

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Análisis del control de pérdidas y recupero de  
energía eléctrica del alimentador A4005 en la  
Unidad de Negocios Ayacucho, 2023**

Katia Cañari Dias  
María Rocío Bacon Villanueva

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniera Electricista

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# ANÁLISIS DEL CONTROL DE PÉRDIDAS Y RECUPERO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL ALIMENTADOR A4005 EN LA UNIDAD DE NEGOCIOS AYACUCHO, 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.distriluz.com.pe">www.distriluz.com.pe</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://cip.org.pe">cip.org.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://proactivo.com.pe">proactivo.com.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://perdidasenergiaelectrica.blogspot.com">perdidasenergiaelectrica.blogspot.com</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://www.clubensayos.com">www.clubensayos.com</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://repositorio.unj.edu.pe">repositorio.unj.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="http://datospdf.com">datospdf.com</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://tesis.bnct.ipn.mx">tesis.bnct.ipn.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://tesis.unap.edu.pe">tesis.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://e-archivo.uc3m.es">e-archivo.uc3m.es</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://bibliotecavirtualoducal.uc.cl">bibliotecavirtualoducal.uc.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://vdocuments.site">vdocuments.site</a> Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="http://tecciencia.ecci.edu.co">tecciencia.ecci.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://geox.udistrital.edu.co">geox.udistrital.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://dspace.utpl.edu.ec">dspace.utpl.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://repositorio.upagu.edu.pe">repositorio.upagu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://vriunap.pe">vriunap.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl">repositorioslatinoamericanos.uchile.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://slideplayer.es">slideplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://upc.aws.openrepository.com">upc.aws.openrepository.com</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %

33	<a href="http://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://fr.scribd.com">fr.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://quadtron.com.br">quadtron.com.br</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://www.ptolomeo.unam.mx:8080">www.ptolomeo.unam.mx:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://www.yumpu.com">www.yumpu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://repositoriodemo.continental.edu.pe">repositoriodemo.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="http://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://repositorio.upeu.edu.pe:8080">repositorio.upeu.edu.pe:8080</a> Fuente de Internet	<1 %

45	<a href="http://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="http://dspace.unach.edu.ec">dspace.unach.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
47	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
48	<a href="http://repositorio.uwiener.edu.pe">repositorio.uwiener.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
49	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
50	<a href="http://www.scielo.cl">www.scielo.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
51	Pedro Quintero Campos. "Diseño, obtención y caracterización de proteínas recombinantes a partir de determinantes antigénicos asociadas a reacciones alérgicas a β-lactámicos.", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1 %
52	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="http://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
54	<a href="http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co">repositoriodspace.unipamplona.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %

[www.cacic2016.unsl.edu.ar](http://www.cacic2016.unsl.edu.ar)

55

Fuente de Internet

<1 %

56

[www.cidet.com.co](http://www.cidet.com.co)

Fuente de Internet

<1 %

57

[pt.slideshare.net](http://pt.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1 %

58

[repositorio.ujcm.edu.pe](http://repositorio.ujcm.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

59

[archive.org](http://archive.org)

Fuente de Internet

<1 %

60

[cybertesis.unmsm.edu.pe](http://cybertesis.unmsm.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

61

[doczz.net](http://doczz.net)

Fuente de Internet

<1 %

62

[www.scielo.br](http://www.scielo.br)

Fuente de Internet

<1 %

63

Godinez Rodriguez Maria de los Angeles.  
"Actitudes de las y los estudiantes de  
enfermeria respecto a la promocion de la  
salud en la practica comunitaria", TESIUNAM,  
2005

Publicación

<1 %

64

Vizcaino Torres Raúl. "Análisis de la calidad de  
la energía del sistema eléctrico de la zona

<1 %



# cultural universitaria de la UNAM", TESIUNAM, 2017

Publicación

65

[repositorio.une.edu.pe](http://repositorio.une.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

66

[repositorio.unife.edu.pe](http://repositorio.unife.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

67

[repositorio.utc.edu.ec](http://repositorio.utc.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

68

[repositorio.unsm.edu.pe](http://repositorio.unsm.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

