



**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)

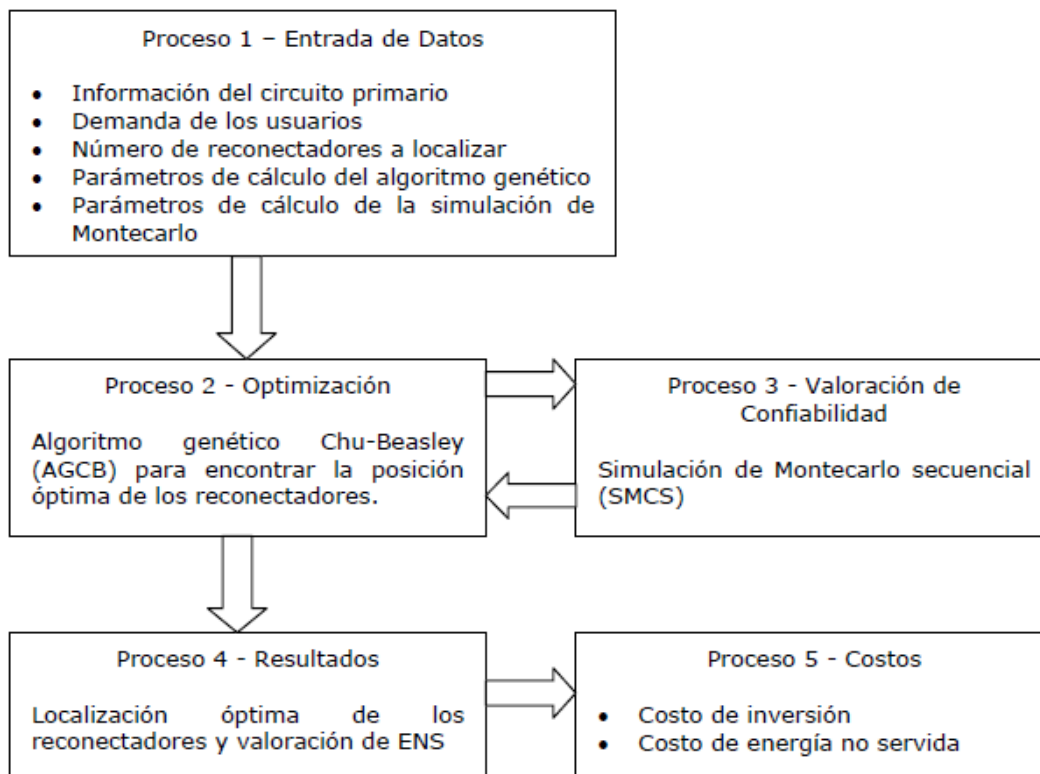
h) Reconectador (automatic circuit Recloser): son dispositivos que permiten cerrar el circuito si la eventualidad en el alimentador no es permanente.

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  $Nl \times 11$ , donde  $Nl$  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:

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

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:

- $\lambda_i$  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)

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

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

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.

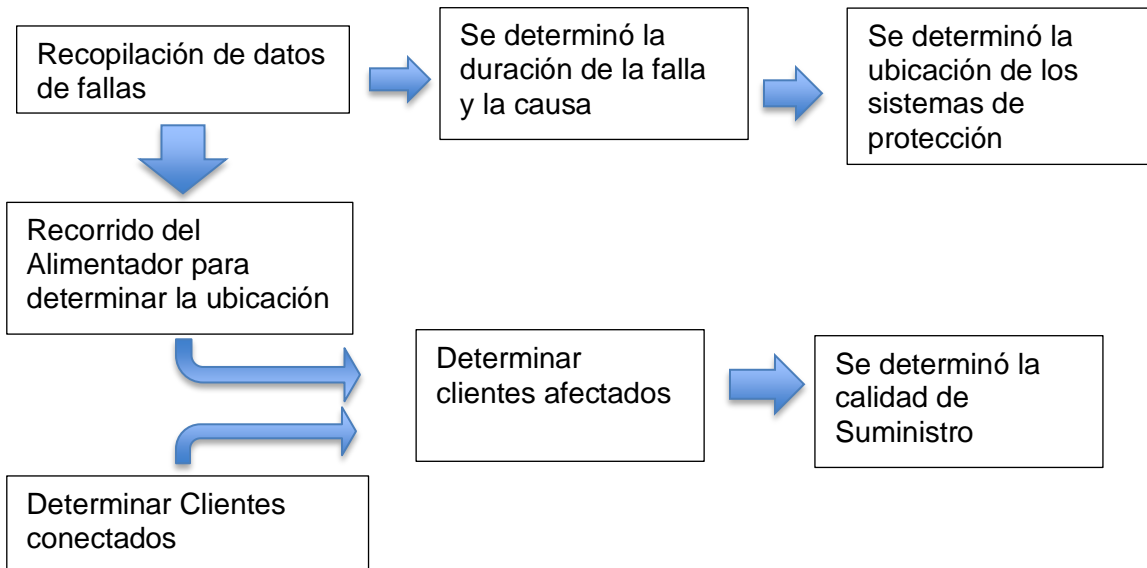
#### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumentos	Finalidad
<b>Observación directa</b>	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:

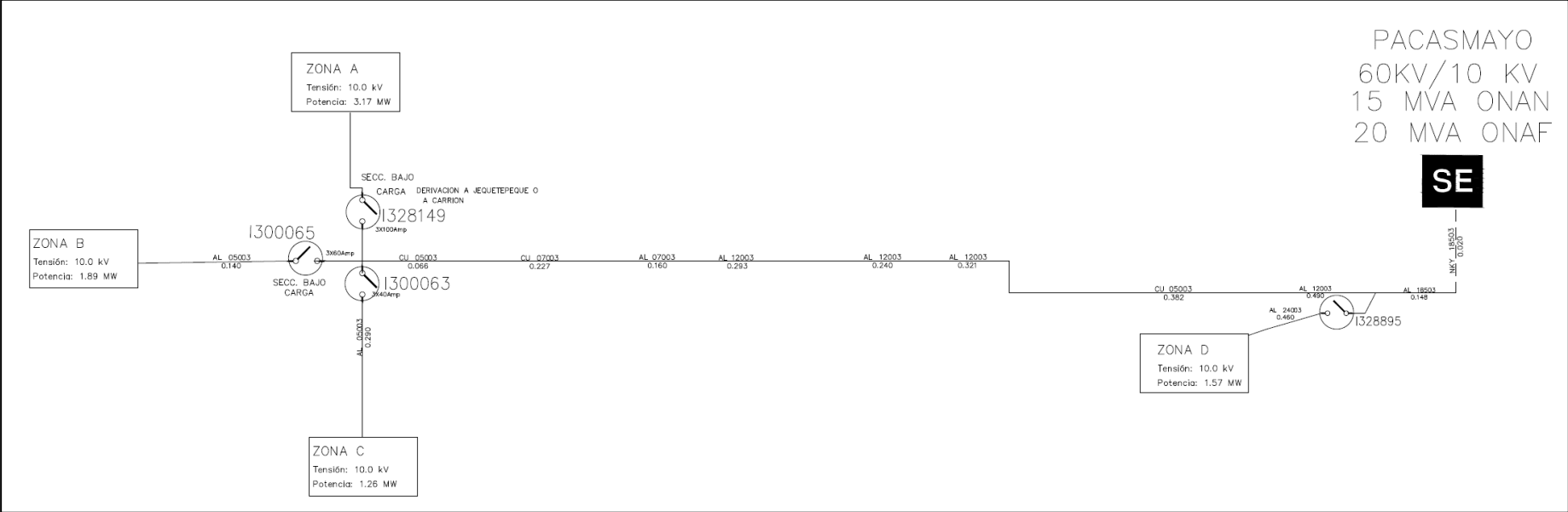
El sistema que se trabajó del alimentador AMT PAC001-Pacasmayo, con las características siguientes:

- 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
<b>TOTAL</b>		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	
<b>CV 2%</b>	<b>Min Variación</b>	<b>1,03</b>

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
				<b>4,78</b>		<b>0,95</b>		<b>0,82</b>

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:

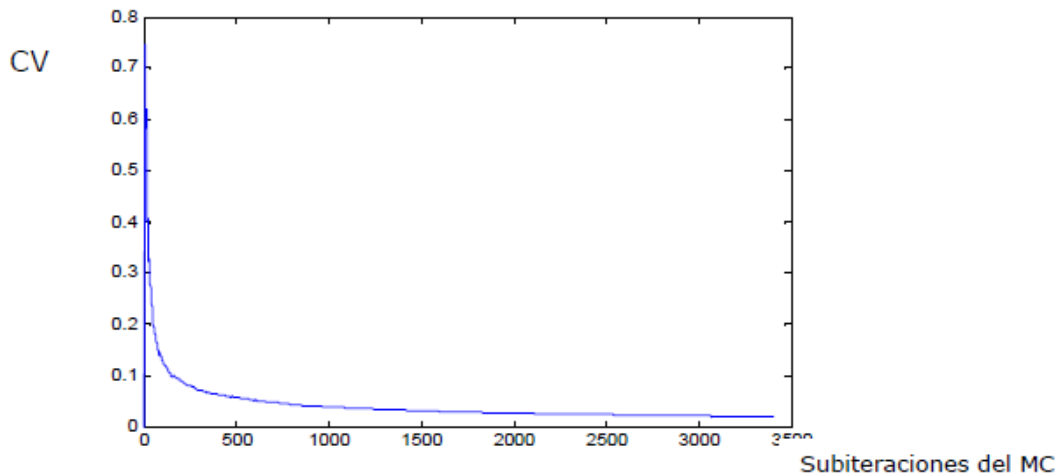
- La diversificación del cálculo de Energía No Suministrada, depende de la precisión del cálculo.



