



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



**“MEJORA DE LA COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN DE LA
LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN L6026 AZANGARO - HUANCANÉ
60 KV PARA GARANTIZAR EL SERVICIO EN LA SET
HUANCANÉ DEPARTAMENTO DE PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. RICAR RENZO JULIO AMACHI QUISPE

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

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis amados padres Percy Raul Amachi Fernandez y Soledad María Quispe Ramos, por estar conmigo en todo momento, apoyándome incondicionalmente a lo largo de mi formación académica, por su guía y confianza.

A mis hermanos Cristhian Raul y Alex Yamir quienes me han apoyado en mi formación académica profesional porque me inspira a ser una mejor persona cada día.

A mis Queridos Hijos: Jazmín y Sebastián, que han sido el motivo de continuar mis estudios.

A mis amistades y seres queridos por los actos y palabras de aliento, por hacer de esta una etapa para el recuerdo.

RICHAR RENZO JULIO AMACHI QUISPE



AGRADECIMIENTOS

Sobre todo, agradecer en primer lugar a Dios sobre todas las cosas, por darme la fuerza y paciencia para terminar este trabajo de investigación; a si mismo a mis padres por el esfuerzo durante mi formación profesional.

Agradecer a los docentes de la EPIME por guiarme en el camino del aprendizaje durante los años que estuve en la Universidad Nacional del Altiplano Puno.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ESTADO DEL ARTE 14

2.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES..... 14

2.3 ANTECEDENTES NACIONALES 16

2.4 ANTECEDENTES LOCALES 23

2.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 26

2.5.1. Planteamiento del problema 26

2.5.2. Problema general 26

2.5.3. Problema específico 26

2.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 27

2.6.1. Hipótesis general 27

2.6.2. Hipótesis específicas: 27

2.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 27

2.7.1. Objetivo general 27



2.7.2. Objetivos específicos.....	27
2.8. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN	28
2.8.1. Ubicación geográfica.....	28
2.8.2. Condiciones climatológicas.....	28
2.8.3. Topografía - factores del área del proyecto.....	30
2.8.4. Vías de acceso	30
2.8. MARCO TEÓRICO	32
2.8.1. Sistema de protección.....	32
2.8.2. Sistema eléctrico de potencia	33
2.8.3. Teoría de fallas	34
2.8.4. Cálculo de los parámetros de las líneas de transmisión	36
2.8.5. Criterios de protección	40
2.8.6. Objetivos del ajuste y la coordinación de la protección	42
2.9. PROTECCIÓN DE DISTANCIA	43
2.9.1. Zonas de la protección de distancia.....	43
2.9.2. Construcción del rele de impedancia.....	44
2.9.3. Arranque de la protección	44
2.9.4. Tele protección	48
2.9.5. Protección de sobrecorrientes.....	48
2.9.6. Protección de sobretensiones.....	48
2.9.7. Protección direccional	53
2.9.8. Protección diferencial.....	55
2.9.9. Protección de mínima frecuencia	56

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	58
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	58



3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN.....	59
3.4.1. Población.....	59
3.4.2. Muestra.....	59
3.4.3. Área de influencia	59
3.4.4. Técnicas e instrumentos para recolectar datos	60
3.4.5. Procedimiento de recolección de datos	60

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MÁXIMA DEMANDA	62
4.2. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA	63
4.2.1. Sobre la frecuencia de fallas en la línea, en alimentadores.....	63
4.2.2. Duración de mayor tiempo de falla	64
4.3. ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO MONOFÁSICO.....	64
4.4. ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO	65
4.5. RESPUESTA DEL ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN	68
4.5. DISCUSIÓN.....	71
V. CONCLUSIONES.....	72
VI. RECOMENDACIONES.....	73
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	74
ANEXOS.....	77

Área : ELECTRICIDAD

Línea : SISTEMAS DE POTENCIA Y PROTECCION

FECHA DE SUSTENTACION: 18-05-2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Clima en Azangaro	29
Figura N° 2: Clima en Huancané	29
Figura N° 3: Rutas de acceso entre las SET Azangaro Y Huancané.....	31
Figura N° 4: Rutas de acceso a la SET Azangaro	31
Figura N° 5: Rutas de acceso entre la SET Huancané.....	32
Figura N° 6: Modelo de linea de transmision.....	37
Figura N° 7: Zonas de protección de distancia.....	43
Figura N° 8: Diagrama de bloques de relé de impedancia	44
Figura N° 9: El arranque por sobre corriente en la zona in	45
Figura N° 10: Arranque y curva de operación.....	46
Figura N° 11: Arranque selectivo por fase	47
Figura N° 12: Arranque por impedancia	47
Figura N° 13: Esquema básico de tele protección.....	48
Figura N° 14: Sobretensiones transitorias	50
Figura N° 15: Fenómeno del rayo	53
Figura N° 16: Polarización a 30°	54
Figura N° 17: Polarización a 60°	54
Figura N° 18: Polarización a 90°	55
Figura N° 19: Zona de protección de equipo.....	55
Figura N° 20: Esquema automático de rechazo de carga	56
Figura N° 21: Esquema básico para el modelado de protecciones.....	57
Figura N° 22: Área de influencia trazado de línea existente	59
Figura N° 23: Máxima demanda ejecutada mensual en kw	63
Figura N° 24: Tiempos críticos de falla	64



Figura N° 25: Representación gráfica de los resultados obtenidos ante corto circuito monofásico	64
Figura N° 26: Estudio de cortocircuito trifásico relé a la salida Azángaro	65
Figura N° 27: Ajustes del DIGSILENT derivacion Azangaro Putina.....	65
Figura N° 28: Ajustes de los parametros de la linea en digsilent.....	66
Figura N° 29: Área de influencia diagrama unifilar	66
Figura N° 30: Estudio de corto circuito- corto trifasico en el digsilent.....	67
Figura N° 31: Estudio de corto circuito- corto monofásico en el digsilent.	67
Figura N° 32: Oscilografia de actuación de falla bifásica	68
Figura N° 33: Oscilografia de actuación de falla a tierra	68
Figura N° 34: Oscilografia de actuación de falla por descarga atmosférica afectando a 2 fases.....	69
Figura N° 35: Oscilografia de actuación de falla por descarga atmosférica afectando a 1 fase	69
Figura N° 36: Oscilografia de descarga atmosférica fase-tierra.....	70
Figura N° 37: Oscilografia de falla de neutro	70
Figura N° 38: Falla a causa de descarga atmosférica	71



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Máxima demanda mensual en la línea 6026 Azangaro-Huancané del año 2020.....	62
Tabla N° 2: Cantidad de fallas por alimentador	63



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

DIgSILENT	Digital SImuLation and Electrical NeTworks
ETAP	Electrical Transient and Analysis Program
CNE	Código Nacional de Electricidad
SEP	Sistema Eléctrico de Potencia
SET	Subestación de Transformación
SPAT	Sistema de Puesta a Tierra
DMG	Distancia Media Geométrica
ELECTRO PUNO S.A.A.	Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad de Puno S.A.A
ELPU	Electro Puno S.A.A.
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
MVA	Mega Volt Amper, unidad de medida de potencia total
V_n	Tensión Nominal
m.s.n.m.	Altitud en Metros Sobre el Nivel del Mar



RESUMEN

El presente trabajo de investigación ha tenido como objetivo optimizar el ajuste de coordinación de protección en la línea de subtransmisión L6026 Azangaro – Huancané 60 KV, atendida por la Empresa Concesionaria de Distribución de Energía Eléctrica ELECTRO PUNO S.A.A ubicada en el departamento de Puno, aplicando el método de investigación descriptivo correlacional. Para lo cual se empleó los reportes de medición, se analizó el comportamiento de los parámetros de la línea (tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, frecuencia). Con los datos se simuló los diferentes tipos de fallas que se producen en la operación de la línea de subtransmisión con software obteniendo las oscilografías. De acuerdo a los gráficos obtenidos de los ajustes de relé con el software se comparó configuración de los relés de protección de acuerdo a la zona de protección y se encontró que no existe mal ajuste de coordinación de protección, con lo que se garantiza el correcto ajuste de coordinación de protección en el servicio de la SET Huancané cumpliendo los requisitos básicos de la ingeniería de protecciones, los cuales son: la rapidez en operación, selectividad y la seguridad.

Palabras clave: Coordinación, protección, subtransmisión, fallas, medición



ABSTRACT

The objective of this research work was to optimize the protection coordination adjustment in the L6026 Azangaro - Huancané 60 KV subtransmission line, served by the Electric Power Distribution Concession Company ELECTRO PUNO SAA located in the department of Puno, applying the correlational descriptive research method. For which the measurement reports were used, the behavior of the line parameters (voltage, current, active power, reactive power, power factor, frequency) was analyzed. With the data, the different types of failures that occur in the operation of the subtransmission line with software were simulated, obtaining the oscillographs. According to the graphs obtained from the relay settings with the software, the configuration of the protection relays was compared according to the protection zone and it was found that there is no bad adjustment of protection coordination, with which the adjustment is guaranteed. correct coordination of protection in the SET Huancané service, fulfilling the basic requirements of protection engineering, which are: speed of operation, selectivity, safety.

Keywords: Coordination, protection, sub-transmission, faults, measurement



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se justifica por cuanto las interrupciones del servicio producidas por fallas presentes en las líneas de Transmisión de energía eléctrica, son recurrentes en el tiempo, y más en temporadas de lluvias (avenida) lo que ocasiona cortes de energía no programados que afecta directamente a los usuarios y a la vez ocasiona pérdidas económicas a la empresa.

La disponibilidad de las instalaciones, junto con los diversos equipos y componentes, dependen de la coordinación de protección de la línea de subtransmisión Eléctrica L6026y el tiempo de reposición del servicio eléctrico.

El ajuste de coordinación de protección debe ser fiable y debe actuar en el tiempo requerido.

El ajuste de coordinación de protección será relevante para la línea de subtransmisión y para los usuarios que están conectados a estas redes, al beneficiarse de manera directa, permitiendo aumentar la disponibilidad de la línea. Además, representa un beneficio para la Empresa, porque contribuye a garantizar la satisfacción de sus necesidades en el tiempo requerido y con la calidad especificada.

En el estudio se toma énfasis en los diversos criterios para la coordinación de protección de líneas de transmisión y a las oscilografías de fallas para ver el tiempo de actuación.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ESTADO DEL ARTE

A continuación, se presentan diferentes investigaciones desde el campo internacional, nacional y local relacionados con el problema de investigación, la coordinación de protección y objetivos específicos flujo de potencia y Simulación de las fallas.

2.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

(Acuña,J. 2016) *Coordinación de protecciones en una red de media y alta tensión de universidad de bio-bio facultad de ingeniería departamento de ingeniería eléctrica y electrónica Concepción-Chile* [tesis de pregrado publicada universidad de bio-bio facultad de ingeniería departamento de ingeniería eléctrica y electrónica] repositorio institucional-Chile <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/2248>

(Acuña,J 2016)En el presente seminario de titulación se realizó: Un estudio de las consideraciones mínimas, tanto eléctricas que se deben considerar al momento de diseñar e implementar líneas de transmisión. Un modelamiento, en tanto por uno, de los diferentes elementos que conforman un sistema eléctrico de potencia, incluido las líneas de transmisión, líneas de distribución, motores sincrónicos, transformadores trifásicos y alimentadores. Dimensionamiento de los sistemas de protecciones eléctricas: interruptores de poder, transformadores de corriente y relés usados de sobrecorriente de estado sólido, determinando las diferentes características de los equipos. Un estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones eléctricas mediante un método analítico. Su importancia en el estudio analítico de las protecciones de las líneas de transmisión. En



sus objetivos se encontró modelar los elementos que conforman un sistema eléctrico de potencia en las redes de secuencia positiva, negativa y cero con esto elaborar la propuesta de ajuste de relés electrónicos de sobrecorriente para falla trifásica el cual es muy importante ya que en la presente se analiza el ajuste de coordinación de protecciones.

Estudio de coordinación de protecciones en la empresa TECNOGLASS S.A. Barranquilla-Colombia [Tesis de pregrado publicada- Universidad de la Costa] repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11323/6062>

En el estudio de coordinación de protecciones de la empresa TECNOGLASS SA. Las pruebas de cortocircuito se realizaron para conocer la corriente máxima en las barras y para ver el tiempo de operación se realiza un análisis del comportamiento con software.

En las simulaciones llevadas a cabo en su investigación se llegó a la conclusión que había elementos sobre cargados por la baja impedancia de su sistema eléctrico de potencia (generadores); hecho que se refleja en el diagrama unifilar en su sistema.

(Huanca A., 2021) *Coordinación de sistemas de protección en redes de alta tensión* Barcelona-España [Trabajo final de grado publicado Universidad Politécnica de Catalunya, Repositorio Institucional Universidad Politécnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/343583/REPORT.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

(Huanca,A. 2021) La justificación y utilidad de su proyecto de investigación donde se ven distintos casos mediante el software de simulación y de ese modo entender más sobre las protecciones en redes de alta tensión y su coordinación.

Comienza identificando los tipos de fallas más comunes que afectan a SEP, es fundamental conocer el origen de las medidas de protección porque, si no hubiera fallas,



una vez instalado el sistema de potencia, no habría necesidad de protegerlas. Conociendo las principales fallas que afectan a los sistemas eléctricos, hemos explicado las formas más comunes de protección contra las fallas mencionadas. Se ha dado una definición de su funcionamiento y variaciones del mismo tipo de protección que se pueden observar.

(Huanca,A. 2021). Indica en su trabajo de investigación como conclusiones generales que se han obtenido: La combinación de sistemas de protección va más allá de la selectividad entre protecciones de sobre corriente, incluye todo el conocimiento necesario para proteger integralmente el sistema de potencia a través de los diferentes tipos de protección.

(Huanca,A. 2021). Los sistemas de protección están cambiando rápidamente con el desarrollo de la electrónica, las medidas de protección que se empiezan a utilizar hoy en día son muy diferentes de las que se usaban hace 50 años y las nuevas tecnologías siguen desarrollándose. Se debe tener conocimientos sólidos del software a utilizar (como NEPLAN), asimismo saber interpretar las curvas de actuación de las protecciones ya que son herramientas poderosas para cálculo de protecciones; si no se tienen los conocimientos necesarios sobre sistemas eléctricos no se pueden usar para el problema que se quiere resolver.

2.3 ANTECEDENTES NACIONALES

(Lujan,J. 2018) *Análisis de los criterios de diseño basados en las recomendaciones de la NFPA 780 para el desarrollo de un sistema de protección contra descargas atmosféricas de una instalación eléctrica ubicado a la intemperie mediante pararrayos tipo franklyn* [Tesis de pregrado publicada- Universidad Tecnológica del Perú] Repositorio institucional -Universidad Tecnológica del Perú.
<https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/1090>



Las zonas altoandinas de nuestro país presentan descargas atmosféricas por lo que es necesario la protección de las instalaciones a la intemperie con pararrayos siguiendo las recomendaciones de la NFPA 780 y tomar en cuenta: Frecuencia anual de impactos de rayos en la estructura, tolerancia de los rayos , Densidad anual media de impactos de rayos , Nivel Isocerámico , Área Equivalente Colectiva de la instalación , Coeficiente ambiental , Coeficiente para representar la frecuencia aceptable de pérdidas de bienes, Radio de la esfera rodante; donde concluye No toda instalación eléctrica ubicada a la intemperie requerirá de un sistema de protección atmosférica ya que dependerá del resultado de la evaluación de riesgo que se realice.

(OVIEDO, 2016) *Mejoramiento de la coordinación de protección de la mina Toquepala en media tensión* [INFORME TECNICO Publicado Universidad San Antonio Abad del Cusco] Repositorio Institucional Universidad San Antonio Abad del Cusco. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5501>

(OVIEDO, 2016) El presente estudio se realizó en las instalaciones de la mina a cielo abierto Toquepala de la Southern Peruvian Company, orientando su aplicación a mejorar la coordinación de protección de los circuitos eléctricos de la mina Toquepala. El estudio se desarrolló con un enfoque en la situación eléctrica de la mina, detallando en algunos casos los factores eléctricos considerados en el estudio, tales como líneas aéreas, cables de alimentación a palas y perforadoras, estaciones, transformadores principales y móviles.

(OVIEDO, 2016) En cuanto a la filosofía de protección, nos enfocamos en la causa del daño, que puede ser daño no intencional, daño intencional causado por un error humano, o también puede ser causado por factores naturales que son difíciles de controlar. Así mismo se mencionan las características de funcionamiento de diversos



equipos eléctricos que interfieren en la protección del sistema de potencia, tomando como referencia para la evaluación de estos dispositivos, las normas internacionales ANSI, equipos a los que nos referimos son transformadores de corriente, relés fusibles., relé e interruptor de protección contra sobre corriente de tiempo inverso.

(OVIEDO, 2016)El método usado en el cálculo de las Componentes Simétricas es con la ayuda del software de CYME INTERNACIONAL, para determinar exactamente las corrientes de cortocircuito reales en cada barra del circuito eléctrico para los diferentes tipos de falla.

Para realizar el estudio de cortocircuito es necesario obtener las corrientes máximas y con estos se podrá efectuar la mejora de la coordinación de protección; analizando las curvas de operación de sus elementos.

En el caso de los relés utilizados son:

- Relé de sobrecorriente fase – fase; fase – tierra, neutro - tierra.
- En el caso de fusibles:
- Fusibles tipo “K”

Como resultado de este estudio, se realizaron recomendaciones precisas para la implementación y conclusiones generales. Aprobado por el Departamento de Sistemas Eléctricos de la Empresa Sauthern del Perú.

El correcto diagnóstico y dimensionamiento de los transformadores de corriente influyen en el ajuste de los relés de sobrecorriente e interruptores de potencia.

(OVIEDO, 2016)Demuestra en su estudio que es imprescindible efectuar un diagnóstico y un estudio de cortocircuito, para reajustarse en una mejor protección del circuito eléctrico de la mina Toquepala y por tanto mejorar la confiabilidad de operación.



