

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y

SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE MECANICA ELECTRICA



**“DETECCIÓN DE FALLAS Y SIMULACIÓN AUTOMÁTICA DE
EVENTOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN
SISTEMAS ELÉCTRICO DE POTENCIA UTILIZANDO EL
SOFTWARE DIGSILENT”**

TESIS

PRESENTADO POR:

JUAN ALBERTO VARGAS QUILLA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICO

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“DETECCIÓN DE FALLAS Y SIMULACIÓN AUTOMÁTICA DE
EVENTOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN
SISTEMAS ELÉCTRICO DE POTENCIA UTILIZANDO EL
SOFTWARE DIGSILENT”**

TESIS PRESENTADO POR:

VARGAS QUILLA, JUAN ALBERTO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 18-09-2019

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADOR POR:



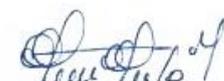
PRESIDENTE:


M.Sc. WALTER OSWALDO PAREDES PAREJA

PRIMER MIEMBRO:


M.Sc. HENRY SHUTA LLOCLLA

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. OMAR LUIS NEIRA CUTIPA

DIRECTOR / ASESOR:


M.Sc. JOSE MANUEL RAMOS CUTIPA

Área : Electricidad

Tema : Aplicaciones en Redes Eléctricas

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. JOSE MANUEL RAMOS CUTIPA mi gratitud, reconocimiento y admiración por la asesoría de este trabajo, por compartir sus conocimientos y su valiosa experiencia, por la confianza brindada durante el desarrollo y por el apoyo incondicional para la culminación del presente trabajo.

Al Ing. PERCY OCHOA QUISPE de la empresa SIPA Contratistas Generales S.R.L. por las facilidades que me brindo para poder usar los softwares con licencias aplicados a la rama de la Ingeniería Mecánica Eléctrica y que a la vez ayudo con el desarrollo de la Tesis.

A todos mis Maestros y Compañeros de clase de la Escuela Professional de Ingeniera Mecánica Eléctrica por la amistad y enseñanza que me han brindado.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO por la formación académica.

A Dios padre todo poderoso, el promotor de mis sueños y esperanzas, dueños de mis actitudes, talentos y creador del mundo para poder soñar y crecer en él.

DEDICATORIA

A FULGENCIO VARGAS CONDORI a quien le debo la oportunidad de haberme impartido todos los conocimientos básicos en esta vida, mi querido padre.

A mis hermanos JUAN PABLO Y CARLOS IVAN, con quienes tengo la dicha de compartir la hermandad, y amo sobre todas las cosas.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIA.....	4
INDICE GENERAL	5
INDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
CAPITULO I	19
1.1 Introducción.....	19
1.2 Ambito de Estudio y Aplicación	20
1.3 Planteamiento del Problema	20
1.3.1 Formulación del Problema.....	22
1.4 Objetivos	22
1.4.1 Objetivo General.....	22
1.4.2 Objetivos Específicos.....	22
1.5 Justificación e Importancia de la Investigación.....	23
1.6 Hipótesis.....	24
1.6.1 Hipótesis General	24
1.6.2 Hipótesis Específicas	24
1.7 Variables e Indicadores	25

1.8 Metodología y Técnicas de Investigación.....	26
1.8.1 Características de la Investigación	26
1.8.1.1. Tipo de Investigación	26
1.8.1.2. Técnicas de Investigación	26
1.8.1.3. Método de evaluación de la confiabilidad	27
1.8.2 Población y Muestra	27
1.8.3 Técnicas de Recolección de Datos.....	28
1.8.4 Procesamiento de Datos.....	28
CAPITULO II	30
2.1 Antecedentes De La Investigación	30
2.2 Definición Problema	35
2.3 Marco Teórico	36
2.3.1 Sistemas Eléctricos De Potencia	37
2.3.2 Caída de Tensión y Pérdidas en la Línea Primaria.....	38
2.3.3 Análisis de Flujo de Carga	41
2.3.4 Riesgos de Fallas en las Líneas de Transmisión.....	44
2.3.4.1 Cortocircuito en el Sistema Eléctrico	45
2.3.4.2 Falla Monofásica a Tierra.....	47
2.3.4.3 Cortocircuito Bifásico en la Línea “b” y “c”	47
2.3.4.4 Cortocircuito Bifasico en la Linea “b” y “c”	48

2.3.4.5 Cortocircuito Trifásico a Tierra	49
2.3.4.6 Cortocircuito Trifásico a Tierra	50
2.3.4.7 Resistencia de Arco Eléctrico.....	51
2.3.4.8 Confiabilidad de los sistemas de Distribución	53
2.3.4.9 Descripción General del Software DIGSILENT	56
CAPITULO III	57
3.1 Materiales Y Métodos	57
3.2 Metodología Y Criterio Aplicada Para La Simulación	57
3.3 Análisis De Flujo De Carga En El Sistema Eléctrico De Potencia	58
3.4 Análisis Y Simulación De Fallas	77
3.4.1 Cálculo De Cortocircuito	77
3.4.1.1 Consideraciones generales.....	77
3.4.1.2 Descripción del Escenario de Análisis (Año 20).....	77
3.4.1.3 Procedimiento para realizar la simulación de fallas.....	77
3.4.2 Condiciones e intervalos de cortocircuitos.....	79
SIMULACION DE FALLA TRIFASICA.....	86
SIMULACION DE FALLAS BIFASICAS.....	90
CAPITULO IV	124
6. Conclusiones Y Recomendaciones.....	124
6.1. Conclusiones	124



6.2 Recomendaciones	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
Bibliografía	126

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 3 1:</i> Iniciacion del Programa DIGSILENT, se carga el archivo con Extencion Pfd	59
<i>Figura 3 2:</i> Actualizacion de datos, Diagrama Unifilar del Alimentador A 400160	
<i>Figura 3 3:</i> Actualizacion de datos, Diagrama Unifilar del Alimentador 4001 ...	61
<i>Figura 3 4:</i> Con los datos actualizados en el programa DigSILENT se procedera a hacer correr el flujo de Carga (Se realizara en Sistema desbalanceado ya que la la red cuenta con Lineas Trifasicas, Bifasicas y Monofasicas)	62
<i>Figura 3 5:</i> Reporte de resultados obtenidos luego de correr Flujo de Carga ..	63
<i>Figura 3 6:</i> Reporte de resultados obtenidos luego de correr Flujo de Carga ..	64
<i>Figura 3 7:</i> Flujo de Potencia en la SE Huancané	65
<i>Figura 3 8:</i> Flujo de Potencia en la localidad de Pullocuyo	66
<i>Figura 3 9:</i> Flujo de Potencia en la Localidad de Quispelacaya	67
<i>Figura 3 10:</i> Flujo de Potencia en la Localidad de Japo	68
<i>Figura 3 11:</i> Flujo de Potencia en la Localidad de Bajo Japo	69
<i>Figura 3 12:</i> Flujo de Potencia en la Localidad de Tarucani	70
<i>Figura 3 13:</i> Flujo de Potencia en la Localidad de Cojata, SED 1C	71
<i>Figura 3 14:</i> Flujo de Potencia en la Localidad de Cojata, SED 1A	72
<i>Figura 3 15:</i> Flujo de Potencia en la Localidad de Cojata, SED 1A	73
<i>Figura 3 16:</i> Flujo de Potencia en la Localidad de Tarucani	74

Figura 3 17: Flujo de Potencia en la Localidad d Cojata, SED 1D	75
<i>Figura 3 18: Flujo de Potencia en la Localidad de Umabamba II</i>	<i>76</i>
<i>Figura 3 19: Iniciación del Programa DIGSILENT</i>	<i>80</i>
<i>Figura 3 20: Se simulará la falla trifásica en el alimentador A4001 y en las subestaciones de localidad de Cojata</i>	<i>81</i>
<i>Figura 3 21: Simulacion de la falla trifasica en el Alimentador A 4001</i>	<i>82</i>
<i>Figura 3 22: Simulacion de la Falla trifasica en la Localidad de Cojata.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 3 23: Máxima corriente de cortocircuito en el Alimentador A4001</i>	<i>84</i>
<i>Figura 3 24: Mínima corriente de cortocircuito en el Alimentador A4001</i>	<i>84</i>
<i>Figura 3 25: Reporte de calculos del programa DigSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito</i>	<i>85</i>
<i>Figura 3 26: Reporte de calculos del programa DigSILENT con Minima corriente de Cortocrcuito</i>	<i>85</i>
<i>Figura 3 27: Simulacion de la falla trifasica en la localidad de Cojata en las SED 1A y 1B, con maxima corriente de cortocircuito</i>	<i>86</i>
<i>Figura 3 28: Simulacion de la falla trifasica en la localidad de Cojata en las SED 1A y 1B, con minima corriente de cortocircuito</i>	<i>86</i>
<i>Figura 3 29: Simulacion de la falla trifasica en la localidad de Cojata en las SED 1C y 1D, con maxima corriente de cortocircuito</i>	<i>87</i>
<i>Figura 3 30: Simulacion de la falla trifasica en la ocalidad de Cojata en las SED 1C y 1D, con minima corriente de cortocircuito</i>	<i>87</i>

<i>Figura 3 31:</i> Reporte de calculos del programa DIgSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito	88
<i>Figura 3 32:</i> Reporte de calculos del programa DIgSILENT con Minima corriente de Cortocircuito	88
<i>Figura 3 33:</i> Simulación de la falla Bifásica en el Alimentador A4001	90
<i>Figura 3 34:</i> Simulación de falla Bifásica en la Localidad de Cojata.	91
<i>Figura 3 35:</i> Análisis de falla Bifásica en el Alimentador A4001 con máxima corriente de cortocircuito	92
<i>Figura 3 36:</i> Análisis de falla Bifásica en el Alimentador A4001 con mínima corriente de cortocircuito	92
<i>Figura 3 37:</i> Reporte de calculos del programa DIgSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito	93
<i>Figura 3 38:</i> Reporte de calculos del programa DIgSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito	93
<i>Figura 3 39:</i> Simulación de la falla Bifásica en la localidad de Cojata en las SED 1A y 1B, con Máxima Corriente de Cortocircuito.....	94
<i>Figura 3 40:</i> Simulación de la falla Bifásica en la localidad de Cojata en las SED 1A y 1B, con mínima Corriente de Cortocircuito.....	95
<i>Figura 3 41:</i> Simulacion de la falla Bifasica en la localidad de Cojata en las SED 1C y 1D, con Maxima Corriente de Cortocircuito	95
<i>Figura 3 42:</i> Simulacion de la falla Bifasica en la localidad de Cojata en las SED 1C y 1D, con minima corriente de Cortocircuito	96

<i>Figura 3 43:</i> Reporte de calculos del programa DIgSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito	96
<i>Figura 3 44:</i> Reporte de calculos del programa DIGSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito	97
<i>Figura 3 45:</i> Reporte de calculos del programa DIgSILENT con Mimima corriente de Cortocircuito	97
<i>Figura 3 46:</i> Reporte de calculos del programa DIGSILENT con Mimima corriente de Cortocircuito	98
<i>Figura 3 47:</i> Simulación de falla monofásica en el Alimentador A4001.....	100
<i>Figura 3 48:</i> Simulación de falla monofásica en las redes existentes de Cojata	101
<i>Figura 3 49:</i> Análisis de simulación de falla monofásica en el alimentador A4001, en máxima corriente de Cortocircuito.....	102
<i>Figura 3 50:</i> Análisis de simulación de falla monofásica en el alimentador A4001, en mínima corriente de Cortocircuito	102
<i>Figura 3 51:</i> Reporte de calculos del programa DIGSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito	103
<i>Figura 3 52:</i> Reporte de cálculos de programa DIGSILENT con mínima corriente de cortocircuito.	103
<i>Figura 3 53:</i> Analisis de simulacion de Falla monofasica en la Localidad de Cojata en la SED 1A y 1B, en maxima corriente de Cortocircuito.....	104

Figura 3 54: Analisis de simulacion de Falla monofasica en la Localidad de Cojata en la SED 1A y 1B, en minima corriente de Cortocircuito 105

Figura 3 55: Analisis de simulacion de Falla monofasica en la Localidad de Cojata en la SED 1C y 1D, en maxima corriente de cortocircuito. 105

Figura 3 56: Analisis de simulacion de Falla monofasica en la Localidad de Cojata en la SED 1C y 1D, en minima corriente de cortocircuito. 106

Figura 3 57: Reporte de calculos del programa DIGSILENT con maxima corriente de Cortocircuito 106

Figura 3 58: Reporte de calculos del programa DIGSILENT con maxima corriente de Cortocircuito 107

Figura 3 59: Reporte de calculos del programa DIGSILENT con mimima corriente de Cortocircuito 107

Figura 3 60: Reporte de calculos del programa DIGSILENT con mimima corriente de Cortocircuito 108

Figura 3 61: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Tomapirhuani, Umabamba I y Umabamba II, en maxima corriente de corto. 109

Figura 3 62: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Tomapirhuani, Umabamba I y Umabamba II, en minima corriente de corto. . 109

Figura 3 63: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Patillpata y Occopampa, en maxima corriente de cortocircuito 110

Figura 3 64: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Patillpata y Occopampa, en minima corriente de cortocircuito 110

<i>Figura 3 65: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en la localidad de Quetamani I, en maxima corriente de cortocircuito</i>	111
<i>Figura 3 66: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en la localidad de Quetamani I, en minima corriente de cortocircuito</i>	111
<i>Figura 3 67: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Laccacollo, en maxima corriente de cortocircuito</i>	112
<i>Figura 3 68: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Laccacollo, en minima corriente de cortocircuito.....</i>	112
<i>Figura 3 69: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en localidad de Chuaña, en maxima corriente de cortocircuito</i>	113
<i>Figura 3 70: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en localidad de Chuaña, en minima corriente de cortocircuito</i>	113
<i>Figura 3 71: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Lakaycunca, en maxima corriente de Cortocircuito</i>	114
<i>Figura 3 72: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Lakaycunca, en minima corriente de Cortocircuito.....</i>	114
<i>Figura 3 73: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Patira y Churapata, en maxima corriente de cortocircuito</i>	115
<i>Figura 3 74: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Patira y Churapata, en minima corriente de cortocircuito</i>	115
<i>Figura 3 75: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Quetamani 2, en maxima corriente de cortocircuito</i>	116

<i>Figura 3 76:</i> Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Quetamani 2, en minima corriente de cortocircuito	116
<i>Figura 3 77:</i> Reporte de calculos del programa DIGSILENT de la localidad de Cojata, en maxima corriente de cortocircuito	117
<i>Figura 3 78:</i> Reporte de calculos del programa DIGSILENT de la localidad de Umabamba I, Umabamba II y Quetamani I, en maxima corriente de cortocircuito	117
<i>Figura 3 79:</i> Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Patira y Pacahuacha, en maxima corriente de cortocircuito.....	118
<i>Figura 3 80:</i> Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Lakaycunca y Churapata, en maxima corriente de cortocircuito.	118
<i>figura 3 81:</i> Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localiad de Patillpata, en maxima corriente de cortocircuito	119
<i>Figura 3 82:</i> Reporte de calculos del programa DigSILENT de las localidades de Chuaña, Occopampa y Patira, en maxima corriente de cortocircuito.	119
<i>Figura 3 83:</i> Reporte de calculos del programa DIGSILENT de la localidad de Cojata, en corriente minima de cortocircuito	120
<i>Figura 3 84:</i> Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Umabamba y Quetamani, en corriente minima de cortocircuito.	120
<i>Figura 3 85:</i> Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Umabamba, Quetamani y Churapata, el corriente minima de cortocircuito.	121

Figura 3 86: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Quetamani, Laccacollo y Pacahuacha, en minima corriente de cortocircuito.
..... 121

Figura 3 87: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Patira Lacaycunca y Churapata, en minima corriente de cortocircuito..... 122

Figura 3 88: Reporte de calculos del programa DIgSILENT de las localidades de Churapata, Occopampa y Chuaña, en minima corriente de cortocircuito. 122

Figura 3 89: Reporte de calculos del programa DIgSILENT de las localidades de Occopampa y Patillpata, en minima corriente de cortocircuito 123

RESUMEN

El presente trabajo de investigación comprende desarrollar y simular las fallas en sistemas eléctrico de potencia, que es de gran importancia para mejorar la calidad de servicio en temas de distribución de energía, este servicio es un bien necesario en la población, la mayoría de estos tiene fallas en la continuidad de energía, llamados fallas o cortes de energía inesperados, que son altamente perjudiciales para los consumidores produciendo desperfectos de los aparatos que funcionan con energía eléctrica. Existen métodos basados en el conocimiento usan información de señales de tensión y corriente registran durante la falla, normalmente es necesario tener una gran cantidad de datos de falla para desarrollar adecuadamente su función, el presente trabajo de investigación propone utilizar el software DIGSILENT, que analizara los resultados y se determina proponer alternativas topológicas con las cuales se incrementara el nivel de confiabilidad y la mejora en el servicio de los consumidores en el tema de energía eléctrica, el software DIGSILENT basa sus cálculos con índices de que generan confianza de cada uno de sus elementos.

PALABRAS CLAVE

Flujo de carga, Fallas eléctricas, software DIGSILENT.

ABSTRACT

The present research work includes developing and simulating failures in electrical power systems, which is of great importance to improve the quality of service in matters of energy distribution, this service is a necessary asset in the population, most of these have failures in the continuity of energy, called failures or unexpected power outages, which are highly harmful to consumers causing damage to devices that run on electricity. There are specific methods in the knowledge that use the information of voltage and current signals recorded during the fault, normally it is necessary to have a large amount of fault data to develop its function, this research paper proposes to use the DIGSILENT software, which analyzes the results and are determined to propose topological alternatives with which the level of reliability is increased and the improvement in the service of consumers in the area of electric power, the DIGSILENT software bases its calculations with indexes that can rely on each of its elements.

KEYWORDS

Load flow, Electrical failures, DIGSILENT software.

CAPITULO I

1.1 Introducción

Actualmente las medidas que adoptan los diferentes entes encargados de regular el servicio eléctrico, las empresas encargadas de prestar este servicio han estado trabajando en reducir este tipo de problemas por lo que las fallas eléctricas en líneas de transmisión pueden ser potencialmente perjudiciales para los usuarios, inician impactos en cascada que merman condiciones operativas del sistema y eventualmente producen los apagones, daños a los dispositivos eléctricos o todo objeto que sea dependiente de la energía eléctrica, etc. Por otra parte, la complejidad con la intención de hacer menos costosos y cada vez más rápidos estos estudios se han desarrollado eficientes algoritmos computacionales de flujo de potencia.

En el presente capítulo, plantea la problemática del sistema de protección de la línea 22.9Kv, cuyo alimentador A4001 suministra energía a la provincia de Huancane, distrito de Cojata, que es para ámbito del estudio. En este caso, la calidad de suministro viene siendo afectada negativamente debido a la actuación inadecuada de los sistemas de protección ubicadas a lo largo de la red que alimenta a la localidad de Cojata.

Las interrupciones que se dan en la Línea Solitario – Cojata (Ámbito del Estudio), son con cortes programados y no programados; entre los no programados están las interrupciones de origen externo (aquellas que ocurren en el sistema interconectado) y de origen propia, es decir las que ocurren el mismo alimentador A4001 y a lo largo de la Línea Solitario – Cojata, están son normalmente por la actuación del sistema de protección

claro al existir una falla en el Sistema Eléctrico de Potencia (Fallas por Monofásicas, Fallas Monofásicas a Tierra, Fallas Bifásicas, Fallas Bifásicas a Tierra, Fallas Trifásicas, etc); pero la actuación del sistema de protección necesita ser revisada, por lo que este trabajo de investigación se Simulara Fallas de Cortocircuito y el Flujo de Potencia en el Alimentador A4001 con el software DIGSILENT.

Bajo estos términos, se determinan las causas, el problema y los efectos que actualmente se tienen, también se definen los objetivos, las variables, las hipótesis y la metodología de investigación.

1.2 Ambito de Estudio y Aplicación

Corresponde al Alimentador A4001, línea 22.9 kV que es la Red de Distribución suministra energía eléctrica a la Provincia de Huancané e Distrito de Cojata, del departamento de Puno, zona de concesión de la empresa distribuidora Electro Puno S.A.A.

Los distritos que suministra energía eléctrica el Alimentado A4001 son Huancane y Cojata.

El Alimentador A4001, está considerado al Sistema Electrico Interconectado Nacional (SEIN), es una línea que suministra energía a zonas rurales.

1.3 Planteamiento del Problema

El Alimentador A4001, considero un estudio de coordinación de protección, con la que se ajustaron los equipos de protección para la configuración original del sistema.

Posteriormente se fue modificando la Línea de Media Tensión y Redes Secundarias, debido a las diferentes ampliaciones y ejecuciones de obra (Obras Eléctricas Ejecutadas y financiadas por la Concesionaria Electro Puno S.A.A., Ministerio de Energía y Minas / Dirección General de Electrificación Rural, Municipios, Terceros, etc) a lo largo del plazo, así mismo el alimentador A4001 se encuentra en zonas con diferentes climas y geográficas con un desnivel.

La variación en la configuración del sistema, a lo largo del tiempo de su operación viene ocasionando situaciones de inadecuadas operación del sistema de protección debido a que las Líneas Existentes en la Alimentador A4001 se extiende hasta zonas donde no se cuenta con señal telefónica, ante fallas que son generalmente confundidas por condiciones normales de operación del sistema y, no son detectados por las protecciones implementadas en la zona de la falla, pueden ser debido a un mal ajuste de los equipos de protección, deficiencia en la coordinación de protección, también a la inadecuada selección de los equipos de protección.

Por tanto, surge la necesidad de mejorar, plantear y/o implementar un nuevo Análisis de Flujo de Potencia, Simulación de Fallas de cortocircuitos en el Alimentador A4001.

Ante la ocurrencia de estos eventos, se presentar problemas de calidad de suministro, es decir interrupciones del servicio eléctrico, del mismo modo, se presentan riesgos para la vida humana y para los equipos, lo cual es perjudicial para los usuarios del distrito de Cojata que en los últimos años viene experimentado un crecimiento en su demanda energética.

Finalmente, las implicadas se representan en pérdidas económicas para la empresa concesionaria en este caso Electro Puno S.A.A. y los usuarios que son directamente afectados por la ausencia de servicio, debido a los cortes de suministro de energía eléctrica.

1.3.1 Formulación del Problema

¿Es posible mejorar la coordinación de protección realizado la simulación de Fallas de Cortocircuito y realizado el Análisis de Flujo de Potencia en el Sistema Eléctrico de Potencia en el Alimentador A4001?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar y simular en el programa DIGSILENT un software que permita realizar el estudio de Flujo de Potencia y simulación de fallas en un Sistema de Eléctrico de Potencia, con el propósito de lograr una representación real del Sistema Eléctrico de Potencia.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Contribuir como una herramienta el análisis de la estabilidad en un Sistema Eléctrico de Potencia con el software DIGSILENT.
- Utilizar el programa DIGSILENT para la correcta simulación de fallas y análisis de resultados.

- Análisis de datos del Programa DIGSILENT para el correcto análisis de flujo de Potencia.

1.5 Justificación e Importancia de la Investigación

La empresa de Distribución de energía eléctrica, Electro Puno S.A.A., ve su imagen disminuida frente a sus clientes, los cuales son afectados por desconexiones frecuentes en la red, además de la falta de fiabilidad del servicio energético que esta brinda, es por esta razón que la presente investigación engloba las siguientes justificaciones:

Mejorar el sistema de protección existente con un análisis de Flujo de Potencia en el Sistema Eléctrico de Potencia e Simulación de Fallas de Cortocircuito de la Red Actual.

Disminuir el número de interrupciones del servicio de suministro de energía eléctrica a los clientes en media y baja tensión.

Además de que este tipo de estudios deben ser evaluados periódicamente debido a que los Sistemas Eléctricos de Potencia están el crecimiento permanente lo que hace que las características principales como la potencia de Activa, Reactiva de los Transformadores, la Potencia de Cortocircuito, la máxima corriente de Cortocircuito, la mínima Corriente de Cortocircuito, la sobrecarga de las Líneas, la sobrecarga de las Barras, etc., se modifique permanentemente debiendo esto motivar la revisión de los ajuste de los equipos de protección.

Actualmente no existe un estudio de coordinación con el equipamiento existente y con incorporación de tramos de Líneas Nuevas.

Las continuas interrupciones y la falta de confiabilidad del Sistema de Protección, exige realizar un nuevo estudio, pues es importante garantizar al cliente la calidad de suministro, esto implica reducir el número de interrupciones y se puede lograr con una mejor operación de los equipos de protección, aislando solo tramos o secciones de línea y no toda la red.

La protección del Alimentador A4001, debe coordinarse de tal manera que permita a los dispositivos del Sistema de Protección, eliminar una falla sin que ocurran daños que se extiendan a los componentes o a toda la red del Alimentador A4001.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

Se puede desarrollar y simular en el programa DIGSILENT un software que permita realizar el estudio de Flujo de Potencia y simulación de fallas en un Sistema de Eléctricos de Potencia, con el propósito de lograr una representación real del sistema eléctrico de potencia.

1.6.2 Hipótesis Específicas

- Se puede contribuir como una herramienta el análisis de la estabilidad en un Sistema Eléctrico de Potencia con el software DIGSILENT.
- Se puede usar el programa DIGSILENT para la correcta simulación de fallas y análisis de resultados.
- Se puede analizar con los datos del Programa DIGSILENT para el correcto análisis de flujo de Potencia.

1.7 Variables e Indicadores

Debe entenderse que el objetivo es mejorar dos aspectos, la calidad del suministro y la coordinación de protección, a través de un buen ajuste de los equipos de protección para cualquier falla que se registre en la red del Alimentador A4001. Siendo así, se plantea tres tipos de variables: Independientes, Dependientes e Intervinientes.

Cuadro 1.1. Variables e indicadores Independientes

VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES
Fallas en el Alimentador A4001	Corriente de Falla (kA, A)
Ajustes de Equipos de Protección	Corriente de Ajuste (A)

Cuadro 1.2. Variables e indicadores Dependientes

VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADORES
Flujo de Carga	Nivel de Tensión en la Barras, Potencia Activa (W), Potencia Aparente (VA)
Fallas de Cortocircuito	Corriente de Cortocircuito (A)
Calidad de Suministro	Tiempo de duración de Interrupción (h)

Cuadro 1.3. Variables e indicadores Intervinientes

VARIABLES INTERVINIENTES	INDICADORES
Topología del Alimentador A4001	Impedancia Equivalente (Ω)
Demanda	Potencia Activa (kW)

1.8 Metodología y Técnicas de Investigación

1.8.1 Características de la Investigación

1.8.1.1. Tipo de Investigación

Por el propósito o finalidad, el presente trabajo está comprendido dentro de los denominado por su naturaleza Aplicada por cuanto busca la ampliación de los conocimientos relacionados con las teorías básicas, dando consecuencia practicas en el desarrollo y por su nivel de análisis y ejecución Descriptivo, pues está dirigido a aportar la comprensión de la problemática actual del Sistema de Protección actual de la Línea de Distribución en 22.9kV, Alimentador A4001, identificando las características de comportamiento del Sistema Eléctrico de Potencia, de esta manera busca plantear soluciones concretas, reales, factibles y necesarias al problema planteado.

1.8.1.2. Técnicas de Investigación

Se utiliza como técnicas la información de las observaciones, entrevistas e informes realizados sobre la Coordinación de Protección en Redes de Distribución de Media Tensión, pues se parte de los eventos particulares que caracterizan la realidad del Sistema Eléctrico de Potencia en estudio, los cuales permiten establecer o inducir respecto a los efectos y consecuencias, y con esta base previa y con referencia a los conocimientos teóricos, en este caso, como las fallas que ocurren en el Alimentador A4001, si no son despejadas adecuadamente pueden generar problemas en la calidad de suministro, es en este punto en que el que se deduce la correlación de causalidad.

1.8.1.3. Método de evaluación de la confiabilidad

Propiamente cuando se pondera la fiabilidad o continuidad del suministro se discute sobre la falta de suministro, puesto que su cuantificación se realiza a través de medidas relacionadas a las interrupciones.

La confiabilidad de distribución es definida por la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) como la capacidad del sistema para cumplir sin fallas su función dentro de un periodo especificado. La confiabilidad de un sistema puede ser descrita por dos atributos: adecuación y seguridad.

La seguridad se relaciona a la habilidad del sistema a responder ante disturbios repentinos, tales como corto circuito o perdidas no anticipadas de componentes del sistema. Las variables mas importantes que se producen en el corte de suministro de energía eléctrica, que se afecta a todos los usuarios, con graves alteraciones en el desarrollo habitual de cualquier actividad, son: el numero de ocurrencias de fallas y sus duraciones. Por ende, el poder estimar estos datos, se torna una misión indispensable. Esta estimación presenta cierta complejidad debido a que la ocurrencia de una falla es un hecho fortuito, difícil, e incluso imposible, de anticipar. Factores climáticos como lluvias torrenciales, son causas importantes de falla en los suministros eléctricos, que aun nos e pueden predecir con cierto grado de certeza.

1.8.2 Población y Muestra

La población está conformada por: El Alimentador A4001 de media tensión (MT) en nivel de tensión de 22.9kV, las características de la

línea, la configuración y la disposición de recorrido de la línea, el sistema de protección que involucra a los equipos de protección y sus ajustes.

Se toma como muestra, los datos requeridos para el estudio, estos ajustes actuales del Sistema de protección del Alimentador A4001, que comprende de la S.E. de Huancané, en la Red de Media Tensión y las subestaciones de distribución. También es necesario el conocimiento de los equipos de protección que lo conforman.

1.8.3 Técnicas de Recolección de Datos

Para el estudio se requieren datos de la Red Eléctrica tales como características y equipos que conforman desde: La S.E. de Huancané, el recorrido de la Línea de Media Tensión hasta la Localidad de Solitario, el recorrido de la Linera de Media Tensión hasta la localidad de Cojata y zonas aledañas. En ese sentido se recurre a la siguiente técnica de recolección de datos:

Recopilación Documental. Ya que, el estudio precisa de información contenida en estudios, normas, datos técnicos, diagramas unifilares de la Línea de Media Tensión, eventos registrados la Red y a la empresa involucrada Electro Puno S.A.A.; todas relacionadas al ámbito de estudio.

1.8.4 Procesamiento de Datos

De acuerdo a los objetivos de estudio (General y Especifico) por ejemplo: La Simulación de Fallas en el Sistema Eléctrico de Potencia y El Análisis de Flujo de Potencia, se procesa los datos en una hoja de cálculo, para luego procesar las simulaciones y fallas en un programa computacional

especifico. Además, se procesan y editan textos e imágenes. Las herramientas informáticas del que se hace uso son:

- **Power Factory DigSILENT**. Para realizar la simulación de fallas en el Sistema Eléctrico de Potencia y realizar el Análisis de Flujo de Potencia en un SEP.
- **Word** (2019). Edición de textos.
- **Excel** (2019). Edición de cuadros y archivos de eventos.

CAPITULO II

Los sistemas eléctricos de potencia funcionan en diferentes condiciones operativas, algunas pueden ser rígidas, peligrosas para su utilidad en el trabajo que se desempeña, en tanto es necesario conocer sus límites. Los Sistemas Eléctricos de Potencia es un sistema que se ocupa de los negocios de generación, transmisión, y distribución de energía eléctrica, hasta llevarlo al consumidor final, en este tema sería el usuario.

En el presente capítulo se desarrollará una breve revisión, análisis de los antecedentes, marco teórico, metodología y modelos de sistemas de potencia eléctrico del presente trabajo realizado.

2.1 Antecedentes De La Investigación

El problema de la distribución es diseñar, construir, operar y mantener el sistema de potencia eléctrico en fallas eléctricas de distribución que proporcionara el adecuado servicio eléctrico al área de carga a considerarse, tomando en cuenta la mejor eficiencia en operación. Desafortunadamente, no cualquier tipo de sistema de distribución puede ser empleado económicamente hablando en todas las áreas por la diferencia en densidad de carga, por ejemplo; no aplica el mismo sistema para zona industrial que una zona rural debido a la cantidad de carga consumida en cada uno de ellos; también, se consideran otros factores.

Para diferentes áreas la carga o incluso para diferentes partes de la misma área de carga, el sistema de distribución más efectivo podría tomar diferentes formas. El sistema de distribución debe proveer servicio como

mínimo de variaciones de tensión y el mínimo de interrupciones, debe ser flexible para permitir expansiones en pequeños incrementos, así como para reconocer cambios en las condiciones de carga con un mínimo de modificaciones y gastos. Esta flexibilidad permite guardar la capacidad del sistema cercana a los requerimientos actuales de carga y por lo tanto permite que el sistema use de manera más efectiva la infraestructura, además y sobre todo elimina la necesidad de predecir la localización de magnitudes de las cargas futuras.

Existen varios métodos utilizados para evaluar los costos de energía eléctrica para los clientes los cortes de luz entre todos existen tres clases método principales para el análisis las cuales se mencionarán; Métodos analíticos indirectos, encuestas a clientes y estudios de caso, se utilizan comúnmente en los negocios de poder y estudios académicos. (KÜFEOĞLU, 2011).

Una falla en la energía eléctrica en nuestra sociedad significa la paralización de sus actividades cotidianas. Representa pérdidas para las empresas por el atraso de la producción, trabajadores inactivos en horario de trabajo, o que se estropeen algunos insumos o productos en proceso. Incluso representa pérdidas para la misma empresa proveedora de electricidad, ya que una falla cualquiera sea la naturaleza de la misma, implica dejar de suministrar, es decir vender, energía a sus clientes y asumir otros costos en un sector bastante regulado. (MAQUE)

Las redes están diseñadas para una primera contingencia, o sea la salida de un alimentador primario. En redes pequeñas la probabilidad de

coincidencia de una segunda falla en los alimentadores primarios es muy remota. En consecuencia, es aceptable el diseño basado en una sola contingencia. Sin embargo, a medidas que las redes incrementan su tamaño y, por ende, el número de alimentadores aumenta en la longitud como en número, la probabilidad de una segunda contingencia se acrecienta también, número de alimentadores primarios, longitud de los alimentadores, número de promedio de fallas en los alimentadores, tiempo programado por año y tiempo promedio fuera de los alimentadores durante la falla. (ALVARADO, K.)