- 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  $\lambda$  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

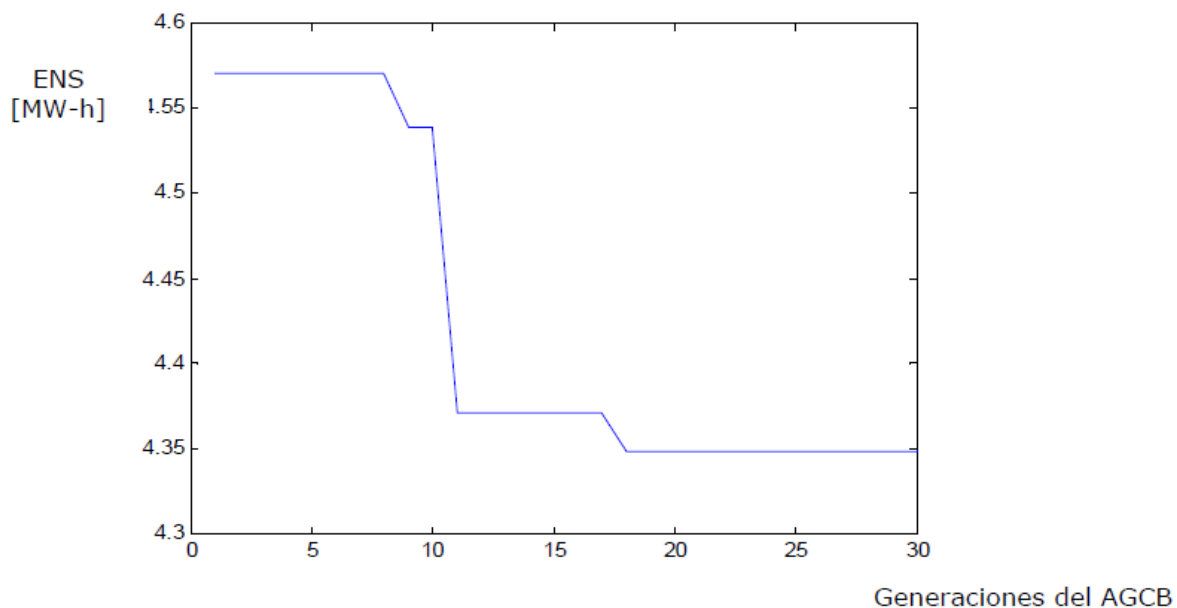
No. Rec	Periodo (años)	Energía (MWh)	Interacciones del AGCB	Posición	converge el AGCB	CV	Falla Permanente	Fallas Transitorias Mitigadas
0	1	5,6062		Int S/E				0 0%
1	1	4,3225	30	13	17	2%	1	4 50%
2	1	3,7499	200	13, 36	117	2%	1	4 50%
3	1	3,2873	250	13, 16, 36	124	2%	1	4 50%
4	1	2,9953	1000	13, 16, 29,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

Fuente: Elaboración propia

### Curvas de convergencia del AGCB.

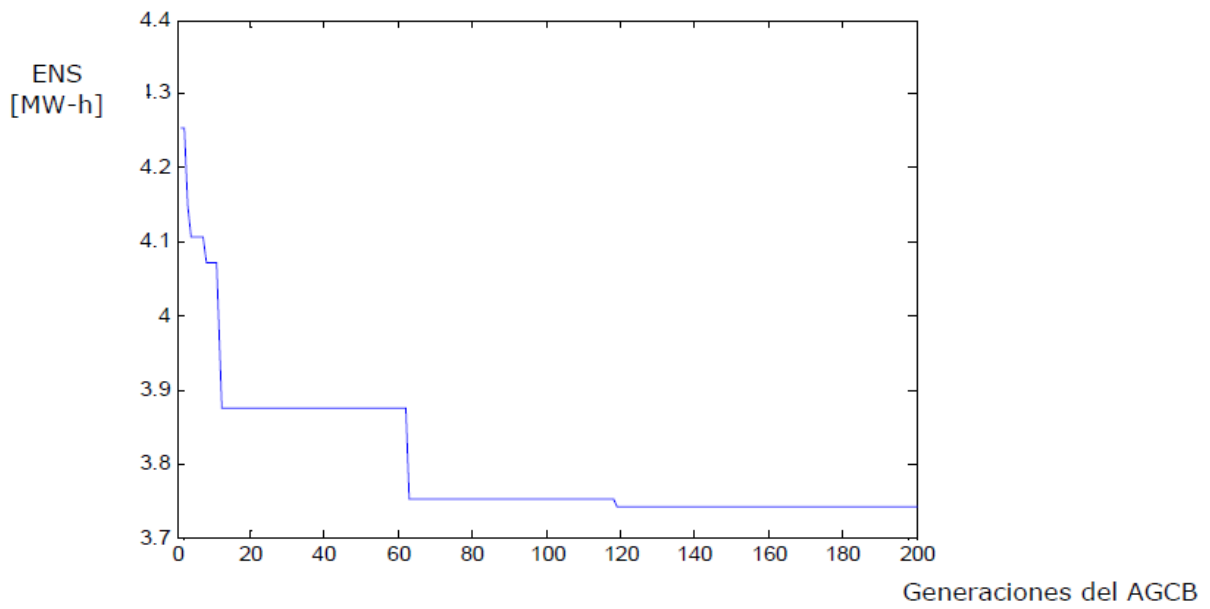
Las curvas de convergencia del AGCB, nos permiten obtener un reporte del comportamiento de la función objetivo, y permiten obtener razones para poder determinar un óptimo global o un óptimo local.

Figura 4: Análisis con un reconectador



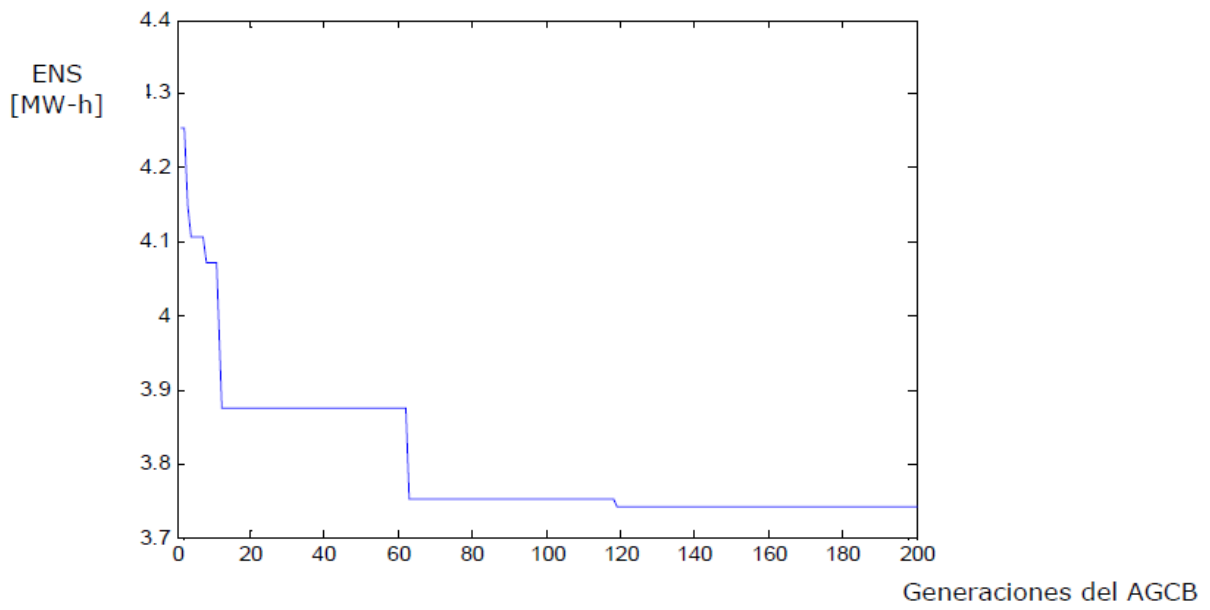
Fuente: Elaboración propia

Figura 5: Análisis con dos reconectores



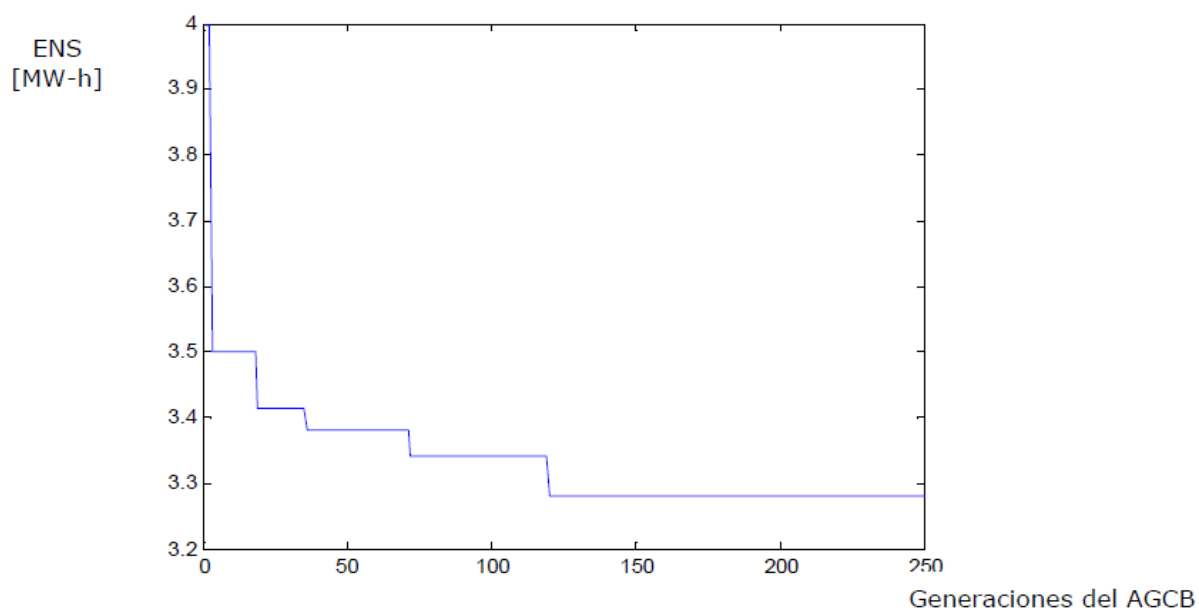
Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Análisis con tres reconectores



Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Análisis con cuatro reconectadores



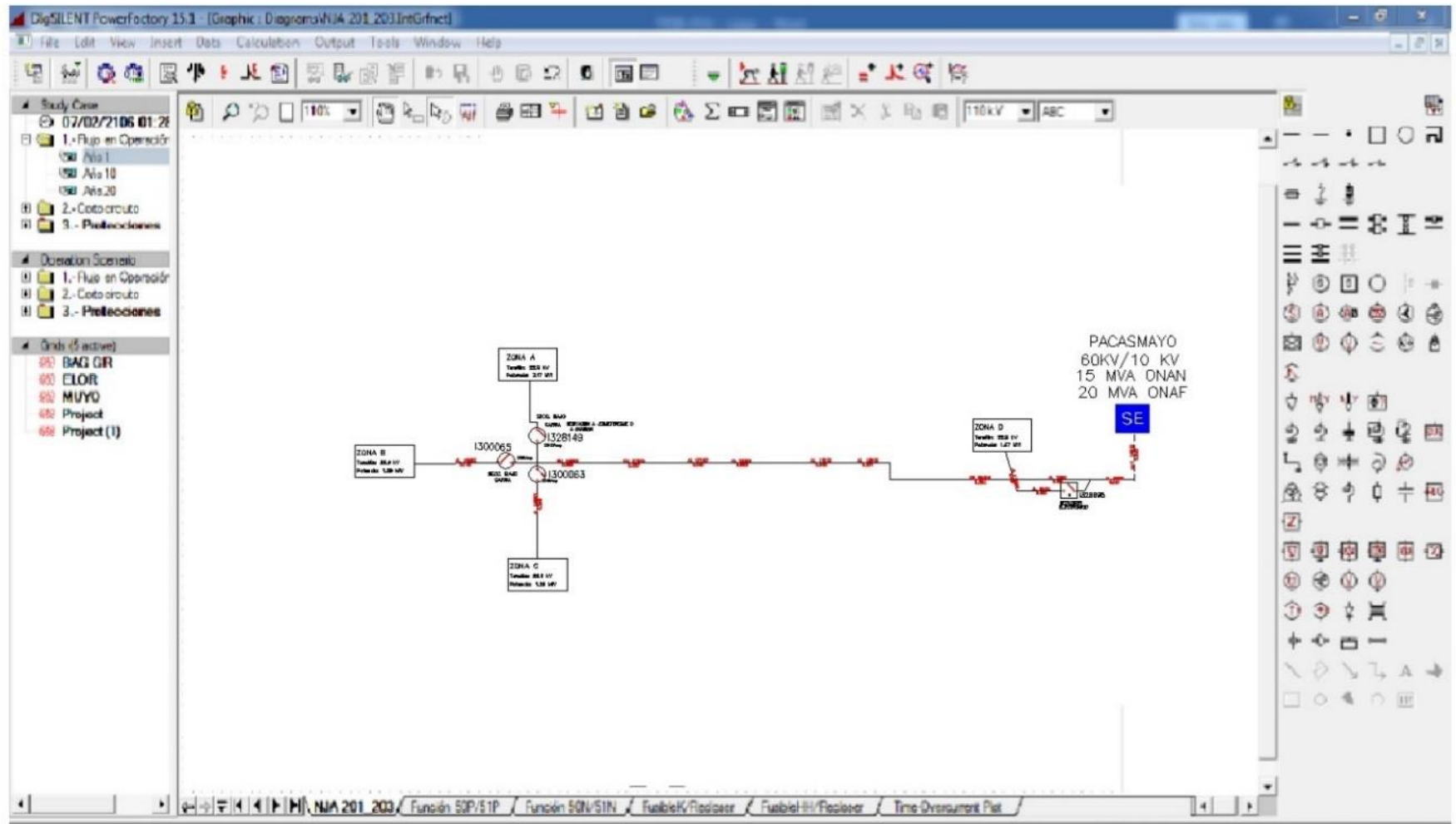
Fuente: Elaboración propia

#### 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 DigSILENT PowerFactory 15.1 software interface. The main window displays a table with the following data:

ALIMENTADOR	TENSIÓN (kV)	FALLA MONOFÁSICA			FALLA BIFÁSICA A TIERRA						FALLA TRIFÁSICA		
		Sk <sup>o</sup> A (MVA)	Ik <sup>o</sup> A sim (kA)	Ik <sup>o</sup> A asim (kA)	Sk <sup>o</sup> B (MVA)	Ik <sup>o</sup> B sim (kA)	Ik <sup>o</sup> B asim (kA)	Sk <sup>o</sup> C (MVA)	Ik <sup>o</sup> C sim (kA)	Ik <sup>o</sup> C asim (kA)	Sk <sup>o</sup> A (MVA)	Ik <sup>o</sup> A sim (kA)	Ik <sup>o</sup> 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 DigSILENT

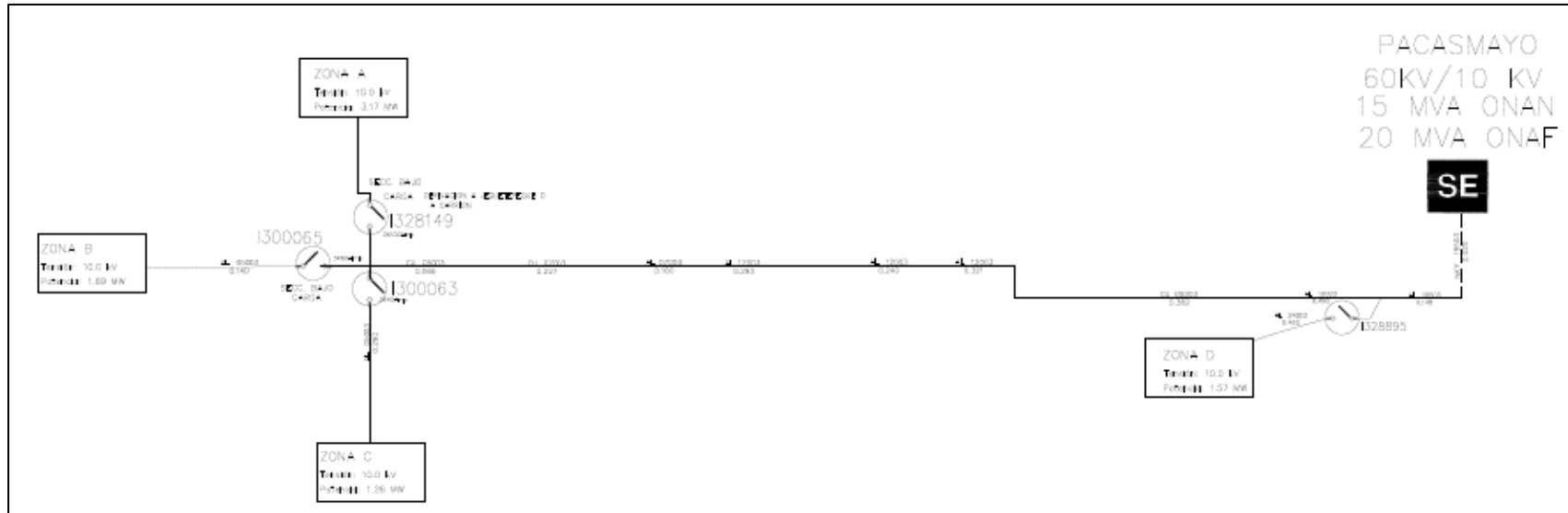
Tabla 5: Resultados las máximas corrientes de falla obtenidas por nivel de tensión

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)
<b>Zona A</b>	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
<b>Zona B</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
<b>Zona C</b>	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
<b>Zona D</b>	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

