razón X/R del cortocircuito bifásico a tierra.

Con esta formulas obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 5: Datos del alimentador AMT PAC001-Pacasmayo

| Tramo | Ni | Nj | Longitud [m] | Trafo (Nj) | Energía [kWh/mes] | Circuito | Tipo | Capacidad MVA | Pj (MW) | % Resi | % Com | % Ind |
|-------|----|----|--------------|------------|-------------------|----------|------|---------------|---------|--------|-------|-------|
| A | 1 | 1 | 765,24 | 13 | 2316,31 | 1 | 2 | 3,97 | 3,17 | 0,02 | 0,44 | 0,54 |
| B | 2 | 2 | 3365,00 | 17 | 1377,65 | 2 | 2 | 2,36 | 1,89 | 0,06 | 0,23 | 0,71 |
| C | 3 | 3 | 3450,00 | 23 | 917,22 | 3 | 2 | 1,57 | 1,26 | 0,23 | 0,48 | 0,56 |
| D | 4 | 4 | 1440,00 | 14 | 1599,47 | 4 | 2 | 2,74 | 2,19 | 0,21 | 0,35 | 0,54 |

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 8: Resultados las máximas corrientes de falla obtenidas por nivel de tensión

| ALIMENTADOR | TENSIÓN (kV) | FALLA MONOFÁSICA | | | FALLA BIFÁSICA A TIERRA | | | | | | FALLA TRIFÁSICA | | |
|-------------|--------------|------------------|---------------|----------------|-------------------------|---------------|----------------|------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|
| | | Sk"A (MVA) | Ik"A sim (kA) | Ik"A asim (kA) | Sk"B (MVA) | Ik"B sim (kA) | Ik"B asim (kA) | Sk"C (MVA) | Ik"C sim (kA) | Ik"C asim (kA) | Sk"A (MVA) | Ik"A sim (kA) | Ik"A asim (kA) |
| Zona A | 10 | 6,88 | 1,03 | 2,26 | 41,28 | 2,69 | 5,92 | 39,90 | 2,60 | 5,72 | 119,70 | 4,50 | 9,91 |
| Zona B | 10 | 4,14 | 0,62 | 1,36 | 16,54 | 1,08 | 2,37 | 23,99 | 1,56 | 3,44 | 71,97 | 1,83 | 4,03 |
| Zona C | 10 | 2,18 | 0,32 | 0,71 | 6,53 | 0,43 | 0,94 | 12,63 | 0,82 | 1,81 | 37,88 | 0,96 | 2,12 |
| Zona D | 10 | 4,82 | 0,72 | 1,58 | 19,28 | 1,26 | 2,76 | 27,96 | 1,82 | 4,01 | 83,88 | 2,14 | 4,70 |

Fuente: Elaboración propia en base a Simulaciones en DIgSILENT

ANEXO 14: Estudio de parámetros para seleccionar equipos inteligentes

Para seleccionar los equipos inteligentes: Reconectores se tiene que conocer sus especificaciones técnicas, la misma que establece las condiciones generales y específicas del reconector trifásico, libre de aceite con interrupción en vacío encapsulados, controlados manualmente, electrónicamente y para montaje en poste de intemperie a ser utilizado en protección de redes aéreas de distribución.

A continuación, mencionamos las normas que tienen que ver con la fabricación de los reconectores:

- ANSI/IEEE C37.32 American National Standard for Switchgear-High Voltage Air Switches Bus Supports, and switch Accessories-Schedules of Preferred Ratings, Manufacturing Specification and Application Guide.
- ASI/IEEE C37.30 IEEE Standard Requirement for High Voltage Switches
- IEC 60265-1 High voltage switches – Part 1 Switches for rated voltages above 1 kV and less 52 kV
- IEEE Std C37.60™-2012 standard – IEEE Standard Requirements for Overhead Pad-mounted, Dry Vault and Submersible Automatic Circuit – Reclosers and Fault Interrupters for Alternating Current Systems
- ANSI C37.61-1973/IEEE Std 321™-1973 standards - IEEE Standard Guide for the Application, Operation, and Maintenance of Automatic Circuit Reclosers.
- IEEE Std C37.85™-1989 standard - American National Standard Safety Requirements for X-Radiation Limits for AC High-Voltage Power Switchgear.
- ANSI/IEEE Std C37.90™-1989 standard – IEEE Standard for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus
- IEEE Std C37.90.1™-2002 standard – American National Standard Guide for Surge Withstand Capability (SWC) Tests for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus
- IEEE Std C37.90.2™-1995 standard – Standard Withstand Capability of Relay Systems to Radiated Electromagnetic Interference from Transceivers

- TIA/EIA 232-F – Interface between Data Terminal Equipment and Data Circuit-terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange
- IEC 60068-2-1 – IEC Standard for environmental testing-Part 2-2 tests-Test A: Cold
- IEC 60068-2-2 – IEC Standard for environmental testing-Part 2-2 tests-Test B: Dry Heat

Los equipos son:

- Reconectador tripolar, libre de aceite con interrupción en vacío, incluido herraje de sujeción para postes de concreto.
- Gabinete de control, comunicaciones y batería con los cables de conexión y accesorios
- RTU (Remote Terminals Unit) con conformal coating/harsh environment
- Espacio en el gabinete de control para Radio/modem con cables de conexión y accesorios
- Estructura soporte del reconectador con espacio para instalación de pararrayos
- Pararrayos (6 piezas por cada equipo de acuerdo a la tensión de operación)
- Transformadores o Sensores de voltaje y corriente.
- 1 transformador de servicio para alimentación de control y RTU

El control electrónico debe poseer, como mínimo, las siguientes funciones de protección:

El control electrónico debe poseer un mínimo 3 (tres) grupos de ajuste siendo 1 normal y 2 alternativos. El cambio de un grupo de ajustes a otro, el control debe modificar todos los ajustes de protección de fase, neutro, SEF, función 79 y demás funciones – mas no debe alterar el estado de cualquier otra variable del relé que no sean pertinentes al cambio (como ser ajustes de comunicación y/o mapas de puntos del protocolo de comunicación). El software de ajustes deberá permitir la copia de los ajustes de un grupo a otro.