El tiempo fuera programado se debe a trabajos de mantenimiento, prueba o labores de extensión de las redes. En consecuencia, estos valores se estiman fácilmente. Una falla en un alimentador no se puede predecir ni tampoco saber cuál de los alimentadores será el que sufra estas fallas. El pronóstico de estos sucesos se puede expresar únicamente en términos de probabilidad. Las fallas en los alimentadores se pueden presentar en cable, uniones, mufas o por accidentes durante alguna construcción que dañe físicamente los circuitos o equipos. Para los usuarios implica el deterioro de la calidad de vida e incluso la restricción de muchas de sus actividades. En algunos casos tampoco cocinar o contar con iluminación al interior de los hogares disminuye el estándar de vida logrado. A nivel de sociedad los costos aumentan por las labores que no pueden realizarse, el incremento de la inseguridad de la población.

Las líneas eléctricas en todos los niveles de tensión son propensas a daños por tormentas eléctricas, roturas de aislantes y cortocircuitos por árboles y / o otros objetos externos. En la mayoría de los casos, la culpa es consecuencia directa de una línea mecánica. El daño que debe ser reparado

por el hombre para restaurar la fuente de poder. Tal proceso de restauración se puede mejorar considerablemente si la ubicación de la línea de daño es conocida, o al menos, puede ser estimado con cierta exactitud. (Mora, Carrillo, & Barrera, 2007). Requisitos de calidad de poder, en particular continuidad de suministro, implementado en conexión con la desregulación de los mercados eléctricos ha sido motivo de un creciente interés por estudiar la localización de fallas problema en sistemas de distribución. Las fallas y los cortes están relacionados con la calidad de la energía. En términos de la continuidad de los índices de oferta. Como la frecuencia y la duración de las interrupciones. En el nuevo entorno desregulado, eléctrico. Los servicios públicos tienen que mantener valores adecuados de estos índices serán competitivos en el mercado abierto. (C62.48, 2005). Las técnicas de localización de fallas podrían utilizarse de ayuda para mejorar el proceso de restauración por dando una estimación precisa razonable del punto de falla. la localización de fallas en la distribución de energía. Los sistemas están restringidos a métodos que usan una medida terminal, en general la ubicación de fallas se utilizan los siguientes métodos los métodos se pueden clasificar en modelo y conocimiento basados en la información sobre dispositivos de protección como son los interruptores, condición de sensores de corriente y voltaje, Grabaciones de llamadas de clientes, y muestras de tensión y corriente medida en una subestación. (Zhu, Lubkeman, & Girgis, 1997).

Los investigadores han realizado un trabajo permanente en el área de fallas, ya que la distribución de datos es particular a la de sistema de distribución radial. Los métodos tradicionales de manejo de la interrupción se

basaron en las llamadas de los clientes. Aquí la ubicación geográfica, de la persona que llama y la conectividad de la red de distribución deben superponerse exactamente para la ubicación exacta de la culpa. Además, es posible que no haya ninguna llamada durante la noche, lo que representa un problema para el operador en la localización de la falla. En los últimos años, se han discutido algunas técnicas para la localización de fallas. Particularmente en sistemas de distribución radial. Estos métodos y varios enfoques algorítmicos, donde la falla la ubicación se calculan de manera proporcional actualizando la corriente de falla. Una breve descripción de los enfoques algorítmicos se ha presentado en la siguiente sección, Impedancia y otros métodos basados en componentes de frecuencia fundamental. La distancia de falla desde el bus de distribución primario a la ubicación de falla se estima por impedancia al método base. Los valores de antigüedad y corriente de voltios medidos en uno o dos extremos de la línea se requieren en este método. Este método utiliza la ecuación matemática para estimar la ubicación de la falla. La mayor parte del método emplea para el sistema radial, solo se requiere otra información, como el estado del interruptor, las formas de onda de la corriente de falla, y el estado del indicador de falla para el sistema no radial (Senger, Manassero, Goldemberg, & Pellini, 2005)

Los sistemas de localización de fallas proponen una caracterización de la señal. Útil en métodos de localización de fallas para radial. Los sistemas de energía como sistemas de distribución, tales sistemas tienen que ser ubicados tan rápido como posible para que la reparación se puede hacer y poder restaurar con tiempo mínimo de interrupción. Algunos de los descriptores están directamente relacionados con la distancia eléctrica a la

falla, como la frecuencia de los transitorios, los componentes α y β y la variación de admitancia (Δx). Un algoritmo de regresión entrenado con estos descriptores da exactitud a Métodos basados en modelos. Las ideas y métodos propuestos en este trabajo han sido probados utilizando Simulaciones por ordenador.

2.2 Definición Problema

La baja calidad del servicio brindado por las empresas transmisoras de energía eléctrica puede reducir o limitar la posibilidad de lograr un mejor desempeño de los sectores de generación y distribución de energía. Como consecuencia directa de esta problemática la disponibilidad u oferta de energía se reduce, el costo de producción tiende a aumentar y la matriz productiva nacional, que depende de esta fuente de energía, se ve afectada.

No se conoce cuál es el impacto que tiene en estas empresas sobre la calidad del servicio que brindan. Debido a esto, es importante llegar a conocer cuáles fueron los motivos que llevaron a las compañías a implementar un sistema de gestión de calidad y qué ventajas competitivas evidentes han obtenido, desde la óptica de los colaboradores y líderes empresariales.

La transmisión de energía en el Perú es un servicio con tarifas reguladas y estructurado como un monopolio natural. Esto trae consigo que una empresa de servicio puede transportar toda la producción del mercado con un costo menor; en comparación con otras, esto se da cuando varias empresas compiten por el transporte de energía. Estas particularidades

hacen que el servicio de transmisión de energía se desarrolle en un escenario especial, por lo que existe la probabilidad que las motivaciones que las llevaron o llevan a implementar un sistema de gestión de calidad sean diferentes a los demás sectores productivos, incluso dentro del mismo rubro eléctrico de transmisión de energía, es posible que hubiesen tenido inconvenientes en la implementación de los sistemas de gestión de calidad y que los resultados obtenidos luego de esta no hayan sido los esperados. Por ello, es importante la percepción, ya sea positiva o negativa, de los colaboradores de estas organizaciones.

Las empresas concesionarias del servicio de transmisión de energía eléctrica que operan en el Perú pertenecen a grupos empresariales, por ejemplo, el Grupo Abengoa que tiene actualmente dos empresas en el sector: Abengoa Transmisión Norte (ATN) y Abengoa Transmisión Sur (ATS); o el Grupo ISA, con sus empresas Red de Energía del Perú S.A. (REP), Interconexión Eléctrica S.A. Perú (ISA Perú) y el Consorcio Transmantaro S.A. Ambos grupos empresariales han estructurado su negocio de tal manera que solo cuentan con una organización que es la encargada de brindar el servicio de administración de la operación y mantenimiento de las instalaciones de transmisión de energía eléctrica que manejan.

2.3 Marco Teórico

Cuando se hace referencia a la calidad de energía en sistemas de distribución, también se hace referencia a la continuidad del suministro

eléctrico y este se relaciona estrechamente con la detección y la localización de fallas permanentes en la red. Por esto, en los últimos años muchas investigaciones se han centrado en la búsqueda de metodologías y técnicas que permitan estimar de forma precisa el lugar de ocurrencia de una falla en un sistema de potencia radial.

Existen varios métodos inteligentes, tales como la red neuronal artificial (ANN), la lógica difusa (FL), Sistema experto (ES) y algoritmo genético (GA), etc., con el desarrollo de computadoras emergidas. Estos métodos pueden ayudar a los operadores o ingenieros a hacer un trabajo laborioso. Al usar estos métodos, el factor tiempo se reduce sustancialmente y se evitan los errores humanos. Por lo tanto, muchos investigadores utilizaron métodos basados en IA Para la ubicación de fallas del sistema de distribución. (Bi., Ni, Shen, & Wu, 2002), basado en el grado mínimo ponderado que se reordena para particionar una red de gran tamaño en una algunas subredes.

2.3.1 Sistemas Eléctricos De Potencia

En una definición amplia es un sistema que se ocupa de los negocios de Generación, Transmisión y Distribución de energía eléctrica, hasta llevarla al consumidor final: el usuario. Este usuario puede ser, un gran centro de consumo o un consumidor residencial. También es, sin duda, el sistema más grande y complejo realizado por el hombre, ya que existen estados, países y hasta continentes conectados entre sí. Los sistemas eléctricos de potencia proveen un servicio vital a la sociedad, la energía eléctrica es de alguna manera como el aire que respiramos (Alcantar Bauzar, 2015).

Los Sistemas Eléctricos de Potencia deben ser operado con el fin de lograr:

- Los más altos estándares de confiabilidad.
- El menor costo de operación.
- El mínimo impacto ambiental.

El calentamiento global y la deforestación son aspectos que debemos tomar en cuenta cuando se construye nuevas centrales de generación o nuevas líneas de transmisión.

Un sistema eléctrico de potencia consta de plantas generadoras que producen la energía eléctrica consumida por las cargas, una red de transmisión y de distribución para transportar esa energía de las plantas a los puntos de consumo, así como el equipo adicional necesario para lograr, que el suministro de energía se realice con las características de continuidad de servicio, regulación de tensión y control de frecuencia requeridas. (Viqueira, 2004)

2.3.2 Caída de Tensión y Pérdidas en la Línea Primaria

De acuerdo a la DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD, en el Código Nacional de Electricidad se ha considerado desde los terminales de salida del sistema alimentador hasta el primario de la subestación de Distribución más lejana eléctricamente, no exceda $\pm 3,5\%$ para un alimentador urbano, y 6% para un alimentador rural, de la tensión nominal (CNE, 2011).

La fórmula aproximada empleada para el cálculo de caída de tensión de los tramos monofásicos es la presentada en la Norma DGE rd018-2003-

MEM:

Donde:

a) Para sistemas trifásicos:

$$\Delta V\% = \frac{PL (r_1 + X_1 \operatorname{tg} \phi)}{10V_L^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\Delta V\% = K_1 PL \dots\dots\dots (2.2)$$

$$K_1 = \frac{r_1 + X_1 \operatorname{tg} \phi}{10V_L^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

b) Para sistemas monofásicos a la tensión entre fases:

$$\Delta V\% = \frac{PL (r_1 + X_2 \operatorname{tg} \phi)}{10V_L^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\Delta V\% = K_2 PL \dots\dots\dots (2.5)$$

$$K_1 = \frac{r_1 + X_2 \operatorname{tg} \phi}{10V_L^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

c) Para sistema monofásicos para sistemas monofásicos a la tensión de fase:

$$\Delta V\% = \frac{PL (r_1 + X_3 \operatorname{tg} \phi)}{10V_L^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\Delta V\% = K_3 PL \dots\dots\dots (2.8)$$

$$K_1 = \frac{r_1 + X_3 \operatorname{tg} \phi}{10V_f^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

d) Para sistemas monofásicos con retorno total por tierra:

$$\Delta V\% = \frac{PL(r_1 + X_t \operatorname{tg} \phi)}{10V_L^2} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\Delta V\% = K_t PL \dots\dots\dots(2.11)$$

$$K_t = \frac{r_1 + X_t \operatorname{tg} \phi}{10V_f^2} \dots\dots\dots(2.12)$$

Simbología:

$\Delta V\%$ = Caída porcentual de tensión.

- P = Potencia, en kW
- L = Longitud del tramo de línea, en km
- V_L = Tensión entre fases, en kV
- V_f = Tensión de fase - neutro, en kV
- r_1 = Resistencia del conductor, en Ω / km
- X_1 = Reactancia inductiva para sistemas trifásicos en Ω/km
- X_2 = Reactancia inductiva para sistemas monofásicos a la tensión entre fases, en Ω/km
- X_3 = Reactancia inductiva para sistemas monofásicos a la tensión fase - neutro
- X_t = Reactancia inductiva para sistema monofásicos con retorno total por tierra
- ϕ = Angulo de factor de potencia
- K = Factor de caída de tensión

2.3.3 Análisis de Flujo de Carga

El objetivo del análisis de flujo de carga es determinar el impacto de las nuevas instalaciones sobre el área en estudio, determinándose los niveles de tensión en barras y la distribución del flujo de potencia activa y reactiva.

Asimismo, nos permitirá verificar la capacidad de transmisión de los equipos eléctricos, observando que no operen en condiciones de sobrecarga y/o niveles de tensión en barras fuera del rango permitido por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE).

Los estudios de flujo de carga son realizados para determinar los parámetros de operación del sistema eléctrico tales como: niveles de tensión en la barra del transformador para cada localidad y en las derivaciones, flujos de potencias activa, reactiva, flujo de corriente en cada tramo de red, estos parámetros nos ayudarán analizar el comportamiento del alimentador en 22.9 kV, para realizar mejoras en el diseño para disminuir la caída de tensión y pérdidas de potencia del alimentador.

El método del cálculo usado para la simulación del Flujo es Newton Raphson (Ecuaciones de Potencia), esto debido a que se trata de analizar el sistema como un sistema asimétrico, tomando un margen de error de 0,001 realizándose automáticamente un total de 6 iteraciones para poder llegar la convergencia del sistema y verificar que los valores obtenidos reflejen la realidad.

El análisis de flujo de carga del sistema eléctrico se efectuó mediante el módulo de flujo de potencia del software denominado DIGSILENT, mediante el cual se ha determinado el perfil de tensiones en media tensión en todas

las barras de las subestaciones de distribución del sistema eléctrico, así como el flujo de carga activa y reactiva para todas las redes.

Las redes de distribución forman una parte muy importante de los sistemas de potencia porque toda potencia que se genera se tiene que distribuir entre los usuarios y estos se encuentran dispersos en grandes territorios. Así pues, la generación se realiza en grandes bloques concentrados en plantas de gran capacidad y la distribución en grandes territorios con diversas magnitudes. Por esta razón el sistema de distribución resulta todavía más complejo que el sistema de potencia. El sistema eléctrico de potencia SEP, es el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y sistemas de distribución que operan como un todo. En operación normal todas las maquinas del sistema operan en paralelo y la frecuencia.

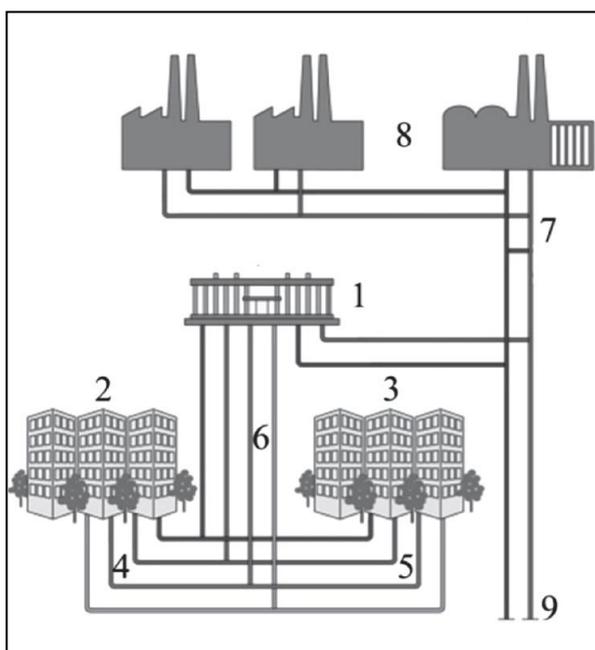
La velocidad del sistema distribuido de estimación de fallas permite utilizarlo como un sistema en línea (Al-Shaher, Sabra, & Saleh, 2003), desarrollaron un método de localización de fallas para sistemas de distribución de múltiples anillos. Utilizando red neuronal. Utilizó el voltaje de falla del alimentador, el estado del interruptor, la potencia real de los alimentadores durante la condición normal, y potencia real de los circuitos durante un cortocircuito, etc., para entrenar la red neuronal. (Wen & Chang, 1997) propone un método que consista en una matriz de causalidad probabilística para representar la relación probabilística. Entre las secciones defectuosas y la acción del dispositivo de protección. Aplicó el conjunto paródico de la teoría de la cobertura para hacer. La sección con fallas es la

temporización como un problema de programación de enteros. (Thukaram, Khincha, Jenkins, & Visakha, 2002)

El sistema de distribución este compuesto por redes eléctricas, las cuales permiten distribuir la energía a cada uno de los usuarios finales en la cadena de energética.

En la figura 2.1 se muestra un esquema de un sistema de distribución primaria y sistema de distribución secundaria dentro de un sistema eléctrico de potencia.

Figura 2. 1: Diagrama de un sistema de distribución



Fuente: Recuperado de www.bdigital.unal.edu.co > 958-9322-86-7(2005)

1: Subestación principal en la red de distribución

2,3: Usuarios residenciales

4,5,6: Red eléctrica de distribución

7: Nodo de conexión usuarios industriales

8: Usuarios industriales

9: Red principal de distribución

2.3.4 Riesgos de Fallas en las Líneas de Transmisión

La línea de transmisión es el elemento del sistema eléctrico que transporta toda la energía generada hasta los puntos de consumo, los riesgos que sufre la línea de transmisión son: (ENRIQUEZ HARPER, 2005)

- Menor confiabilidad, debido a la gran cantidad de elementos que compone la línea de transmisión.
- Está en la intemperie.
- Descargas atmosféricas.
- Viento.
- Animales.
- Humedad, salinidad, rayos ultravioletas.
- Árboles, actos de vandalismo.
- Otros.

Por lo tanto, la línea de transmisión es el elemento más sensible del sistema eléctrico, los cortocircuitos ocurren principalmente debido a estas fallas. Para un estudio de cortocircuito se debe conocer las impedancias de secuencia de la línea de transmisión.

2.3.4.1 Cortocircuito en el Sistema Eléctrico

El modelo de análisis de cortocircuito presentado se puede aplicar en sistemas radiales y anillo, el cálculo se hace en el punto de falla reduciendo la red a su Thevenin equivalente (Kindermann, 1997).

Es importante determinar el valor de la corriente de corto circuito para:

- Dimensionar la línea de transmisión hasta que temperatura soporta debido al cortocircuito.
- Dimensionar los interruptores y disyuntores.
- Dimensionar el transformador de corriente (TC) y su nivel de saturación.
- Efectuar la coordinación de relés.
- Analizar las sobretensiones a una frecuencia industrial debido al cortocircuito.
- Conocer el tiempo de actuación del relé, consecuentemente el tiempo de eliminación de la falla.
- Otros.

El porcentaje de fallas de cada sector del sistema de energía eléctrica en relación al cortocircuito está representado de la siguiente manera:

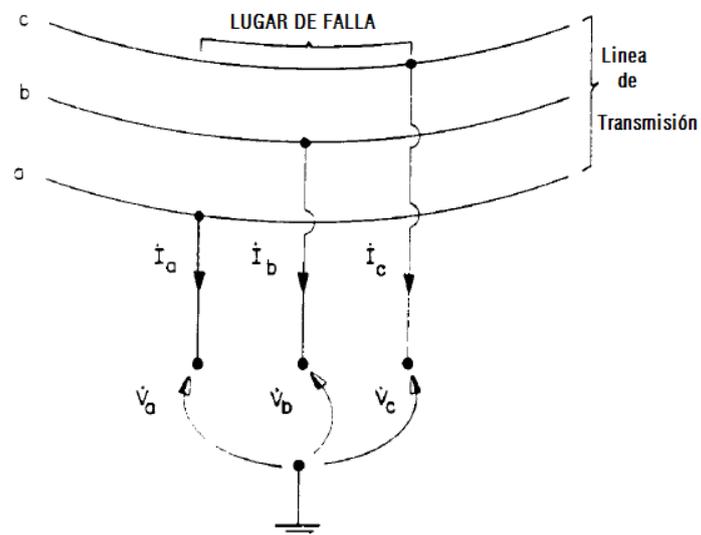
- Generación 6%
- Subestación 5%
- Línea de transmisión 89%

Porcentaje de tipos de cortocircuito en el sistema de energía eléctrica:

- Trifásica 6%
- Bifásica 15%
- Bifásica a tierra 16%
- Monofásico a tierra 63%

Todas fallas se analizarán de acuerdo a la siguiente figura 2.2
(Kindermann, 1997)

Figura 2. 2: Tensiones y corrientes de Cortocircuito en el lugar de falla



Fuente: Recuperado de Kindermann, 1997

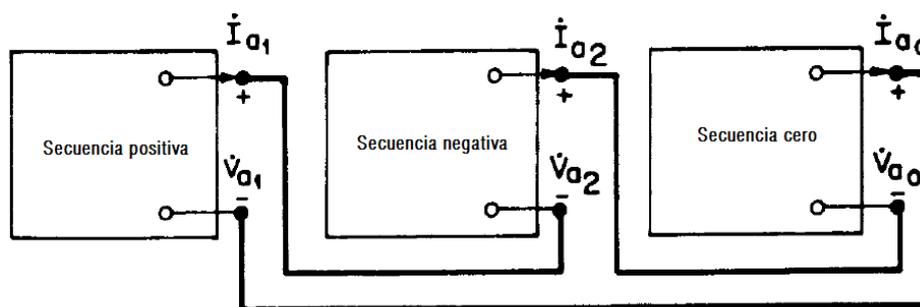
2.3.4.2 Falla Monofásica a Tierra

Basta con hacer la siguiente conexión en la figura 2.3 la fase “a” con la tierra, entonces se cumplirá lo siguiente:

$$\dot{I}_b = \dot{I}_c = 0 ; \quad \dot{I}_a = 0$$

Los circuitos equivalentes Thevenin de las secuencias positiva, negativa y cero en el punto de falla deberán ser conectados en serie (Kindermann, 1997).

Figura 2. 3: Conexión en serie para corto circuito monofásico a tierra



Fuente: Recuperado de Kindermann, 1997

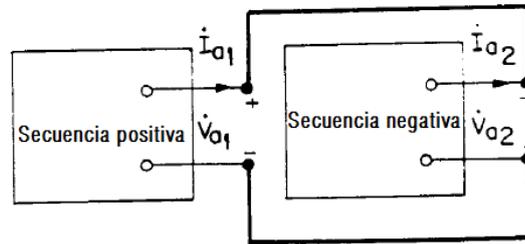
2.3.4.3 Cortocircuito Bifásico en la Línea “b” y “c”

De la figura 2.4 conectamos las fases “b” y “c”, las condiciones de falla son:

$$\dot{I}_a = 0 ; \quad \dot{V}_b = \dot{V}_c \quad ; \quad \dot{I}_b + \dot{I}_c = 0$$

Los circuitos equivalentes de secuencia positiva y negativa serán conectados en paralelo.

Figura 2. 4: Conexión en paralelo para falla bifásica



Fuente: Recuperado de Kindermann, 1997

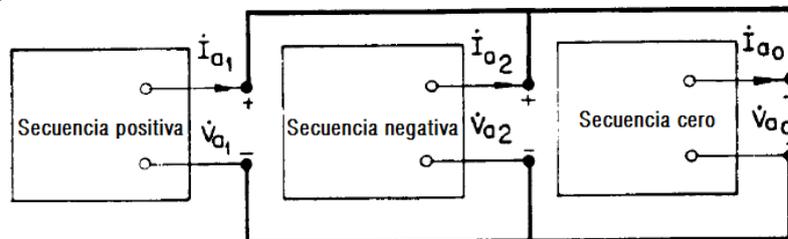
2.3.4.4 Cortocircuito Bifasico en la Linea “b” y “c”

Similarmente al caso anterior solo en este caso conectamos las fases a tierra, las condiciones de falla son:

$$I_a = 0 ; V_b = V_c = 0 ; I_b + I_c = 3I_{a0}$$

Los circuitos equivalentes se conectan en paralelo (Kindermann, 1997).

Figura 2. 5: Conexión en paralelo para falla bifásica a tierra

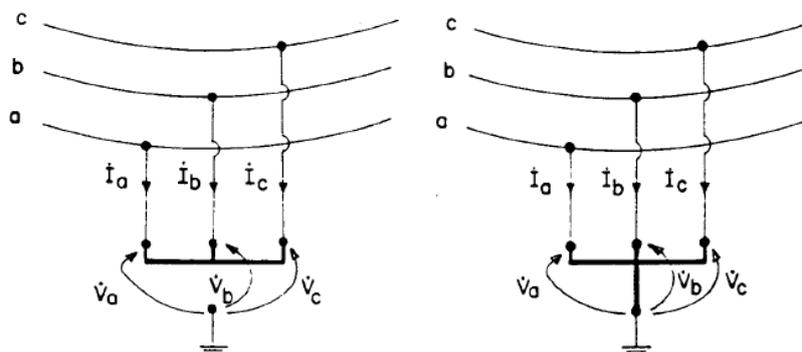


Fuente: Recuperado de Kindermann, 1997

2.3.4.5 Cortocircuito Trifásico a Tierra

En este tipo de falla todas las corrientes son equilibradas, la falla trifásica y trifásica a tierra se muestra en la siguiente figura:

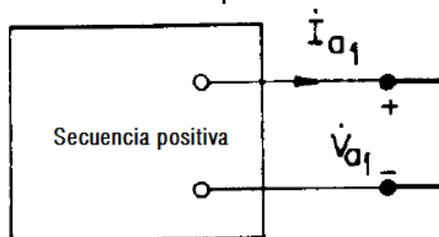
Figura 2. 6: Cortocircuito trifásico en el sistema eléctrico



Fuente: Recuperado de Kindermann, 1997

Las condiciones de falla son: $\dot{V}_a = \dot{V}_b = \dot{V}_c = 0$ su circuito equivalente se muestra en la siguiente figura: (Kindermann, 1997)

Figura 2. 7: Modelo de secuencia positiva en corto circuito trifásico



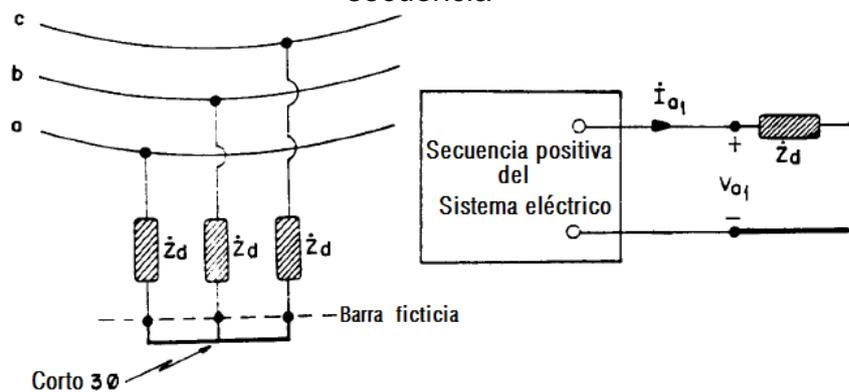
Fuente: Recuperado de Kindermann, 1997

2.3.4.6 Cortocircuito Trifásico a Tierra

Hasta el momento no se consideró la impedancia de cortocircuito en el punto de falla, la impedancia Z_d local se incorpora en los modelos de secuencia positiva, negativa y cero.

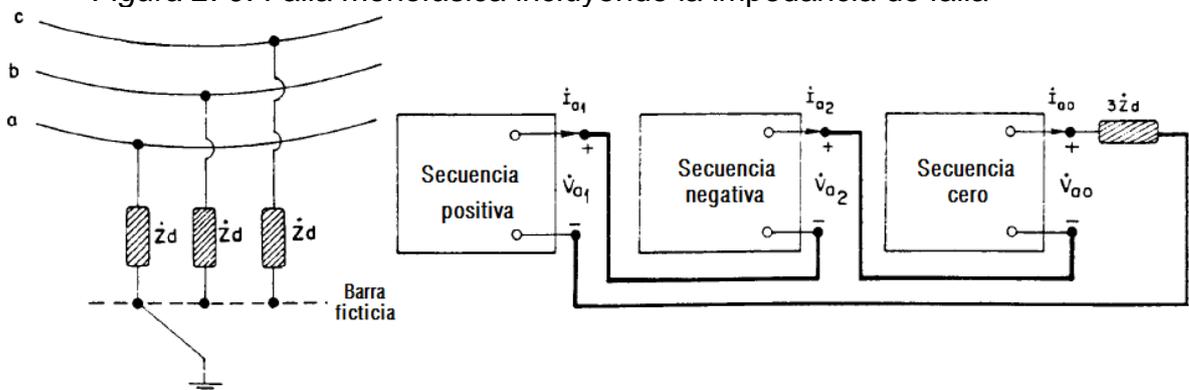
A continuación, se muestran los circuitos equivalentes para cada tipo de falla.

Figura 2. 8: Falla trifásica incorporada impedancia de falla al modelo de secuencia



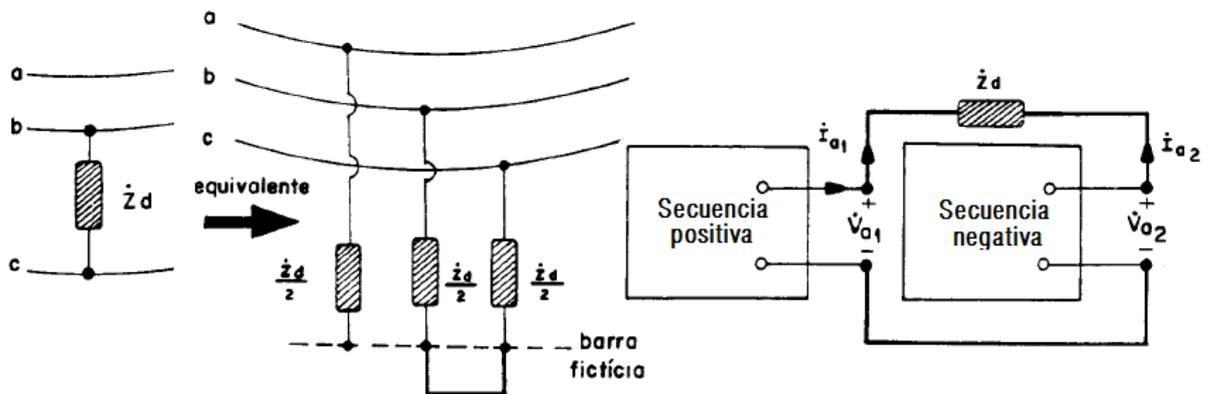
Fuente: Recuperado de Kindermann, 1997

Figura 2. 9: Falla monofásica incluyendo la impedancia de falla



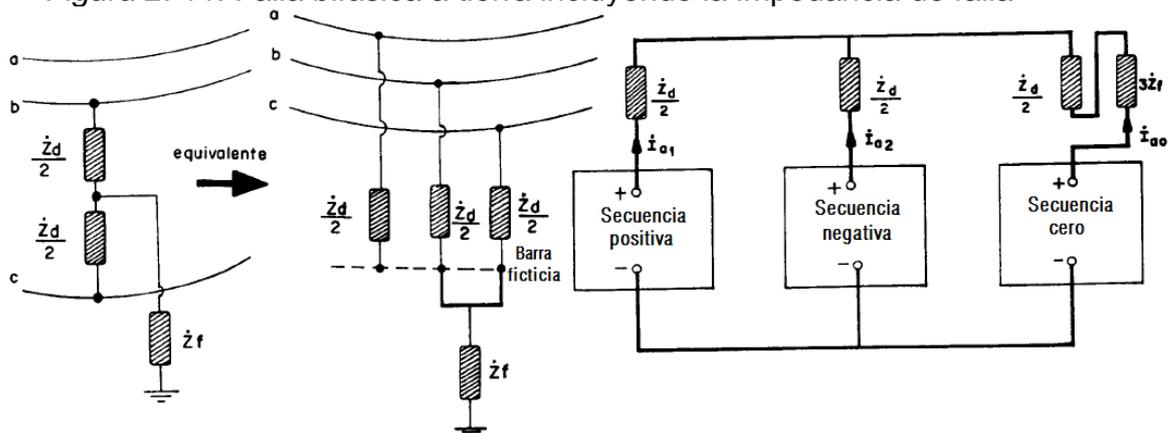
Fuente: Recuperado de Kindermann, 1997

Figura 2. 10: Falla bifásica incluyendo la impedancia de falla



Fuente: Recuperado de Kindermann, 1997

Figura 2. 11: Falla bifásica a tierra incluyendo la impedancia de falla

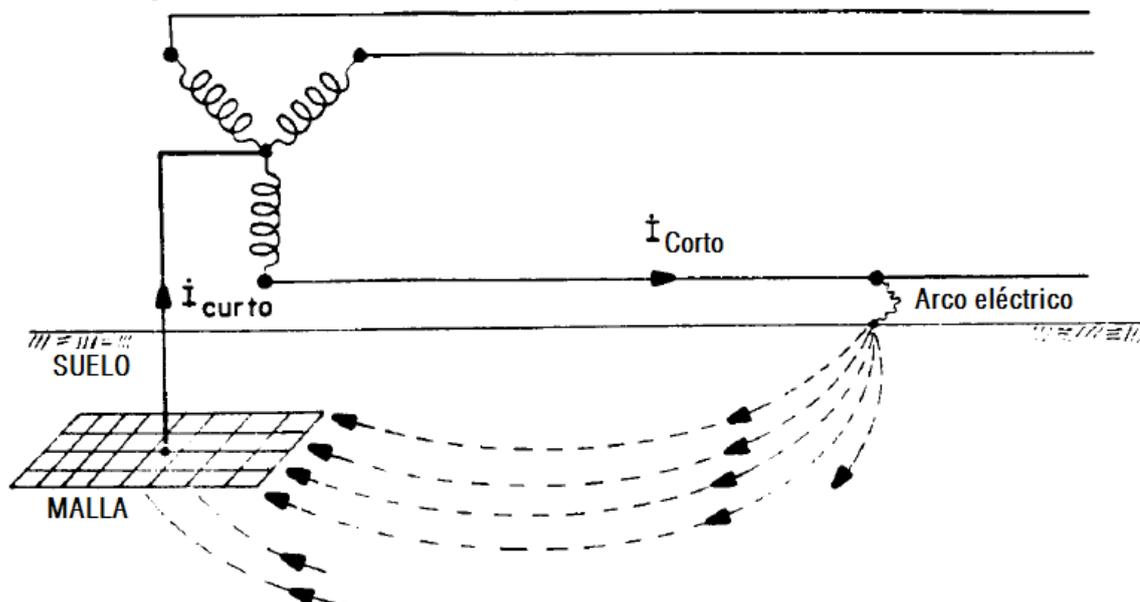


Fuente: Recuperado de Kindermann, 1997

2.3.4.7 Resistencia de Arco Eléctrico

En el punto de falla se presenta el arco eléctrico, el arco eléctrico es muy peligroso puede causar incendios. Un ejemplo de arco eléctrico de falla monofásica a tierra se muestra en la figura 2.12 (Chiler, 2010).