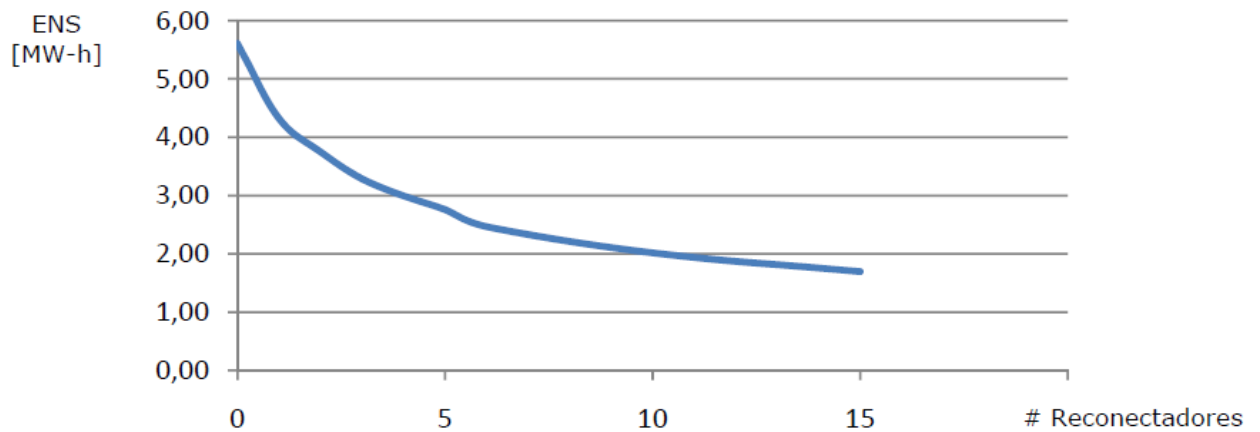


Fuente: Elaboración propia

### 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

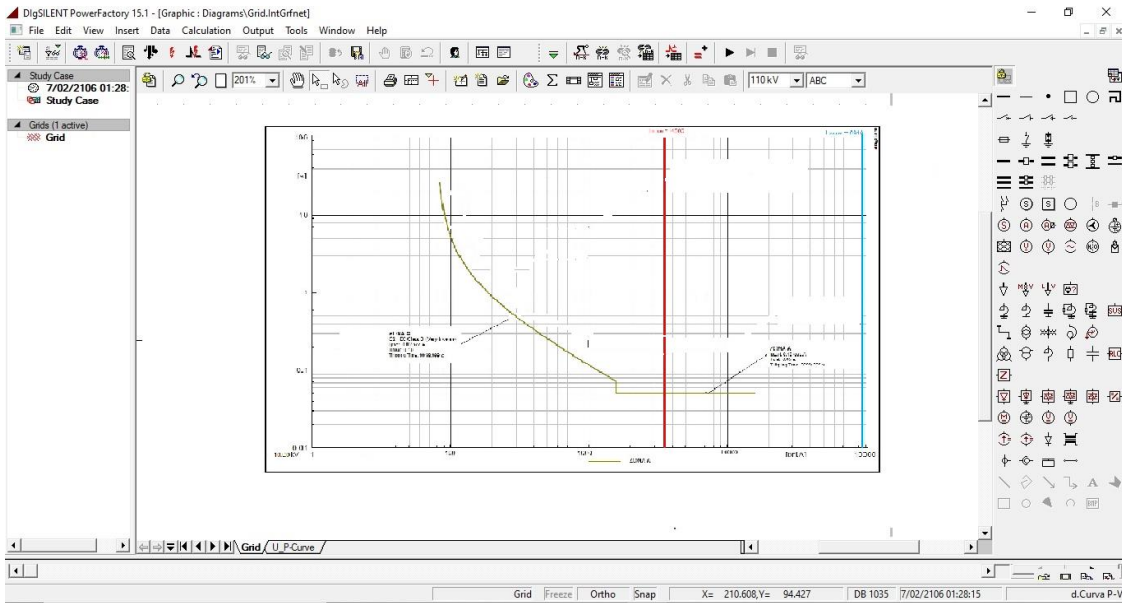
Dentro de las principales ventajas que presenta la curva de saturación es que permite ubicar óptimamente el recloser, así como su dimensionamiento del número en todo el circuito del alimentador.

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

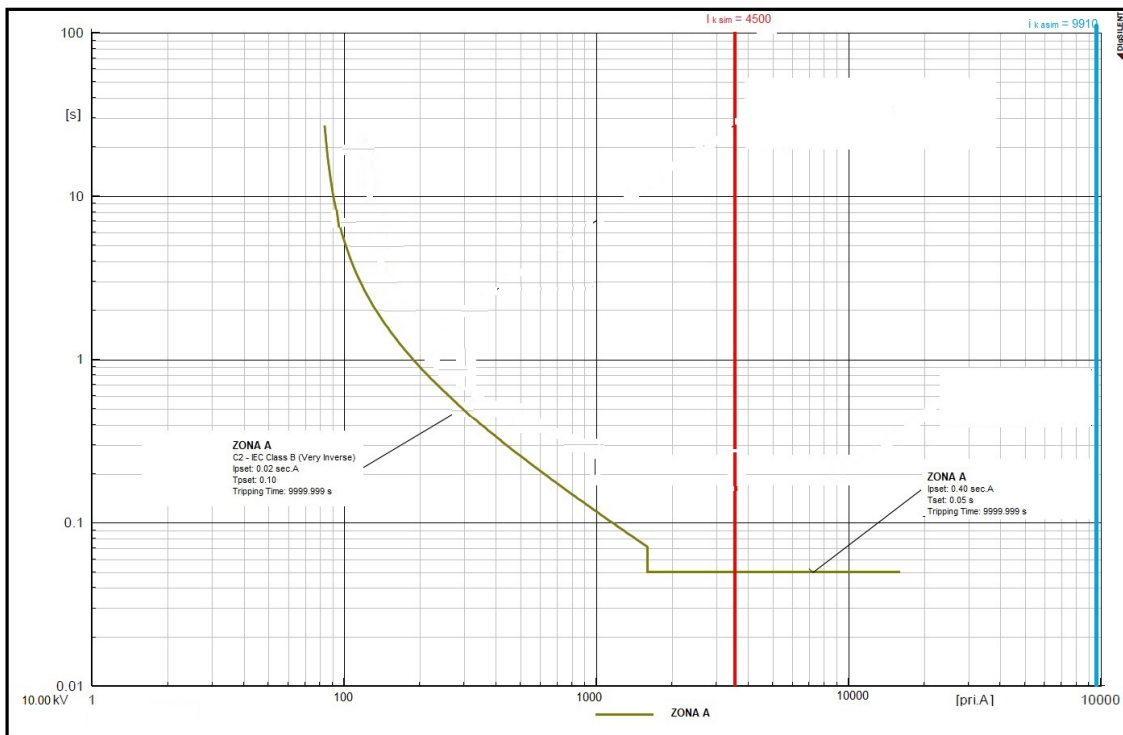
Para las curvas de impacto de los reconectores se ha hecho uso del software DlgSILENT PowerFactory, cuyos resultados se muestran a continuación:

Figura 7: Falla trifásica del Recloser de Zona A



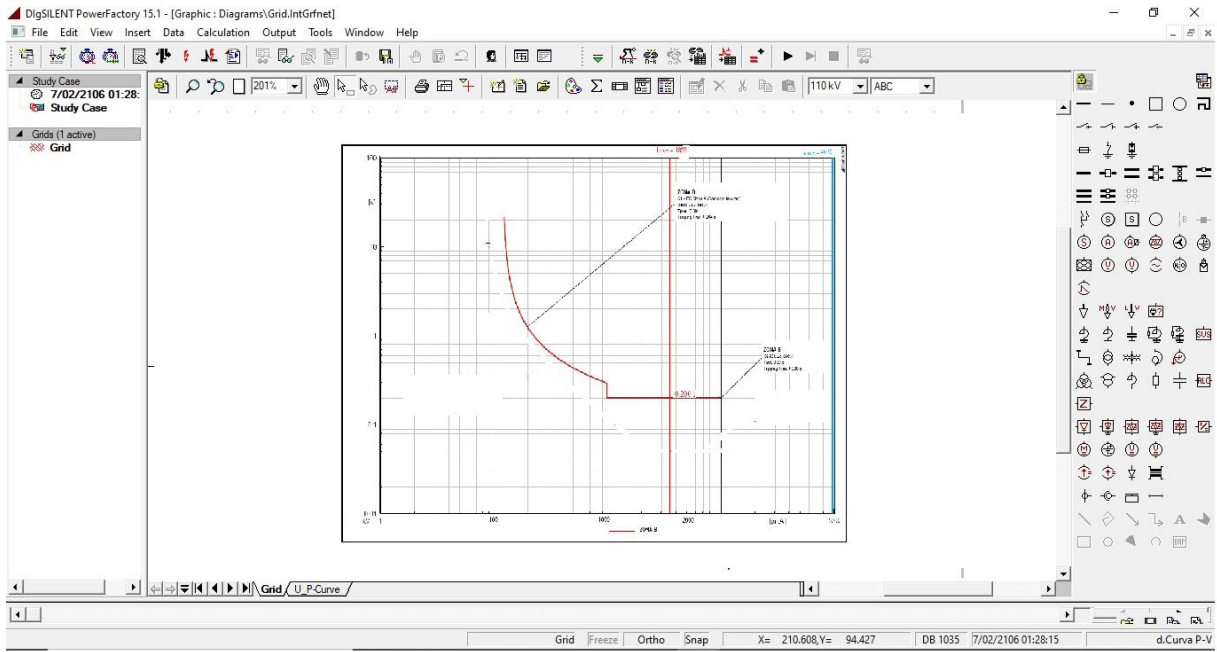
Fuente. Simulaciones en DigSILENT

Figura 8: Falla trifásica del Recloser de Zona A



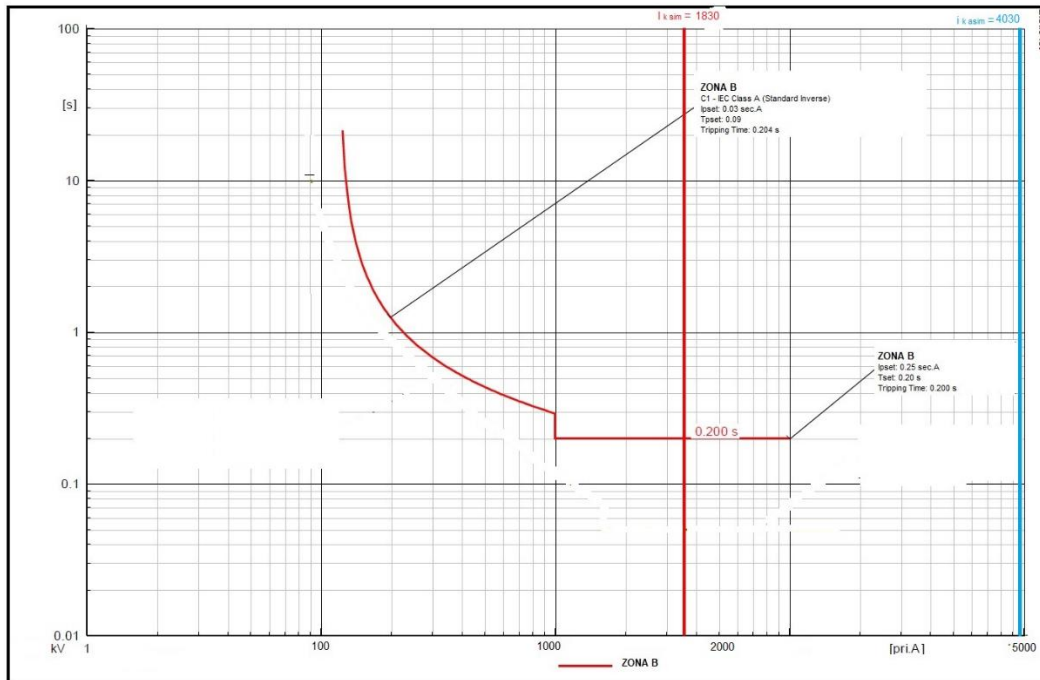
Fuente. Elaboración Propia en base a Simulaciones en DigSILENT