69

[www.metarevistas.org](http://www.metarevistas.org)

Fuente de Internet

<1 %

70

[www.repositorio.usac.edu.gt](http://www.repositorio.usac.edu.gt)

Fuente de Internet

<1 %

71

Guzmán Cortés Jorge Alberto. "Alteraciones neuropsicológicas y electrofisiológicas debidas al traumatismo crónico cerebral en practicantes de box amateur", TESIUNAM, 2016

Publicación

<1 %

72

[ispcesarvallejo.edu.pe](http://ispcesarvallejo.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

73

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

<1 %

74	<a href="http://pesquisa.bvsalud.org">pesquisa.bvsalud.org</a> Fuente de Internet	<1 %
75	Luna Gómez Víctor Enrique. "Diseño eléctrico de una tienda departamental", TESIUNAM, 2011 Publicación	<1 %
76	<a href="http://ciencia.lasalle.edu.co">ciencia.lasalle.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
77	<a href="http://parciakara.blogspot.com">parciakara.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
78	<a href="http://prezi.com">prezi.com</a> Fuente de Internet	<1 %
79	<a href="http://repositorio.uaustral.edu.pe">repositorio.uaustral.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
80	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
81	<a href="http://repositorio.unprg.edu.pe:8080">repositorio.unprg.edu.pe:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
82	<a href="http://repositorio.upeu.edu.pe">repositorio.upeu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
83	<a href="http://saludcapital.gov.co">saludcapital.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
84	<a href="http://www.calameo.com">www.calameo.com</a> Fuente de Internet	<1 %

85	<a href="http://www.councilbluffs-ia.gov">www.councilbluffs-ia.gov</a> Fuente de Internet	<1 %
86	<a href="http://www.info-moreno.com.ar">www.info-moreno.com.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
87	Aguilar Reyes Penélope Gabriela. "Desarrollo de una formulación oral pediátrica con actividad diurética", TESIUNAM, 2019 Publicación	<1 %
88	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
89	<a href="http://rasisbi.uqroo.mx">rasisbi.uqroo.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
90	<a href="http://www.cocef.org">www.cocef.org</a> Fuente de Internet	<1 %
91	<a href="http://www.drugabuse.gov">www.drugabuse.gov</a> Fuente de Internet	<1 %
92	<a href="http://www.fonafe.gob.pe">www.fonafe.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
93	<a href="http://www.ub.edu">www.ub.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
94	<a href="http://xdocs.net">xdocs.net</a> Fuente de Internet	<1 %
95	<a href="http://1library.net">1library.net</a> Fuente de Internet	<1 %

96	Chávez Cortés Raúl. "Detección de fugas en líneas de conducción", TESIUNAM, 2014 Publicación	<1 %
97	Echeverría de Eguiluz José de Jesús. "Evaluación del riesgo en proyectos de inversión : una propuesta de metodología para la toma de decisiones", TESIUNAM, 2002 Publicación	<1 %
98	<a href="http://bdigital.unal.edu.co">bdigital.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
99	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
100	<a href="http://repositorio.utesup.edu.pe">repositorio.utesup.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
101	<a href="http://repositorio.uts.edu.co:8080">repositorio.uts.edu.co:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
102	<a href="http://repositoriobibliotecas.uv.cl">repositoriobibliotecas.uv.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
103	<a href="http://tesisred.net">tesisred.net</a> Fuente de Internet	<1 %
104	<a href="http://www.hrw.org">www.hrw.org</a> Fuente de Internet	<1 %
105	<a href="http://www.iadb.org">www.iadb.org</a> Fuente de Internet	<1 %

106

Fuente de Internet

<1 %

107

"Applied Computer Sciences in Engineering",  
Springer Science and Business Media LLC,  
2019

Publicación

<1 %

108

Ramírez Paniagua Antonio. "Informe de  
servicio social en el Instituto Nacional de  
Estadística y Geografía", TESIUNAM, 2022

Publicación

<1 %

109

doku.pub

Fuente de Internet

<1 %

110

dokumen.pub

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

**ASESOR**

**Dr. CÉSAR QUISPE LÓPEZ**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por renovar nuestras fuerzas día a día durante este proceso y por orientar nuestros pasos hacia senderos de esperanza y éxito.

