

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



AJUSTES DE COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN
EN LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE 138KV
JULIACA - PUNO,
PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO SAMAN
PROVINCIA DE JULIACA DEPARTAMENTO
PUNO – PERÚ

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRICISTA

AUTORES:

- Bach. MARCO FERNANDO LOPEZ SUNI
- Bach. ALEXIS ANDRÉ SUAREZ FUENTES
- Bach. AMILCAR INGA CANCHO

ASESOR: ING. ERNESTO RAMOS TORRES

CALLAO – 2018

PERU

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**AJUSTES DE COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN EN LA LÍNEA DE
TRANSMISIÓN DE 138KV JULIACA - PUNO,
PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO SAMAN PROVINCIA DE JULIACA
DEPARTAMENTO
PUNO – PERÚ**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRICISTA

AUTORES:

- Bach. MARCO FERNANDO LOPEZ SUNI
- Bach. ALEXIS ANDRÉ SUAREZ FUENTES
- Bach. AMILCAR INGA CANCHO

CALIFICACIÓN:

**Dr. Ing Fernando José
Oyanguren Ramírez**
Presidente de Jurado

**Mg. Ing Carlos Alberto
Huayllasco Montalva**
Secretario

**Ing. Fredy Adán
Castro Salazar**
Vocal



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

OFICINA DE SECRETARÍA GENERAL

Callao, 25 de julio de 2019

Señor

Presente.-

Con fecha veinticinco de julio del dos mil diecinueve se ha expedido la siguiente Resolución.

RESOLUCION DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 534-19-CU-TP -- Callao, 25 de julio de 2019 – EL CONSEJO UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO:

Visto el expediente N° 01076941 de fecha 27 de junio de 2019 mediante el cual el **Bachiller INGA CANCHO AMILCAR** solicita se le otorgue el **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA** bajo la modalidad de **SUSTENTACION DE TESIS**.

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Nacional del Callao confiere el Título Profesional de los programas de estudio que desarrolla a nombre de la Nación, realizándose la obtención de títulos de acuerdo a los reglamentos de estudios de pregrado de la Universidad; conforme a lo establecido en los Arts.87 y 89 de la norma estatutaria, concordante con los Arts. 44 y 45 de la Ley Universitaria N° 30220.

Que, por Resolución N° 245-18-CU de fecha 30-10-2018 se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de esta Casa Superior de Estudios, el mismo que en su Art. 9° establece que para la obtención del Título Profesional se requiere tener grado académico de Bachiller otorgado únicamente por esta Casa Superior de Estudios, la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional y cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC.

Que, asimismo el Art. 11 del referido Reglamento de Grados y Títulos establece que el Consejo Universitario confiere los títulos profesionales declarados expeditos por los Consejos de Facultad, expidiendo el diploma correspondiente el cual es firmado por el Rector, el Decano de la Facultad, el Secretario General y al interesado (a).

Que, así también en el Título IV Capítulo II del referido Reglamento se señala y detalla el trámite y procedimiento administrativo específico para obtener el título profesional.

Que, la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica mediante Dictamen N° 010-031-TPEE/CGT-2019 de fecha 03 de julio de 2019, otorga la conformidad del cumplimiento de los requisitos para obtener el Título Profesional al **Bachiller INGA CANCHO AMILCAR**.



Que, asimismo, el Consejo de Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica mediante Resolución N° 615-2019-CFFIEE, de fecha 15 de febrero de 2019 aprobar el Título Profesional de **INGENIERO ELECTRICISTA** al **Bachiller INGA CANCHO AMILCAR** por la modalidad de SUSTENTACION DE TESIS, titulado: "AJUSTES DE COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN EN LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE 138KV JULIACA -PUNO, PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO SAMAN PROVINCIA DE JULIACA DEPARTAMENTO PUNO - PERÚ.

Estando a lo acordado por el Consejo Universitario en su Sesión de fecha 24 de julio de 2019 en uso de las atribuciones que le confieren los Arts. 59 y 62 de la Ley N° 30220 concordante con los Arts. 116, numeral 116.10 y 128 del Estatuto de la Universidad.

RESUELVE:

- 1° OTORGAR el Título Profesional de **INGENIERO ELECTRICISTA** al **Bachiller INGA CANCHO AMILCAR** conforme a lo dispuesto en la Resolución N° 615-2019-CFFIEE de fecha 15 de febrero de 2019 de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao y por las consideraciones expuestas en la presente Resolución.
- 2° Transcribir la presente Resolución al Vicerrector de Investigación, Facultad, Oficina de Archivo General y Registros Académicos, Unidad de Registros Académicos, así como al interesado (a) para conocimiento y fines consiguientes.
Regístrese, comuníquese y archívese.

Fdo. Dr. BALDO ANDRÉS OLIVARES CHOQUE, Rector y Presidente del Consejo Universitario de la Universidad Nacional del Callao. Sello de Rectorado.

Fdo. Lic. CÉSAR GUILLERMO JÁUREGUI VILLAFUERTE -, Secretario General de la Universidad Nacional del Callao, Sello de Secretaría General.

Lo que transcribo a usted para conocimiento y fines consiguientes.

cc.Rector, Facultad

cc.OAGRA, interesado

 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Oficina de Secretaría General

Lic. César Guillermo Jáuregui Villafuerte
Secretario General

DEDICATORIA

*Con todo mi cariño y
mi amor para mi madre, la
persona que hizo todo en la
vida para que yo pudiera
lograr mis sueños, por
motivarme y darme la mano
cuando sentía que el
camino se terminaba, a ella
por siempre mi corazón y
mi agradecimiento.*

Lopez Suni Marco

DEDICATORIA

A mis padres por el apoyo que me brindaron y por ser mis guías en todo momento.

A mi hermano por el apoyo que me brindo en todo momento.

Amilcar Inga Cancho

DEDICATORIA

Se lo dedico a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. A mi Madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. A mi Padre por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor. A mi hermano Jorge por ser el ejemplo de un hermano mayor y de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles, a mi maestro e Ing. Ernesto Ramos por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

Alexis Suárez Fuentes

ÍNDICE

CARÁTULA	1
PAGINA DE RESPETO	2
HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN	3
DEDICATORIA	4
INDICE	7
INDICE DE FIGURAS	9
INDICE DE TABLAS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1 Identificación del problema.....	16
1.2 Formulación del problema.....	17
(Problema General y Sub problemas)	
1.3 Objetivos de la Investigación	23
(Objetivo General y Objetivos Específicos)	
1.4 Justificación.....	24
II. MARCO TEÓRICO	28
2.1 Antecedentes del estudio.....	28
2.2 Marco Teórico (Fundamento ontológico, metodológico y Epistemológico).....	28
2.3 Bases epistémicas.....	107
2.4 Bases científicas.....	108
2.5 Definiciones de términos básicos.....	108
III. VARIABLES E HIPÓTESIS	109
3.1 Definición de las variables.....	109
3.2 Operacionalización de variables.....	110
3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas.....	111

IV. METODOLOGÍA.....	112
4.1 Tipo de investigación.....	112
4.2 Diseño de la investigación.....	113
4.3 Población y muestra.....	114
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	120
4.5 Procedimientos de recolección de datos.....	121
4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	121
V. RESULTADOS.....	122
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	124
6.1 Contrastación de Hipótesis con los resultados.....	124
VII CONCLUSIONES.....	125
VIII RECOMENDACIONES.....	126
IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
ANEXOS.....	129
Anexo N°1 Matriz de consistencia.....	130
Anexo N°2 Simulaciones de la Coordinación de Protecciones....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1	Subestación Juliaca 138/10/22.9 KV, Distrito Juliaca, Departamento Puno – Dirección Sur.....	18
Figura N° 1.2	Subestación Juliaca 138/10/22.9 kv, Distrito Juliaca, Departamento Puno – Dirección Norte.....	19
Figura N° 1.3	Saman, Distribución con un solo Conductor 22.9 kv, Distrito Juliaca, Departamento Puno.....	19
Figura N° 1.4	Saman, Distribución en B.T. con 5 Conductores.....	20
Figura N° 1.5	Saman, Distribución de Redes con Presencia de Lagunas Temporales.....	20
Figura N° 1.6	Saman, Distribución en M.T. con Seccionamiento....	21
Figura N° 1.7	Saman, Distribución Trifásica en M.T.	21
Figura N° 1.8	Saman, Distribución en B.T. con Suministro Monofásico Acceso Tipo para Trocha.....	22
Figura N° 1.9	Saman, Distribución EN M.T. tipo Rural.....	22
Figura N° 2.1	Zonas de Actuación de Relés.....	47
Figura N° 2.2	Estudio de Coordinación de Protección Juliaca – Puno	51
Figura N° 2.3	Orientación de Parámetros de Línea para Coordinación de Protección Juliaca – Puno.....	56
Figura N° 2.4	Orientación de Parámetros de Línea para Coordinación de Protección Juliaca – Puno ZONA 3 Hacia Adelante y Hacia Atrás.....	57
Figura N° 2.5	Orientación de Parámetros de Línea para Coordinación de Protección Juliaca – Puno ZONA 4 Hacia Adelante y Hacia Atrás.....	58

Figura N° 2.6	Orientación de Parámetros de Línea para Coordinación de Protección Juliaca – Puno ZONA 5 Hacia Adelante y Hacia Atrás.....	59
Figura N° 2.7	Característica de Operación del relé de Distancia, Juliaca – Azángarofase- fase.....	68
Figura N° 2.8	Característica de Operación del relé de Distancia, Juliaca – AzángaroFase- tierra.....	69
Figura N° 2.9	Característica de Operación del relé de Distancia, JULIACA – PUNOFase- Fase.....	74
Figura N° 2.10	Característica de Operación del relé de Distancia, JULIACA – PUNOFase- Tierra.....	75
Figura N° 2.11	Característica de Operación del relé de Distancia, PUNO – JULIACAFase- Fase.....	78
Figura N° 2.12	Característica de Operación del relé de Distancia, PUNO-ILAVEFase- Fase.....	84
Figura N° 2.13	Característica de Operación del relé de Distancia, PUNO-ILAVEFase- Tierra	85
Figura N° 2.14	Coordinación de la Protección de sobrecorriente para fallas aisladas en subestaciones: Juliaca y Puno (138 KV y 60 KV).....	104
Figura N° 2.15	Coordinación de la Protección de sobrecorriente para fallas aisladas en subestaciones: Juliaca y Puno (138 KV y 22,9 KV).....	105
Figura N° 2.16	Coordinación de la Protección de sobrecorriente para fallas a tierra subestaciones: Juliaca y Puno.....	106
Figura N° 4.1	Distribución normal Estándar.....	118
Figura N° 5.1	Falla trifásica ($R_f=0$ Ohm) al 50% de la línea Juliaca – Punode 138 kV (S.E. Juliaca).....	123

Figura N° 5.1	Tiempo de activación de la función sobrecorriente de fases de los relés de 138 kV de la Línea Juliaca – Puno y Juliaca – Azángaro ante falla trifásica en la línea Juliaca – Puno.....	123
----------------------	--	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1	Valores de Resistividad y Parámetros Eléctricos.....	48
Tabla N° 2.2	Línea de Transmisión 138kV Juliaca – Azángaro.....	64
Tabla N° 2.3	Línea de Transmisión 138kV Azángaro - Tintaya.....	64
Tabla N° 2.4	Ajustes actuales del relé de distancia que protege a la L.T. Azángaro - Tintaya 138kV (relé REL 316*4).....	64
Tabla N° 2.1	Términos básicos.....	108

RESUMEN

En vista que se viene realizando ampliaciones de Líneas de Transmisión en Líneas primarias a nivel nacional, en el departamento de Puno, como la ejecución de enlace entre la subestación Juliaca con la Subestación Puno y en dirección opuesta la Subestación Azángaro, se presenta un problema como la desconexión de esta nueva Subestación, así como las subestaciones laterales, originados por la nueva topología del Sistema Eléctrico, en el presente trabajo de tesis se realizó los ajustes de los dispositivos de protección de la línea de transmisión de 138 kV Juliaca – Puno, en la Subestación Juliaca y en la Subestación Puno, para que garantice el suministro de energía eléctrica al P.S.E. SAMAN en 22.9 kV, ante cualquier perturbación en el sistema eléctrico interconectado.

Con estos ajustes de la protección se logrará cumplir con los requisitos básicos de la ingeniería de protecciones, los cuales son: rapidez de operación, selectividad y confiabilidad.

El análisis de cortocircuito permite verificar el comportamiento térmico de los componentes del sistema ante fallas trifásicas y monofásicas en los mismos, también permite calibrar o ajustar los relés de protección y verificar la capacidad de soportar cortocircuitos que tienen los equipos y redes como: cables, conductores aéreos, interruptores y transformadores de corriente.

ABSTRAC

In view that the extension of transmission lines in primary lines at the national level, in the department of Puno, such as the carry out of connection between the Juliaca substation and the Puno substation , and the Azángaro substation in the opposite direction, there is a problem such as the disconnection of this new substation, as well as the side substations, originated by the new topology of the electrical system, in the present thesis work was made settings of the protection devices of the 138 kV transmission line Juliaca - Puno, in the Juliaca Substation and the Puno Substation, to secure the supply of the electricity to the P.S.E SAMAN in 22.9 kV, before any disturbance in the interconnected electrical system.

With these settings of the protection it is possible to comply with the basic requirements of the engineering of protections, which are: speed of operation, selectivity and reliability.

The short circuit analysis allows to verify the thermal behavior of the components of the system in the case of three-phase and single-phase faults in them , it also allows to calibrate or set the protection relays and verify the capacity to withstand short circuits in equipment and networks such as: cables, overhead conductors, switches and current transformers

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de protecciones eléctricas constituyen el equipo más importante que se incluye en un sistema eléctrico de potencia con el fin de aminorar los efectos de las fallas sobre el equipo protegido desenergizándolo rápidamente y mejorar la calidad del servicio al eliminar o aislar aquellos elementos que por su operación defectuosa puedan producir perturbaciones.

Con el notable crecimiento de los sistemas eléctricos en los últimos años, el aumento de interconexión, el alto costo del equipo instalado y las exigencias cada vez mayores de un suministro de energía eléctrica seguro y de óptima calidad, la técnica de las protecciones eléctricas ha debido necesariamente perfeccionarse en forma paralela, pues, son ellas, en gran parte, las responsables de esas características deseables. Por esto, un diseño cuidadoso del sistema de protecciones y la elección adecuada de sus componentes es considerado, hoy en día, de una importancia fundamental en la operación de los sistemas eléctricos.

Las Subestaciones de Juliaca y Puno se encuentran ubicadas en el departamento de Puno que mediante la línea de 138 kV Juliaca - Puno alimentan al pequeño Sistema Eléctrico SAMAN que se encuentra ubicada en la Provincia de Juliaca Departamento de Puno a una altitud aproximada de 3822 metros sobre el nivel del mar.

Para el desarrollo de la presente tesis, se ha empleado la siguiente información:

- Potencia de cortocircuito trifásica y monofásica en barras de 138kV de la S.E. Puno que pertenece a la empresa REDESUR.
- Características de Placa de los transformadores de potencia de las subestaciones Puno y Juliaca, así como los transformadores de corriente y tensión que alimentan a los equipos de protección.

- Ajustes de los relés de sobrecorriente de los relés de la S.E. Juliaca y Puno.
- Máximas y Mínimas demandas de los alimentadores de las subestaciones Puno, Juliaca y Azángaro.
- Diagrama Unifilares de las subestaciones Juliaca, Puno y Azángaro.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Actualmente se viene realizando ampliaciones de Líneas de Transmisión y Líneas Primarias a nivel nacional, como en el departamento de Puno, habiéndose realizado la ejecución de enlace entre la Subestación Juliaca con Subestaciones laterales como la Subestación Puno y en dirección opuesta la Subestación Azángaro, se presenta un problema general, como la salida fuera de servicio de esta nueva Subestación, como las Subestaciones laterales, originados por la nueva topología del Sistema Eléctrico, por lo tanto se realizaron los cálculos que indican la superación y el equipamiento en las Subestaciones, de igual forma el Pequeño Sistema Eléctrico SAMAN tiene como alimentación la Subestación Juliaca, con alimentación desde un transformador elevador, también se realizó los ajustes de coordinación.

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Se han registrado salidas fuera de servicio en Alta Tensión del sector eléctrico, como en la Línea Primaria que alimenta al P.S.E. SAMAN, las cuales originan un freno en el Sector Comercial, industrial, turístico, problema que fueron identificados y reducidos mediante coordinaciones con el uso de relés, sobre todo por la cercanía a la frontera internacional, con presencia comercial bilateral.

Habiéndose identificado el problema se realiza la implementación de soluciones que permitan que el P.S.E. SAMAN, como Línea de transmisión, opere con la seguridad de la protección ante perturbaciones eléctricas.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General. -

¿La salida fuera de servicio del Sistema eléctrico Juliaca en 138 KV como del P.S.E. SAMAN en 22,9 KV, originados por la nueva topología del sistema eléctrico interconectado, debido a que los ajustes de los dispositivos de protección de la Línea de Transmisión de 138kV Juliaca – Puno no garantizan el suministro de energía eléctrica ante fallas en las Líneas Eléctricas de enlace?

Con dichos ajustes de la protección se logra cumplir con los requisitos básicos de la ingeniería de protecciones los cuales son: rapidez de operación, selectividad y confiabilidad, entre, otros.

1.2.2 Problema Específico.

¿ La salida fuera de servicio del Sistema eléctrico Juliaca en 138 KV, originados por la nueva topología del sistema eléctrico interconectado, debido a que los ajustes de protección no garantizan el suministro de energía eléctrica ante fallas en las Líneas Eléctricas de enlace?

¿La salida fuera de servicio del P.S.E. SAMAN en 22,9 KV, originados por la nueva topología del sistema eléctrico interconectado, debido a que los ajustes de protección no garantizan el suministro de energía eléctrica ante fallas en las Líneas Eléctricas de enlace?

Ubicación y alcances de la Tesis:

a.- UBICACIÓN

Esta subestación está ubicada a 3822 msnm, en la ciudad de Juliaca, departamento de Puno.

Cuenta con dos celdas de línea de 138 kV, que son las correspondientes a la Línea de Transmisión Juliaca - Azángaro y la Línea de Transmisión Juliaca - Puno. Además posee un Transformador de Potencia de 40/40/10 MVA con

tensiones de 138/60/10 kV., De la Barra de 10 KV se suministra energía al P.S.E. SAMAN a la tensión elevada al nivel de 22,9/13.2 KV

En el nivel de 138 kV recibe la energía a través del Sistema interconectado del Sur mediante la línea proveniente de la subestación Azángaro. Mediante la interconexión que se realiza en la subestación Puno la energía fluiría de Puno hacia Juliaca según el análisis de flujo de potencia.

**FIGURA N° 1.1– SUBESTACION JULIACA 138/10/22.9 KV,
DISTRITO JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO – dirección sur**



**FIGURA N° 1.2– SUBESTACION JULIACA 138/10/22.9 KV,
DISTRITO JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO – dirección norte**



**FIGURA N° 1.3– SAMAN, DISTRIBUCION CON UN SOLO
CONDUCTOR 22.9 KV,
DISTRITO JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO**



FIGURA N° 1.4– SAMAN, DISTRIBUCION EN B.T. CON 5 CONDUCTORES



FIGURA N° 1.5– SAMAN, DISTRIBUCION DE REDES CON PRESENCIA DE LAGUNAS TEMPORALES



FIGURA N° 1.6– SAMAN, DISTRIBUCION EN M.T. CON SECCIONAMIENTO



FIGURA N° 1.7– SAMAN, DISTRIBUCION TRIFASICA EN M.T.



**FIGURA N° 1.8– SAMAN, DISTRIBUCION EN B.T. CON SUMINISTRO MONOFASICO
ACCESO TIPO PARA TROCHA**



FIGURA N° 1.9– SAMAN, DISTRIBUCION EN M.T. TIPO RURAL



1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General.

Establecer un Sistema de Protección, mediante ajustes de los sistemas de protección que garantice el suministro de energía eléctrica al P.S.E. SAMAN en 22,9 KV, alimentado de la Línea de Transmisión Juliaca-Puno, provincia de Juliaca Departamento Puno, en 138 KV, ante fallas en las Líneas Eléctricas de enlace.

El objetivo principal del presente estudio es determinado mediante los ajustes de los dispositivos de protección de la Línea de Transmisión de 138kV Juliaca - Puno, en la Subestación Juliaca y en la Subestación Puno, para su operación coordinada ante cualquier perturbación en el sistema eléctrico interconectado.

Con dichos ajustes de la protección se logra cumplir con los requisitos básicos de la ingeniería de protecciones los cuales son: rapidez de operación, selectividad y confiabilidad, entre, otros.

El análisis de Flujo de Carga que se calculó, permite obtener en todas las barras de 138kV involucrados en el análisis, los niveles de tensión y las cargas en condiciones de pre falla, durante la operación en estado estable del sistema eléctrico interconectado.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- a. Establecer un Sistema de Protección, mediante ajustes de los sistemas de protección que garantice el suministro de energía eléctrica alimentado de la Línea de Transmisión Juliaca-Puno provincia de Juliaca Departamento Puno, en 138 KV, ante fallas en las Líneas Eléctricas de enlace.

- b. Establecer un Sistema de Protección, mediante ajustes de los sistemas de protección que garantice el suministro de energía eléctrica al P.S.E. SAMAN en 22,9 KV, provincia de Juliaca Departamento Puno, KV, ante fallas en las Líneas Eléctricas

1.4 JUSTIFICACIÓN

a.- Justificación Legal

Los códigos y Normas aplicadas son, como requerimiento mínimo, según las últimas ediciones y/o enmiendas indicadas en:

- Código Nacional de Electricidad de Suministro 2011
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, aprobado por Decreto Supremo No 020-97-EM
- Ley de Concesiones Eléctricas (Ley N° 25844).
- Reglamento de Fiscalización de las Actividades Energéticas por Terceros (D.S. N° 029-97EM).
- Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (D.S. N° 029-94- EM).
- Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Sub Sector de Electricidad (R.M. N° 161-2007-EM/VME).
- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Ley General de Residuos Sólidos N° 27314.
- Ordenanza Municipal (Gestión de residuos sólidos)
- Reglamento de la ley de concesiones eléctricas, aprobado por D.S. N° 009-93-CM
- Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo D.S. N° 003-98SA.
- Procedimiento Técnico del COES (PR20)
- Para los casos no contemplados en los documentos anteriores se

aplica las recomendaciones según las últimas ediciones y/o enmiendas indicadas en:

- **R U S** 1724-E200 Rural Utilities Service
- **N E S C** National Electrical Safety Code
- **D I N** Deutsche Industrie Normen
- **V D E** Verbau Deutsche Electrotechniker.
- **ANSI** American National Standards Institute.
- **AISI** American Iron and Steel Institute
- **ASTM** American Society for Testing and Materials
- **IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers
- **NEC** National Electrical Code
- **NEMA** National Electrical Manufacturers Association
- **CSA** Canadian Standards Association
- **IEC** International Electrotechnical Commission
- **AEIC** Association of Edison Illuminating Companies

b.- Justificación Teórica

La justificación teórica principal del presente estudio está basado en los ajustes de los dispositivos de protección de la Línea de Transmisión de 138kV Juliaca - Puno, en la Subestación Juliaca y en la Subestación Puno, para su operación coordinada ante cualquier perturbación en el sistema eléctrico interconectado.

Con dichos ajustes de la protección se logra cumplir con los requisitos básicos

de la ingeniería de protecciones, los cuales son: rapidez de operación, selectividad y confiabilidad, entre otros.

c.- Justificación Tecnológica

El análisis de cortocircuito, permite verificar el comportamiento térmico de los componentes del sistema ante fallas trifásicas y monofásicas en los mismos, también permite calibrar o ajustar los relés de protección y verificar la capacidad de soportar cortocircuitos que tienen los equipos y redes como: cables, conductores aéreos, interruptores y transformadores de corriente. Los casos de cortocircuito simulados son los siguientes:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------|
| - Máxima Demanda Anillo Abierto | - Falla trifásica. |
| - Mínima Demanda Anillo Abierto | - Falla trifásica. |
| - Máxima Demanda Anillo Cerrado | - Falla trifásica. |
| - Mínima Demanda Anillo Cerrado | - Falla trifásica. |
| - Máxima Demanda Anillo Abierto | - Falla monofásica. |
| - Mínima Demanda Anillo Abierto | - Falla monofásica. |
| - Máxima Demanda Anillo Cerrado- | - Falla monofásica. |
| - Mínima Demanda Anillo Cerrado | - Falla monofásica. |
| - Máxima Demanda Anillo Abierto | - Falla monofásica 50n. |
| - Mínima Demanda Anillo Abierto | - Falla monofásica son. |
| - Máxima Demanda Anillo Cerrado | - Falla monofásica son. |
| - Mínima Demanda Anillo Cerrado | - Falla monofásica 50n. |

d.- Justificación Económica

La ubicación del Pequeño Sistema Eléctrico P.S.E. SAMAN se ubica a una altura promedio de 4000 msnm, encontrándose con descargas atmosféricas, incidencia del viento sobre la Línea Primaria, el cual está sujeto a fallas, pudiendo estas anomalías repercutir en la Línea principal de Alimentación, es decir la Línea de Transmisión Juliaca – Puno, por lo que fue necesario en la presente Tesis, conocer el equipamiento del Sistema Eléctrico Integral de estas instalaciones, a fin de darle los ajustes

técnicos que eviten pérdidas económicas por la falta de operación del sector económico de localidades fronterizas internacionales.

e.- Justificación Social

Estas localidades están rodeadas por niveles de agua muy próximo al nivel del suelo, originado por las Lagunas existentes y en algunos sectores Lagunas temporales, los cuales dificultan la instalación de estructuras para el sector eléctrico, postergándose las mejoras sociales que requieren los pueblos, por su ubicación fronteriza.

Se estudió la alternativa de solución como el uso de Paneles Solares, con las limitaciones propias por su operación básica y conceptual, determinándose el costo mayor comparados con el uso de energía eléctrica por recursos hídricos.

f.- Justificación Práctica.

Para la celda de llegada de la línea se ha instalado en el Tablero de Protección un relé multifunción de distancia como protección principal y un relé de sobrecorriente trifásico de fase y tierra como protección de respaldo, para el transformador de potencia se utiliza un relé de protección diferencial como protección principal y relés de protección de sobrecorriente como protección de respaldo para cada uno de los niveles de tensión. Los relés de distancia operan con algoritmos de impedancia para detectar las fallas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Estudio

Se garantiza la reducción de fallas del sistema eléctrico, cumpliendo con la creciente demanda de las cargas asociadas al Sistema Interconectado del Sur se tiene instalado la Línea de Transmisión Juliaca - Puno en el nivel de 138kV., desde donde se alimenta al P.S.E. SAMAN

Esta línea de transmisión nace en la subestación Juliaca como producto de la ampliación de la barra de 138kV de la subestación mencionada, el cual tiene un recorrido de aproximadamente 43,8km en simple terna y un conductor de 300mm² de aleación de aluminio (AAAC), el cual termina en la subestación Puno en un transformador de potencia de 138/60/22,9kV - 25/25/7 MVA ONAN. Esta subestación se va a interconectar a la línea de transmisión Puno - Moquegua en el nivel de 220kV, mediante un Autotransformador de 220/138/10,5kV - 120/120/15 MVA.

2.2 Marco Teórico (Fundamento ontológico, metodológico y Epistemológico)

2.2.1 Normas Aplicables

En el presente estudio se determinó los ajustes de los dispositivos de protección de la Línea de Transmisión de 138kV Juliaca - Puno, en la Subestación Juliaca y en la Subestación Puno, para su operación coordinada ante cualquier perturbación en el sistema eléctrico interconectado.

Con dichos ajustes de la protección se logra cumplir con los requisitos básicos de la ingeniería de protecciones, los cuales son: rapidez de operación, selectividad y confiabilidad, entre otros.

El análisis de Flujo de Carga permite obtener en todas las barras de 138kV involucrados en el análisis, los niveles de tensión y las cargas en condiciones de pre falla, durante la operación en estado estable del sistema eléctrico interconectado para las siguientes condiciones:

- Máxima Demanda Anillo Abierto.
- Mínima Demanda Anillo Abierto.
- Máxima Demanda Anillo Cerrado.
- Mínima Demanda Anillo Cerrado.

El análisis de cortocircuito permite verificar el comportamiento térmico de los componentes del sistema ante fallas trifásicas y monofásicas en los mismos, también permite calibrar o ajustar los relés de protección y verificar la capacidad de soportar cortocircuitos que tienen los equipos y redes como: cables, conductores aéreos, interruptores y transformadores de corriente

2.2.2 ALCANCE DEL ESTUDIO

El sistema de protección de la Línea de Transmisión Juliaca - Puno, tiene como protección principal 02 relés multifunción de distancia (21 P) uno para cada extremo, el cual es de tecnología ALSTOM, y como protección de respaldo 02 relés de sobre corriente uno para cada extremo a su vez en la subestación Juliaca se instala un nuevo relé de distancia que va a proteger la Línea de transmisión Juliaca - Azángaro. El transformador de potencia posee como protección principal un relé diferencial para tres devanados de tecnología ALSTOM, y como protección de respaldo relés de sobrecorriente para cada devanado.

En la subestación Puno existen 02 salidas en el nivel de 60kV. Uno hacia la subestación ILAVE el cual posee como protección principal un relé multifunción de distancia y como respaldo un relé de sobrecorriente ambos de tecnología ALSTOM y la otra hacia la CT PUNO el cual posee una protección de sobrecorriente, y en el nivel de 22,9kV existen 02 salidas hacia las localidades de Paucarcolla y Chucuito, los cuales están protegidos mediante 02 reclosers uno para cada uno.

Para la interconexión con la subestación Puno mediante el Autotransformador, se han ejecutado instalaciones con relés de última generación, por lo que se indican los criterios de ajuste de los dispositivos de protección, para lo cual se tomó información de los análisis de flujo de carga y cortocircuito.

Los criterios de protección seleccionados cumplen con los alcances solicitados por SISUR, los cuales pasamos a indicar:

- Protección de distancia principal (21 P), proporcionado por el relé de marca Alstom, modelo EPAC 3122.
- Protección de sobrecorriente direccional a tierra (67N), proporcionado por el relé anteriormente mencionado, que incluye ésta como función adicional.
- Protección de sobrecorriente de fase y tierra (50/51, 50N/51N), proporcionada por el relé de marca Alstom, modelo MICOM P122.
- Protección Diferencial de Transformador (87T). Proporcionado por el relé marca Alstom, modelo KBCH 130.
- Protección de mínima y máxima tensión (27/59/59N), proporcionado por el relé marca Alstom, modelo EPAC 3122.

Cabe destacar que los relés de distancia, poseen funciones adicionales que, serán habilitadas de acuerdo a la filosofía de protección.

Se hace mención especial que tanto para la subestación Juliaca y la subestación Puno se utiliza los mismos dispositivos de protección indicados anteriormente.

2.2.3 SUBESTACIÓN JULIACA

a.- UBICACIÓN.

Esta subestación está ubicada a 3822 msnm, en la ciudad de Juliaca, departamento de Puno.

Cuenta con dos celdas de línea de 138 kV, que son las correspondientes a la Línea de Transmisión Juliaca - Azángaro y la Línea de Transmisión Juliaca - Puno. Además posee un Transformador de Potencia de 40/40/10 MVA con tensiones de 138/60/10 kV.

En el nivel de 138 kV recibe la energía a través del Sistema interconectado del Sur mediante la línea proveniente de la subestación Azángaro. Mediante la interconexión que se realizará en la subestación Puno la energía fluirá de Puno hacia Juliaca según el análisis de flujo de potencia.

b.- CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El nivel de tensión del sistema de transmisión, existente es de 138 kV, por lo tanto la tensión de la línea Juliaca - Puno es la misma.

c.- COORDINACIÓN DEL AISLAMIENTO

c.1.- Niveles de Aislamiento

Considerando que la subestación está ubicada en un lugar cuya altitud sobre el nivel del mar es de 3822 m y que la contaminación en la zona es muy baja: se consideran los siguientes niveles de

aislamiento de acuerdo a las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) Publicación N° 71.

- Tensión Nominal. kV (Valor eficaz)	138
- Tensiones normalizadas Tensión de Sostenimiento al impulso de rayo, kV (Valor eficaz)	650
- Tensión de Sostenimiento a frecuencia industrial, kV (Valor pico)	275
- Tensiones corregidas. Tensión de Sostenimiento al impulso de rayo, kV (Valor eficaz)	1030
- Tensión de Sostenimiento a frecuencia industrial, kV (Valor pico)	470

c.2.- Protección contra las Sobretensiones

Debido a que el nivel isocerámico es alto en esta zona para proteger las instalaciones y equipos eléctricos contra sobretensiones de origen externo (rayos) o interno (maniobras), se ha previsto las instalaciones de pararrayos del tipo óxido metálico en la llegada de cada línea de transmisión, así como en los puntos más cercanos a los bornes de los transformadores de potencia.

c.3.- Distancia de Fuga de los Aisladores

Debido al bajo grado de contaminación de la zona, las cadenas de aisladores y las columnas aislantes de los equipos tienen una distancia de fuga mínima de 31 mm/kV. de acuerdo a la Norma IEC, Publicación 815.

c.4.- Establecimiento de distancias

Las distancias adoptadas para las subestaciones y tomando en consideración la norma VDE-0101 son:

- | | |
|---|---------|
| - Distancia entre ejes de fases | 4,00 m |
| - Distancia entre eje de la fase más próxima y eje de estructuras | 5,00 m |
| - Altura de tendidos bajos | 11,00 m |
| - Altura de tendidos altos | 17,00 m |
| - Distancia mínima de las barras al suelo | 4,50 m |
| - Distancia mínima de porcelana de los equipos al suelo | 2,30 m |

c.5.- Niveles de cortocircuito.

Los niveles de cortocircuito para las tensiones de 138kV, 60kV y 10kV que se han calculado en el estudio 'Análisis de Flujo de Carga y Cortocircuito', para lo cual se ha tenido como aporte de los sistemas SISE, SISO Y SUR así como de los proyectos de San Gabán I, San Gabán II y Quishuarani.

d.- DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS ELECTROMECÁNICAS ESQUEMAS UNIFILARES

Se presentarán diagramas Unifilares, donde se puede apreciar el equipamiento que se tiene que adicionar a la línea que va hacia la subestación Azángaro y el equipamiento completo para la línea que va hacia la subestación Puno. Con este nuevo equipamiento y con la ampliación de la barra en 138kV, la subestación Juliaca tendrá un sistema de barra simple, conformado por tres celdas:

- Celda de Línea a subestación Azángaro
- Celda del Transformador de 138/60/10 kV
- Celda de Línea a subestación Puno

e.- SISTEMA DE PROTECCIÓN

a) Protección de la Línea de 138 kV

Para las dos (02) celdas de línea se ha instalado un Tablero de Protección, el cual estará constituido por dos relés multifunción de Protección de Distancia, uno para cada celda y dos relés de Protección de Sobrecorriente uno para cada celda. Los relés de distancia operan con algoritmos de impedancia para detectar las fallas.