Figura 9: Falla trifásica del Recloser de Zona B



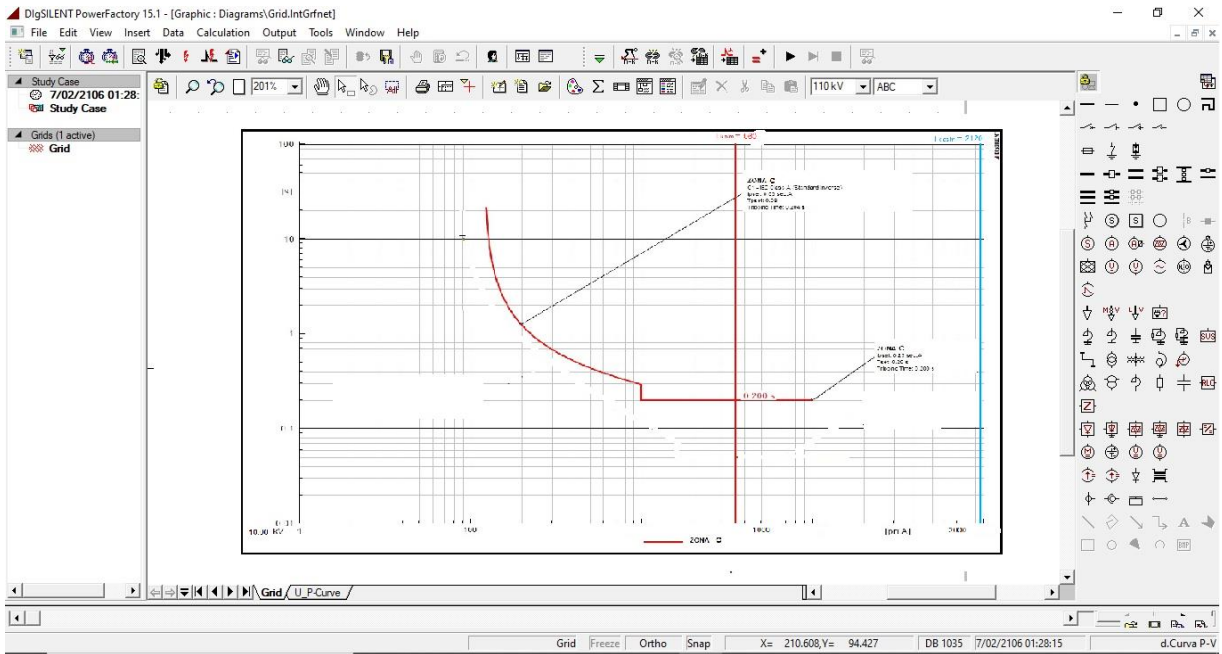
Fuente. Simulaciones en DigSILENT

Figura 10: Falla trifásica del Recloser de Zona B



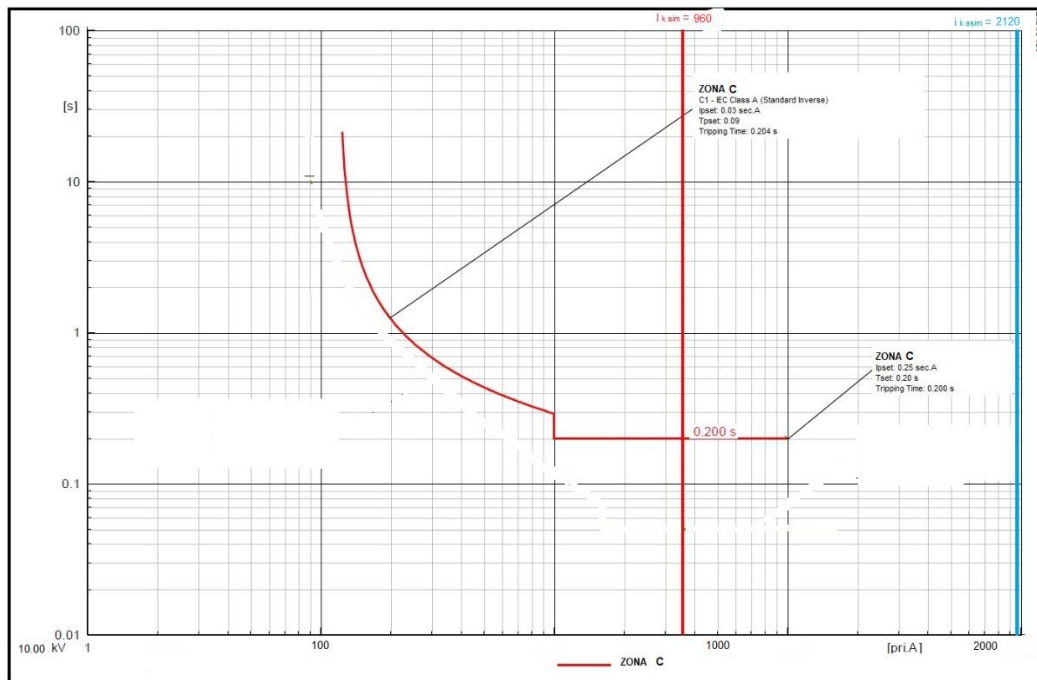
Fuente. Elaboración Propia en base a Simulaciones en DigSILENT