Figura 2. 12: Arco eléctrico para falla monofásica a tierra



Fuente: Recuperado de Chiler, 2010

La resistencia de arco eléctrico puede ser calculada por la fórmula de Warrington.

$$R_{Arco\ Eléctrico} = \frac{28707 \times L}{I^{1.4}} [\Omega] \dots\dots\dots(2.13)$$

Donde: L: Longitud de arco eléctrico en metros

I: Corrientes eléctrica de cortocircuito en Amp. Siendo I < 1000A

2.3.4.8 Confiabilidad de los sistemas de Distribución

Según el COES el sistema de protección de los equipos y/o instalaciones del sistema eléctrico tiene como objetivos: (Kindermann, 1997)

- Detectar las fallas para aislar los equipos o instalaciones falladas tan pronto como sea posible.
- Detectar y alertar sobre las condiciones indeseadas de los equipos para dar las alertas necesarias; y de ser el caso, aislar al equipo del sistema
- Detectar y alertar sobre las condiciones anormales de operación del sistema; y de ser el caso, aislar a los equipos que puedan resultar perjudicados por tales situaciones.

Coordinar la protección significa definir los tiempos de operación de la protección para permitir la actuación debidamente priorizada de los relés de protección, minimizando los tiempos de actuación y garantizando una apropiada graduación en los tiempos de actuación de todas las protecciones, tanto las principales como las de respaldo.

En general, las protecciones son diseñadas para operar en dos formas distintas: como Protecciones Unitarias para detectar fallas en una zona de protección o como Protecciones Graduadas para detectar fallas en más de una zona de protección.

- Las Protecciones Unitarias se caracterizan por lo siguiente:
- Son totalmente selectivas porque sólo detectan fallas en su zona de protección.

- No pueden desempeñar funciones de protección de respaldo porque no son sensibles a fallas fuera de su zona de protección.
- Operan bajo el principio diferencial calculando la diferencia entre las corrientes que entran y salen de la zona protegida, ya que esta diferencia indica que hay una corriente que fluye por una falla dentro de esta zona.

Las Protecciones Graduadas se caracterizan por lo siguiente:

- Son relativamente selectivas porque detectan fallas en más de una zona de protección.
- Desempeñan funciones de protección de respaldo porque son sensibles a fallas en las zonas vecinas a su zona de protección.
- Operan midiendo las corrientes, tensiones, impedancias, etc., cuya graduación establece la graduación de su tiempo de actuación.

Los principios para el ajuste y la coordinación de la protección son:

- **Confiabilidad:** Capacidad del sistema de protección de realizar su función correctamente cuando se le requiera y evitar operación innecesaria o incorrecta durante las fallas.
- **Velocidad:** Tiempo mínimo de falla y daño mínimo del equipo. Rapidez para despejar las fallas a fin de evitar daños al equipo.
- **Selectividad:** Manteniendo la continuidad del suministro desconectando una sección mínima del circuito para aislar la falla.
- **Seguridad:** Para que no cause desenergización del circuito debido a desbalanceo de carga, corrientes inrush, puesta en marcha de carga en frío, armónicos y otras condiciones de estado estable y transitorio.

- **Sensitividad:** El sistema de protección debe detectar fallas temporales y permanentes y diferenciarlas así estén en puntos muy alejados del interruptor principal del circuito.
- **Economía:** Máxima protección a costo mínimo.
- **Simplicidad:** Equipo y circuitería mínima para garantizar la certeza de operación correcta del sistema de protección. (Kindermann, 1997)

Se tiene que mejorar el servicio prestado por que es de interés e importancia para la para la sociedad actual, en donde el servicio de energía eléctrica es indispensable en casi todas las actividades del ser humano , las labores industriales y las labores domésticas, con el auge de la tecnología, los equipos electrónicos son de mucha utilidad y estas cada vez consumen menos, por tanto no indica que no es necesario la energía eléctrica, en tal efecto son vulnerables estos aparatos electrónicos ante eventuales fallas en las redes de distribución eléctrica, como son los cortes de energía eléctrica, por tal caso la calidad de servicio eléctrico se tiene que basar en la calidad y continuidad de dicho servicio de suministro, por lo que deben regirse bajo principios de confiabilidad.

En tal efecto es necesario tomar medidas y soluciones ante estos tipos de problemas, con estas metodologías se puede facilitar la rápida y confiable identificación de fallas, en consecuencia, a esto se pueden establecer medidas que mitiguen el impacto económico y social, asociado a los factores característicos de la energía eléctrica.

2.3.4.9 Descripción General del Software DIGSILENT

La complejidad de los sistemas de potencia ha crecido significadamente en los últimos años, especialmente debido a la integración de energía renovable. En tal sentido, el análisis de los grandes sistemas de potencia modernos se ha transformado en un problema de complejidad creciente. Sin embargo, el acelerado desarrollo tecnológico ha permitido en tiempo actual el desarrollo de nuevos softwares, desarrollo de programas de computación altamente eficientes para acometer los estudios de análisis de grandes sistemas de potencia.

DIGSILENT es una poderosa herramienta de diseño asistido por una computadora. Este programa permite el análisis de sistemas eléctricos de diversas aplicaciones: generación, transmisión, distribución e industrial. Este programa posee una característica de integración de funciones de cálculo y base de datos, que agiliza los cálculos, y combina capacidad de modelado flexible y altamente confiable con algoritmos de solución altamente eficientes, uno de los más comunes procedimientos computacionales usados en el análisis de sistemas de potencia

El software DIGSILENT es usado muy extensivamente alrededor del mundo para estudios de flujo de potencia por muchas razones, pero entre ellas incluye poderos algoritmos de solución que permiten el análisis de sistemas de transmisión, distribución, e industriales en condiciones balanceadas y desbalanceadas.

CAPITULO III

3.1 Materiales Y Métodos

Para implementar el software de simulación y detección de fallas en sistemas de distribución eléctrica se utilizó el software DIGSILENT. Este fue utilizado para trabajar en conjunto con todas las bibliografías correspondientes al tema de detección de fallas, realizando un procedimiento de intercambio automático de datos, y procesos.

DIGSILENT es un sistema preciso de alimentación y modelado de sistemas eléctricos de potencia, permite realizar simulaciones de los diferentes eventos de falla, simulaciones de los eventos de contingencia del sistema para cada hipótesis de estudio, para llegar a la detección de fallas en el sistema eléctrico se hizo una estructuración del software y realizar tareas específicas de simulación.

3.2 Metodología Y Criterio Aplicada Para La Simulacion

Para el análisis de cálculo de flujo de carga, se ha considerado tomar en cuenta el escenario en el tramo de la Línea Huancané – Cojata, cuyo alimentador A4001 se encuentra ubicado en la Localidad de Huancane.

Para la simulación de fallas se ha considerado tomar en cuenta los siguientes escenarios: Subestación de Huancané alimentador A 4001, Línea Solitario – Cojata – Rede Existentes.

Para verificar la operatividad del sistema y las instalaciones del tramo de línea se efectuaron simulaciones de Flujo de carga en estado estacionario (permanente) del Sistema, lo cual permite calcular los niveles de tensión en barra, caídas de tensión y los flujos de carga activa y reactiva por líneas, barras y Cargas.

Los resultados de las simulaciones permitirán establecer y recomendar si el sistema podrá alcanzar una operación de calidad satisfactoria y confiable, además permite verificar que se cumpla con la “Norma de calidad del servicio eléctrico” de los circuitos eléctricos del sistema.

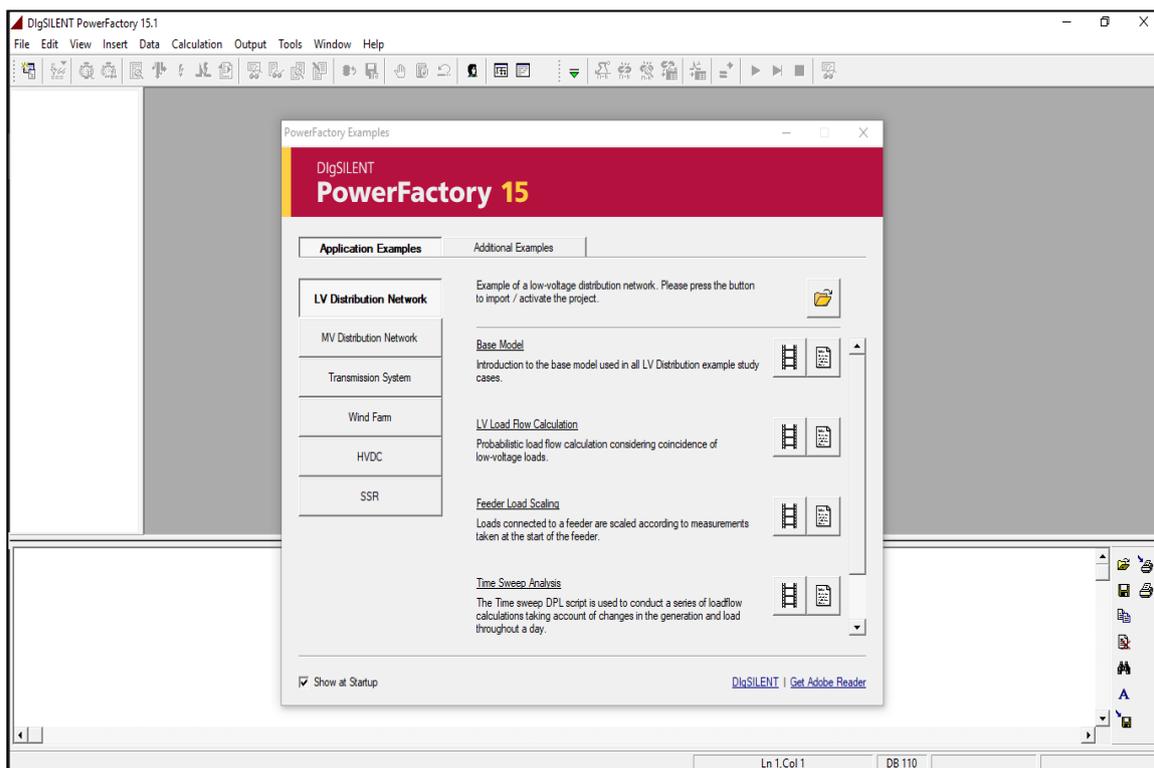
Se considerarán para la evaluación un escenario de operación correspondientes al año 20 de operación del proyecto, puesto que en ese año se tiene la mayor cantidad de demanda en todas las localidades (crecimiento de la demanda).

3.3 Analisis De Flujo De Carga En El Sistema Electrico De Potencia

La recopilación de datos se obtuvo de la base de Datos del COES SINAC (Comité de Operaciones del Sistema Interconectado Nacional) y actualización de datos de campo entre los tramos Centro Poblado Solitario hacia la localidad de Cojata.

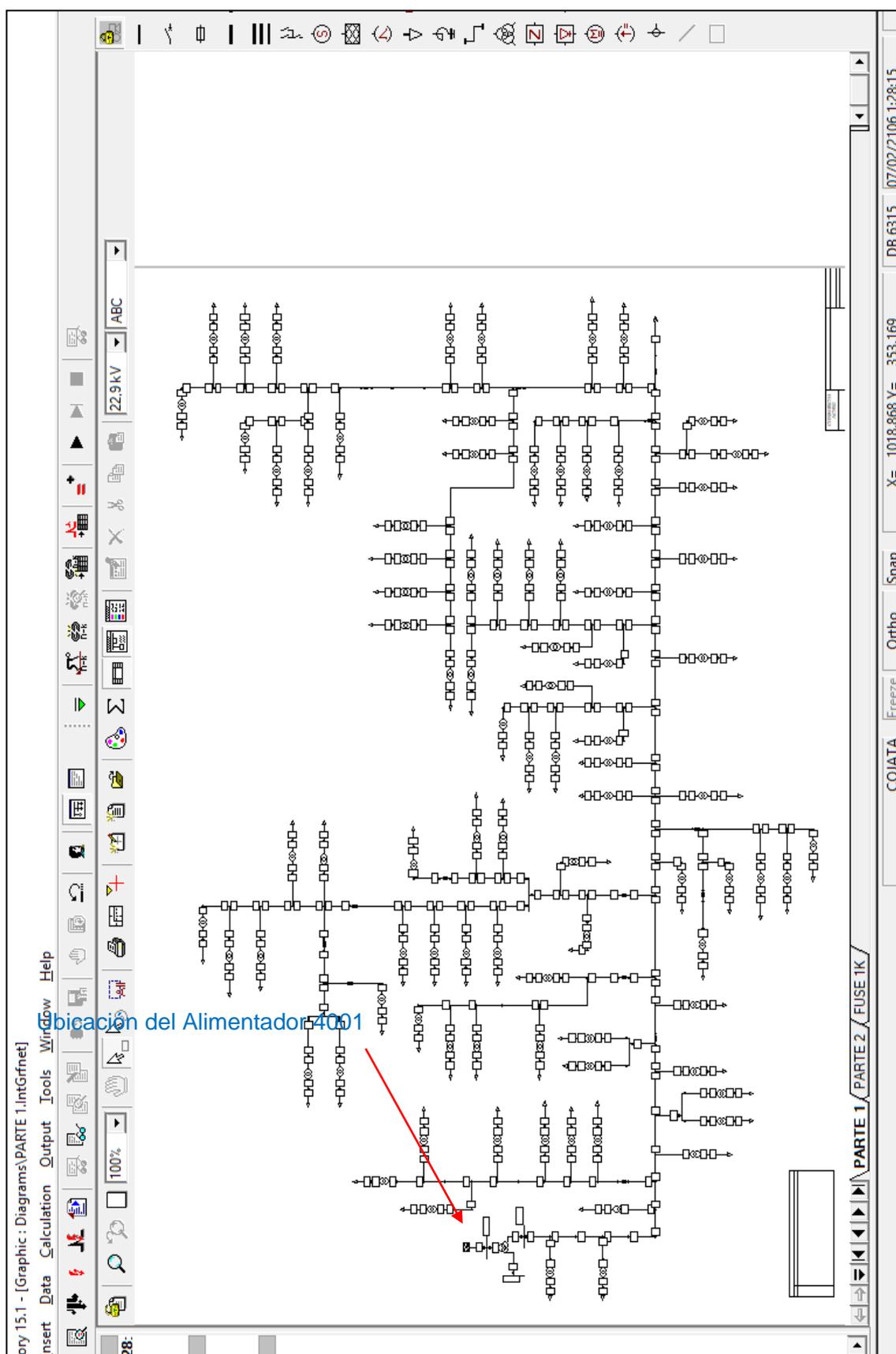
Todos los datos recopilados en campo se procesaron en el programa DIGSILENT junto a los datos obtenidos del COES SINAC.

Figura 3 1: Iniciacion del Programa DIGSILENT, se carga el archivo con Extencion Pfd



Fuente: Elaboracion Propia

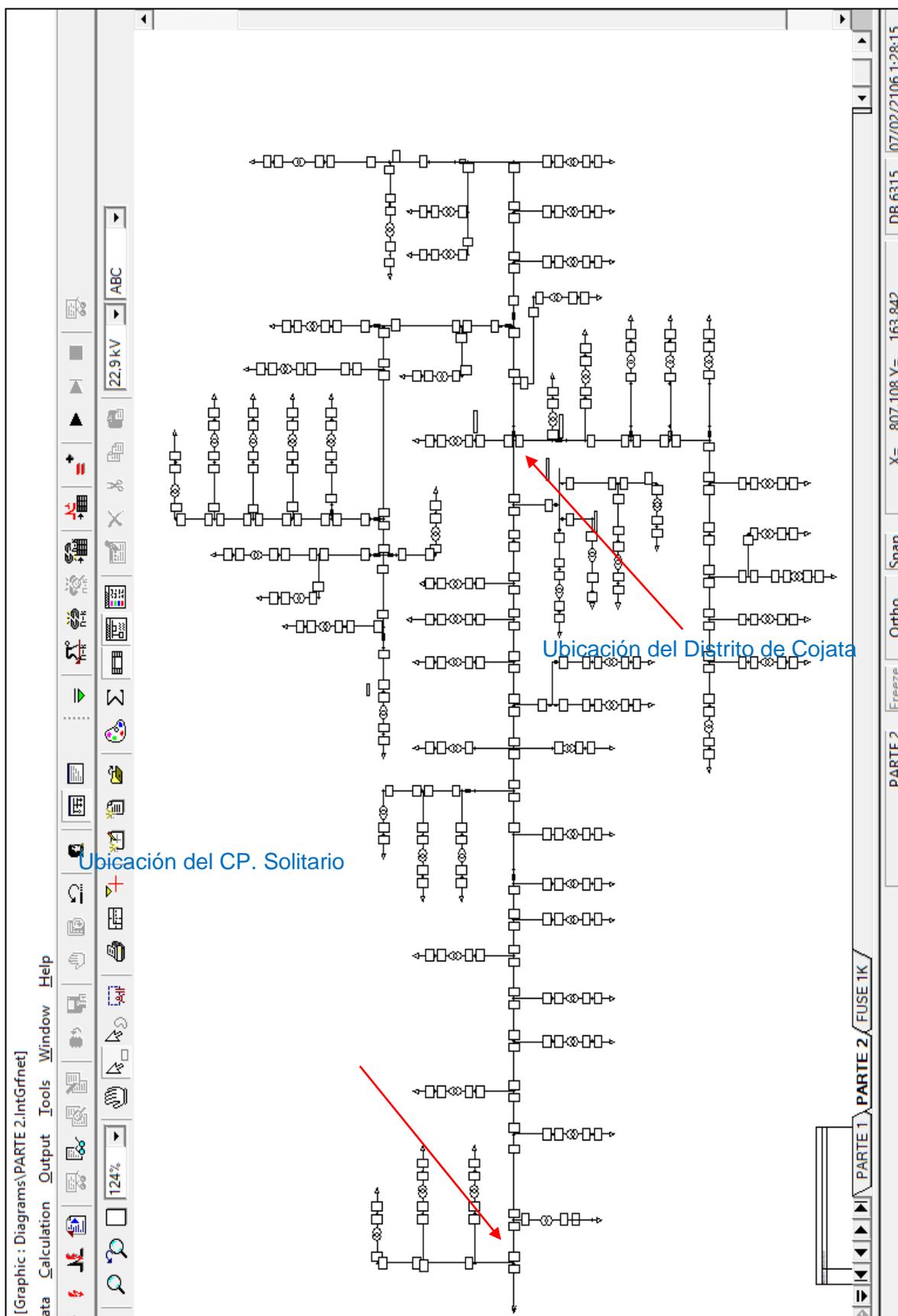
Figura 3 2: Actualizacion de datos, Diagrama Unifilar del Alimentador A 4001



Ubicación del Alimentador 4001

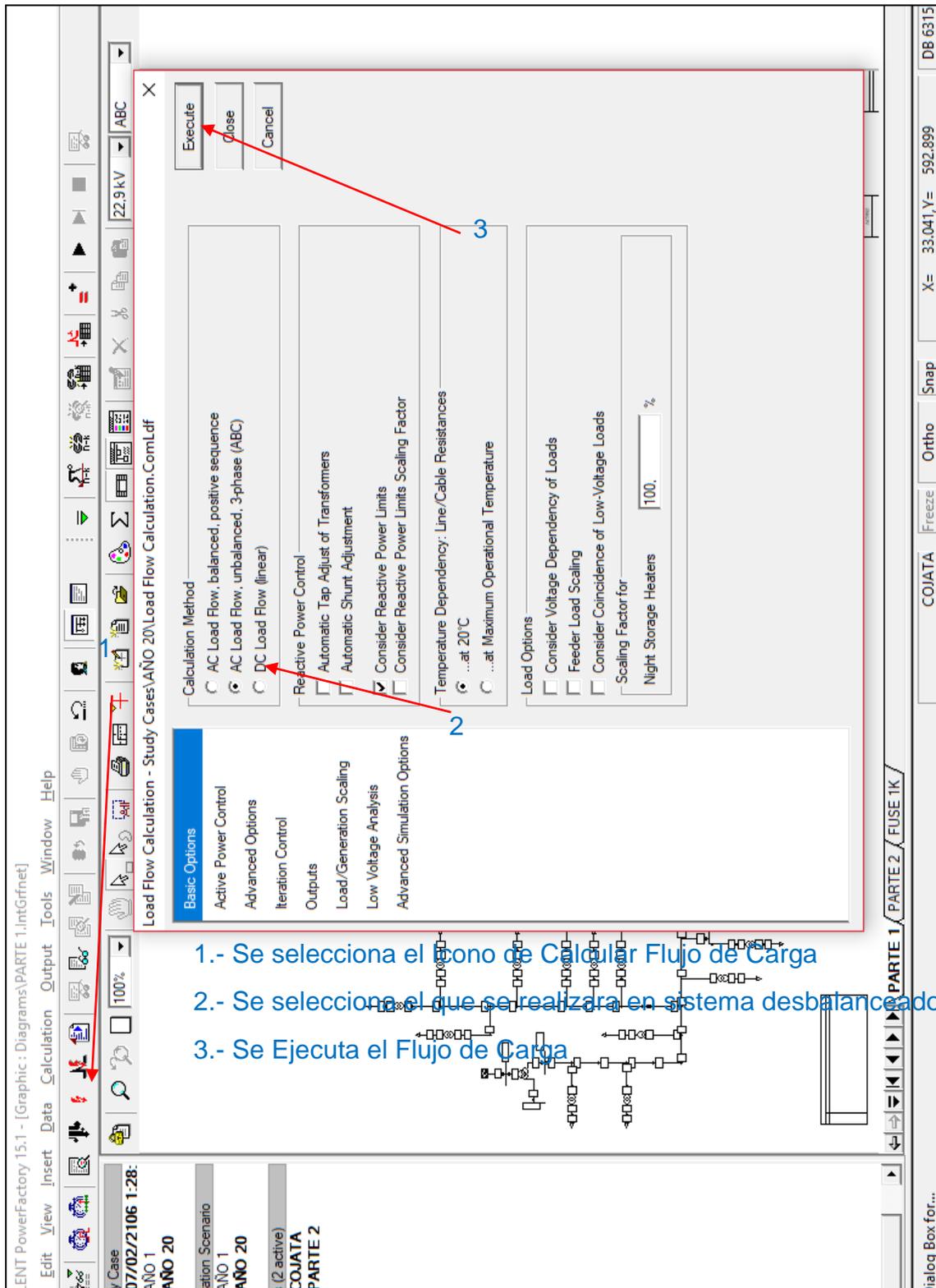
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 3: Actualización de datos, Diagrama Unifilar del Alimentador 4001



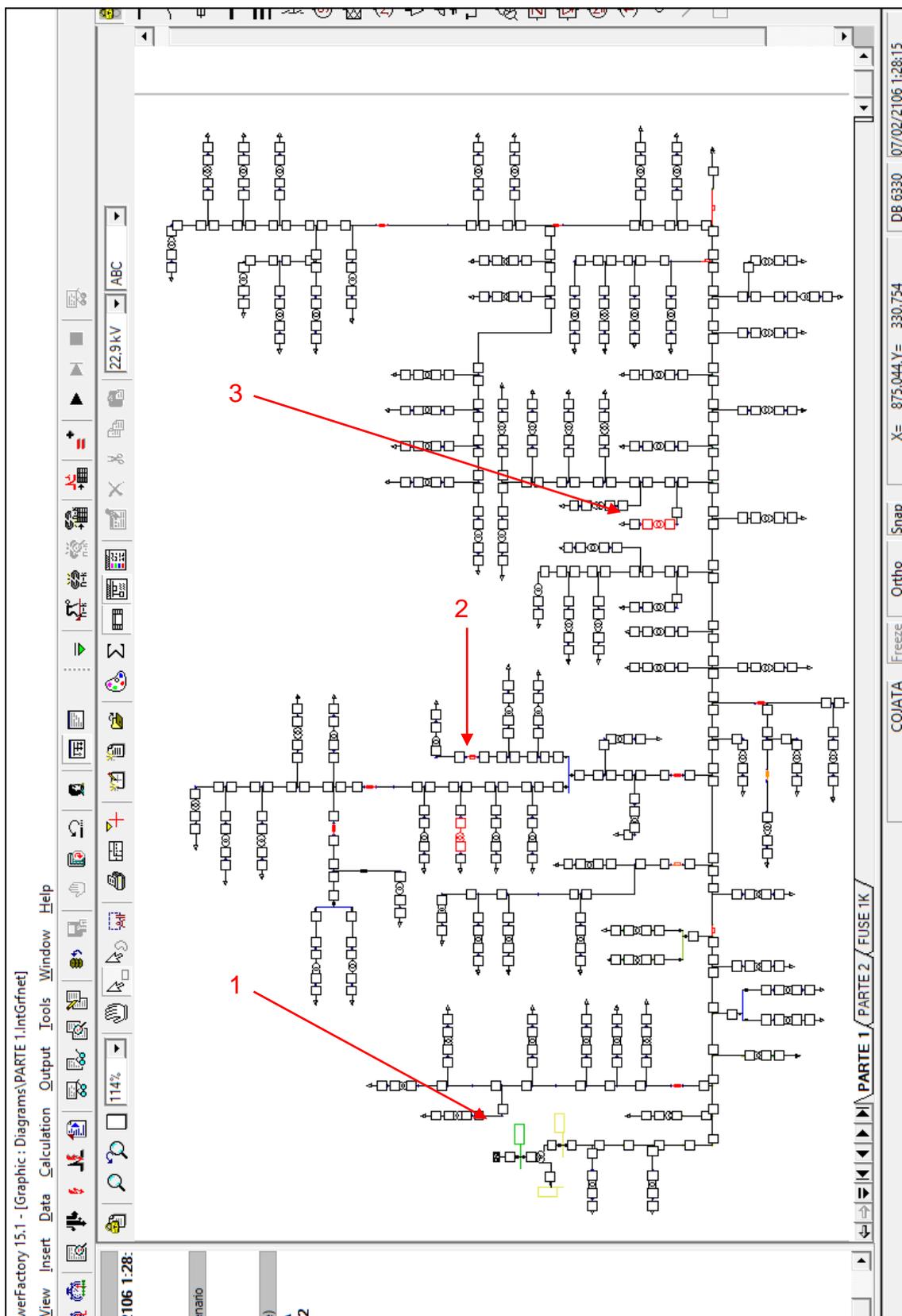
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 4: Con los datos actualizados en el programa DlgSILENT se procedera a hacer correr el flujo de Carga (Se realizara en Sistema desbalanceado ya que la la red cuenta con Lineas Trifasicas, Bifasicas y Monofasicas)



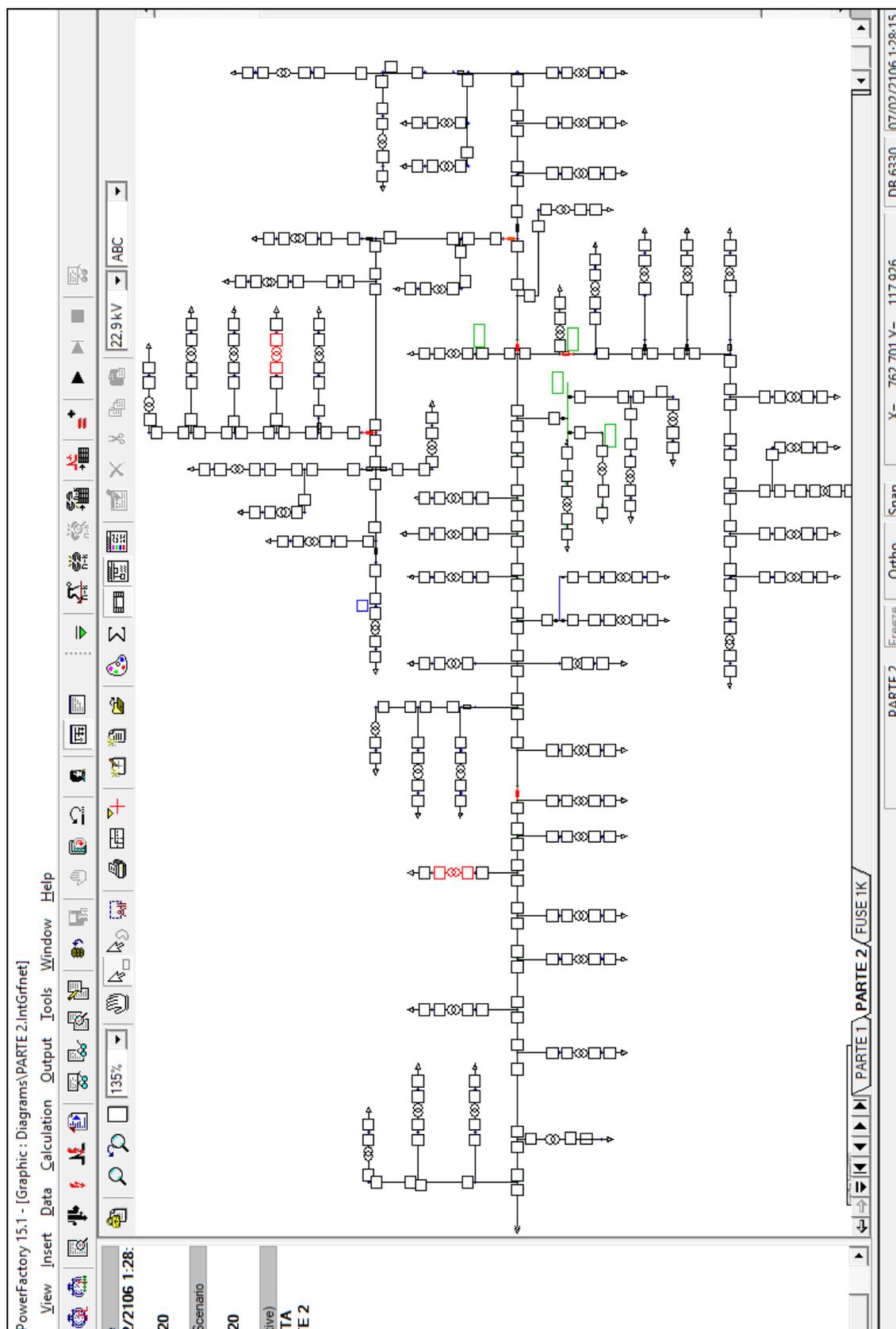
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 5: Reporte de resultados obtenidos luego de correr Flujo de Carga



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 6: Reporte de resultados obtenidos luego de correr Flujo de Carga



Fuente: Elaboracion Propia

Flujo De Potencia

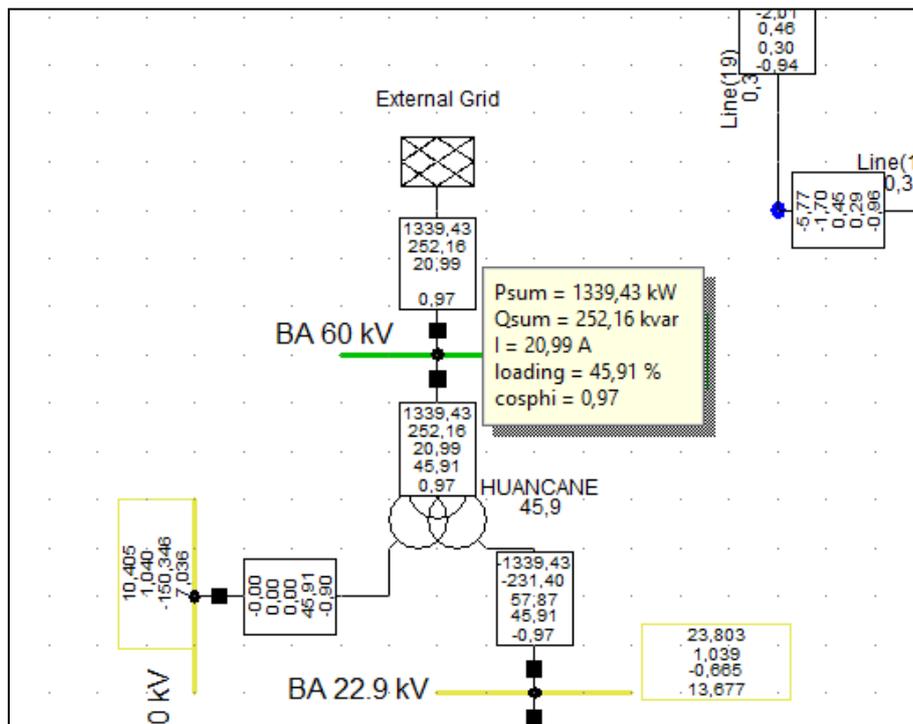
El Programa DIgSILENT emite el reporte de Flujo de Potencia, en donde muestra los diferentes parametros de los transformadors, barras, lineas, P, S, Q, I, $\cos(\varphi)$, etc.

Ademas el programa emite un reporte por colores en donde el color rojo significa critico, por lo que se tomo muestras de varios punto para dar el analisis correspondiente.

Despues de la corrida de Flujo de potencia se ha mostrado varios puntos con reportes de color rojo, adicionalmente se ha tomado como muestra varios puntos para realizar el analisis de los valores obtenidos.