Cada relé cuenta con las siguientes funciones básicas:

- Cinco Zonas de Protección de Fase y de Tierra (21 P Y 21 N).
- Bloqueo por Oscilación de Potencia (68B).
- Verificación de Sincronismo para el recierre (25).
- Recierre Monopolar y Tripolar (79).
- Protección de Sobrecorriente Direccional/ a Tierra (67N).
- Mínima tensión y Sobretensión Direccional a Tierra (67N)
- Mínima Tensión y Sobretensión (27 y 59)
- Sobrecorriente de Fase y de Tierra (50/51 y 50N/51N)

Las zonas segunda, tercera cuarta y quinta trabajan en forma temporizada, salvo que la segunda zona se acelere a instantáneo por orden de la primera zona del extremo remoto.

Se utilizará el Sistema PUTT (Permissive Underreach Transfer Trip) en la Teleprotección. La Protección Principal usará la onda portadora.

El relé multifunción de distancia incluye además las siguientes funciones:

- Algoritmos de Localización de Fallas
- Registro de Perturbaciones (Oscilografía)
- Registro de Eventos en Memoria No Volátil.

En cada Tablero de Protección, se prevé una Interface con el Sistema de Control de las subestaciones, de manera que todas las actuaciones de la protección den una señal externa discriminada.

SISTEMAS DE CONTROL Y MANDO

Para el control y mando de los equipos instalados en la subestación Juliaca (02 celdas), se tiene un Tablero de Control con sus respectivos Controladores.

En este tablero, se incluyen dos (02) Anunciadores de Alarmas, para la señalización de todos los eventos de anomalía, debidamente discriminados.

En el Tablero de Control, también se provee una Interfase con el sistema de Control de la subestación, de manera que todas las funciones darán una señal externa discriminada. Asimismo, se provee la recepción de los mandos remotos para los interruptores y seccionadores.

SISTEMA DE MEDICIÓN

Para el sistema de mediciones, estos equipos se encuentran en el tablero de Control y Medida el cual consta de dos (02) contadores de energía electrónicos multifunción uno para cada salida, 02 analizadores de red. Que a su vez reemplazan a los voltímetros, amperímetros de cuadro

SERVICIOS AUXILIARES

Para alimentar a los sistemas de protección, control y mando de los equipos que forman parte de la ampliación de la subestación, se utilizará un nuevo tablero de servicios auxiliares instalado en su respectivo Edificio de Control.

Se tiene disponibles las siguientes tensiones auxiliares: 380 Vcc, 220 Vcc, 110 Vcc y 48 Vcc.

f.- CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPAMIENTO PRINCIPAL

En general, el equipamiento electromecánico de las subestaciones cumple con las condiciones previstas en la zona geográfica del Proyecto, las normas IEC (International Electrotechnical Commission), la VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) y los requerimientos del Código Nacional de Electricidad.

INTERRUPTORES DE, POTENCIA

Los interruptores son de 138 kV de tensión nominal, para servicio exterior, con una cámara de extinción en hexafluoruro de azufre (SF₆) y de accionamiento Uni-tripolar. Su nivel de aislamiento básico (BIL) de 750 kV pico, una corriente nominal de 1200 A y un poder de ruptura de 31.5 kA.

El sistema de mando es mecánico, con accionamiento por resortes.

SECCIONADORES DE BARRAS

Los seccionadores de barras de 138 kV, son tripolares del tipo columnas de aisladores, apertura horizontal y central (giro de aisladores) para montaje horizontal y servicio exterior.

Su nivel básico de aislamiento (BIL) de 750 kV pico y una corriente nominal de 1200 A.

El sistema de mando de las cuchillas es motorizado y permite el accionamiento manual de las cuchillas principales en condiciones de falla del sistema motorizado,

SECCIONADORES DE LÍNEA

Los seccionadores de línea de 138 kV, son tripolares del tipo columnas de aisladores, apertura horizontal y central (giro de aisladores) para montaje horizontal y servicio exterior.

Los seccionadores cuentan con cuchillas de puesta a tierra.

El nivel básico de aislamiento (BIL) es de 750 kV pico y la corriente nominal es de 1200 A.

El sistema de mando de las cuchillas principales es motorizado y permite el accionamiento manual de las cuchillas principales en condiciones de falta del sistema motorizado.

El accionamiento de la cuchilla de puesta a tierra es manual.

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Los transformadores de tensión de 138 kV son del tipo capacitivos para servicio exterior y tienen dos arrollamientos secundarios, uno de protección y otro de medición.

La tensión secundaria es de $100/\sqrt{3}$ V.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Los transformadores de corriente de 138 kV, son del tipo columna, para servicio exterior, con doble relación de transformación en el primario y con arrollamientos secundarios de protección y de medición.

La corriente secundaria es de 5 Amperios.

SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

Las instalaciones de telecomunicaciones sirven para atender los servicios de teleprotección, telefonía, transmisión de datos y radiomóvil.

TELEPROTECCIÓN

El sistema de teleprotección está compuesto por equipos capaces de generar cuatro disparos en total. Cada equipo es capaz de generar cuatro disparos. Independientes, Los disparos se enviarán por la onda portadora y vía radio

UHF. Los equipos de teleprotección se usarán para enviar señales provenientes de los siguientes Relés de protección:

- Relé de distancia principal
- Relé de sobrecorriente trifásico de fase y tierra

TRANSMISIÓN DE DATOS

A partir de las instalaciones eléctricas se van a transmitir al centro de control de Socabaya en Arequipa por las Unidades Terminales Remotas, montadas en el centro de control de la subestación Socabaya.

2.2.4 SUBESTACIÓN PUNO

a.- UBICACIÓN.

Esta subestación está ubicada a 4002 msnm, en la ciudad de Puno, departamento de Puno.

Cuenta con una celda de llegada de línea en 138 kV, que es correspondientes a la Línea de Transmisión Juliaca - Puno.

Además posee un Transformador de Potencia de 25/25/7 MVA con tensiones de 138/60/22,9 kV.

En 138 kV, se recibe la energía a través del Sistema Interconectado del Sur mediante la línea proveniente de la subestación Juliaca. Mediante la interconexión que se realizará en la subestación Puno la energía fluirá de Puno hacia Juliaca según el análisis de flujo de potencia.

b.- CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El nivel de tensión del sistema de transmisión, existente es de 138 kV, por lo tanto la tensión de la línea Juliaca - Puno es la misma.

c.- COORDINACIÓN DEL AISLAMIENTO

c1.- Niveles de Aislamiento

Considerando que la subestación está ubicada en un lugar cuya altitud sobre el nivel del mar es de 4002 m y que la contaminación en la zona es muy baja, se consideran los siguientes niveles de aislamiento de acuerdo a las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) Publicación N° 71.

- Tensión Nominal. kV (Valor eficaz)	138
- Tensiones normalizadas. Tensión de Sostenimiento al impulso de rayo, kV (Valor eficaz)	650
- Tensión de Sostenimiento a frecuencia industrial, kV (Valor pico)	275
- Tensiones corregidas. Tensión de Sostenimiento al impulso de rayo, kV (Valor eficaz)	1030
- Tensión de Sostenimiento a frecuencia Industrial. kV (Valor pico)	470

Debido a que el nivel isocerámico es alto en esta zona para proteger las instalaciones y equipos eléctricos contra sobretensiones de origen externo (rayos) o interno (maniobras), se ha previsto las instalaciones de pararrayos del tipo óxido metálico en la llegada de cada línea de transmisión, así como en los puntos más cercanos a los bornes de los transformadores de potencia.

c2.- Distancia de Fuga de los Aisladores

Debido al bajo grado de contaminación de la zona, las cadenas de aisladores y las columnas aislantes de los equipos tienen una distancia de fuga mínima de 31 mmlkV, de acuerdo a la Norma IEC, Publicación 815.

d. Establecimiento de distancias

Las distancias adoptadas para las subestaciones y tomando en consideración la norma VDE-0101 son:

Distancia entre ejes de fases	:	4,00m
Distancia entre eje de la fase más próxima -y eje de estructuras	:	5,00m
Altura de tendidos bajos	:	11,00m
Altura de tendidos altos	:	17,00m
Distancia mínima de las barras al suelo	:	4,50m
Distancia mínima de porcelana de los equipos al suelo	:	2,30m

e. Niveles de cortocircuito.

Los niveles de cortocircuito para las tensiones de 138kV, 60kV y 22,9kV que se han calculado en el estudio “Análisis de Flujo de Carga y Cortocircuito”, para lo cual se ha tenido como aporte de los sistemas SISE, SISO Y SUR así como de los proyectos de San Gabán I, San Gabán II y Quishuarani. .

Los niveles de cortocircuito calculados son los siguientes valores:

d.- DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS ELECTROMECAÑICAS ESQUEMAS UNIFILARES

En planos, se mostrará los esquemas Unifilares, donde el suministro de los equipos de alta tensión es totalmente nuevo tanto para la celda de llegada de la línea proveniente de la subestación Juliaca en 138kV, así como para el resto de los niveles de tensión.

SISTEMAS DE CONTROL Y MANDO

Para el control y mando de los equipos instalados en la subestación Puno se tiene un Tablero de Control con sus respectivos Controladores.

En este tablero, se incluyen dos (02) Anunciadores de Alarmas, para la señalización de todos los eventos de anomalía, debidamente discriminados.

En el Tablero de Control, también se prevee una Interface con el sistema de Control de la subestación, de manera que todas las funciones darán una señal externa discriminada. Asimismo, se prevee la recepción de los mandos remotos para los interruptores y seccionadores.

SISTEMA DE MEDICIÓN

Para el sistema de mediciones, estos equipos se encuentran en el tablero de Medición el cual consta contadores de energía electrónicos multifunción para las respectivas salidas y sus analizadores de red que a su vez reemplazan a los voltímetros, amperímetros de cuadro, para los diferentes niveles de tensión en dicha subestación.

SERVICIOS AUXILIARES

Para alimentar a los sistemas de protección, control y mando, de los equipos que forman parte de la ampliación de la subestación, se utilizará un nuevo tablero de servicios auxiliares instalado en su respectivo Edificio de Control.

Se tiene disponibles las siguientes tensiones auxiliares: 380 Vca, 220 Vcc, 110 Vcc y 48 Vcc.

e.- CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPAMIENTO PRINCIPAL

En general, el equipamiento electromecánico de las subestaciones cumple con las condiciones previstas en la zona geográfica del Proyecto, las normas IEC (International Electrotechnical Commission), la VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) y los requerimientos del Código Nacional de Electricidad.

INTERRUPTORES DE POTENCIA

Los interruptores son de ,138 kV de tensión nominal, para servicio exterior, con una cámara de extinción en hexafluoruro de azufre (SF6) y de accionamiento Uní-tripolar. Su nivel de aislamiento básico (SIL) de 750 kV pico, una corriente nominal de 1200 A y un poder de ruptura de 31.5 kA.

El sistema de mando es mecánico, con accionamiento por resortes.

SECCIONADORES DE BARRAS

Los seccionadores de barras de 138 kV, son tripolares del tipo columnas de aisladores, apertura horizontal y central (giro de aisladores) para montaje horizontal y servicio exterior.

Su nivel básico de aislamiento (SIL) de 750 kV pico y una corriente nominal de 1200 A.

El sistema de mando de las cuchillas es motorizado y permite el accionamiento manual de las cuchillas principales en condiciones de falla del sistema motorizado.

SECCIONADORES DE LINEA

Los seccionadores de línea de 138 kV, son tripolares del tipo columnas de aisladores, apertura horizontal y central (giro de aisladores) para montaje horizontal y servicio exterior.

Los seccionadores cuentan con cuchillas de puesta a tierra.

El nivel básico de aislamiento (SIL) es de 750 kV pico y la corriente nominal es de 1200 A.

El sistema de mando de las cuchillas principales es motorizado y permite el accionamiento manual de las cuchillas principales en condiciones de falta del sistema motorizado. El accionamiento de la cuchilla de puesta a tierra es manual.

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Los transformadores de tensión de 138 kV son del tipo capacitivos para servicio exterior y tienen dos arrollamientos secundados, uno de protección y otro de medición.

La tensión secundaria es de $100/\sqrt{3}$ V.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Los transformadores de corriente de 138 kV, son del tipo columna, para servicio exterior, con doble relación de transformación en el primario y con arrollamientos secundarios de protección y de medición.

La corriente secundaria es de 5 Amperios.

SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

Las instalaciones de telecomunicaciones sirven para atender los servicios de teleprotección, telefonía, transmisión de datos y radiomóvil.

Con este nuevo equipamiento tanto en los niveles de 138kV, 60kV y 22,9kV .la subestación Puno tendrá un sistema de barra simple, conformado por las siguientes celdas:

- Celda de llegada de Línea proveniente de la subestación Juliaca.
- Celda del Transformador de 138/60/22,9kV
- Dos Celdas de salida de Línea en 60kV hacia la subestación llave y C.T. Puno.
- Dos Celdas de salida de Línea en 22,9kV hacia las localidades de Paucarcolla y Chucuito.

g.- SISTEMA DE PROTECCIÓN

Protección de la Línea y Transformador en 138 kV

Para la celda de llegada de la línea se ha instalado en el Tablero de Protección un relé multifunción de distancia como protección principal y un relé de sobrecorriente trifásico de fase y tierra como protección de respaldo, para el transformador de potencia se utilizará un relé de protección diferencial como protección principal y relés de protección de sobrecorriente como protección de respaldo para cada uno de los niveles. Los relés de distancia operan con algoritmos de impedancia para detectar las fallas. Cada relé cuenta con las siguientes funciones básicas:

- Cinco Zonas de Protección de Fase y de Tierra (21 P Y 21 N).
- Bloqueo por Oscilación de Potencia (68B).
- Verificación de Sincronismo para el recierre (25).
- Recierre Monopolar y Tripo/ar (79).
- Protección de Sobrecorriente Direccional a Tierra (67N).
- Mínima Tensión y Sobretensión (27 y 59).
- Sobrecorriente de Fase y de Tierra (50/51 y 50N/51N).

Las zonas segunda, tercera cuarta y quinta trabajan en forma temporizada, salvo que la segunda zona se acelere a Instantáneo por orden de la primera zona del extremo remoto.

Se utilizará el Sistema PUTT (Permissive Underreach Transfer Trip) en la Teleprotección. La Protección Principal usará la onda portadora.

El relé multifunción de distancia incluye además las siguientes funciones:

- Algoritmos de Localización de Fallas
- Registro de Perturbaciones (Oscilografía)
- Registro de Eventos en Memoria No Volátil.

En cada Tablero de Protección, se prevee una Interfase con el Sistema de Control de las subestaciones, de manera que todos las actuaciones de la protección den una señal externa discriminada.

El sistema de teleprotección está compuesto por equipos capaces de generar cuatro disparos en total. Cada equipo es capaz de generar cuatro disparos independientes. Los disparos se enviarán por la onda portadora y vía radio UHF. Los equipos de teleprotección se usarán para enviar señales provenientes de los siguientes Relés de protección:

- Relé de distancia principal
- Relé de sobrecorriente trifásico de fase y tierra

TRANSMISIÓN DE DATOS

A partir de las instalaciones eléctricas se van a transmitir al centro de control de Socabaya en Arequipa por las Unidades Terminales Remotas, montadas en el centro de control de la subestación Socabaya.

h.- CRITERIOS DE: PROTECCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

h1.- Criterios Básicos de Protección.

El objetivo principal del sistema de Protección es proporcionar, en forma rápida, el aislamiento de un área de falla en el sistema y de este modo, poder mantener en funcionamiento la mayor parte del sistema de energía restante. Dentro de este contexto existen seis requerimientos básicos para la aplicación del relé de protección:

- a) Fiabilidad,- Seguridad, que la protección se llevará a cabo correctamente, tiene dos componentes: confianza y seguridad.
- b) Selectividad,- Continuidad máxima del servicio con mínima desconexión del sistema,
- c) Inmunidad a interferencias externas.

- d) Rapidez de operación,- Duración mínima de una falla, así como un menor daño en los equipos del sistema,
- e) Simplicidad,- Menor. equipo de protección y circuitos asociados. para lograr los objetivos de protección,
- f) Economía.- Mayor protección a menor costo total.

El término "protección" no implica que el equipo de protección puede prevenir fallas o deficiencia de los equipos, Los relés de protección sólo se ponen en funcionamiento después que haya ocurrido una condición insostenible. Sin embargo, su función es minimizar los daños a equipos fallados, reducir el tiempo y costo de interrupción así como el de reparación y problemas afines que pudieran ocurrir,

h2.- Criterios de Protección de Distancia (21). Características de los modelos utilizados.

A continuación son presentados los criterios generales de calibración para cada zona de los relés de distancia utilizados en el presente estudio, de acuerdo a la descripción que se detalla y de acuerdo al caso se adoptará el más conveniente para una mejor coordinación de la protección:

Zona 1

1.a) La primera zona debe despejar de manera segura, fallas en la línea de transmisión, e iniciar la señal para un disparo de transferencia permisivo, El alcance depende del modelo de operación del PLC (Comunicación por onda portadora) y del esquema de teleprotección utilizado.

El ajuste recomendado en el esquema de teleprotección PUTT (sub- alcance permisivo con transferencia de disparo), es del 80-85% de la longitud total de la línea de transmisión para evitar disparos inadvertidos.

Por lo tanto, los ajustes tienen que estar en sub-alcance y, por otro lado, deben de suministrar un amplio traslape con el ajuste de la primera zona del relé en la

subestación opuesta para garantizar, de este modo, un disparo rápido con el equipamiento PLC en uso. Por lo expuesto, el ajuste debe acercarse al límite más alto (85%) no obstante que el uso del transformador de tensión capacitivo origina que los relés tiendan al sobrealcance debido a las oscilaciones de la tensión transitoria.

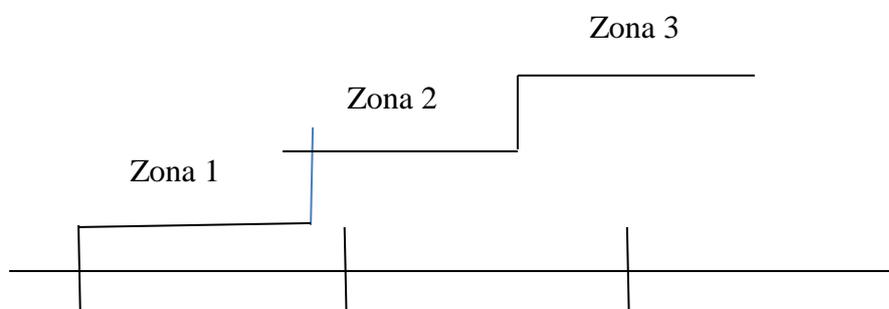
1.b) La primera zona debe despejar de manera segura, para el caso donde no exista teleprotección se optará a justar típicamente a un ,115% de longitud de la línea.

Zona 2

La segunda zona es usada como un respaldo (back-up) para despejar, fallas en barras, así como para despejar fallas remotas en caso de que el equipo PLC quedase fuera de servicio por cualquier razón, Las consideraciones de ajuste usuales son las siguientes:

- 2.a) Típicamente 125% de longitud de línea, por ejemplo, 25% de sobre alcance:
ó
- 2.b) 100% de longitud de línea más 50% de la siguiente línea más corta; ó
- 2.c) 85% de longitud de línea más 72% de la siguiente línea; ó
- 2.d) 85% de longitud de línea más 41% de la siguiente línea.
- 2.e) 85% de longitud de línea más 100% de la siguiente línea.

FIGURA N° 2.1 ZONAS DE ACTUACION DE RELES



Zona 3

La tercera zona funciona como respaldo de la segunda zona, esto es, trabaja como un respaldo de la zona de respaldo; por lo tanto, su selectividad puede ser reducida.

Las consideraciones de calibración son usualmente las siguientes:

- 3.a) 100% de la longitud de la línea más 80% de la siguiente línea, ó
- 3.b) 100% de la longitud de la línea más 120% de la siguiente línea, para proteger la barra al final de la segunda línea, si no hubiera protección alguna para la barra; ó
- 3.c) 100% de la longitud de la línea cuando ésta es terminal más el 80% de la impedancia del transformador.
- 4.c) 157% de la longitud de la línea más el 61% de la siguiente línea.
- 5.c) 85% de la longitud de la línea más el 153% de la siguiente línea.

Compensación de corriente de secuencia cero.

Durante la falla accidental de un conductor a tierra, la unidad de medición del relé de distancia necesita la corriente multiplicada por un factor de corrección K_0 para calcular la distancia correcta desde la ubicación de los relés a la falla:

$K_0 = 1/3 (Z_0/Z_1 - 1)$, según Norma Internacional.

Se ha investigado el impacto de la resistividad de la tierra sobre la impedancia de secuencia cero de las líneas de transmisión de 138kV. Los resultados en la tabla señalada a continuación muestran un impacto mínimo sobre las calibraciones del factor de tierra (menor a $\pm 10\%$, referido a 200 Ohm-m para el rango de 50 a 1000 Ohm-m). Prácticamente esta corrección de 10 podría ser considerada exclusivamente para las líneas de transmisión de 138kV que pasan por zonas desérticas, si no se disponen de las medidas exactas o no son prácticas.

TABLAN° 2.1 VALORES DE RESISTIVIDAD Y PARAMETROS ELECTRICOS

Resistividad de la tierra (Ohm-m)	50	100	200	500	1000
X ₁ una sola línea	0,5000	0,500	0,500	0,500	0,500
X ₁ doble línea	0,520	0,520	0,520	0,520	0,520
X ₀ una sola línea	1,550	1,620	1,670	1,700	1,745
X ₀ doble línea	2,100	2,200	2,300	2,400	2,500
K _N una sola línea	0,700	0,750	0,780	0,800	0,830
K _N doble línea	1,010	1,080	1,140	1,210	1,270

Para las líneas de transmisión de 138kV simples, de una sola terna, un factor de K_N de 0,60-0,85 es un valor común; y en algunas áreas desérticas con altas impedancias de secuencia cero, el factor K_N puede también ser de hasta 1,1.

FUNCIONES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL RELÉ DE DISTANCIA PRINCIPAL EPAC 3122.

El relé de distancia principal de la línea de transmisión de 138kV es un equipo de protección íntegramente numérico, marca Alstom, modelo EPAC 3122, diseñado para redes de distribución y/o transmisión directamente conectadas a tierra, aisladas, o conectadas a tierra con impedancia o por medio de bobina de Petersen.

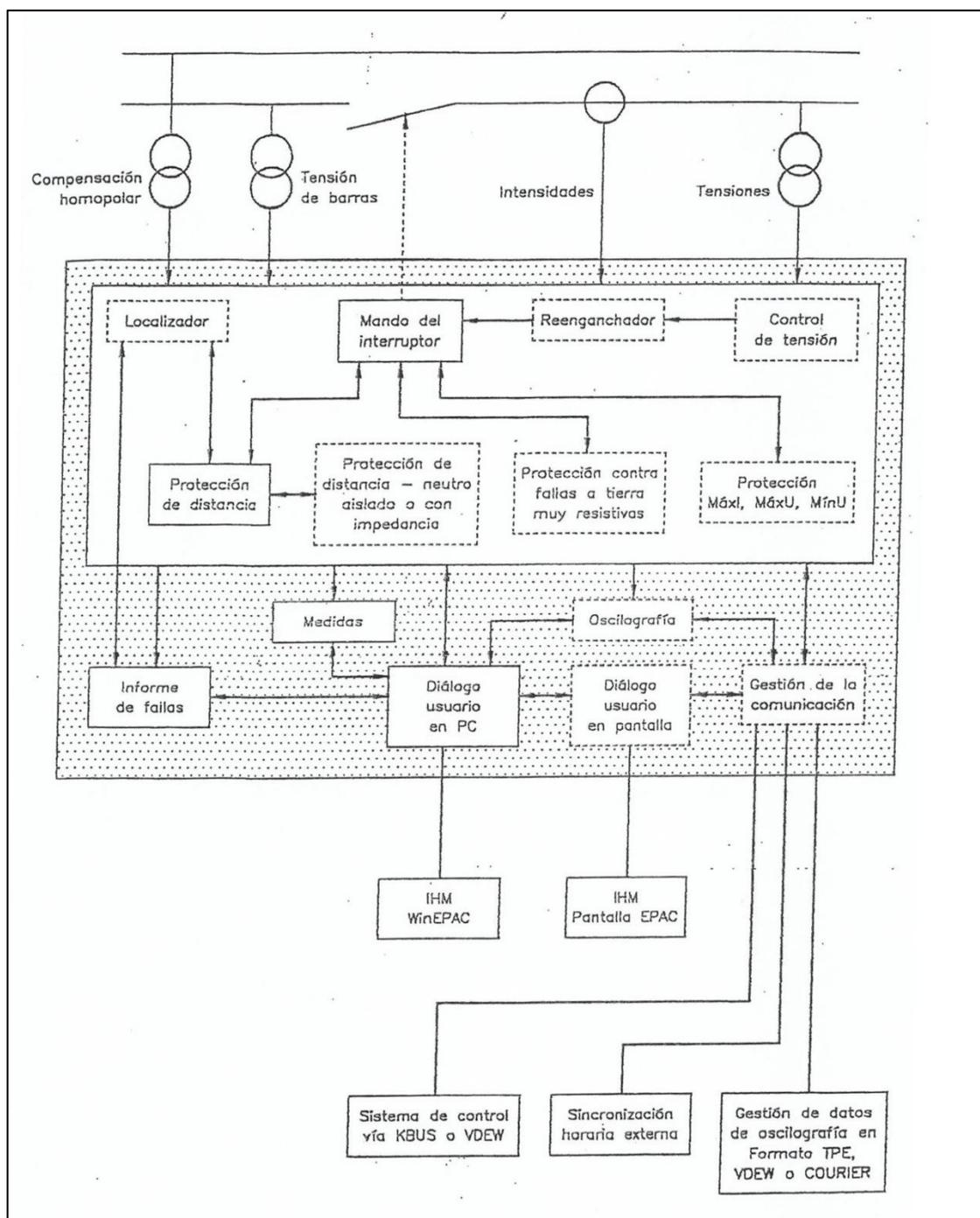
El relé modelo EPAC 3122 es uno de los 12 modelos de la familia EPAC, que tiene disponible las siguientes funciones y especificaciones técnicas:

- Protección de distancia con cinco zonas de protección, fase a fase y fase a tierra independiente, arranque direccional de sobre intensidad y amplio rango de esquemas de teleprotección.
 - Zona 1 hacia adelante instantánea o temporizada y
 - Zona 1 E hacia adelante utilizada en esquemas de zonas conmutadas, instantánea o temporizada.

- Zona 2 hacia adelante temporizada.
- Zona 3 hacia adelante o hacia atrás temporizada.
- Zona 4 hacia adelante temporizada.
- Zona 5 hacia atrás temporizada.

La función programable de sobre intensidad permite la eliminación de fallas más allá de las zonas 4 y 5 utilizando varios límites direccionales o no direccionales.

FIGURA N° 2.2: Estudio de Coordinación de Protección Juliaca - Puno



Fuente: Estudio de Coordinación de la Protección de la Línea de Transmisión 138kV JULIACA – PUNO

- Disparo por oscilación de potencia.

Está basado en la medida del tiempo necesario en el que una oscilación trifásica cruza la zona de oscilación de potencia AR alrededor de la característica del arranque.

- Disparo monofásico o trifásico.

De acuerdo a las necesidades del estudio de coordinación es posible la programación del disparo en forma monofásica o trifásica. El relé puede efectuar cualquiera de estos disparos para el modo de alimentación débil que se utiliza cuando uno de los dos extremos no tiene suficiente potencia de cortocircuito,

- Direccional de fallas a tierra (DEF) o IDMT para fallas a tierra con alta resistencia de defecto.

La protección contra defectos a tierra resistivos se realiza cuando se salen de la característica rectangular de la protección de distancia.

La protección principal se realiza por medio de un elemento direccional de secuencia homopolar (DEF). La Protección de respaldo para fallas a tierra la realiza un elemento de sobre intensidad de tiempo inverso direccional de secuencia homopolar (IDMT) o un direccional de potencia de secuencia homopolar.

- Protección adicional de sobrecarga, máxima tensión y mínima tensión.

La protección de sobrecarga dispara en trifásico si al menos una de las intensidades medidas es mayor que su ajuste durante un tiempo fijo o definido por una curva inversa.

La protección de máxima tensión dispara en trifásico si al menos una de las tensiones medidas es mayor que su ajuste durante un tiempo fijo.

La protección de mínima tensión dispara en trifásico sí al menos una de las tensiones medidas es menor que su ajuste durante un tiempo fijo,

- Funciones de control de tensión y comprobación de sincronismo.

Esta función permite el reenganche cuando la tensión de la línea y/o de barras es inferior a un valor de ajuste y cuando las dos partes del sistema están- en sincronismo, por la medida del ángulo y de la frecuencia de deslizamiento entre la tensión de Línea y de barra:

- Con Tensión en barra y. no en-línea
- Sin Tensión en barra y si en línea.
- Con Tensiones en barras y en línea.
- Lógica “OR” de los tres modos anteriores.

- Reenganchador monofásico o trifásico.

Se activa por la actuación de las protecciones internas (distancia, DEF o protecciones de respaldo) o por una protección externa. Puede proporcionar un intento de reenganche monofásico o trifásico rápido y hasta tres intentos lentos dentro del mismo ciclo de reenganche.

- Cuatro grupos independientes de ajustes seleccionables por el usuario.

El relé EPAC 3122 dispone de cuatro grupos de ajuste almacenados en memoria no volátil. Se pueden cambiar los ajustes para cubrir condiciones de operación anormales. Los grupos de ajustes se pueden seleccionar localmente por medio de la pantalla frontal o por el software Win EPAC, o a distancia por medio del sistema de comunicaciones del relé. Dos entradas lógicas pueden activar los distintos' grupos de ajustes combinándolos cuando cambien las condiciones externas del sistema.

- Localizador de fallas.

El relé EPAC 3122 dispone de la función de localizador de fallas donde se puede obtener la resistencia de falla y la distancia a la falla en millas, kilómetros, ohmios o tanto por ciento de la línea.

La localización: de la falla se puede calcular para líneas simples (radiales) y paralelas.

- Diez informes de fallas o eventos almacenados en memoria no volátil.

Cada informe de falla incluye etiquetas de tiempo y detalles en falla, tipo de disparo y localización de falla (distancia a la falla y resistencia aparente), frecuencia del sistema y valores de las tensiones y corrientes de falla.

- Volcado automático a impresora de los informes de fallas o eventos.
- Oscilograma almacenado en memoria no volátil.
- Comunicaciones vía K-Bus, VDEW o TPE.
- Pantalla LCD en panel frontal.
- 16 contactos de entrada programables.
- 32 contactos de salida programables.
- 6 contactos de disparo.
- 2 contactos para cierre del interruptor.
- 2 contactos de alarma del equipo.
- Frecuencia nominal: 60Hz
- Corriente Nominal: 5A
- Tensión nominal: 100V

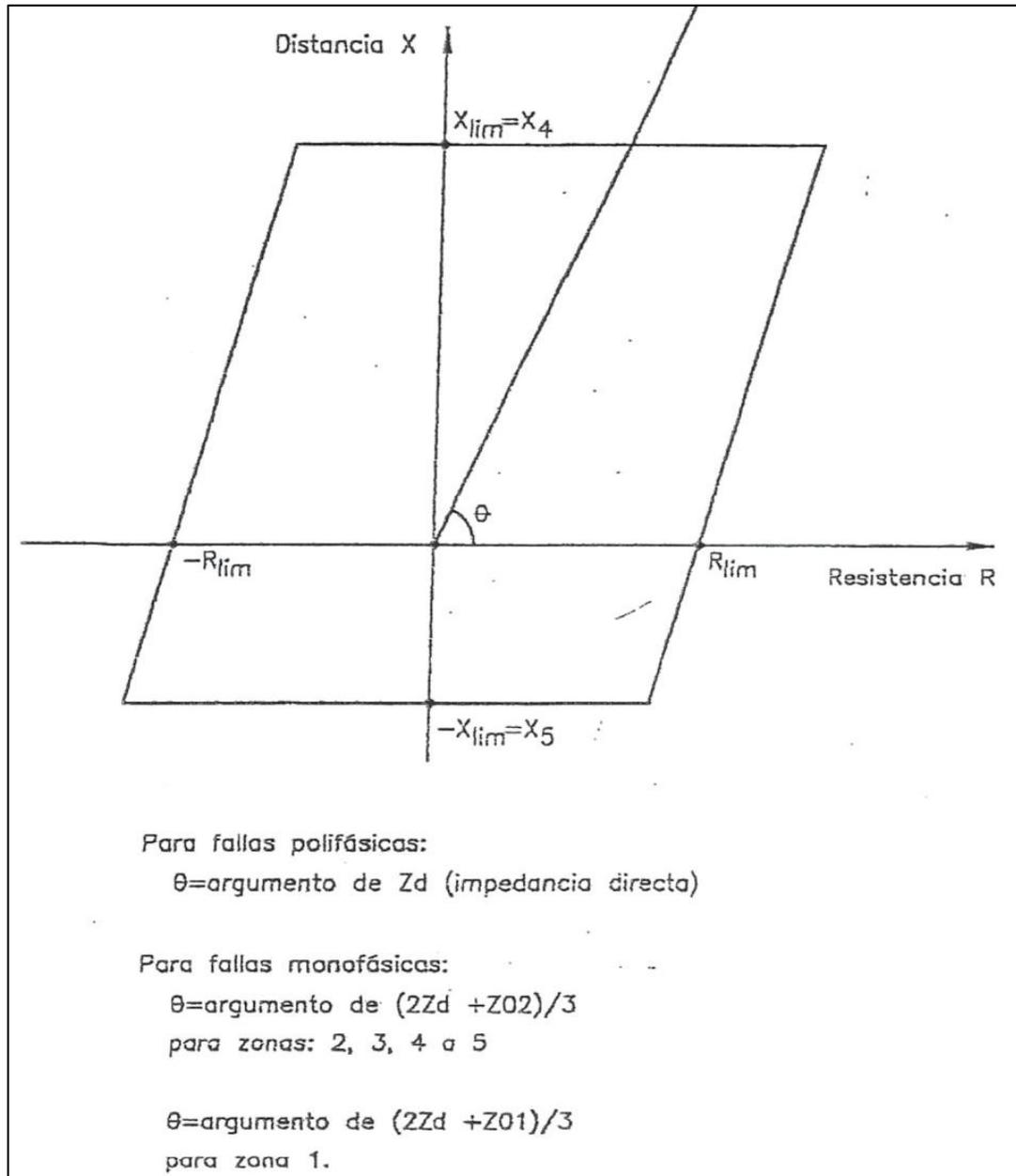
El relé EPAC 3122 utiliza simultáneamente algoritmos rápidos, que utilizan magnitudes de supervisión con el fin de eliminar las corrientes de carga y que sólo responden a los valores de falla de las fases y algoritmos clásicos, que utilizan los valores medidos durante las fallas, de la misma forma que las protecciones convencionales. Este principio de dualidad de algoritmos rápidos y clásicos permite a la protección detectar todo tipo de fallas que ocurren en la red.