Figura 11: Falla trifásica del Recloser de Zona C



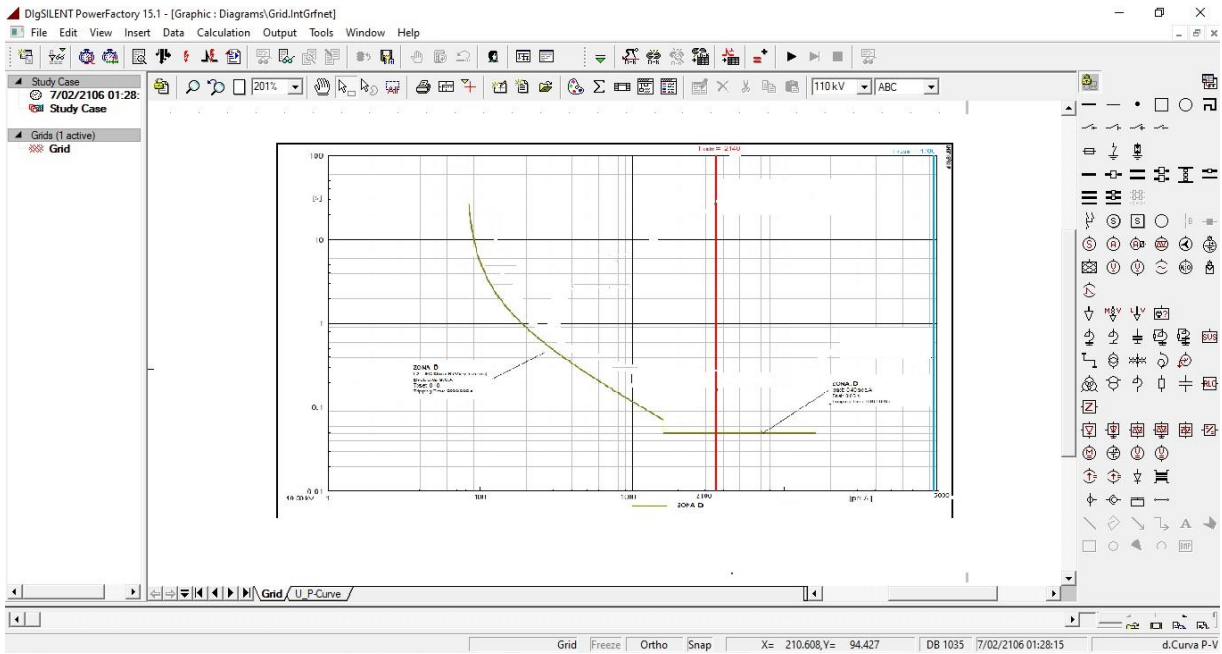
Fuente. Simulaciones en DigSILENT

Figura 12: Falla trifásica del Recloser de Zona C



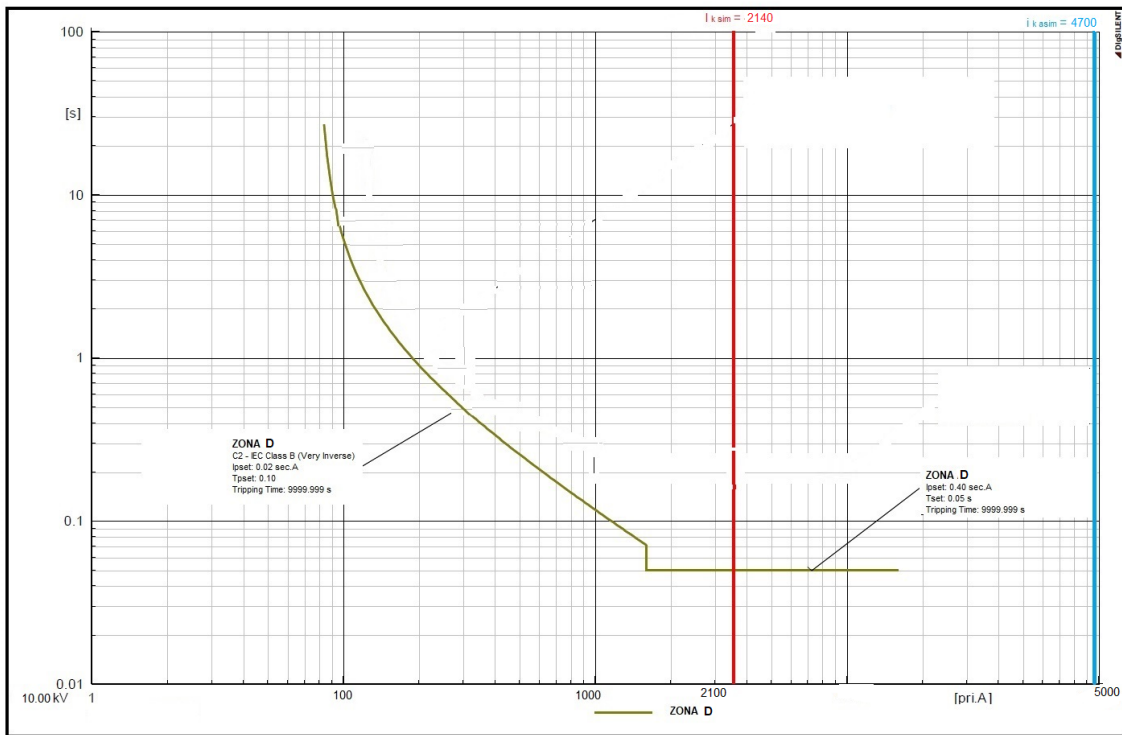
Fuente. Elaboración Propia en base a Simulaciones en DigSILENT

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:

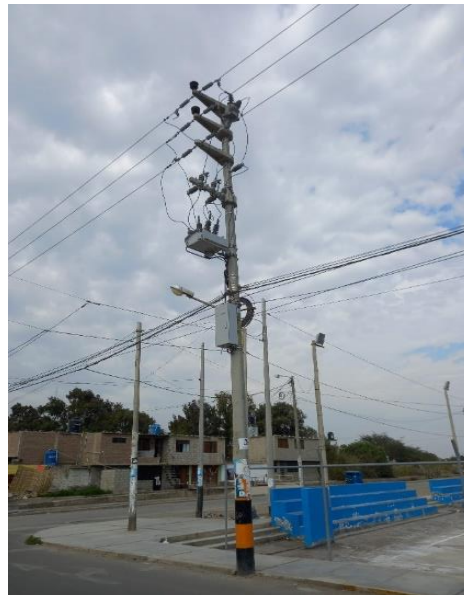
#### **ZONA A:**

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
<b>EGRESOS</b>	<b>-153163,67</b>	<b>-36000</b>	<b>-36000</b>	<b>-36000</b>	<b>-36000</b>	<b>-36000</b>
Inversión	-153163,67					
Mantenimiento		-36000	-36000	-36000	-36000	-36000
<b>INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>114300</b>	<b>114300</b>	<b>114300</b>	<b>114300</b>	<b>114300</b>
Energía		114300	114300	114300	114300	114300
<b>BENEFICIOS</b>	<b>-153163,67</b>	<b>78300</b>	<b>78300</b>	<b>78300</b>	<b>78300</b>	<b>78300</b>

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 reconectadores y de 63% para los 04 reconectadores.

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 Reconectadores a instalar, concluyendo de forma fehaciente la instalación de los 04 reconectadores 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 reconectadores, estos ante una falla eventual, apertura el circuito y después de un determinado tiempo, si es que la falla ha sido eventual, el reconectador 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><b>Variable Independiente</b> 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"> <li>• Tensión</li> <li>• Intensidad de Corriente</li> <li>• Máxima Demanda</li> <li>• Nivel de protección.</li> <li>• Selectividad</li> <li>• Tiempo de actualización</li> </ul>	<p>Proporción</p>

<p><b>Variable Dependiente</b> 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. (Minas, 1997, pp.23)</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"> <li>• System Avarage Interruption Duration Index (SAIDI)</li> <li>• System Avarage Interruption Frecuency Index (SAIFI)</li> </ul>	<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**

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



**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	<b>0,24</b>	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	<b>0,24</b>	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

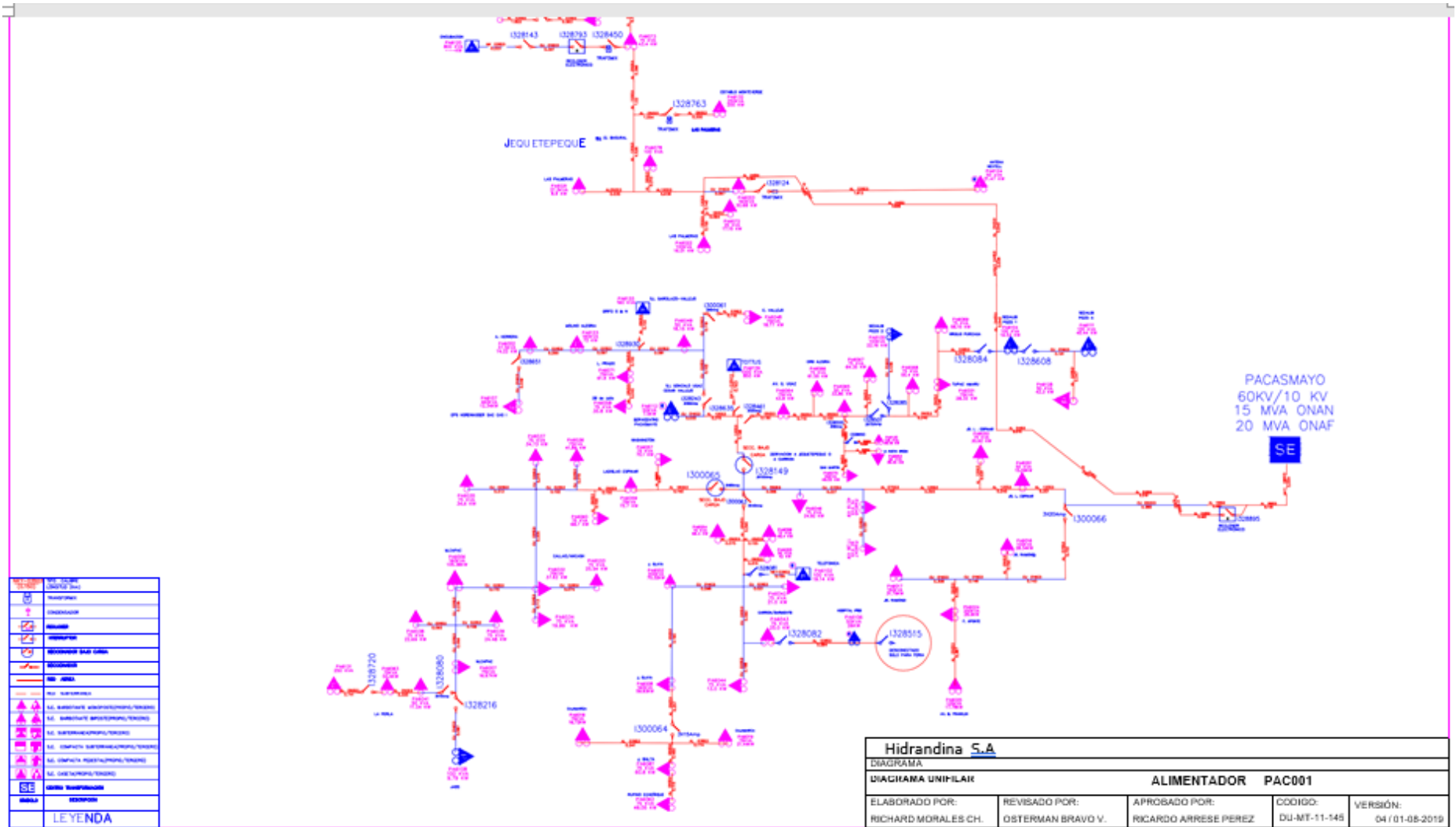
PA6049	Jr. Aurelio Herrera-Garcilaso de La vega	50	27,9	0,56	01-03-19 al 15-03-19	382	382	385	383,00	0,85	20,71	24,37
PA6050	Jr. Ladislao Espinar-América	75	70,0	0,93	01-03-19 al 15-03-19	360	379	380	373,00	0,85	27,70	32,58
PA6051	av. Enrique Valenzuela	50	28,2	0,56	01-03-19 al 15-03-19	385	384	385	384,67	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