Se procede a hacer el analisis de los diferentes puntos tomados:

Figura 3 7: Flujo de Potencia en la SE Huancané

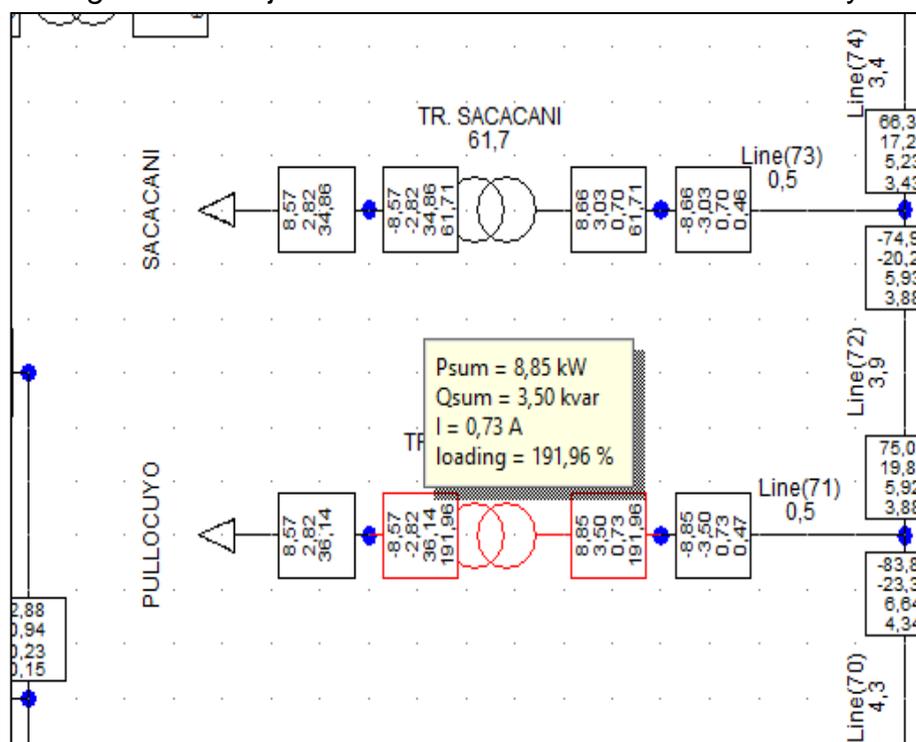


Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

La Subestacion de Huancane se tiene un reporte de Flujo de carga de Color Negro, ademas las Subestacion entrega una Potencia Activa total de $P=1339.43\text{kw}$, una corriente maxima de $I=20.99\text{A}$ y tiene una sobrecarga de 45.91% lo que significa que la subestacion esta trabajando a media carga, lo cual el resultado de flujo de potencia es satisfactorio para dicha subestacion

Figura 3 8: Flujo de Potencia en la localidad de Pullocuyo



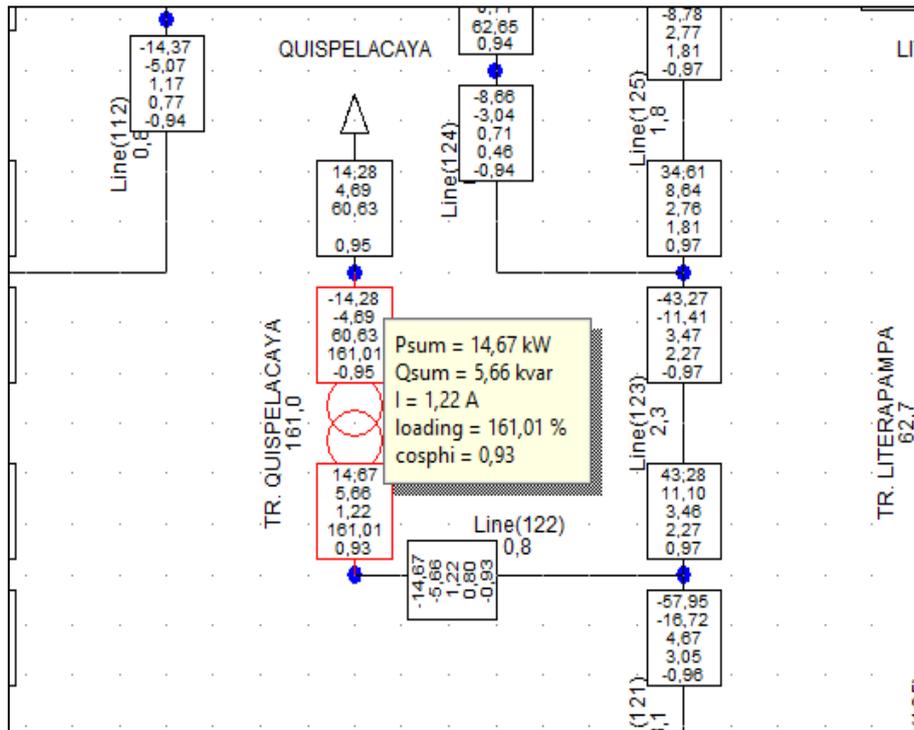
Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

Para la localidad de Pullocuyo se tiene un reporte de flujo de carga en Color Rojo, del analisis la linea que llega a esa localidad tiene una carga de 0.5%, tiene una Potencia Activa de $P=8.85\text{kw}$, una Potencia Aparente de $S=9.51\text{kva}$, una corriente de $I=0.73\text{A}$ y una sobrecarga de 191.96%, se debe tener en cuenta que la subetacion existente tiene una Potencia Aparente de

S=5 kva, lo cual el resultado de Flujo de Potencia ha demostrado que en la localidad de Pullocuyo existe una maxima demanda que ha superado la carga del Transformador existente por lo que la recomendación seria cambiar el transformador exitente de 5kva a un transformador de 10kva.

Figura 3 9: Flujo de Potencia en la Localidad de Quispelacaya



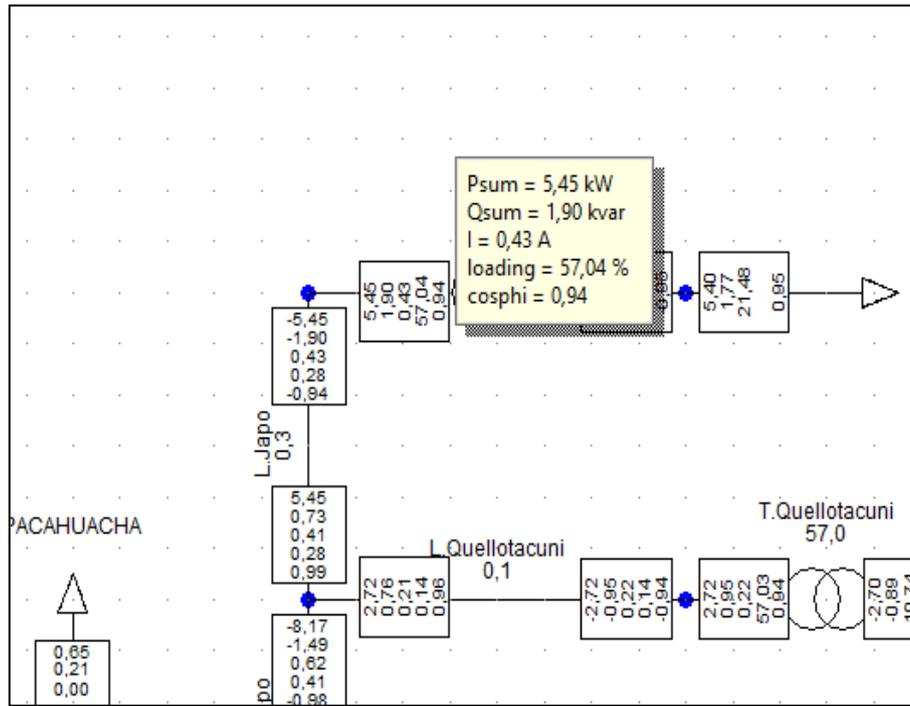
Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

Para la localidad de Quispelacaya se tiene un reporte de flujo de carga en Color Rojo, del analisis la linea que llega a esa localidad tiene una carga de 0.8%, tiene una Potencia Activa de $P=14.67\text{kw}$, una Potencia Aparente de $S=15.77\text{kva}$, una corriente de $I=1.22\text{A}$ y una sobrecarga de 161.01%, se debe tener en cuenta que la subetacion existente tiene una Potencia Aparente de $S=10\text{ kva}$, lo cual el resultado de Flujo de Potencia ha demostrado que en la localidad de Quispelacaya existe una maxima demanda que ha superado la carga del Transformador existente por lo que

se recomienda cambiar el transformador existente de 10kva a un transformador de 25kva ya que es equivalente a 23.25kw.

Figura 3 10: Flujo de Potencia en la Localidad de Japo

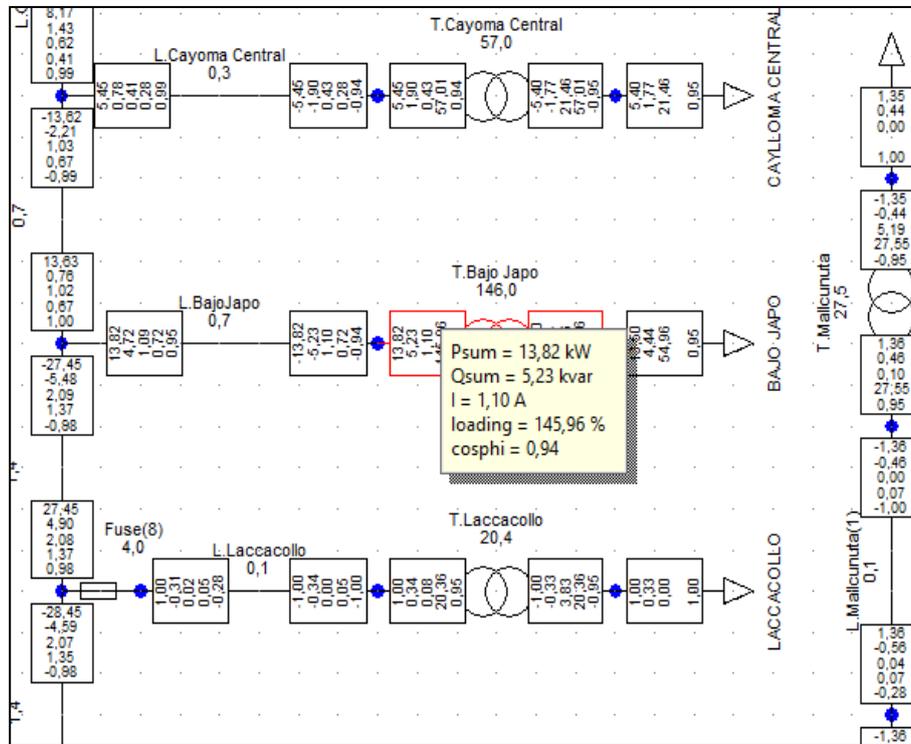


Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

Para la localidad de Japo se tiene un reporte de flujo de carga en Color Negro, del analisis la linea que llega a esa localidad tiene una carga de 0.3%, tiene una Potencia Activa de $P=5.45\text{kw}$, una Potencia Aparente de $S=5.79\text{kva}$, una corriente de $I=0.43\text{A}$ y una sobrecarga de 57.04%, se debe tener en cuenta que la subetacion existente tiene una Potencia Aparente de $S=10\text{ kva}$, lo cual el resultado de Flujo de Potencia ha demostrado que los valores obtenidos son satisfactorios ya que no existe sobrecarga alguna en esta localidad.

Figura 3 11: Flujo de Potencia en la Localidad de Bajo Japo

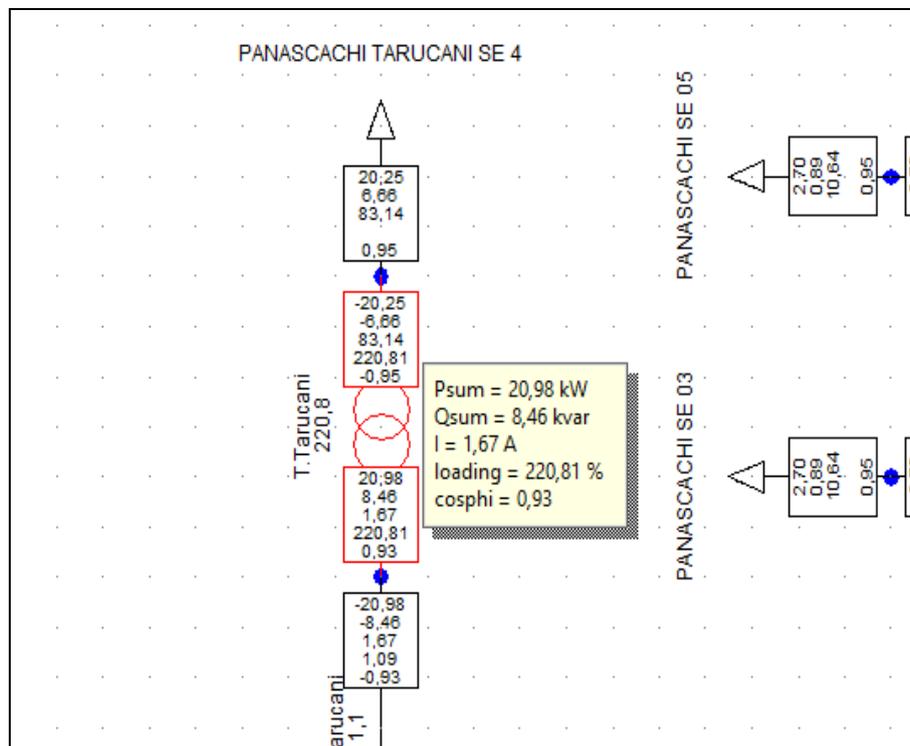


Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

Para la localidad de Bajo Japo se tiene un reporte de flujo de carga en Color Rojo, del analisis la linea que llega a esa localidad tiene una carga de 0.7%, tiene una Potencia Activa de $P=13.82\text{kw}$, una Potencia Aparente de $S=14.70\text{kva}$, una corriente de $I=1.10\text{A}$ y una sobrecarga de 145.96%, se debe tener en cuenta que la subetacion existente tiene una Potencia Aparente de $S=10\text{kva}$, lo cual el resultado de Flujo de Potencia ha demostrado que en la localidad de Bajo Japo existe una maxima demanda que ha superado la carga del Transformador existente por lo que se recomienda cambiar el transformador exitente de 10kva a un transformador de 15kva.

Figura 3 12: Flujo de Potencia en la Localidad de Tarucani

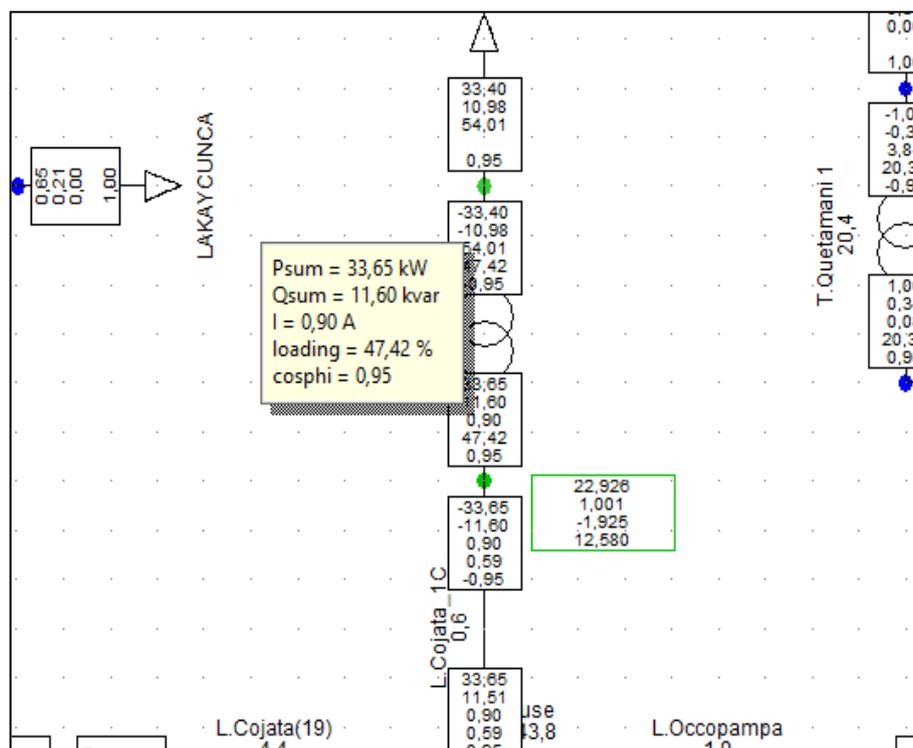


Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

Para la localidad de Panascachi Tarucani SE 4 se tiene un reporte de flujo de carga en Color Rojo, del analisis la linea que llega a esa localidad tiene una carga de 1.1%, tiene una Potencia Activa de $P=20.98\text{kw}$, una Potencia Aparente de $S=22.55\text{kva}$, una corriente de $I=1.67\text{A}$ y una sobrecarga de 220.8%, se debe tener en cuenta que la subetacion existente tiene una Potencia Aparente de $S=10\text{kva}$, lo cual el resultado de Flujo de Potencia ha demostrado que en la localidad de Panascachi Tarucani SE 4 Japo existe una maxima demanda que ha superado la carga del Transformador existente por lo que se recomienda cambiar el transformador existente de 10kva a un transformador de 25kva .

Figura 3 13: Flujo de Potencia en la Localidad de Cojata, SED 1C

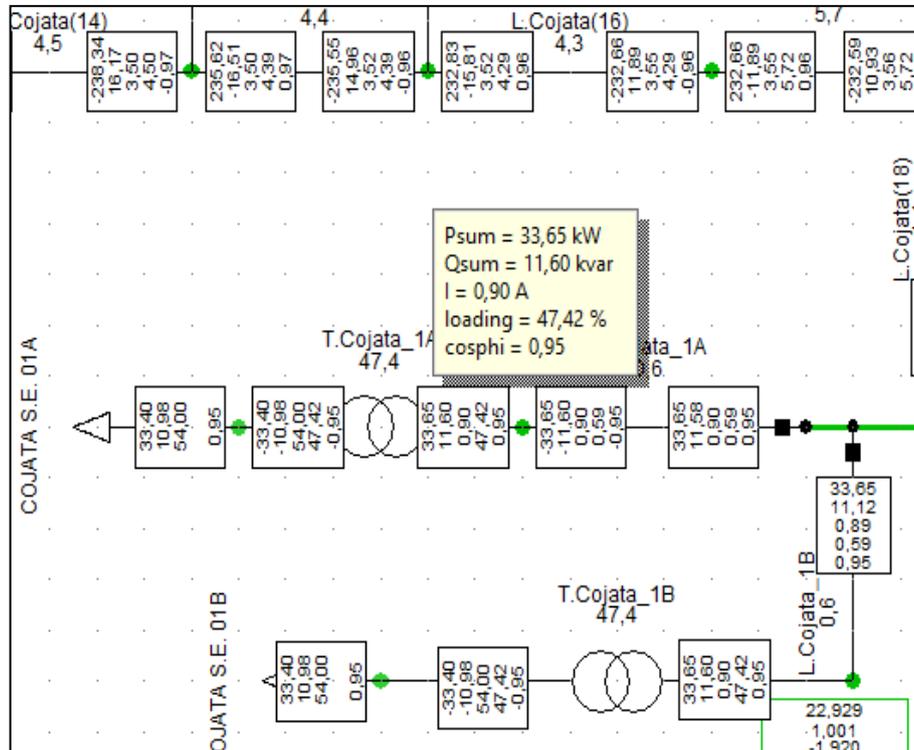


Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

Para la localidad de Cojara SED 1C se tiene un reporte de flujo de carga en Color Negro, del analisis la linea que llega a esa localidad tiene una carga de 0.6%, tiene una Potencia Activa de $P=33.65\text{kw}$, una Potencia Aparente de $S=35.42\text{kva}$, una corriente de $I=0.90\text{A}$ y una carga de 47.42%, lo cual el resultado de Flujo de Potencia ha demostrado que los valores obtenidos son satisfactorios ya que no existe sobrecarga alguna en esta localidad.

Figura 3 14: Flujo de Potencia en la Localidad de Cojata, SED 1A

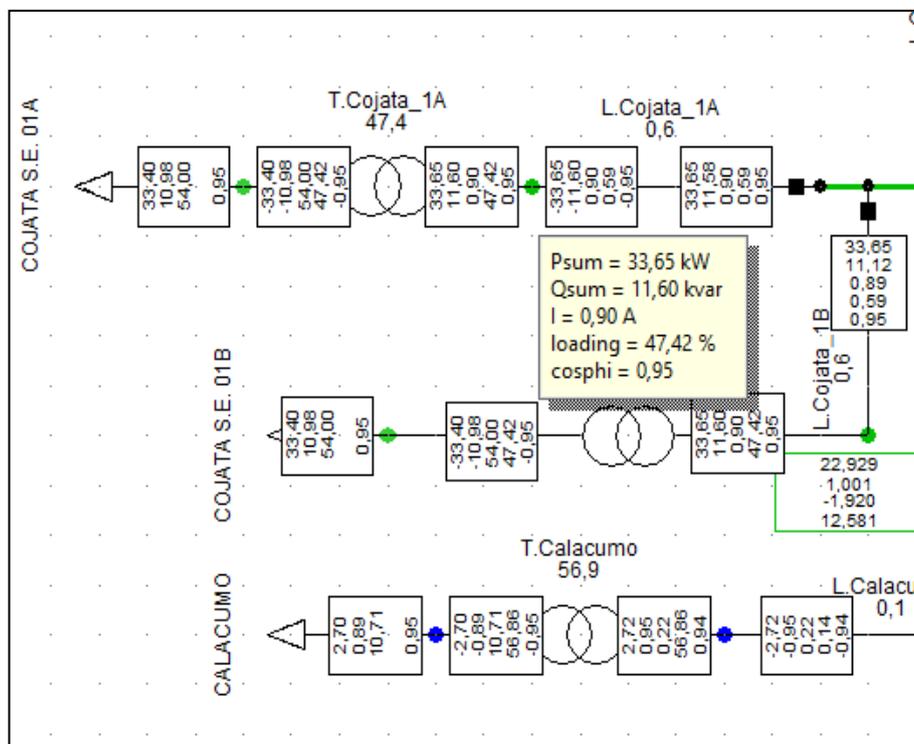


Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

Para la localidad de Cojara SED 1A se tiene un reporte de flujo de carga en Color Negro, del analisis la linea que llega a esa localidad tiene una carga de 0.6%, tiene una Potencia Activa de $P=33.65\text{kw}$, una Potencia Aparente de $S=35.42\text{kva}$, una corriente de $I=0.90\text{A}$ y una carga de 47.42%, lo cual el resultado de Flujo de Potencia ha demostrado que los valores obtenidos son satisfactorios ya que no existe sobrecarga alguna en esta localidad.

Figura 3 15: Flujo de Potencia en la Localidad de Cojata, SED 1A

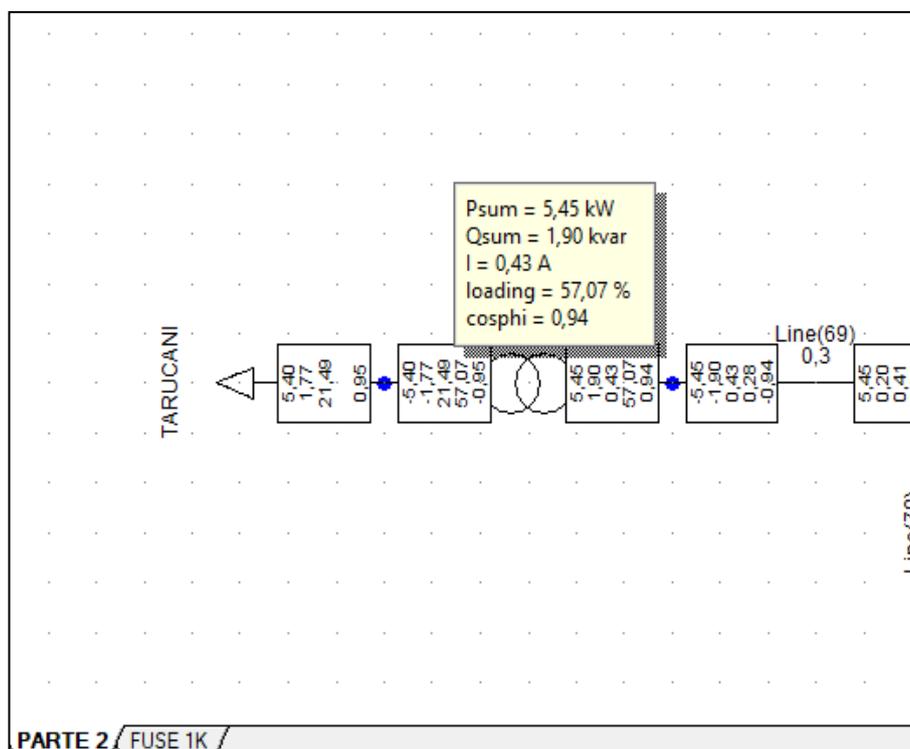


Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

Para la localidad de Cojara SED 1B se tiene un reporte de flujo de carga en Color Negro, del analisis la linea que llega a esa localidad tiene una carga de 0.6%, tiene una Potencia Activa de $P=33.65\text{kW}$, una Potencia Aparente de $S=35.42\text{kva}$, una corriente de $I=0.90\text{A}$ y una carga de 47.42%, lo cual el resultado de Flujo de Potencia ha demostrado que los valores obtenidos son satisfactorios ya que no existe sobrecarga alguna en esta localidad.

Figura 3 16: Flujo de Potencia en la Localidad de Tarucani

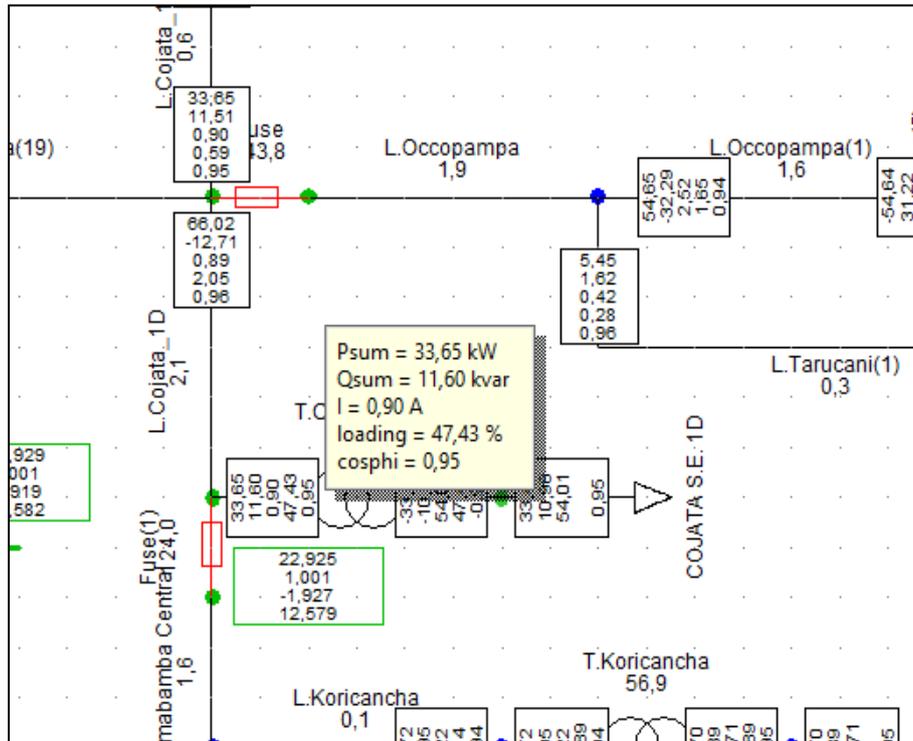


Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

Para la localidad de Tarucani se atiende un reporte de flujo de carga en Color Negro, del analisis la linea que llega a esa localidad tiene una carga de 0.3%, tiene una Potencia Activa de $P=5.45\text{kw}$, una Potencia Aparente de $S=5.79\text{kva}$, una corriente de $I=0.43\text{A}$ y una sobrecarga de 57.04%, lo cual el resultado de Flujo de Potencia ha demostrado que los valores obtenidos son satisfactorios ya que no existe sobrecarga alguna en esta localidad.

Figura 3 17: Flujo de Potencia en la Localidad d Cojata, SED 1D

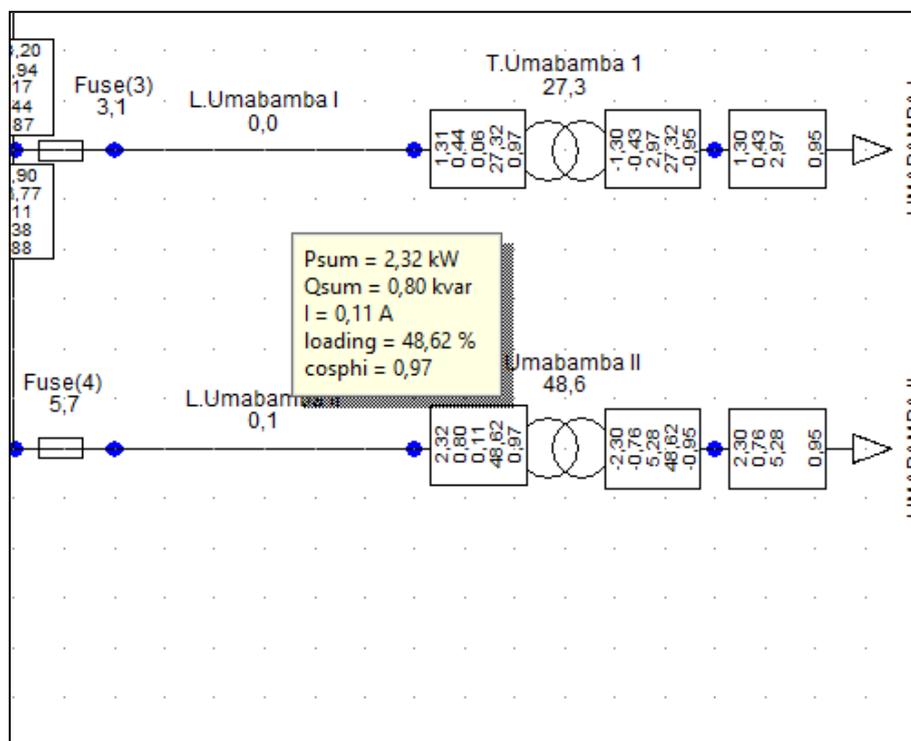


Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

Para la localidad de Cojara SED 1B se tiene un reporte de flujo de carga en Color Negro, del analisis la linea que llega a esa localidad tiene una carga de 0.6%, tiene una Potencia Activa de $P=33.65\text{kw}$, una Potencia Aparente de $S=35.42\text{kva}$, una corriente de $I=0.90\text{A}$ y una carga de 47.42%, lo cual el resultado de Flujo de Potencia ha demostrado que los valores obtenidos son satisfactorios ya que no existe sobrecarga alguna en esta localidad.

Figura 3 18: Flujo de Potencia en la Localidad de Umabamba II



Fuente: Elaboracion Propia

Se tiene el siguiente Resultado:

Para la localidad de Umamaba I se tiene un reporte de flujo de carga en Color Negro, del analisis la linea que llega a esa localidad tiene una carga de 0.1%, tiene una Potencia Activa de $P=2.32\text{kW}$, una Potencia Aparente de $S=2.39\text{kva}$, una corriente de $I=0.11\text{A}$ y una sobrecarga de 48.62%, lo cual el resultado de Flujo de Potencia ha demostrado que los valores obtenidos son satisfactorios ya que no existe sobrecarga alguna en esta localidad.

3.4 Análisis Y Simulación De Fallas

3.4.1 Cálculo De Cortocircuito

3.4.1.1 Consideraciones generales

El cálculo de cortocircuito se realizará desde cada SE de Potencia que alimente al sistema, con el propósito de brindar seguridad a los diferentes equipos a ser instalados en el proyecto, se ha previsto limitar las corrientes de falla que pudieran suscitarse, mediante dispositivos de protección adecuadamente dimensionados y coordinados. Con este propósito se ha efectuado el cálculo de las corrientes de falla.

El método de cálculo de corrientes de corto circuito para sistemas de distribución es el método completo; el software utilizado es el DIGSILENT.

3.4.1.2 Descripción del Escenario de Análisis (Año 20)

El escenario en el que se realizará la simulación de corrientes de falla será el año horizonte puesto que es en este año en donde se tiene la mayor demanda de todas las localidades del sistema y por lo tanto las corrientes de falla serán las más críticas y serán las ideales para tener en cuenta para la coordinación de la protección del sistema.

Las corrientes de corto circuito calculadas permitirán la selección de equipos.

3.4.1.3 Procedimiento para realizar la simulación de fallas.

Para el análisis y simulación de fallas del Sistema Eléctrico de Potencia se usará el Programa DIGSILENT se realizará el cálculo de la corriente de falla en diferentes puntos de un sistema se puede convertir rápidamente en un

análisis tedioso por su complejidad, por lo tanto, es de gran ayuda la utilización del mismo. La norma elegida es la IEC60909, debido a que se puede utilizar para todo tipo de sistema que sea de forma radial o en malla. Así mismo proporciona gran variedad de características es su implementación como:

- Permite el estudio de cortocircuito tanto simétrico como asimétrico
- Extremada precisión
- El estándar se basa en el teorema de Thevelin determinando equivalente de voltajes en un lugar de corto circuito y sus respectivas corrientes.
- Se desprecian las capacidades
- Las maquinas síncronas son reemplazadas por los cálculos de sus respectivas impedancias en secuencia positiva, negativa y cero.

Lo anterior permite que se realicen simulaciones basadas en conocimientos expuestos en el curso de sistemas de potencia.

La corriente máxima de cortocircuito nos ayudara a obtener lo siguiente:

- El dimensionamiento del equipo de protección.
- El cálculo de ajuste de protecciones.
- El dimensionamiento máximo de puesta a tierra.

La corriente máxima de cortocircuito se obtiene cuando el sistema tiene el mayor número de fuentes de generación operando.

La corriente mínima, se utiliza para realizar verificaciones del ajuste de protecciones y se obtiene cuando en el sistema se encuentra operando el menor número de fuentes de generación.