El relé EPAC 3122 se puede utilizar con transformadores de tensión inductivos y capacitivos bien del lado de línea como del lado de barras.

Una amplia gama de esquemas de teleprotección permiten el disparo monofásico o trifásico, con o sin canal de comunicaciones; de las cuales se ha seleccionado el esquema PUTT (sub-alcance permisivo con transferencia de disparo).

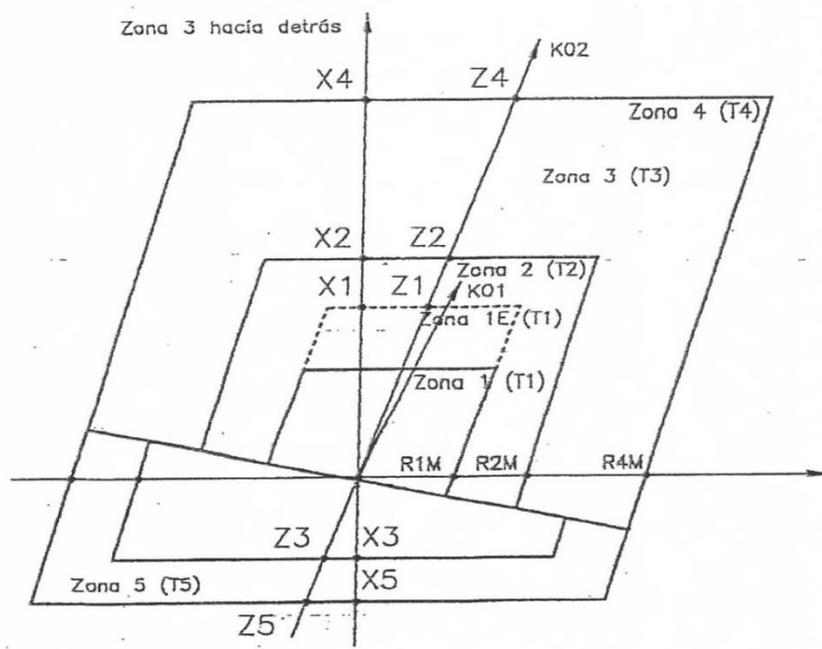
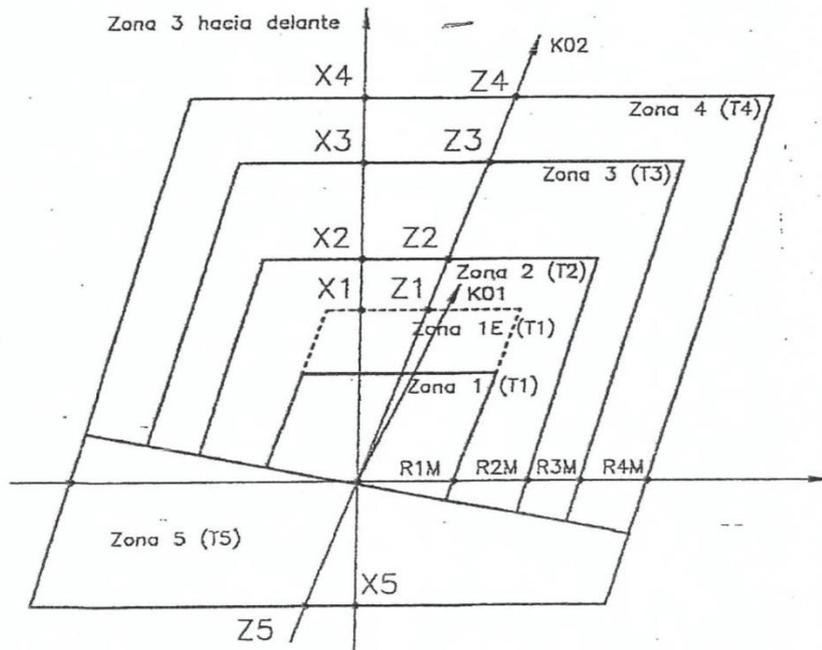
En la protección de distancia el relé EPAC 3122 dispone de cinco zonas características de formas poligonales e independientes ante fallas fase a fase (función 21P), o ante fallas fase a tierra (función 21N).

FIGURA N° 2.3: Orientación de Parámetros de Línea para Coordinación de Protección Juliaca - Puno



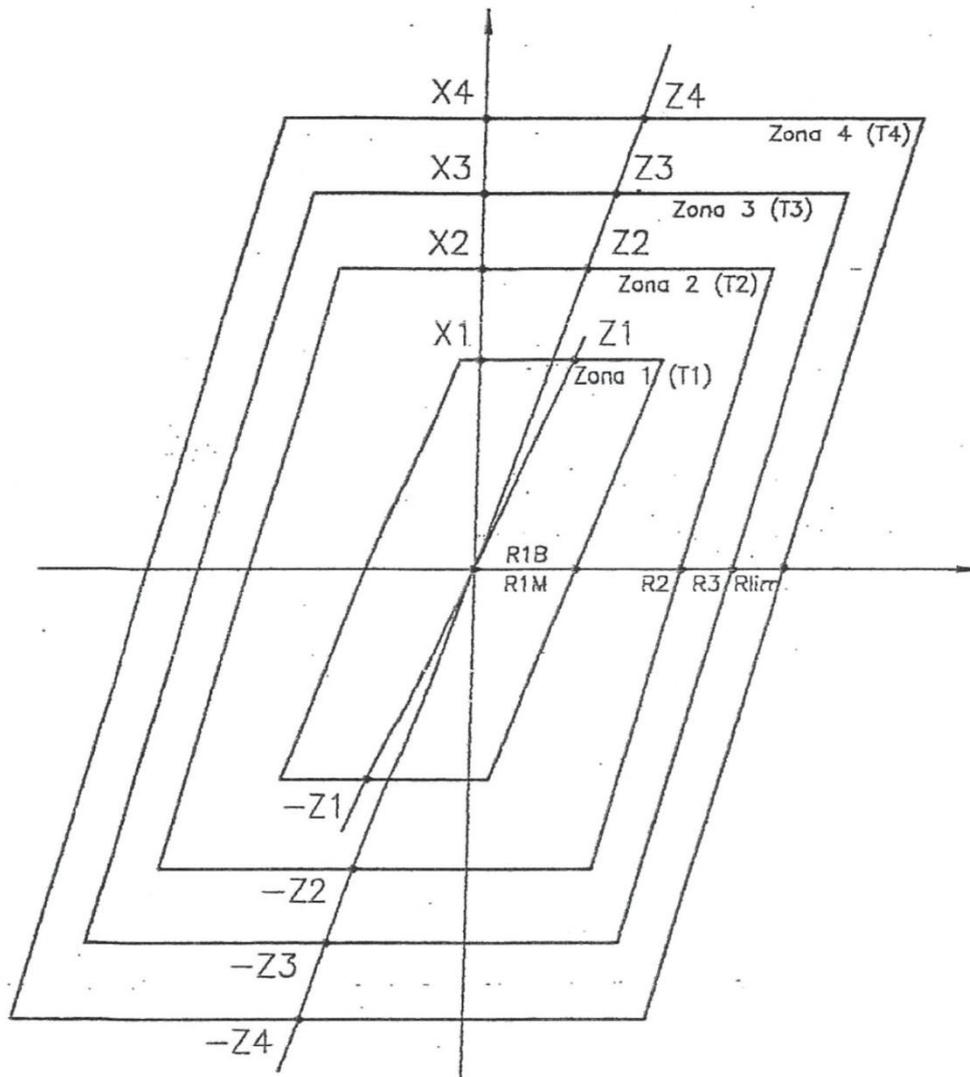
Fuente: Estudio de Coordinación de la Protección de la Línea de Transmisión 138kV JULIACA – PUNO

FIGURA N° 2.4: Orientación de Parámetros de Línea para Coordinación de Protección Juliaca – Puno ZONA 3 HACIA ADELANTE Y HACIA ATRÁS



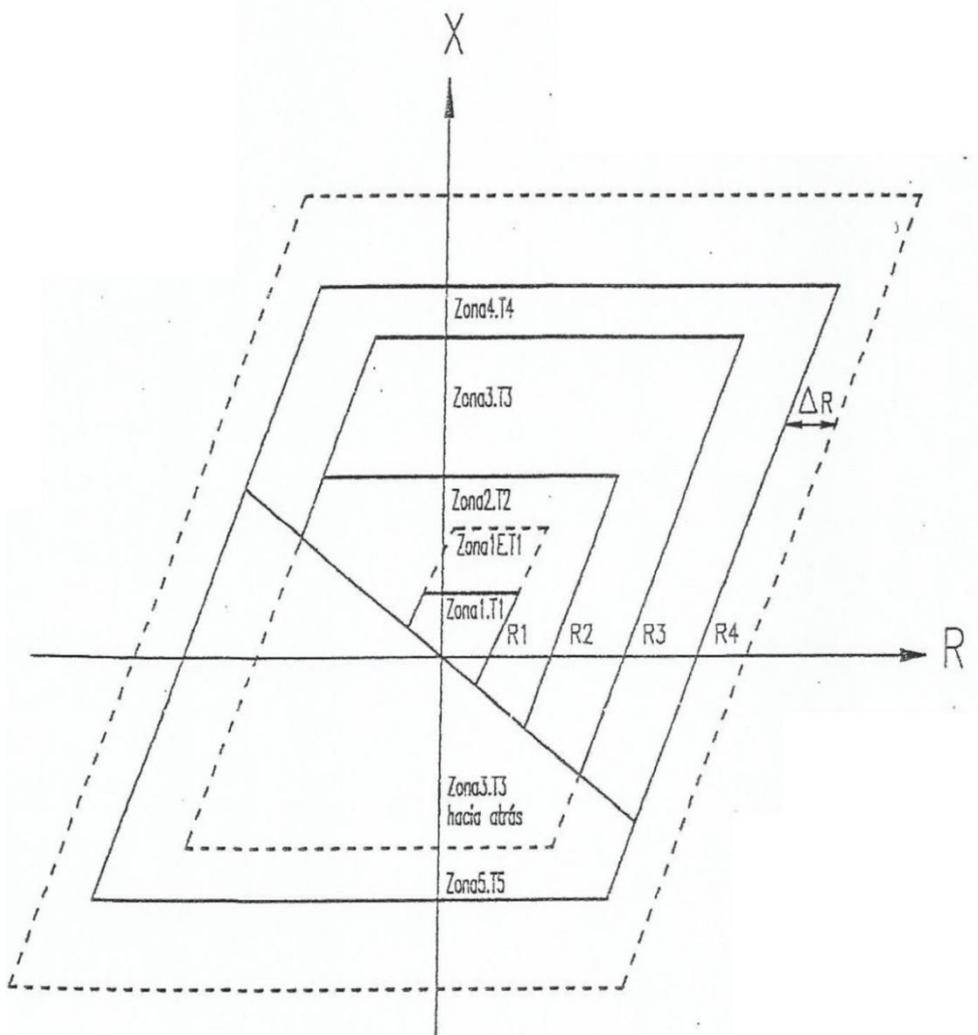
Fuente: Estudio de Coordinación de la Protección de la Línea de Transmisión 138kV JULIACA – PUNO

FIGURA N° 2.5: Orientación de Parámetros de Línea para Coordinación de Protección Juliaca – Puno ZONA 4 HACIA ADELANTE Y HACIA ATRÁS



Fuente: Estudio de Coordinación de la Protección de la Línea de Transmisión 138kV JULIACA – PUNO

FIGURA N° 2.6: Orientación de Parámetros de Línea para Coordinación de Protección Juliaca – Puno ZONA 5 HACIA ADELANTE Y HACIA ATRÁS



Fuente: Estudio de Coordinación de la Protección de la Línea de Transmisión 138kV JULIACA – PUNO

Estos relés permiten el ajuste independiente de la reactancia y de la resistencia de falla, lográndose así un mayor alcance y sensibilidad ante las fallas monofásicas con contacto a tierra.

CRITERIOS DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL A

TIERRA: 67N

Esta protección se aplica a líneas de transmisión y tiene la particularidad de no asegurar una buena selectividad, por lo que viene a ser respaldo de los relés de distancia tanto principal como de respaldo. Debido a que la corriente residual puede ser originada en cualquier fase, es necesario obtener una tensión que sea función de la corriente y de la fase fallada, tal es la tensión residual del sistema, el cual es la suma vectorial de las tensiones de fase.

La característica de direccionalidad hace posible la discriminación en la operación del relé ya que detectará fallas a tierra que produzcan corrientes que salen de la barra y van hacia el punto de falla.

La resistencia de falla tiene una gran incidencia en la impedancia total de falla a tierra, ya que la aumenta y la desplaza hacia el eje R, y para ello se tiene la característica poligonal del relé principal EPAC 3122. Si esto no fuera suficiente para evitar que la resistencia de falla elevada saque fuera del alcance al relé a la impedancia total de falla, se ha habilitado la función de sobrecorriente direccional a tierra (función 67N) en el relé, que brinda la protección de respaldo.

De actuar la función 67N de respaldo, la apertura de los interruptores de línea será tripolar y en forma definitiva sin recierre.

La temporización ajustada de la función 67N debe ser tal que permita darle tiempo a la protección principal para que elimine las fallas y se cumpla así el ciclo del reenganche monofásico.

i.- De Reenganche: 79

Esta forma básica de automatización del sistema se aplica a las líneas aéreas generalmente en todos los niveles de tensión, y el grado de sofisticación aumenta en el nivel de alta y extra alta tensión donde, por lo general, se provee mecanismos de accionamiento de interruptores de circuito por fase separada.

La idea que se encuentra tras el uso ampliamente difundido del AR (Auto Recierre) es el hecho que una parte mayoritaria de las fallas que ocurren sobre una línea aérea (por ejemplo: caída de rayos; aves, etc.) pueden ser transitorias si son despejadas rápidamente.

Para el uso de la filosofía de reenganche automático de los interruptores de línea, se ha habilitado la función de reenganche o AR (función 79) en el relé EPAC 3122, la cual actuará sólo cuando las fallas ocurran en primera zona y sea monofásica, es decir, la unidad de reenganche enviará una orden de cierre del polo abierto del interruptor por una sola vez. Cuando la falla afecte más de una fase o la falla monofásica persista luego del reenganche, la unidad de reenganche quedará bloqueada y la apertura de los interruptores será en forma tripolar y definitiva.

j.- Análisis de flujo de carga y cortocircuito.

El análisis de flujo de carga y cortocircuito está detallado en un volumen aparte, donde se ha considerado dos casos:

k.- Análisis en Anillo Abierto, donde se considera todo el sistema interconectado sur, sin incluir la interconexión de la subestación Puno con la subestación Moquegua en 220kV.

l.- Análisis en Anillo Cerrado, donde se considera todo el sistema Interconectado sur, incluyendo la interconexión de la subestación Puno con la subestación Moquegua en 220kV.

M.-AJUSTES Y CALIBRACION DE LOS RELES DE PROTECCION

M1.-CALCULOS JUSTIFICATIVOS PARA EL AJUSTE DE LOS RELES DE DISTANCIA

Para el análisis del alcance de la Protección de Distancia de la línea de transmisión Juliaca - Puno, se consideran los siguientes casos:

CASO 1.- Protección de Distancia de la L. T. 138kV JULIACA - AZÁNGARO.

Este análisis de protección de distancia involucra las siguientes líneas de transmisión:

L.T. Azángaro - Tintaya.

L.T. Tintaya - Quencoro.

CASO 2.- Protección de Distancia de la L.T. 138kV JULIACA - PUNO.

Este análisis de protección de distancia involucra las siguientes líneas de transmisión:

L.T. Puna - Moquegua.

L.T. Moquegua - Socabaya.

CASO 3,- Protección de Distancia de la L,T. 138kV PUNO - JULIACA,

Este análisis de protección de distancia involucra las siguientes líneas de transmisión:

L.T. Juliaca - Azángara.

L.T. Azángaro - Tintaya.

CASO 4,- Protección de Distancia de la L. T. 60kV PUNO - ILAVE.

Este análisis de protección de distancia involucra las siguientes líneas de transmisión:

L.T. Puno - Ilave.

Transformador de potencia en subestación Ilave

M2.- En la subestación Juliaca.

M.2.1.- Cálculo justificativo del relé de distancia que va a proteger a la L.T.

Juliaca - Azángaro 138kV.

MARCA	:	ALSTOM
MODELO	:	EPAC3122
BARRA	:	Subestación Juliaca, 138kV
LINEA	:	Juliaca - Azángaro
LONGITUD	:	78,20 km.

El criterio adoptado para el ajuste del relé de distancia fue el siguiente:

Primer Escalón	: $ZI = 0,85x(Z_{JULIA-AZANG})$	$TI. = 0,0s$
Segundo Escalón	: $ZII = 0,85x(Z_{JULIA-AZANG} + ZIA_{AZANG-TINTAYA})$	$TII = 0,4s$
Tercer Escalón	: $ZIII = 0,85x(Z_{JULIA-AZANG} + ZII_{AZANG-TINTAYA})$	$TIII=0,8s$
Cuarto Escalón	: $ZIV = 0,85x(Z_{JULIA-AZANG} + ZIII_{AZANG-TINTAYA})$	$TIV =1,5s$
Quinto Escalón	: $ZV = -0,20xRlim.$	$TV = 2,0s$

Cálculo preliminar para convertir los valores primarios de la línea a valores secundarios.

Relación de los transformadores de tensión:

$$Kp = Unp/Uns == 132000 V /100 V = 1320$$

Unp = Tensión nominal primaria del trato ..

Uns = Tensión nominal secundaria del trafo.

Relación de los transformadores de corriente:

$$Ki = Iap/Ias = 200 A / 5 A = 40$$

Unp = Intensidad nominal primaria del trafo.

Uns = Intensidad nominal secundaria del trafo.

Coeficiente reductor de impedancia:

$$Kz = Kp/Ki = 1320/40$$

$$Kz = 33$$

TABLAN° 2.2 Línea de Transmisión 138kV Juliaca - Azángaro.

	Primaria (Ω/fase)	Secundario (Ω/fase)
Z1 L =	41,0661. / <u>75.00°</u>	1,2444 / <u>75 00°</u>
Z0L =	155,2745 / <u>77.00°</u>	4,7053 / <u>77 00°</u>

TABLAN° 2.3 Línea de Transmisión 138kV Azángaro - Tintaya.

	Primaria (Ω/fase)	Secundario (Ω/fase)
Z1 L =	65,5904 / <u>75.00°</u>	9,5059 / <u>75 00°</u>
Z0L =	248,0023 / <u>77.00°</u>	35,9424 / <u>77 00°</u>

TABLAN° 2.4 Ajustes actuales del relé de distancia que protege a la L. T. Azángaro - Tintaya 138kV (relé REL 316*4)

	Primaria (Ω/fase)	Secundario (Ω/fase)
ZI L =	78,58 / <u>74,98°</u>	11,3890 / <u>74,98°</u>
ZII =	117,82 / <u>74,98°</u>	17,0760 / <u>74,98°</u>
ZIII =	135,92 / <u>74,98°</u>	19,6980 / <u>74,98°</u>
ZIV =	157,51 / <u>78,89°</u>	22,8280 / <u>74,98°</u>

m.2.2.- ALCANCES DE LA PROTECCION DE DISTANCIA,

Protección de distancia: Zona 1

$$ZI = 0,85x (Z_{JULIACA-AZANGARO}) = 0,85x(41,0661/\underline{75}^\circ) \Omega$$

$$ZI = 34,91 \Omega \text{ prim} <>$$

$$1,0579 \Omega \text{sec.}$$

Protección .de distancia: Zona 2.

$$ZII = 0,85x (Z_{JULIACA-AZANGARO} + Z_{AZANGARO-TINTAYA})$$

$$ZII = 0,85x(41,0661/\underline{75}^\circ +; 78,5800,/\underline{75}^\circ)$$

$$ZII = 101,70 \Omega, \text{prim.} <> ..$$

$$3,0818 \Omega \text{sec.}$$

Protección de distancia: Zona 3

$$Z_{III} = 0,85x (Z_{JULIACA-AZANGARO} + Z_{II AZANGARO-TINTAYA})$$

$$Z_{III} = 0,85x (41,0661 / \underline{75^\circ} + 117,8200 / \underline{75^\circ})$$

$$Z_{III} = 135,05 \Omega \text{ primo } \langle \rangle \quad \mathbf{4,0924 \Omega sec.}$$

Protección de distancia: Zona 4

$$Z_{IV} = 0,85x (Z_{JULIACA.AZANGARO} + Z_{III AZANGARO-TINTAYA})$$

$$Z_{IV} = 0,85x (41,0661 / \underline{75^\circ} + 135,9200 / \underline{771^\circ})$$

$$Z_{IV} = 150,42 \Omega \text{ primo } \langle \rangle \quad \mathbf{4,5582 \Omega sec.}$$

Protección de distancia: Zona 5

$$Z_V = 0,2xR_{lim}/\text{sen}75^\circ$$

$$Z_V = 0,2x165/\text{sen}75^\circ$$

$$Z_V = 34,16 \Omega \text{ prim. } \langle \rangle \quad \mathbf{1,0352 \Omega sec.}$$

M.2.3.-CÁLCULO DE LOS ALCANCES RESISTIVOS DE LA PROTECCIÓN DE DISTANCIA: R1m, R1b, R2, R3 Y Rlim.

Cálculo de la resistencia de falla a tierra (R 1 m):

$$R_{1m} = R_{arco} + R_{torre} \dots (1)$$

Donde:

- R1m : Alcance resistivo para fallas a tierra de la zona 1.
- R_{arco}: Resistencia de arco.
- R_{torre} : Resistencia de puesta a tierra= 25 Ω

Haciendo uso de la fórmula de Van Warrington:

$$R_a = (28707 \times L_{arco}) / I^{1.4} \dots (2)$$

$$\text{Donde} = L_{arco}: 3x\text{Dist. Entre fases}$$

$$\text{Distancia entre fases} = 2,95 \text{ m}$$

$$\Rightarrow L_{arco} = 3x2,95 = 8,85 \text{ m}$$

$$I_{falla}: \text{ corriente de falla a tierra} = 818 \text{ A}$$

$$\Rightarrow \text{Dé (2) } R_{arco} = (28707x8,85) / 818^{1.4} = 21,24 \Omega$$

De (1) $R_{1m} = 21,24 + 25 = 46,24 \text{ } \Omega$

En el lado secundario será: $R_{1m} = 1,412 \text{ } \Omega$

=> Seleccionamos: $R_{1m} = 2 \text{ } \Omega$

Cálculo de la resistencia para fallas entre fases:

Este valor puede ser estimado similar a la resistencia de falla a tierra, lográndose una cobertura razonable de $66 \text{ } \Omega$ en el lado primario.

$$R_{1b} = 1,00 \times (R_{1m}) = 1,00 \times (46,24)$$

$$R_{1b} = 46,24 \text{ } \Omega \text{ prim } \leftrightarrow 1,4000 \text{ } \Omega \text{ sec}$$

=> Seleccionamos: $R_{1b} = 2 \text{ } \Omega$

Cálculo del arranque límite resistivo (R_{lim}):

Considerando la capacidad de la línea de 200 A (47,8 MVA).

$$\Rightarrow Z = (0,90 \times kV)^2 / MVA = (0,90 \times 138)^2 / 47,8 = 322,71 \Omega.$$

En el lado secundario será: $Z = 9,78 \text{ } \Omega$

=> Consideraremos un arranque del 200% de R_{1b} .

$$R_{lim} = 2 \times 2,0 = 4,0 \text{ } \Omega < 9,78 \text{ } \Omega.$$

=> Seleccionamos $R_{lim} :: 5,00 \text{ } \Omega$

Cálculo de la resistencia límite de zonas 2 y 3 (R₂ Y R₃):

Amabas resistencias deben cumplir con la siguiente condición:

$$R_{1b} < R_2 < R_3 < R_{lim}$$

$$\text{Es decir } 2,0 < R_2 < R_3 < 5,0$$

$$\text{Seleccionamos: } R_2 = 3,00 \text{ } \Omega \text{ y } R_3 = 4,00 \text{ } \Omega$$

m.2.4.- AJUSTE DE LOS TEMPORIZADORES

$$\text{Zona 1} \quad : \quad T_I \quad = 0,0 \text{ s}$$

$$\text{Zona 2} \quad : \quad T_{II} \quad = 0,4 \text{ s}$$

$$\text{Zona 3} \quad : \quad T_{III} \quad = 0,8 \text{ s}$$

$$\text{Zona 4} \quad : \quad T_{IV} \quad = 1,5 \text{ s}$$

$$\text{Zona 5} \quad : \quad T_V \quad = 2,0 \text{ s}$$

M.2.5.- FUNCIÓN DE BLOQUEO POR OSCILACIÓN DE POTENCIA.

El ancho de banda necesario para determinar la presencia de una oscilación de potencia está dada por la ecuación:

$$\Delta P = 0,00785 \times F \times (4R_{lim}^2 + X_{res}) / X_{res}$$

Donde:

F : Frecuencia de oscilación de potencia.

R_{lim} : Resistencia 1 imite de la característica.

X_{res} : Impedancia de la red correspondiente a la suma de los alcances hacia delante y hacia atrás.

$$F = 5 \text{ Hz.}$$

$$R_{lim} = .5,0 \Omega$$

$$X_{res} = (4,56 + 1,04) \Omega = 5,6 \Omega$$

De la ecuación: $\Delta P = 0,9207 \Omega$, seleccionamos. $\Delta P = 1,00 \Omega$

FIGURA N° 2.7: Orientación de Parámetros de Línea para Coordinación de Protección Juliaca – Azangaro ZONA 1 HACIA ADELANTE Y HACIA ATRÁS

Fuente: Estudio de Coordinación de la Protección de la Línea de Transmisión 138kV JULIACA – PUNO

FIGURA N° 2.7: Característica de Operación del relé de Distancia, Juliaca – Azángaro fase- fase

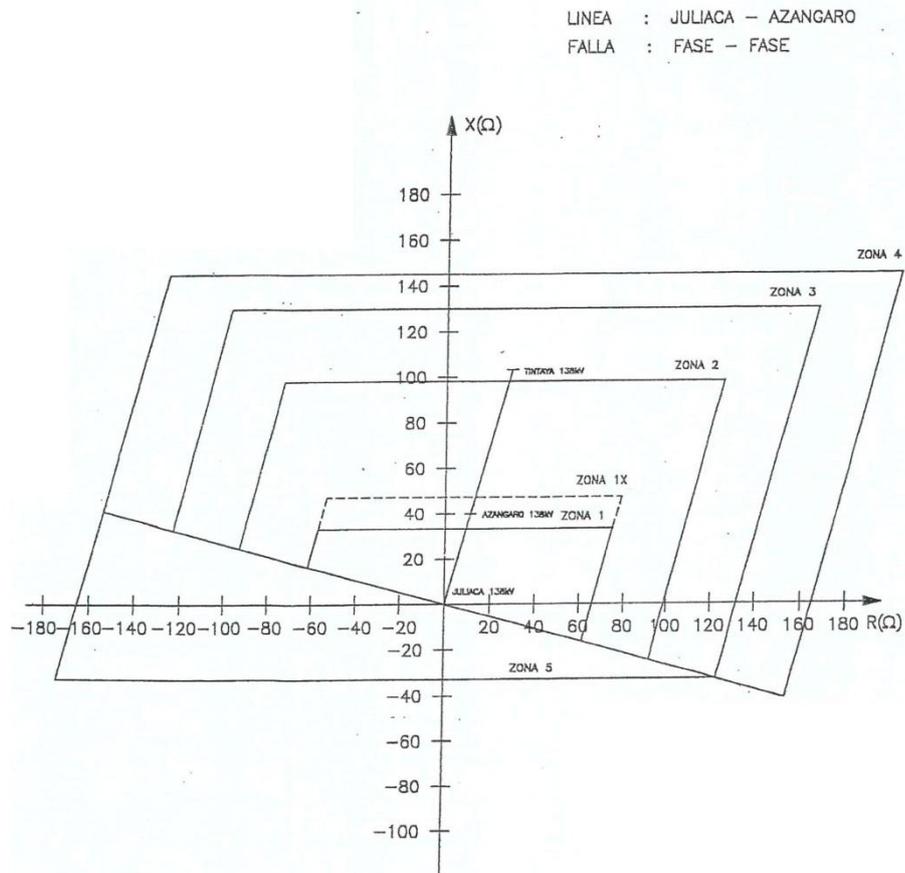
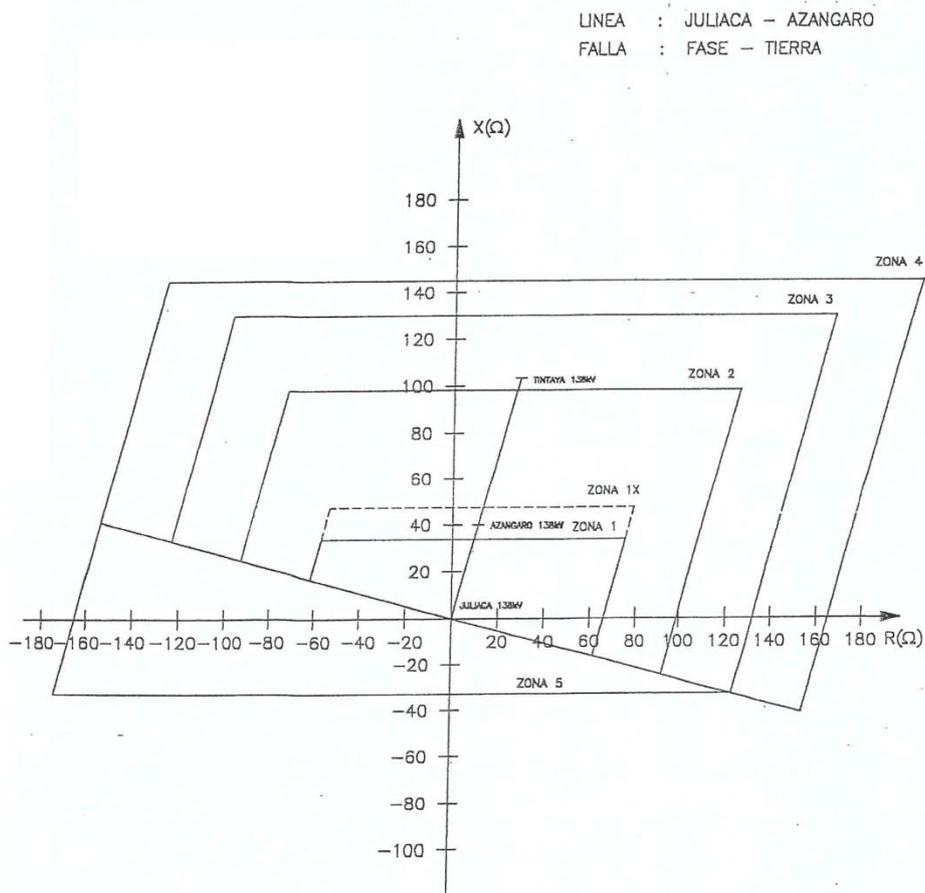


FIGURA N° 2.8: Característica de Operación del relé de Distancia, Juliaca – Azángaro Fase- tierra



n.- Cálculo justificativo del relé de distancia que va a proteger a la L.T. Juliaca- Puno 138kV.

MARCA : ALSTOM
 MODELO : EPAC 3122
 BARRA : Subestación Juliaca, 138kV
 LÍNEA : Juliaca - Puno.
 LONGITUD : 43,80 km.

El criterio adoptado para el ajuste del relé de distancia fue el siguiente:

Primer Escalón : $ZI = 0,85x(Z_{JULIA-PUNO})$ $T_I = 0,0s$
 Segundo Escalón : $ZII = 1,25x(Z_{JULIA-PUNO})$ $T_{II} = 0,4s$
 Tercer Escalón : $ZIII = Z_{JULIA-PUNO} + 0,80xZ_{AUTO}$ $T_{III} = 0,8s$
 Cuarto Escalón : $ZIV = Z_{JULIA-PUNO} + Z_{AUTO} + Z_{AUTO-MOQUE}$ $T_{IV} = 1,5s$
 Quinto Escalón : $ZV = 0,20xR_{iim}$ $T_V = 2,0s$

Cálculo preliminar para convertir los valores primarios de la línea a valores secundarios.

Relación de los transformadores de tensión:

$$K_p = U_{np}/U_{ns} = 132\,000\text{ V} / 100\text{ V} = 1320$$

Unp = Tensión nominal primaria del trafo
 Uns = Tensión nominal secundaria del trafo.

Relación de los transformadores de corriente:

$$K_i = I_{ap}/I_{as} = 200\text{ A} / 5\text{ A} = 40$$

Unp = Intensidad nominal primaria del trafo.
 Uns = Intensidad nominal secundaria del trafo.