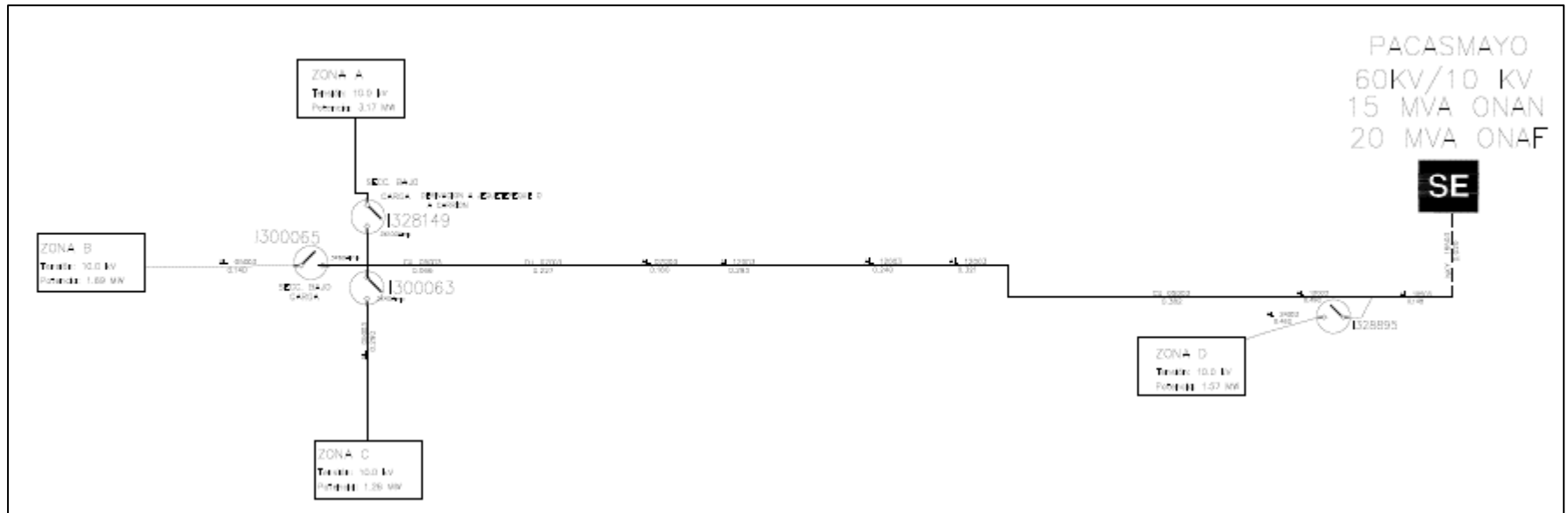


## ANEXO 06: Diagrama Unifilar del Alimentador AMT PAC001- Pacasmayo antes de la implementación del Sistema Inteligente



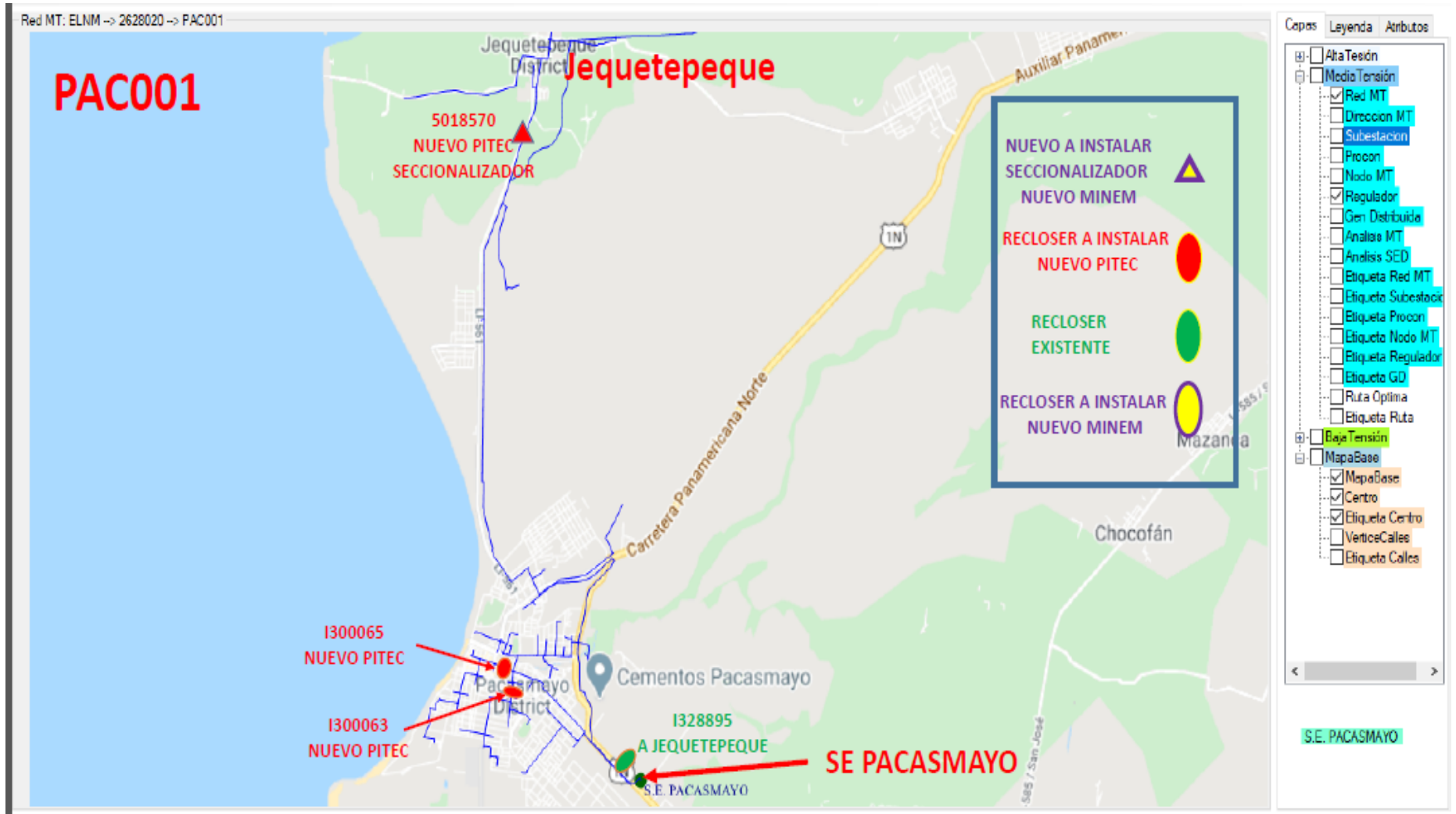
Fuente: Sistema Optimus NGC

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



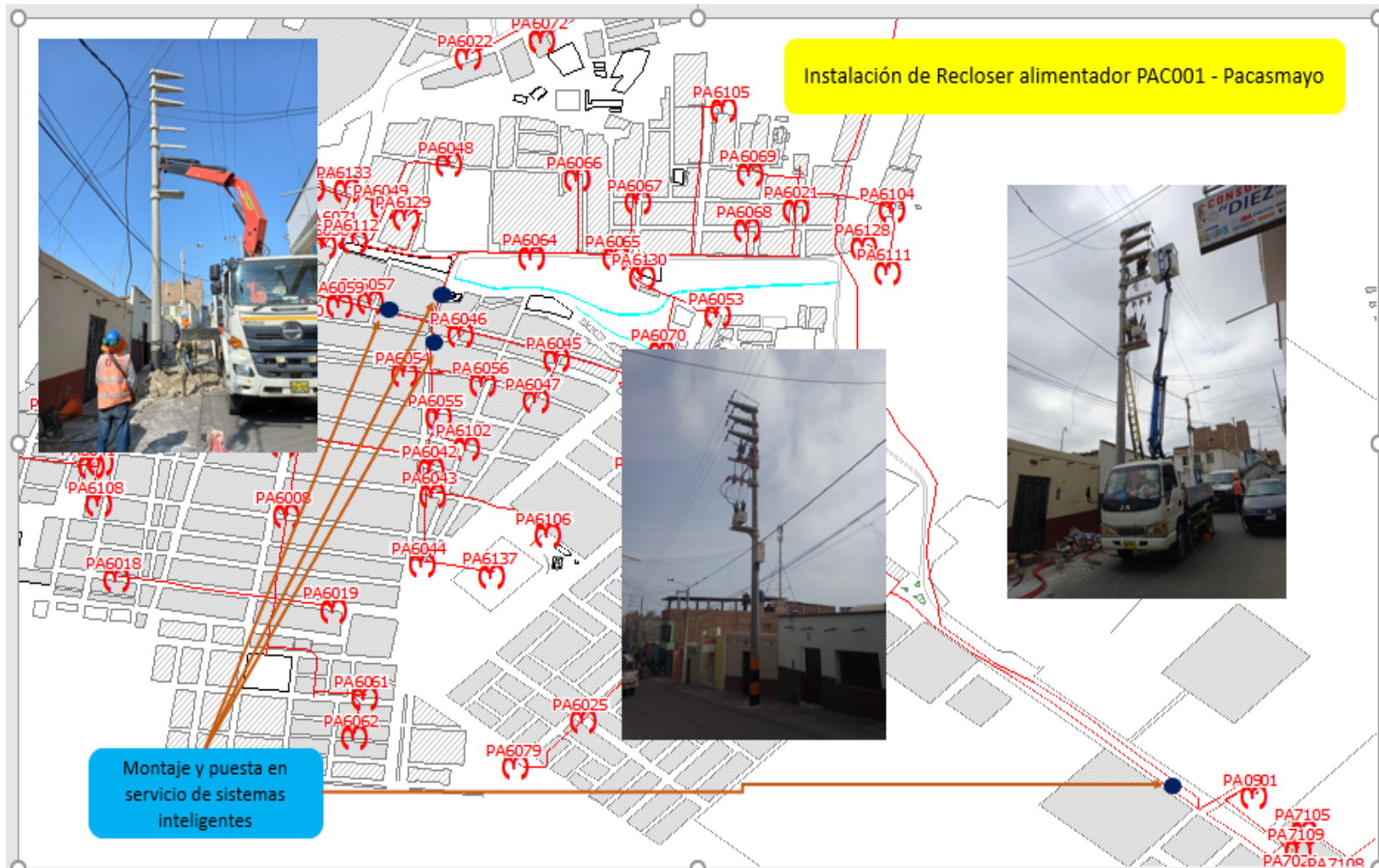
Fuente: Sistema Optimus NGC

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



Fuente: Sistema Optimus NGC

**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 Host Shutdown Activated 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 various keypad functions (PB1-PB6) are configured for different actions like 'Protección', 'Falla de Tierra', 'Falla Tierra Sensible', 'Auto Recarga', 'Carga Fija', and 'Línea Viva'.
- Configuración del GSM:** Phase Configuration set to ABC, Decision of Phase of Power set to RST a ABC, and various backup and check settings are configured.
- Bandejas de Falta:** Check for faults at the end set to checked, and Alarm set to No Enlaceada.
- SNTP:** SNTP set to Desactivado, Version IP set to IPv4, and various IP addresses and update intervals are specified.