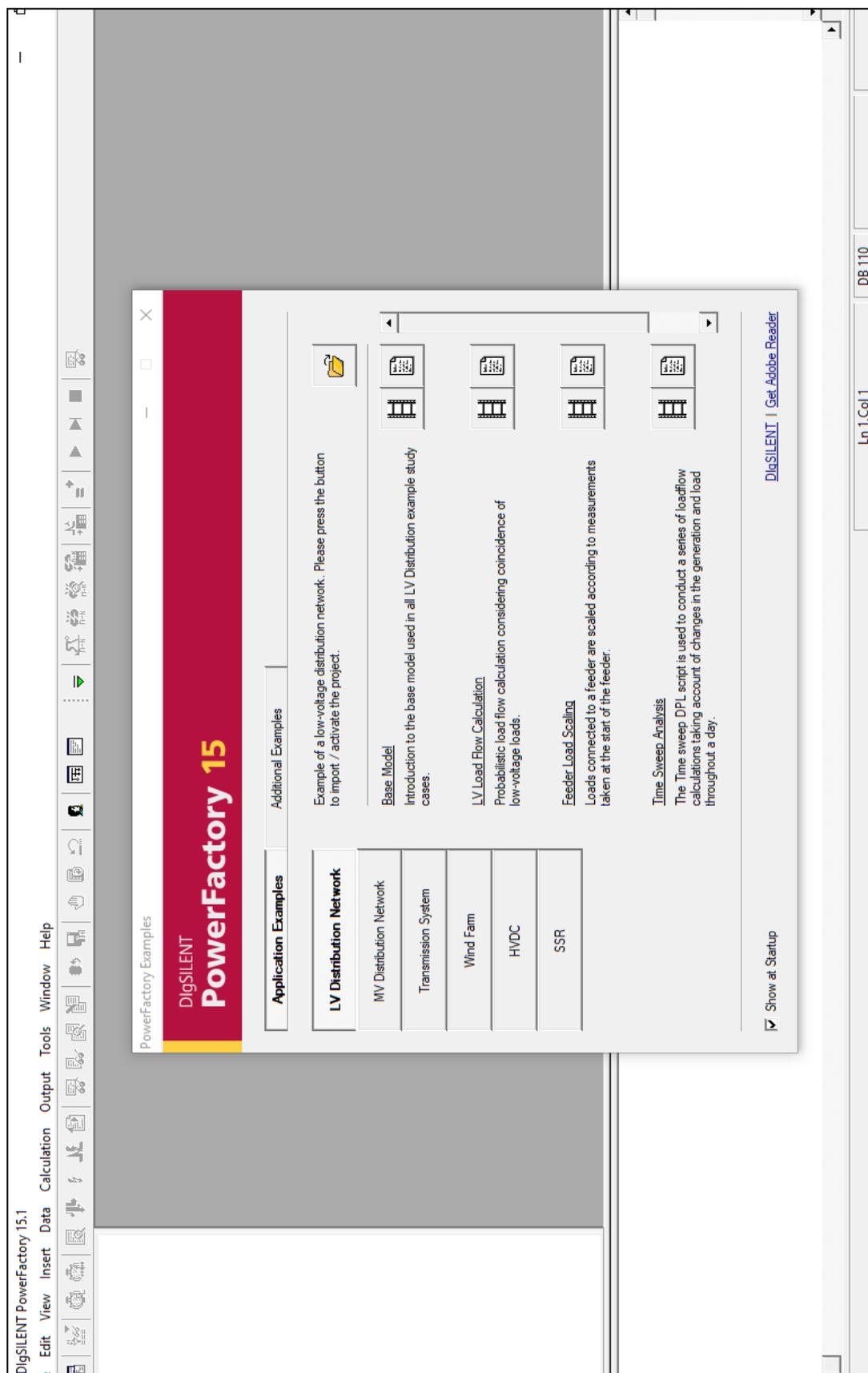
3.4.2 Condiciones e intervalos de cortocircuitos

La coordinación de protección implica necesariamente el uso de las curvas tiempo-corriente de los distintos elementos de protección que intervienen. Cuando se grafican curvas de coordinación, se deben considerar ciertos intervalos de tiempo entre las curvas de estos dispositivos de protección, ya que es la única forma de garantizar su operación secuencial correcta. Por otra parte, las características de la operación de los fusibles, reveladores e interruptores, son distintas y hacen necesario estos márgenes.

Los factores que determinan la coordinación de intervalos principalmente:

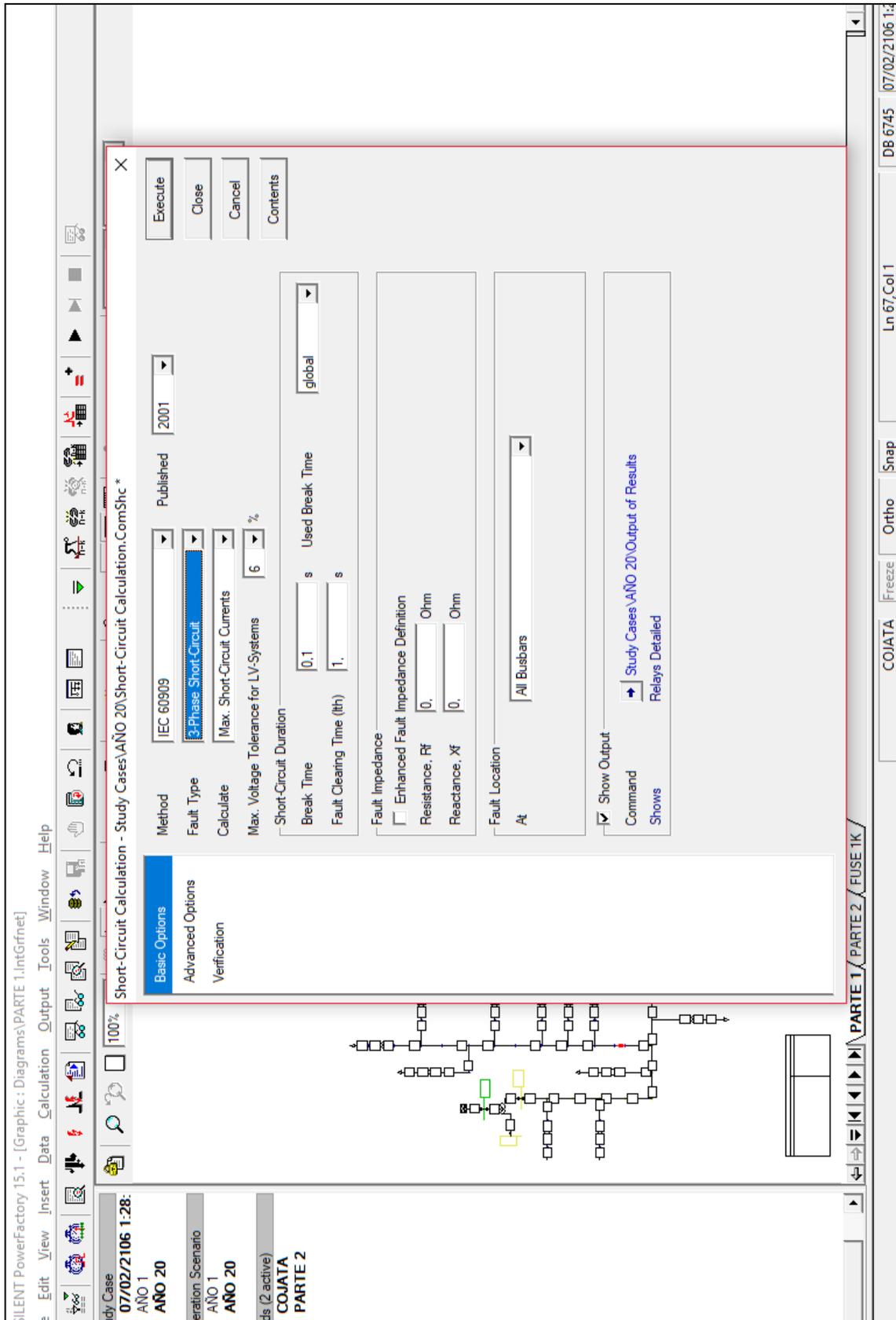
- La magnitud de corriente de falla en el sistema
- La característica del detector del dispositivo de protección
- La sensibilidad del dispositivo de protección corresponde a las magnitudes de las corrientes de fallas.
- El margen de tiempo que se representa entre el detector del dispositivo de protección y el propio tiempo de interruptor.

Figura 3 19: Iniciación del Programa DIGSILENT



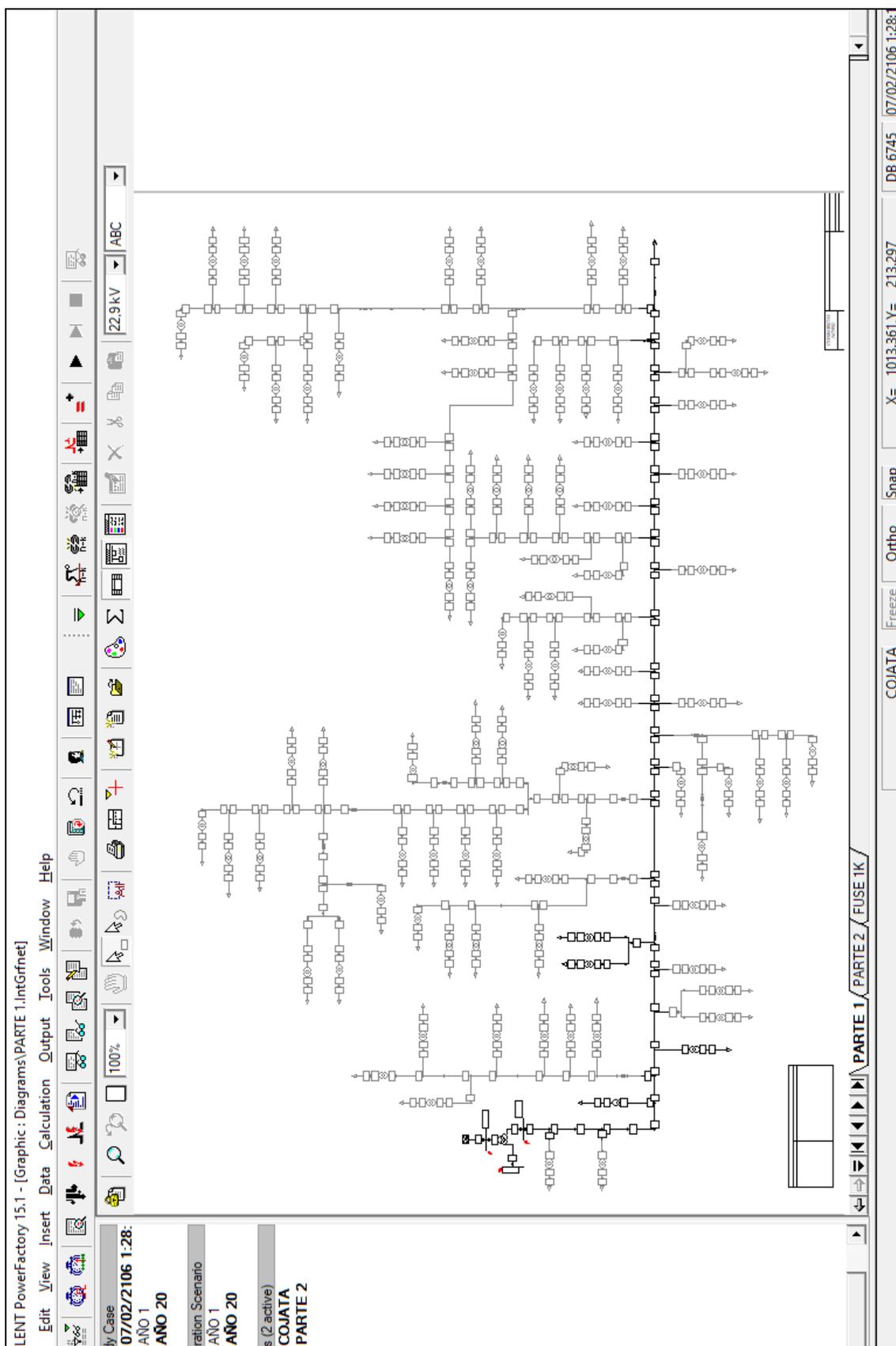
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 20: Se simulará la falla trifásica en el alimentador A4001 y en las subestaciones de localidad de Cojata



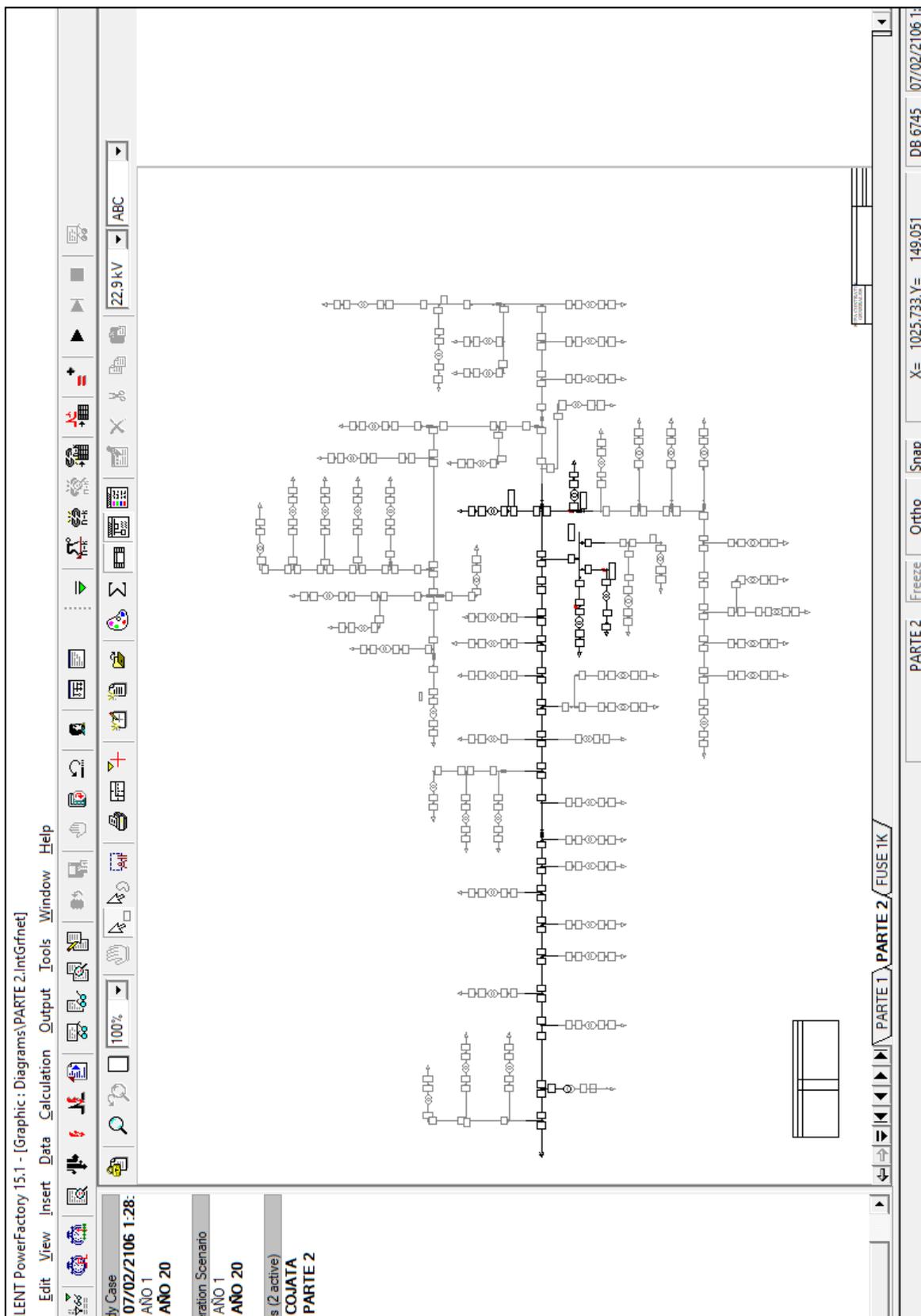
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 21: Simulacion de la falla trifasica en el Alimentador A 4001



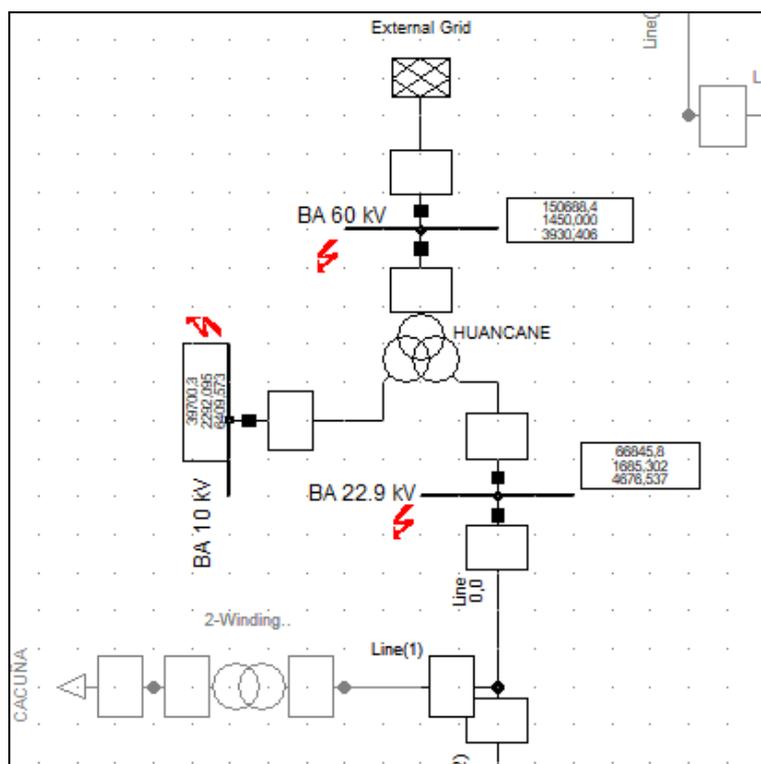
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 22: Simulacion de la Falla trifasica en la Localidad de Cojata



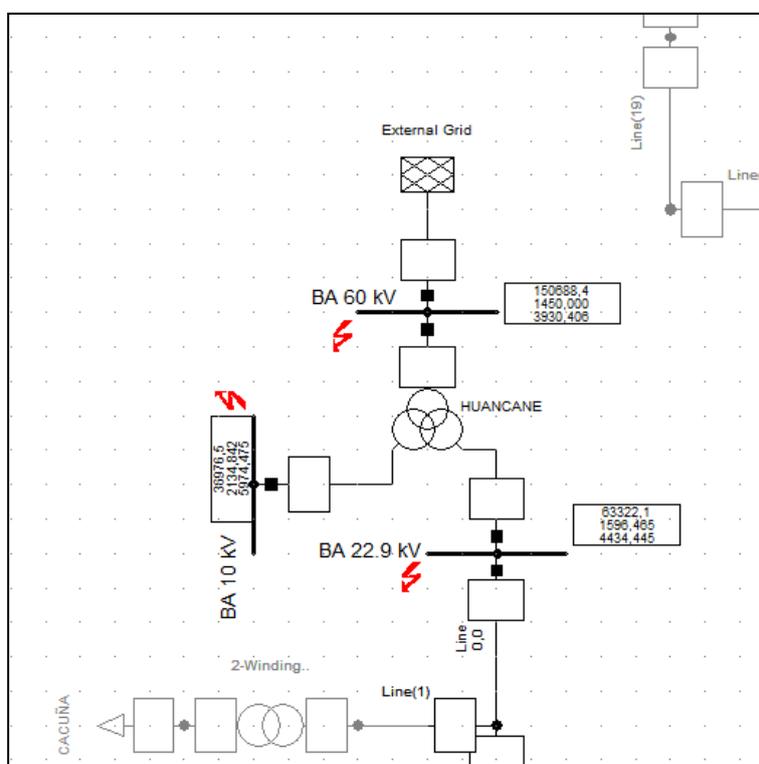
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 23: Máxima corriente de cortocircuito en el Alimentador A4001



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 24: Mínima corriente de cortocircuito en el Alimentador A4001



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 25: Reporte de calculos del programa DIgSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito

Grid: COJATA	System Stage: COJATA								Annex:	
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	[deg]	ip [A /kA]	Ib [A]	Sb [kVA]
BA 60 kV	60,00	0,00	0,00	1,10	150688,44 kVA	1450,00 A	-88,30	3930,41 A	1450,00150688,44	
HUANCANE	BA 22.9 kV	BA 10 kV			0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
External Grid					150688,44 kVA	1450,00 A	-88,30	3930,41 A		
BA 10 kV	10,00	0,00	0,00	1,10	39700,26 kVA	2292,10 A	-89,55	6409,57 A	2292,10 39700,26	
HUANCANE	BA 60 kV	BA 22.9 kV			39700,26 kVA	2292,10 A	90,45	6409,57 A		
BA 22.9 kV	22,90	0,00	0,00	1,10	66845,77 kVA	1685,30 A	-89,25	4676,54 A	1685,30 66845,77	
HUANCANE	BA 60 kV	BA 10 kV			66845,77 kVA	1685,30 A	90,75	4676,54 A		
Line	Terminal(l				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 26: Reporte de calculos del programa DIgSILENT con Minima corriente de Cortocrcuito

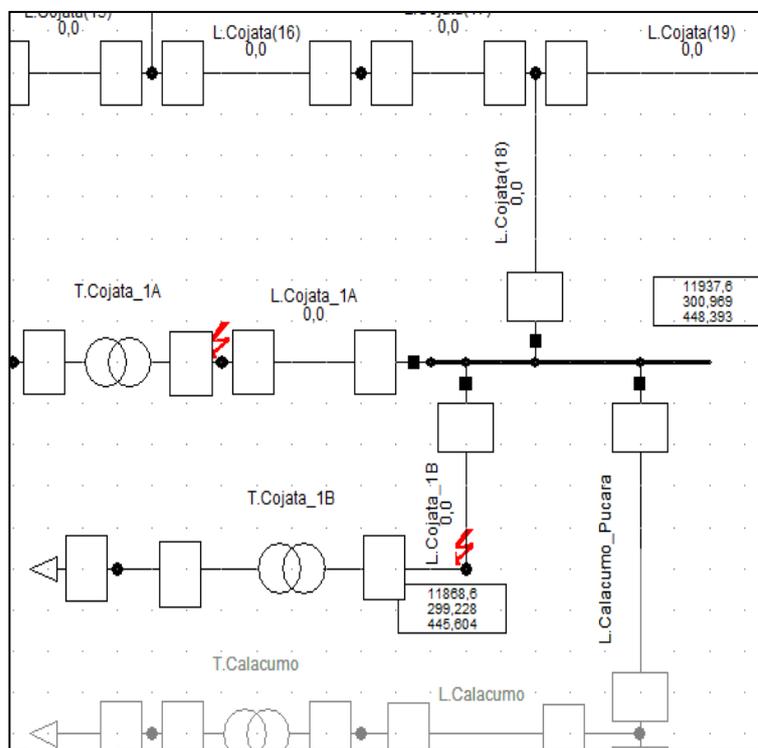
Grid: COJATA	System Stage: COJATA								Annex:	
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	[deg]	ip [A /kA]	Ib [A]	Sb [kVA]
BA 60 kV	60,00	0,00	0,00	1,00	150688,44 kVA	1450,00 A	-88,30	3930,41 A	1450,00150688,44	
HUANCANE	BA 22.9 kV	BA 10 kV			0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
External Grid					150688,44 kVA	1450,00 A	-88,30	3930,41 A		
BA 10 kV	10,00	0,00	0,00	1,00	36976,54 kVA	2134,84 A	-89,58	5974,48 A	2134,84 36976,54	
HUANCANE	BA 60 kV	BA 22.9 kV			36976,54 kVA	2134,84 A	90,42	5974,48 A		
BA 22.9 kV	22,90	0,00	0,00	1,00	63322,14 kVA	1596,47 A	-89,29	4434,45 A	1596,47 63322,14	
HUANCANE	BA 60 kV	BA 10 kV			63322,14 kVA	1596,47 A	90,71	4434,45 A		
Line	Terminal(l				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		

Fuente: Elaboracion Propia

En el sistema electrico de potencia, en la barra de 22,9 Kv se ha simulado una falla Trifasica con maximas y minimas corrientes de cortocircuito, del Reporte emitido por el programa DIgSILENT se tiene el siguiente analisis, el voltaje de barra es de $V=22.9\text{kv}$, el voltaje en falla es $V=0\text{ kv}$ ya que se realizo una falla trifasica, la potencia de cortocircuito inicial $Sk''=66845.77\text{kVA}$, la corriente subtrancitoria maxima es $Ik''=1.685\text{kA}$ y la minima corriente subtrancitoria es 1596.47kA , la corriente pico es de $I_p=4676.54\text{ A}$, la corriente cortocircuito de interrupcion $I_b=1685.47$ (En falla Estable) y la corriente de cortocircuito $I_{th}=1858.37\text{A}$.

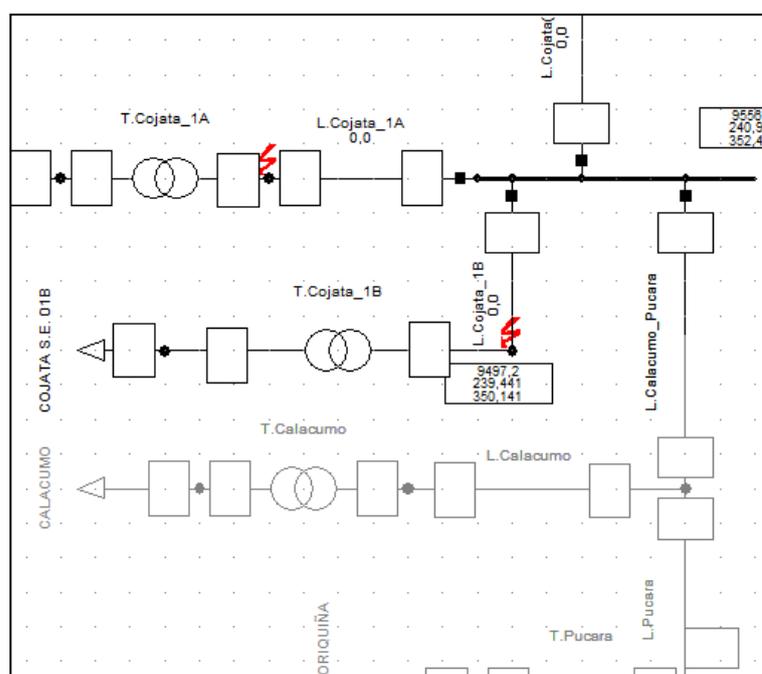
SIMULACION DE FALLA TRIFASICA

Figura 3 27: Simulacion de la falla trifasica en la localidad de Cojata en las SED 1A y 1B, con maxima corriente de cortocircuito



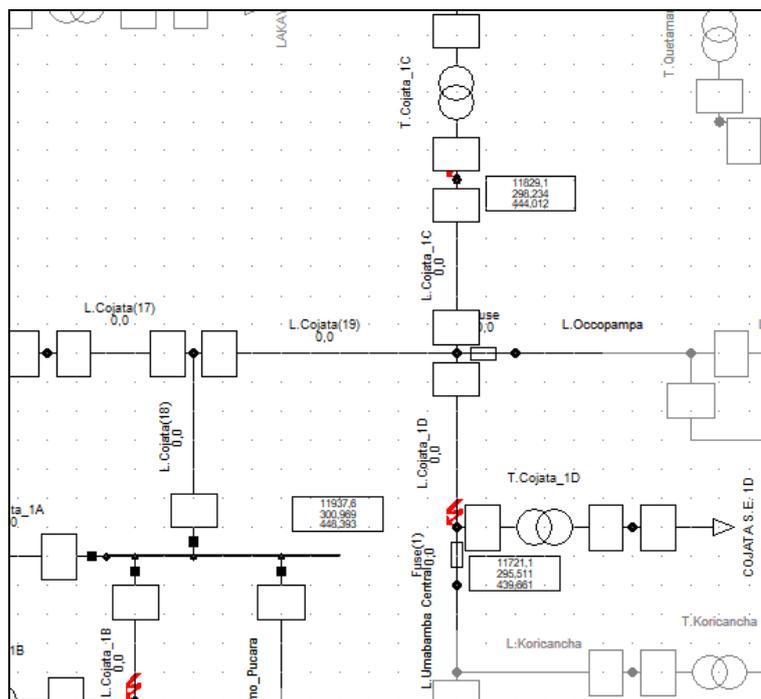
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 28: Simulacion de la falla trifasica en la localidad de Cojata en las SED 1A y 1B, con minima corriente de cortocircuito



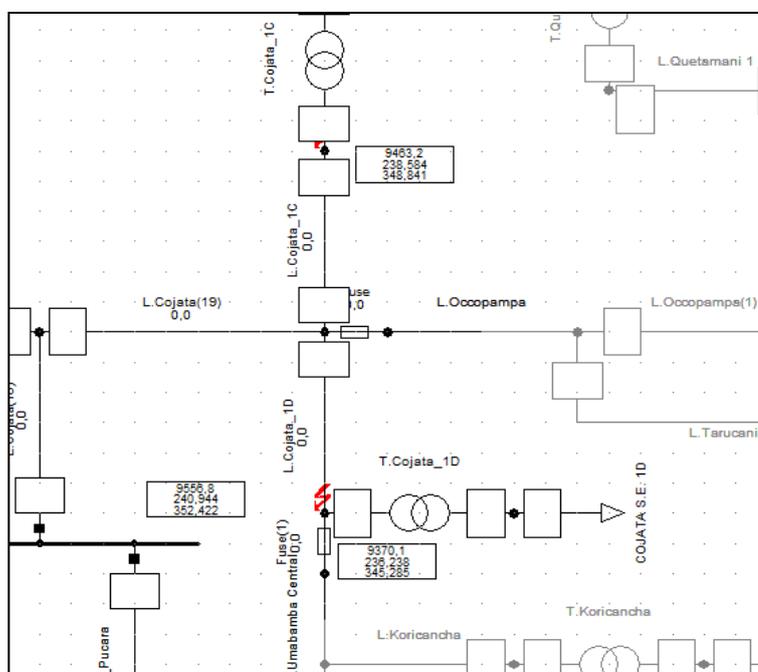
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 29: Simulacion de la falla trifasica en la localidad de Cojata en las SED 1C y 1D, con maxima corriente de cortocircuito



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 30: Simulacion de la falla trifasica en la localidad de Cojata en las SED 1C y 1D, con minima corriente de cortocircuito



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 31: Reporte de calculos del programa DlgSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito

Grid: PARTE 2	System Stage: PARTE 2							Annex:		
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	[deg]	ip [A /kA]	Ib [A]	Sb [kVA]
MT_COJATA S.E. N	22,90	0,00	0,00	1,10	11937,61 kVA	300,97 A	-41,62	448,39 A	300,97	11937,61
L.Cojata_1A	Terminal(6				11937,61 kVA	300,97 A	138,38	448,39 A		
T.Cojata_1A	Terminal(6				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
MT_COJATA S.E. N	22,90	0,00	0,00	1,10	11868,58 kVA	299,23 A	-41,50	445,60 A	299,23	11868,58
L.Cojata_1B	Terminal(6				11868,58 kVA	299,23 A	138,50	445,60 A		
T.Cojata_1B	Terminal(6				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
MT_COJATA S.E. N°	22,90	0,00	0,00	1,10	11829,15 kVA	298,23 A	-41,43	444,01 A	298,23	11829,15
L.Cojata_1C	Terminal(7				11829,15 kVA	298,23 A	138,57	444,01 A		
T.Cojata_1C	Terminal(7				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
MT_COJATA S.E. N°	22,90	0,00	0,00	1,10	11721,14 kVA	295,51 A	-41,25	439,66 A	295,51	11721,14
L.Cojata_1D	Terminal(7				11721,14 kVA	295,51 A	138,75	439,66 A		
T.Cojata_1D	Terminal(7				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
Fuse(1)	Terminal(1				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 32: Reporte de calculos del programa DlgSILENT con Minima corriente de Cortocircuito

Grid: PARTE 2	System Stage: PARTE 2							Annex:		
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	[deg]	ip [A /kA]	Ib [A]	Sb [kVA]
MT_COJATA S.E. N	22,90	0,00	0,00	1,00	9556,78 kVA	240,94 A	-35,35	352,42 A	240,94	9556,78
L.Cojata_1A	Terminal(6				9556,78 kVA	240,94 A	144,65	352,42 A		
T.Cojata_1A	Terminal(6				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
MT_COJATA S.E. N	22,90	0,00	0,00	1,00	9497,19 kVA	239,44 A	-35,24	350,14 A	239,44	9497,19
L.Cojata_1B	Terminal(6				9497,19 kVA	239,44 A	144,76	350,14 A		
T.Cojata_1B	Terminal(6				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
MT_COJATA S.E. N°	22,90	0,00	0,00	1,00	9463,18 kVA	238,58 A	-35,17	348,84 A	238,58	9463,18
L.Cojata_1C	Terminal(7				9463,18 kVA	238,58 A	144,83	348,84 A		
T.Cojata_1C	Terminal(7				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
MT_COJATA S.E. N°	22,90	0,00	0,00	1,00	9370,12 kVA	236,24 A	-35,00	345,29 A	236,24	9370,12
L.Cojata_1D	Terminal(7				9370,12 kVA	236,24 A	145,00	345,29 A		
T.Cojata_1D	Terminal(7				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
Fuse(1)	Terminal(1				0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		

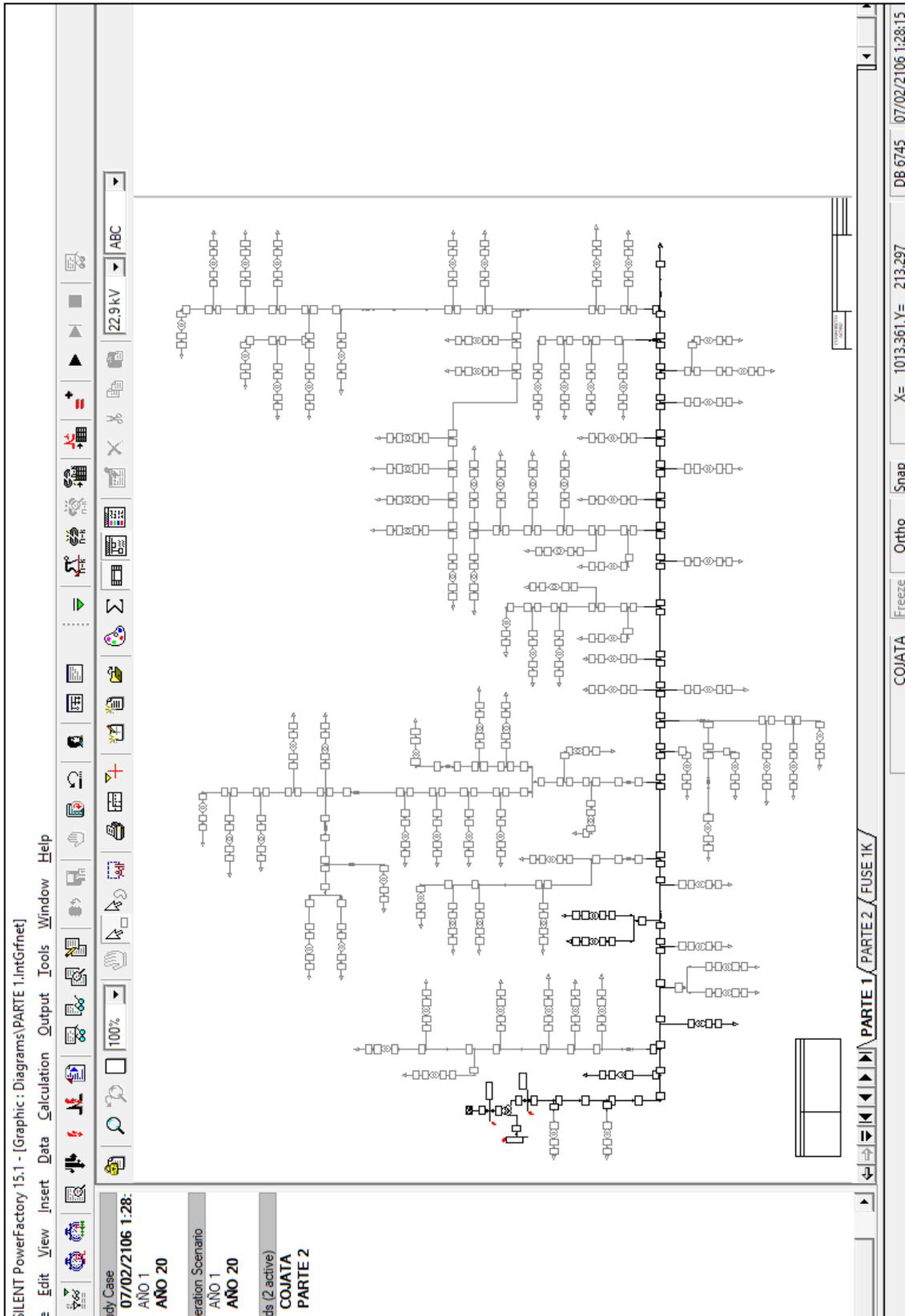
Fuente: Elaboracion Propia

En el sistema electrico de potencia, en la barra de 22,9 Kv se ha simulado una falla Trifasica con maximas y minimas corrientes de cortocircuito, del reporte emitido por el programa DlgSILENT se tiene el siguiente analisis, el voltaje en las barras de las subestaciones 1A, 1B, 1C y 1D es de V=22.9kv, el voltaje en falla para todos los casos es V=0 kv ya que se simulo una falla trifasica, la potencia de cortocircuito inicial Sk"=11937.61kVA,

$S_k''=11868.58\text{kVA}$, $S_k''=11829.15\text{kVA}$ y $S_k''=11721.14\text{kVA}$ respectivamente de las SED 1A, 1B, 1C y 1D, la corriente subtrancitoria maxima es $I_k''=300.97\text{A}$, $I_k''=299.23\text{A}$, $I_k''=298.23\text{A}$ y $I_k''=295.51\text{A}$, y la minima corriente subtrancitoria es $I_k''=240.94\text{A}$, $I_k''=239.44\text{A}$, $I_k''=238.58\text{A}$ y $I_k''=236.24\text{A}$ respectivamente de las SED 1A, 1B, 1C y 1D, la corriente pico es de $I_p=448.39\text{A}$, $I_p=445.60\text{A}$, $I_p=444.01\text{A}$ y $I_p=439.66\text{A}$ respectivamente de las SED 1A, 1B, 1C y 1D, por lo que se llega a la conclusion de que de las cuatro subestaciones existentes en la Localidad de Cojata, la subestacione que tiene mayor corrientes de cortocircuito es la SED 1A con $I_k''=300.97\text{A}$ y la subestacion que tiene menor corriente de cortocircuito es la SED 1D con $I_k''=236.24\text{A}$, se ha obtenido valores favorables.