Comparativamente al estudio de protección hecho el año 1993, los nuevos ajustes de los relés de sobrecorriente y fusibles como resultado de los cálculos efectuados, garantizaran una mejor protección en el circuito eléctrico Mina Toquepala.

(Cruz,R. 2018) *Metodología para localizar fallas en las líneas de transmisión l-6018 66kv y l-1030 33kv asistido por computador* [Tesis publicada Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco] Repositorio institucional Tesis publicada Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
<http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5265>

Las empresas concesionarias de transmisión y distribución se enfrentan a fallas de sus sistemas los cuales producen daños en sus líneas de transmisión por lo que es necesario localizarlas y realizar las reparaciones correspondientes cuando sea necesario.

(Cruz,R. 2018). El estudio da a conocer métodos de localización de fallas en las líneas de transmisión donde se usan mediciones de tensión y corriente en un solo extremo (impedancia); análisis de archivos comtrade (Estándar IEEE Std C37.111-1999) generados por los relés de protección de las líneas L-6018 y L-1030 para su procesamiento y posterior desarrollo de una metodología que estime la distancia de falla usando la data de estos archivos comtrade y los método de localización de errores basado en la regla de posición. El sistema de línea objeto de estudio se ha modelado en el programa Digsilent Power Factory para simular diferentes casos de falta (monofásica, dos fases aisladas, dos fases a tierra y tres fases) con valores eléctricos varias resistencias de falta y la generación de gráficas con tensión y corriente de falta señales para generar archivos comtrade con contraste de estos métodos también verificados con archivo comtrade sobre campos Efectivamente se generaron casos de falla en 2018.



(Cruz,R. 2018). Los métodos de localización de fallas estudiados e implementados en el software utilizado en su estudio fueron :Reactancia Simple, Takagi, Eriksson y Novosel, mencionando que en el método de Eriksson a pesar de requerir la impedancia equivalente del extremo opuesto se pudo implementar mediante la estimación de este dato. En sus conclusiones menciona la importancia de : Los registros comtrade como base de datos para la localización de fallas y estos se obtienen de los relés de protección. Estos registros comtrade están representados fundamentalmente por 2 tipos de archivos configuración (*.cfg) y de datos (*.dat) que son obligatorios para reconstruir completamente el significado de los valores que contienen. Se realizó el procesamiento de estos archivos obteniéndose valores instantáneos de las señales de tensión y corriente en forma discreta, para luego con estos datos calcular fasores y valores eficaces mediante la DFT y utilizando el concepto de ventana deslizante, también se

1. Se calculan los fasores estáticos y se aplican la secuencia y la tensión y la corriente previa a la falla a los métodos de localización. El uso de programas informáticos es necesario debido a la gran cantidad de datos a procesar y los procesos casi repetitivos.
2. Se evaluaron 4 métodos de localización de fallas basados en voltajes y corrientes medidas en un solo extremo (impedancia) como son: Reactancia Simple, Takagi, Eriksson y Novosel, y mediante la comparación de resultados con software reconocido, se determinó que algunos métodos presentan menores errores que otros .
3. La metodología propuesta presenta 3 etapas para localizar fallas en líneas de transmisión cortas, en la primera se realiza la lectura y procesamiento de los archivos comtrade para obtención de valores reales muestreados de las señales de tensión y corriente, en la segunda se realiza el procesamiento de estos datos discretos para ser usados por los métodos de localización (calcula fasores, valores RMS, voltajes y



corrientes de secuencia y de prefalla) y en la tercera etapa se realiza propiamente la localización de la falla a través de la regla de localización.

4. Se ha desarrollado un producto de software basado en la metodología propuesta y se considera un buen ítem para el mantenimiento de líneas de transmisión cortas y es una buena herramienta para las empresas que operan líneas de transmisión de alta velocidad de características similares a las líneas L6018 y L1030. .
5. Si bien es cierto que los métodos de localización de fallas basados en impedancia y con medición asimétrica tienen errores significativos para valores grandes de resistencia al error, siguen siendo una buena alternativa para estimar el cálculo de la distancia de falla en redes analógicas en las líneas L1030 y L6018, donde existe no hay relés de falla en el extremo opuesto y donde no hay suficiente presupuesto para instalar equipos adicionales como relés de distancia o localizadores de fallas.
6. Según los resultados obtenidos con los datos de fallas simulados tenemos que para los casos de falla con resistencia de falla igual a 0 (caso ideal) los 4 métodos estudiados son prácticamente exactos con errores menores al 0.03%, pero como su nombre lo dice son casos ideales.
7. Al momento de la culminación de este trabajo solo se verifico y valido el programa con archivos comtrade creados por Digsilent a partir del modelamiento de los sistemas de las líneas L-6018 y L-1030, el cual también se probó con archivos contra de reales de casos de fallas reales presentados en las líneas L-6018 y L-1030 durante el periodo 2018, obteniéndose resultados válidos.
8. De los resultados obtenidos en su estudio se concluye que las fallas más difíciles de localizar son las fallas monofásicas de alta resistencia en red no radial, ya que su localización depende tanto de resistencia de falla como de la distancia a la que esta se produce.



(Barrientos,F. 2018) *Mejoramiento de la calidad de suministro frente a las sobretensiones de origen atmosférico en el alimentador de Cachimayo: CA-01*[Tesis publicada Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco] Repositorio Institucional Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
<http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4740?show=full>

Este estudio comprende el mejoramiento del suministro haciendo un análisis de la coordinación de aislamiento y evaluación de las interrupciones del alimentador; asimismo se modela mediante software ATP Draw la protección de pararrayos y cable de guarda.

Da a conocer también que se tiene pararrayos de línea y que los aisladores son inadecuados; estos no garantizan un buen aislamiento frente a sobretensiones.

Se propone el apantallamiento con cable de guarda y también el sistema de pararrayos que sería el más indicado para superar sus deficiencias.

(TICLAVILCA A. , 2018) *Coordinación de protección de la línea de subtransmisión villa rica -puerto Bermúdez y subestaciones en 60 kv*[Tesis publicada Universidad Nacional del Centro del Perú Huancayo] Repositorio institucional Universidad Nacional del Centro del Perú Huancayo.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2974>

Para realizar la coordinación de protección y determinar los ajustes de protección se debe evaluar el comportamiento de los equipos corriendo flujo de potencia mediante software (DigSilent) considerando la máxima demanda y la mínima.

(TICLAVILCA A. , 2018). En su tesis, demostró que la combinación de medidas de protección con el fin de determinar el ajuste adecuado de los relés de protección para



que operen de manera eficiente, operen por un tiempo mínimo y así gestionar la gestión para proteger los equipos relacionados con la falla. Para coordinar las medidas de protección contra sobre corriente, se tienen en cuenta las corrientes de falla mínima y máxima obtenidas durante la operación del sistema.

(TICLAVILCA A. , 2018) Los niveles de corriente de falla tienen que estar por debajo de la capacidad de ruptura de los interruptores de potencia en 60 kV. Para la coordinación de las protecciones de sobrecorriente de fases y de tierra del área en estudio, además se debe tomar como referencia los ajustes actuales de los relés de protección. Para que los relés coordinen se tiene cable de guarda tipo OPGW, que posibilita que el enlace de comunicación entre las subestaciones Oxapampa, Villa Rica y Puerto Bermúdez se efectuó por fibra óptica. Dado que la protección principal son los relés de diferencia de línea (L90) que colocan uno en cada subestación bajo análisis y son protección redundante, para asegurar la redundancia del esquema de protección se considera el relé de distancia multifunción (D60). para falla a tierra se instaló un relé de sobretensión copolar (60N) para proteger la línea en estudio.

2.4 ANTECEDENTES LOCALES

(ESTEVA & CONDORI, 2018) *Análisis, optimización y evaluación de la coordinación de protección contra descargas de origen atmosférico y fallas a tierra en el alimentador 3003 del servicio eléctrico Ananea* [Tesis de Grado Universidad Nacional del Altiplano Puno] Repositorio Universidad Nacional del Altiplano Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7433>

(ESTEVA & CONDORI, 2018) Esta investigación es importante ya que la empresa debe garantizar la confiabilidad de su sistema de transmisión; se sabe que estos están expuestos a disturbios causados por fenómenos naturales..., para lo cual el estudio



deberá cumplir los requisitos básicos de la ingeniería de protecciones, los cuales son: rapidez de operación, selectividad, seguridad, entre otros.

(ESTEVA & CONDORI, 2018) Menciona que se debe Analizar, optimizar y evaluar la coordinación de protección contra descargas de origen atmosférico y deberá cumplir los requisitos básicos de la ingeniería de protecciones. Así mismo encontró en su evaluación del alimentador 3003 del Servicio Eléctrico Ananea, que sus cables de guarda y puestas a tierra estaban en mal estado que sería una de las causas de las cortes; como también las fallas forzadas fueron principalmente originadas a causa de las inclemencias del tiempo y por falta de sistemas de protección.

(HUAYTA, R. 2021) *Diseño del sistema de protección contra sobrecorrientes en media tensión del alimentador 6003 Ayaviri - Puno, aplicando la norma IEC 60909* [Tesis de grado publicada Universidad Nacional del Altiplano Puno] Universidad Nacional del Altiplano Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15240>

(HUAYTA, R 2021) Indica en su estudio que la continuidad del servicio es una condición esencial para mantener una alta fiabilidad en los sistemas de energía eléctrica; las interferencias hacen que el sistema se vuelva inestable; para lo cual, se implementa un sistema de protección rápido aplicando la norma IEC 60909, en ese sentido, como primer objetivo específico se debe realizar el cálculo del flujo de potencia del sistema, para analizar las condiciones operativas, además los criterios considerados en el estudio de flujo de potencia son los niveles de sobrecarga y la regulación de tensión; el sistema de protección se simuló utilizando el software Digsilent.

(HUAYTA, R 2021) menciona en su tesis que aplicando la norma IEC 60909 se puede calcular flujo de potencia del sistema utilizando el software Digsilent – Power Factory, para seleccionar y determinar la coordinación de los equipos de protección. Los



niveles de corriente de corto circuito trifásico y monofásico que se dan en los sistemas eléctricos analizados son tolerables por los elementos de protección proyectados.

(GUTIERRES,U. 2021) *Estudio de coordinación de protección en la subestación de Totorani acorde a los nuevos cambios de la topología en alta y media tensión para el año 2021* [Tesis publicada Universidad Nacional del Altiplano Puno] Repositorio institucional Universidad Nacional del Altiplano Puno.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14279>

Para optimizar los ajustes de relé de sobrecorriente se debe verificar el comportamiento de los componentes, sus valores no deben estar alejados del nominal; además se debe considerar la época de Avenida y estiaje.

(GUTIERRES,R. 2021). Para evitar sobrecargas de tensión se recomienda implementar un reactor en las barras el cual implica un nuevo ajuste que optimiza la sensibilidad del equipo de protección. Su objetivo general fue Proponer un nuevo estudio de coordinación de protecciones acorde a la topología del sistema sierra Sur en las instalaciones de la Subestación Totorani con una proyección al 2021 en sus conclusiones indica :se evaluó los relés de sobrecorriente de fase y tierra en los TPs de la subestación Totorani, se tiene una mejora de calidad de suministro de energía, así como la selectividad y las coordinaciones de relés de sobrecorriente en los transformadores de potencia actúan adecuadamente con mayor confiabilidad acertada, optimizando los tiempos de ajustes lo más rápido posible, así mismo nos garantiza un servicio óptimo y continuo de operación ante la ocurrencia de posibles fallas dentro de la subestación Totorani; Los resultados de tensiones en barra (pu) y (kV) en la subestación Totorani, nos muestra que las tensiones de valores nominales en barras de existentes se encuentran fuera del nominal ,esto ocasionaría posibles sobretensiones en los escenarios de máxima



demanda en periodos Avenida y tensiones bajas en los escenarios de mínima demanda en periodo de Estiaje, estos repercuten a la C.H. San Gaban ya que es la central más grande de la región de puno.

2.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.5.1. Planteamiento del problema

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo optimizar el ajuste de coordinación de protección en la línea de subtransmisión L6026 Azangaro – Huancané 60 KV, ubicada en el departamento de Puno, aplicando el método de investigación descriptivo.

Para lo cual se empleará los reportes de medición, se analizará el comportamiento de los parámetros de la línea (tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, frecuencia).

2.5.2. Problema general

¿Cuáles son las causas de las Interrupciones en el servicio eléctrico y alimentadores que se presentan en la SET Huancané por salidas de la línea de transmisión L-6024 Azangaro-Huancané?

2.5.3. Problema específico

Configuración de relés de protección de la línea de transmisión L-6026 y análisis de actuación de las fallas en el tiempo adecuado



2.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.6.1. Hipótesis general

La mejora de coordinación de protección permitirá que los elementos de control y protección tengan un comportamiento dentro de los límites de tiempos de actuación y así poder superar las fallas en el tiempo menor posible

2.6.2. Hipótesis específicas:

- 1.-Las fallas que se producen son a causa de un mal ajuste de coordinación de protección de la línea de subtransmisión l-6026.
- 2.-Los relés de protección actúan en el tiempo adecuado para la detección de fallas.
- 3.-Esta línea de subtransmisión se caracteriza por la Ubicación geográfica y su derivación t.

2.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.7.1. Objetivo general

Relacionar las fallas en el sistema con el ajuste de coordinación de protección y determinar cuál de estos influye más en la operación de la línea de subtransmisión L6026 Azángaro – Huancané 60 KV, ubicada en el departamento de Puno.

2.7.2. Objetivos específicos

- 1.-Determinar mediante flujo de potencia los elementos críticos y que permita la mejora de coordinación de protección de la línea de sub transmisión L6026 Azangaro – Huancané 60 kV
- 2.-Simular las fallas que ocurren en la línea de subtransmisión L-6026, que permita reducir los tiempos de actuación de los relés de protección



3.- determinar la caracterización de esta línea.

2.8. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

2.8.1. Ubicación geográfica

La zona del proyecto se encuentra ubicada en el Distrito de Azangaro, provincia de Azangaro en la sub estación Azangaro ISA PERU coordenadas UTM -14.914014,-70.205225 y el Distrito de Huancané coordenadas UTM -15.198595, -69.754158, provincia de Huancané en la sub estación Huancané ambos en el Departamento de Puno.

2.8.2. Condiciones climatológicas

En Azángaro, los veranos son cortos, frescos, nublados y los inviernos cortos, muy fríos, secos y nublados. Durante el año, la temperatura suele oscilar entre los 5 °C y los 18°C y rara vez desciende de los 7 °C o sube por encima de los 21 °C.

Según las atracciones, la mejor época del año para visitar Azángaro para actividades de clima cálido es durante todo mayo y desde mediados de julio hasta principios de diciembre.

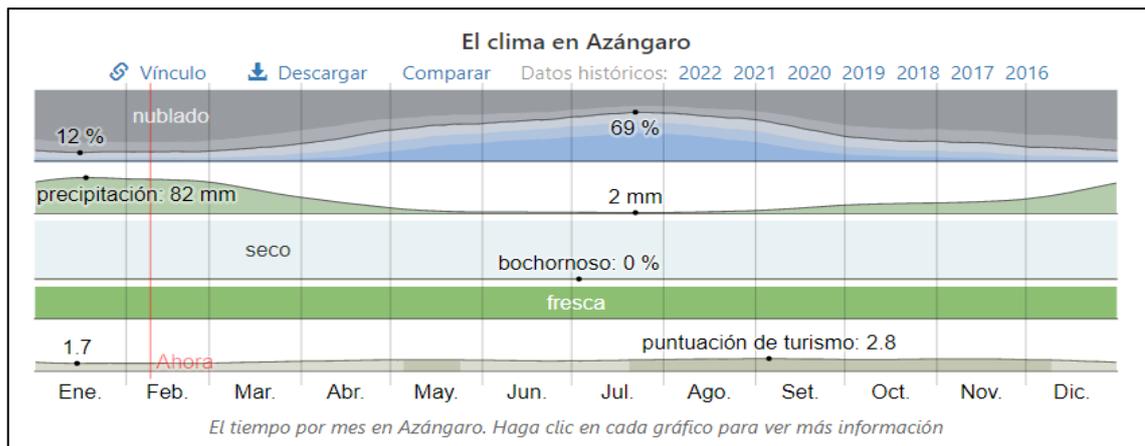


Figura N° 1: Clima en Azángaro

Fuente : <https://es.weatherspark.com/y/26622/Clima-promedio-en-Az%C3%A1ngaro-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Nota: clima durante el año 2020 en Azángaro

En Huancané, los veranos son cortos, frescos, nublados y los inviernos son cortos, muy fríos, secos y mayormente despejados. Durante el año, la temperatura suele oscilar entre 7°C y 1°C, y rara vez baja de los 8 °C o sube de los 16 °C.

Según las atracciones, la mejor época del año para visitar Huancané para actividades de clima cálido es octubre a principios de diciembre.

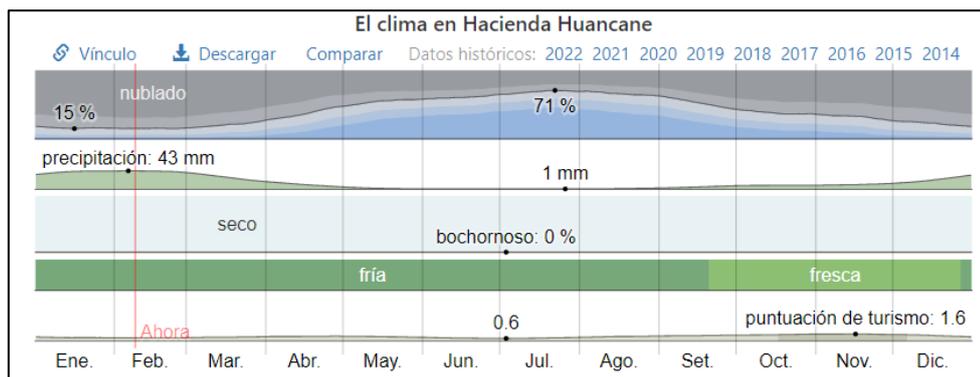


Figura N° 2: Clima en Huancané

Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/26602/Clima-promedio-en-Hacienda-Huancane-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Nota: clima durante el año 2020 en Huancané



2.8.3. Topografía - factores del área del proyecto

La topografía del terreno en el área del proyecto es plana, con laderas y quebradas, incluyendo áreas urbanas de la ciudad y sus alrededores. La elevación del área del proyecto varía entre los 3500 y 4500 m.s.n.m.