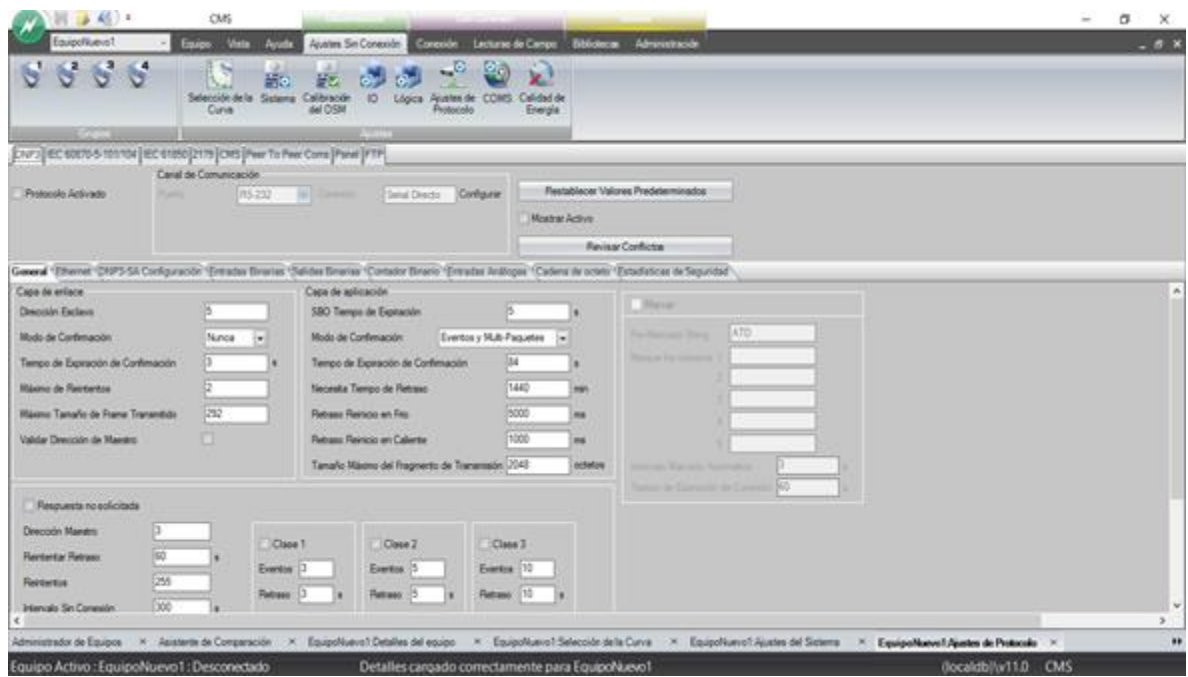
The screenshot shows the 'Ajustes de IO' window with two tables:

**Entrada (Inputs):**

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 (Outputs):**

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





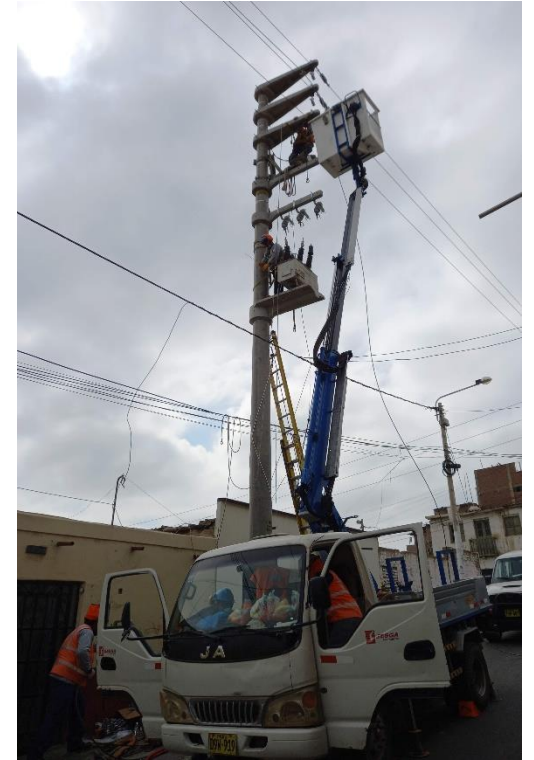
## ANEXO 11: Presupuesto de la implementación de Sistemas inteligentes

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 RECLOSSER	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 A9Gº 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
<b>SUMINISTRO DE MATERIALES</b>												<b>S/. 132,424.31</b>	
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		12.00	S/. 753.72
11	300667	Empalme de conductor MT (Entorche o conector)	u	S/. 33.19		24.00			12.00	9.00		57.00	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	15.00	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
<b>MONTAJE ELECTROMECHANICO</b>												<b>S/. 20,739.36</b>	

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
<b>SUB-TOTAL SIN I.G.V.</b>		<b>S/. 153,163.67</b>	<b>S/. 153,163.67</b>

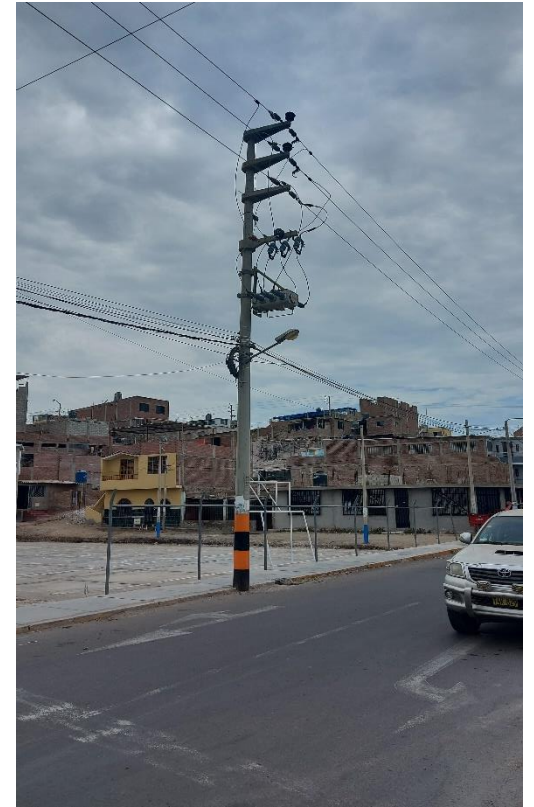
Fuente: Elaborado por el autor

## ANEXO 12: Vistas fotográficas de la implementación de Sistemas inteligentes

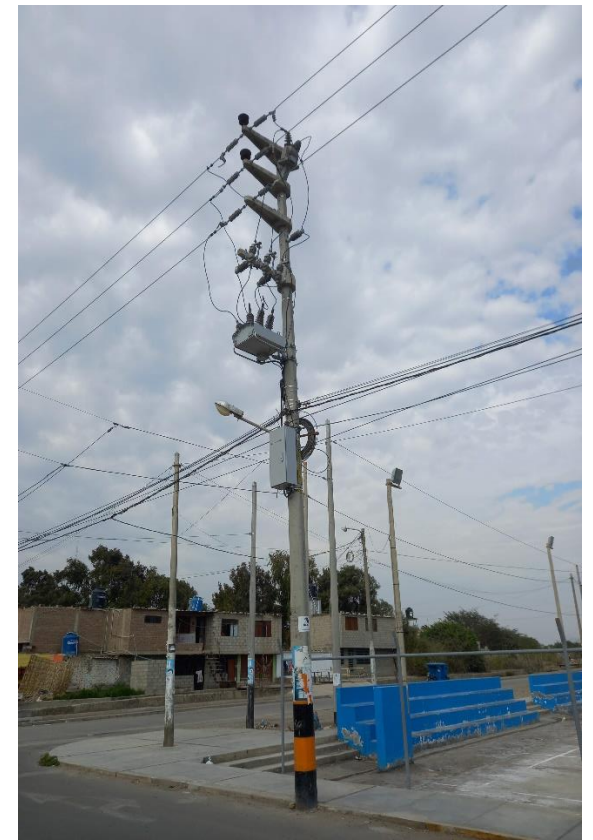


Fuente: Elaborado por el autor





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:  $I_{ASI}$  (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:  $I'_{PMMax} = 2,7 I''_{KMax}$ ;

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 [ $\Omega$ ].
- $Z_2=R_2+jX_2$  : Impedancia del circuito equivalente de Thevenin de la red de secuencia negativa en el punto de falla, en [ $\Omega$ ].
- $Z_0=R_0+jX_0$  : Impedancia del circuito equivalente de Thevenin de la red de secuencia cero en el punto de falla, en [ $\Omega$ ].
- $I_{CC3F}$  : 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