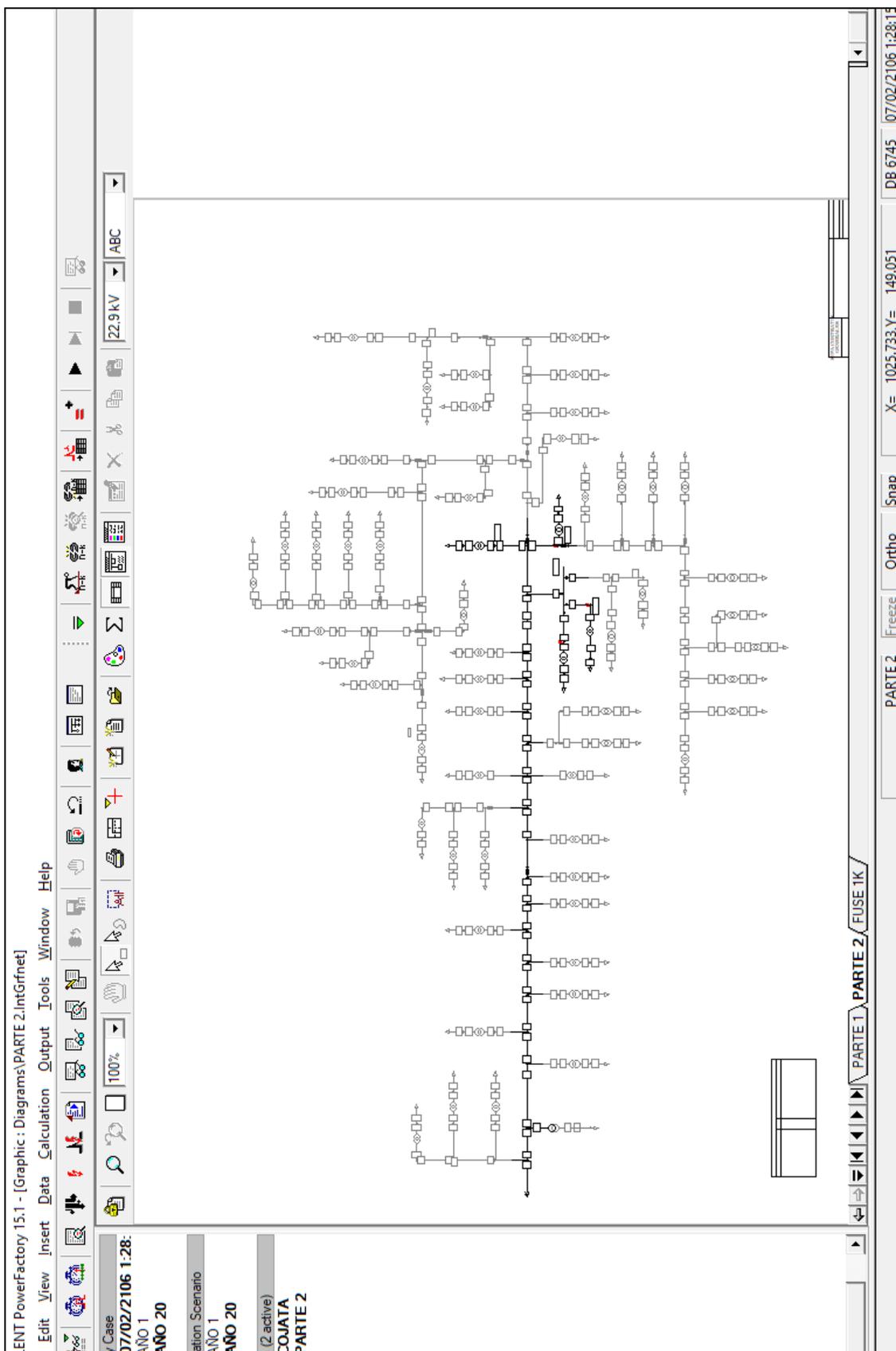
SIMULACION DE FALLAS BIFASICAS

Figura 3 33: Simulación de la falla Bifásica en el Alimentador A4001



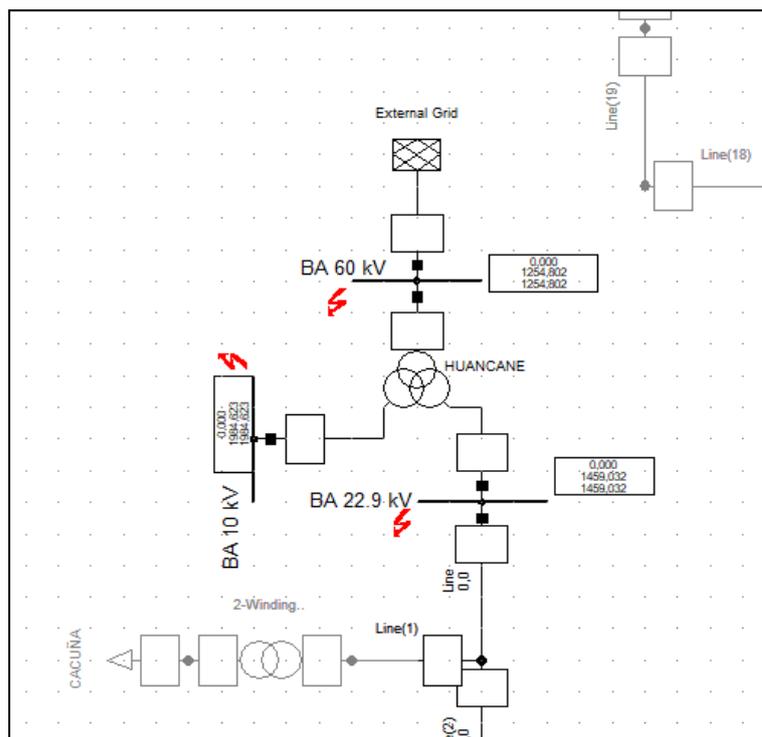
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 34: Simulación de falla Bifásica en la Localidad de Cojata.



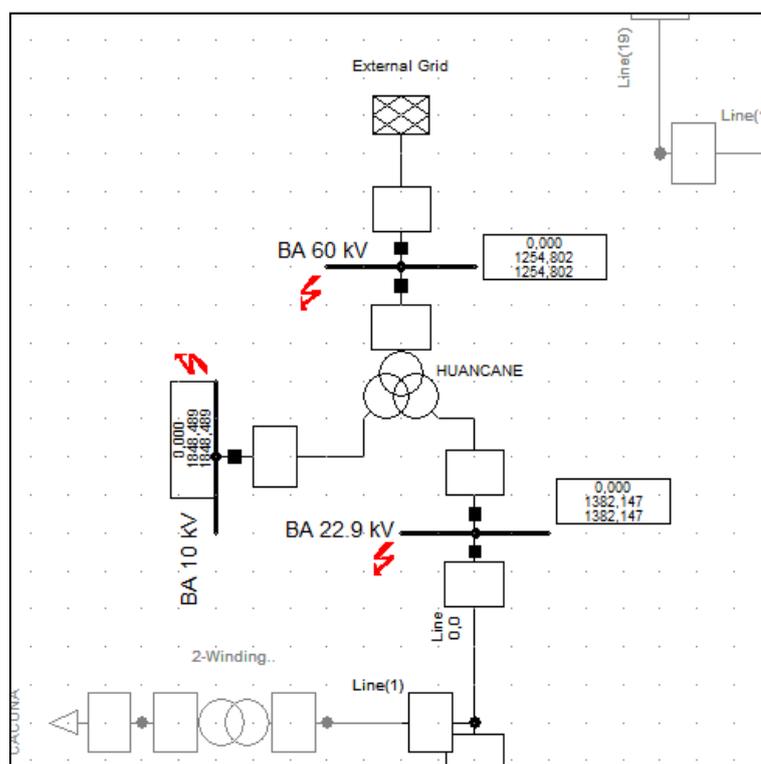
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 35: Análisis de falla Bifásica en el Alimentador A4001 con máxima corriente de cortocircuito



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 36: Análisis de falla Bifásica en el Alimentador A4001 con mínima corriente de cortocircuito



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 37: Reporte de calculos del programa DigSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito

Grid: COJATA		System Stage: COJATA				I		Annex:		
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	[deg]	ip [A /kA]	Ib [A]	
BA 60 kV	A	60,00	34,67	-0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00
	B		17,33	180,00		43467,62 kVA	1254,80 A	-178,30	3401,30 A	1254,80
	C		17,33	180,00		43467,62 kVA	1254,80 A	1,70	3401,30 A	1254,80
HUANCANE	BA 22.9 kV BA 10 kV					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
External Grid					C	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					B	43467,62 kVA	1254,80 A	-178,30	3401,30 A	
BA 10 kV	A	10,00	5,77	-0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00
	B		2,89	180,00		10672,26 kVA	1848,49 A	-179,58	5173,10 A	1848,49
	C		2,89	180,00		10672,26 kVA	1848,49 A	0,42	5173,10 A	1848,49
HUANCANE	BA 60 kV BA 22.9 kV					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					B	10672,26 kVA	1848,49 A	0,42	5173,10 A	
BA 22.9 kV	A	22,90	13,23	-0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00
	B		6,61	180,00		18273,81 kVA	1382,15 A	-179,29	3839,14 A	1382,15
	C		6,61	180,00		18273,81 kVA	1382,15 A	0,71	3839,14 A	1382,15

Fuente: Elaboracion Propia

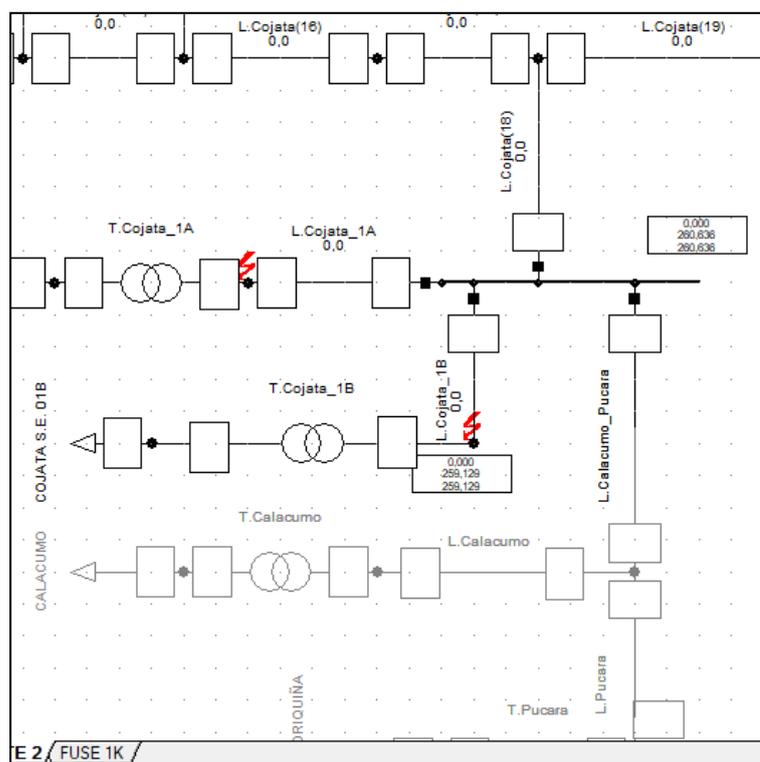
Figura 3 38: Reporte de calculos del programa DigSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito

	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	[deg]	ip [A /kA]	Ib [A]	
BA 60 kV	A	60,00	38,13	-0,00	1,10	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00
	B		19,07	180,00		43467,62 kVA	1254,80 A	-178,30	3401,30 A	1254,80
	C		19,07	180,00		43467,62 kVA	1254,80 A	1,70	3401,30 A	1254,80
HUANCANE	BA 22.9 kV BA 10 kV					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
External Grid					C	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					B	43467,62 kVA	1254,80 A	-178,30	3401,30 A	
BA 10 kV	A	10,00	6,35	-0,00	1,10	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00
	B		3,18	180,00		11458,23 kVA	1984,62 A	-179,55	5549,76 A	1984,62
	C		3,18	180,00		11458,23 kVA	1984,62 A	0,45	5549,76 A	1984,62
HUANCANE	BA 60 kV BA 22.9 kV					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
					B	11458,23 kVA	1984,62 A	0,45	5549,76 A	
BA 22.9 kV	A	22,90	14,55	-0,00	1,10	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00
	B		7,27	180,00		19290,34 kVA	1459,03 A	-179,25	4048,66 A	1459,03
	C		7,27	180,00		19290,34 kVA	1459,03 A	0,75	4048,66 A	1459,03

Fuente: Elaboracion Propia

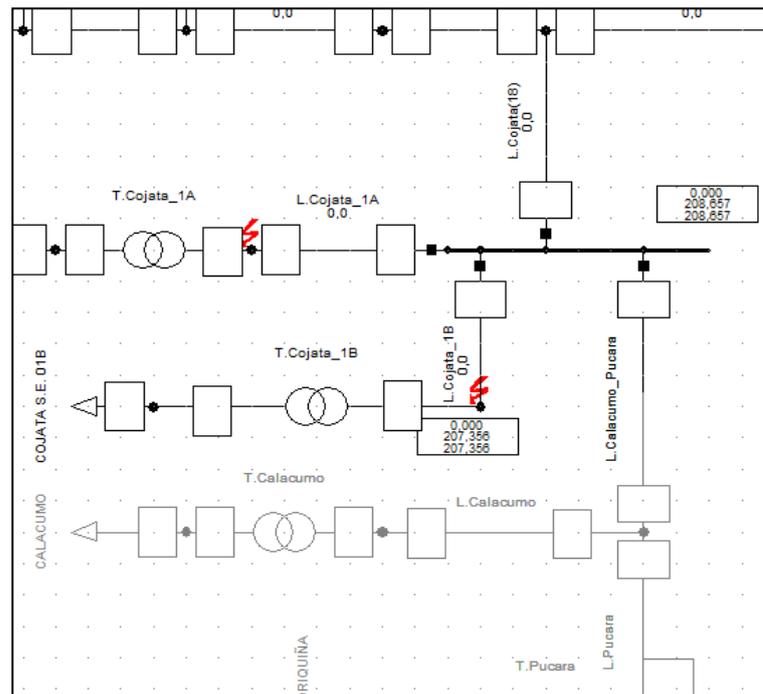
Del reporte emitido por el programa DIgSILENT se tiene el siguiente analisis, en el sistema electrico de potencia, en la barra de 22,9 Kv se ha simulado una falla Bifasica con maximas y minimas corrientes de cortocircuito, en donde la fase fallida es la fase A, en consecuencia la tension en las fases B y C decaen, la potencia de cortocircuito inicial $S_{k''}=66845.77\text{kVA}$, la corriente subtrancitoria maxima es $I_{k''}=1.459\text{kA}$ y la minima corriente subtrancitoria es 1382.81kA , la corriente pico es de $I_p=4048.66\text{ A}$, la corriente cortocircuito de interrupcion $I_b=1459.03$ (En falla Estable).

Figura 3 39: Simulación de la falla Bifásica en la localidad de Cojata en las SED 1A y 1B, con Máxima Corriente de Cortocircuito



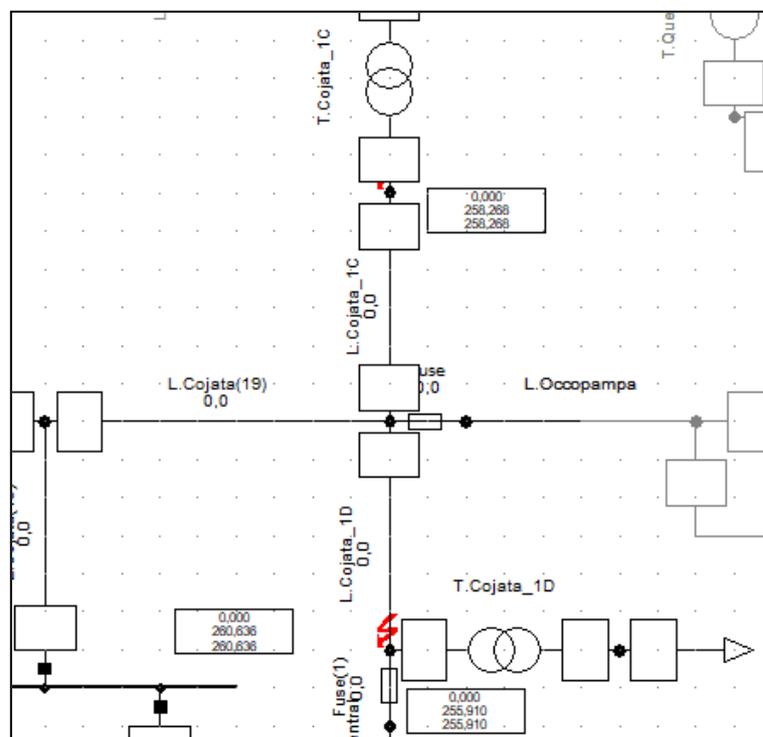
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 40: Simulación de la falla Bifásica en la localidad de Cojata en las SED 1A y 1B, con mínima Corriente de Cortocircuito



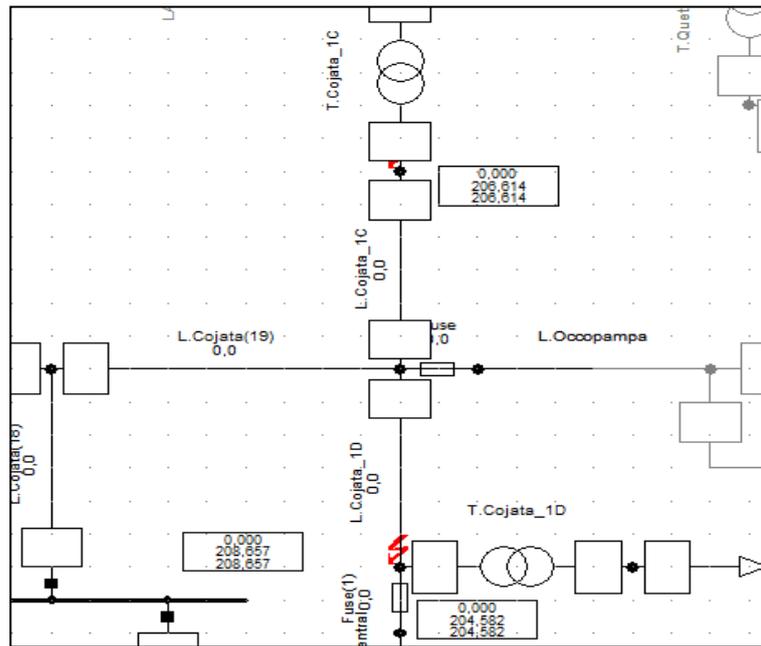
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 41: Simulación de la falla Bifasica en la localidad de Cojata en las SED 1C y 1D, con Maxima Corriente de Cortocircuito



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 42: Simulacion de la falla Bifasica en la localidad de Cojata en las SED 1C y 1D, con minima corriente de Cortocircuito



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 43: Reporte de calculos del programa DigSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2					Annex:			
		rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	[deg]	ip [A /kA]	Ib [A]
MT_COJATA S.E.	A	22,90	14,54	0,00	1,10	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00
	B		7,27	-180,00		3414,64 kVA	258,27 A	-131,44	384,51 A	258,27
	C		7,27	-180,00		3414,64 kVA	258,27 A	48,56	384,51 A	258,27
L.Cojata_1C	Terminal(7)									
	A					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
	B					3414,64 kVA	258,27 A	48,56	384,51 A	
T.Cojata_1C	Terminal(7)									
	A					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
	B					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
MT_COJATA S.E.	A	22,90	14,54	0,00	1,10	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00
	B		7,27	-180,00		3383,47 kVA	255,91 A	-131,25	380,74 A	255,91
	C		7,27	-180,00		3383,47 kVA	255,91 A	48,75	380,74 A	255,91
L.Cojata_1D	Terminal(7)									
	A					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
	B					3383,47 kVA	255,91 A	48,75	380,74 A	
T.Cojata_1D	Terminal(7)									
	A					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
	B					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
Fuse(1)	Terminal(1)									
	A					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	
	B					0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 44: Reporte de calculos del programa DIGSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2					Annex:			
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	[deg]	ip [A /kA]	Ib [A]	
MT_COJATA S.E.	A 22,90	14,54	0,00	1,10	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00	
	B	7,27	-180,00		3445,95 kVA	260,64 A	-131,62	388,30 A	260,64	
	C	7,27	-180,00		3445,95 kVA	260,64 A	48,38	388,30 A	260,64	
L.Cojata_1A	Terminal(6)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				B	3445,95 kVA	260,64 A	48,38	388,30 A		
				C	3445,95 kVA	260,64 A	-131,62	388,30 A		
T.Cojata_1A	Terminal(6)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				B	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				C	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
MT_COJATA S.E.	A 22,90	14,54	0,00	1,10	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00	
	B	7,27	-180,00		3426,03 kVA	259,13 A	-131,50	385,89 A	259,13	
	C	7,27	-180,00		3426,03 kVA	259,13 A	48,50	385,89 A	259,13	
L.Cojata_1B	Terminal(6)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				B	3426,03 kVA	259,13 A	48,50	385,89 A		
				C	3426,03 kVA	259,13 A	-131,50	385,89 A		
T.Cojata_1B	Terminal(6)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				B	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				C	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 45: Reporte de calculos del programa DigSILENT con Mimima corriente de Cortocircuito

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2					Annex:			
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	[deg]	ip [A /kA]	Ib [A]	
MT_COJATA S.E.	A 22,90	13,22	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00	
	B	6,61	-180,00		2731,71 kVA	206,61 A	-125,18	302,10 A	206,61	
	C	6,61	-180,00		2731,71 kVA	206,61 A	54,82	302,10 A	206,61	
L.Cojata_1C	Terminal(7)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				B	2731,71 kVA	206,61 A	54,82	302,10 A		
				C	2731,71 kVA	206,61 A	-125,18	302,10 A		
T.Cojata_1C	Terminal(7)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				B	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				C	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
MT_COJATA S.E.	A 22,90	13,22	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A	0,00	
	B	6,61	-180,00		2704,85 kVA	204,58 A	-125,00	299,02 A	204,58	
	C	6,61	-180,00		2704,85 kVA	204,58 A	55,00	299,02 A	204,58	
L.Cojata_1D	Terminal(7)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				B	2704,85 kVA	204,58 A	55,00	299,02 A		
				C	2704,85 kVA	204,58 A	-125,00	299,02 A		
T.Cojata_1D	Terminal(7)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				B	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				C	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
Fuse(1)	Terminal(1)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				B	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		
				C	0,00 kVA	0,00 A	0,00	0,00 A		

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 46: Reporte de calculos del programa DIGSILENT con Mimima corriente de Cortocircuito

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2					Annex:						
	rtd.V.	Voltage	c-	Sk"	Ik"	ip	Ib						
	[kV]	[kV]	[deg] Factor	[kVA/MVA]	[A /kA]	[deg]	[A /kA]	[A]					
MT_COJATA S.E.	A	22,90	13,22	0,00	1,00	0,00	kVA	0,00	A	0,00	0,00	A	0,00
	B		6,61	-180,00		2758,73	kVA	208,66	A	-125,35	305,20	A	208,66
	C		6,61	-180,00		2758,73	kVA	208,66	A	54,65	305,20	A	208,66
L.Cojata_1A	Terminal(6					A	0,00	kVA	0,00	A	0,00	0,00	A
						B	2758,73	kVA	208,66	A	54,65	305,20	A
						C	2758,73	kVA	208,66	A	-125,35	305,20	A
T.Cojata_1A	Terminal(6					A	0,00	kVA	0,00	A	0,00	0,00	A
						B	0,00	kVA	0,00	A	0,00	0,00	A
						C	0,00	kVA	0,00	A	0,00	0,00	A
MT_COJATA S.E.	A	22,90	13,22	0,00	1,00	0,00	kVA	0,00	A	0,00	0,00	A	0,00
	B		6,61	-180,00		2741,53	kVA	207,36	A	-125,24	303,22	A	207,36
	C		6,61	-180,00		2741,53	kVA	207,36	A	54,76	303,22	A	207,36
L.Cojata_1B	Terminal(6					A	0,00	kVA	0,00	A	0,00	0,00	A
						B	2741,53	kVA	207,36	A	54,76	303,22	A
						C	2741,53	kVA	207,36	A	-125,24	303,22	A
T.Cojata_1B	Terminal(6					A	0,00	kVA	0,00	A	0,00	0,00	A
						B	0,00	kVA	0,00	A	0,00	0,00	A
						C	0,00	kVA	0,00	A	0,00	0,00	A

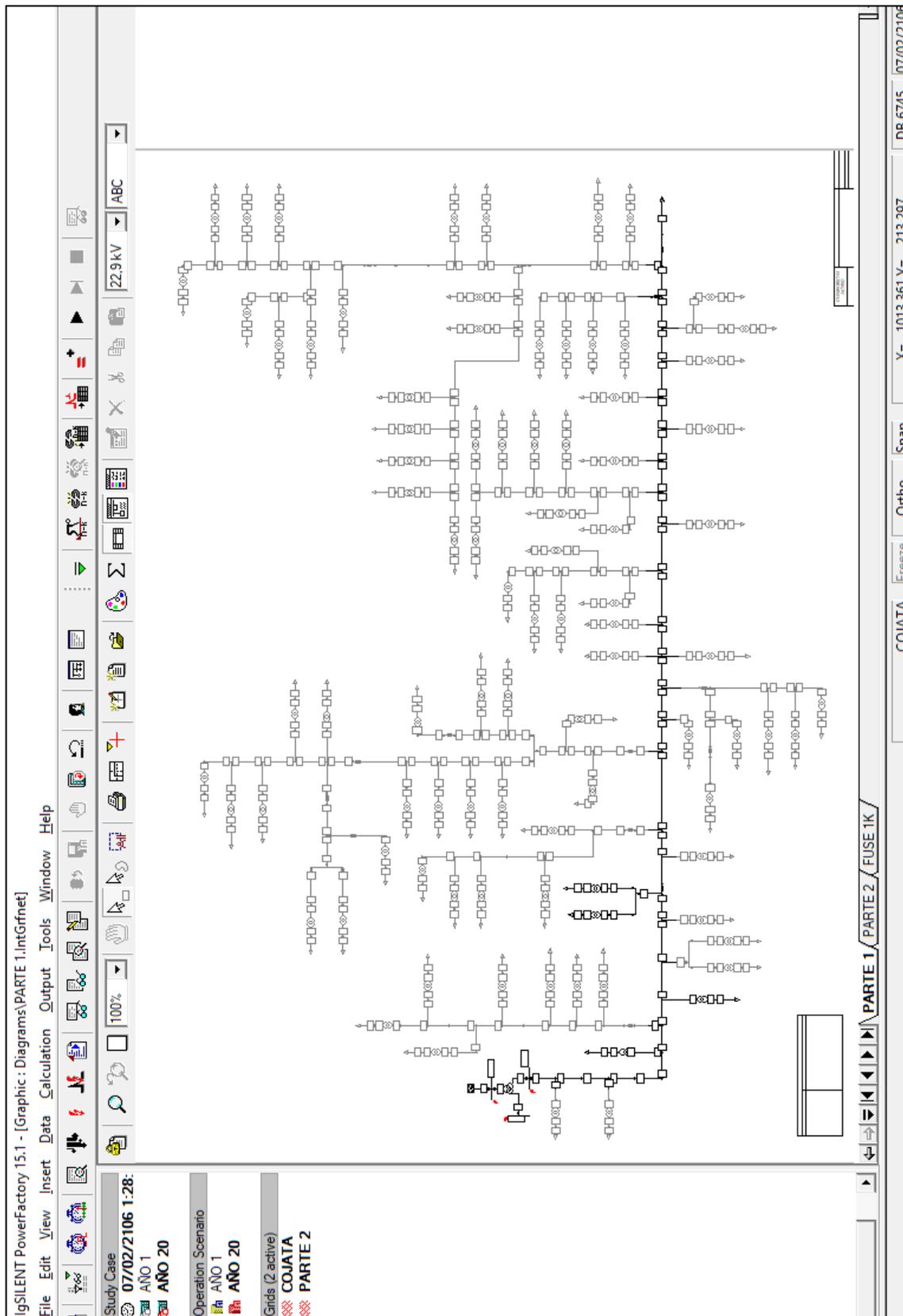
Fuente: Elaboracion Propia

Del reporte emitido por el programa DIGSILENT se tiene el siguiente analisis en el sistema electrico de potencia, en la barra de linea que llega al localidad de Cojata se ha simulado una falla Bifasica con maximas y minimas corrientes de cortocircuito, en donde la fase fallida es la fase A, en consecuencia la tension en las fases B y C decaen, la potencia de cortocircuito inicial, en la barra de la Subestacion Cojata 1A la potencia de cortocircuito es igual $Sk''=3445.95kVA$, la corriente subtransitoria Maxima es $Ik''=260.64A$, en la barra de la Subestacion Cojata 1B la potencia de cortocircuito es igual $Sk''=3426.0kVA$, la corriente subtransitoria Maxima es $Ik''=259.13A$, en la barra de la Subestacion Cojata 1C la potencia de cortocircuito es igual $Sk''=3414.47kVA$, la corriente subtransitoria Maxima es $Ik''=258.27A$, en la barra de la Subestacion Cojata 1D la potencia de

cortocircuito es igual $S_k''=3383.47\text{kVA}$, la corriente subtransitoria Maxima es $I_k''=255.91\text{A}$, la corriente Subtransitoria Minima es $I_k''=208.66\text{A}$, $I_k''=207.36\text{A}$, $I_k''=206.61\text{A}$ y $I_k''=204.58\text{A}$, Ademas según los calculos de cortocircuito se obtiene la mayor corriente Subtransitoria Maxima en la SED Cojata 1A y la Subestacion con la menor corriente subtransitoria en la Cojata 1D, se ha obtenido valores favorables.