2.8.4. Vías de acceso

Para el área de influencia se tienen como principales por vía terrestre y aérea.

2.8.4.1. Vía Terrestre

- Por la carretera: Lima a Arequipa a Juliaca a Puno 1324 Km (18 horas en auto).
- Por la vía Juliaca a Azangaro 1:14h por Calapuja Y 1:25 por Caminaca.
- Por la vía Juliaca a Huancané 1:25 por Caminaca y 1:10 por Taraco.
- Entre las subestaciones Azangaro-Huancané 1 h 44 min (88,7 km)
- por la Carretera Juliaca- Azángaro/PU-113 y Carretera 34H La ruta más rápida.

2.7.8.2. Vía Aérea

Con vuelos regulares a Juliaca desde Lima (1 hora 45 minutos) con escalas y vuelos directos al Aeropuerto Internacional Inca Manco Capac Av. Aviación S/N Urb. Santa Adriana S/N.

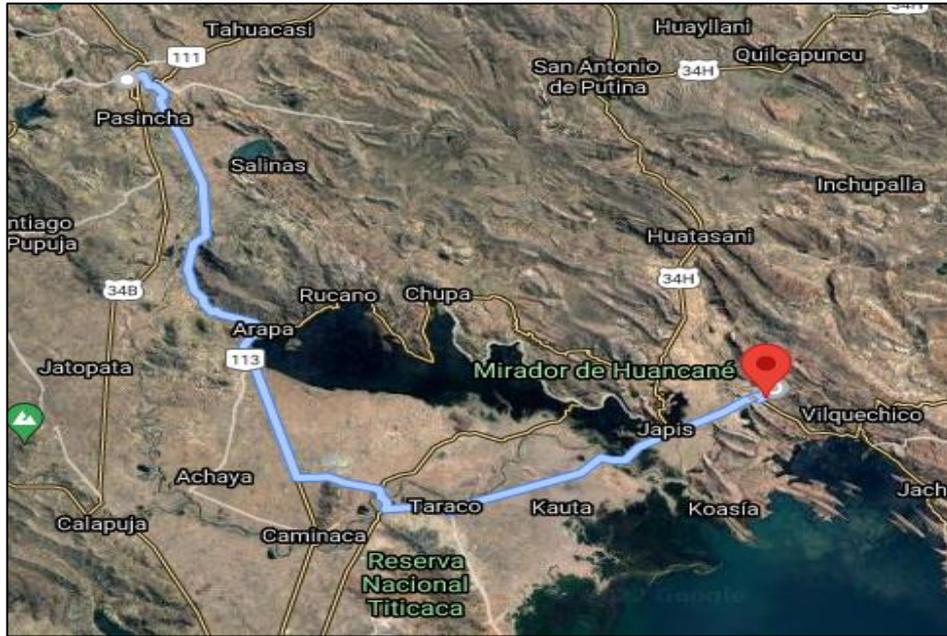


Figura N° 3: Rutas de acceso entre las SET Azangaro Y Huancané

Elaboración propia

Nota: Ruta de acceso Azangaro-Huancané

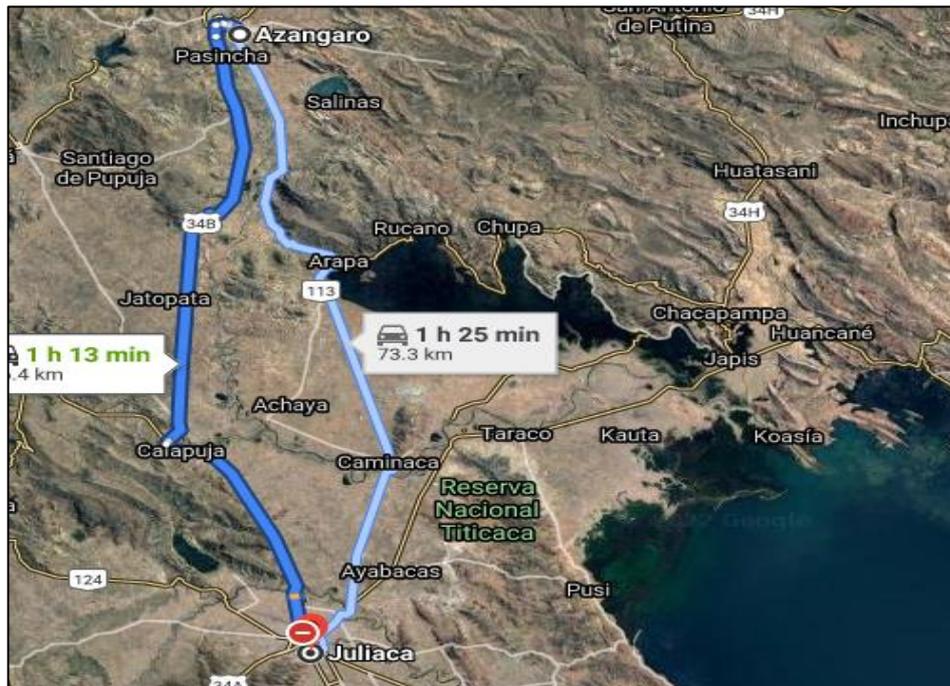


Figura N° 4: Rutas de acceso a la SET Azangaro

Elaboración propia

Nota: Ruta de acceso Juliaca-Azangaro

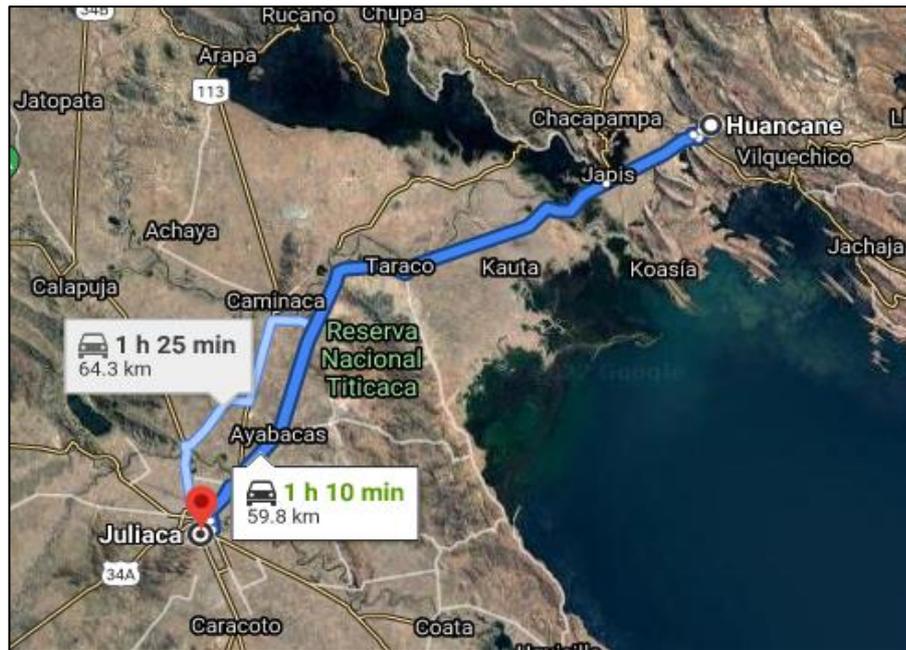


Figura N° 5: Rutas de acceso entre la SET Huancané

Elaboración propia

Nota: Ruta de acceso Juliaca-Azángaro

2.8. MARCO TEÓRICO

2.8.1. Sistema de protección

Es el sistema de supervisión de las magnitudes eléctricas que permite detectar las fallas en los equipos y/o instalaciones del sistema, las condiciones anormales de operación del sistema y el estado inapropiado de los equipos con la finalidad de tomar las acciones correctivas de manera inmediata. (COES-SINAC, 2008)

Por tanto, en las Líneas de Transmisión se requiere contar con un Sistema de Protección que permita:

Aislar las fallas durante la operación y restablecerlas lo antes posible en los siguientes casos: Sobrecorriente por cortocircuito entre tres fases; Sobreintensidad por cortocircuito bifásico, quedando fuerte la tercera fase. En este caso, puede haber o no puesta a tierra de las fases falladas; Sobrecorriente debido a cortocircuito monofásico y



falla a tierra, las otras dos fases están sanas 2. Detectar condiciones de desajuste de línea para tomar medidas para evitar interferencias en el sistema, como un conductor abierto sin conexión a tierra 3. Detectar condiciones anormales de funcionamiento del sistema y tomar medidas preventivas para minimizar su impacto. (JAYNOR ESTEBA , WILSON CONDORI , 2018)

(Hoseinzadeh & Bak, 2018) Indica que la integridad del sistema eléctrico es vulnerable al límite térmico de las líneas de transmisión debido a la sobrecarga y consecuentemente la activación de sus dispositivos de protección luego de contingencias severas.

2.8.2. Sistema eléctrico de potencia

Un sistema eléctrico de potencia (SEP) que tenga por objeto asegurar un suministro regular de energía eléctrica en su campo de aplicación, debe operar asegurando su suministro al menor costo y utilizando los mejores recursos disponibles. pero a la vez debe cumplir con los niveles de calidad establecidos en las respectivas normas técnicas.

(Manohar & Telukunta, 2016) en su estudio menciona que la integración de los recursos energéticos distribuidos en las redes eléctricas las hace interconectadas y activas. Dependiendo del tipo, la capacidad de cortocircuito y la ubicación del recurso energético distribuido en los sistemas de transmisión y distribución, el diseño de esquemas de coordinación de protección se vuelve muy desafiante. La complejidad aumenta aún más en el diseño de esquemas de coordinación de protección, cuando el efecto de penetración de estos recursos llega a las líneas de transmisión aguas arriba y la coordinación entre los relés de distancia y sobrecorriente requiere una revisión.



El SEP también puede estar sometido a esfuerzos que no corresponden a la atención requerida, presentándose como eventos transitorios que provocan perturbaciones importantes, o sobretensiones y/o sobrecorrientes que pueden producir oscilaciones de la maquinaria del SEP, estos esfuerzos deben ser distribuidos; De lo contrario, pondrán en peligro su operación, afectarán su estabilidad y provocarán que se desconecten, dejando de satisfacer la demanda. (COES-SINAC, 2008)

2.8.3. Teoría de fallas

Conocer los métodos utilizados para determinar los valores de corriente, tensión y potencia en condiciones de falla en cualquier punto del sistema de potencia. Realizar evaluaciones de desempeño del sistema de potencia bajo condiciones turbulentas, tanto en modo ramal como en serie.. Una falla representa el cambio estructural de una red equivalente originada por la adición de una impedancia en el punto de falla (JAYNOR ESTEBA , WILSON CONDORI , 2018)

2.8.3.1. Causas de las fallas

Origen eléctrico. Debido a la intemperie, el aislador no puede soportar el voltaje; origen mecánico. como conductores o aisladores rotos, caída de objetos extraños como ramas de árboles en líneas aéreas, golpe de un pico sobre una línea subterránea; Origen Atmosférico por descargas, el rayo alcanza los conductores de una línea, por la tempestad, la niebla, el hielo, que producen efectos mecánicos, tales como aproximación de conductores, o eléctricos, etc. (JAYNOR ESTEBA , WILSON CONDORI , 2018)

(Z., Xueming LI, Li, & CHEN, 2015) menciona en su artículo de investigación que las experiencias de operación de SSCS indicaron que podría haber fallas ocultas en cinco enlaces del dispositivo de control de seguridad y estabilidad (SSCD), por ejemplo, medición, estrategia de control, configuración, comunicación y patrón de votación.



Además, Se señaló para mayor atención la falla oculta de coordinación entre el sistema de protección de relés, SSCS y los parámetros de la planta de energía relacionados con la red eléctrica.

2.8.3.2. Tipos de fallas

- Cortocircuitos.
- Cortocircuitos a tierra.
- Interrupción de un conductor.
- Fallas internas entre arrollamientos de transformadores y máquinas eléctricas en general.
- Sobrecarga.
- Déficit de potencia activa.
- Marcha asincrónica de generadores sincrónicos (Pérdida de estabilidad de la red).

2.8.3.3. Criterios para la detección de fallas

- Sobrecorriente (Cortocircuitos, Sobrecargas).
- Diferencias de corrientes (Cortocircuitos).
- Sobretensión / Baja tensión (Cortocircuitos, Estabilidad de tensión).
- Dirección del flujo de potencia (En Cortocircuitos y Fallas a tierra).
- Asimetrías (Interrupción de conductores, Cargas desbalanceadas).
- Impedancia (Cortocircuitos, Pérdidas de estabilidad).
- Frecuencia (Falta de potencia activa).
- Temperatura superior a la de trabajo (Sobrecarga).

2.8.3.4. Secuelas de las fallas

- Según el lugar donde se da la falla, la presencia de un arco puede:



- Dañar el aislamiento del conductor
- Derretir los conductores
- Provocar un siniestro, representar un peligro para las personas
- Sobrecalentamiento por aumento de efecto joule, con riesgo de deterioro del aislamiento.
- Para los otros circuitos eléctricos de la red afectada o de redes próximas.
- Caída de tensión durante el tiempo de la eliminación de la falla, desde algunos milisegundos a varias centenas de milisegundos.
- Desconexión de una parte más o menos importante de la instalación según el esquema y la selectividad de sus protecciones.
- Inestabilidad dinámica (transitoria) y/o pérdida de sincronismo de las maquinas.
- Perturbaciones en los circuitos de automático y manual de mando y control (JAYNOR ESTEBA , WILSON CONDORI , 2018)

2.8.4. Cálculo de los parámetros de las líneas de transmisión

2.8.4.1. Modelado del sistema eléctrico de potencia línea de transmisión

Una línea de transmisión de potencia conectada a las barras ik de la red eléctrica puede ser representada por un modelo equivalente, ilustrado en la figura N° 2.1 y determinado por las características físicas de la línea: conductividad serie ik G , hilo serie ik B y medio de sistema de derivación (tierra) ik B . La aceptación de cadenas ik Y está determinada por:

$$Y_{IK} = G_{IK} + JB_{IK}$$

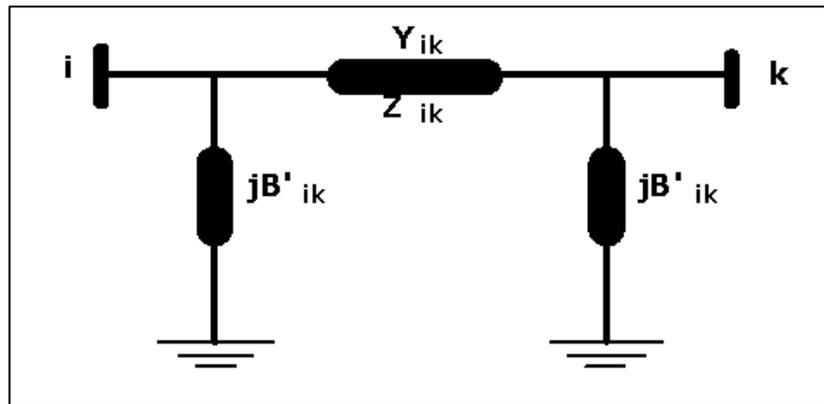


Figura N° 6: Modelo de línea de transmisión

Elaboración propia

Nota: modelo pi de una línea de transmisión (TICLAVILCA A. , 2018)

$$Z_{IK} = R_{IK} + jX_{IK} \qquad Y_{IK} = \frac{1}{Z_{IK}}$$

2.8.4.2. Cálculo de la reactancia inductiva por fase

$$X_L = 2\pi f (0,5 + 4,606 \text{ LOG } \left(\frac{DMG}{RMG} \right) 10^{-4} \text{ } \Omega/Km$$

$$X_L = 0,17634 \text{ LOG } \left(\frac{DMG}{RMG} \right) \text{ } \Omega/Km$$

Donde:

f : Frecuencia del Sistema = 60 Hz

RMG : Radio efectivo del conductor

RMG = 0,7263*r para 07 alambres,

RMG = 0,7580*r para 19 alambres, 120--19

Siendo r el radio exterior del conductor en mm.

DMG : Distancia Media Geométrica de los conductores,

DMG : 1511,9 mm, para una configuración trifásica, con cruceta de Madera.

DMG : 756,0 mm, para una configuración trifásica, con cruceta de C.A.



2.8.4.3. Cálculo exacto de la resistencia

La resistencia del conductor se calculará a la temperatura de operación, utilizando la siguiente fórmula:

$$R_{LT} = R_{20} [1 + \alpha(T - 20^\circ)] \text{ ohm/km}$$

Donde:

- RLT : Resistencia de operación del conductor.
R20 : Resistencia del conductor en c.c. a 20°C, en ohm/km.
T : Temperatura de operación del conductor.
 α : Factor que depende del tipo de material.

Para T= 25°C

- α : 0,00375 Para cobre duro.
 α : 0,00396 Para aluminio y ACSR.
 α : 0,00354 Para aldrey.
 α : 0,00346 Para acero 115.
 α : 0,00392 Para acero 60.

(TICLAVILCA A. , 2018)

2.8.4.4. Cálculo de la impedancia de secuencia homopolar

Para el cálculo de este parámetro se utilizará la fórmula de Carson, que tiene en cuenta la ubicación del conductor subterráneo ficticio. (De).

$$De = 658 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \text{ m}$$

Donde:



De : Profundidad de retorno equivalente (m).

ρ : Resistividad del terreno (Ω -m).

f : Frecuencia del sistema (Hz).