Coefficiente reductor de impedancia:

$$K_z = K_p/K_i = 1320/40$$

$$K_z = 33$$

Línea de Transmisión 138kV Juliaca - Puno

	Primaria (Ω /fase)	Secundario (Ω /fase)
ZI L =	23,0013 / <u>75,00°</u>	0,6970 / <u>75,00°</u>

Z _{0L} =	86,9681 / <u>77.00°</u>	2,6354 / <u>77.00°</u>
-------------------	-------------------------	------------------------

Autotransformador de potencia:

Datos: 220/138/10,5 kV 120/120/15 MVA

$$\begin{aligned}
 & \text{TI} = 14,60\% \\
 V_{cc} & = \text{TP} = 12,50\% \quad P_B = 120 \text{ MVA} \quad V_B = 138 \text{ kV} \\
 & \text{TS} = 11,30\% \\
 Z_B & = \frac{138^2}{120} = 158,7 \Omega \quad Z_{PU} = 0,125 \\
 & Z_{AUTO} = Z_B \times B_{PU} = 19,84 \text{ n } \Omega
 \end{aligned}$$

Considerando una caída óhmica típica del 0,84 %

$$R_{AUTO} = (0,84 \times 138^2) / (100 \times 120) = 1,33 \Omega$$

$$Z_{am} = 1,33 + j 19,80 = 19,84 / \underline{86,2^\circ} \Omega$$

Línea de Transmisión 220kV Puno - Moquegua.

$$Z_L = 0,0920 + j 0,4800 \Omega / \text{km} \quad L = 203 \text{ km.}$$

$$Z_L = 18,676 + j 97,4400 \Omega = 99,2136 / \underline{79^\circ}$$

Impedancia reflejada a 138 kV

$$Z_L = (138^2/220^2) \times (18,676 + j 97,4400) = 39,0377 / \underline{79^\circ}$$

	Primaria (Ω/fase) en 220 kV	Reflejado a 138 kV (Ω/fase)
Z _L =	99,2136 / <u>79.00°</u>	39,0377 / <u>79.00°</u>

n.1) ALCANCES DE LA PROTECCION DE DISTANCIA

Protección de distancia: Zona 1

$$Z_I = 0,85 \times (Z_{JULIACA-PUNO}) = 0,85 \times (23,0013 / \underline{75^\circ}) \Omega$$

$$Z_I = 19,55 \Omega \text{ primo } \langle \rangle \quad 0,5924 \Omega \text{ sec.}$$

Protección de distancia: Zona 2

$$Z_{II} = 1,25 \times (Z_{JULIACA-PUNO})$$

$$Z_{II} = 1,25 \times (23,0013 / \underline{75^\circ})$$

$$Z_{II} = 28,75 \Omega \text{ primo } \langle \rangle \quad 0,8712 \Omega \text{ sec.}$$

Protección de distancia: Zona 3

$$Z_{III} = Z_{JULIACA-PUNO} + 0,80 \times (Z_{AUTOTRANSFORMADOR})$$

$$Z_{III} = 23,0013 / \underline{75^\circ} + 0,80 \times 19,84 / \underline{86,20} = 38,69 / \underline{80^\circ}$$

$$Z_{III} = 38,69 \Omega \text{ primo } \langle \rangle \quad 1,1724 \Omega \text{ sec.}$$

Protección de distancia: Zona 4

$$Z_{IV} = Z_{JULIACA-PUNO} + Z_{AUTOTRANSFORMADOR} + Z_{PUNO-MOQUEGUA}$$

$$Z_{IV} = 23,0013 / \underline{75^\circ} + 19,84 / \underline{86,2^\circ} + 39,0377 / \underline{79^\circ} = 81,67 / \underline{80^\circ}$$

$$Z_{IV} = 81,67 \Omega \text{ prim. } \langle \rangle \quad 2,4748 \Omega \text{ sec.}$$

Protección de distancia: Zona 5

$$ZV = 0,2 \times R_{lim} / \sin 75^\circ$$

$$ZV = 0,2 \times 165 / \sin 75^\circ$$

$$ZV = 34,16 \Omega \text{ primo } \langle \rangle$$

$$1,0352 \Omega \text{ sec.}$$

n.2) CÁLCULO DE LOS ALCANCES RESISTIVOS DE LA PROTECCIÓN DE DISTANCIA: R1m, R1b, R2, R3 Y Rlim.

Cálculo de la resistencia de falla a tierra:

$$R_{1m} : R_{arco} + R_{torre} \dots (1)$$

Donde:

- R1 m : Alcance resistivo para fallas a tierra de la zona 1.
- R_{arco} : Resistencia de arco.
- R_{torre} : Resistencia de puesta a tierra = 25 Ω

Haciendo uso de la fórmula de Van Warrington:

$$R_a = (28707 \times L_{arco}) / I^{1.4} \dots (2)$$

Donde: L_{arco} = 3xDist. Entre fases

Distancia entre fases = 2,95 m

$$\Rightarrow L_{arco} = 3 \times 2,95 = 8,85 \text{ m}$$

I_{falla} : corriente de falla a tierra = 561 A

$$\Rightarrow \text{De (2) } R_{arco} = (28707 \times 8,85) / 561^{1.4} = 36,01 \Omega.$$

$$\text{De (1) } R_{1m} = 36,01 + 25 = 61,01 \Omega.$$

En el lado secundario será: R 1 m = 1,85 Ω.

$$\Rightarrow \text{Seleccionamos: } R_{1m} = 2 \Omega$$

Cálculo de la resistencia para fallas entre fases:

Este valor puede ser estimado similar a la resistencia de falla a tierra, lográndose una cobertura razonable de 66 Ω en el lado primario.

$$R_{1b} = 1,00 \times (R_{1m}) = 1,00 \times (61,01)$$

$$R_{1b} = 61,01 \Omega \text{ primo } \langle \rangle 1,8500 \Omega \text{ sec.}$$

$$\Rightarrow \text{Seleccionamos: } R_{1b} = 2 \Omega$$

Cálculo del arranque límite resistivo (Rlim):

Considerando la capacidad de la línea de 150 A (35,9 MVA).

$$\Rightarrow Z = (0,90 \times kV)^2 / MVA = (0,90 \times 138)^2 / 35,9 = 429,68 \Omega.$$

En el lado secundario será: Z = 13,02 Ω.

\Rightarrow Consideraremos un arranque del 200% de R1b.

$$R_{lim} = 2 \times 2,0 = 4,0 \Omega < 13,02 \Omega$$

$$\Rightarrow \text{Seleccionamos } R_{lim} = 5,00 \Omega$$

Cálculo de la resistencia límite de zonas 2 y 3 (R2 Y R3):

Amabas resistencias deben cumplir con la siguiente condición:

$$R1 b < R2 < R3 < Rlim$$

Es decir $2,0 < R2 < R3 < 5,0$

Seleccionamos: $R2 = 3,00 \Omega$ y $R3 = 4,00 \Omega$

n.3) AJUSTE DE LOS TEMPORIZADORES

Zona 1	:	TI	= 0,0-s
Zona 2	:	TII	= 0,4 s
Zona 3	:	TIII	= 0,8 s
Zona 4	:	TIV	= 1,5 s
Zona 5	:	TV	= 2,0

FIGURA N° 2.9: Característica de Operación del relé de Distancia, JULIACA – PUNO
Fase- Fase

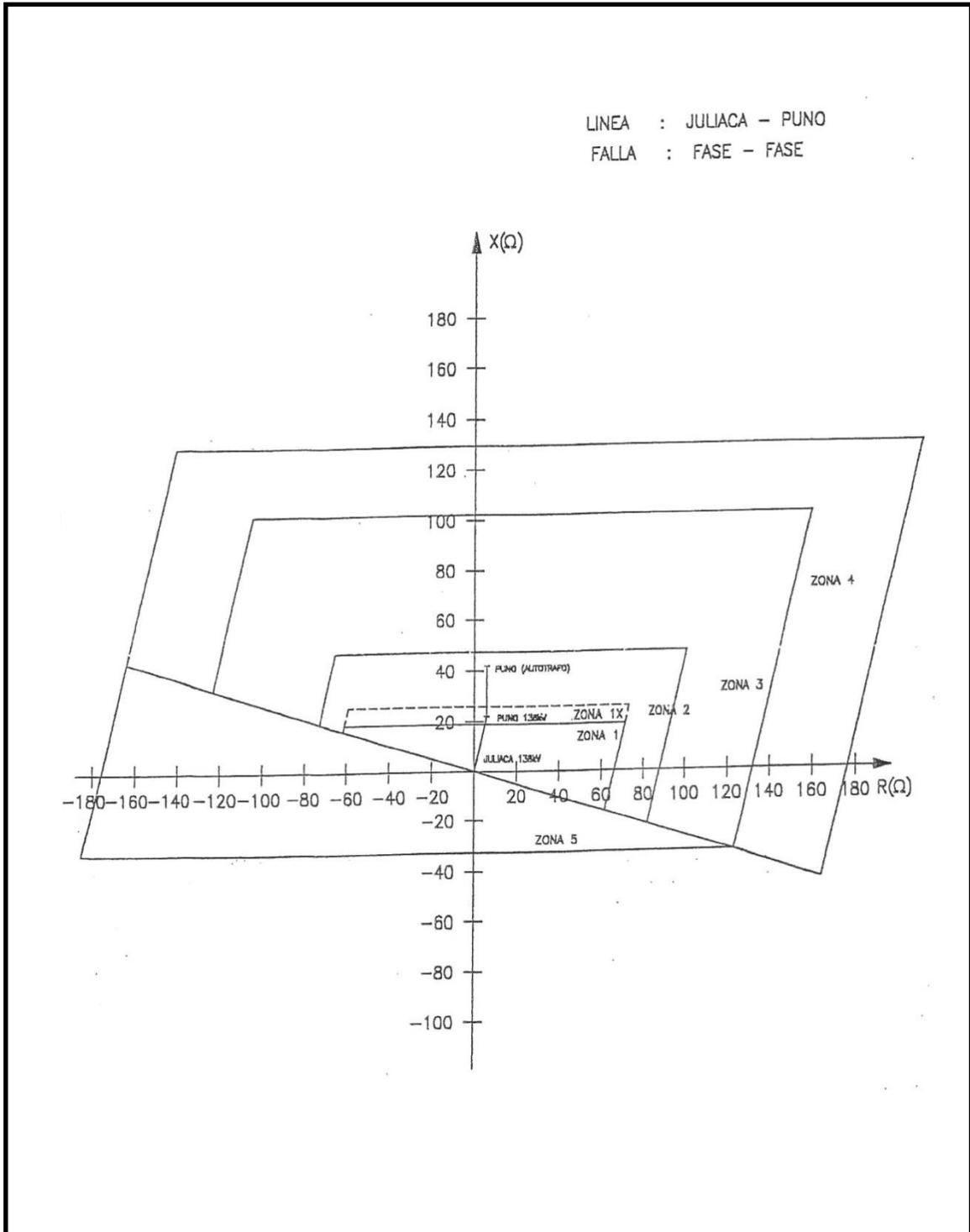
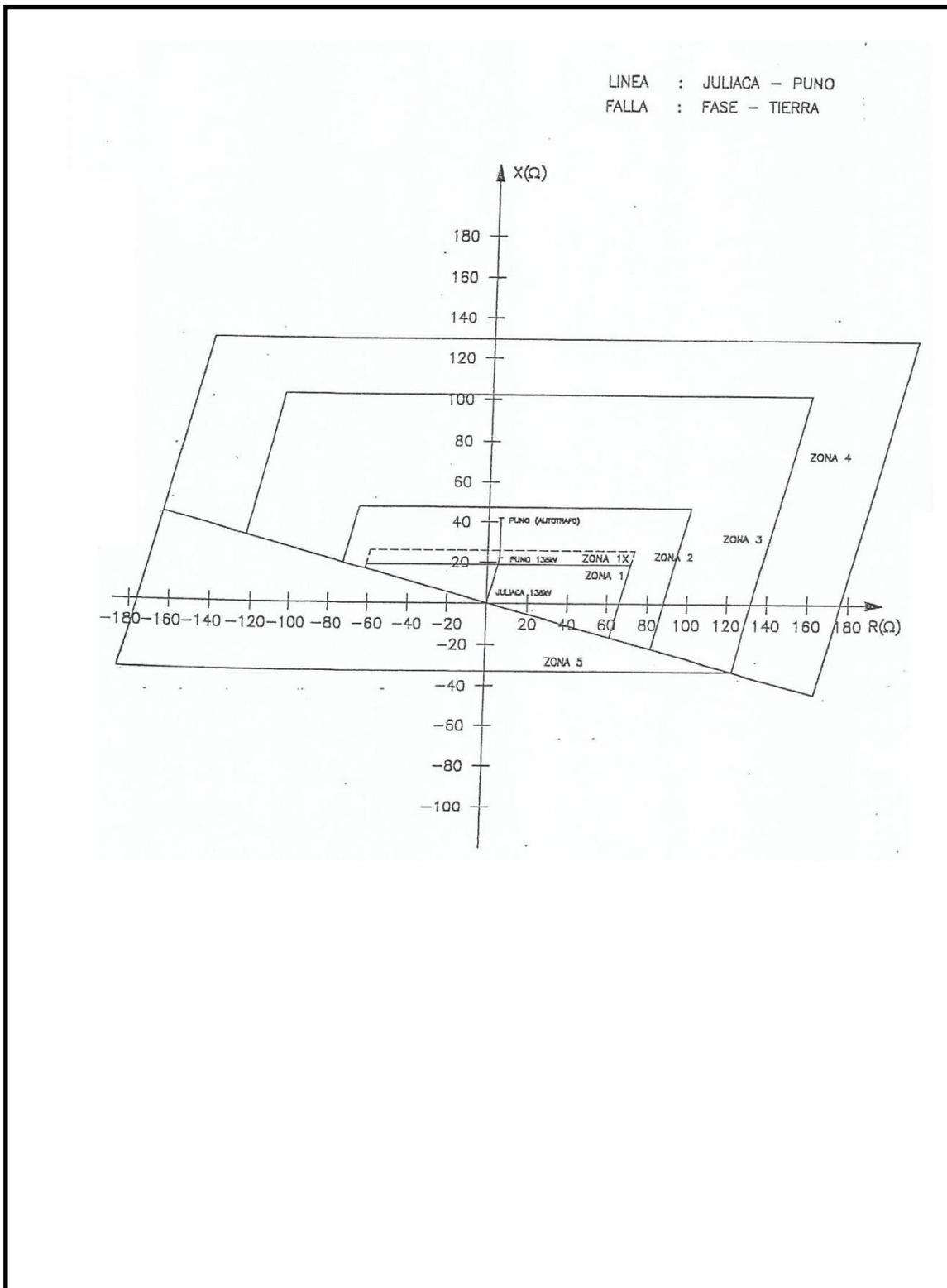


FIGURA N° 2.10: Característica de Operación del relé de Distancia, JULIACA – PUNO Fase- Tierra



	Primaria (Ω/fase)	Secundario (Ω/fase)
ZI =	34,91 / <u>75,00°</u>	0,7934 / <u>75,00°</u>
ZII=	101,70 / <u>75.00°</u>	2,3114 / <u>75 00°</u>
ZIII=	135,05 / <u>75,00°</u>	3,0693 / <u>75,00°</u>
ZIV=	150,42 / <u>76.00°</u>	3,4186 / <u>76 60°</u>
ZV=	164,26 / <u>75,00°</u>	0,7764 / <u>75,00°</u>

n.4) ALCANCES DE LA PROTECCION DE DISTANCIA

Protección de distancia: Zona 1

$$ZI = 0,85x(Z_{PUNO-JULIACA}) = 0,85x(23,0013/\underline{75^\circ}) \Omega$$

$$ZI = 19,55 \Omega \text{ primo } \langle \rangle \quad 0,4443 \Omega \text{ sec}$$

Protección de distancia: Zona 2

$$ZII = 0,85x(Z_{PUNO-JULIACA} + ZI_{JULIACA-AZANGARO})$$

$$ZII = 0,85x(23,0013 / \underline{75^\circ} + 34,9100 / \underline{75^\circ})$$

$$ZII = 49,22 \Omega \text{ primo } \langle \rangle \quad 1,1186 \Omega \text{ sec}$$

Protección de distancia: Zona 3

$$ZIII = 0,85x(Z_{PUNO-JULIACA} + ZII_{JULLACA-AZANGARO})$$

$$ZIII = 0,85x(23,0013 / \underline{75^\circ} + 101,7000 / \underline{75^\circ})$$

$$ZIII = 105,99 \Omega \text{ primo } \langle \rangle \quad 2,4088 \Omega \text{ sec}$$

Protección de distancia: Zona 4

$$ZIV = 0,85x(Z_{PUNO-JULIACA} + ZIII_{JULLACA-AZANGARO})$$

$$ZIV = 0,85x(23,0013 / \underline{75^\circ} + 135,0500 / \underline{75^\circ})$$

$$ZIV = 134,34 \Omega \text{ primo } \langle \rangle \quad 3,0532 \Omega \text{ sec}$$

Protección. de distancia: Zona 5

$$ZV = 0,2xR_{lim}/\text{sen}75^\circ$$

$$ZV = 0,2x176/\text{sen}75^\circ$$

$$ZV = 36,44 \Omega \text{ primo } \langle \rangle \quad 0,8282 \Omega \text{ sec}$$

n.5) CÁLCULO DE LOS ALCANCES RESISTIVOS DE LA PROTECCIÓN DE DISTANCIA: R1m1 R1b1 R21 R3 Y Rlim.

Cálculo de la resistencia de falla a tierra (R1m):

$$R1m = R_{arco} + R_{torre} \dots (1)$$

Donde:

- R1m : Alcance resistivo para fallas a tierra de la zona 1 .
- R_{arco} : Resistencia de arco,
- R_{torre} : Resistencia de puesta a tierra = 25 Ω.

n.6) FUNCIÓN DE BLOQUEO POR OSCILACIÓN DE POTENCIA.

El ancho de banda necesario para determinar la presencia de una oscilación de potencia está dada por la ecuación:

$$\Delta P = 0,00785 \times F \times (4R_{lim}^2 + X_{res}) / X_{res}$$

Donde:

- F : Frecuencia de oscilación" de potencia
- R_{lim} : Resistencia límite de la característica
- X_{res} : Impedancia de la red correspondiente a la suma de los alcances hacia delante y hacia atrás.

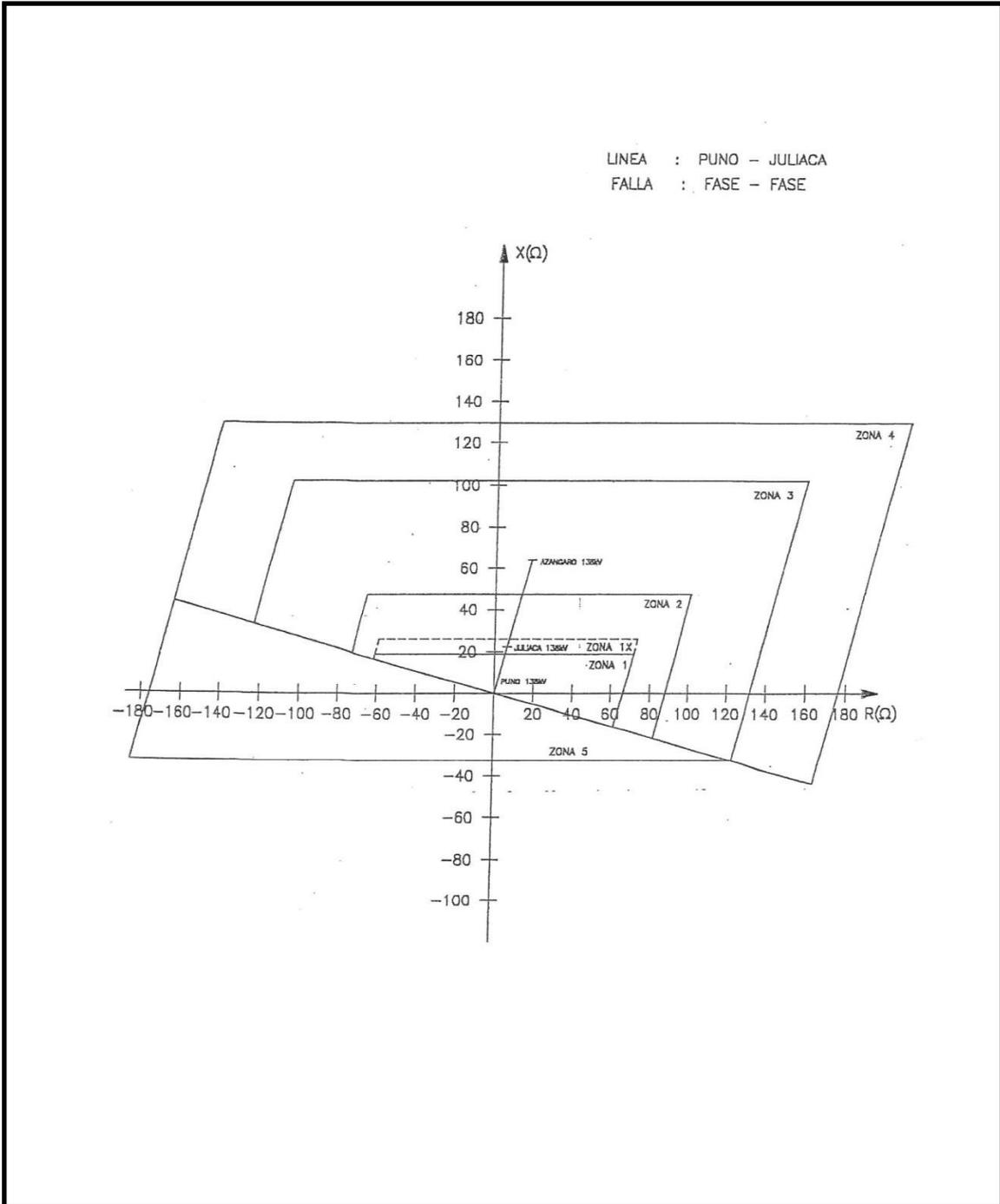
$$F = 5 \text{ Hz.}$$

$$R_{lim} = 410$$

$$X_{res} = (3105 + 0,83) n = 3,88 \Omega$$

De la ecuación: $\Delta P = 0,7997 \Omega$ seleccionamos $\Delta P = 1,00 \Omega$

FIGURA N° 2.11: Característica de Operación del relé de Distancia, PUNO – JULIACA Fase- Fase



O.- Cálculo justificativo del relé de distancia que va a proteger a la L.T.

Puno - llave 60kV.

MARCA : ALSTOM
MODELO : MICOM P441
BARRA : Subestación Puna, 60kV
LINEA : Puno - llave.
LONGITUD : 104,00 km.

El criterio adoptado para el ajuste del relé de distancia fue el siguiente:

Primer Escalón : $ZI = 1,15 \times (Z_{PUNO-ILAVE})$
TI=0,0s
Segundo Escalón : $ZII = 1,50 \times (Z_{PUNO-ILAVE})$
TII=0,4s
Tercer Escalón : $ZP = Z_{PUNO-ILAVE} + 0,80 \times Z_{TRAFO}$
TP=0,8s
Cuarto Escalón : $ZIII = 2,50 \times (Z_{PUNO-ILAVE})$
TIII=1,5s
Quinto Escalón : $ZIV = 0,20 \times R_{lim}$
TIV=2,0s

Cálculo, preliminar para convertir los valores primarios de la línea a valores secundarios.

Relación de los transformadores de tensión:

$$K_p = U_{np}/U_{ns} = 60\,000\text{ V} / 100\text{ V} = 600$$

U_{np} = Tensión nominal primaria del trafo.

U_{ns} = Tensión nominal secundaria del trafo.

Relación de los transformadores de corriente:

$$K_i = I_{ap}/I_{as} = 100\text{ A} / 5\text{ A} = 20$$

Unp = Intensidad nominal primaria del trafo.

Uns = Intensidad nominal secundaria del trafo.

Coeficiente reductor de impedancia:

$$Kz = Kp/Ki = 600/20$$

$$Kz = 30,0$$

Línea de Transmisión 60kV Puno - Ilave,

	Primaria (Ω /fase)	Secundario (Ω /fase)
Z1L =	51,9376 / <u>70,00°</u>	1,7313 / <u>70,00°</u>
Z0L=	168,5320 / <u>76,00°</u>	5,6177 / <u>76 00°</u>

Transformador de potencia:

Datos: 60/22,9/10 Kv 7-9/7-9/2-2,5 MVA - ONAN/ONAF

YNynod5

$$AT/MT (7MVA) = 8,70\%$$

$$V_{cc} = AT/BT (2MVA) = 4,30 \%$$

$$MT/BT (2MVA) = 1,40\%$$

$$Z_B = 60^2 / 7 = 514,30 \Omega \quad Z_{PU} = 0.087$$

$$Z_{TRAFO} = Z_B \times Z_{PU} = 44,74 \Omega$$

Considerando una caída óhmica típica del 0,84

$$R_{TRAFO} = (0,84 \times 60^2) / (100 \times 7) = 4,32 \Omega$$

$$Z_{am} = 4,32 + j 44,54 =: 44,74 / 84,5^\circ \Omega$$

01.-) ALCANCES DE LA PROTECCION DE DISTANCIA

Protección de distancia: Zona 1

$$Z_I = 1,15 \times (Z_{\text{PUNO-ILAVE}}) = 1,15 \times (51,9376 / \underline{70,0^\circ}) \Omega$$

$$Z_I = 59,73 \Omega \text{ prim } \langle \rangle$$

$$1,9910 \Omega \text{ sec}$$

Protección de distancia: Zona 2

$$Z_{II} = 1,50 \times (Z_{\text{PUNO-ILAVE}})$$

$$Z_{II} = 1,50 \times (51,9376 / \underline{70,0^\circ})$$

$$Z_{II} = 77,91 \Omega \text{ prim } \langle \rangle$$

$$2,5970 \Omega \text{ sec}$$

Protección de distancia: Zona P

$$Z_P = Z_{\text{PUNO-ILAVE}} + 0,80 \times Z_{\text{TRAFO}}$$

$$Z_P = 51,9376 / \underline{70,0^\circ} \langle \rangle + 0,80 \times 44,7 \text{ 400} / \underline{84,5^\circ}$$

$$Z_P = 87,05 \Omega \text{ prim } \langle \rangle$$

$$2,9017 \Omega \text{ sec}$$

Protección de distancia: Zona 3

$$Z_{III} = 2,50 \times (Z_{\text{PUNO-ILAVE}})$$

$$Z_{III} = 2,50 \times (51,9376 / \underline{70,0^\circ})$$

$$Z_{III} = 129,84 \Omega \text{ prim } \langle \rangle$$

$$4,3280 \Omega \text{ sec}$$

Protección de distancia: Zona 4

$$Z_{IV} = 0,20 \times R_{\text{lim}}$$

$$Z_{IV} = 0,20 \times 240 / \text{sen}70^\circ$$

$$Z_{IV} = 51,08 \Omega \text{ primo } \langle \rangle$$

$$1,7027 \Omega \text{ sec}$$

0.2.-) CÁLCULO DE LOS ALCANCES RESISTIVOS DE LA PROTECCIÓN DE DISTANCIA: R1G, R1 Ph, R2G, R2Ph, RpG, RpPh, R3G•R4G Y R3Ph•R4Ph.

Cálculo de la resistencia de falla a tierra (R1G):

$$R_{1G} = R_{arco} + R_{torre} \dots (1)$$

Donde:

- R_{1G} : Alcance resistivo para fallas a tierra de la zona 1.
- R_{arco} : Resistencia de arco.
- R_{torre} : Resistencia de puesta a tierra = 40 Ω

Haciendo uso de la fórmula de Van Warrington:

$$R_a = (28707 \times L_{arco}) / I^{1.4} \dots (2)$$

Donde: $L_{arco} = 3 \times \text{Dist. Entre fases}$

Distancia entre fases = 2,50 m

$$\Rightarrow L_{arco} = 3 \times 2,5 = 7,50 \text{ m}$$

$I_{falla} = \text{corriente de falla a tierra} = 450 \text{ A}$

$$\Rightarrow \text{De (2) } R_{arco} = (28707 \times 7,50) / 450^{1.4} = 41,55 \Omega$$

$$\text{De (1) } R_{1G} = 41,55 + 40 = 81,55 \Omega .$$

En el lado secundario será: $R_{1G} = 2,72 \Omega$.

$$\Rightarrow \text{Seleccionamos: } R_{1G} = 3,5 \Omega$$

Cálculo de la resistencia para fallas entre fases:

Este valor puede ser estimado similar a la resistencia de falla a tierra, lográndose una cobertura razonable de 105 Ω en el lado primario.

$$R_{1Ph} = 1,00 \times (R_{1G}) = 1,00 \times (81,55)$$

$$R_{1Ph} = 81,55 \Omega \text{ prim } \leftrightarrow 2,7200 \Omega \text{ sec}$$

=> Seleccionamos: $R_{1\text{ Ph}} = 3,5 \Omega$

Cálculo del arranque límite resistivo ($R_{\text{lim}} \leftrightarrow R_{3\text{G}}\text{-}R_{4\text{G}} \leftrightarrow R_{3\text{Ph}}\text{-}R_{4\text{Ph}}$):

Considerando la capacidad de la línea de 100 A (10,4 MVA):

$$\Rightarrow Z = (0,90 \times \text{kV})^2 / \text{MVA} = (0,90 \times 60)^2 / 10,4 = 280,38 \Omega.$$

En el lado secundario será: $Z = 9,35 \Omega$

=> Consideraremos un arranque del 200% de $R_{1\text{Ph}}$.

$$R_{\text{lim}} = 2 \times 3,5 = 7,0 \Omega < 9,78 \Omega.$$

=> Seleccionamos $R_{\text{lim}} \leftrightarrow R_{3\text{G}}\text{-}R_{4\text{G}} \leftrightarrow R_{3\text{Ph}}\text{-}R_{4\text{Ph}} = 8,00 \Omega.$

Cálculo de la resistencia límite de zonas

$R_{2\text{G}}=R_{2\text{Ph}}$ y $R_{\text{pG}};:R_{\text{pPh}}$ (R_2 Y R_3):

Amabas resistencias deben cumplir con la siguiente condición:

$$R_{1\text{ Ph}} < R_2 < R_3 < R_{\text{lim}}$$

Es decir $3,5 < R_2 < R_3 < 8,0$

Seleccionamos: $R_{2\text{G}}=R_{2\text{Ph}}= 5,00 \Omega$ Y $R_{\text{pG}}=R_{\text{pPh}}= 6,50 \Omega$

O.3.-) AJUSTE DE LOS TEMPORIZADORES

Zona 1 : $T_I = 0,0 \text{ s}$

Zona 2 : $T_{II} = 0,4 \text{ s}$

Zona P : $T_P = 0,8 \text{ s}$

Zona 3 : $T_{III} = 1,5 \text{ s}$

Zona 4 : $T_{IV} = 2,0 \text{ s}$

FIGURA N° 2.12: Característica de Operación del relé de Distancia, PUNO-ILAVE
Fase- Fase

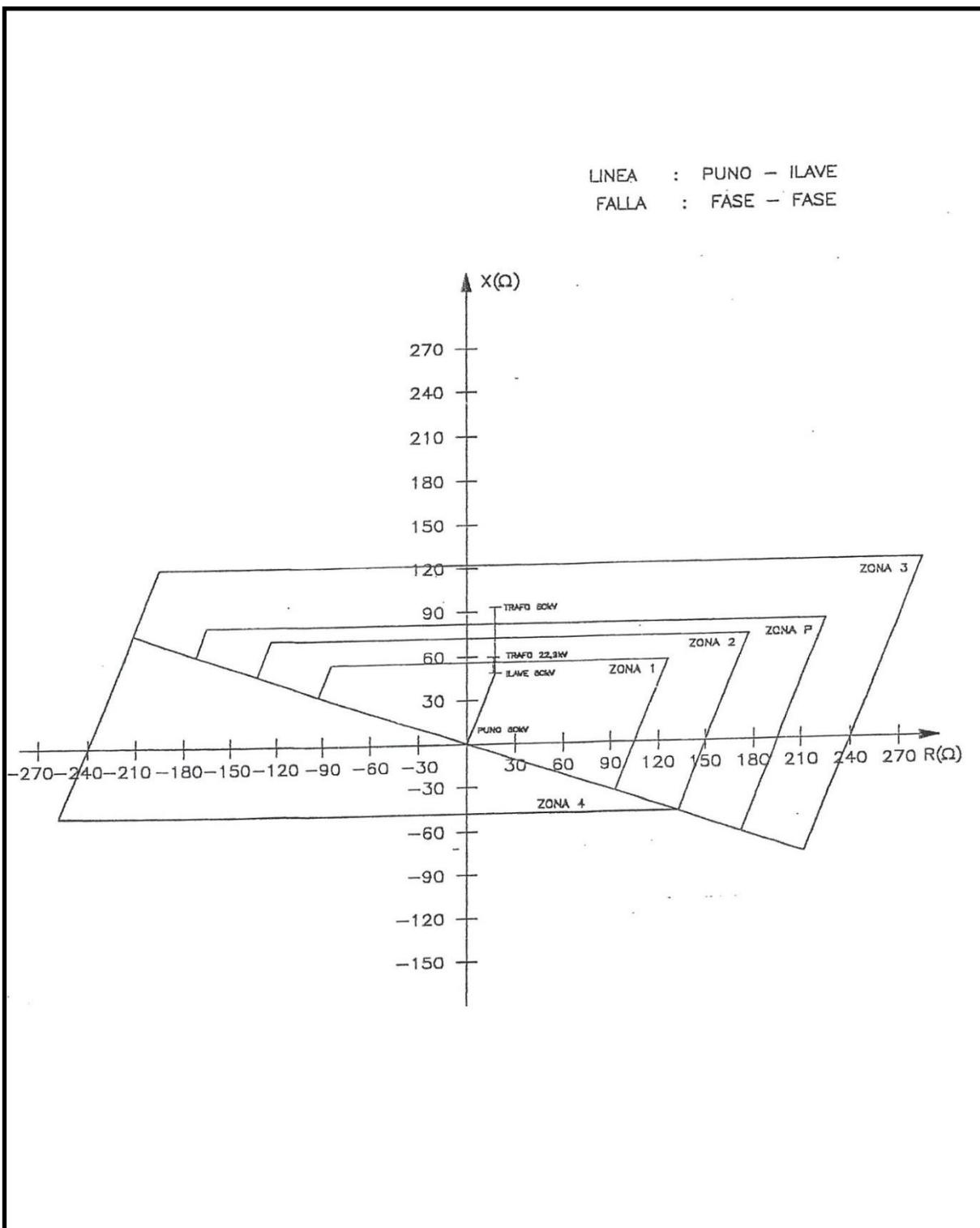
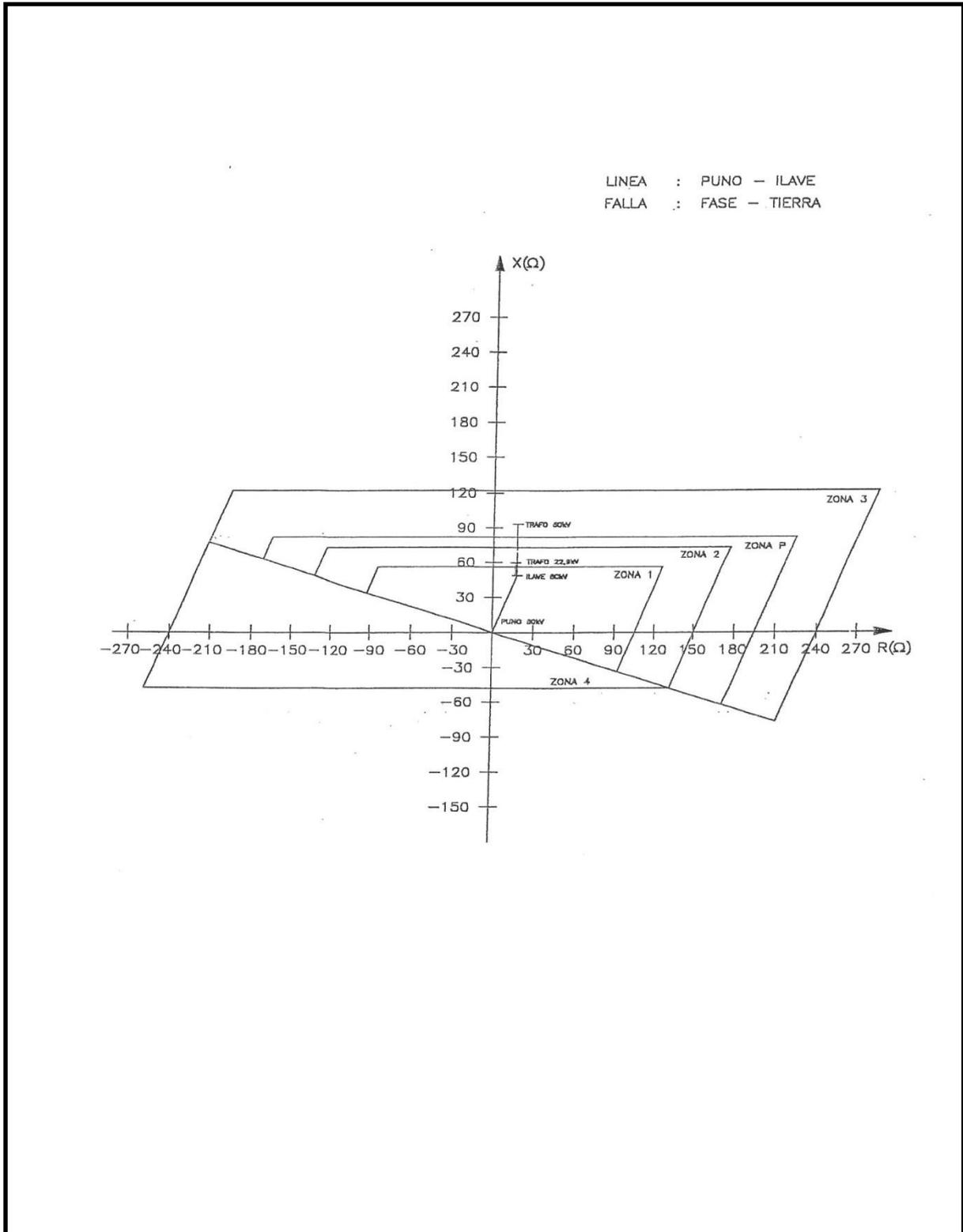


FIGURA N° 2.13: Característica de Operación del relé de Distancia, PUNO-ILAVE
Fase- Tierra



P.- CALCULOS JUSTIFICATIVOS PARA EL AJUSTE DEL RELÉ DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL PARA TRANSFORMADORES.