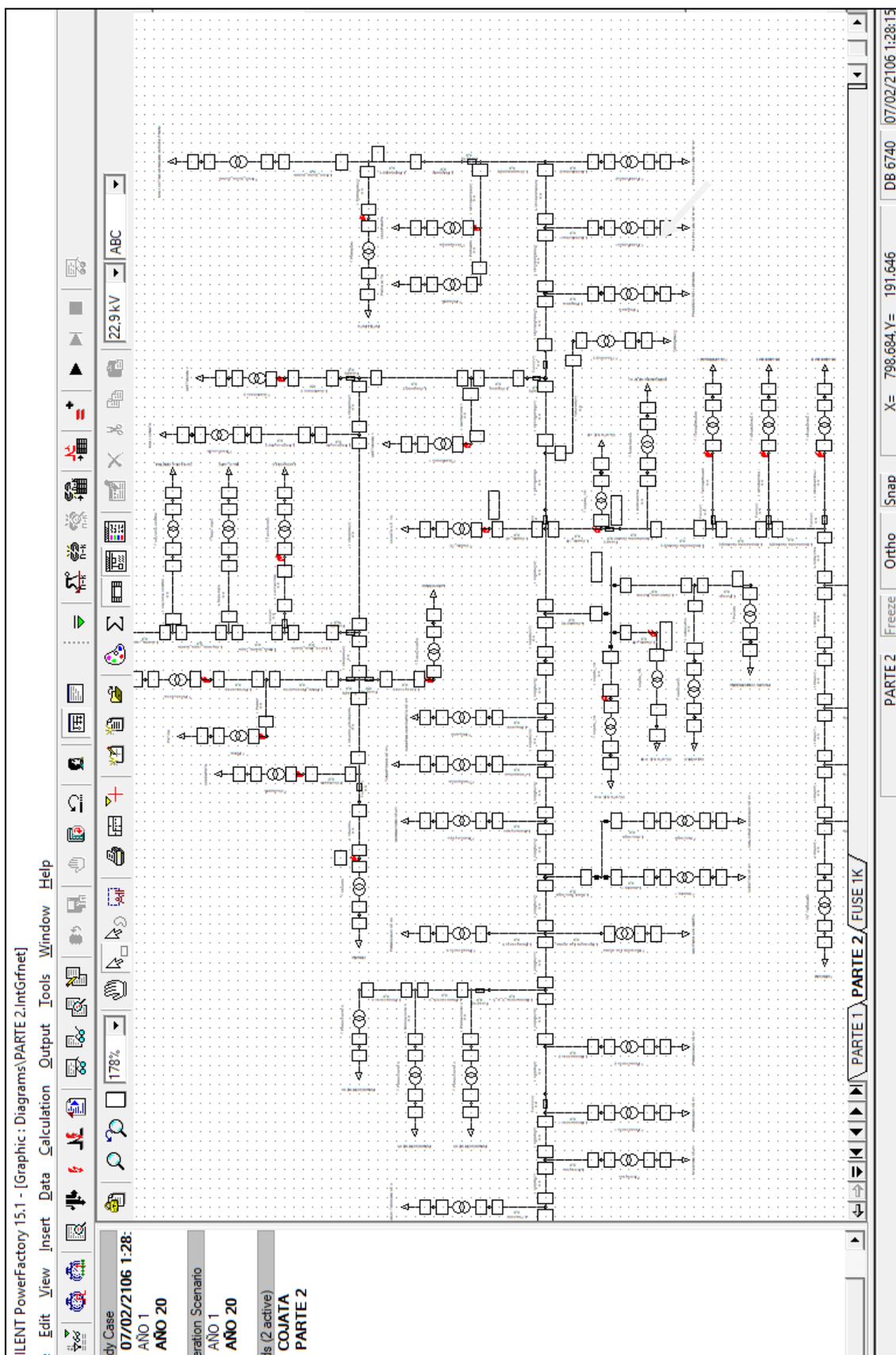
SIMULACION DE FALLAS MONOFASICAS

Figura 3 47: Simulación de falla monofásica en el Alimentador A4001.



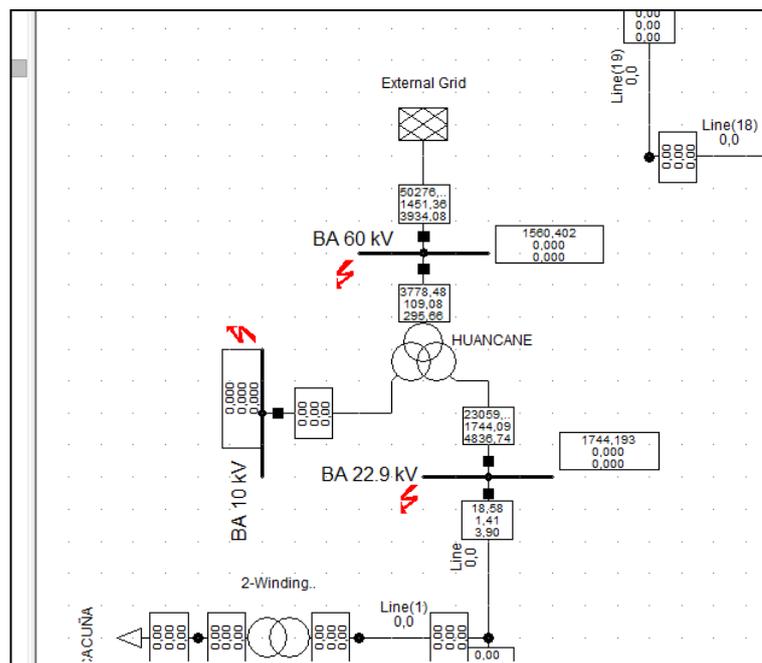
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 48: Simulación de falla monofásica en las redes existentes de Cojata



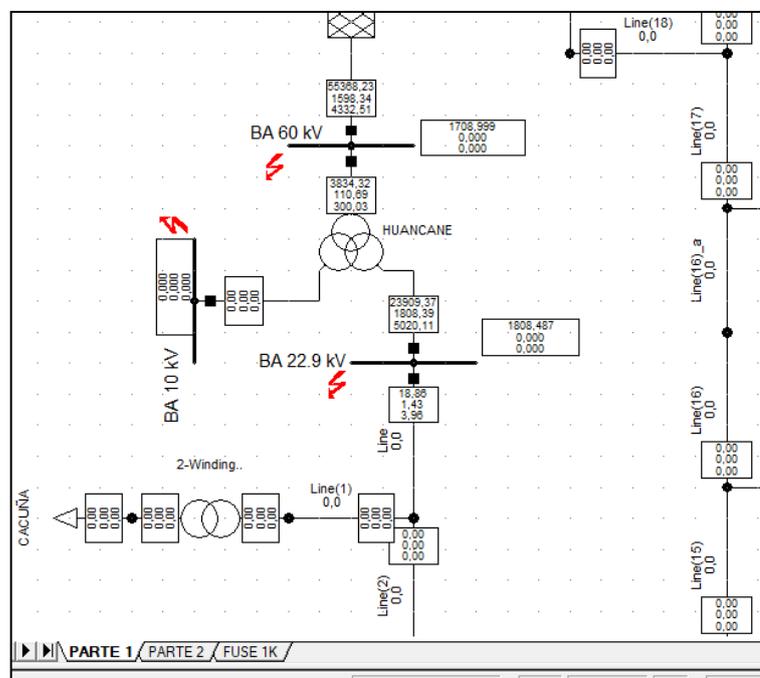
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 49: Análisis de simulación de falla monofásica en el alimentador A4001, en máxima corriente de Cortocircuito.



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 50: Análisis de simulación de falla monofásica en el alimentador A4001, en mínima corriente de Cortocircuito



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 51: Reporte de calculos del programa DIGSILENT con Maxima corriente de Cortocircuito

Grid: COJATA		System Stage: COJATA					I		I Annex:			
		rtd.V. [kV]	Voltage [kV] [deg]		c- Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	Ik" [deg]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]	
BA 60 kV	A	60,00	0,00	0,00	1,00	54053,90 kVA	1560,40 A	-88,1	1560,40	4229,66 A	1560,40	
	B		32,26	-109,86		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
	C		31,81	110,56		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
HUANCANE		BA 22.9 kV	BA 10 kV			A 3778,48 kVA	109,08 A	90,6	109,08	295,66 A		
						B 3498,09 kVA	100,98 A	93,0	100,98	273,72 A		
						C 3984,11 kVA	115,01 A	91,9	115,01	311,75 A		
External G						A 50276,49 kVA	1451,36 A	-88,0	1451,36	3934,08 A		
						B 3498,09 kVA	100,98 A	93,0	100,98	273,72 A		
						C 3984,11 kVA	115,01 A	91,9	115,01	311,75 A		
BA 10 kV	A	10,00	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
	B		10,36	59,89		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
	C		10,39	-0,68		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
HUANCANE		BA 60 kV	BA 22.9 kV			A 0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
						B 0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
						C 0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
BA 22.9 kV	A	22,90	0,00	0,00	1,00	23060,54 kVA	1744,19 A	-88,9	1744,19	4837,02 A	1744,19	
	B		12,97	-112,43		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
	C		12,84	112,24		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
HUANCANE		BA 60 kV	BA 10 kV			A 23059,19 kVA	1744,09 A	91,1	1744,09	4836,74 A		
						B 299,99 kVA	22,69 A	68,3	22,69	62,92 A		
						C 195,00 kVA	14,75 A	-73,9	14,75	40,90 A		
Line		Terminal(1)				A 18,58 kVA	1,41 A	5,2	1,41	3,90 A		
						B 299,99 kVA	22,69 A	-111,7	22,69	62,92 A		
						C 195,00 kVA	14,75 A	106,1	14,75	40,90 A		

Fuente: Elaboracion Propia

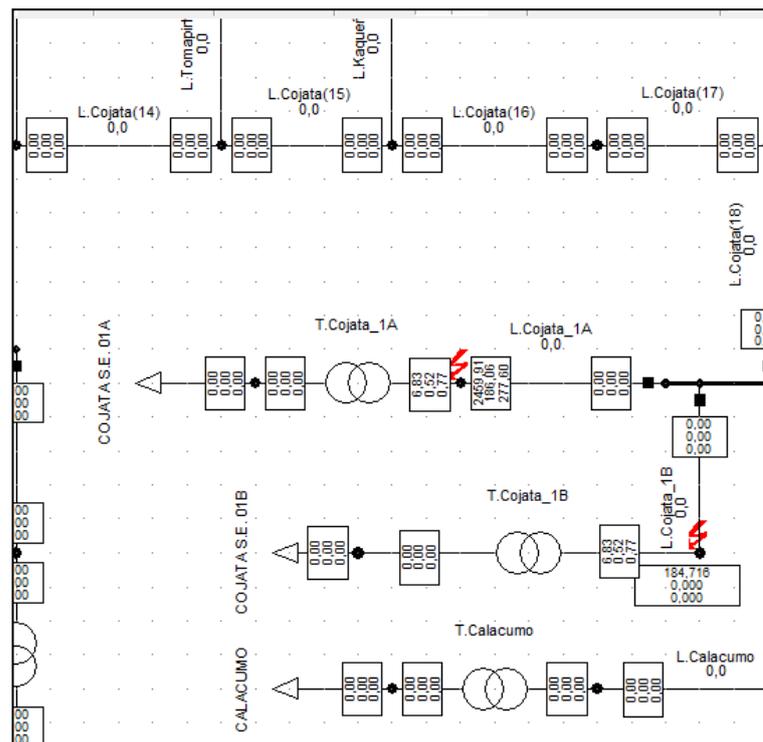
Figura 3 52: Reporte de cálculos de programa DIGSILENT con mínima corriente de cortocircuito.

		rtd.V. [kV]	Voltage [kV] [deg]		c- Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	Ik" [deg]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]
BA 60 kV	A	60,00	0,00	0,00	1,00	59201,47 kVA	1709,00 A	-88,2	1709,00	4632,46 A	1709,00
	B		32,31	-110,15		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		31,86	110,82		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
HUANCANE		BA 22.9 kV	BA 10 kV			A 3834,32 kVA	110,69 A	90,5	110,69	300,03 A	
						B 3556,23 kVA	102,66 A	92,9	102,66	278,27 A	
						C 4039,54 kVA	116,61 A	91,9	116,61	316,09 A	
External G						A 55368,23 kVA	1598,34 A	-88,1	1598,34	4332,51 A	
						B 3556,23 kVA	102,66 A	92,9	102,66	278,27 A	
						C 4039,54 kVA	116,61 A	91,9	116,61	316,09 A	
BA 10 kV	A	10,00	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		10,36	59,88		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		10,39	-0,65		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
HUANCANE		BA 60 kV	BA 22.9 kV			A 0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
						B 0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
						C 0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
BA 22.9 kV	A	22,90	0,00	0,00	1,00	23910,58 kVA	1808,49 A	-89,0	1808,49	5020,36 A	1808,49
	B		13,00	-112,83		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		12,87	112,61		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
HUANCANE		BA 60 kV	BA 10 kV			A 23909,37 kVA	1808,39 A	91,0	1808,39	5020,11 A	
						B 298,28 kVA	22,56 A	68,0	22,56	62,63 A	
						C 194,77 kVA	14,73 A	-73,7	14,73	40,89 A	
Line		Terminal(1)				A 18,86 kVA	1,43 A	4,7	1,43	3,96 A	
						B 298,28 kVA	22,56 A	-112,0	22,56	62,63 A	
						C 194,77 kVA	14,73 A	106,3	14,73	40,89 A	

Fuente: Elaboracion Propia

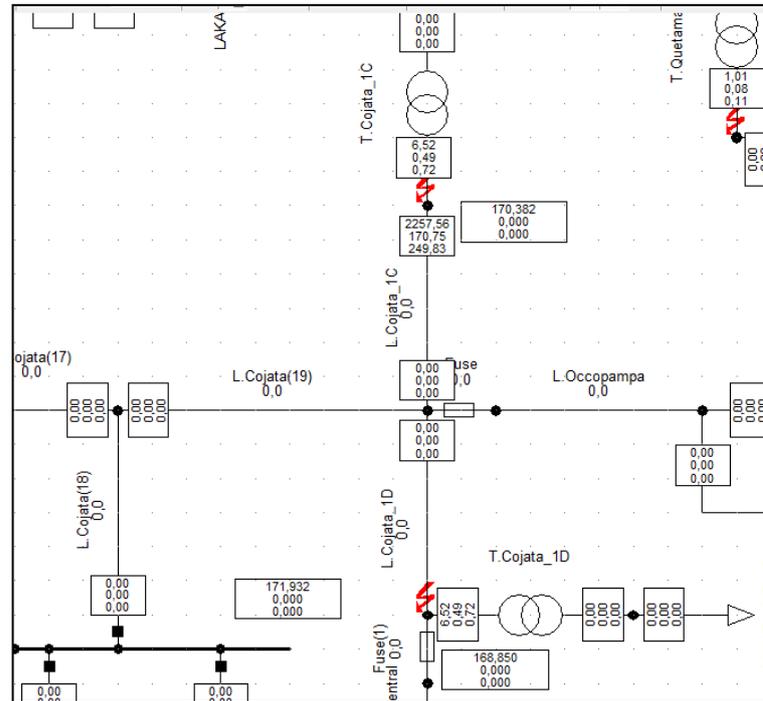
Del reporte emitido por el programa DIgSILENT se tiene el siguiente analisis, en el sistema electrico de potencia, en la barra de 22,9 Kv se ha simulado una falla Monofasica con maximas y minimas corrientes de cortocircuito, en donde las fases fallidas son la B y C, en consecuencia la tension en las fases B y C decaen, la corriente subtransitoria maxima es $I_k''=1744.19A$ y la minima corriente subtransitoria es $I_k''=1808.49kA$, la corriente pico es de $I_p=4837.02A$.

Figura 3 53: Analisis de simulacion de Falla monofasica en la Localidad de Cojata en la SED 1A y 1B, en maxima corriente de Cortocircuito



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 56: Analisis de simulacion de Falla monofasica en la Localidad de Cojata en la SED 1C y 1D, en minima corriente de cortocircuito.



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 57: Reporte de calculos del programa DIGSILENT con maxima corriente de Cortocircuito

		C	10,27 kVA	0,78 A	-92,6	0,78	1,16 A				
Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2			I	Annex:					
	rtd.V. [KV]	Voltage [KV]	c- [deg]	Factor	Sk'' [kVA/MVA]	Ik'' [A /kA]	Ik' [deg]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]	
T.Cojata_1	Terminal(7)			A	6,83 kVA	0,52 A	-10,6	0,52	0,77 A		
				B	11,51 kVA	0,87 A	-128,5	0,87	1,30 A		
				C	10,27 kVA	0,78 A	87,4	0,78	1,16 A		
MT_COJATA S.	A	22,90	0,00	0,00	1,00	2414,00 kVA	182,58 A	-56,2	182,58	272,03 A	182,58
	B		17,46	-131,51		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		14,85	136,71		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Cojata_1	Terminal(7)			A	2418,78 kVA	182,95 A	123,9	182,95	272,57 A		
				B	51,77 kVA	3,92 A	73,9	3,92	5,83 A		
				C	11,46 kVA	0,87 A	-59,5	0,87	1,29 A		
T.Cojata_1	Terminal(7)			A	6,83 kVA	0,52 A	-10,5	0,52	0,77 A		
				B	11,51 kVA	0,87 A	-128,5	0,87	1,30 A		
				C	10,27 kVA	0,78 A	87,4	0,78	1,16 A		
Fuse(1)	Terminal(1)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
				B	41,37 kVA	3,13 A	-100,0	3,13	4,66 A		
				C	6,29 kVA	0,48 A	-176,5	0,48	0,71 A		
MT_TOMAPIRHU	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,41	-123,10		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,73	120,14		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Tomapirh	Terminal(1)			A							
				B	0,85 kVA	0,06 A	70,2	0,06	0,09 A		

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 58: Reporte de calculos del programa DIGSILENT con maxima corriente de Cortocircuito

	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	[deg]	c- Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	[deg]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]
MT_COJATA S A	22,90	0,00	0,00	1,00	2273,17 kVA	171,93 A	-50,8	171,93	251,65 A	171,93
B		17,17	-129,83		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
C		14,32	136,13		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Cojata_1	Terminal(6				2278,06 kVA	172,30 A	129,4	172,30	252,19 A	
B					11,43 kVA	0,86 A	52,4	0,86	1,27 A	
C					10,12 kVA	0,77 A	-93,0	0,77	1,12 A	
T.Cojata_1	Terminal(6				6,53 kVA	0,49 A	-9,2	0,49	0,72 A	
B					11,43 kVA	0,86 A	-127,6	0,86	1,27 A	
C					10,12 kVA	0,77 A	87,0	0,77	1,12 A	
MT_COJATA S A	22,90	0,00	0,00	1,00	2260,32 kVA	170,96 A	-50,7	170,96	250,17 A	170,96
B		17,17	-129,80		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
C		14,31	136,13		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Cojata_1	Terminal(6				2265,21 kVA	171,33 A	129,4	171,33	250,71 A	
B					11,44 kVA	0,86 A	52,4	0,86	1,27 A	
C					10,12 kVA	0,77 A	-93,0	0,77	1,12 A	
T.Cojata_1	Terminal(6				6,52 kVA	0,49 A	-9,2	0,49	0,72 A	
B					11,44 kVA	0,86 A	-127,6	0,86	1,27 A	
C					10,12 kVA	0,77 A	87,0	0,77	1,12 A	
MT_COJATA S A	22,90	0,00	0,00	1,00	2252,67 kVA	170,38 A	-50,6	170,38	249,28 A	170,38
B		17,17	-129,80		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
C		14,31	136,12		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Cojata_1	Terminal(7				2257,56 kVA	170,75 A	129,5	170,75	249,83 A	

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 59: Reporte de calculos del programa DIGSILENT con minima corriente de Cortocircuito

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2				Annex:				
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	[deg]	c- Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	[deg]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]
MT_COJATA S A	22,90	0,00	0,00	1,00	2455,14 kVA	185,70 A	-56,4	185,70	277,06 A	185,70
B		17,46	-131,57		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
C		14,87	136,70		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Cojata_1	Terminal(6				2459,91 kVA	186,06 A	123,7	186,06	277,60 A	
B					11,51 kVA	0,87 A	51,5	0,87	1,30 A	
C					10,27 kVA	0,78 A	-92,5	0,78	1,16 A	
T.Cojata_1	Terminal(6				6,83 kVA	0,52 A	-10,6	0,52	0,77 A	
B					11,51 kVA	0,87 A	-128,5	0,87	1,30 A	
C					10,27 kVA	0,78 A	87,5	0,78	1,16 A	
MT_COJATA S A	22,90	0,00	0,00	1,00	2442,19 kVA	184,72 A	-56,4	184,72	275,47 A	184,72
B		17,46	-131,54		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
C		14,86	136,71		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Cojata_1	Terminal(6				2446,96 kVA	185,08 A	123,8	185,08	276,01 A	
B					11,51 kVA	0,87 A	51,5	0,87	1,30 A	
C					10,27 kVA	0,78 A	-92,6	0,78	1,16 A	
T.Cojata_1	Terminal(6				6,83 kVA	0,52 A	-10,6	0,52	0,77 A	
B					11,51 kVA	0,87 A	-128,5	0,87	1,30 A	
C					10,27 kVA	0,78 A	87,4	0,78	1,16 A	
MT_COJATA S A	22,90	0,00	0,00	1,00	2434,45 kVA	184,13 A	-56,3	184,13	274,53 A	184,13
B		17,46	-131,54		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
C		14,86	136,71		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Cojata_1	Terminal(7				2439,23 kVA	184,49 A	123,8	184,49	275,07 A	
B					11,51 kVA	0,87 A	51,5	0,87	1,30 A	
C					10,27 kVA	0,78 A	-92,6	0,78	1,16 A	

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 60: Reporte de calculos del programa DIGSILENT con mimima corriente de Cortocircuito

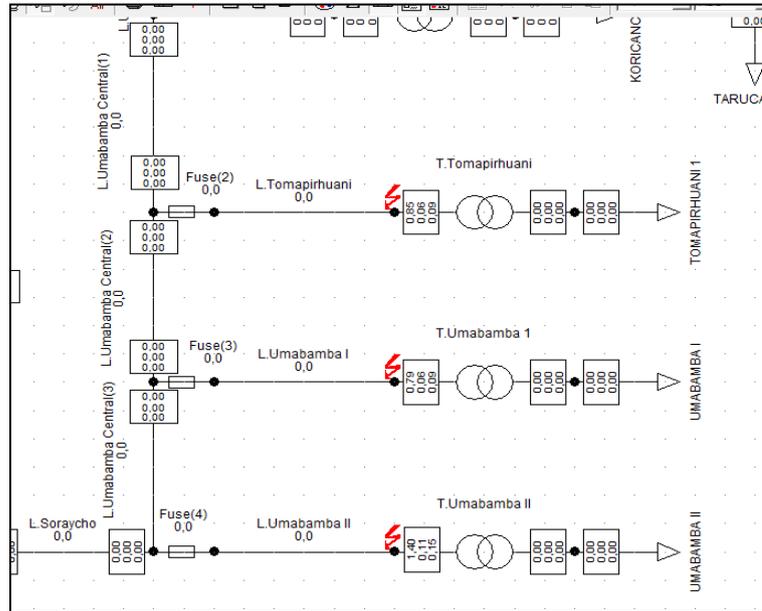
Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2						Annex:			
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- [deg]	Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	Ik' [deg]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]	
T.Cojata_1	Terminal(7				A 6,52 KVA	0,49 A	-9,2	0,49	0,72 A		
					B 11,44 KVA	0,86 A	-127,6	0,86	1,27 A		
					C 10,12 KVA	0,77 A	87,0	0,77	1,12 A		
MT_COJATA S. A	22,90	0,00	0,00	1,00	2232,42 KVA	168,85 A	-50,5	168,85	246,95 A	168,85	
B		17,17	-129,76		0,00 KVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
C		14,29	136,12		0,00 KVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
L.Cojata_1	Terminal(7				A 2237,32 KVA	169,22 A	129,6	169,22	247,49 A		
					B 51,04 KVA	3,86 A	75,4	3,86	5,65 A		
					C 11,34 KVA	0,86 A	-60,2	0,86	1,25 A		
T.Cojata_1	Terminal(7				A 6,52 KVA	0,49 A	-9,1	0,49	0,72 A		
					B 11,44 KVA	0,87 A	-127,6	0,87	1,27 A		
					C 10,11 KVA	0,77 A	87,0	0,77	1,12 A		
Fuse(1)	Terminal(1				A 0,00 KVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
					B 40,76 KVA	3,08 A	-98,3	3,08	4,51 A		
					C 6,19 KVA	0,47 A	-177,6	0,47	0,68 A		
MT_TOMAPIRHU A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 KVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
B		13,28	-123,11		0,00 KVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
C		13,66	120,07		0,00 KVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
L.Tomapirh	Terminal(1				A						
					B 0,84 KVA	0,06 A	70,3	0,06	0,09 A		
					C 0,84 KVA	0,06 A	-109,7	0,06	0,09 A		
T.Tomapirh	Terminal(8				A						
					B 0,84 KVA	0,06 A	-109,7	0,06	0,09 A		
					C 0,84 KVA	0,06 A	70,3	0,06	0,09 A		

Fuente: Elaboracion Propia

Del reporte emitido por el programa DIGSILENT se tiene el siguiente analisis en el sistema electrico de potencia, en la barra de linea que llega al localidad de Cojata se ha simulado una falla Monofasica con maximas y minimas corrientes de cortocircuito, en donde la fase fallida es la fase A, en consecuencia la tension en las fases B y C decaen, la potencia de cortocircuito inicial, en la barra de la Subestacion Cojata 1A la corriente subtransitoria Maxima es $I_k''=186.06A$, en la barra de la Subestacion Cojata 1B la corriente subtransitoria Maxima es $I_k''=185.08A$, en la barra de la Subestacion Cojata 1C la corriente subtransitoria Maxima es $I_k''=184.13A$, en la barra de la Subestacion Cojata 1D la corriente subtransitoria Maxima es $I_k''=182.58A$, la corriente Subtransitoria Minima es $I_k''=208.66A$, $I_k''=207.36A$, $I_k''=206.61A$ y $I_k''=204.58A$, Ademas según los calculos de cortocircuito se obtiene la mayor corriente Subtransitoria Maxima en la SED

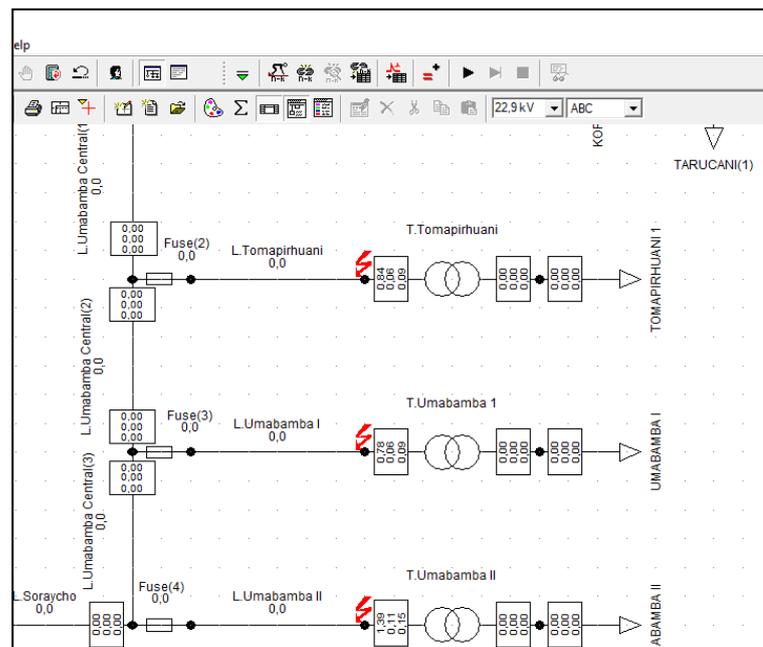
Cojata 1A y la Subestacion con la menor corriente subtransitoria en la Cojata 1D, se ha obtenido valores favorables.

Figura 3 61: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Tomapirhuani, Umabamba I y Umabamba II, en maxima corriente de corto.



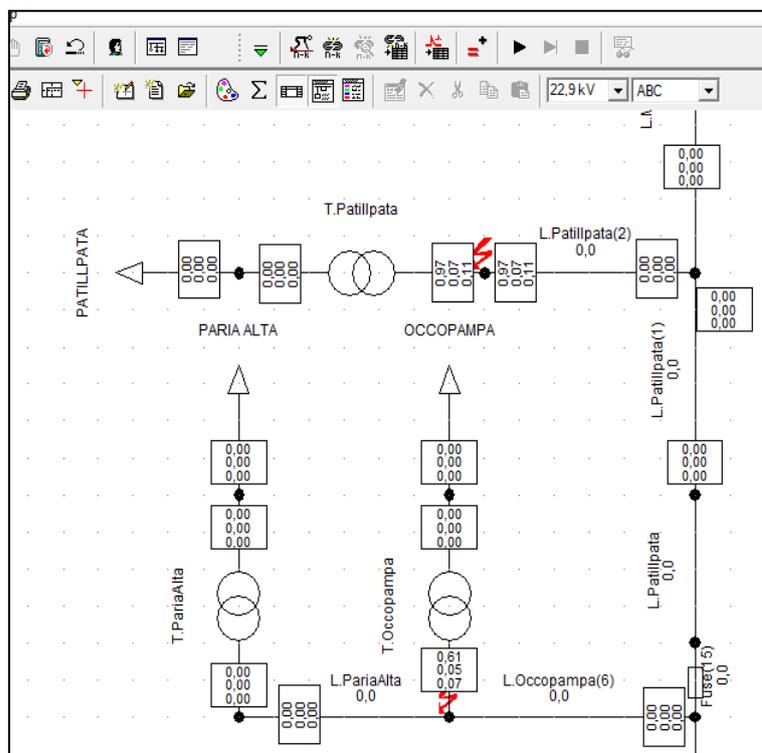
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 62: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Tomapirhuani, Umabamba I y Umabamba II, en minima corriente de corto.



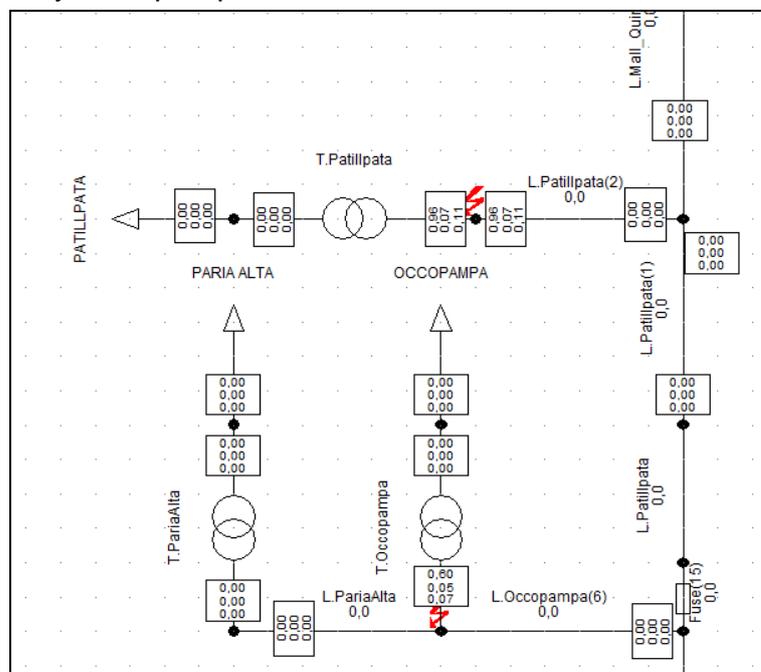
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 63: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Patillpata y Occopampa, en maxima corriente de cortocircuito



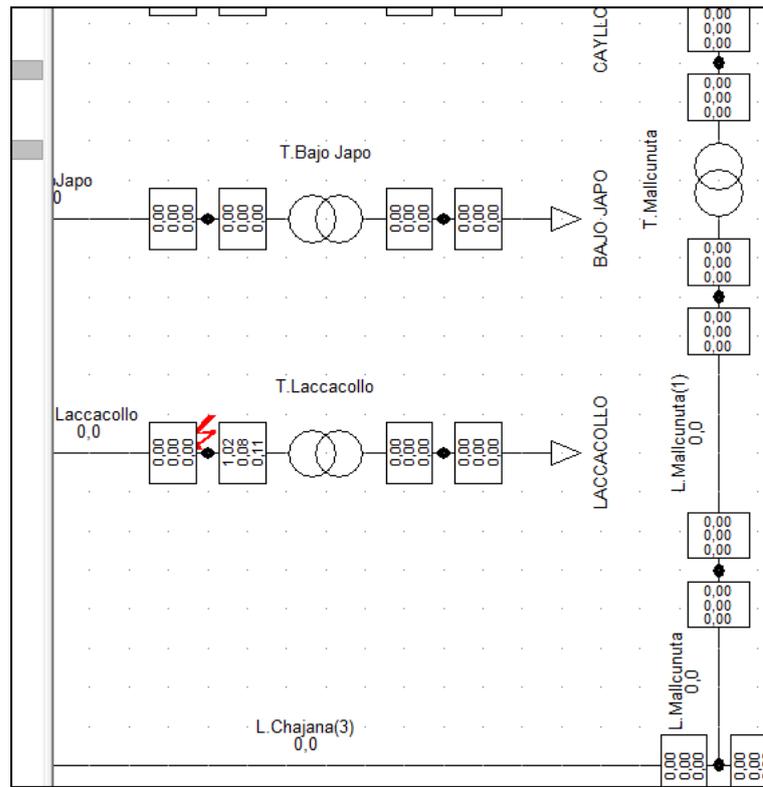
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 64: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Patillpata y Occopampa, en minima corriente de cortocircuito



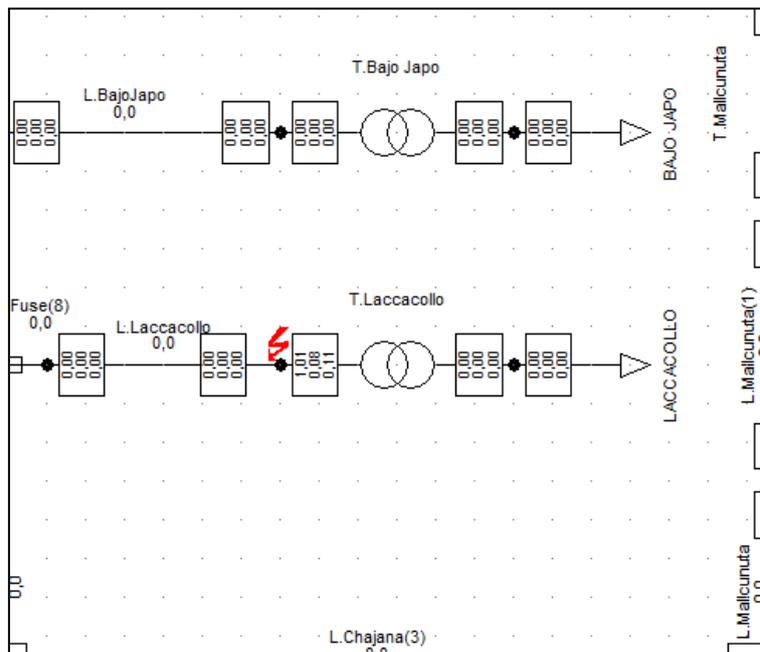
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 67: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Laccacollo, en maxima corriente de cortocircuito