(TICLAVILCA A. , 2018)

2.8.4.5. Impedancia homopolar propia de los conductores (z01).

$$Z_{01} = Rc + 0,002964 f + j 0,008676 f \text{ LOG } \left(\frac{De}{RMG_1} \right)$$

Donde:

$$RMG_1 = \sqrt[3]{r(DMG_{abc})^2}$$

DMG abc: Distancia media de los conductores (mm).

r : Radio medio geométrico de cada conductor.

(TICLAVILCA A. , 2018)

2.8.4.6. Impedancia homopolar mutua entre conductores y cable de guarda

$$Z_{0(m)} = 0,002964 f + j 0,008676 f \text{ LOG } \left(\frac{De}{RMG_{1g}} \right)$$

Donde:

$$DMG_{1g} = \sqrt[3]{(D_{AG}D_{BG}D_{CG})}$$

(TICLAVILCA A. , 2018)

DMG1g : Distancia media de los conductores y el cable de guarda.

2.8.4.7. Impedancia de secuencia homopolar de la línea de transmisión

Finalmente se tiene:



$$Z_{00} = Z_{01} - \frac{(Z_{0(m)})^2}{Z_{0g}}$$

(TICLAVILCA A. , 2018)

2.8.5. Criterios de protección

2.8.5.1. Criterios básicos

Para determinar la operación del sistema de protección, es necesario considerar una configuración que sea completamente adecuada para todas las condiciones normales de operación del sistema eléctrico; y más, se requiere coordinación para garantizar que las fallas del sistema, las irregularidades y las condiciones inesperadas del equipo se aislen, con un impacto mínimo en los componentes no afectados. (TICLAVILCA A. , 2018)

2.8.5.2. Ajuste de la protección

El ajuste de protección es el proceso de establecer límites o umbrales de sus características operativas para detectar fallas, condiciones anormales del sistema y condiciones no deseadas del equipo. En otras palabras, configurar la protección significa definir los umbrales de la señal de entrada (o de un algoritmo de la misma), que determinarán el funcionamiento de la protección .El ajuste de la protección está determinado por la capacidad y operación del equipo y la instalación del sistema eléctrico, en todas las condiciones de operación, sea temporal o permanente. (TICLAVILCA A. , 2018)

2.8.5.3. Coordinación de la protección

Coordinación de protección significa determinar el tiempo de operación de las medidas de protección para permitir una acción prioritaria razonable de los relés de



protección, minimizando el tiempo de actividad y asegurando la descentralización adecuada de los relés de protección. Tiempo de operación de todas las salvaguardas, tanto primarias como secundarias. La coordinación de las medidas de protección se determina categorizando el tiempo requerido para la acción correcta y la oportunidad correcta de todas las salvaguardias. (TICLAVILCA A. , 2018)

2.8.5.4. Criterios de ajuste y coordinación de la protección.

Para establecer los criterios de regulación y coordinación de las salvaguardias, se deberá considerar lo siguiente:

1. Las salvaguardias primarias y de emergencia, cuando sean únicas, sólo requieren ajustes relacionados con las características de funcionamiento de los respectivos equipos.
2. Salvaguardas primarias y de respaldo al graduarse, las salvaguardas serán ajustadas y coordinadas de acuerdo a lo establecido en el documento de criterios de coordinación y ajuste del sistema de protección del SEIN [1].
3. Los resguardos preventivos y las garantías integradas en el dispositivo se adaptarán a los criterios de cada proyecto ya las recomendaciones del fabricante del dispositivo, ligadas a las garantías que éste preste. (TICLAVILCA A. , 2018)

Para los ajustes se debe considerar un margen suficiente que tome en cuenta los posibles errores que se pueden tener en las tensiones, corrientes e impedancias. En el caso de los ajustes de tensión los errores serán los siguientes:

Error de los TPs : 1%; relés : 1%;Conexionado :1% errorde cálculo : 5% Suma
Total 8% => redondeando 10%

En el caso del ajuste de corriente los errores serán los siguientes:



Error de los TCs : 5%, relé : 1%, cálculo : 5%, Suma Total 11% => 15%

Para los ajustes de las impedancias se debe considerar otros aspectos que son:

Error de los TT : 1%; Conexión: 1% en los TCs : 5%; en el relé : 1%; cálculo : 5%; Total 13% aproximando 15% (SEIN)

Por lo tanto, para ajustes de tensión, se debe tomar una amplitud mínima del 10%, considerando la dirección más desfavorable; es decir, se debe tener en cuenta el 90% o el 110% del valor calculado, según sea el caso. Asimismo, para los ajustes de impedancia y corriente, se debe considerar un margen mínimo del 15%, resultando un ajuste del 85% o del 115% según sea el caso.

2.8.6. Objetivos del ajuste y la coordinación de la protección

El propósito del establecimiento y coordinación de la protección es asegurar que haya un sistema de protección primaria y de respaldo que opere de la siguiente manera:

1. La protección primaria protegerá completamente el sistema eléctrico y eliminará cualquier error por hasta 100 ms. Este tiempo es equivalente a 2 veces la protección y veces el interruptor.
2. La protección de respaldo de la protección principal incluye relés que son físicamente diferentes del relé de la protección principal. La protección de emergencia debe proteger completamente el sistema y eliminar cualquier tipo de falla por un tiempo máximo de 500 ms.

2.9. PROTECCIÓN DE DISTANCIA

2.9.1. Zonas de la protección de distancia

La protección de distancia utiliza varias zonas para proteger la línea de transmisión. Se establece: zona 1, zona 2, zona 3 y viceversa. Sin embargo, algunos relevos tienen solo dos o tres zonas, y hay relevos que pueden tener hasta cinco (5) zonas y una zona adicional llamada zona de salida. La siguiente figura muestra las bandas del gap guard con tres regiones hacia adelante y una hacia atrás, con características cuadrangulares y Mho.

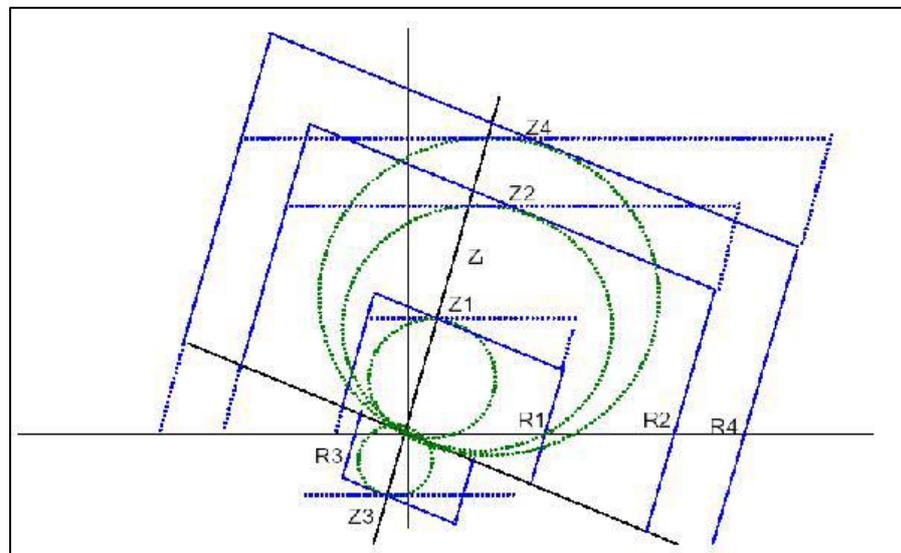


Figura N° 7: Zonas de protección de distancia

Fuente: Característica general alcance de zonas de protección de distancia (TICLAVILCA A. , 2018) (M., Leite, & Mantovani, 2015) Para la coordinación óptima de relés direccionales y de distancia es fundamental antes que la protección principal en las redes malla en los cuales se puede usar dos relés de protección diferentes.

2.9.2. Construcción del relé de impedancia

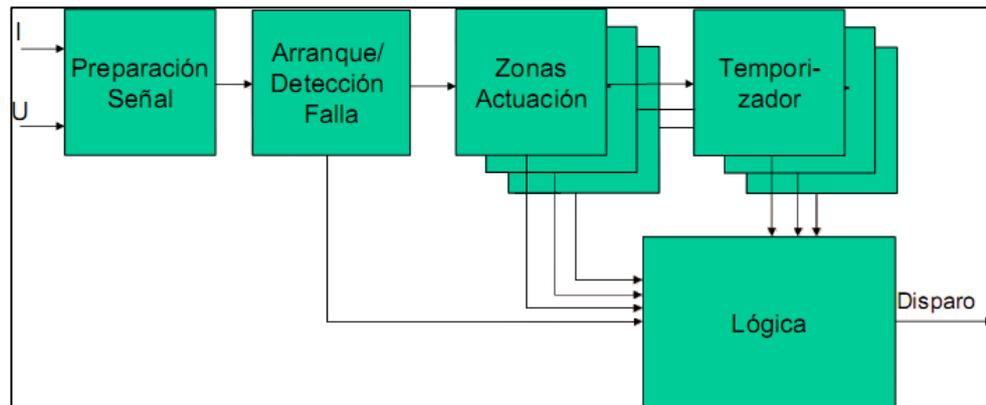


Figura N° 8: Diagrama de bloques de relé de impedancia

Fuente: (ANGULO C., 2020) Ponencia Coordinación de protecciones en sistemas de generación, transmisión y distribución GREENER

Nota: esquema básico de construcción del relé de impedancia

2.9.3. Arranque de la protección

2.9.3.1. Elementos de arranque

- Sobrecorriente (I).
- Sobrecorriente con dependencia de U (U/I).
- Sobrecorriente con dependencia de U y de Φ ($U/I/\phi$).
- Impedancia (Z).
- Detección de corriente de tierra
- Corriente de tierra $3I_0$
- Desplazamiento de tensión $3U_0$

2.9.3.2. Arranque por sobre corriente

- Arranque selectivo por fase.
- Corriente de fase deberá exceder el umbral.

- Aplicación típica: Corriente de falla claramente mayor que las corrientes de carga en condiciones de operación normal.

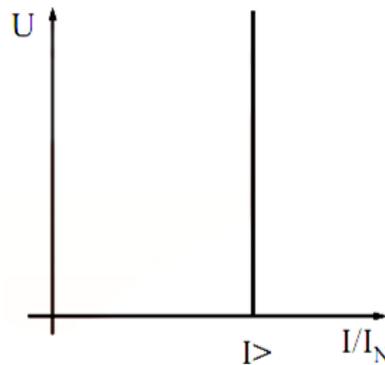


Figura N° 9: El arranque por sobre corriente en la zona in
Elaboración propia

2.9.3.3. Arranque u/i

- Arranque selectivo por fase.
- Corriente de fase deberá exceder una corriente de umbral, mientras que la corriente de umbral depende de la tensión del lazo.
- Aplicación típica: En casos donde no se puede distinguir claramente entre la mínima corriente de falla y la máxima corriente de carga.
- Ajustes típicos:

$$I_{>>} = (1.00 - 4) \times I_N$$

$$= (0.25 - 1) \times I_N$$

$$U(I_{>>}) = (0.5 - 0.95) \times U_N$$

$$U(I_{>}) = (0.2 - 0.70) \times U_N$$

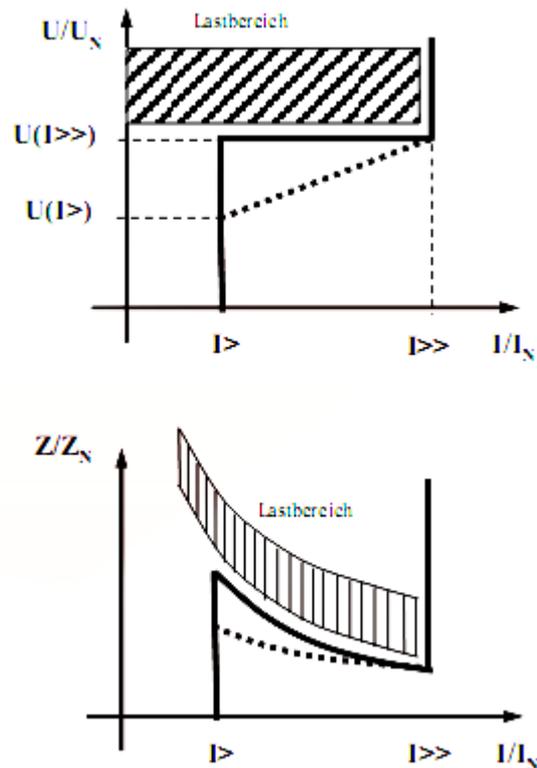


Figura N° 10: Arranque y curva de operación

Elaboración propia

Nota :arranque u/i curva de operación

2.9.3.4. Arranque u/i/phi

- Arranque selectivo por fase.
- Corriente de fase deberá exceder una corriente de umbral, mientras que la corriente de umbral depende de la tensión del lazo y del ángulo entre U e I de lazo.
- Aplicación típica: Cuando la característica U/I no puede distinguir claramente entre corrientes de falla y de carga; es decir ni altas corrientes ni caída de tensión en el caso de una falla.
- Ajustes típicos:

$$\Phi = 50^\circ - 100^\circ$$

$$= (0.25 - 1) \times I_N$$

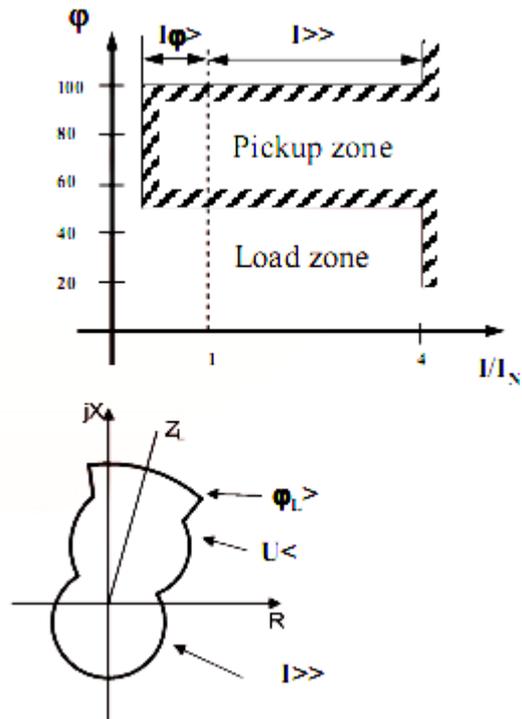


Figura N° 11: Arranque selectivo por fase

Elaboración propia

Nota: arranque selectivo por fase

2.9.3.5. Arranque por impedancia

- Para distinguir de manera confiable entre corrientes de falla y normales de carga.
- Aplicación típica: líneas de transmisión largas o líneas altamente cargadas.

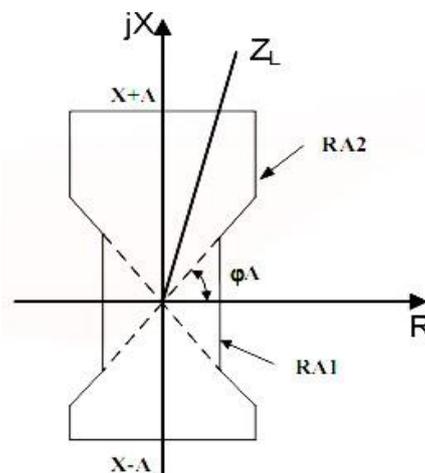


Figura N° 12: Arranque por impedancia

Elaboración propia

Nota: Arranque por impedancia para líneas de transmisión largas

2.9.4. Tele protección

El sistema debe estar protegido contra intrusiones la red de comunicación de preferencia debe ser puerto a puerto



Figura N° 13: Esquema básico de tele protección

Fuente (ANGULO., 2020) Ponencia Coordinación de protecciones en sistemas de generación, transmisión y distribución GREENER

2.9.5. Protección de sobrecorrientes

El inicio de la protección de sobreintensidad se determinará teniendo en cuenta dos aspectos:

1. La capacidad de corriente del elemento protegido, que depende de la duración esperada de la corriente de defecto. La práctica es considerar un margen de seguridad en este capacitor para preservar su vida.
 2. Sensibilidad a la menor corriente de falla que puede ocurrir al final del área protegida, correspondiente al elemento protegido (línea o transformador) y éste último.
- (TICLAVILCA A. , 2018)

2.9.6. Protección de sobretensiones

2.9.6.1. Origen de sobretensiones

El origen de la sobretensión se distingue de la siguiente manera:



1. Las sobretensiones son de origen externo, es decir, por causas ajenas al sistema. Se producen principalmente por la acción de los rayos y también se conocen como sobretensiones atmosféricas.
2. Sobretensión interna. Son inducidas en el propio sistema y se dividen en sobretensiones transitorias y sobretensiones de maniobra. Estas sobretensiones son provocadas por la apertura y cierre de un interruptor o seccionador, provocando muchas veces un proceso transitorio que puede provocar no solo sobretensión sino también sobrecorriente. (FERDINAN BARRIENTOS , CARLOS CARRION, 2018)

2.9.6.2. Duración de sobretensiones

La tensión de supresión depende principalmente de la duración del evento en el dieléctrico, por lo que su clasificación también depende de la duración y características de la sobretensión:

- a. La sobretensión permanente es una tensión presente en la frecuencia de la red, que se considera que tiene un valor eficaz constante aplicado continuamente a cualquier par de terminales en una configuración aislada, con una duración de unos pocos segundos o más. Año
- b. Sobretensiones temporales a la frecuencia de servicio con una duración desde algunas decenas de milisegundos hasta varios segundos, o incluso horas; Estas sobretensiones pueden contener armónicos de frecuencia de servicio. En el caso específico de la reducción de carga, se produce una sobretensión transitoria o una sobretensión sostenida después de la transición
- c. Sobretensiones temporales, repetitivas o no, de duración del orden de milisegundos. Se trata de sobretensiones de maniobra (provenientes de un disyuntor) y

sobretensiones de rayo (caídas en líneas, subestaciones o cercanías). (FERDINAN BARRIENTOS , CARLOS CARRION, 2018)

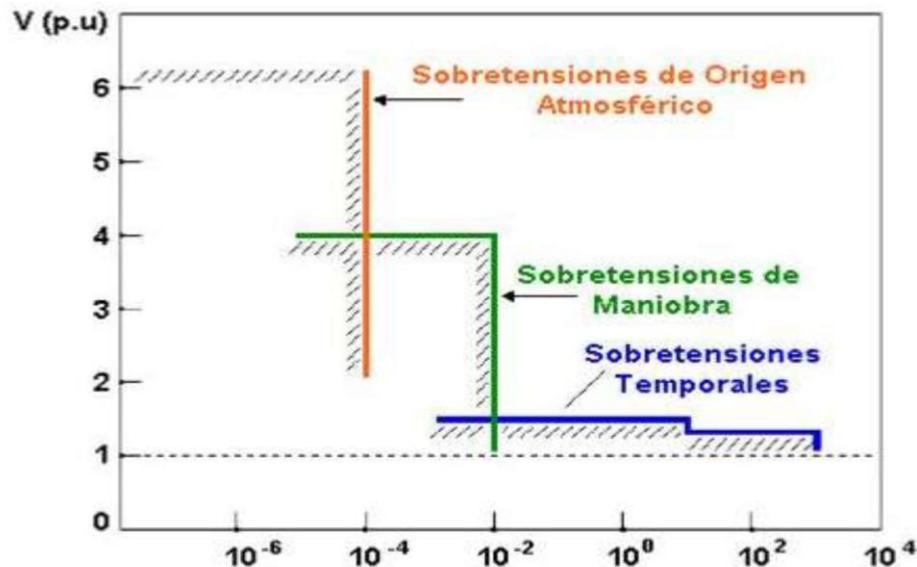


Figura N° 14: Sobretensiones transitorias

Fuente (ANGULO., 2020) Ponencia Coordinación de protecciones en sistemas de generación, transmisión y distribución GREENER

Nota: Amplitud y duración de los distintos tipos de sobretensiones. (FERDINAN BARRIENTOS , CARLOS CARRION, 2018)

(WANG & XIONG, 2019)El tiempo de acción se establece de acuerdo con la coordinación de secuencia de las líneas de transmisión ascendentes y descendentes. Esta estrategia se adapta ineficazmente a la de sobrecarga de corriente después de la transferencia del flujo de energía, puede causar un disparo falso de la protección de respaldo y acelerar el disparo en cascada del sistema de energía.