P.1.- En la subestación Puno

UBICACIÓN : S.E. PUNO
EQUIPO A PROTEGER : TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Características del transformador.

Potencia 25 / 25 / 7 MVA. ONAN

Potencia 30 / 30 / 9 MVA - ONAF

Tensión 132±13x10% / 60 22,9 kV

HV = 132 kV
LV1 = 60,0 kV
LV2 = 22,9 kV
Grupo: YNd5yn

Características del relé

Marca ALSTOM
Modelo KBCH 130
In 5 A

Corrientes a plena carga (ampere primario)

$$I_{pc} = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}}$$

Transformadores de corriente

Ntc, Corriente nominal = 5 A

Corrientes a plena carga (ampere secundario)

$$I_{pc} (A_{sec}) = I_{pc} (A_{prim}) / Ntc$$

Cuadro resumen

Lado	Sn (MVA)	Vn (kV)	Ipc (Aprim)	Ntc	Ipc (Asec)
HV	25,0	132	109,35	150/5	3,6450
LV1	25,0	60,0	240,56	250/5	4,8110
LV2	7,0	22,9	176,48	200/5	4,4120

Es necesario calcular las intensidades nominales de carga para los arrollamientos de LV basándose en el valor que toma la potencia nominal en MVA en el lado HV para asegurar que las intensidades sean equilibradas en todas las condiciones posibles.

P.2.- CALCULOS JUSTIFICATIVOS PARA EL AJUSTE DE LOS RELÉS DE SOBRECORRIENTE.

6.3.1 En la subestación Juliaca.

RELÉ: R1 (MICOM P122)

UBICACIÓN : S.E. JULIACA (HACIA AZÁNGARO)

TENSIÓN' :138KV

TRAFO. CORR : 200/5 A.

FASE:

1. Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior 1>

1.1 Corriente de Arranque:

$$I > = 160 \times \frac{5}{200} = 4,00 \text{ A} , \quad \frac{I >}{I_n} = \frac{160}{200}$$

$$I > / I_n = 0,80$$

P.3.- Característica de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

$$TMS = 0,275.$$

$$I_{FALLA} = 940 \text{ A.}$$

Cálculos:

$$t_{op} = k. \frac{0,14}{M^{0.02} - 1}$$

$$M = 940/160 = 5.88$$

$$t_{op} = 1,07 \text{ s}$$

p.4.- Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior 1>>

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{>>} = 2000 \times \frac{5}{200} = 50,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{>>}}{I_n} = \frac{2000}{200}$$

$$I_{>>} = 10,00$$

Tiempo de operación del escalón superior: t »

$$t_{>>} = 0,04 \text{ s.}$$

TIERRA:

p.5.- Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior lo>

Corriente de Arranque:

$$I_{o>} = 60 \times \frac{5}{200} = 1,50 \text{ A}, \quad \frac{I_{o>}}{I_n} = \frac{60}{200}$$

$$I_{o>}/I_n = 0,30$$

Características de Operación: Standard Inverse Curve Dial de Operación

$$TMS = 0,800$$

$$I_{FALLA} = 818 \text{ A.}$$

Cálculos:

$$t_{op} = k. \frac{0,14}{M^{0.02} - 1}$$

$$M = 818/160 = 5,11$$

$$t_{op} = 2,10 \text{ s}$$

p.6.- Escalón de Sobrecorriente de Ajustes Superior lo >>

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{>>} = 1600 \times \frac{5}{200} = 40,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{>>}}{I_n} = \frac{1600}{200}$$

$$I_{>>}/I_n = 8,00$$

p.7.- Tiempo de operación des escalón superior to >>

To >> = inst.

RELÉ: R2 (MICOM P122)

UBICACIÓN : S.E. JULIACA (HACIA PUNO)

TENSIÓN : 138 KV

TRAFO. CORR : 200/5A

FASE:

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior I>

Corriente de Arranque:

$$I_{>} = 120 \times \frac{5}{200} = 3,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{>>}}{I_n} = \frac{1200}{200}$$

$$I_{>}/I_n = 0,60$$

5.2 Características de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

TMS = 0,275.

I_{FALLA} = 750 A

Cálculos:

$$t_{op} = k \cdot \frac{0,14}{(M^{0.02} - 1)}$$

$$M = 750/120 = 6,25$$

$$t_{op} = 1,03 \text{ s}$$

de Sobrecorriente de Ajuste Superior $I_{>>}$

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{>>} = 1600 \times \frac{5}{200} = 40,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{>>}}{I_n} = \frac{1600}{200}$$

$$I_{>>}/I_n = 8,00$$

Tiempo de operación del escaló superior: $t_{>>}$

$$t_{>>} = \text{inst.}$$

p.8.- TIERRA:

7. Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior $I_{o>}$

7.1 Corriente de Arranque:

$$I_{o>} = 60 \times \frac{5}{200} = 1,50 \text{ A}, \quad \frac{I_{o>}}{I_n} = \frac{60}{200}$$

$$I_{o>}/I_n = 0,30$$

p.9.- Característica de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

$$\text{TMS} = 0,725.$$

$$I_{\text{FALLA}} = 561 \text{ A.}$$

Cálculos:

$$t_{op} = k \cdot \frac{0,14}{(M^{0.02} - 1)}$$

$$M = 561/60 = 9,35$$

$$t_{op} = 2,22 \text{ s}$$

p.10.- Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior $I_{o >>}$

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{o >>} = 1500 \times \frac{5}{200} = 37,50 \text{ A}, \quad \frac{I_{o >>}}{I_n} = \frac{1500}{200}$$

$$I_{o >>}/I_n = 7,50$$

Tiempo de operación de escalón superior: $t_{o >>}$

$t_{o >>} = \text{inst.}$

P.11.- En la subestación Puno

RELÉ: R3 (MICOM P122)

UBICACIÓN : S.E. PUNO (TRAFO, POTENCIA)

TENSIÓN : 138 KV

TRAFO. CORR : 150/5A.

P.12.- FASE:

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior $I_{>}$

Corriente de Arranque:

$$I_{138KV} = 120 \text{ A}$$

$$I_{>} = 120 \times \frac{5}{150} = 4,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{>}}{I_n} = \frac{120}{150}$$

$$I_{>}/I_n = 0,80$$

Características de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

TMS = 0,175.

$$I_{FALLA} = 3000 \times \frac{22,9}{138} = 500 \text{ A.}$$

Cálculos:

$$t_{op} = k \cdot \frac{0,14}{(M^{0.02} - 1)}$$

$$M = 500 / 120 = 4,17$$

$$t_{op} = 0,85 \text{ s}$$

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior $i_{>>}$

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{>>} = 1500 \times \frac{5}{150} = 50,00 \text{ A} \quad , \quad \frac{I_{>>}}{I_n} = \frac{1500}{150}$$

$$I_{>>}/I_n = 10,00$$

10.2 Tiempo de operación del escalón superior: $t_{>>}$

$$t_{>>} = \text{inst.}$$

P.13.- TIERRA:

11. Escalón de sobrecorriente de Ajuste Inferior $l_{o>}$

11.1 Corriente de Arranque:

$$l_{o>} = 45 \times \frac{5}{150} = 1,50 \text{ A}, \quad \frac{l_{o>}}{I_n} = \frac{45}{150}$$

$$l_{o>}/I_n = 0,30$$

11.2 Características de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

$$\text{TMS} = 0,700.$$

$$I_{\text{FALLA}} = 1159 \text{ A.}$$

Cálculos:

$$t_{op} = k \cdot \frac{0,14}{(M^{0.02} - 1)}$$

$$M = 1159 / 45 = 25,80$$

$$t_{op} = 1,46 \text{ s}$$

P.14.- Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior $I_{o \gg}$

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{o \gg} = 1200 \times \frac{5}{150} = 40,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{o \gg}}{I_n} = \frac{1200}{150}$$

$$I_{o \gg} / I_n = 8,00$$

p.15.- Tiempo de operación del escalón superior: $t_{o \gg}$

$t_{o \gg} = \text{inst.}$

RELÉ: R4 (MICOM P122)

UBICACIÓN : S.E. PUNO (TRADO. POTENCIA)

TENSIÓN : 60 KV

TRAFO. CORR : 250/5 A.

FASE:

13. Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior $I_{>}$

13.1 Corriente de arranque

$$I_{60KV} = 250 \text{ A}$$

$$I_{>} = 250 \times \frac{5}{250} = 5,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{>}}{I_n} = \frac{250}{250}$$

$$I_{>} / I_n = 1,00$$

13.2 Características de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

TMS = 0,150.

$I_{FALLA} = 1500 \text{ A.}$

Cálculos:

$$t_{op} = k \cdot \frac{0,14}{(M^{0.02} - 1)}$$

$$M = 1500 / 250 = 6,00$$

$$t_{op} = 0,58 \text{ s}$$

p.16.- Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior $I_{>>}$
de arranque de escalón superior:

$$I_{>>} = 1350 \times \frac{5}{250} = 36,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{>>}}{I_n} = \frac{3450}{250}$$

$$I_{>>}/I_n = 13.80$$

Tiempo de operación de escalón superior: $t_{>>}$

$$t_{>>} = 0,00 \text{ s.}$$

RELÉ: R41 (MICOM P122)

UBICACIÓN : S.E. PUNO (A S.E. OLAVE)

TENSIÓN : 60 KV

TRAFO. CORR : 100 / 5 A.

FASE:

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior $I_{>}$

Corriente de arranque

$$I_{60KV} = 100 \text{ A}$$

$$I_{>} = 100 \times \frac{5}{100} = 5,00 \text{ A} \quad , \quad \frac{I_{>}}{I_n} = \frac{100}{100}$$

$$I_{>}/I_n = 1,00$$

Características de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

TMS = 0,175.

$I_{FALLA} = 1500 \text{ A}$.

Cálculos:

$$t_{op} = k \cdot \frac{0,14}{(M^{0,02} - 1)}$$

$$M = 1500 / 100 = 15,00$$

$$t_{op} = 0,44 \text{ s}$$

p.17.- Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior $I_{>>}$

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{>>} = 1500 \times \frac{5}{100} = 75,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{>>}}{I_n} = \frac{1500}{100}$$

$$I_{>>}/I_n = 15,00$$

Tiempo de operación de escalón superior: $t_{>>}$

$t_{>>} = INST.$

RELÉ: R42 (MICOM P122)

UBICACIÓN : S.E. PUNO (A C.T.PUNO)

TENSIÓN : 80 KV

TRAFO. CORR : 100 / 5 A.

FASE:

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior I>

Corriente de arranque

$$I_{60KV} = 100 A$$

$$I \geq 100 \times \frac{5}{100} = 5,00 A, \quad \frac{I >}{I_n} = \frac{100}{100}$$

$$I > / I_n = 1,00$$

Características de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

$$TMS = 0,175.$$

$$I_{FALLA} = 1500 A.$$

Cálculos:

$$t_{op} = k \cdot \frac{0,14}{(M^{0,02} - 1)}$$

$$M = 1500 / 100 = 15,00$$

$$t_{op} = 0,44 s$$

p.18.- Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior I>>

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I >> = 1500 \times \frac{5}{100} = 75,00 A, \quad \frac{I >>}{I_n} = \frac{1500}{100}$$

$$I >> / I_n = 15,00$$

Tiempo de operación de escalón superior: t>>

$$t >> = \text{inst.}$$

RELÉ: R5 (MICOM P122)

UBICACIÓN : S.E. PUNO (TRAFO POTENCIA)

TENSIÓN : 22,9 KV

TRAFO. CORR : 200/ 5 A.

FASE:

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior I>

Corriente de arranque

$$I \geq 200 \times \frac{5}{200} = 5,00 \text{ A} \quad , \quad \frac{I >}{I_n} = \frac{200}{200}$$

$$I > / I_n = 1,00$$

p.19.- Características de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

TMS = 0,150.

I_{FALLA} = 3000 A.

Cálculos:

$$t_{op} = k \cdot \frac{0,14}{(M^{0.02} - 1)}$$

$$M = 3000 / 200 = 15,00$$

$$t_{op} = 0,38 \text{ s}$$

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior I>>

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I >> = 3200 \times \frac{5}{200} = 80,00 \text{ A}, \quad \frac{I >>}{I_n} = \frac{3200}{200}$$

$$I >> / I_n = 16,00$$

Tiempo de operación de escalón superior: t>>

$$t >> = \text{inst.}$$

TIERRA

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior $I_{o>}$
de arranque:

$$I_{o>} \geq 50 \times \frac{5}{200} = 1,25 \text{ A} \quad , \quad \frac{I_{o>}}{I_n} = \frac{50}{200}$$

$$I_{o>} / I_n = 0,25$$

Características de Operación: Standard Inverse Curve
Díal de Operación

$$TMS = 0,500.$$

$$I_{FALLA} = 1500 \text{ A.}$$

Calculus:

$$t_{op} = k \cdot \frac{0,14}{(M^{0,02} - 1)}$$

$$M = 1500 / 50 = 30,00$$

$$t_{op} = 0,99 \text{ s}$$

p.20.- Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior $I_{o>>}$

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{o>>} \geq 1600 \times \frac{5}{200} = 40,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{o>>}}{I_n} = \frac{1600}{200}$$

$$I_{o>>} / I_n = 8,00$$

Tiempo de operación de escalón superior: $t_{o>>}$

$$t_{o>>} = \text{inst.}$$

p.21 RELÉ: R42 (MICOM P122)

UBICACIÓN : S.E. PUNO (A CHUCUITO)

TENSIÓN : 22,9 KV

TRAFO. CORR: 100 / 1 A.

FASE: (CURVA RÁPIDA)

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior I>

Corriente de arranque

$$I \geq 100 \times \frac{1}{100} = 1,00 A \quad , \quad \frac{I}{I_n} = \frac{100}{100}$$

$$I > / I_n = 1,00$$

Características de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

TMS = 0,05

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior I>>

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I >> \geq 2500 \times \frac{1}{100} = 25,00 A \quad , \quad \frac{I}{I_n} = \frac{2500}{100}$$

$$I >> / I_n = 25.00$$

Tiempo de operación del escalón superior: t>>

t>>= inst.

FASE: (CURVA LENTA)

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior I>

Corriente de arranque

$$I \geq 100 \times \frac{1}{100} = 1,00 A \quad , \quad \frac{I}{I_n} = \frac{100}{100}$$

$$I > / I_n = 1,00$$

p.22.- Características de Operación: Standard Inverse Curve
Dial de Operación

TMS = 0,10

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior I>>

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{>>} = 3000 \times \frac{1}{100} = 30,00 \text{ A} \quad , \quad \frac{I_{>>}}{I_n} = \frac{3000}{100}$$

$$I_{>>}/I_n = 30.00$$

p.23.- Tiempo de operación del escalón superior: t>>

t>>= inst.

TIERRA

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior Io>

Corriente de arranque:

$$I_{o>} = 50 \times \frac{1}{100} = 0,50 \text{ A} \quad , \quad \frac{I_{o>}}{I_n} = \frac{50}{100}$$

$$I_{o>} / I_n = 0,50$$

Características de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

TMS = 0,300.

I_{FALLA}= 1500 A.

Cálculos:

$$t_{op} = k \cdot \frac{0,14}{(M^{0.02} - 1)}$$

$$M = 1500 / 50 = 30,00$$

$$t_{op} = 0,60 \text{ s}$$

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior $I_{o >>}$

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{o >>} = 1500 \times \frac{1}{100} = 15,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{o >>}}{I_n} = \frac{1500}{100}$$

$$I_{o >>} / I_n = 15,00$$

Tiempo de operación de escalón superior: $t_{o >>}$

$$t_{o >>} = \text{inst.}$$

RELÉ: R 52 (recloser NU LEC)

UBICACIÓN : S.E. PUNO (A PAUCARCOLLA)

TENSIÓN : 22,9 KV

TRAFO. CORR : 100 / 1 A.

FASE: (CURVA RÁPIDA)

p.24.- Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior $I_{>}$

Corriente de arranque

$$I_{>} = 100 \times \frac{1}{100} = 1,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{>}}{I_n} = \frac{100}{100}$$

$$I_{>} / I_n = 1,00$$

29.2 Características de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

$$TMS = 0,05$$

p.25.- Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior $I_{>>}$

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{>>} = 2500 \times \frac{1}{100} = 25,00 \text{ A} \quad , \quad \frac{I_{>}}{I_n} = \frac{2500}{100}$$

$$I_{>}/I_n = 25.00$$

p.26.- de operación del escalón superior: $t_{>}$

$t_{>} = \text{inst.}$

FASE: (CURVA LENTA)

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior $I_{>}$

Corriente de arranque

$$I_{>} = 100 \times \frac{1}{100} = 1,00 \text{ A} \quad , \quad \frac{I_{>}}{I_n} = \frac{100}{100}$$

$$I_{>}/I_n = 1,00$$

Características de Operación: Standard Inverse Curve

Dial de Operación

TMS = 0,10

p.27.- Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior $I_{>>}$

Corriente de arranque de escalón superior:

$$I_{>>} = 3000 \times \frac{1}{100} = 30,00 \text{ A} \quad , \quad \frac{I_{>>}}{I_n} = \frac{3000}{100}$$

$$I_{>>}/I_n = 30.00$$

Tiempo de operación del escalón superior: $t_{>>}$

$t_{>>} = \text{inst.}$

TIERRA

Escalón de Sobrecorriente de Ajuste Inferior $I_{o>}$

Corriente de arranque:

$$I_{o >} = 50 \times \frac{1}{100} = 0,50 \text{ A} \quad , \quad \frac{I_{o >}}{I_n} = \frac{50}{100}$$

$$I_{o >} / I_n = 0,50$$

Características de Operación: Standard Inverse Curve

Díal de Operación

TMS = 0,300.

$I_{FALLA} = 1500 \text{ A}$.

Cálculos:

$$t_{op} = k \cdot \frac{0,14}{(M^{0.02} - 1)}$$

$$M = 1500 / 50 = 30,00$$

$$t_{op} = 0,60 \text{ s}$$

p.28 de Sobrecorriente de Ajuste Superior $I_{o >>}$

Corriente de arranque de escalón superior:

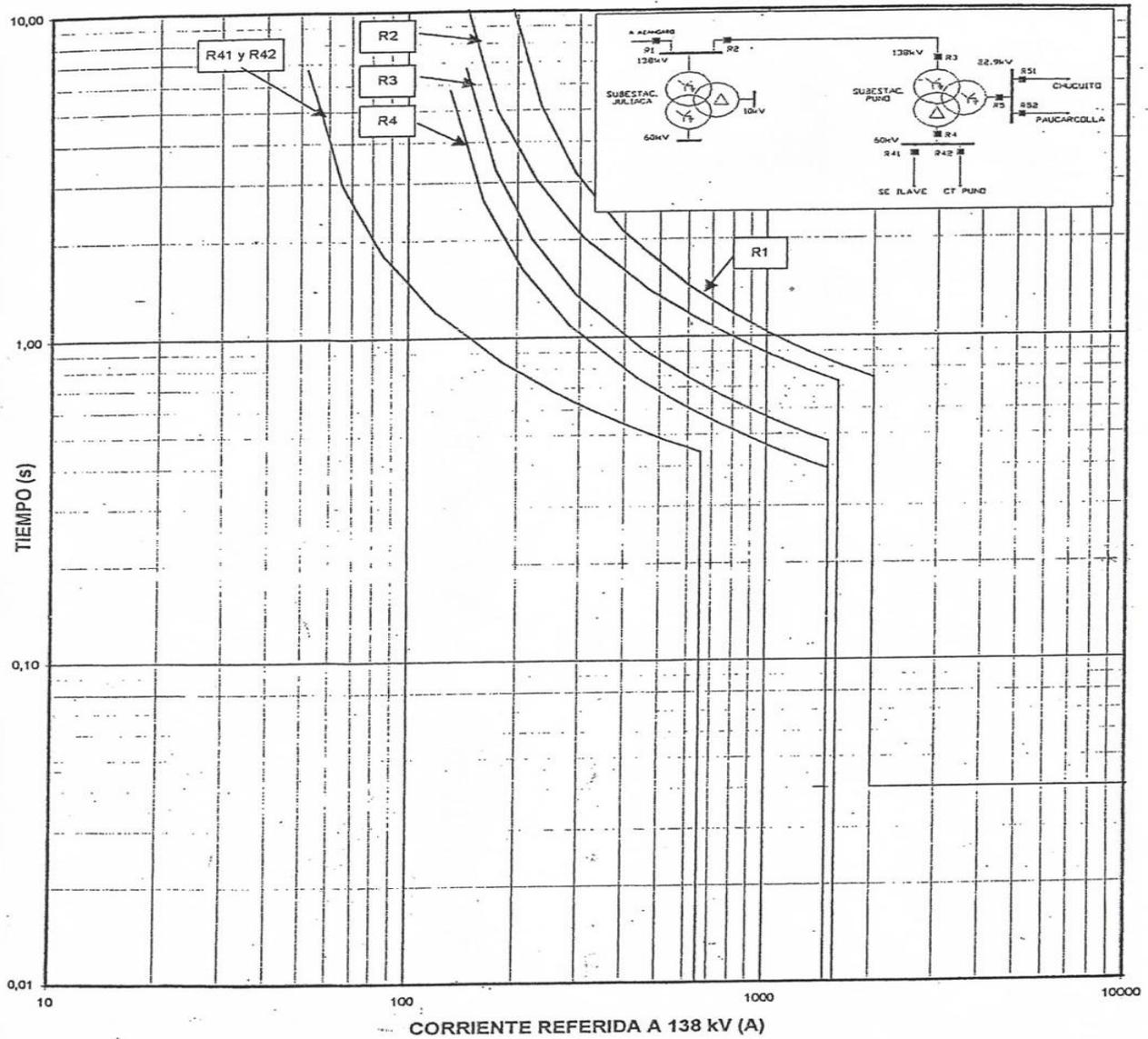
$$I_{o >>} = 1500 \times \frac{1}{100} = 15,00 \text{ A}, \quad \frac{I_{o >>}}{I_n} = \frac{1500}{100}$$

$$I_{o >>} / I_n = 15,00$$

p.29.- Tiempo de operación de escalón superior: $t_{o >>}$

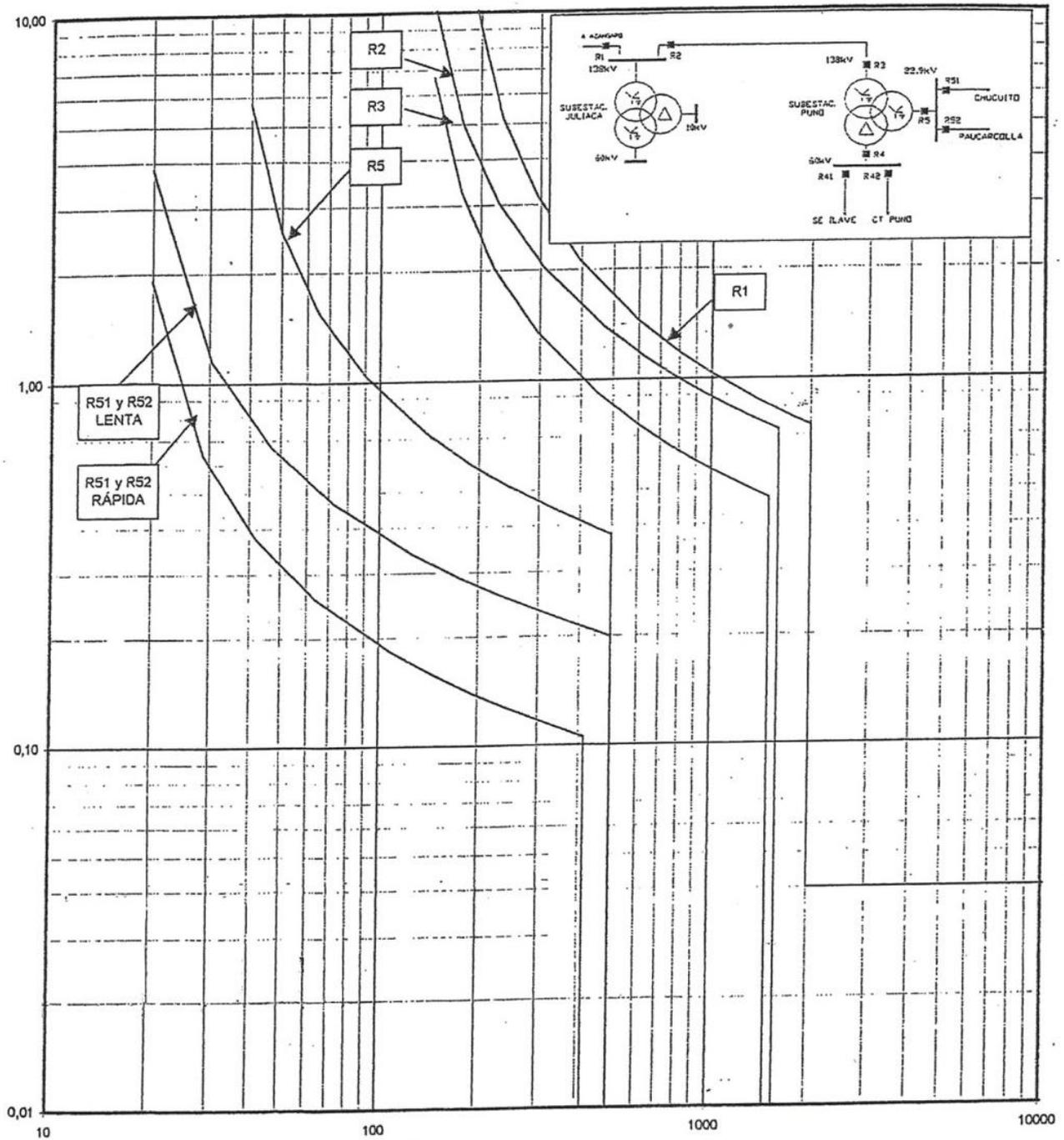
$t_{o >>} = \text{inst.}$

FIGURA N° 2.14 Coordinación de la Protección de sobrecorriente para fallas aisladas en subestaciones: Juliaca y Puno (138 KV y 60 KV)



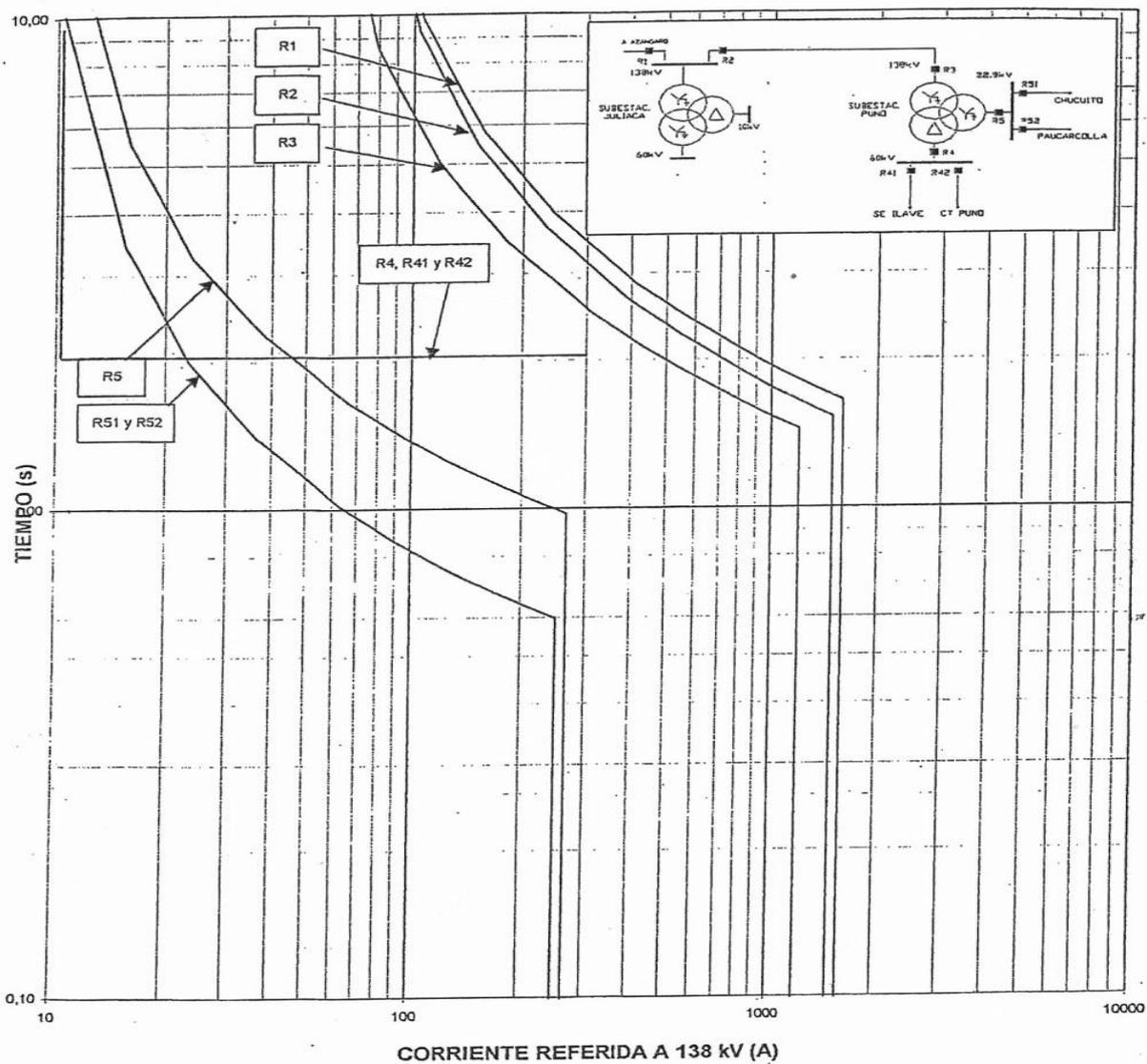
N° RELE	MARCA	MODELO	T.C.	I operación (A)	Curva	Ajuste temporizado		Ajuste instantáneo	
						TAP	DIAL	TAP	t (seg)
R1	ALSTOM	MICOM P122	200 / 5	160	S.I.	0,8 x In	0,275	10,0 x In	0,04
R2	ALSTOM	MICOM P122	200 / 5	120	S.I.	0,6 x In	0,275	8,0 x In	inst.
R3	ALSTOM	MICOM P122	150 / 5	120	S.I.	0,8 x In	0,175	10,0 x In	inst.
R4	ALSTOM	MICOM P122	250 / 5	250	S.I.	1,0 x In	0,150	13,8 x In	inst.
R41 y R42	ALSTOM	MICOM P122	100 / 5	100	S.I.	1,0 x In	0,175	15,0 x In	inst.

FIGURA N° 2.15 Coordinación de la Protección de sobrecorriente para fallas aisladas en subestaciones: Juliaca y Puno (138 KV y 22,9 KV)



N° RELE	MARCA	MODELO	T.C.	I operación (A)	Curva	Ajuste-temporizado		Ajuste instantáneo	
						TAP	DIAL	TAP	t (seg)
R1	ALSTOM	MICOM P122	200 / 5	160	S.I.	0,8 x In	0,275	10,0 x In	0,04
R2	ALSTOM	MICOM P122	200 / 5	120	S.I.	0,6 x In	0,275	8,0 x In	inst.
R3	ALSTOM	MICOM P122	150 / 5	120	S.I.	0,8 x In	0,175	10,0 x In	inst.
R5	ALSTOM	MICOM P122	200 / 5	200	S.I.	1,0 x In	0,150	15,0 x In	inst.
R51 y R52	NULEC	LENTA	100 / 1	100	S.I.	100 A	0,100	3000 A	inst.
R51 y R52	NULEC	RÁPIDA	100 / 1	100	S.I.	100 A	0,050	2500 A	inst.

FIGURA N° 2.16 Coordinación de la Protección de sobrecorriente para fallas a tierra subestaciones: Juliaca y Puno



N° RELE	MARCA	MODELO	T.C.	I operación (A)	Curva	Ajuste temporizado		Ajuste instantáneo	
						TAP	DIAL	TAP	t (seg)
R1	ALSTOM	MICOM P122	200 / 5	60	S.I.	0,30 x In	0,800	8,00 x In	inst.
R2	ALSTOM	MICOM P122	200 / 5	60	S.I.	0,30 x In	0,725	7,50 x In	inst.
R3	ALSTOM	MICOM P122	150 / 5	45	S.I.	0,30 x In	0,700	8,00 x In	inst.
R4	ALSTOM	MICOM P122	250 / 5	25	D.T.	0,10 x In	2,00 s	-	-
R41 y R42	ALSTOM	MICOM P122	100 / 5	10	D.T.	0,10 x In	2,00 s	-	-
R5	ALSTOM	MICOM P122	200 / 5	50	S.I.	0,25 x In	0,500	8,00 x In	inst.
R51 y R52	NULEC	N36	100 / 1	50	S.I.	50 A	0,300	1500 A	inst.