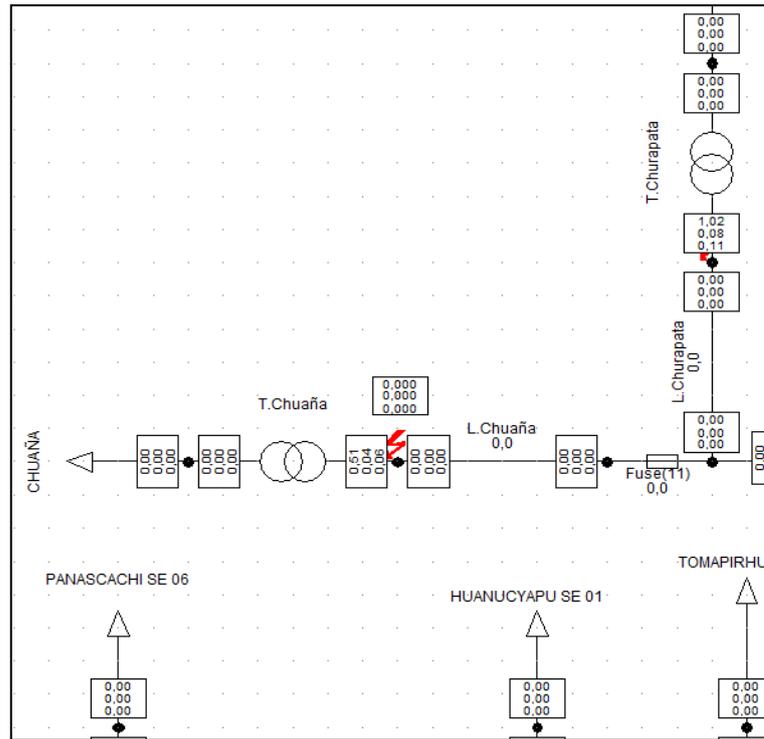
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 68: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Laccacollo, en minima corriente de cortocircuito



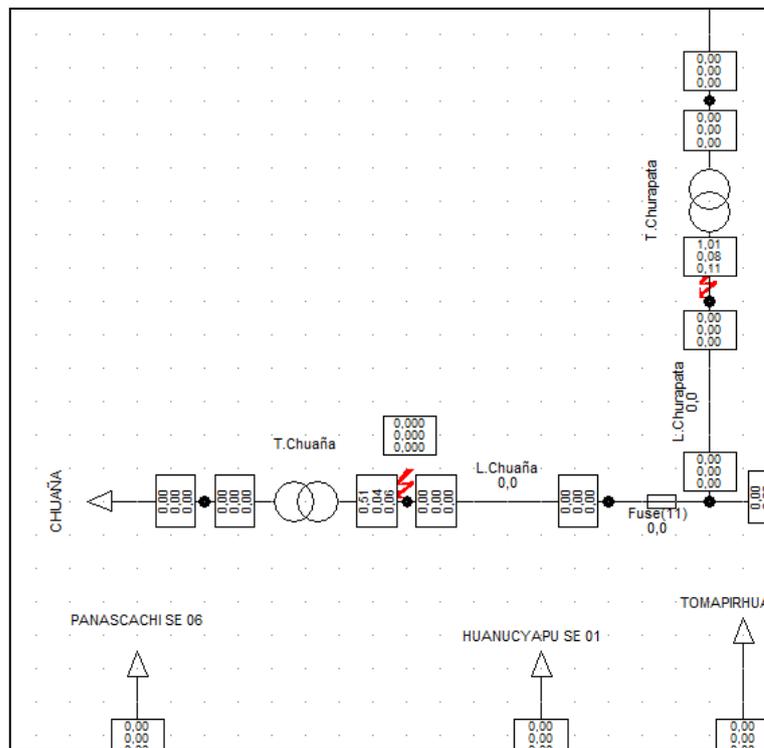
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 69: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en localidad de Chuaña, en maxima corriente de cortocircuito



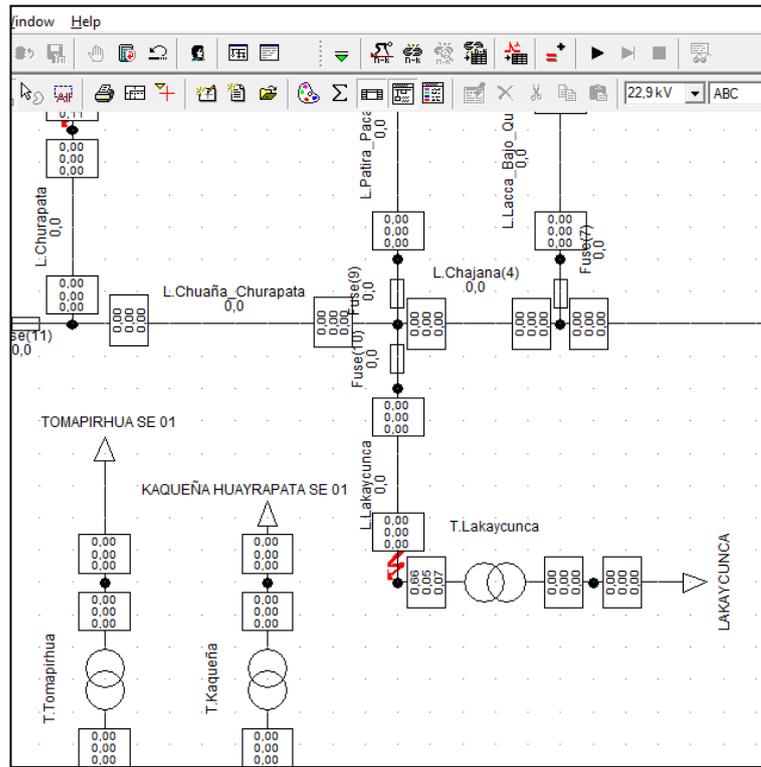
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 70: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en localidad de Chuaña, en minima corriente de cortocircuito



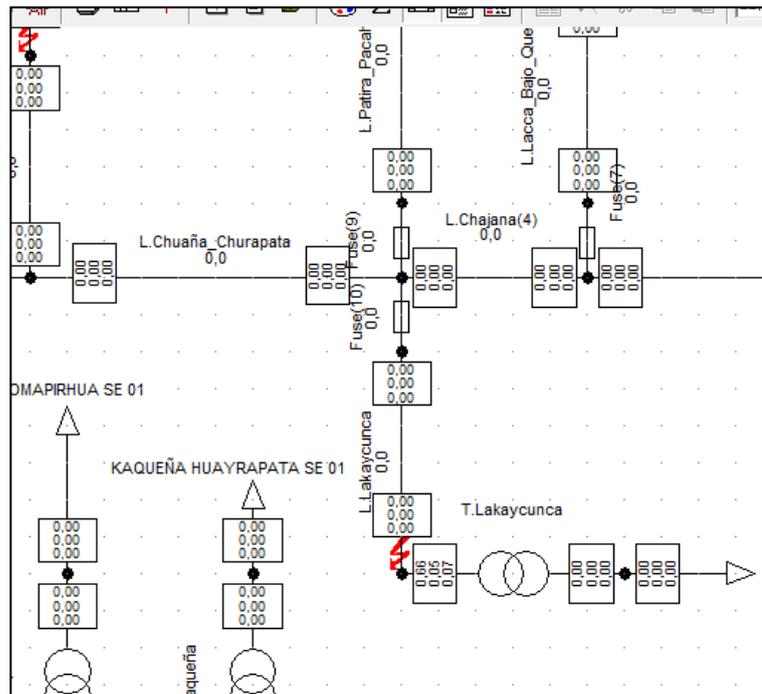
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 71: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Lakaycunca, en maxima corriente de Cortocircuito



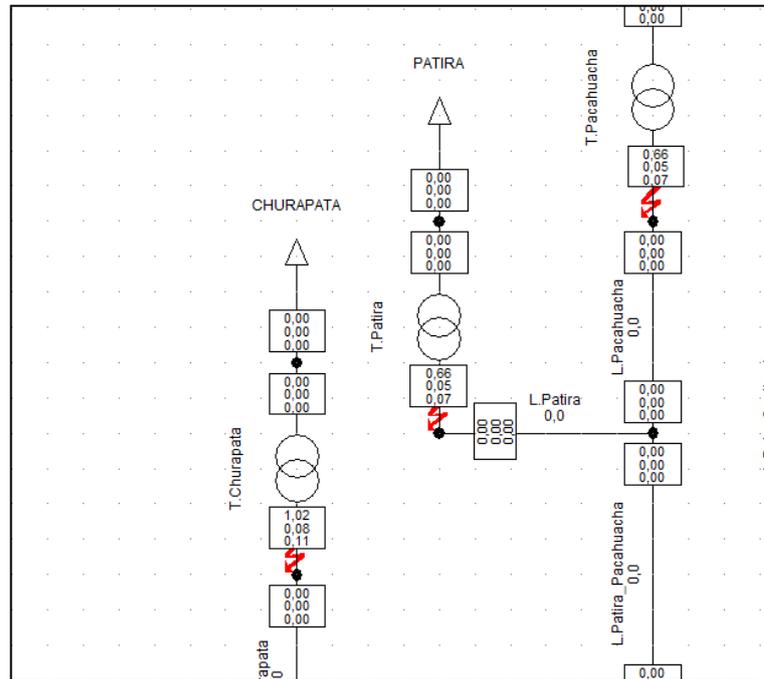
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 72: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Lakaycunca, en minima corriente de Cortocircuito



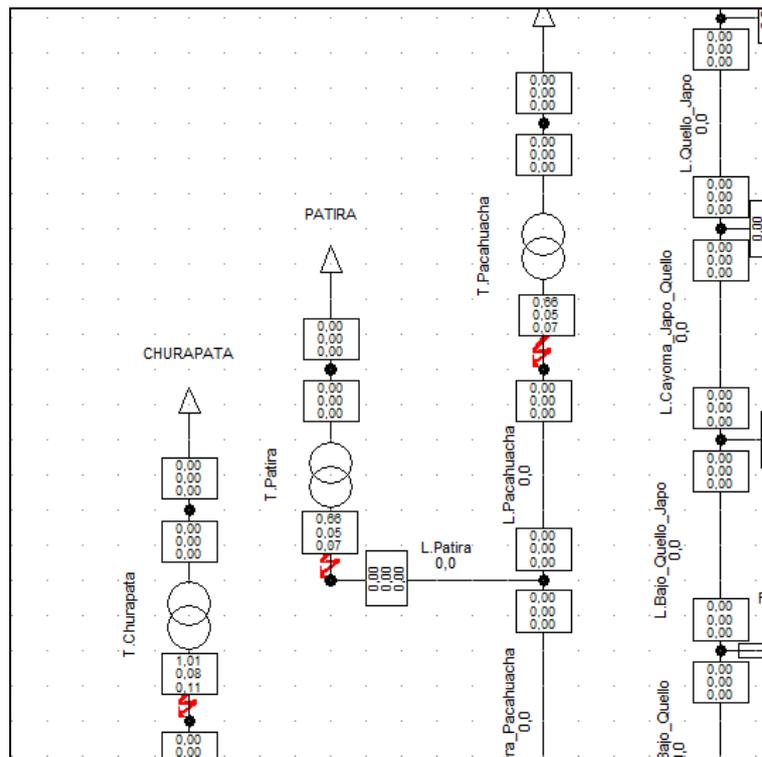
Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 73: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Patira y Churapata, en maxima corriente de cortocircuito



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 74: Analisis de Simulacion de Fallas monofasicas en las localidad de Patira y Churapata, en minima corriente de cortocircuito



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 77: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de la localidad de Cojata, en maxima corriente de cortocircuito

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2						Annex:		
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	Angle [deg]	c-Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	Ik" [deg]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]
T.Cojata_1	Terminal(7)			A	6,83 kVA	0,52 A	-10,6	0,52	0,77 A	
					11,51 kVA	0,87 A	-128,5	0,87	1,30 A	
					10,27 kVA	0,78 A	87,4	0,78	1,16 A	
MT_COJATA S. A	22,90	0,00	0,00	1,00	2414,00 kVA	182,58 A	-56,2	182,58	272,03 A	182,58
					0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
					0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Cojata_1	Terminal(7)			A	2418,78 kVA	182,95 A	123,9	182,95	272,57 A	
					51,77 kVA	3,92 A	73,9	3,92	5,83 A	
					11,46 kVA	0,87 A	-59,5	0,87	1,29 A	
T.Cojata_1	Terminal(7)			A	6,83 kVA	0,52 A	-10,5	0,52	0,77 A	
					11,51 kVA	0,87 A	-128,5	0,87	1,30 A	
					10,27 kVA	0,78 A	87,4	0,78	1,16 A	
Fuse(1)	Terminal(1)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					41,37 kVA	3,13 A	-100,0	3,13	4,66 A	
					6,29 kVA	0,48 A	-176,5	0,48	0,71 A	
MT_TOMAPIRHU A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
					0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
					0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Tomapirh	Terminal(1)			A	0,85 kVA	0,06 A	70,2	0,06	0,09 A	
					0,85 kVA	0,06 A	-109,8	0,06	0,09 A	
T.Tomapirh	Terminal(8)			A	0,85 kVA	0,06 A	-109,8	0,06	0,09 A	
					0,85 kVA	0,06 A	70,2	0,06	0,09 A	

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 78: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de la localidad de Umabamba I, Umabamba II y Quetamani I, en maxima corriente de cortocircuito

MT_UMABAMBA A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
					0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
					0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Umabamba	Terminal(1)			A	0,79 kVA	0,06 A	70,3	0,06	0,09 A	
					0,79 kVA	0,06 A	-109,7	0,06	0,09 A	
T.Umabamba	Terminal(8)			A	0,79 kVA	0,06 A	-109,7	0,06	0,09 A	
					0,79 kVA	0,06 A	70,3	0,06	0,09 A	
Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2						Annex:		
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	Angle [deg]	c-Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	Ik" [deg]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]
MT_UMABAMBA B	22,90	0,00	-123,15	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
					0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
					0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Umabamba	Terminal(1)			A	1,40 kVA	0,11 A	69,9	0,11	0,15 A	
					1,40 kVA	0,11 A	-110,1	0,11	0,15 A	
T.Umabamba	Terminal(9)			A	1,40 kVA	0,11 A	-110,1	0,11	0,15 A	
					1,40 kVA	0,11 A	69,9	0,11	0,15 A	
MT_QUETAMANI A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
					0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
					0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Quetaman	Terminal(1)			A	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					1,02 kVA	0,08 A	-78,4	0,08	0,11 A	

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 79: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Patira y Pacahuacha, en maxima corriente de cortocircuito

MT_LACCACOLL	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,39	-123,18		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,74	120,10		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Laccacoll	Terminal(1										
					A						
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					C	1,02 kVA	0,08 A	-78,4	0,08	0,11 A	

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2						Annex:			
		rtd.V.	Voltage		c-	Sk"		Ik"	Ik'	ip	Ib
		[kV]	[kV]	[deg]	Factor	[kVA/MVA]	[A /kA]	[deg]	[A]	[A /kA]	[A]
T.Laccacoll	Terminal(1				A						
					B						
					C	1,02 kVA	0,08 A	101,6	0,08	0,11 A	
MT_PACAHUACH	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,40	-123,15		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,73	120,09		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Pacahuac	Terminal(1				A						
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					C	0,66 kVA	0,05 A	-78,3	0,05	0,07 A	
T.Pacahuac	Terminal(1				A						
					B						
					C	0,66 kVA	0,05 A	101,7	0,05	0,07 A	
MT_PATIRA	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,40	-123,15		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,73	120,09		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Patira	Terminal(1				A						

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 80: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Lakaycunca y Churapata, en maxima corriente de cortocircuito.

T.Patira	Terminal(1				A						
					B						
					C	0,66 kVA	0,05 A	101,7	0,05	0,07 A	
MT_LAKAYCUNC	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,40	-123,15		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,73	120,09		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Lakaycun	Terminal(1				A						
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					C	0,66 kVA	0,05 A	-78,3	0,05	0,07 A	
T.Lakaycun	Terminal(1				A						
					B						
					C	0,66 kVA	0,05 A	101,7	0,05	0,07 A	
MT_CHURAPATA	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,40	-123,15		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,73	120,09		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2						Annex:			
		rtd.V.	Voltage		c-	Sk"		Ik"	Ik'	ip	Ib
		[kV]	[kV]	[deg]	Factor	[kVA/MVA]	[A /kA]	[deg]	[A]	[A /kA]	[A]
L.Churapat	Terminal(1				A						
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					C	1,02 kVA	0,08 A	-78,4	0,08	0,11 A	
T.Churapat	Terminal(1				A						
					B						
					C	1,02 kVA	0,08 A	101,6	0,08	0,11 A	
MT CHUÑA	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00

Fuente: Elaboracion Propia

figura 3 81: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localiad de Patillpata, en maxima corriente de cortocircuito

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2					Annex:			
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	deg	c- Factor	Sk'' [kVA/MVA]	Ik'' [A /kA]	deg	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]
T.Patillpa	Terminal(1			A						
				B	0,97 kVA	0,07 A	-109,9	0,07	0,11 A	
				C	0,97 kVA	0,07 A	70,1	0,07	0,11 A	

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 82: Reporte de calculos del programa DigSILENT de las localidades de Chuaña, Occopampa y Patira, en maxima corriente de cortocircuito.

L.Chuaña	Terminal(1			A							
				B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
				C	0,51 kVA	0,04 A	-78,3	0,04	0,06 A		
T.Chuaña	Terminal(1			A							
				B							
				C	0,51 kVA	0,04 A	101,7	0,04	0,06 A		
MT_OCCOPAMPA	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,40	-123,12		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,73	120,08		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Occopamp	Terminal(1			A							
				B	0,61 kVA	0,05 A	70,3	0,05	0,07 A		
				C	3,03 kVA	0,23 A	-66,2	0,23	0,33 A		
L.PariaAlt	MT_PARIA	A		A							
				B							
				C	2,63 kVA	0,20 A	123,0	0,20	0,29 A		
T.Occopamp	Terminal(1			A							
				B	0,61 kVA	0,05 A	-109,7	0,05	0,07 A		
				C	0,61 kVA	0,05 A	70,3	0,05	0,07 A		
MT_PATILLPAT	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,40	-123,12		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,73	120,07		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Patillpa	Terminal(1			A							
				B	0,97 kVA	0,07 A	70,1	0,07	0,11 A		
				C	0,97 kVA	0,07 A	-109,9	0,07	0,11 A		

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 83: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de la localidad de Cojata, en corriente minima de cortocircuito

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2						Annex:			
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV] [deg]		c-Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	Ik' [deg]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]	
MT_COJATA S	A 22,90	0,00	0,00	1,00	2273,17 kVA	171,93 A	-50,8	171,93	251,65 A	171,93	
	B	17,17	-129,83		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
	C	14,32	136,13		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
L.Cojata_1	Terminal(6			A	2278,06 kVA	172,30 A	129,4	172,30	252,19 A		
				B	11,43 kVA	0,86 A	52,4	0,86	1,27 A		
				C	10,12 kVA	0,77 A	-93,0	0,77	1,12 A		
T.Cojata_1	Terminal(6			A	6,53 kVA	0,49 A	-9,2	0,49	0,72 A		
				B	11,43 kVA	0,86 A	-127,6	0,86	1,27 A		
				C	10,12 kVA	0,77 A	87,0	0,77	1,12 A		
MT_COJATA S	A 22,90	0,00	0,00	1,00	2260,32 kVA	170,96 A	-50,7	170,96	250,17 A	170,96	
	B	17,17	-129,80		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
	C	14,31	136,13		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
L.Cojata_1	Terminal(6			A	2265,21 kVA	171,33 A	129,4	171,33	250,71 A		
				B	11,44 kVA	0,86 A	52,4	0,86	1,27 A		
				C	10,12 kVA	0,77 A	-93,0	0,77	1,12 A		
T.Cojata_1	Terminal(6			A	6,52 kVA	0,49 A	-9,2	0,49	0,72 A		
				B	11,44 kVA	0,86 A	-127,6	0,86	1,27 A		
				C	10,12 kVA	0,77 A	87,0	0,77	1,12 A		
MT_COJATA S.	A 22,90	0,00	0,00	1,00	2252,67 kVA	170,38 A	-50,6	170,38	249,28 A	170,38	
	B	17,17	-129,80		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
	C	14,31	136,12		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
L.Cojata_1	Terminal(7			A	2257,56 kVA	170,75 A	129,5	170,75	249,83 A		
				B	11,44 kVA	0,86 A	52,4	0,86	1,27 A		
				C	10,12 kVA	0,77 A	-93,0	0,77	1,12 A		

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 84: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Umabamba y Quetamani, en corriente minima de cortocircuito.

L.Umabamba	Terminal(1			A							
				B	0,78 kVA	0,06 A	70,3	0,06	0,09 A		
				C	0,78 kVA	0,06 A	-109,7	0,06	0,09 A		
T.Umabamba	Terminal(8			A							
				B	0,78 kVA	0,06 A	-109,7	0,06	0,09 A		
				C	0,78 kVA	0,06 A	70,3	0,06	0,09 A		

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2						Annex:			
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV] [deg]		c-Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	Ik' [deg]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]	
MT_UMABAMBA	A 22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
	B	13,26	-123,20		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
	C	13,67	120,08		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
L.Umabamba	Terminal(1			A							
				B	1,39 kVA	0,11 A	69,9	0,11	0,15 A		
				C	1,39 kVA	0,11 A	-110,1	0,11	0,15 A		
T.Umabamba	Terminal(9			A							
				B	1,39 kVA	0,11 A	-110,1	0,11	0,15 A		
				C	1,39 kVA	0,11 A	69,9	0,11	0,15 A		
MT_QUETAMANI	A 22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
	B	13,27	-123,11		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
	C	13,66	120,04		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	
L.Quetaman	Terminal(1			A							
				B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
				C	1,01 kVA	0,08 A	-78,5	0,08	0,11 A		

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 85: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Umabamba, Quetamani y Churapata, el corriente minima de cortocircuito.

L.Pacahuac	Terminal(1				A						
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					C	0,66 kVA	0,05 A	-78,4	0,05	0,07 A	
T.Pacahuac	Terminal(1				A						
					B						
					C	0,66 kVA	0,05 A	101,6	0,05	0,07 A	
MT_PATIRA	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,26	-123,16		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,66	120,02		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Patira	Terminal(1				A						
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					C	0,66 kVA	0,05 A	-78,4	0,05	0,07 A	
T.Patira	Terminal(1				A						
					B						
					C	0,66 kVA	0,05 A	101,6	0,05	0,07 A	
MT_LAKAYCUNC	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,26	-123,16		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,66	120,02		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Lakaycun	Terminal(1				A						
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					C	0,66 kVA	0,05 A	-78,4	0,05	0,07 A	
T.Lakaycun	Terminal(1				A						
					B						
					C	0,66 kVA	0,05 A	101,6	0,05	0,07 A	
MT_CHURAPATA	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,26	-123,16		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,66	120,02		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 86: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Quetamani, Laccacollo y Pacahuacha, en minima corriente de cortocircuito.

MT_QUETAMANI	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	0,00
	B		13,27	-123,12		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	0,00
	C		13,66	120,04		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	0,00
L.Quetaman	Terminal(1				A							
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
					C	1,01 kVA	0,08 A	-78,5	0,08	0,11 A		
T.Quetaman	Terminal(1				A							
					B							
					C	1,01 kVA	0,08 A	101,5	0,08	0,11 A		
MT_LACCACOLL	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	0,00
	B		13,25	-123,18		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	0,00
	C		13,67	120,02		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	0,00
L.Laccacol	Terminal(1				A							
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
					C	1,01 kVA	0,08 A	-78,5	0,08	0,11 A		

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2					Annex:			/ 5		
		rtd.V.	Voltage		c-	Sk"		Ik"	Ik'	ip	Ib	ib
		[kV]	[kV]	[deg]	Factor	[kVA/MVA]	[A /kA]	[deg]	[A]	[A /kA]	[A]	[A]
T.Laccacol	Terminal(1											
						1,01 kVA	0,08 A	101,5	0,08	0,11 A		
MT_PACAHUACH	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	0,00
	B		13,26	-123,16		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	0,00
	C		13,66	120,02		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00	0,00
L.Pacahuac	Terminal(1				A							
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
					C	0,66 kVA	0,05 A	-78,4	0,05	0,07 A		

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 87: Reporte de calculos del programa DIGSILENT de las localidades de Patira Lacaycunca y Churapata, en minima corriente de cortocircuito.

L.Pacahuac	Terminal(1)				A						
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					C	0,66 kVA	0,05 A	-78,4	0,05	0,07 A	
T.Pacahuac	Terminal(1)				A						
					B						
					C	0,66 kVA	0,05 A	101,6	0,05	0,07 A	
MT_PATIRA	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,26	-123,16		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,66	120,02		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Patira	Terminal(1)				A						
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					C	0,66 kVA	0,05 A	-78,4	0,05	0,07 A	
T.Patira	Terminal(1)				A						
					B						
					C	0,66 kVA	0,05 A	101,6	0,05	0,07 A	
MT_LAKAYCUNC	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,26	-123,16		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,66	120,02		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Lakaycun	Terminal(1)				A						
					B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					C	0,66 kVA	0,05 A	-78,4	0,05	0,07 A	
T.Lakaycun	Terminal(1)				A						
					B						
					C	0,66 kVA	0,05 A	101,6	0,05	0,07 A	
MT_CHURAPATA	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,26	-123,16		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,66	120,02		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 88: Reporte de calculos del programa DigSILENT de las localidades de Churapata, Occopampa y Chuaña, en minima corriente de cortocircuito.

Grid: PARTE 2		System Stage: PARTE 2				Annex:					
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	Angle [deg]	c- Factor	Sk" [kVA/MVA]	Ik" [A /kA]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]		
T.Cojata_1	Terminal(7)				A	6,52 kVA	0,49 A	-9,2	0,49	0,72 A	
					B	11,44 kVA	0,86 A	-127,6	0,86	1,27 A	
					C	10,12 kVA	0,77 A	87,0	0,77	1,12 A	
MT_COJATA S.	A	22,90	0,00	0,00	1,00	2232,42 kVA	168,85 A	-50,5	168,85	246,95 A	168,85
	B		17,17	-129,76		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		14,29	136,12		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Cojata_1	Terminal(7)				A	2237,32 kVA	169,22 A	129,6	169,22	247,49 A	
					B	51,04 kVA	3,86 A	75,4	3,86	5,65 A	
					C	11,34 kVA	0,86 A	-60,2	0,86	1,25 A	
T.Cojata_1	Terminal(7)				A	6,52 kVA	0,49 A	-9,1	0,49	0,72 A	
					B	11,44 kVA	0,87 A	-127,6	0,87	1,27 A	
					C	10,11 kVA	0,77 A	87,0	0,77	1,12 A	
Fuse(1)	Terminal(1)				A	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	
					B	40,76 kVA	3,08 A	-98,3	3,08	4,51 A	
					C	6,19 kVA	0,47 A	-177,6	0,47	0,68 A	
MT_TOMAPIRHU	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,28	-123,11		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,66	120,07		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Tomapirh	Terminal(1)				A						
					B	0,84 kVA	0,06 A	70,3	0,06	0,09 A	
					C	0,84 kVA	0,06 A	-109,7	0,06	0,09 A	
T.Tomapirh	Terminal(8)				A						
					B	0,84 kVA	0,06 A	-109,7	0,06	0,09 A	
					C	0,84 kVA	0,06 A	70,3	0,06	0,09 A	
MT_UMABAMBA	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,27	-123,15		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,66	120,08		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 89: Reporte de calculos del programa DigSILENT de las localidades de Occopampa y Patillpata, en minima corriente de cortocircuito

Grid: PARTE 2											
System Stage: PARTE 2											
Annex: /											
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]		c- Factor	Sk'' [kVA/MVA]	Ik'' [A /kA]	Ik' [deg]	Ik' [A]	ip [A /kA]	Ib [A]	ib [A]
L.Churapat	Terminal(1										
				A							
				B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
				C	1,01 kVA	0,08 A	-78,5	0,08	0,11 A		
T.Churapat	Terminal(1										
				A							
				B							
				C	1,01 kVA	0,08 A	101,5	0,08	0,11 A		
MT_CHUAÑA	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,26	-123,16		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,66	120,02		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Chuaña	Terminal(1										
				A							
				B	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A		
				C	0,51 kVA	0,04 A	-78,3	0,04	0,06 A		
T.Chuaña	Terminal(1										
				A							
				B							
				C	0,51 kVA	0,04 A	101,7	0,04	0,06 A		
MT_OCCOPAMPA	A	22,90	0,00	0,00	1,00	0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	B		13,27	-123,13		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
	C		13,66	120,00		0,00 kVA	0,00 A	0,0	0,00	0,00 A	0,00
L.Occopamp	Terminal(1										
				A							
				B	0,60 kVA	0,05 A	70,4	0,05	0,07 A		
				C	3,02 kVA	0,23 A	-66,2	0,23	0,33 A		
L.PariaAlt	MT_PARIA A										
				A							
				B							
				C	2,61 kVA	0,20 A	122,9	0,20	0,28 A		

Fuente: Elaboracion Propia

CAPITULO IV

6. Conclusiones Y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

- El programa DIGSILENT es un software de mucha utilidad en temas de simulación de fallas Trifásicas, Bifásicas, Monofásicas, etc y de análisis de flujo de potencia en los Sistemas Eléctricos de Potencia que a la vez los estudios realizados son satisfactorios.
- Se ha contribuido el software DIGSILENT con la base del dato actualizada de la red existente, está a la vez será una herramienta para poder analizar el flujo de potencia y análisis de estabilidad.
- Se ha usado el programa DIGSILENT para la simulación de fallas y para el análisis de resultados; en el Alimentador A 4001, Línea Solitario – Cojata – Redes Existentes, se simulado Fallas Monofásicas; en el alimentador A 4001 y la localidad de Cojata se han simulado fallas Trifásicas y Bifásicas, con los valores obtenidos se pueden diseñar los equipos de protección.
- Se ha realizado el correcto flujo de Carga en el sistema Eléctrico de Potencia, además se ha realizados los análisis correspondientes de todos los puntos críticos.

6.2 Recomendaciones

- Se logro utilizar el software DIGSILENT para la actualización del sistema Eléctrico de Potencia, se recomienda usar el archivo con

extensión “.pfd” para futuras simulaciones de fallas y análisis de flujo de potencia ya que los resultados son casi cercanos a los de la realidad.

- De la corrida del flujo de potencia se dio un diagnóstico de que 04 subestaciones habían superado su capacidad de trabajo, estos están sobrecargados y se recomienda cambiar dichos transformadores a uno de mayor capacidad para su correcto funcionamiento.
- La investigación servirá para los futuros tesis que deseen abarcar más sobre el software y sus utilidades en los distintos temas de electricidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- Alcantar Bauzar, I. (2015). *Apuntes de sistema electrico de potencia*. Instituto tecnologico de los mochis.
- Al-Shaher, M., Sabra, M., & Saleh, A. (2003). Fault location in mu It i-ring dis tribution network us ing artificial neural network. *Electric power sys tems research*, 87-92.
- Barin , A., Pozzatti, I., G. Carvalh, C., N. Canha, I., Q. Machado, R., R. Abaide, A., . . . A. Farret, f. (2007). Analysis of the impact of distributed generation sources on the operational characteristics of the distribution systems for planning studies. *19th international conference on electricity distribution*, paper no 0272.
- Bi., T., Ni, Y., Shen, C., & Wu, F. (2002). An on-line distributed intelligent fault section estimation sys tem for large-scale power networks. *Electric power sys tems research*, 173-182.
- C62.48, I. S. (2005). "IEEE guide on interactions between power system disturbances and surge-protective devices". *Surge-protective devices committee.*, 1-20.
- Carmona, J., & Gómez, J. (2011). Evaluation of power interruption costs. *Vi international symposium on power quality*.
- Chiler, C. (2010). *Proteccion de sistemas electricos de potencia*. Lima.
- Cne. (2011). *Codigo nacional de electricidad*.

- Enrique Happer, G. (2005). *Sistemas de transmision y distribucion de potencia electrica*. Mexico, limusa.
- Force, C. T. (2001). Methods to consider customer interruption costs in power.
- Harper, E. (2005). *Sistemas de transmision y distribucion de potencia electrica*. Mexico.
- Ibidem. (s.f.). Redes electricas., (págs. 18-19).
- K., A. (s.f.). *Una red de distribución de energía eléctrica, para áreas urbanas y rurales con presencia de arbolado*. Universidad de san carlos de guatemala., guatemala.
- Karami, M., Mokthari, H., & Iravani., R. (2000). Wavelet based on line disturbance detection for power quality applications. *Ieee transactions on power delivery*, 1212-1220.
- Kindermann, G. (1997). *Corto - circuito*. Porto alegre.
- Küfeoğlu, S. (2011). Evaluation of power outage costs for industrial and service sectors in finland. *Master's thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of masters of science in technology*. Aalto university school of electrical engineering, finland.
- Maque, R. (s.f.). *Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora de calidad de servicio a causa de fallas imprevistas en el suministro eléctrico en el distrito de macusani-carabaya*. Universidad nacional del altiplano puno, puno.

- Mora, J., Carrillo, G., & Barrera, B. (2007). "fault location in power distribution systems using a learning algorithm for multivariable data analysis". *Ieee transaction on power delivery*. Vol. 22, 1715-1721.
- Ntcse. (s.f.). *Norma tecnica de calidad de servicios electricos* . Peru.
- Oppenheim, A., Willsky, S., & Hamid Nawab, s. (1997). Signals and systems. *Englewood cliffs*, 20-58.
- Senger, E., Manassero, G., Goldemberg, C., & Pellini, E. (2005). Automated fault location system for primary dis tribution networks. *Ieee trans on power delivery*, 1332-1340.
- Subramanian, R., Billinton , R., & Wacker, G. (1993). Understanding industrial losses resulting from electric service interruptions. *Ieee transactions on industry applications*, 238-244.
- Tamayo Pacheco, J. (2017). *La industria de la electricidad en el peru*. Lima.
- Thukaram, D., Khincha, H., Jenkins, I., & Visakha, k. (2002). A three phase fault detection algorithm for radial dis tribution networks. *In proceedings of Ieee region 10 conference on computers, communications , control and power engineering*, 1242-1248.
- Viqueira, J. (2004). *Redes electricas*. Mexico.
- Wen, F., & Chang, C. (1997). Probabilis tic approach for fault-section estimation in power sys tems based on a refined genetic algorithm. *Iee proc. Gen. Trans . And dis t*, 160-168.

Zhu, J., Lubkeman, D., & Girgis, A. (1997). "automated fault location and diagnosis on electric power distribution feeders". *Ieee transactions on power delivery*, 801-809.