Nuestro agradecimiento a la empresa Electrocentro, por brindarnos el acceso y facilidad para la obtención de datos de la investigación.

También, expresar nuestro agradecimiento a la Universidad Continental, por su formación académica y profesional con constancia y dedicación.

Nuestra gratitud al asesor, por su guía y correcciones precisas que nos permitió la culminación del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

A nuestros amados Padres, por ser ejemplo de perseverancia, sacrificio y amor incondicional, especialmente a nuestra Madre, por proporcionarnos todo lo que verdaderamente hemos necesitado y ser siempre una luz en nuestro camino.

A nosotras, por la fuerza y voluntad que tenemos para perseguir cada sueño. Por apoyarnos y ayudarnos tanto en este proceso.



## ÍNDICE

Asesor.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Índice.....	v
Índice de figuras.....	viii
Índice de ecuaciones.....	ix
Índice de tablas.....	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
Introducción .....	xiii
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>15</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>15</b>
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	15
1.1.1. Formulación del problema .....	17
1.1.1.1. Problema general.....	17
1.1.1.2. Problemas específicos .....	18
1.2. Objetivos 18	
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos .....	18
1.3. Justificación.....	18
1.3.1. Justificación social .....	18
1.3.2. Justificación teórica .....	19
1.3.3. Justificación técnica .....	19
1.3.4. Justificación económica.....	19
1.3.5. Justificación ambiental.....	19
1.4. Importancia .....	19
1.5. Hipótesis y descripción de variables .....	20
1.5.1. Hipótesis .....	20
1.5.1.1. Hipótesis general.....	20
1.5.1.2. Hipótesis específicas .....	20
1.6. Descripción de variables .....	20
1.6.1. Variable independiente (x).....	20
1.6.2. Variable dependiente (y).....	20
1.6.3. Operacionalización de variables .....	21
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>22</b>

<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.1. Antecedentes del problema .....	22
2.1.1. Control de pérdidas .....	22
2.1.1.1. Antecedentes internacionales .....	22
2.1.1.2. Antecedentes nacionales .....	24
2.1.2. Recuperación de energía del alimentador A4005 .....	26
2.1.2.1. Antecedentes internacionales .....	26
2.1.2.2. Antecedentes nacionales .....	28
2.2. Bases teóricas .....	30
2.2.1. Control de pérdidas .....	30
2.2.2. Recuperación de energía del alimentador A4005 .....	31
2.3. Definición teórica.....	32
2.3.1. Control de pérdidas en sistemas de distribución.....	32
2.3.2. Recuperación de energía del alimentador A4005 .....	37
2.3.3. Configuración de flujo de potencia alimentador A4005 .....	38
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>42</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>42</b>
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación .....	42
3.1.1. Tipo.....	42
3.1.2. Nivel.....	42
3.1.3. Método .....	42
3.1.3.1. Método general .....	42
3.1.3.2. Método específico .....	43
3.2. Diseño y esquema de la investigación.....	43
3.3. Población, muestra y técnica de muestreo .....	43
3.3.1. Población .....	43
3.3.2. Muestra .....	44
3.3.3. Tipo de muestreo .....	44
3.4. Técnica e instrumento de acopio de datos.....	44
3.4.1. Técnicas de fichaje.....	44
3.4.2. Técnicas de registros.....	44
3.5. Técnicas de procesamiento de datos .....	44
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>45</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>45</b>
4.1. Resultados de prueba, prueba de hipótesis, interrelación.....	45
4.1.1. Procesamiento de información.....	45
4.1.2. Esquema de conexión del alimentador A4005.....	46