Q.- PLANILLAS DE AJUSTE DE RELÉS

A continuación presentamos los siguientes protocolos de ajuste por subestaciones.

Q.1 Subestación Juliaca

Descripción	Tipo	Cant.
Relé de distancia multifunción (138 kV)	EPAC 3122	02
Relé de sobrecorriente de fase y tierra (138 kV)	MICOM P122	02

Q.2 Subestación Puno

Descripción	Tipo	Cant.
Relé de distancia multifunción (138 kV)	EPAC 3122	01
Relé de distancia multifunción (60 kV)	MICOM P441	01
Relé diferencial (138/60/22,9 kV)	KBCH 130	01
Relé de sobrecorriente de fases y tierra (138kV)	MICOM P122	01
Relé de sobrecorriente de fase y tierra (60kV)	MICOM P122	03
Relé de sobrecorriente de fase y tierra (22,9 kV)	MICOM P122	01
Recloser (22,9kV)	UN LEC	02

2.3.- BASES EPISTEMICAS

La tesis desarrollada indica los procedimientos de actuación de los equipos considerados para la protección del Sistema eléctrico Juliaca-Puno, habiendo utilizado AJUSTE DE LOS TEMPORIZADORES por zonas, escalón de Sobrecorriente de Ajuste Superior I, Corriente de arranque de escalón superior, actuación que son validados, por el resultado de los cálculos, considerando la actuación de cada uno de los equipos de protección, por las pruebas que se realizan en laboratorio, durante la

instalación en sitio y ante la supervisión de profesionales expertos en protección.

Estos valores obtenidos mediante cálculos y pruebas permitirán, ampliar los conocimientos en los sistemas protección para líneas de Alta Tensión.

2.4 BASES CIENTIFICAS

La presente Tesis ha contemplado la realización de cálculos de protección, sobre la base científica de actuación en tiempos cortos, tratándose de Líneas de Transmisión que unen Juliaca-Puno, el volumen de energía transmitida es para ciudades, inclusive una provincia y departamentos, en la cual la precisión del cálculo de actuación de los equipos, obedece a una coordinación de protección acompañado de una coordinación de aislamiento, estos tiempos cortos evitaran la generación de altas temperaturas, los cuales pueden dañar los equipos de maniobra, protección, incluyendo los equipos protegidos como transformadores de potencia.

2.5 DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS

TABLA N° 2.1 Términos básicos

Cantidad	Definición
VDE	Pequeño Sistema Eléctrico
IEC	Constante de ajuste del relé
NESC	Tiempo de reposición del relé
Relé	Equipo eléctrico-electrónico de actuación rápida, según programación.
TMS	Curva de Operación Inversa
Recloser	Interruptor con recierre automático
Escalón	Zona de actuación

Fuente: BACH. De la presente Tesis

III.- VARIABLES E HIPÓTESIS

Los ajustes que se realicen a los equipos de protección en 138 KV. Así como la alimentación al P.S.E. Samán, deberán considerar equipos que contemplen selectividad, rapidez para una buena coordinación que evite daño a los equipos y mantenga el suministro con certera confiabilidad, el cual permitirá realizar el estudio de tesis, conformándose la elaboración de variables e hipótesis que definen el modelo de la presente investigación se han conformado los siguientes términos.

3.1 Variables de la investigación

- a. Variable X= Intensidad de fallas en la línea de transmisión Juliaca – Puno y el P.S.E. Samán
- b. Variable Y= Problemas de operación del Sistema Eléctrico
- c. Variable Z=aislamiento de suministro de energía eléctrica a localidades

Variable independiente

X= Intensidad de fallas en la Líneas Eléctricas por falta de los AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU

Variable dependiente

Y=Los problemas de operación se dan en la Línea de Transmisión en 138 y 22,9 KV, como en las Subestaciones de salida y llegada.

Variable interviniente

Z=El aislamiento de lasLíneasEléctricas por ubicación geográfica, alejados del Centro de control nacional.

3.2 Operacionalización de variables

Indicadores

3.2.1 Variable independiente

X1= Ajuste de equipos de protección por corrientes altas en 138 KV

X2= Ajuste de equipos de protección por corrientes de falla en 138 KV

X3= Ajuste de equipos de protección por corrientes altas en 22,9 KV

X4= Ajuste de equipos de protección por corriente de falla en 22,9 KV

X5= Uso de áreas y zonas por tipo de equipo a utilizar

3.2.2 Variable dependiente

Y1= Ajuste de equipos de protección por operación en 138 KV

Y2= Ajuste de equipos de protección por operación en 22,9 KV

Y3= Ajuste de equipos de protección por operación en Subestaciones en 138 KV

Y4= Ajuste de equipos de protección por operación en Subestaciones en 22,9 KV

Y5= Coordinación de ajuste entre Líneas y Subestaciones

Z1=Falta de acceso vehicular a la ubicación de estructuras

Z2=Falta de cumplimiento de Servidumbre

Z3=Condiciones climáticas agrestes

Z4= Formación de lagunas temporales

Z5=Mayor personal técnico especializado

Para demostrar y comprobar la Hipótesis, se operara las variables e indicadores, como:

Hipótesis General

Mientras se cumpla con los ajustes del Sistema eléctrico en las líneas eléctricas y Subestaciones Juliaca – Puno y las mejoras de protección en el P.S.E. SAMAN se plantea las hipótesis:

3.3 Hipótesis General

Una vez ejecutado los **AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO DE SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU**, debe garantizar que operen con seguridad de protecciones ante fallas en las Líneas Eléctricas.

3.3.1 Hipótesis Específicos

a.- Especifico

Una vez ejecutado los **AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO. PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU**, debe garantizar que operen con seguridad de protecciones ante fallas en las Líneas Eléctricas.

b.- Especifico

Ejecutado los **AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN EL P.S.E. SAMAN EN 22,9KV, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU**, Garantiza la operación ante fallas en las Líneas Eléctricas.

IV- METODOLOGÍA

La presente tesis en elaboración, considera una metodología para alcanzar los objetivos planteados, garantizando la operación del sistema eléctrico de Juliaca – Puno y el P.S.E. SAMAN. Mediante la Metodología que permitirá el control de operación ante fallas. **-Cálculo justificativo del relé de distancia que va a proteger a la L.T. Juliaca - Puno 138Kvy la alimentación en 22,9 KV que suministra energía eléctrica al Pequeño Sistema Eléctrico SAMAN, cabe indicar que también se realizara el CÁLCULO DE LOS ALCANCES RESISTIVOS DE LA PROTECCIÓN DE DISTANCIA: R1m, R1b, R2, R3 Y Rlim. Garantizando la operación mediante la elaboración de la presente Tesis denominado AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU**

4.1 Tipo de investigación

En la presente tesis se realizó actividades de estudio, los cuales corresponden al tipo: Investigación Científica, Aplicada-Transversal, en la cual se considera en este proyecto algunos criterios técnicos de forma tal que los relés de distancia, nos permita calcular los tiempos de apertura de los equipos de protección como interruptores de potencia, ubicados en las Subestaciones de Juliaca y Puno, valores de acuerdo a las normas técnicas vigentes. Deduciéndose que es Experimental – Tecnológico, habiéndose iniciado el mes de enero del año 2018 y cuyo término previsto fue para diciembre del año en curso.

4.2 Diseño de la investigación

Los códigos y Normas aplicados son, como requerimiento mínimo, según las últimas ediciones y/o enmiendas indicadas en:

- Código Nacional de Electricidad de Suministro 2011
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, aprobado por Decreto Supremo No 020-97-EM
- Ley de Concesiones Eléctricas (Ley N° 25844).
- Reglamento de Fiscalización de las Actividades Energéticas por Terceros (D.S. N° 029-97EM).
- Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (D.S. N° 029-94-EM).
- Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Sub Sector de Electricidad (R.M. N° 161-2007-EM/VME).
- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Ley General de Residuos Sólidos N° 27314.
- Ordenanza Municipal (Gestión de residuos sólidos)
- Reglamento de la ley de concesiones eléctricas, aprobado por D.S. N° 009-93-CM
- Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo D.S. 003-98SA.
- Procedimiento Técnico del COES (PR20)

La Línea de Transmisión Juliaca – Puno en 138 KV esta enlazada a la Subestación Juliaca, así como lateralmente a las Subestaciones Puno y Azángaro, mediante Líneas de Transmisión a la misma tensión de operación y la Alimentación al P.S.E. SAMAN mediante una de las barras de salida. Habiéndose realizado las coordinaciones de protección que conllevan a la solución integral.

4.3 Población y muestra

En el presente estudio **AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU** se aplicó los conocimientos técnicos y económicos

La población seleccionada es la del sector, la cual pudo informar sobre interrupciones, buscando un servicio continuo y confiable

4.3.1 Características. -

El proyecto de Tesis **AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU.** Por su ubicación, cuenta con características especiales como altura geográfica, descargas atmosféricas, reducido acceso carrozable, los que redundan en la población como indicador de un sistema eléctrico con falencias de operación mientras no se había realizado los ajustes determinados en el presente estudio de Tesis.

El estudio es básicamente técnico en el marco científico, por lo que no fue necesario determinar géneros en el uso de la electricidad.

4.3.2 Delimitación. -

El presente estudio considero como el área de análisis de fallas, la Línea de Transmisión Juliaca – Puno, las Líneas eléctricas Laterales, es decir la Línea de Transmisión Azángaro – Juliaca, así como las Subestaciones de Juliaca, Puno y Azángaro por estar enlazadas entre sí, como la salida al P.S.E. SAMAN

4.3.3 Ubicación y espacio. -

Esta subestación está ubicada a 3822 msnm, en la ciudad de Juliaca, departamento de Puno.

Cuenta con dos celdas de línea de 138 kV, que son las correspondientes a la Línea de Transmisión Juliaca - Azángaro y la Línea de Transmisión Juliaca - Puno. Además posee un Transformador de Potencia de 40/40/10 MVA con tensiones de 138/60/10 kV.

En el nivel de 138 kV recibe la energía a través del Sistema interconectado del Sur mediante la línea proveniente de la subestación Azángaro. Mediante la interconexión que se realiza en la subestación Puno la energía fluirá de Puno hacia Juliaca según el análisis de flujo de potencia.

El Área de Influencia corresponde a la zona oárea propia de la actual Subestación Juliaca, donde se ha estudiado los **AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO - PERU**, así como los visitantes en calidad de peatón o con unidad móvil.

El área de influencia está integrada por:

- ❖ Área de Influencia Directa (AID)
- ❖ Área de Influencia Indirecta (AII)

Esta subdivisión a permitido tener una mayor comprensión y facilidad de análisis de la situación del área de estudio.

a. Área de Influencia Directa (AID)

El Área de Influencia Directa corresponde a las instalaciones definidas por la Línea de Transmisión Juliaca – Puno y el Pequeño Sistema Eléctrico SAMAN, en el distrito de Saman.

b. Área de Influencia Indirecta (AII)

El Área de Influencia Indirecta (AII) es el espacio físico en el que se manifiestan las personas afectadas de la zona de Azángaro y Puno, por la falta de un nivel de fluido eléctrico constante los cuales ven los resultados eficientes al término de las indicaciones obtenidas como resultado del estudio **AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU.**

4.3.4 Tamaño de la muestra

Se realizó preguntas de conocimiento del nivel de protección basado en la confiabilidad del sistema eléctrico en estudio, teniendo presente que la muestra tiene los siguientes parámetros:

a. El diseño de la muestra probabilística

El diseño de la muestra probabilística empleado ha considerado la población de Juliaca, como la población con uso temporal del área de estudio, siendo los sectores que conforman una fracción del total de pobladores, debido a que el inicio y final de cada localidad en estudio se encuentran en diferentes puntos geográficos.

b. Muestra Numérica

En el presente estudio se considera la muestra numérica de una población infinita, en la cual se tomó como universo a las personas que viven y circundan cerca de la Línea de Transmisión Juliaca – Puno y las Subestaciones Azángaro y Puno y localidades cercanas. Siendo estos pobladores seleccionados de los sectores indicadas anteriormente, con un valor estimado de 400 personas

b. Muestra Inicial.

Por ser una magnitud de población cercana a las Líneas eléctricas en estudio Juliaca- Puno, así como varias localidades Azángaro, Puno y distritos cercano como Samán, separadas entre sí, con diversos sectores geográficos, sociales, económicos, educativos, etc, la muestra seleccionada se realizó por el método muestreo por racimos, aplicando la fórmula:

$$n = z^2 \frac{pq}{E^2}$$

$$p + q = 1.0 \text{ ó } 100\%$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra inicial

z = Límite de confianza para generalizar los resultados.

P = Campo de variabilidad de aciertos ó éxitos.

Q = Campo de variabilidad de desaciertos o fracasos.

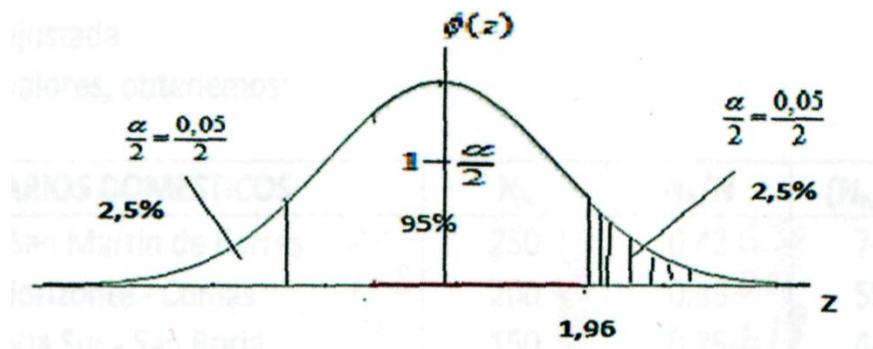
E = Nivel de precisión para generalizar los resultados.

Relacionando los términos estadísticos con los instrumentos de recolección de datos para la determinación del tamaño de la muestra inicial con el 95% de límite de confianza y 5% de límite de desconfianza (error), ($p + q = 95 \% + 5 \% = 100 \%$).

Los valores considerados son extraídos de la Tabla: "Distribución Normal Estándar de Áreas Bajo la Curva"¹⁴ tipificada de cero a zeta (0 a "2", encontramos el valor de $z = 1.96$ para los campos de variabilidad estimamos:

FIGURA N° 4.1

DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR



Fuente UOC Proyecto e-Math Financiado por la Secretaria de Estado de Educación y Universitaria (MECD). Autor Angel A. Juan

Donde:

$z = 1.96$

$p = 0.60$ para los aciertos o éxitos

$q = 0.40$ para los errores o fracasos

$E = 0.06$

Reemplazando valores, tenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.60)(0.40)}{(0.06)^2} = 256.106 \cong 256 \text{ pobladores}$$

La muestra considerada para llevar adelante el presente trabajo es de 256 pobladores

d. Muestra Ajustada

La muestra inicial (256) fue sometida al factor de corrección finita para obtener la muestra ajustada mediante la fórmula:

$$n_0 = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{N}} = \frac{256}{1 + \frac{256-1}{400}}$$

Dónde:

n_0 = Muestra ajustada

n = Valor de la muestra inicial (256)

N = Población (400)

Reemplazando valores, tenemos:

$$n_0 = \frac{256}{1 + \frac{256-1}{400}} = \text{usuarios } 156.33 \approx 156$$

En este caso, sólo se investigó a 156 pobladores, que pueden ser o no usuarios y los resultados se generalizaron al número total de ellos.

e. Proporcionalidad de la muestra

Con el valor de la muestra ajustada ($n_0 = 156$), se determinó la proporcionalidad de la misma, para lo cual se conoce la cantidad de la población encuestada por sectores, posteriormente se aplicara la fórmula:

$$\frac{N_h}{N}(n_0)$$

Dónde:

N_h = Sub población

N = Población

n_0 = Muestra ajustada

Sustituyendo la relación de población se obtuvieron nuevos valores.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 General. A través de este método general histórico conocemos la evolución histórica que han experimentado los seres humanos que transitan o viven próximo a la Línea de Transmisión Juliaca – Puno y el distrito de Samán.

4.4.2 Específico.

a. **Experimental.-** Durante el proceso experimental se utilizó:

- **Equipos de prueba** como programadores de corriente de altas versus el tiempo de actuación de relés.
- **Reveladores** para verificación de tensión y cumplimiento de NTCSE

b. **Matematización.-** La Selección de curvas Tiempo - Corriente, para los AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU permite conocer los valores de parámetros eléctricos en protección.

4.5. Procedimiento de recolección de datos

Los objetivos se alcanzaron, pudiendo explicar, demostrar, probar y plantear la solución al problema de **AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO - PERU.**

4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos

Acopio de las informaciones científicas tecnológicas referentes a los valores de corriente de falla trifásica o monofásica y los sistemas eléctricos existentes y próximos al área de estudio como Azángaro y Puno, denominándose la presente tesis **AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO. PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO - PERU.**

V. RESULTADOS

5.1 Las consideraciones técnicas obtenidas como resultado del estudio de actuación de los equipos de protección, aseguran el aislamiento de las fallas en el sistema eléctrico, en un tiempo reducido, originado por los **AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU**, garantizando la operación ante condiciones fortuitas en la Línea de Transmisión Juliaca - Puno, así como la salida al sistema eléctrico de Samán.

En la figura N° 5.1 se observar la adecuada actuación del relé de distancia EPAC 3122 de la línea de transmisión Juliaca-Puno instalada en la S.E. Juliaca ante una falla trifásica ocurrida en la mitad de la línea de transmisión Juliaca – Puno.

En la figura N° 5.2 se muestra el tiempo de activación de los relés MICOM P122 de la función sobrecorriente de fases de los relés de 13 kV8 de la Línea Juliaca – Puno y Juliaca – Azángaro ante falla trifásica en la línea Juliaca – Puno.

En los anexos se muestra la adecuada activación de los relés mencionados ante diferentes tipos de fallas.

FIGURA N° 5.1 Falla trifásica ($R_f=0$ Ohm) al 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV (S.E. Juliaca).

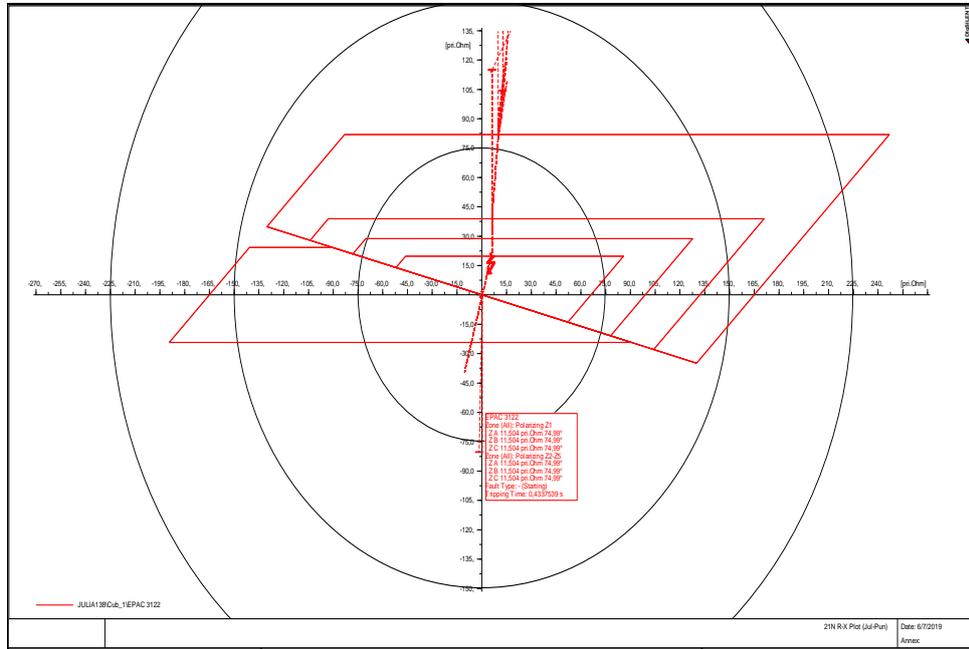
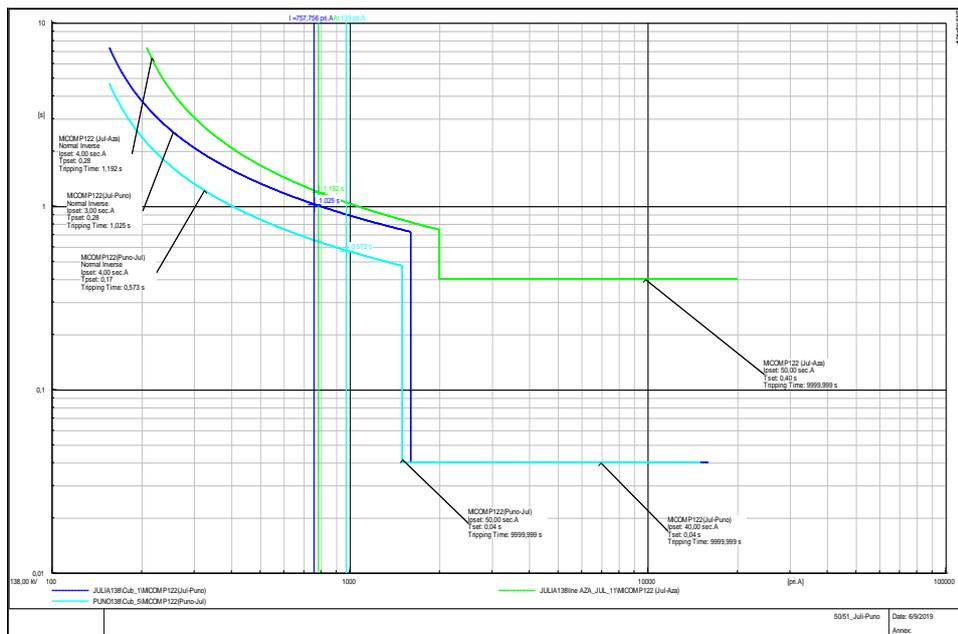


FIGURA N° 5.2 Tiempo de activación de la función sobrecorriente de fases de los relés de 138 kV de la Línea Juliaca – Puno y Juliaca – Azángaro ante falla trifásica en la línea Juliaca – Puno.



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Las consideraciones técnicas obtenidas como resultado del estudio de actuación de los equipos de protección, aseguran el aislamiento de las fallas en el sistema eléctrico, en un tiempo reducido, originado por los **AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU**, garantizando la operación ante condiciones fortuitas en la Línea de Transmisión Juliaca - Puno, así como la salida al sistema eléctrico de Samán.

Es posible observar los resultados en los gráficos 2.14 al 2.16, los tiempos de actuación son cortos, reflejándose en los tiempos indicados en cada Dial, así como el ajuste tiempo instantáneo para algunos casos y tiempo no mayor a 0,04 s, para otros casos.

Estos tiempos de ajuste de actuación de los relés, garantizan la actuación de los equipos de protección, garantizando la operación permanente de las Líneas de Transmisión, al presentarse estos imponderables en el sistema eléctrico

VII CONCLUSIONES

La aplicación de Relés en las Subestaciones, para la protección propia de subestaciones y Líneas de Transmisión mediante la coordinación de protección en función a la corriente presentada y tiempos reducidos, protegerán el equipamiento instalado, ante corrientes altas o con desbalance, pudiendo aislar por un tiempo corto el fluido y el restablecimiento en forma inmediata, por la actuación programada de los equipos de maniobra y protección en las diferentes barras, para el presente caso se encuentran en la Subestación Juliaca y la Subestación Puno.

La mayor cantidad de instalación de Relés no es un indicador de una protección requerida para proteger Subestaciones y Líneas de Transmisión, debiendo realizarse una coordinación de corriente- tiempo, en función a los equipos a proteger

VIII RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar equipos de protección, previa operación en laboratorio y en obra, seleccionándose cada equipo en función a las posibles ocurrencias, condiciones ambientales, reglamentación técnica nacional e internacional.

Se deberá tener presente que las Líneas de Transmisión así como los equipos de protección, necesitan un control permanente de actuación, en operación estable y ante perturbaciones en la Línea de Transmisión y las Subestaciones de salida y recepción.

Los niveles de Tensión menor a la principal, que alimenta al P.S.E. SAMAN, en este caso es protegido por un Recloser, el cual es un interruptor con recierre automático, contribuyendo a la protección del sistema integral Juliaca- Puno. Se recomienda la utilización de Recloser para tensiones intermedias de Líneas Eléctricas en 22,9 KV y Relés en función a la coordinación de protección estudiada para cada caso.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Código Nacional de Electricidad de Suministro 2011
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, aprobada por Decreto Supremo N° 020-97-EM
- Ley de Concesiones Eléctricas (LeyN°25844).
- Reglamento de Fiscalización de las Actividades Energéticas por Terceros (D.S.N°029-97EM).
- Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (D.S.N°029-94- EM).
- Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Sub Sector de Electricidad (R.M.N°161-2007-EM/VME).
- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Ley General de Residuos SólidosN°27314.
- Ordenanza Municipal(Gestión de residuos sólidos)
- Reglamento de la ley de concesiones eléctricas, aprobado por D.S. N° 009-93-CM
- Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo D.S.003-98SA.
- Procedimiento Técnico del COES (PR20)
- Para los casos no contemplados en los documentos anteriores se podrá aplicar recomendaciones según las últimas ediciones y/o enmiendas indicadas en:
 - **R U S** 1724-E200 Rural Utilities Service
 - **N E S C** National Electrical Safety Code
 - **D I N** Deutsche Industrie Normen
 - **V D E** Verbau Deutsche Electrotechniker.
 - **ANSI** American National Standars Institute.
 - **AISI** American Iron and Steel Institute

- ASTM American Society for Testing and Materials
- IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers
- NEC National Electrical Code
- NEMA National Electrical Manufacturers Association
- CSA Canadian Standards Association
- IEC International Electrotechnical Commission
- AEIC Association of Edison Illuminating Companies

Ley N° 28832.- Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica.

Decreto Supremo N° 009-93-EM.- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.

Supremo N° 027-2008-EM.- Reglamento del COES.

Decreto Supremo N° 020-97-EM.- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

Resolución Directoral N° 014-2005- EM/DGE.- Norma Técnica para la Coordinación de la Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de consistencia

Los componentes básicos de la Matriz de Consistencia en esta investigación aplicada son:

- Título
- Problema: General y Específico
- Objetivos: General y Específico
- Hipótesis General y Específico
- Variables Independientes y Dependientes
- Métodos General y Específico

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO DEL PROYECTO: AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCIÓN EN LA LÍNEA DE TRANSMISION DE 138KV JULIACA - PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO DE SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA DEPARTAMENTO PUNO – PERÚ				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	MÉTODOS
<p>1.2.1 Problema General La salida fuera de servicio del Sistema eléctrico Juliaca en 138 KV como del P.S.E. SAMAN en 22,9 KV, originados por la nueva topología del sistema eléctrico interconectado, debido a que los ajustes de protección no garantizan el suministro de energía eléctrica ante fallas en las Líneas Eléctricas de enlace.</p> <p>1.2.2 Problemas Específico a.-Específico La salida fuera de servicio del Sistema eléctrico Juliaca en 138 KV, originados por la nueva topología del sistema eléctrico interconectado, debido a que los ajustes de protección no garantizan el suministro de energía eléctrica ante fallas en las Líneas Eléctricas de enlace.</p> <p>b.-Específico La salida fuera de servicio del P.S.E. SAMAN en 22,9 KV, originados por la nueva topología del sistema eléctrico interconectado, debido a que los ajustes de protección no garantizan el suministro de energía eléctrica ante fallas en las Líneas Eléctricas de enlace.</p>	<p>1.3.1 Objetivo General Establecer un Sistema de Protección, mediante nuevos ajustes de los dispositivos de protección que garanticen el suministro de energía eléctrica al P.S.E. SAMAN en 22,9 KV, alimentado de la Línea de Transmisión Juliaca-Puno provincia de Juliaca Departamento Puno, en 138 KV, ante fallas en las Líneas Eléctricas de enlace.</p> <p>1.3.2 Objetivos Específicos a.-Específico Establecer un Sistema de Protección, mediante nuevos ajustes de los dispositivos de protección que garanticen el suministro de energía eléctrica alimentado de la Línea de Transmisión Juliaca-Puno provincia de Juliaca Departamento Puno, en 138 KV, ante fallas en las Líneas Eléctricas de enlace.</p> <p>b.-Específico Establecer un Sistema de Protección, mediante nuevos ajustes de los dispositivos de protección que garanticen el suministro de energía eléctrica al P.S.E. SAMAN en 22,9 KV, provincia de Juliaca Departamento Puno, KV, ante fallas en las Líneas Eléctricas.</p>	<p>3.3 Hipótesis General Una vez ejecutado los AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO DE SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU, debe garantizar que operen con seguridad de protecciones ante fallas en las Líneas Eléctricas.</p> <p>3.3.1 Hipótesis Especificas a.-Específico Una vez ejecutado los AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO. PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU, debe garantizar que operen con seguridad de protecciones ante fallas en las Líneas Eléctricas.</p> <p>b.-Específico Ejecutado los AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN EL P.S.E. SAMAN EN 22,9KV, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU, Garantiza la operación ante fallas en las Líneas Eléctricas.</p>	<p>3.2 Operacionalización de Variables 3.2.1 Variable Independiente X1= Ajuste de equipos de protección por corrientes altas en 138 KV X2= Ajuste de equipos de protección por corrientes de falla en 138 KV X3= Ajuste de equipos de protección por corrientes altas en 22,9 KV X4= Ajuste de equipos de protección por corriente de falla en 22,9 KV X5= Uso de áreas y zonas por tipo de equipo a utilizar</p> <p>3.2.2 Variable dependiente Y1= Ajuste de equipos de protección por operación en 138 KV Y2= Ajuste de equipos de protección por operación en 22,9 KV Y3= Ajuste de equipos de protección por operación en Subestaciones en 138 KV Y4= Ajuste de equipos de protección por operación en Subestaciones en 22,9 KV Y5= Coordinación de ajuste entre Líneas y Subestaciones</p> <p>Z1=Falta de acceso vehicular a la ubicación de estructuras Z2=Falta de cumplimiento de Servidumbre Z3=Condiciones climáticas agrestes Z4= Formación de lagunas temporales Z5=Mayor personal técnico especializado</p>	<p>4.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos 4.4.1 General. A través de este método general histórico conocemos la evolución histórica que han experimentado los seres humanos que transitan o viven próximo a la Línea de Transmisión Juliaca – Puno y el distrito de Samán</p> <p>4.4.2 Específico a. Experimental.- Durante el proceso experimental se utilizara : - Equipos de prueba como programadores de corriente de altas versus el tiempo de actuación de relés. - Reveladores para verificación de tensión y cumplimiento de NTCSE</p> <p>b. Matematización.- La Selección de curvas Tiempo - Corriente, para los AJUSTES DE COORDINACION DE PROTECCION EN LA LINEA DE TRANSMISION EN 138 KV JULIACA-PUNO, PARA EL SISTEMA ELECTRICO SAMAN, PROVINCIA DE JULIACA, DEPARTAMENTO PUNO, PERU permitira conocer los valores de parámetros eléctricos en protección</p>

Postulantes: - Bach. MARCO FERNANDO LOPEZ SUNI - Bach. ALEXIS ANDRÉ SUAREZ FUENTE- Bach. AMILCAR INGA CANCH

Anexo N° 2: Simulaciones de la Coordinación de Protecciones

Los casos considerados en las simulaciones de la coordinación de protecciones son los siguientes:

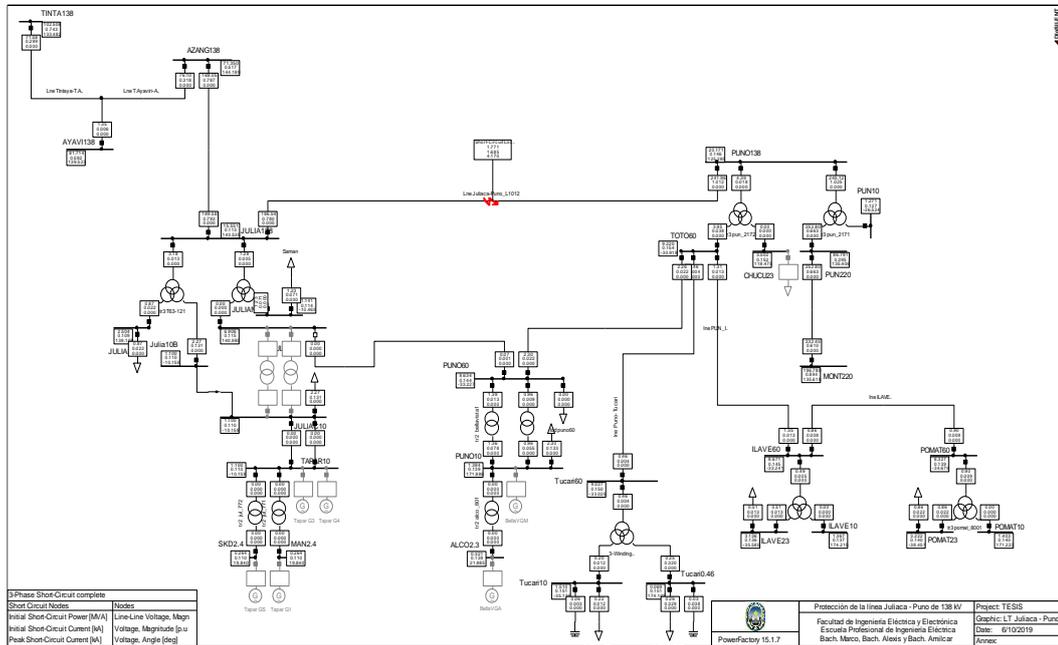
Distancia (21/21N):

- Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=0\Omega$)
- Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)
- Falla monofásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)
- Falla monofásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=20\Omega$)
- Falla trifásica a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)
- Falla monofásica a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=20\Omega$)
- Falla monofásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)
- Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)