2.9.6.3. Descargas atmosféricas

Las descargas atmosféricas nos son más conocidas que los relámpagos, relámpagos o tormentas eléctricas, son algo que es muy común en tiempos de inundación, para la humanidad siempre ha sido una representación de poder, como en



Grecia simboliza el arma preciada de la dios Zeus que usó contra los mortales que no hicieron su voluntad.

A lo largo de los años, han aparecido personas que no creen en este tipo de cosas, al contrario, tienen cierta curiosidad por demostrar lógicamente por qué ocurre este tipo de fenómeno. Podría decirse que la primera persona que se sabe que experimentó descargas eléctricas en la atmósfera fue Benjamín Franklin, luego de que los avances tecnológicos y grandes científicos nos hayan permitido saber cómo ocurre realmente este fenómeno.

Estos tipos de descargas se denominan descargas de nube a nube o descargas de nube a tierra. Las principales características de este tipo de descargas son los enormes valores de tensión que implican y su corta duración.

La formación del rayo se puede explicar a continuación:

La atmósfera está compuesta de iones negativos y positivos, por interacción con el aire y la tierra, la nube puede cargarse de electricidad. (FERDINAN BARRIENTOS , CARLOS CARRION, 2018)

2.9.6.4. Descripción del fenómeno rayo (Teoría de Schonland)

Una de las teorías más aceptadas para explicar la formación de la descarga de nubes terrestres es la de “SCHONLAND”, según la cual se denomina rayo al período de nubes tormentosas (nubes cúmulos) resultantes de la descarga, la cual se puede resumir en los siguientes pasos: (Hurtado Vilca, 2016) (FERDINAN BARRIENTOS , CARLOS CARRION, 2018)

- a) Las cargas en la nube están distribuidas de manera desigual, la concentración de carga en su interior no es igual.



- b) Cuando el gradiente eléctrico supera un valor crítico, comienzan a producirse pequeñas descargas en la nube. Estas sustancias, como resultado del choque ionizante en el aire, se metamorfosearon en formas de avalancha, conocidas como descargas piloto, según se mide, viajando a una velocidad promedio de 150 km/s (alrededor de 1/20 de la velocidad de la luz).
- c) La rama de la descarga piloto que logra imponer su crecimiento sobre el suelo, viéndose acompañada de pequeños puntos brillantes, estas son las características de las llamadas "descargas escalonadas" "Durante este proceso, el brillo es débil, y la corriente no supera unos pocos amperios. El aumento del gradiente eléctrico de la tierra a medida que se acerca la descarga facilita la formación del llamado "canal de recepción" que cubre un recorrido de sólo 50 m.
- d) El canal receptor responde a la descarga piloto llevando un gran número de descargas negativas, formando así un canal de plasma.
- e) Para neutralizar la carga en la nube, una gran cantidad de cargas positivas salen de la Tierra, siguiendo naturalmente el mismo canal o camino que antes se ionizó. Como resultado, se realizarán todas las descargas consecutivas, la primera se denomina Visita de Regreso. La velocidad de propagación de esta descarga es de aproximadamente 10^8 a la velocidad de la luz (30.000 km/s), su valor de amperaje característico es alto (hasta 200 kA). Mientras que la descarga principal tarda unos 20.000 segundos. Una vez en tierra, la nueva descarga tardó solo 100 segundos en promedio en completar la misión.
- f) El efecto de que la descarga retrógrada se introduce en el núcleo de la nube es tan fuerte que en la mayoría de los casos se produce una segunda descarga hacia la Tierra, conocida como descarga secundaria de velocidad media, igual a 1 velocidad de la luz (3000km/s).

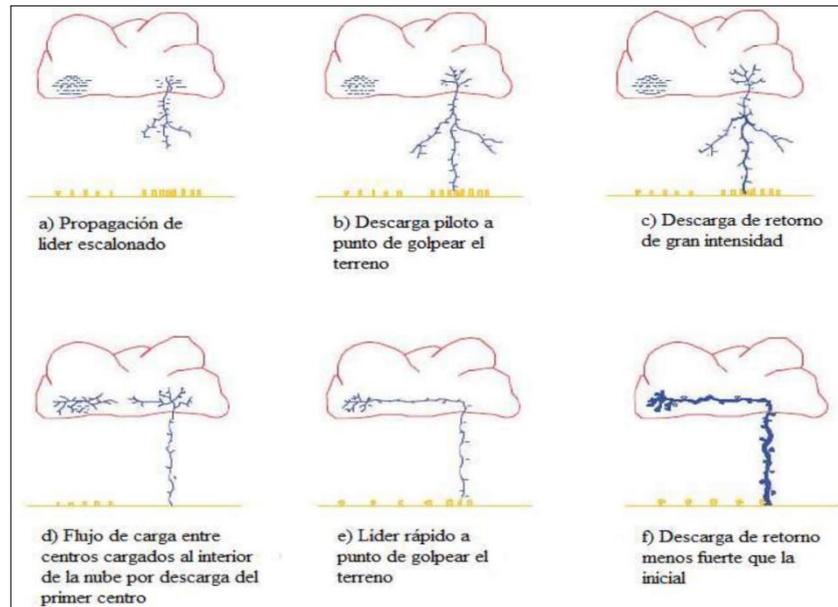


Figura N° 15: Fenómeno del rayo

Fuente: Estudio de Coordinación de Aislamiento de la línea de Transmisión San Gabán - Mazuco - PuertoMaldonado. (Hurtado Vilca, 2016) (FERDINAN BARRIENTOS , CARLOS CARRION, 2018)

2.9.7. Protección direccional

- En un sistema eléctrico en anillo, la protección de relés de sobrecorriente presenta problemas de coordinación.
- Para este tipo de sistemas, la protección es posible con relés de sobrecorriente que cuenten con un elemento direccional.
- Este elemento tiene sensibilidad en relación al flujo de potencia.
- El relé de sobrecorriente direccional, actuará cuando la corriente tenga un sentido definido de acuerdo a su referencia de polarización

2.9.7.1. Polarización a 30°

Elemento fase A $\Phi_A : I_{a'} V_{ac} \cdot$

Elemento fase B $\Phi_B : I_{b'} V_{ba} \cdot$

Elemento fase C $\Phi_C : I_{c'} V_{cb} \cdot$

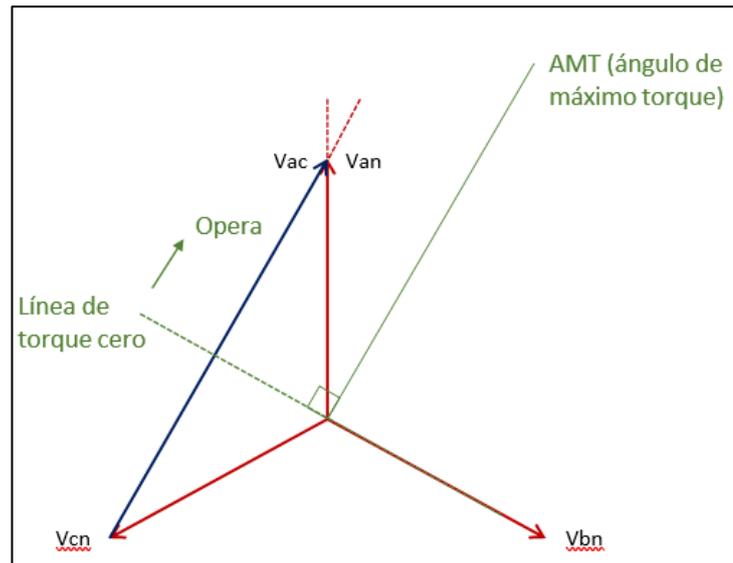


Figura N° 16: Polarización a 30°

Elaboración propia

2.9.7.2. Polarización a 60°

Elemento fase A $\Phi_A : I_{a'} V_c$.

Elemento fase B $\Phi_B : I_{b'} V_a$.

Elemento fase C $\Phi_C : I_{c'} V_b$.

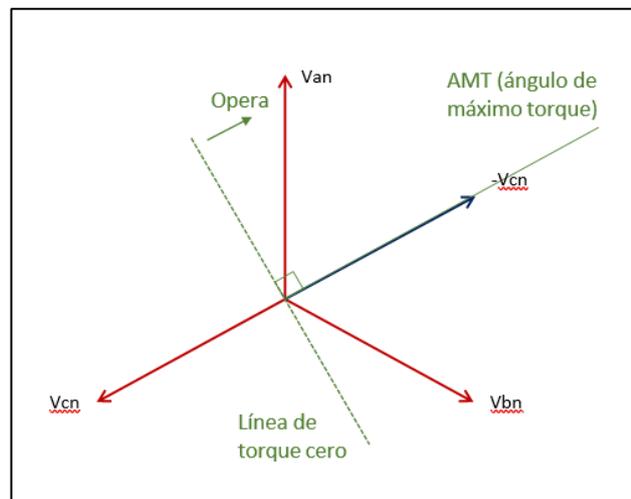


Figura N° 17: Polarización a 60°

Elaboración propia

2.9.7.3. Polarización a 90°

Elemento fase A $\Phi_A : I_{a'} V_{bc} + 45^\circ$.

Elemento fase B $\Phi_B : I_{b'} V_{ca} + 45^\circ$.

Elemento fase C $\Phi_C : I_{c'} V_{ab} + 45^\circ$.

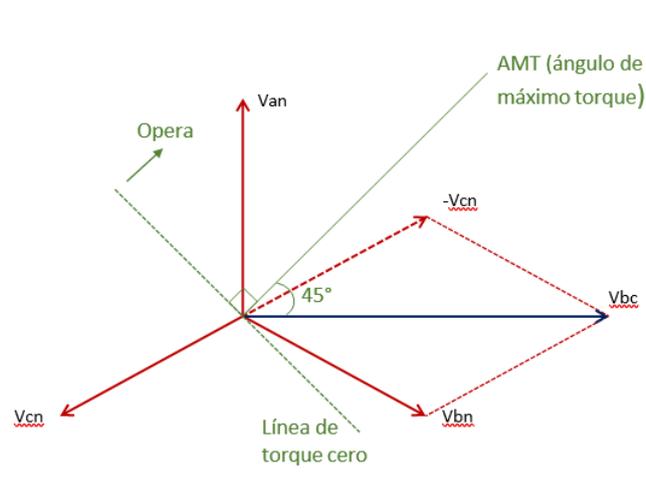


Figura N° 18: Polarización a 90°

Elaboración propia

2.9.8. Protección diferencial

El principio de corriente diferencial se basa en la ley de Kirchhoff, es decir, la suma de las corrientes que entran en una red conductora es cero

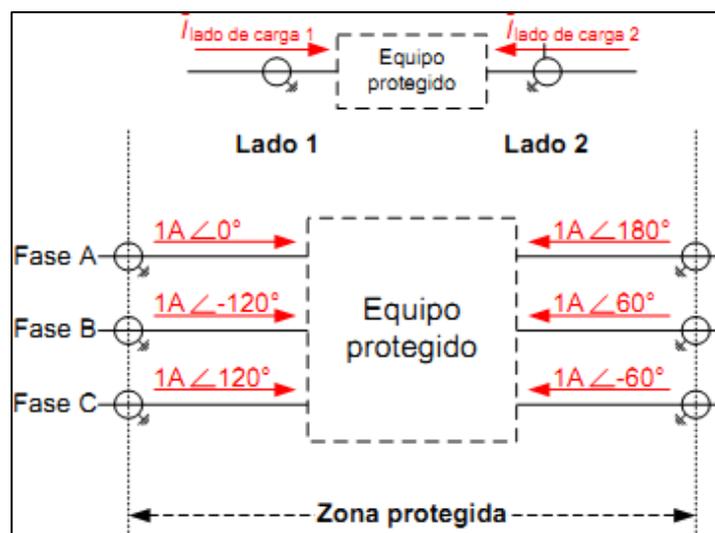


Figura N° 19: Zona de protección de equipo

Fuente: (ANGULO., 2020) Ponencia Coordinación de protecciones en sistemas de generación, transmisión y distribución GREENER

(Tomislav & S., 2017) La estabilización clásica es un método poco confiable para evitar disparos innecesarios del relé en caso de saturación del transformador de corriente durante fallas fuera de la zona protegida. Existen varios métodos para detectar la saturación del transformador de corriente. La tesis del artículo es que en lugar de la corriente de estabilización, se debe monitorear la dirección de las corrientes introducidas en el relé.

2.9.9. Protección de mínima frecuencia

Eventos tales como pérdida de generación o conexión de una gran carga, producen variaciones de frecuencia.

En caso que los reguladores no restablezcan la frecuencia, el sistema puede colapsar. Una rápida, selectiva y temporal desconexión de cargas pueden lograr la recuperación

Número de Etapas	Porcentaje de rechazo en c/etapa	RELES DE UMBRAL		RELES DE DERIVADA		
		FRECUENCIA (Hz)	TEMPORIZACION (s)	ARRANQUE Hz	PENDIENTE (Hz / s)	TEMPORIZACION (s)
1	4,0%	59,00	0,15	59,8	-0,65	0,15
2	6,0%	58,90	0,15	59,8	-0,65	0,15
3	7,0%	58,80	0,15	59,8	-0,65	0,15
4	5,0%	58,70	0,15	59,8	-1,1	0,15
5	5,0%	58,60	0,15			
6	12,0%	58,50	0,15			
7	2,5% (2)	59,10	30,0			
(2) Respaldo para reponer la frecuencia si luego de los rechazos se queda por debajo de 59,1 Hz				(1) La temporización de los relés de derivada no incluye el tiempo requerido por cada relé para la medición de la derivada de la frecuencia		

Figura N° 20: Esquema automático de rechazo de carga

Elaboración COES

Nota: actuación del ERACMF SEGÚN COES

2.9.9.1. Modelado de protecciones con Power Factory

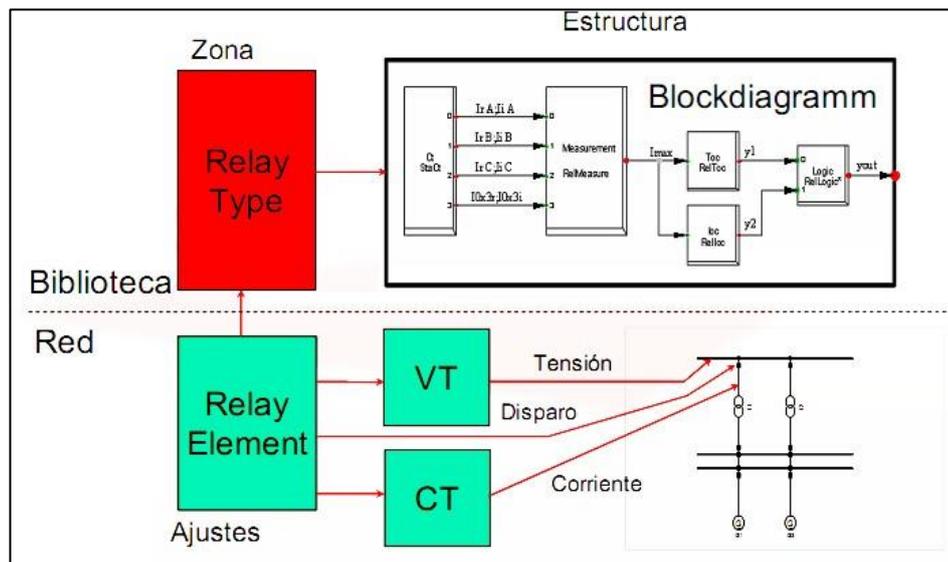


Figura N° 21: Esquema básico para el modelado de protecciones

Fuente: (ANGULO., 2020) Ponencia Coordinación de protecciones en sistemas de generación, transmisión y distribución GREENER



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Descriptivo, porque la investigación descriptiva proporciona previsibilidad y requiere un conocimiento considerable del campo en estudio para formular preguntas específicas que deben responderse. Los métodos, por su parte, van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento entre conceptos, están orientados a la retroalimentación causal de eventos físicos o sociales, que para ello utilizarán distintas fuentes de información propias de la corriente.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el presente trabajo, se realizará el siguiente procedimiento:

Se realizará la recolección de la información referente a las fallas y su tiempo de duración, tiempo de reposición, tiempos de actuación equipos de protección existentes en la línea. La información recopilada será analizada, interpretada y evaluada. Los datos serán ingresados y procesados en programas de ingeniería, que luego analizan e interpretan los resultados obtenidos. Se propondrán soluciones alternativas para mejorar la coordinación de la protección, con énfasis en los sistemas de comunicación. Entre las alternativas se mantendría una propuesta para mejorar la investigación existente sobre coordinación de la protección.. Finalmente: validar la hipótesis planteada.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

3.4.1. Población

La población que es objeto de esta investigación, estará formada por los clientes de la empresa Electro Puno S.A.A. en la SET HUANCANE (Moho, Rosaspata, Huancané, Taraco, Huatasani)

3.4.2. Muestra

Usuarios de la Línea Primaria 22.9 kV – Alimentadores 4001 ,4002 Y 4003 SET Huancané pertenecientes a la Región Puno; la cual se encuentra dentro de la zona de concesión.