El control electrónico deberá presentar, tanto para las funciones de fase como para la función de neutro, los estándares ANSI, IEC y Curvas Kyle.

El control electrónico deberá poseer curvas de tiempo definido para la función de SEF. El número de operaciones rápidas de fase debe ser independiente del número de operaciones rápidas de neutro.

Los reconectores deberán permitir el ajuste de las secuencias de operaciones para solamente aperturas instantáneas o rápidas, solamente temporizadas, o una combinación de las mismas, para defectos fase-fase y fase-tierra.

El control electrónico debe poseer sensor de neutro tipo alta sensibilidad para fallas a tierra – (Sensitive Earth Fault) – SEF, con ajustes de corriente de pick-up y curvas de tiempo definido.

El control electrónico debe poseer las funciones de modificación de curvas rápidas y lentas, ajustable para fases y neutros.

Los tiempos de reconexión deben ser independientes entre sí y ajustables en cada ciclo de reconexión, conforme los valores establecidos en el formulario de características técnicas. El tiempo de rearme también debe ser ajustable.

El control electrónico del reconector debe contener una función para evitar apertura debido a carga fría (Cold Load Pick-Up). Esta función debe ser bloqueada y desbloqueada vía protocolo de comunicación con SCADA, o vía parametrización de ajustes. Esta función debe presentar el siguiente comportamiento: Cuando el reconector se encuentre abierto y bloqueado (fin de ciclo o disparo definitivo) y la función de carga fría estuviese habilitada, el control deberá temporizar (T1) y activar a función después de transcurrido el tiempo ajustado. La función deberá permanecer activada hasta que ocurra el cierre del reconector (manualmente o vía Protocolo SCADA) en caso que en el momento del cierre la corriente alcance o exceda el ajuste del pick-up de carga fría debe temporizar de acuerdo con el ajuste de curva de carga fría, enviar la orden de apertura al reconector e ir a bloqueo (fin de ciclo o disparo definitivo). En caso que en el momento del cierre la corriente estuviese por debajo del ajuste de carga fría el control debe temporizar y desactivar la función después de transcurrido el tiempo ajustado (T2), y volver al grupo de ajustes que estaba activo antes del cierre.

El control electrónico del reconector debe contar con una función de Línea Viva (Hot Line Tag) que si fuese accionada deberá activar una curva instantánea, bloquear la

reconexión y bloquear el cierre manual o remoto en caso de apertura del reconectador. El control electrónico del reconectador debe contar con una función Modo Interruptor de Maniobra (protección bloqueada) que si fuese habilitada deberá bloquear toda actuación por funciones de protección, permaneciendo como interruptor de maniobra. El control electrónico debe poseer una función de Bloqueo de Reconexión por Alta Corriente (High Current Lockout / Instantáneo Lockout), con ajustes separados de fase y de neutro con múltiplos conforme hoja de características técnicas.

El control electrónico debe contar con una función de Apertura Instantánea (High Current Trip / Instantáneo Trip), con ajustes separados de fase y neutro, con múltiplos de la corriente de disparo de fase y neutro idénticos a la función de Bloqueo por alta corriente (High current lockout) y se debe de poder activar apenas se realice una operación de apertura seleccionada.

El control electrónico debe poseer una función de Localización de falta, indicando la distancia en kilómetros (km) la probable localización de la falla.

El control electrónico debe poseer a función lógica de Transferencia Automática, que permita efectuar una transferencia automática de la carga en caso de falta de tensión en un lado de la fuente principal, cuando este sea instalado como llave NA (normalmente abierta) en la interconexión de dos fuentes.

El control electrónico debe poseer una función que acumule el desgaste de las ampollas de vacío (I^2t), permitiendo el monitoreo por los equipos de mantenimiento de la vida útil de las ampollas de vacío.

El control electrónico debe ser capaz de registrar mínimamente los últimos 100 eventos de manera secuencial (SOE – Sequence Of Events) y actuaciones ocurridas, con estampas de tiempos de milisegundos con una resolución de 1 milisegundo, indicando el valor de las corrientes de corto-circuito, tensiones de falla e informando las funciones activadas (por fase A-B-C, neutro o SEF) que actuaron. Estas informaciones deben ser almacenadas en la memoria del equipo y podrán ser visualizadas por el operador a través del display del panel frontal y accedidas/descargadas a través de un computador portátil.

El control electrónico debe presentar una medición de los valores instantáneos y de demanda, accesibles vía teclado y visualizados en el panel frontal, de las siguientes

medidas del circuito: corriente, tensión, potencia aparente, potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia.

El control electrónico debe ser capaz de registrar oscilografías de las medidas analógicas de

Tensión, Corriente y frecuencia y las medidas digitales de las fallas, con una resolución mínima de 32 muestras/ciclo, almacenados en memoria y con acceso a través de los puertos seriales y/o Ethernet. El software para visualización y análisis de estas informaciones debe estar incluido en el precio de los reconvertidores.

ANEXO 15: Diseño esquemático de instalación de sistema inteligente y monitoreo