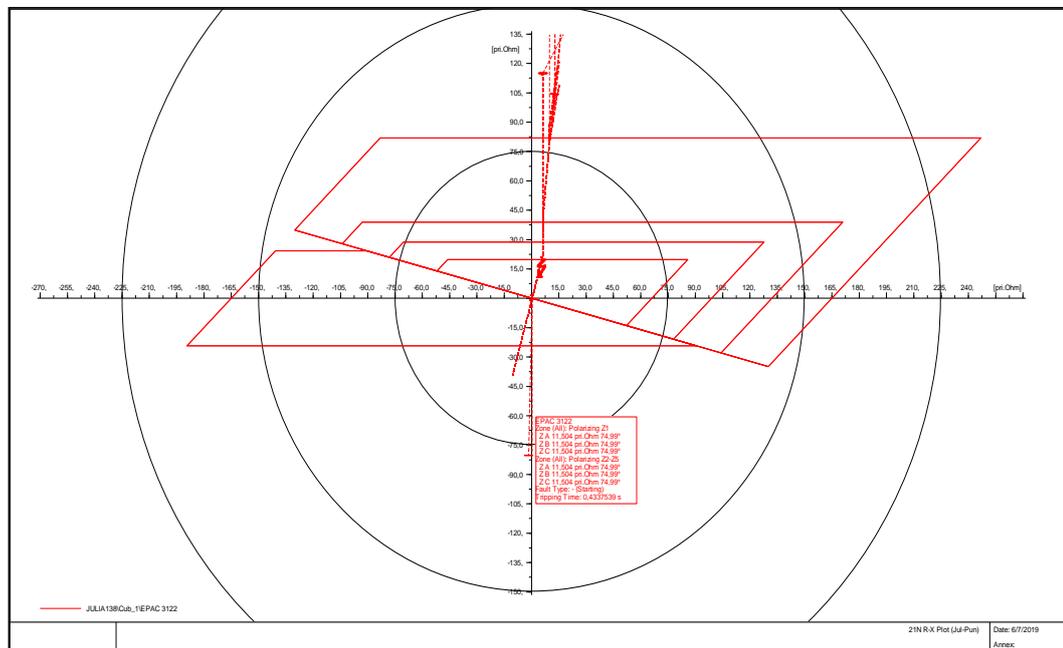
Sobrecorriente (50/51-50N/51N):

- Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)
- Falla monofásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)
- Falla trifásica en la barra de 138 kV de la S.E. Puno ($R_f=5\Omega$)
- Falla monofásica en la barra de 138 kV de la S.E. Puno ($R_f=5\Omega$)
- Falla trifásica en la barra de 138 kV de la S.E. Juliaca ($R_f=5\Omega$)
- Falla monofásica en la barra de 138 kV de la S.E. Juliaca ($R_f=5\Omega$)

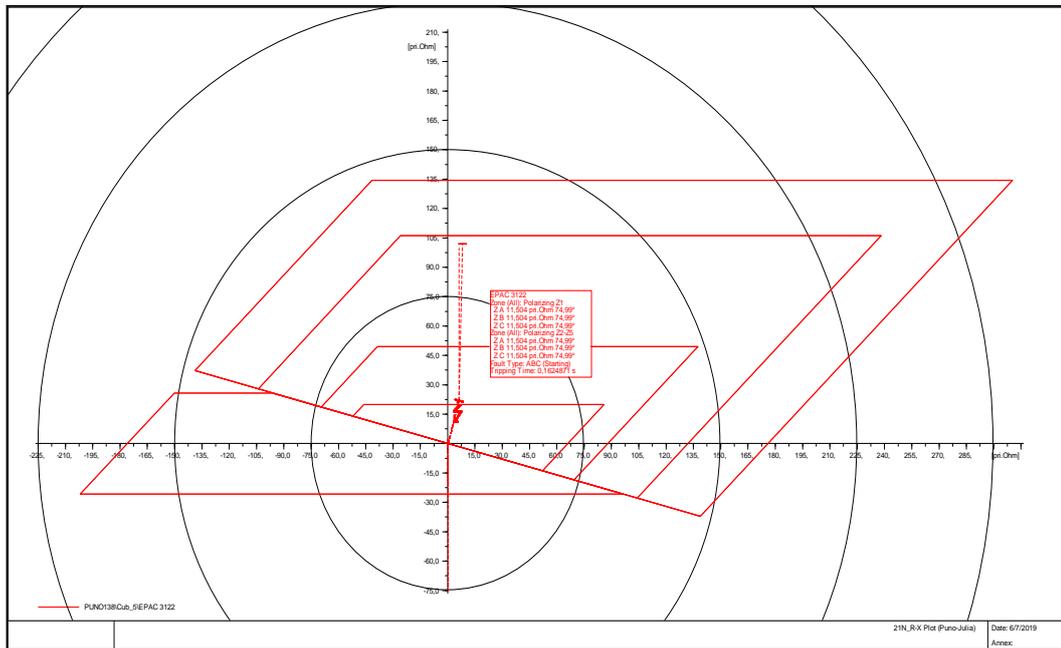
Distancia



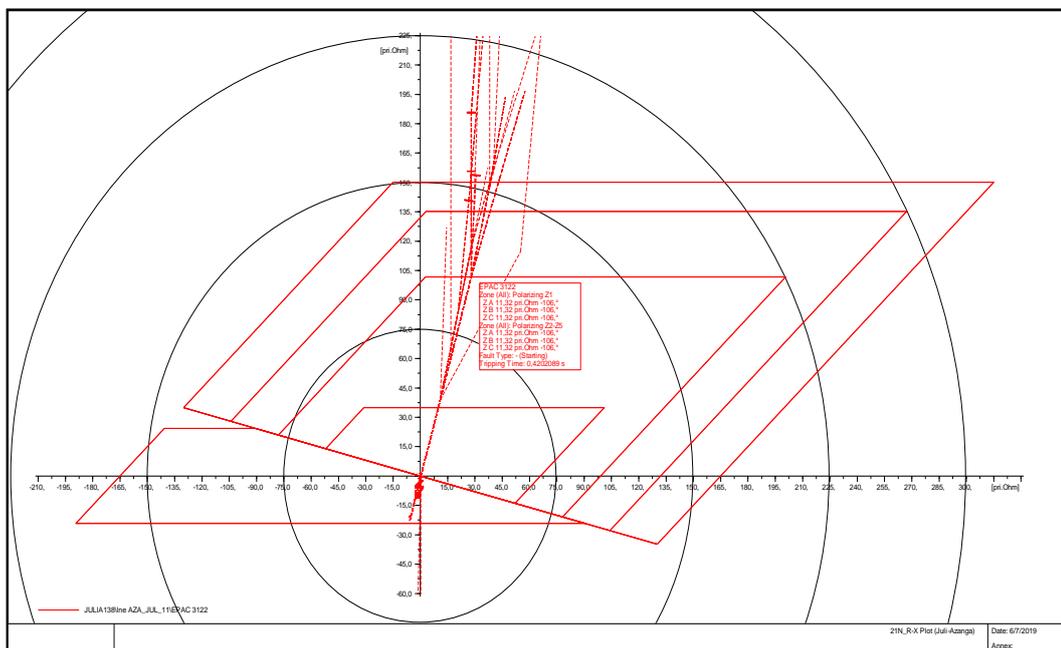
Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=0\Omega$)



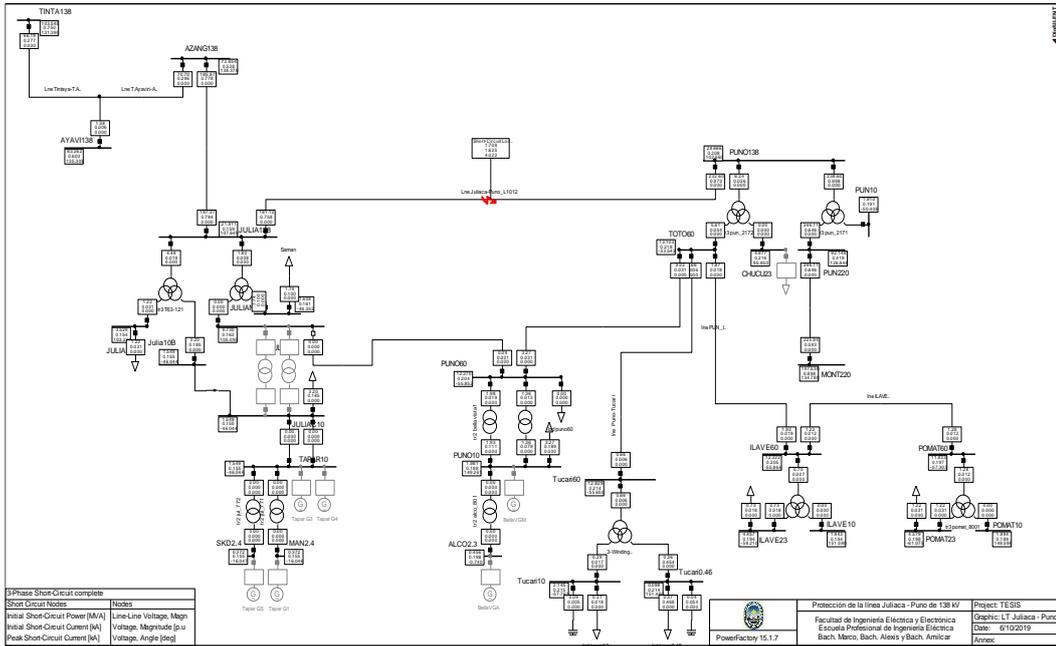
Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=0\Omega$)



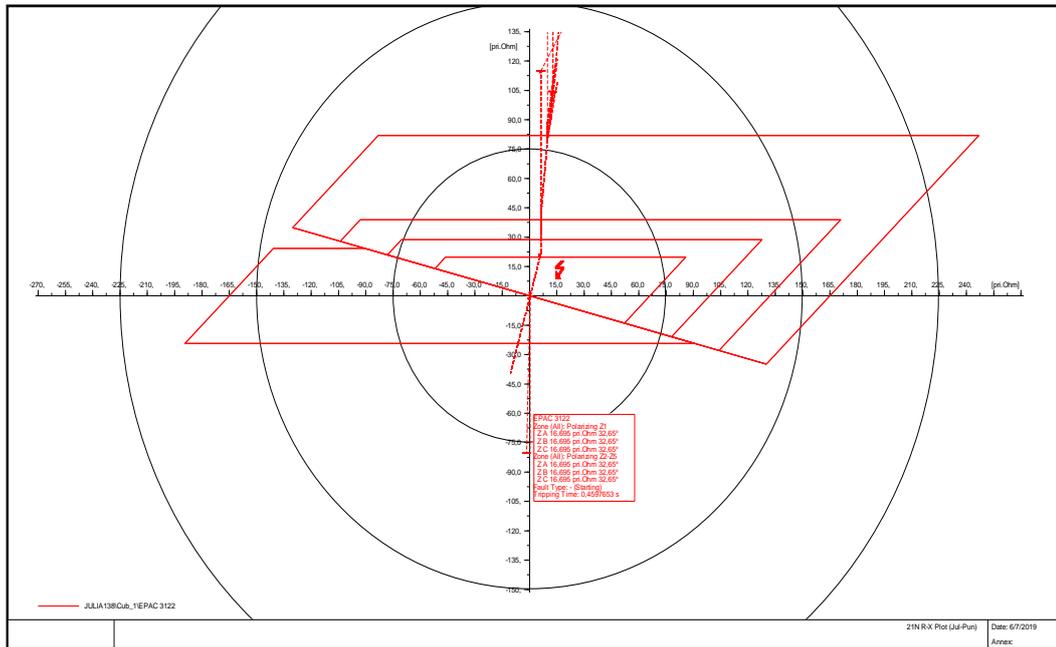
Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=0\Omega$)



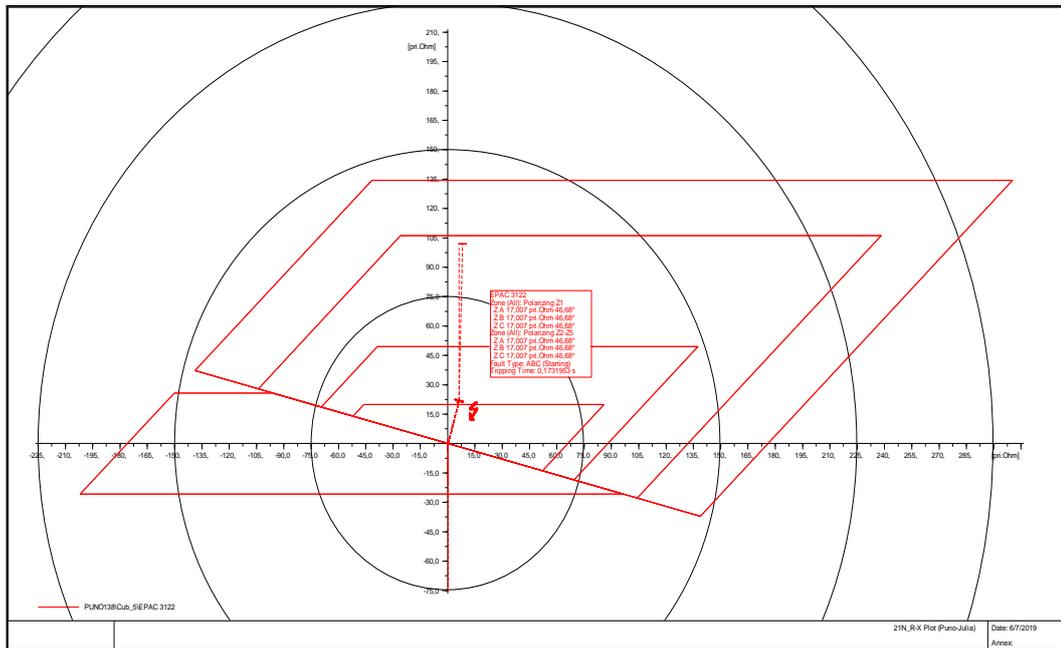
Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=0\Omega$)



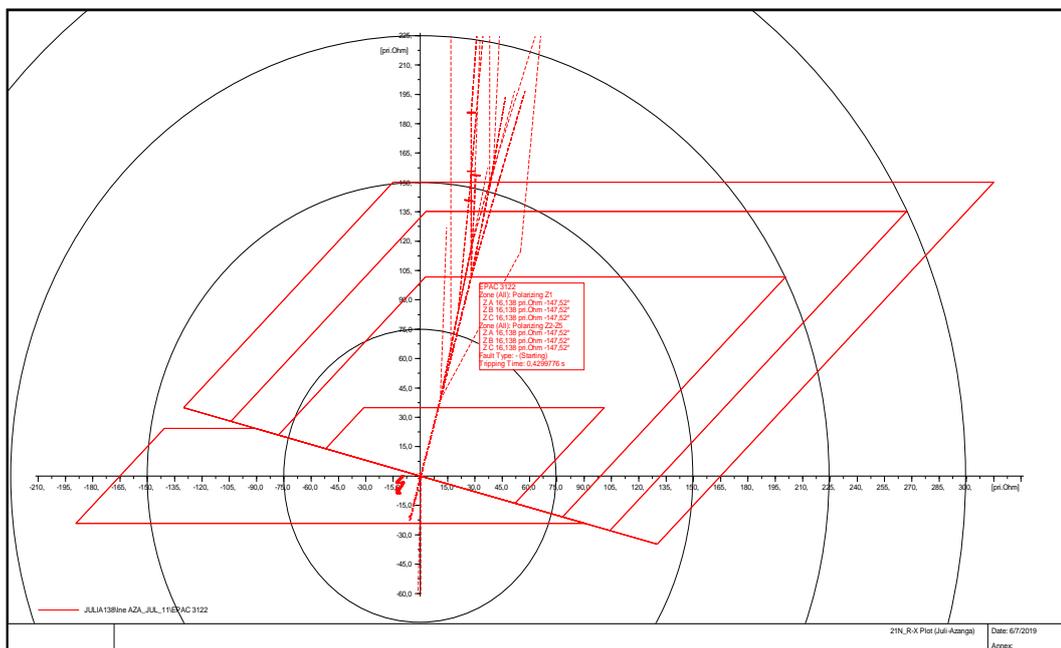
Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)



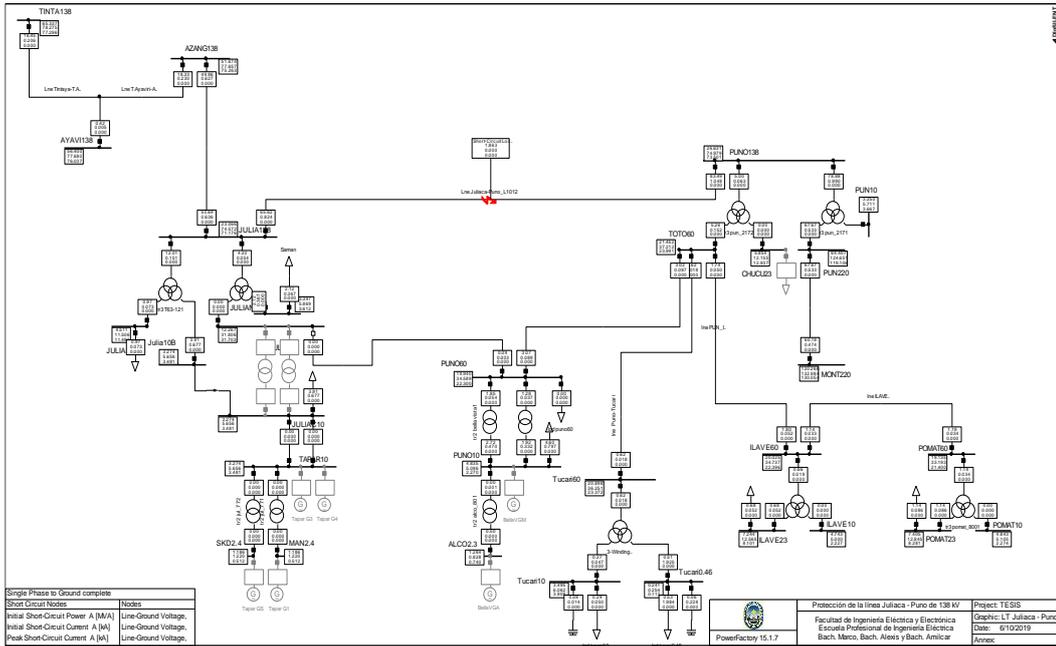
Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)



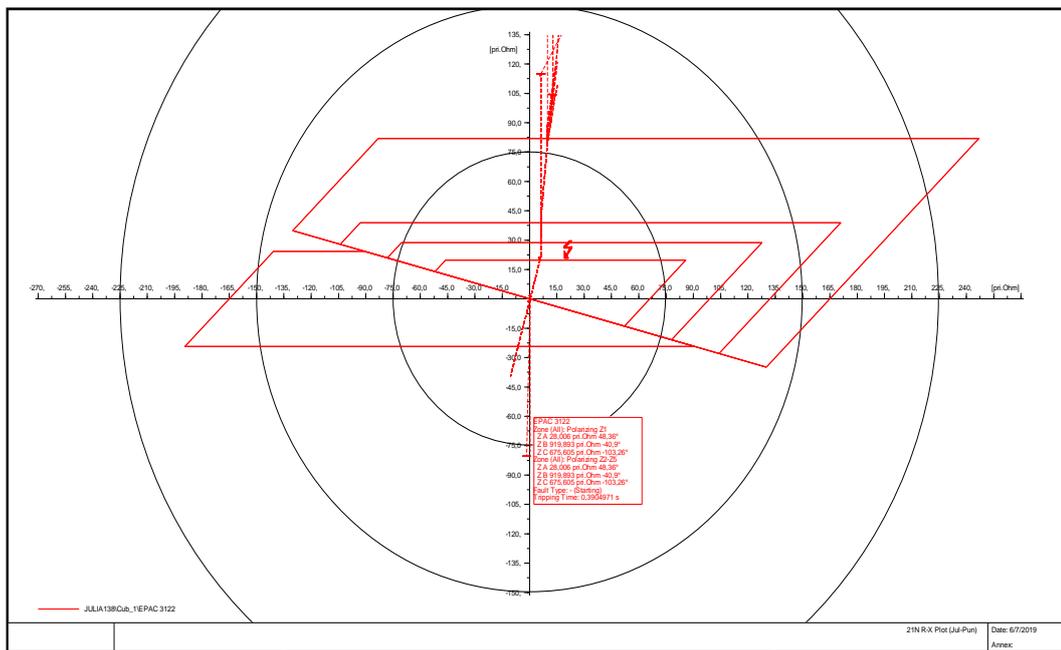
Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)



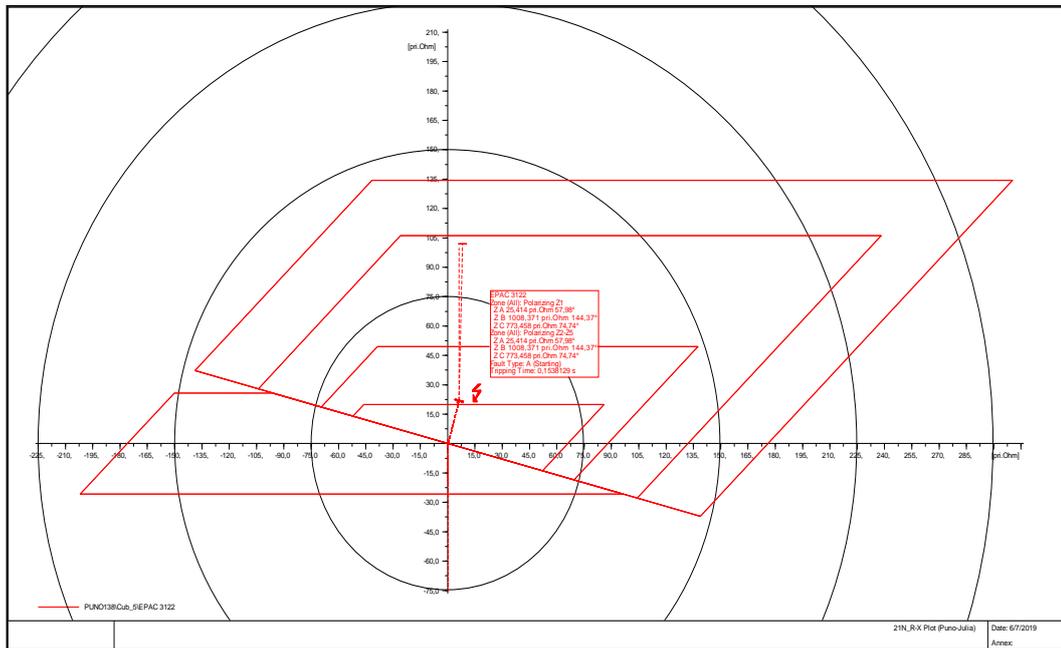
Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)



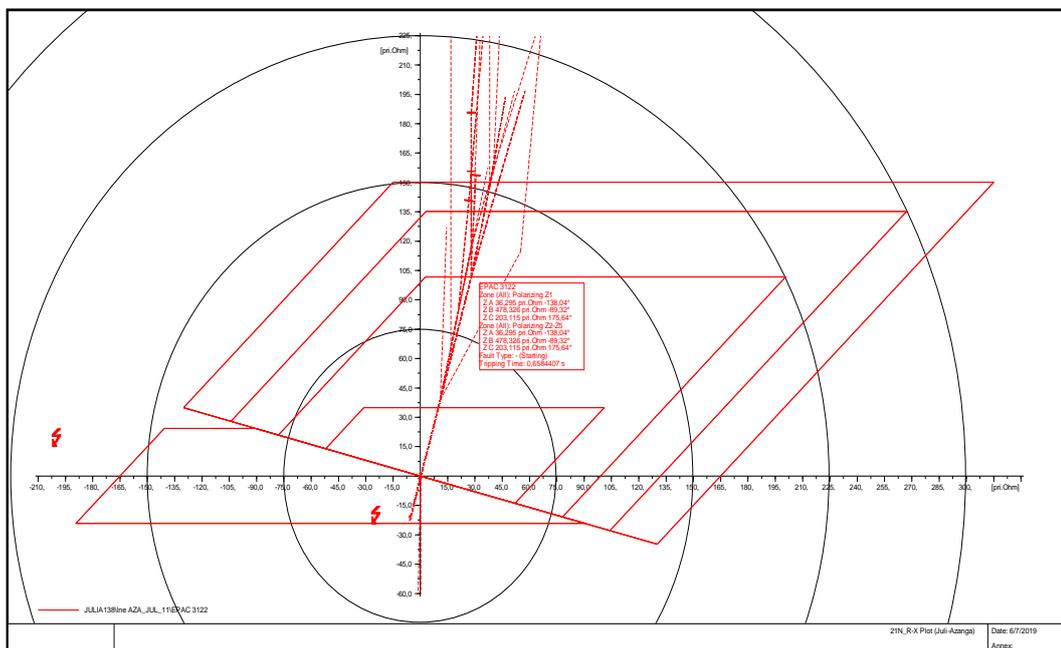
Falla monofásico a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)



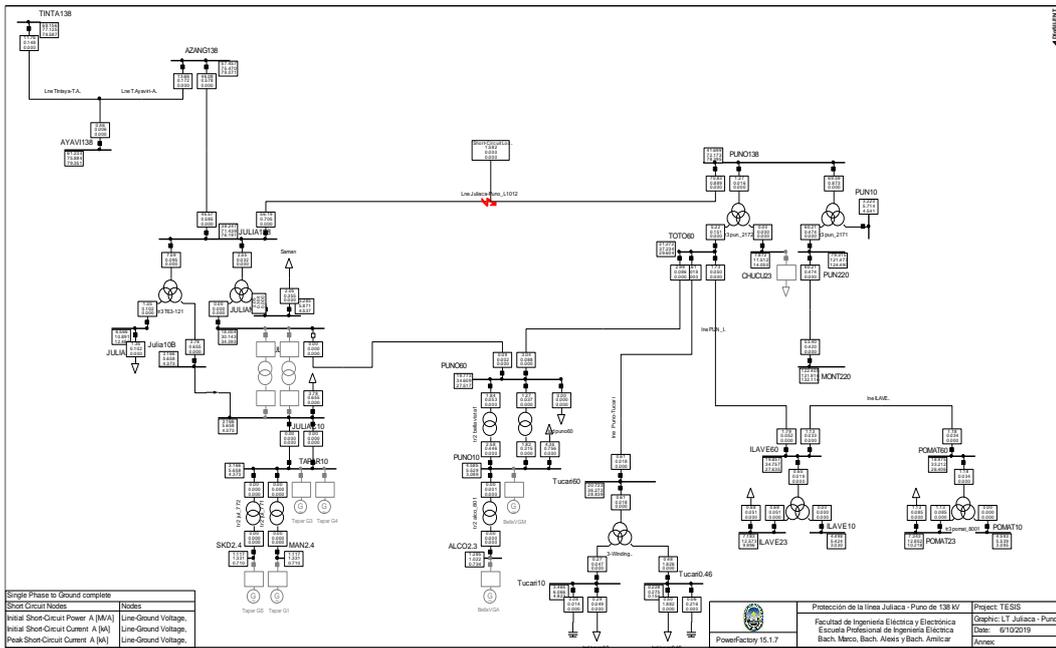
Falla monofásico a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)



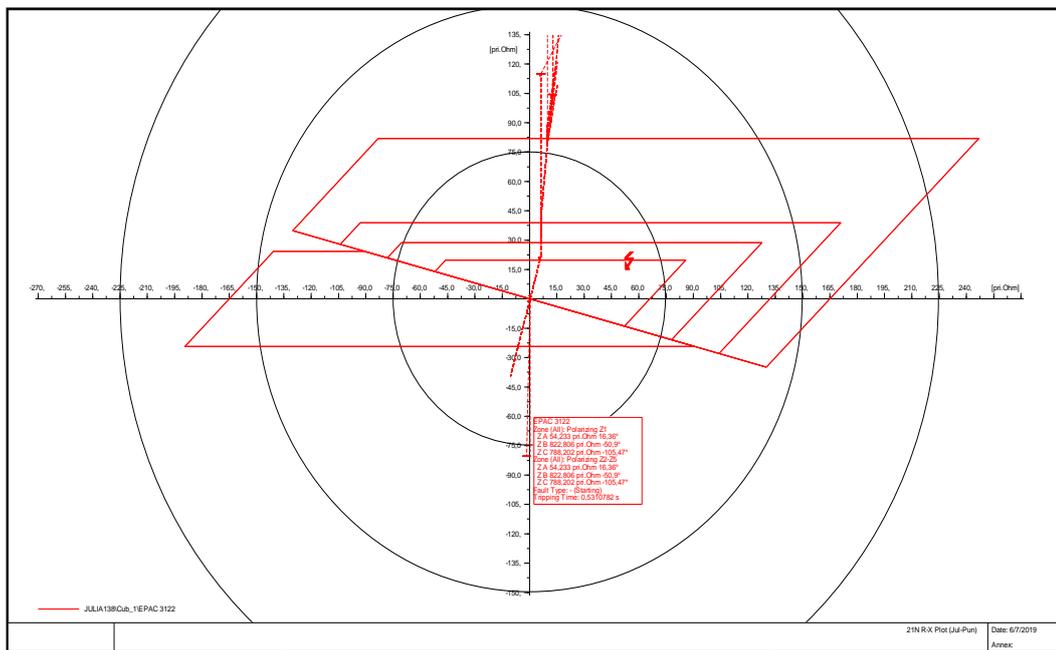
Falla monofásico a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV (Rf=5Ω)



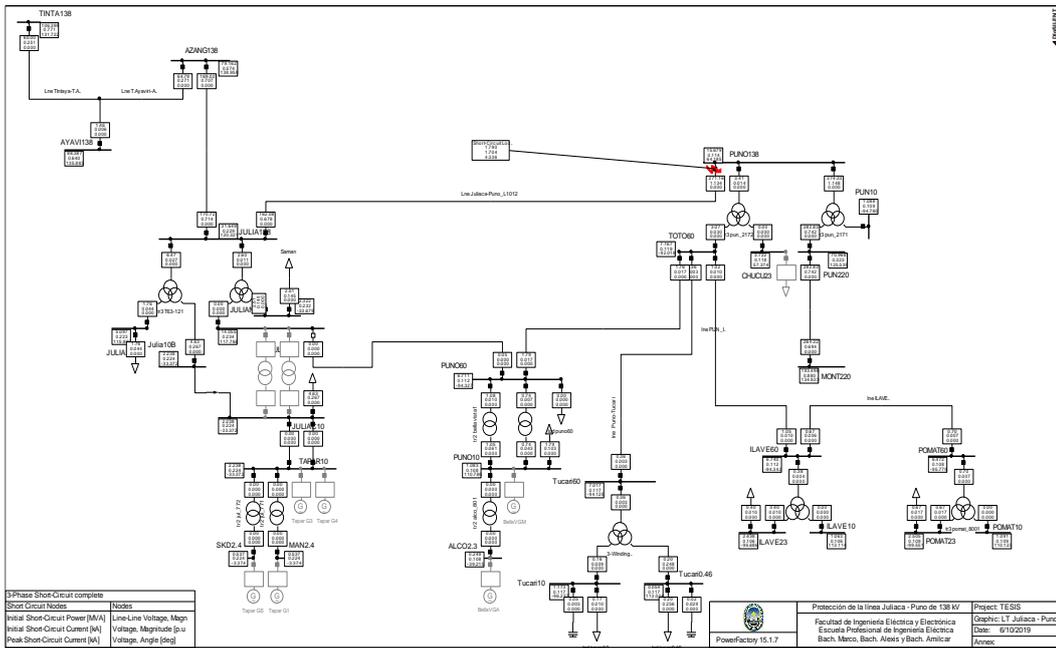
Falla monofásico a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV (Rf=5Ω)



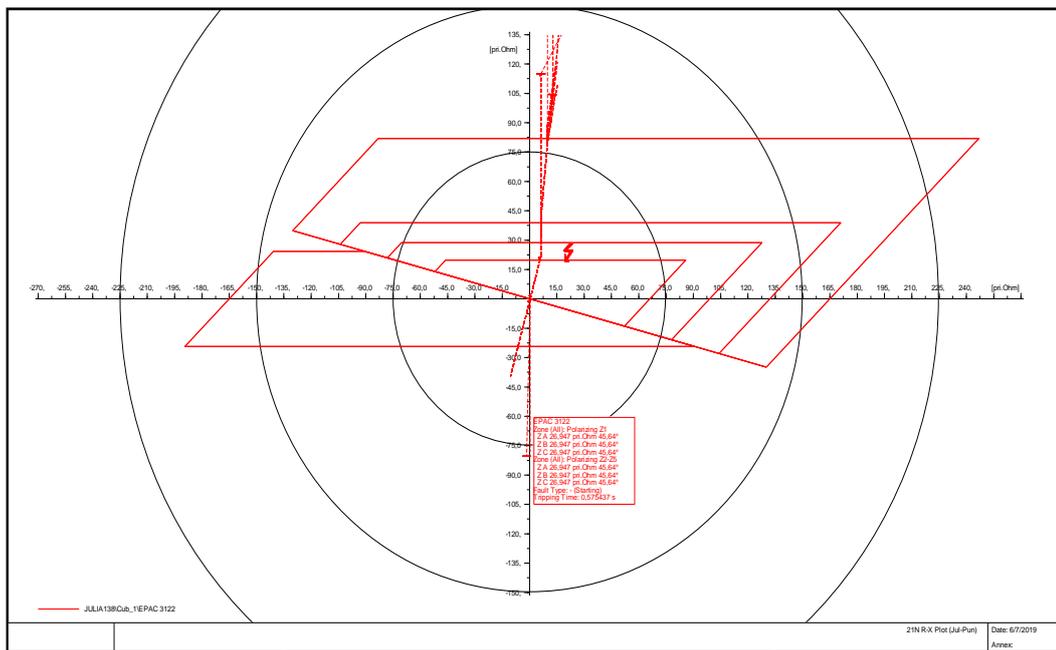
Falla monofásico a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=20\Omega$)



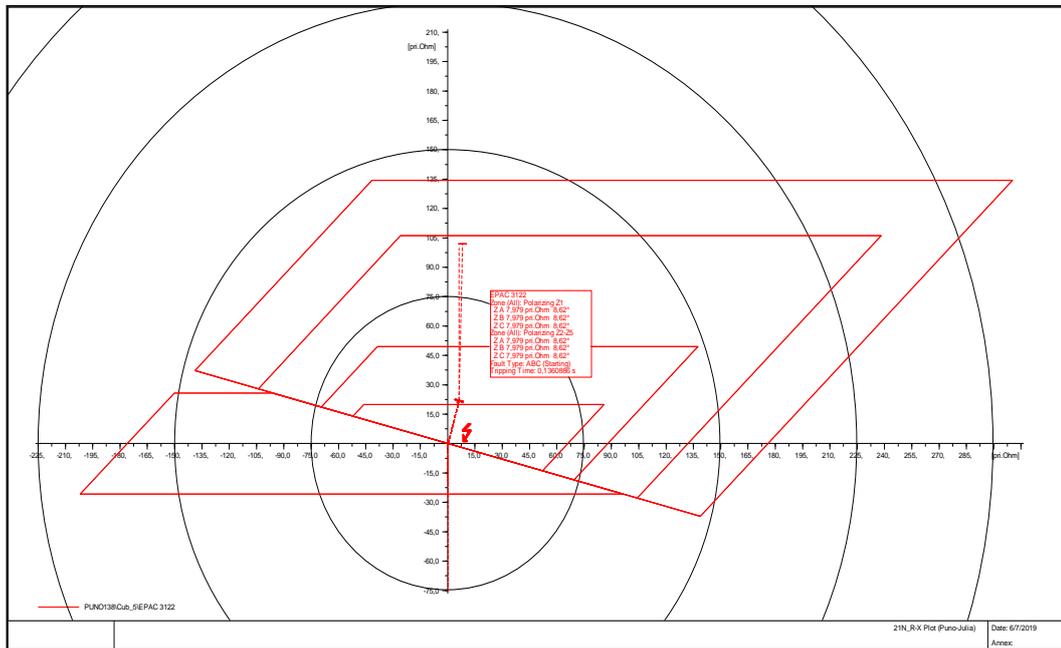
Falla monofásico a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=20\Omega$)