4.1.3. Proyección de la demanda del alimentador A4005 y balance de pérdidas de Electrocentro.....	53
4.2. Análisis bivariado.....	53
4.2.1. Análisis de los estadísticos descriptivos de las pérdidas de energía simulada, proyectada y recuperación de energía.....	53
4.2.2. Comportamiento gráfico de las pérdidas simuladas, proyectadas y la recuperación de energía.....	54
4.3. Prueba de hipótesis.....	56
4.3.1. Hipótesis general.....	56
4.3.1.1. Influencia .....	56
4.3.2. Hipótesis específica .....	56
4.3.2.1. Ineficiencia.....	56
4.3.2.2. Efectos.....	56
4.3.2.3. Pérdidas.....	56
4.3.3. Prueba t de Student para las 2 muestras relacionadas .....	57
4.4. Resultados de las pruebas de hipótesis.....	60
4.4.1. Toma de decisiones.....	60
4.4.2. Hipótesis general: influencia.....	60
4.4.3. Hipótesis específica: ineficiencia.....	60
4.4.4. Hipótesis específica: efectos .....	61
<b>Conclusiones.....</b>	<b>62</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>63</b>
<b>Lista de referencias .....</b>	<b>64</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipificación de las pérdidas de energía eléctrica.....	32
Figura 2. Esquema de montaje para ensayo en cortocircuito de un transformador .....	34
Figura 3. Diagrama unifilar de la subestación Ayacucho .....	39
Figura 4. Mapa de la densidad de carga de la subestación Ayacucho .....	40
Figura 5. Leyenda de la densidad de carga de la subestación Ayacucho.....	40
Figura 6. Esquema equivalente de la barra conectada a la subestación Ayacucho.....	41
Figura 7. Esquema general de correlación.....	43
Figura 8. Esquema del alimentador A4005.....	46
Figura 9. Esquema de flujo de potencia asociados a la ubicación del recloser.....	46
Figura 10. Esquema general de pérdidas técnicas al alimentador A4005.....	47
Figura 11. Flujo de potencia del Alimentador A4005 bajo carga.....	47
Figura 12. Perfil de tensión del alimentador A4005 .....	52
Figura 13. Deficiencias de la calidad de energía del año 2021 del alimentador Ayacucho.....	53
Figura 14. Recuperación de energía estimada para el año 2025 por transformador de distribución .....	54
Figura 15. Pérdidas de energía simulada por transformador de distribución correspondientes al alimentador A4005.....	55
Figura 16. Pérdidas de energía proyectada al año 2025 por transformador de distribución correspondientes al alimentador A4005.....	55

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuacion 1. Pérdidas en transformadores método lineal .....	34
Ecuación 2. Pérdidas por corrientes parásitas .....	34
Ecuación 3. Pérdidas en alumbrado público .....	35
Ecuación 4. Pérdidas en acometidas .....	36
Ecuación 5. Pérdidas en medidores .....	36
Ecuación 6. Potencia eléctrica .....	37
Ecuación 7. Potencia eléctrica a partir de corriente .....	37
Ecuación 8. Energía eléctrica.....	38

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	21
Tabla 2. Alimentadores de la subestación Ayacucho .....	39
Tabla 3. Datos generales de la subestación Ayacucho.....	41
Tabla 4. Parámetros energéticos de potencia y escala de los transformadores de distribución asociados al alimentador A4005.....	48
Tabla 5. Estadísticos descriptivos de energía.....	53
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de pérdidas.....	54
Tabla 7. Análisis de los datos de salida de la prueba t de Student.....	57
Tabla 8. Análisis de los datos de correlación de la prueba t de Student .....	57
Tabla 9. Prueba t de Student para muestras emparejadas .....	59
Tabla 10. Prueba de hipótesis de la influencia de la variable control de pérdidas en la variable recuperación de energía.....	60
Tabla 11. Prueba de hipótesis de ineficiencia.....	60
Tabla 12. Prueba de hipótesis de efectos .....	61

## RESUMEN

La investigación responde a la siguiente interrogante: ¿Cómo sería el análisis del control de pérdidas y recupero de energía eléctrica del alimentador A4005, Ayacucho 2023?, El control de pérdidas eléctricas en los alimentadores eléctricos debido a su impacto en la eficiencia y sostenibilidad del sistema de distribución de energía en los subsistemas de transmisión es un tema de vital importancia en cuanto a términos de calidad de energía y eficiencia se refieren, enfocándose en una unidad de negocio definida, que es la unidad de negocios de Ayacucho.