3.4.3. Área de influencia

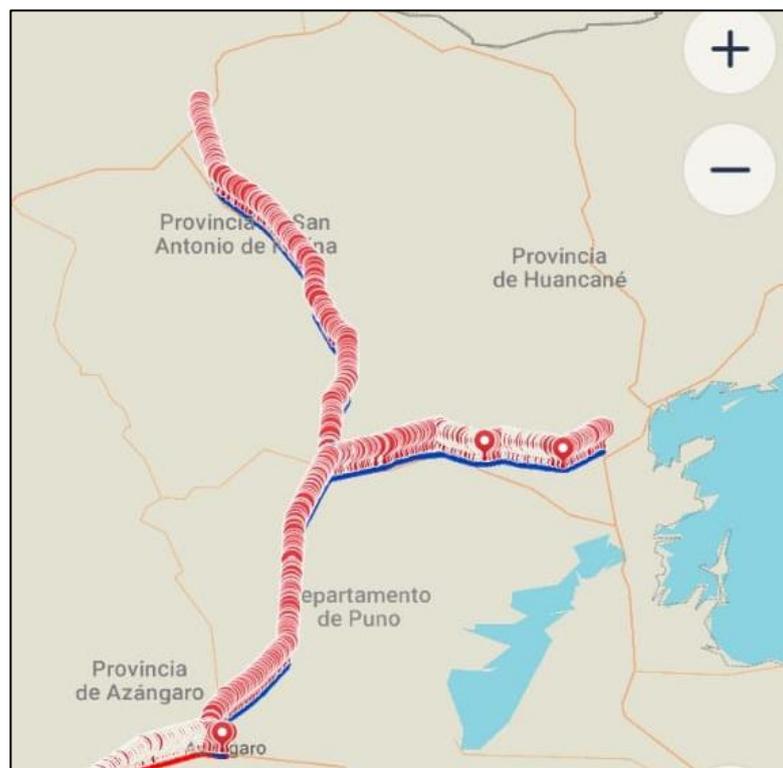


Figura N° 22: Área de influencia trazado de línea existente

Elaboración propia



3.4.4. Técnicas e instrumentos para recolectar datos

Las técnicas y herramientas para la recolección de datos para el presente trabajo serán los siguientes:

- Observación directa y análisis de los parámetros de la línea a partir de los relés de protección y medición.
- Historial de comportamiento de los diferentes componentes de la línea de transmisión.
- Información adquirida en la subestación Huancané – Ananea y Azangaro
- Se empleó los siguientes equipos: GPS, Laptop, cámaras fotográficas, camioneta y otros.

3.4.5. Procedimiento de recolección de datos

El procedimiento de recolección de datos, está basado en la selección de información:

- Recopilación de información de Electro Puno S.A.A. referente a la situación actual de la línea 6026 Azangaro Huancané, reporte de interrupciones, parámetros de la línea ; equipamiento de la subestación Huancané.
- Búsqueda y revisión de información respecto a la coordinación de protección en líneas de 60 kv .
- Visita a la subestación Huancané, Azangaro y Ananea .
- Filtrado de información, Simulación.
- Para realizar el análisis de fallas se tomará en cuenta el historial corresponde a esta subestación y el procesamiento y análisis de datos.
- Software DIgSILENT PowerFactory versión 15.1.7
- Software ETAP versión 16.0.0



- Software Autodesk (AutoCAD 2018 versión ingles)
- Hoja de Cálculo de Microsoft Office Excel
- Microsoft® Office Word Y Otros.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MÁXIMA DEMANDA

Máxima demanda mensual en la línea 6026 Azangaro-Huancané del año 2020.

Tabla N° 1: Máxima demanda mensual en la línea 6026 Azangaro-Huancané del año 2020.

Date/Time MES	Vll avg	I avg	PF signtot	kW tot	kVAR tot	kVA tot	Freq
25/01/2020 19:30	58300.1641	25.18465	98.307243	2481.60791	-462.503021	2524.33887	60.000156
28/02/2020 19:15	59397.1484	25.744413	98.474327	2593.28833	-458.258575	2633.46631	59.982624
31/03/2020 7:00:00.000 p. m.	59883.75	28.302885	99.02877	2888.89087	-405.591888	2917.22388	59.995693
22/04/2020 18:45	59813.9336	29.513489	99.227356	3022.1228	-377.871582	3045.65479	60.006901
15/05/2020 18:45	59764.3828	29.612602	99.246078	3030.19482	-374.208862	3053.21387	60.006229
17/06/2020 18:45	59846.7148	29.781498	99.425804	3051.97681	-328.47583	3069.60254	60.024208
08/07/2020 18:45	59665.875	28.788673	99.204758	2932.6897	-372.077759	2956.19873	60.026699
5/08/2020 6:45:00 p. m.	57987.1289	28.01156	98.806587	2765.83691	-431.172607	2799.24316	60.011326
01/09/2020 18:45	58687.8008	22.720448	98.151306	2247.4812	-438.258789	2289.81274	59.991516
30/10/2020 18:45	58253.8789	23.29496	98.279877	2281.06909	-428.639893	2320.99292	59.97752
03/11/2020 18:45	59438.9805	23.798763	98.730614	2397.89795	-385.752472	2428.72803	60.032822
31/12/2020 19:00	58920.0977	22.146698	97.877235	2198.93628	-460.446838	2246.62695	60.035603

Elaboración propia

Nota: Parámetros de la línea l 6026

4.2. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

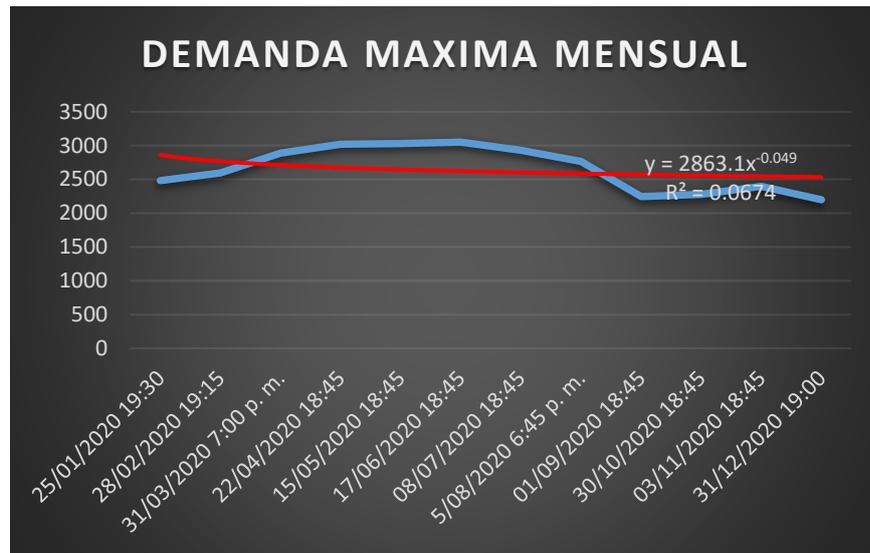


Figura N° 23: Máxima demanda ejecutada mensual en kw

Elaboración propia

4.2.1. Sobre la frecuencia de fallas en la línea, en alimentadores

Tabla N° 2: Cantidad de fallas por alimentador

Cantidad de fallas por alimentador			
Alimentador	cantidad	causas mas relevantes	
Huancané Taraco	31 fallas	descargas atmosféricas	relé 87
Moho Rosaspata	44 fallas	descargas atmosféricas	relé de bloqueo
Huancané	26 fallas	descargas atmosféricas	sobrecorriente temporizado
Derivación Putina Huancané	11 fallas	descargas atmosféricas	vientos por la zona

Elaboración propia

Nota: número de fallas por alimentador

4.2.2. Duración de mayor tiempo de falla

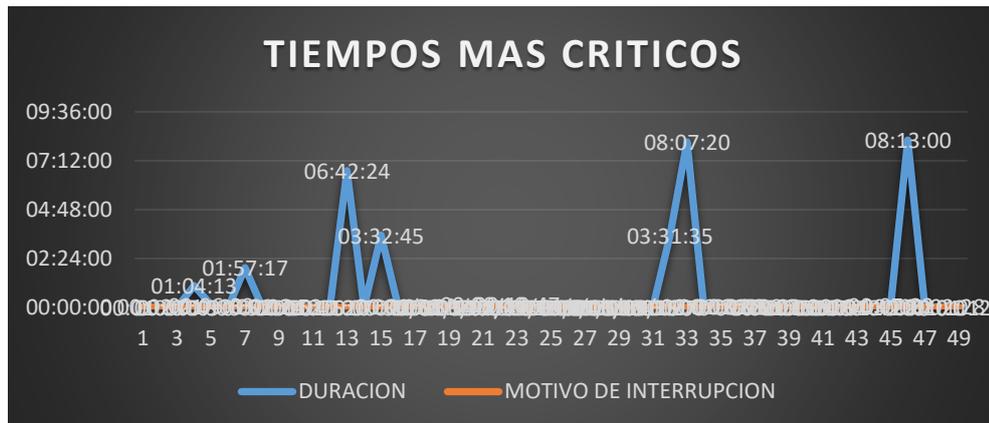


Figura N° 24: Tiempos críticos de falla

Elaboración propia

Nota: Respecto a la actuación de las fallas el comportamiento de los relés de protección

4.3. ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO MONOFÁSICO

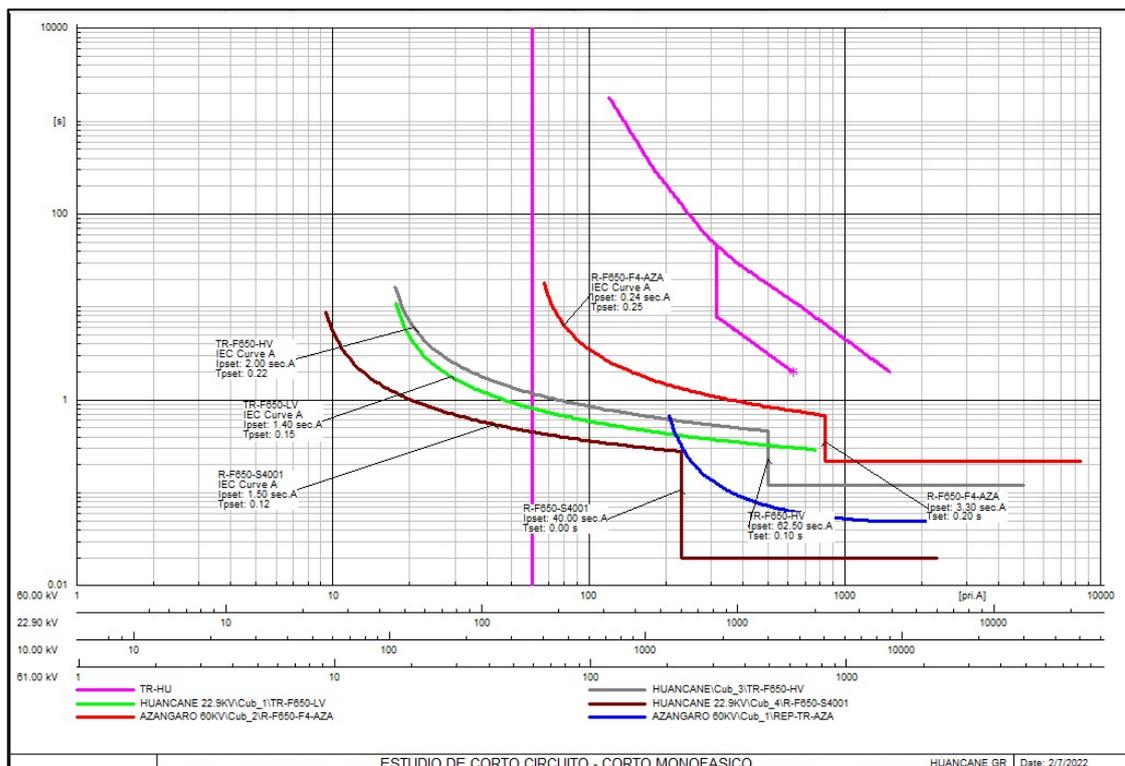


Figura N° 25: Representación gráfica de los resultados obtenidos ante corto circuito monofásico

Elaboración propia

4.4. ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO

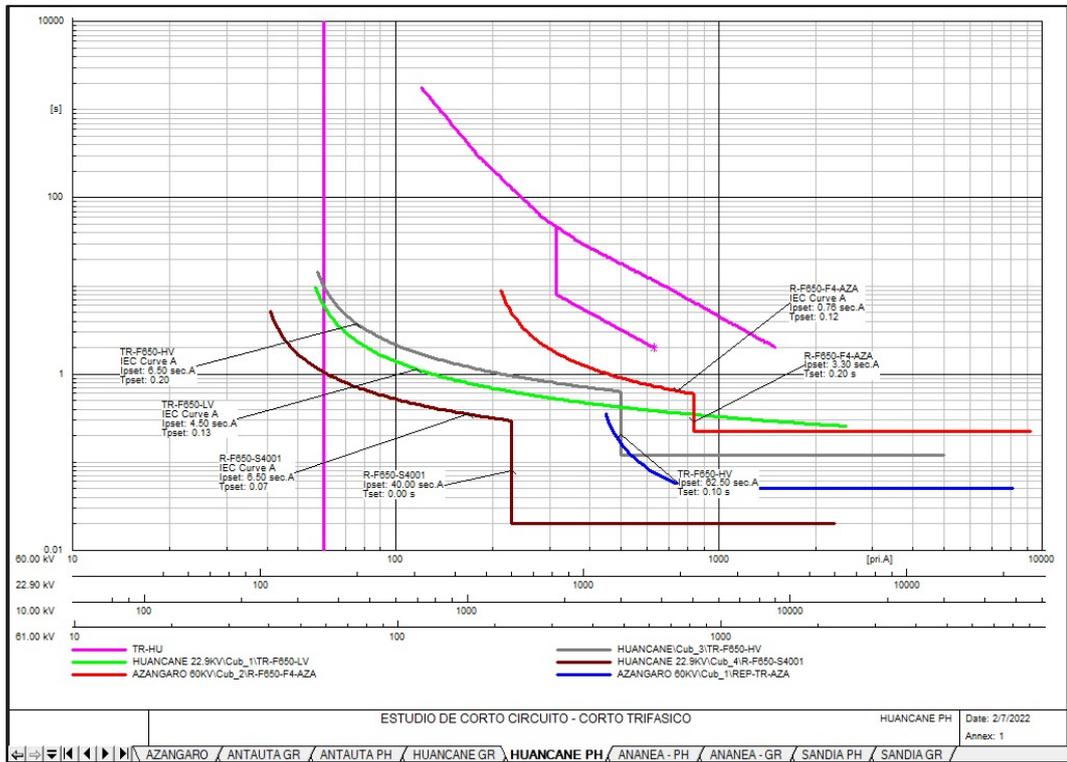


Figura N° 26: Estudio de cortocircuito trifásico relé a la salida Azángaro

Elaboración propia

Line - PUNO\Ln-Azangaro-Putina.ElmLine

Basic Data

Name: Ln-Azangaro-Putina

Type: Library\Ananea\Azangaro - Der. Huancane

Terminal i: PUNO\AZANGARO 60KV\Cub_2 (AZANGARO 60KV)

Terminal j: PUNO\PUTINA 60KV\Cub_1 (PUTINA 60KV)

Zone: Terminal i

Area: Terminal i

Out of Service

Number of parallel Lines: 1

Parameters:

Thermal Rating: ...