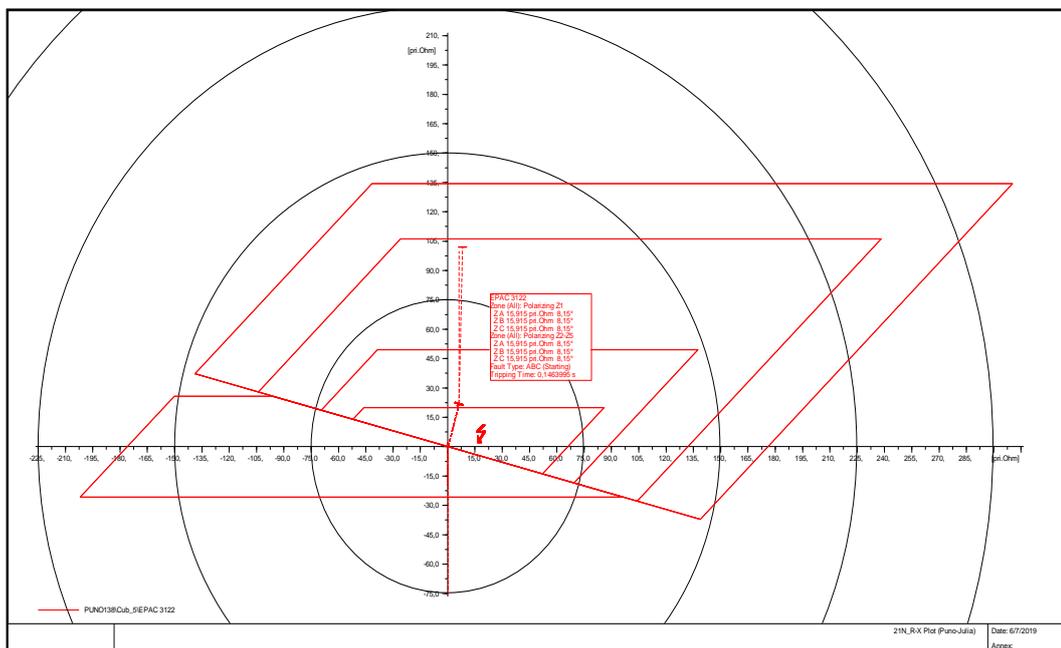
Falla trifásica a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)



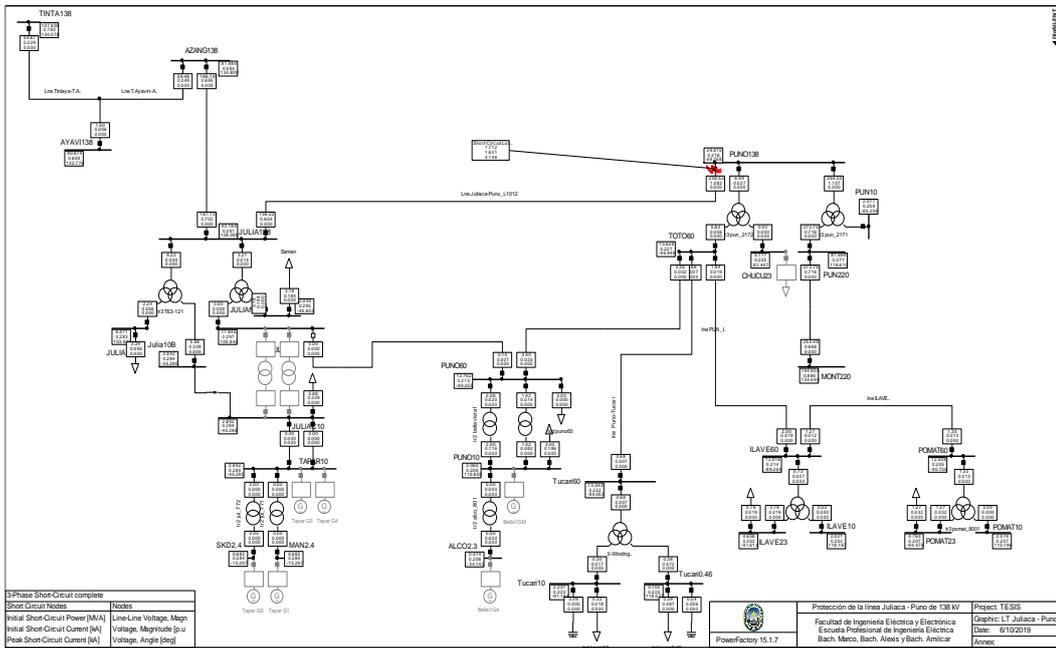
Falla trifásica a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)



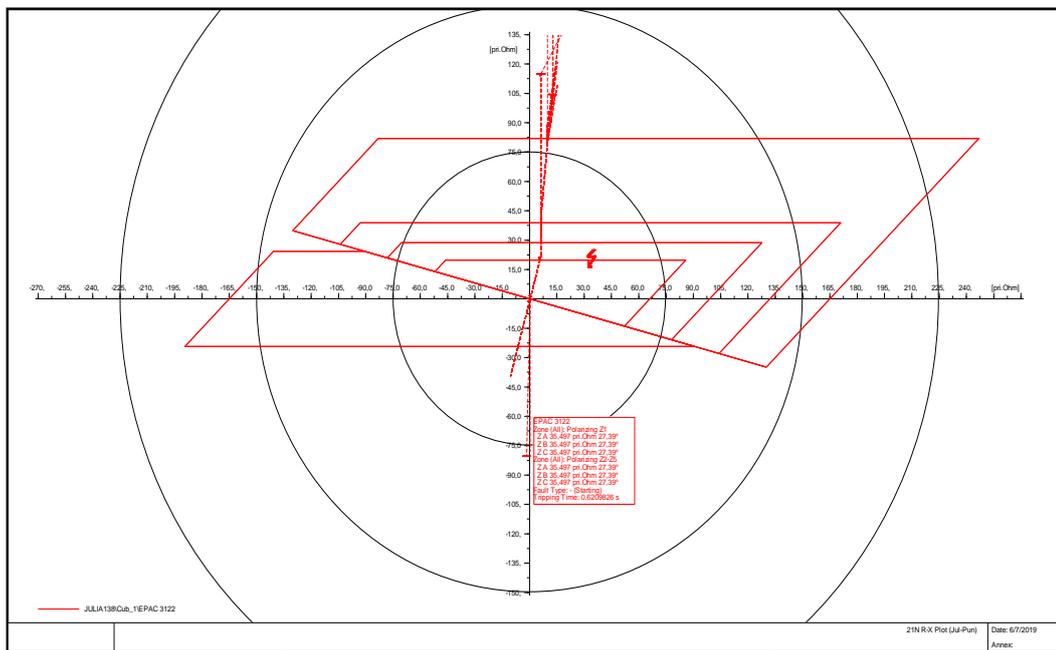
Falla trifásica a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)



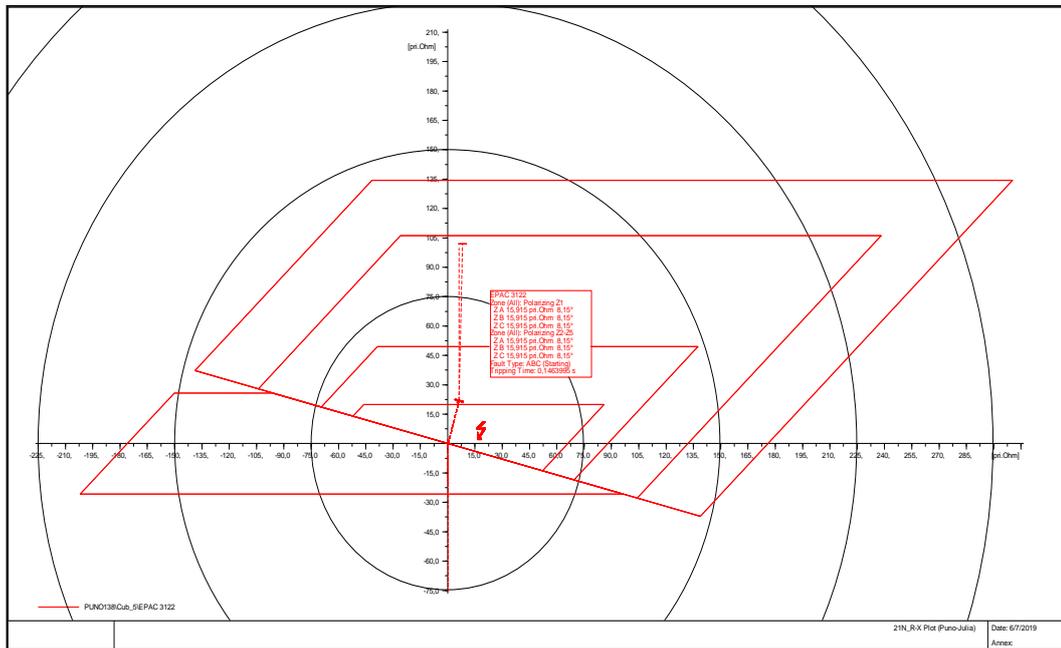
Falla trifásica a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=5\Omega$)



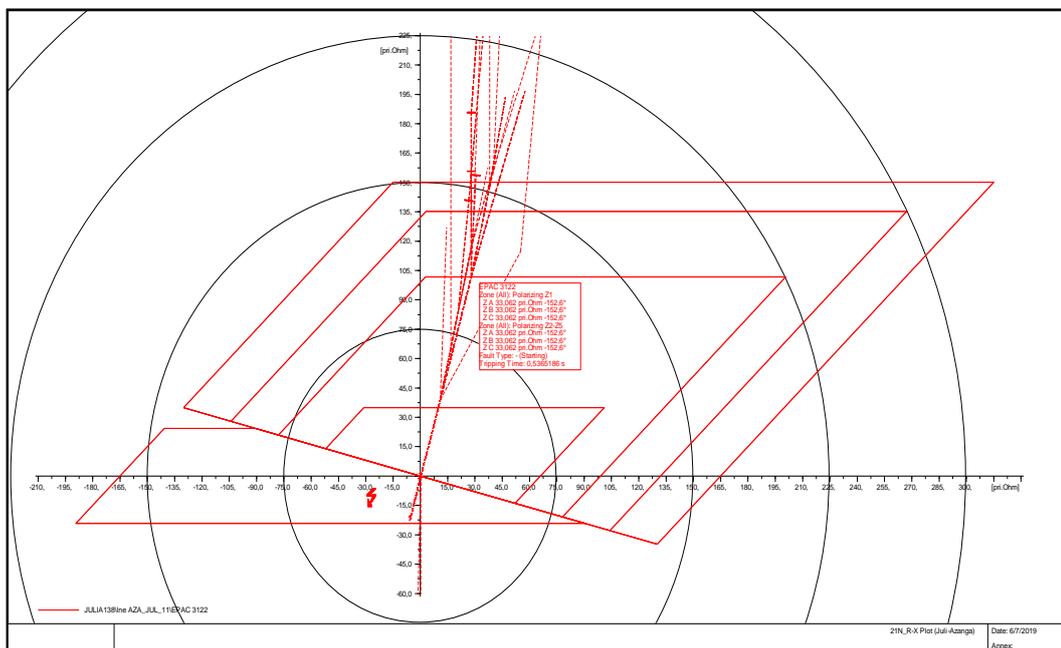
Falla trifásica a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV (Rf=10Ω)



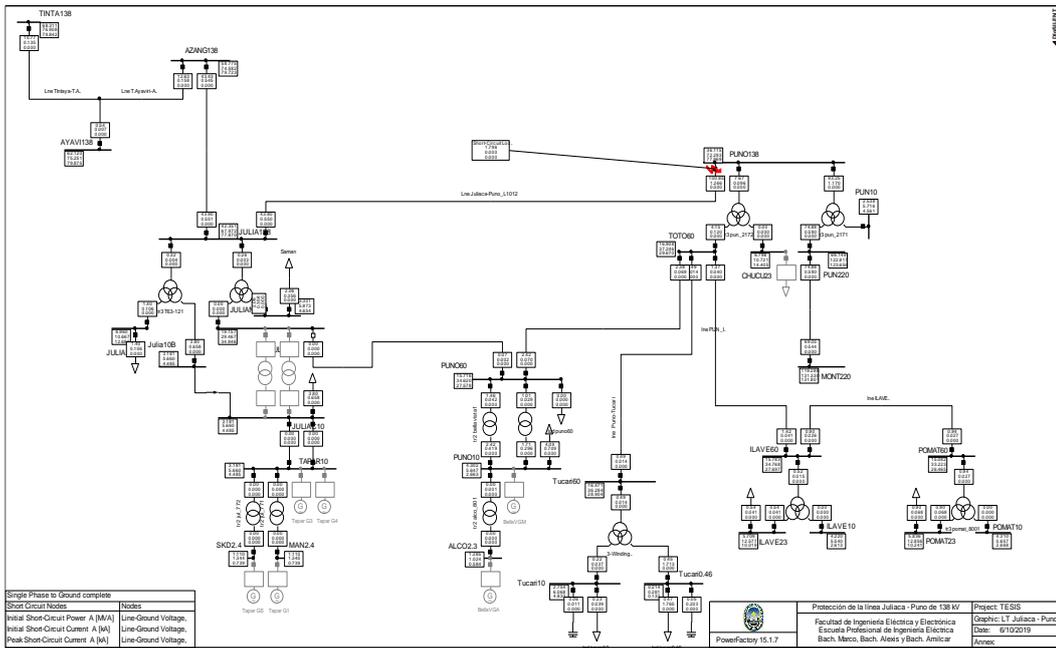
Falla trifásica a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV (Rf=10Ω)



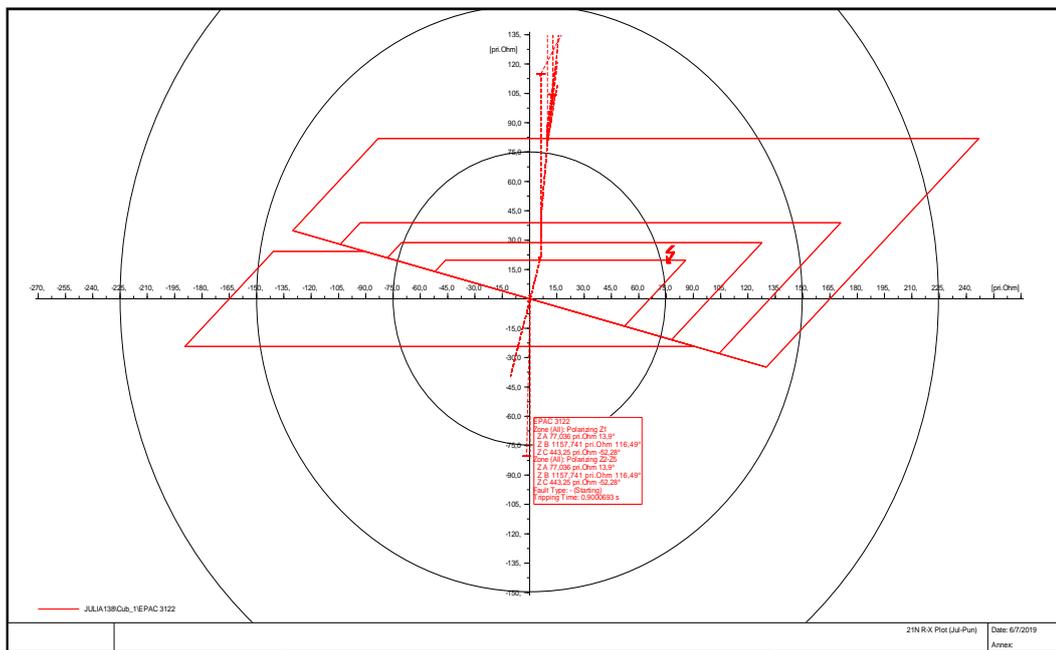
Falla trifásica a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV (Rf=10Ω)



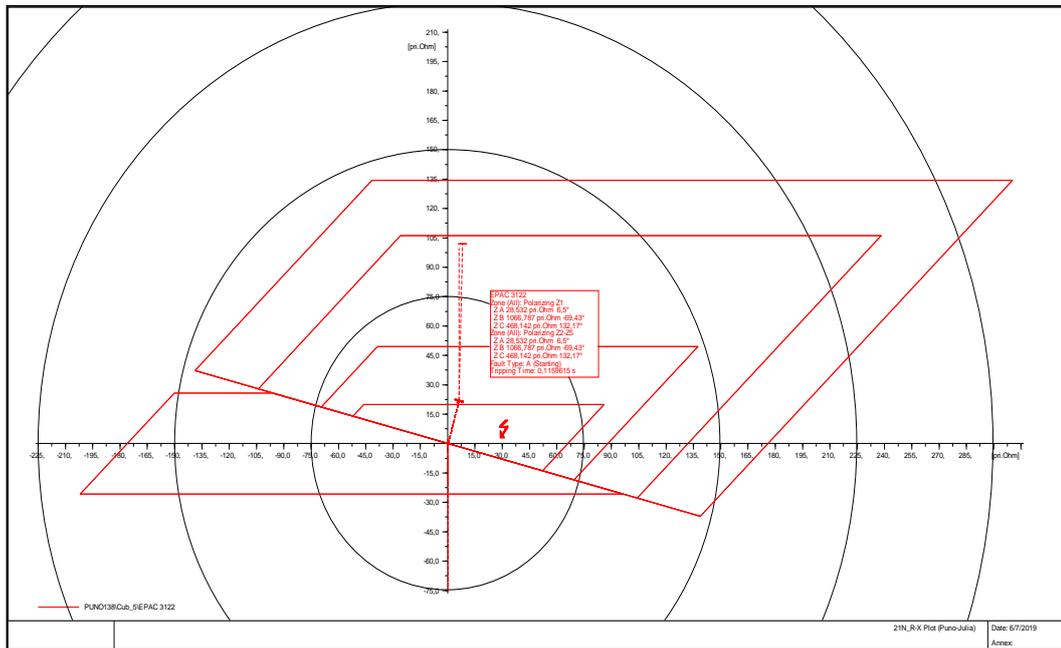
Falla trifásica a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV (Rf=10Ω)



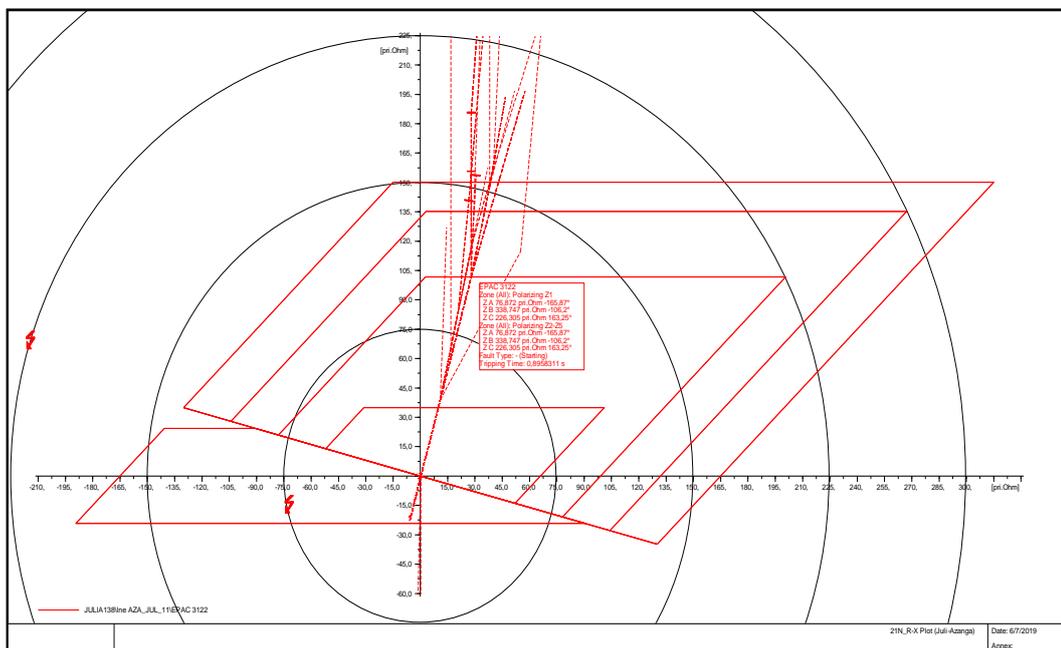
Falla monofásico a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=20\Omega$)



Falla monofásico a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV ($R_f=20\Omega$)

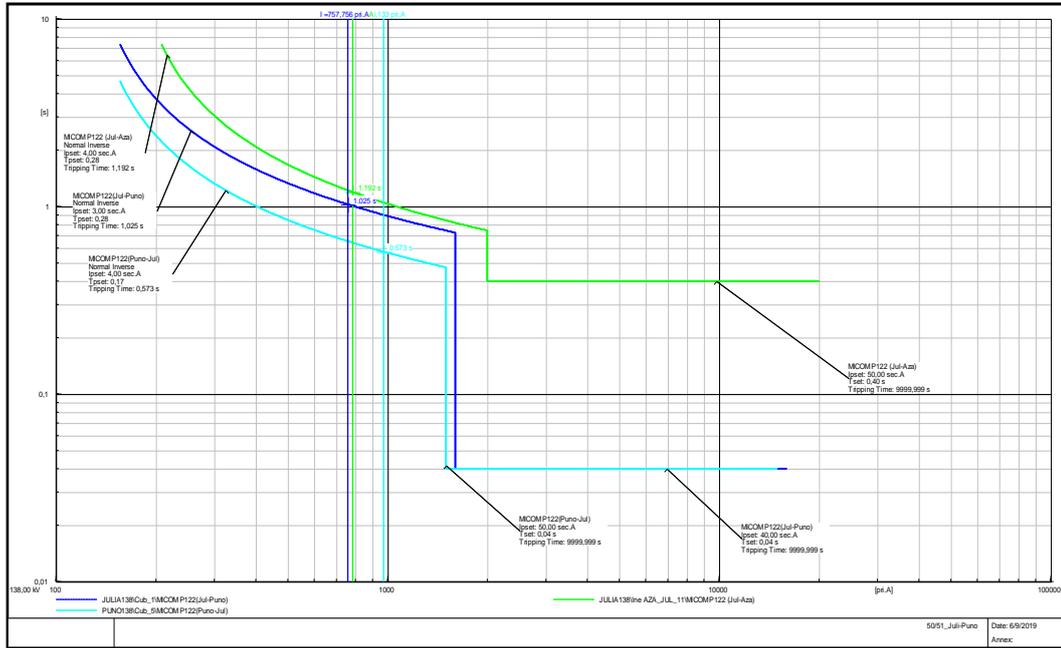


Falla monofásico a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV (Rf=20Ω)

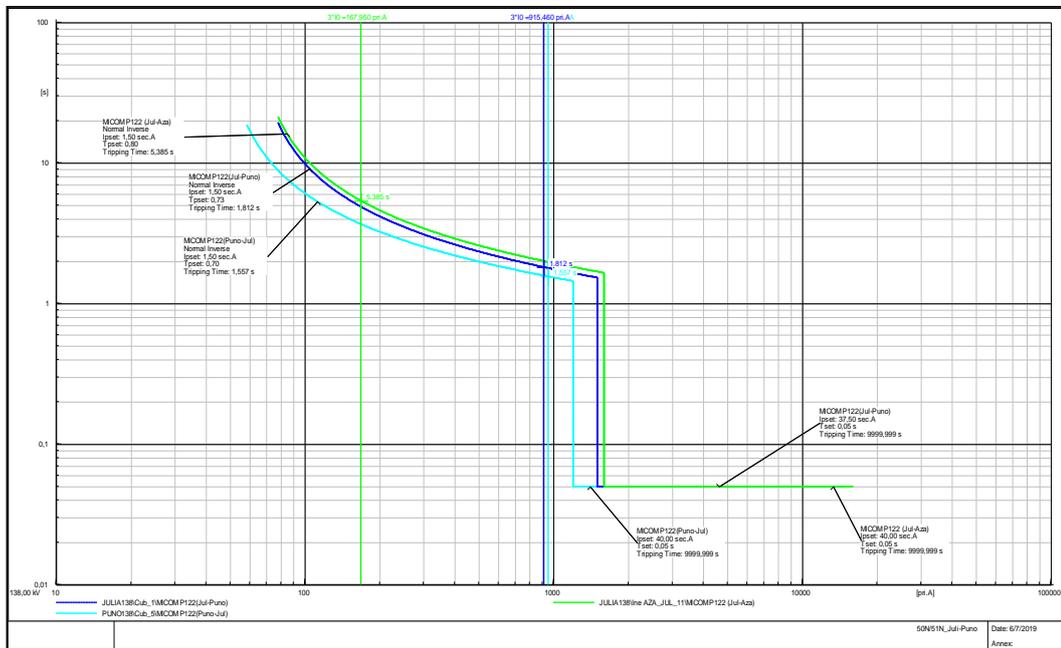


Falla monofásico a 99% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV (Rf=20Ω)

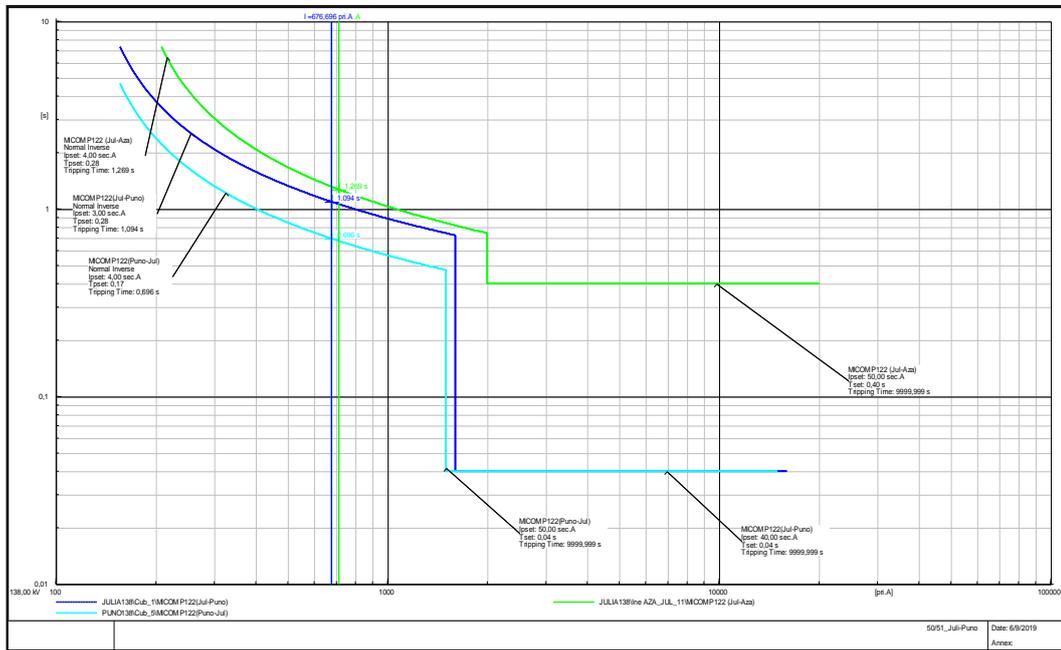
Sobrecorriente



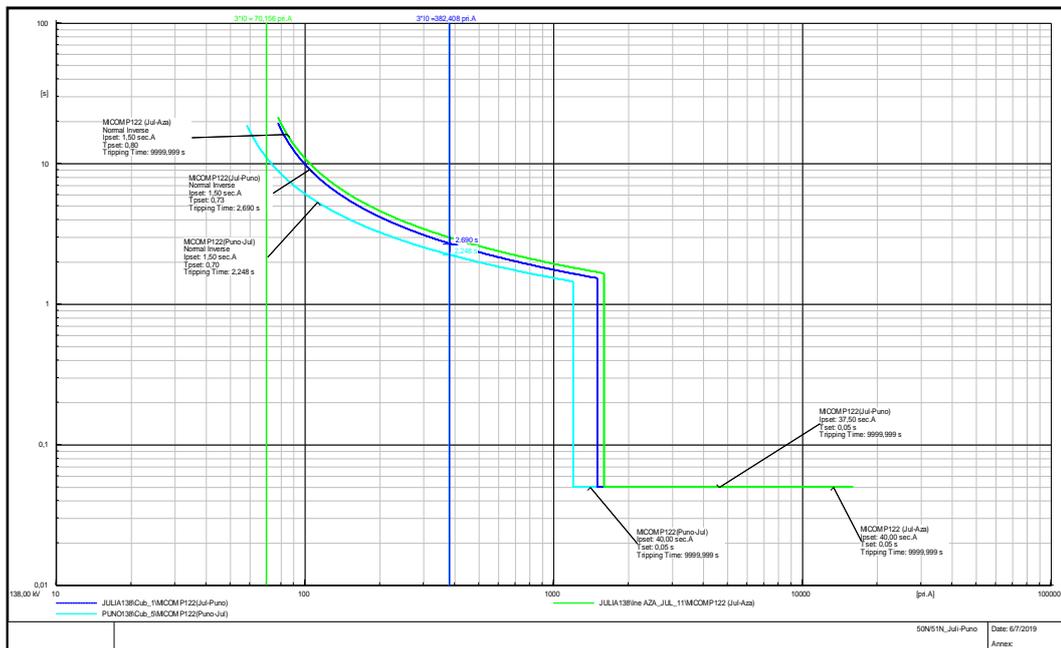
Falla trifásica a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV (Rf=5Ω)



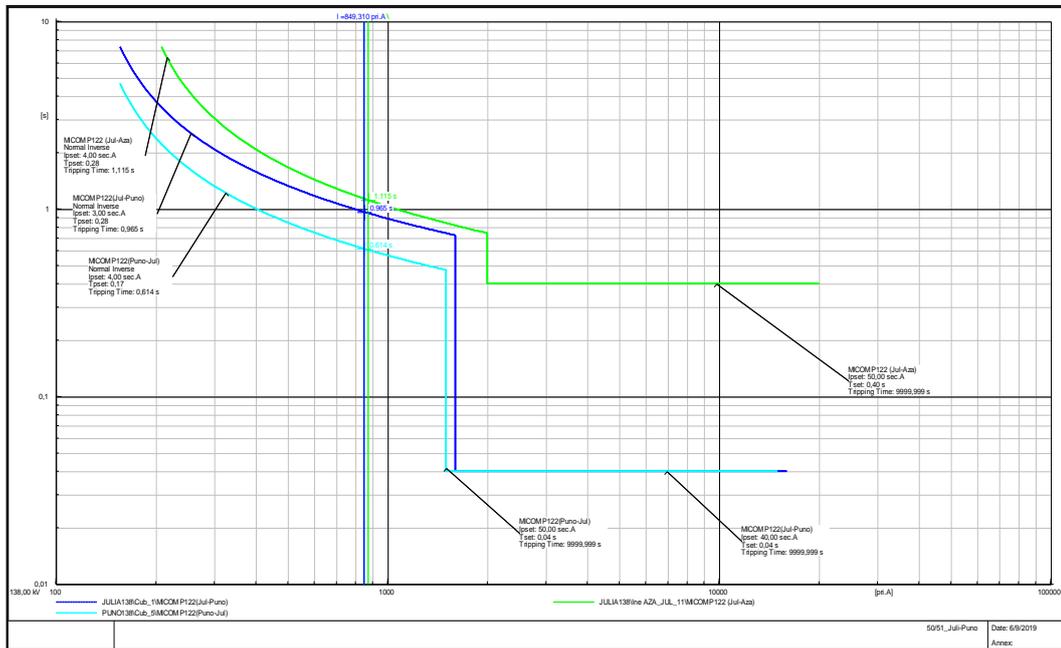
Falla monofásico a 50% de la línea Juliaca – Puno de 138 kV (Rf=5Ω)



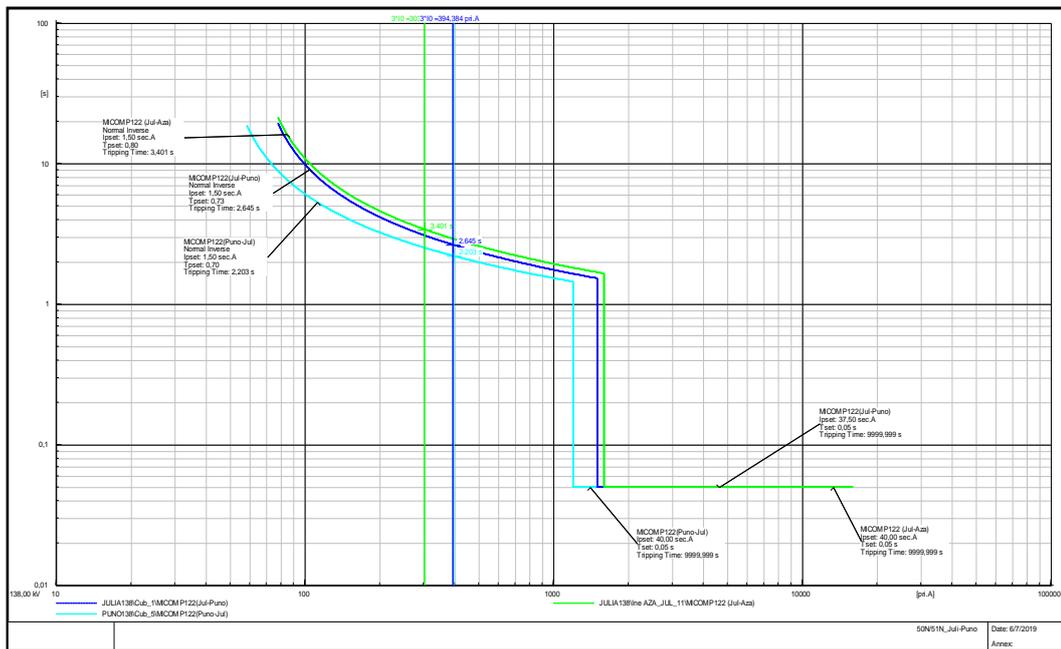
Falla trifásica en la barra de 138 kV de la S.E. Puno ($R_f=5\Omega$)



Falla monofásico en la barra de 138 kV de la S.E. Puno ($R_f=5\Omega$)



Falla trifásica en la barra de 138 kV de la S.E. Juliaca ($R_f=5\Omega$)



Falla monofásico en la barra de 138 kV de la S.E. Juliaca ($R_f=5\Omega$)