Length of Line: 38 km

Derating Factor: 1

Type of Line: Overhead Line

Line Model:

Lumped Parameter (PI)

Distributed Parameter

Sections/Line Loads

Resulting Values

Rated Current (act.)	0.379 kA
Pos. Seq. Impedance, Z1	21.41808 Ohm
Pos. Seq. Impedance, Angle	63.08944 deg
Pos. Seq. Resistance, R1	9.6938 Ohm
Pos. Seq. Reactance, X1	19.0988 Ohm
Zero Seq. Resistance, R0	22.1844 Ohm
Zero Seq. Reactance, X0	52.9264 Ohm
Earth-Fault Current, Ice	7.390696 A
Earth Factor, Magnitude	0.5612078
Earth Factor, Angle	6.64425 deg

Figura N° 27: Ajustes del DIGSILENT derivacion Azangaro Putina

Elaboración propia

Line Type - Library\Ananea\Azangaro - Der. Huancane.TypLne

Basic Data	Name	Azangaro - Der. Huancane	OK
Load Flow	Rated Voltage	60. kV	Cancel
VDE/IEC Short-Circuit	Rated Current	0.379 kA	
Complete Short-Circuit	Nominal Frequency	60. Hz	
ANSI Short-Circuit	Cable / OHL	Overhead Line	
IEC 61363	System Type	AC	
DC Short-Circuit	Phases	3	
	Number of Neutrals	0	
RMS-Simulation	Parameters per Length 1,2-Sequence		
EMT-Simulation	AC-Resistance R'(20°C)	0.2551 Ohm/km	
Harmonics/Power Quality	Reactance X'	0.5026 Ohm/km	
Protection	Parameters per Length Zero Sequence		
Optimal Power Flow	AC-Resistance R0'	0.5838 Ohm/km	
Reliability	Reactance X0'	1.3928 Ohm/km	
Generation Adequacy			
Cable Sizing			
Description			

Figura N° 28: Ajustes de los parametros de la linea en digsilent

Elaboración propia

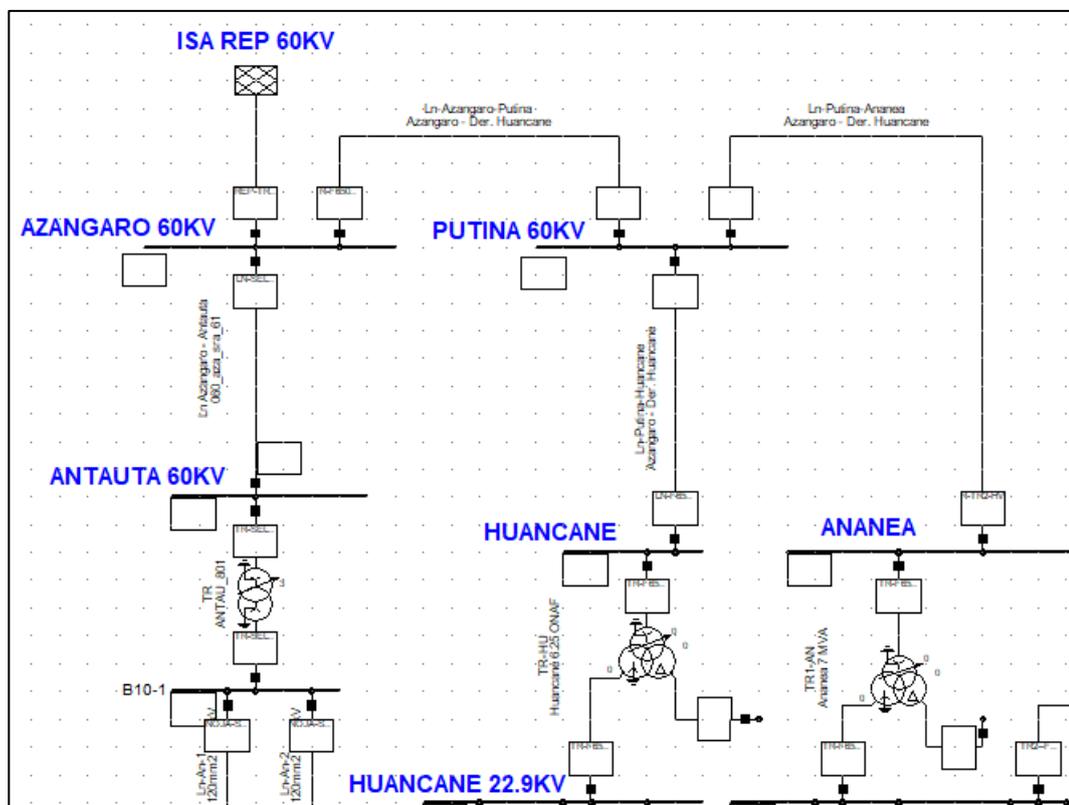


Figura N° 29: Área de influencia diagrama unifilar

Elaboración propia

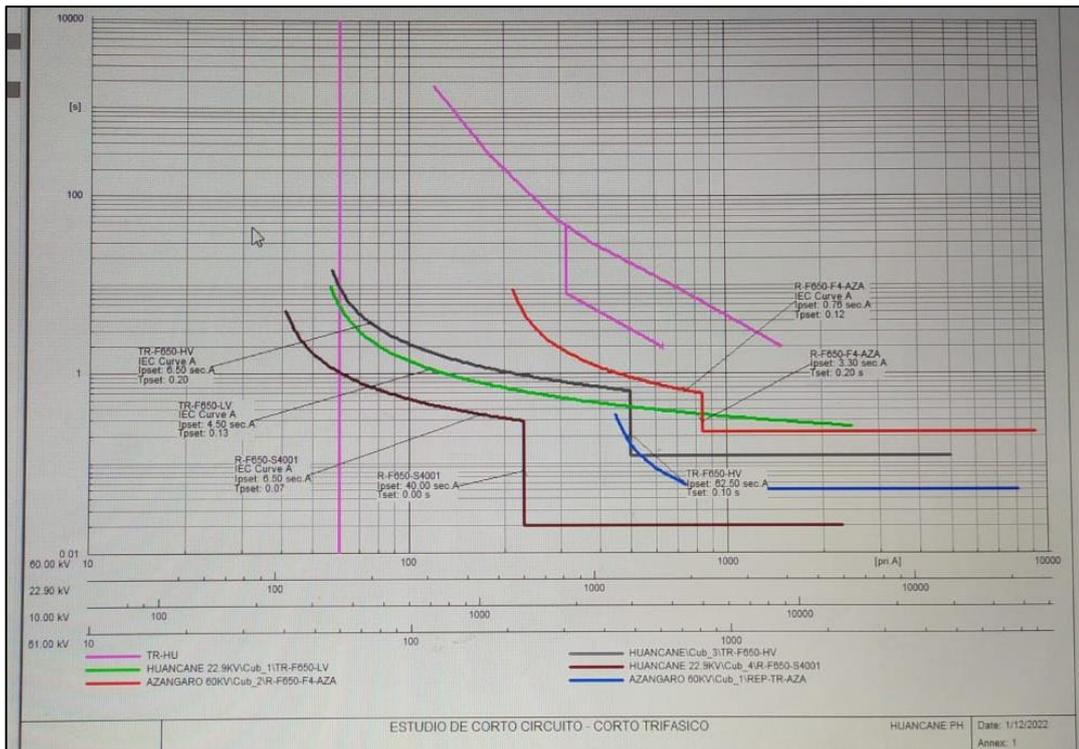


Figura N° 30: Estudio de corto circuito- corto trifasico en el digisilent

Elaboración propia

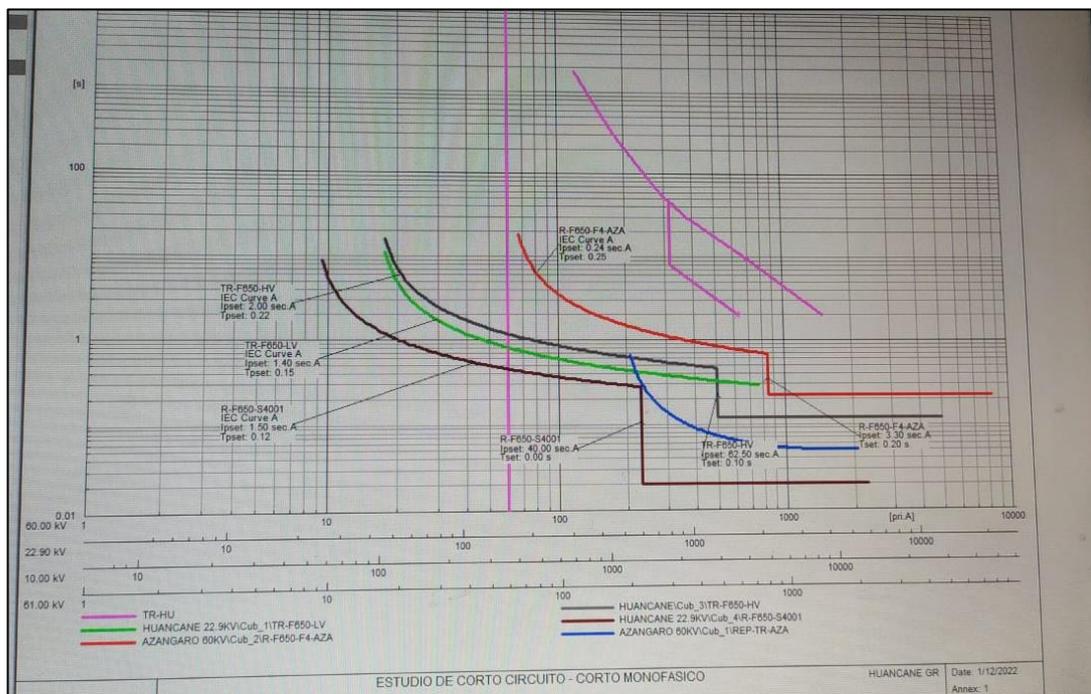


Figura N° 31: Estudio de corto circuito- corto monofásico en el digisilent.

Elaboración propia

4.5. RESPUESTA DEL ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN

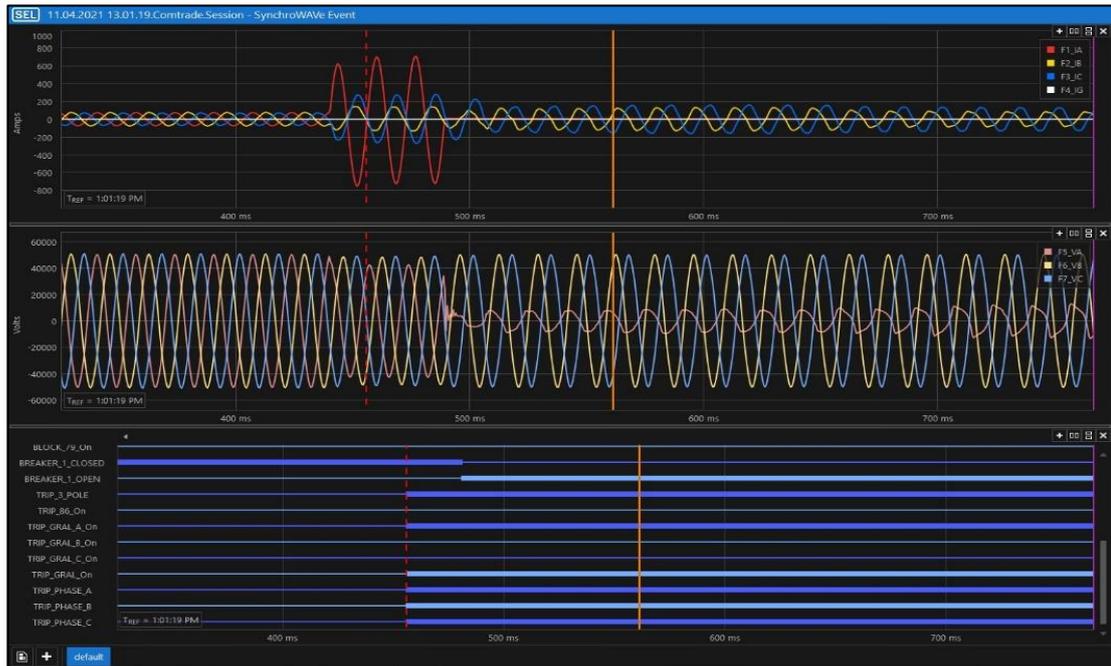


Figura N° 32: Oscilografía de actuación de falla bifásica

Elaboración propia

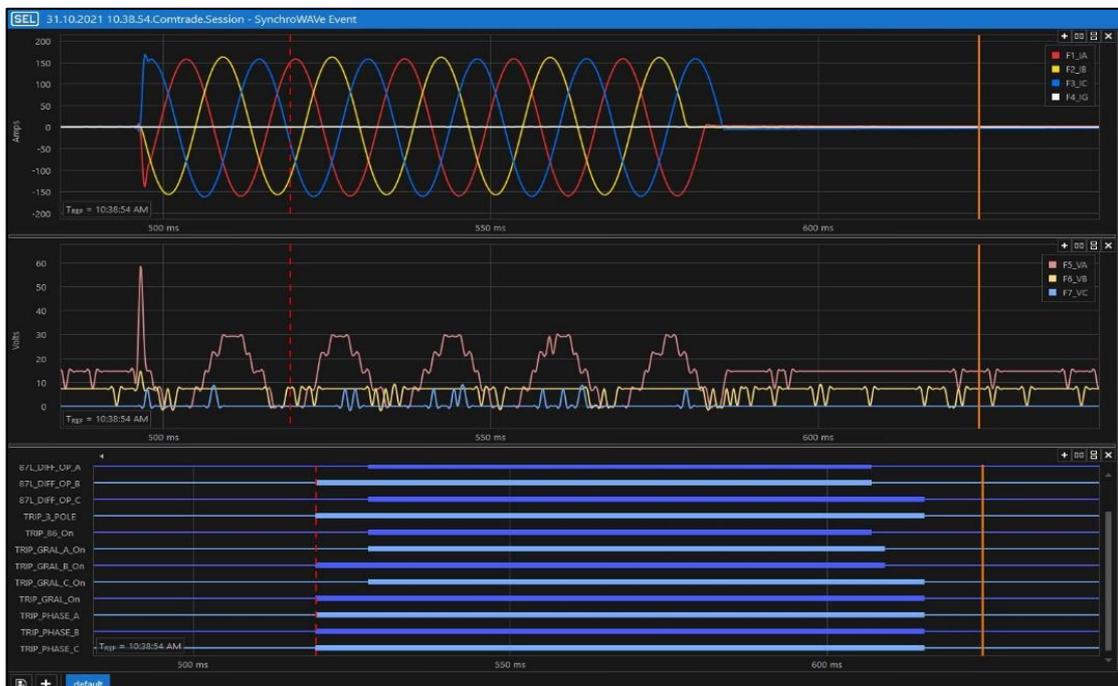


Figura N° 33: Oscilografía de actuación de falla a tierra

Elaboración propia

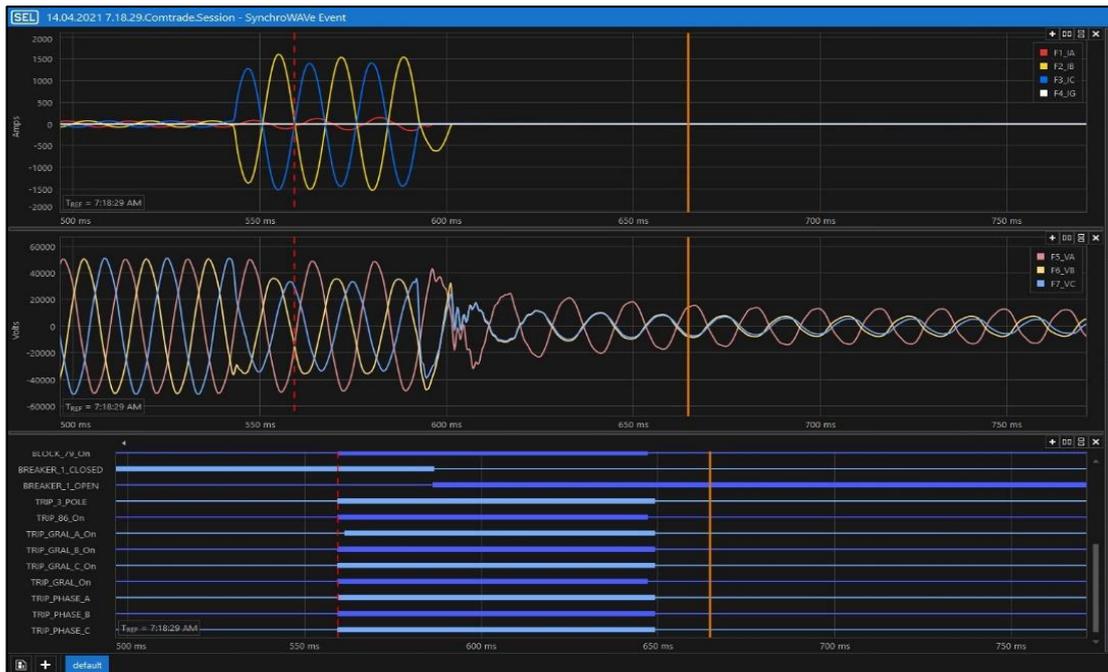


Figura N° 34: Oscilografía de actuación de falla por descarga atmosférica afectando a 2 fases

Elaboración propia

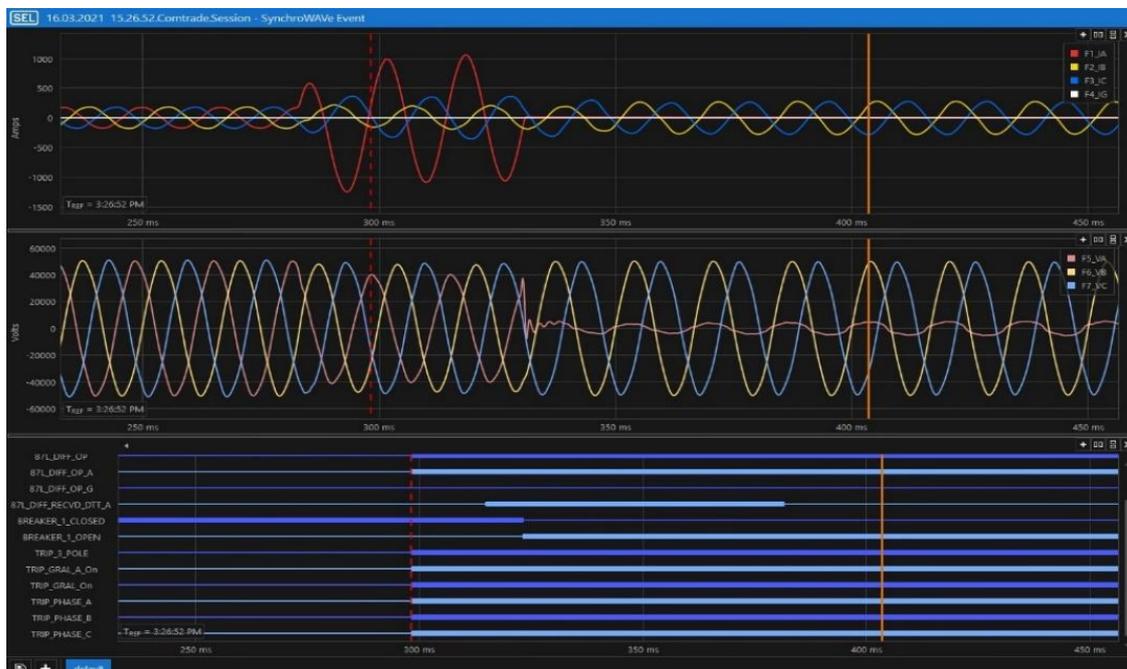


Figura N° 35: Oscilografía de actuación de falla por descarga atmosférica afectando a 1 fase

Elaboración propia

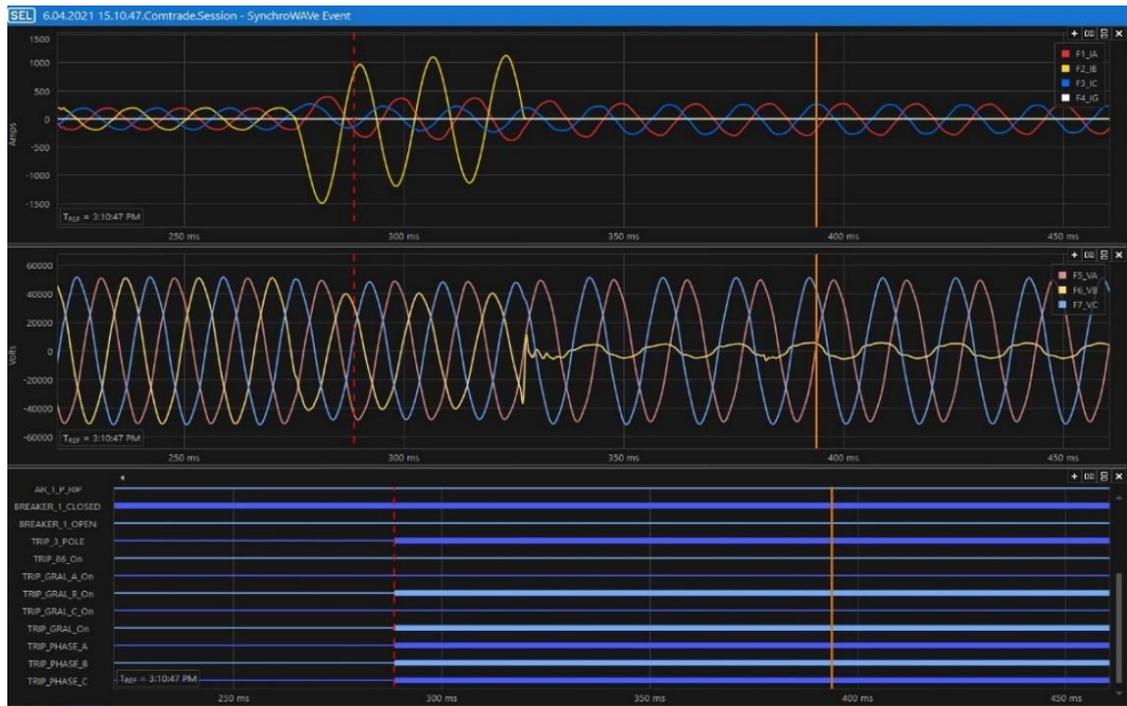


Figura N° 36: Oscilografía de descarga atmosférica fase-tierra

Elaboración propia

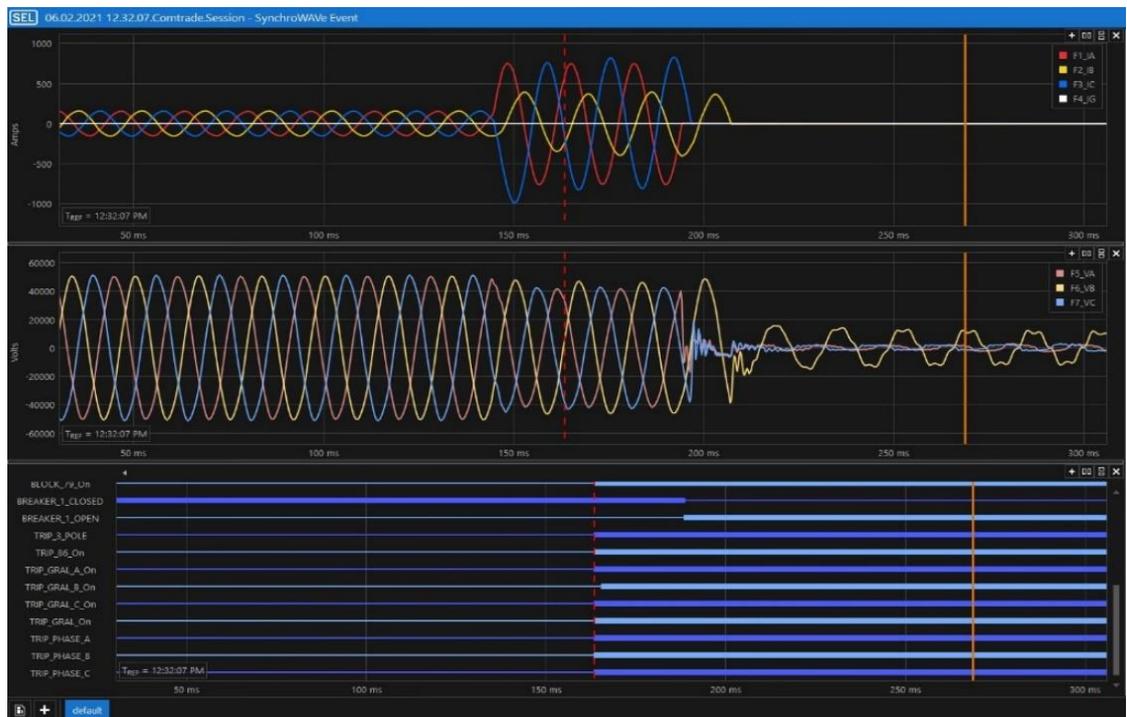


Figura N° 37: Oscilografía de falla de neutro

Elaboración propia

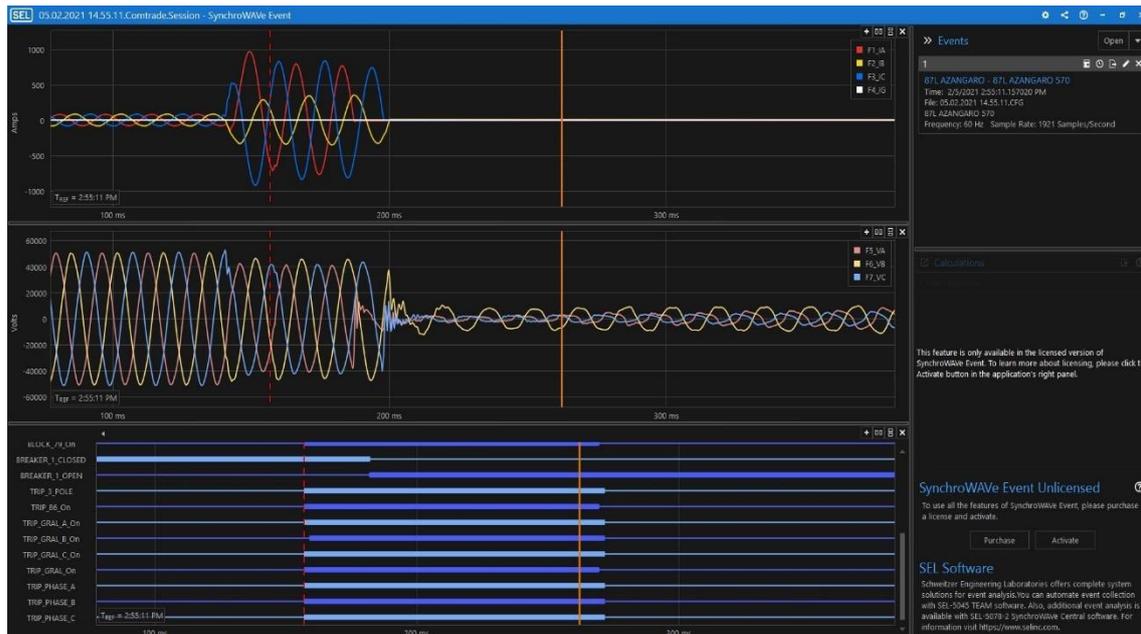


Figura N° 38: Falla a causa de descarga atmosférica

Elaboración propia

4.5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a través del análisis de la línea de subtransmisión L6026 Azangaro-Huancané con la metodología realizada, como visita al campo visualizando y recorriendo a través de las instalaciones existentes y los que son vinculados, los cuales nos han permitido ejecutar nuestros objetivos y negar las hipótesis de nuestro proyecto, ya que el ajuste actual de coordinación de protección cumple con las características exigidas por COES y OSINERGMIN encontrándose los desperfectos y causas de las constantes de las fallas que son NATURALES ocasionadas en su gran mayoría por DESCARGAS ATMOSFERICAS,



V. CONCLUSIONES

1. Se encontró que el ajuste de coordinación de protección afecta directamente al tiempo de actuación y este al tiempo de reposición ya que las alarmas que se activan en la operación toman un tiempo adicional al de actuación propia del relé.
2. Se logro simular las diferentes fallas que se producen en esta línea de subtransmisión y sacar las oscilografías para ver el comportamiento de las ondas y los tiempos de actuación de los relés de protección.
3. Esta línea se caracteriza por ser una derivación t que corresponde a Putina-Huancané-Ananea por lo cual las fallas que se producen en la línea que va hacia Ananea también afecta a Huancané, encontrándose además en un clima típico del altiplano en épocas de avenida y de vientos.



VI. RECOMENDACIONES

1. Este estudio abrirá nuevos campos de investigación respecto a los comportamientos de los relés de protección y su configuración, también deja las interpretaciones de las oscilografías y el comportamiento de las fallas
2. En este estudio se da a conocer visualmente los tiempos de operación de los relés el cual permitirá tomar mejores decisiones al momento de realizar el ajuste de la coordinación de protección en líneas de transmisión.
3. Para tener un mejor monitoreo se debe implementar un catálogo de fallas el cual se debe actualizar periódicamente para tener la información de los elementos críticos en la línea de transmisión y así mismo en las subestaciones de transmisión.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña, J. (2016). Coordinacion de protecciones en una red de media y alta tension. Concepcion, Chile.
- Barrientos, F. (2018). MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO FRENTE A LAS SOBRETENSIONES DE ORIGEN ATMOSFERICO EN EL ALIMENTADOR DE CACHIMAYO: CA-01. Cusco, Peru.
- C., A. (19 de 10 de 2020). COORDINACION DE PROTECCIONES EN SISTEMAS DE GENERACION, TRANSMISION Y DISTRIBUCION. LIMA, PERU.
- Cruz, R. (2018). Metodologia para localizar las fallas en las lineas de transmision 1-6018 66kv y 1-1030 33kv asistido por computador. Cusco, Peru.
- ESTEVA, J., & CONDORI, w. (2018). ANÁLISIS, OPTIMIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS DE ORIGEN ATMOSFÉRICO Y FALLAS A TIERRA EN EL ALIMENTADOR 3003 DEL SERVICIO ELÉCTRICO ANANEA. ANANEA, PUNO, PERU.
- FERDINAN BARRIENTOS , CARLOS CARRION. (2018). MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO FRENTE A LAS SOBRETENSIONES DE ORIGEN ATMOSFERICO EN EL ALIMENTADOR CACHIMAYO : CA 01 CUSCO 2018. *MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO FRENTE A LAS SOBRETENSIONES DE ORIGEN ATMOSFERICO EN EL ALIMENTADOR CACHIMAYO : CA 01 CUSCO 2018*. CUSCO, CACHIMAYO, PERU.
- GUTIERRES, R. (2021). ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN EN LA SUBESTACIÓN DE TOTORANI ACORDE A LOS NUEVOS CAMBIOS



DE LA TOPOLOGÍA EN ALTA Y MEDIA TENSIÓN PARA EL AÑO 2021.

Puno, Puno, Peru.

Hoseinzadeh, B., & Bak, C. L. (2018). COORDINACION CENTRALIZADA DE
DESLASTRE DE CARGA Y SISTEMA DE PROTECCION DE LINEAS DE
TRANSMISION. KURDISTAN, IRAN.

Huanca, A. (2021). coordinacion de sistemas de proteccion en redes de alta tension.

Barcelona, España.

HUAYTA, R. (2021). DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA
SOBRECORRIENTES EN MEDIA TENSIÓN DEL ALIMENTADOR 6003
AYAVIRI - PUNO, APLICANDO LA NORMA IEC 60909 . Ayaviri, Puno,
Peru.

Javier, A. (2016). Coordinacion de protecciones en una red de media y alta tension .

Concepcion, Chile.

JAYNOR ESTEBA , WILSON CONDORI . (2018). ANALISIS, OPTIMIZACION Y
EVALUACION DE LA COORDINACION DE PROTECCION CONTRA
DESCARGAS DE ORIGEN ATMOSFERICO. *ANALISIS, OPTIMIZACION Y
EVALUACION DE LA COORDINACION DE PROTECCION CONTRA
DESCARGAS DE ORIGEN ATMOSFERICO*. PUNO, PUNO, PERU.

Jimènes ,J. ;Paternina,A. (2020). ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE

PROTECCIONES EN LA EMPRESA TECNOGLASS S.A. Barralquilla,
Colombia.

Lujan, J. (2018). ANALISIS DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO BASADOS EN LAS
RECOMENDACIONES DE LA NFPA 780 PARA EL DESARROLLO DE UN
SISTEMA DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS DE



- UNA INSTALACION ELECTRICA UBICADO A LA INTEMPERIE
MEDIANTE PARARRAYOS TIPO FRANKLYN. San Marcos, Ancash, Peru.
- M., M., Leite, J., & Mantovani, J. (2015). Coordinación óptima de relés direccionales y de distancia. Sau Pablo, Brasil.
- Manohar, & Telukunta. (2016). ESQUEMA DE COORDINACION DE PROTECCION ADAPTATIVA PARA REDES ELECTRICAS CON PENETRACION DE RECURSOS ENERGETICOS DISTRIBUIDOS. Bangalore, India.
- OVIEDO, E. (2016). MEJORAMIENTO DE LA COORDINACION DE PROTECCION DE LA MINA TOQUEPALA EN MEDIA TENSION. CUSCO, PERU.
- TICLAVILCA, A. (2013). COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN DE LA LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN VILLA RICA -PUERTO BERMUDEZ Y SUBESTACIONES EN 60 kV. Huancayo, Peru.
- TICLAVILCA, A. (2018). COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN DE LA LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN VILLA RICA - PUERTO BERMUDEZ Y SUBESTACIONES EN 60 kV. *COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN DE LA LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN VILLA RICA - PUERTO BERMUDEZ Y SUBESTACIONES EN 60 kV. HUANCAYO, PUERTO BERMUDEZ, PERU.*
- Tomislav, R., & S., Z. (july de 2017). Un algoritmo para la protección diferencial longitudinal de líneas de. Belgrade, Serbia.
- WANG, I., & XIONG, X. (2019). Estrategia de seguridad del canal de transmisión de energía coordinada con soporte de capacidad de transferencia para emergencias del sistema de energía. Republica de China, CHINA.
- Z., L., Xueming LI, M. N., Li, T., & CHEN, Y. (2015). Revisión y perspectiva de falla oculta: sistema de protección. China, CHINA.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA PROYECTO DE INVESTIGACION			
MEJORA DE LA COORDINACION DE PROTECCION DE LA LINEA DE SUBTRANSMISION L6026 AZANGARO - HUANCANE 60 KV PARA GARANTIZAR EL SERVICIO EN LA SET HUANCANE DEPARTAMENTO DE PUNO 2020			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLES
¿Cuál sería el ajuste adecuado de la coordinación de la línea de protección de la línea de Subtransmisión L-6026 Azangaro – Huancané 60 KV para garantizar el servicio en la SET Huancané?	Garantizar el servicio eléctrico en la SET Huancané mediante el ajuste de coordinación de protección en la línea de Subtransmisión L-6026 Azangaro – Huancané 60 KV subtransmisión L6026 Azangaro – Huancané 60 KV, ubicada en el departamento de Puno,	La mejora de coordinación de protección en la línea de subtransmisión L6026 Azangaro – Huancané 60 KV ubicada en el departamento de Puno garantizará la continuidad del servicio eléctrico en la SET Huancané	VARIABLE DEPENDIENTE: LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO EN LA SET HUANCANE VARIABLE INDEPENDIENTE: AJUSTE DE LOS RELES DE PROTECCION VARIABLE PREDICTORA : EL AJUSTE DE LOS RELES DE PROTECCION VARIABLE DE CRITERIO: CONTINUIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	TIPO DE ESTUDIO : DESCRIPTIVO CORRELACIONAL CON ENFOQUE HIPOTETICO DEDUCTIVO OBSERVACIONAL , DISEÑO: ESTUDIO DE CORTE LONGITUDINAL, AREA DE ESTUDIO: SET HUANCANE, PUNO 2020, POBLACION Y MUESTRA CLIENTES QUE DEPENDEN DE LA LINEA DE TRANSMISION , INSTRUMENTOS: REPORTE DE INTERRUPCIONES , ENCUESTA DE SATISFACCION A LOS USUARIOS, VALORACION ESTADISTICA EXCEL 2019, IBM SPSS 25
Configuración de relés de protección de la línea de transmisión L-6026	1.-Determinar mediante flujo de potencia cual sería el mejor ajuste de los relés de protección de la línea de sub transmisión L6026 Azangaro – Huancané 60 KV	El ajuste de coordinación de protección propuesto cumplirá los tiempos de operación requeridos para la operación de la línea de subtransmisión	
análisis de actuación de las fallas	2.-Simular las fallas que ocurren en el sistema eléctrico y ver el tiempo de actuación de los relés de protección	La continuidad del servicio, que depende de la operación de la línea de transmisión, mejorará el tiempo de reposición del servicio de energía eléctrica	
	3.-Determinar la caracterización de esta línea		



Anexo 2 Área de influencia