Este estudio aborda la problemática de las pérdidas eléctricas en los alimentadores eléctricos desde una perspectiva de mejora en la eficiencia energética y sostenibilidad del sistema de distribución de energía. Se examinan diferentes técnicas y métodos utilizados para el control de pérdidas, incluyendo la regulación de voltaje, la gestión de carga de demanda, la detección de fallas y las mejoras en la infraestructura de distribución que se enfocan en la recuperación de la energía y su correlación con el control de pérdidas.

El presente estudio demostró, mediante pruebas de hipótesis donde resultó ser significativa la incidencia de la variable control de calidad en la recuperación de energía y adrede al control de pérdidas establecida, así mismo, la utilización de dispositivos de control de pérdidas garantiza una mejora significativa y confiable en la calidad de energía en el sistema de distribución del alimentador A4005.

**Palabras claves:** alimentadores eléctricos, control de pérdidas, eficiencia energética

## **ABSTRACT**

The investigation responds to the following question: What would the analysis of the control of losses and recovery of electrical energy of the A4005 feeder, Ayacucho 2023, be like? The control of electrical losses in electrical feeders due to their impact on the efficiency and sustainability of the system power distribution in transmission subsystems is a vitally important issue in terms of power quality and efficiency.

This study addresses the problem of electrical losses in electrical feeders from the perspective of improving energy efficiency and sustainability of the energy distribution system. Different techniques and methods used for loss control are examined, including voltage regulation, demand load management, fault detection, and distribution infrastructure improvements that focus on energy recovery and correlation. of the same with loss control.

The present study demonstrated, through hypothesis tests where the incidence of the quality control variable in the energy recovery and intentionally to the established loss control turned out to be significant, likewise, the use of loss control devices guarantees an improvement significant and reliable impact on power quality in the A4005 feeder distribution system.

**Keywords:** electrical feeders, energy efficiency, loss control



## INTRODUCCIÓN

La investigación titulada «Análisis de control de pérdidas para la recuperación de energía eléctrica del alimentador A4005 de la unidad de negocios Ayacucho, 2023», enfoca el problema focalizado en la calidad de la energía, pérdidas técnicas y no técnicas en términos de eficiencia energética donde se detectó inconvenientes respecto a la distribución de la energía y consumo excesivo de potencia eléctrica en el alimentador A4005, que es parte de los 8 alimentadores de la subestación Ayacucho.

Asimismo, la investigación fue importante por sus resultados, los cuales mostraron la efectividad del análisis de control de pérdidas en la recuperación de la energía en el alimentador en cuestión, para dar sustento teórico y práctico a lo anteriormente planteado. La presente investigación se subyuga a la siguiente estructura:

Capítulo I, se presenta el planteamiento y formulación del problema, problemas general y específicos; objetivos general y específicos; hipótesis general y específicas; justificación e importancia de la investigación y sus alcances referentes al análisis y control de pérdidas, así como la relevancia de abordar este estudio y la naturaleza teórica y práctica en la actualidad.

Capítulo II, trata de los antecedentes del problema, antecedentes nacionales e internacionales, el marco y bases teóricas de la investigación que comprenden temas relacionados a las variables de control de pérdidas y la recuperación de energía eléctrica en términos de energía y potencia, aspectos generales del área de estudio, y definición de términos básicos necesarios para la comprensión del presente estudio.

Capítulo III, se describe la metodología, tipo, nivel, método y diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos: técnicas, instrumentos y técnica de procesamiento y análisis de datos necesarios para la estructuración de la investigación, así como el procedimiento específico de tratamiento de datos dándole la característica específica de investigación al presente trabajo.

Capítulo IV, se dan a conocer resultados y discusión, resultados del tratamiento y análisis de la información, contrastación de la hipótesis general y la prueba de hipótesis específicas y, finalmente, la discusión e interpretación de resultados de la influencia del análisis del control de pérdidas en la recuperación de energía del alimentador A4005 de la unidad de negocios Ayacucho, 2023.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, lista de referencias y anexos de la presente investigación, haciendo hincapié, una vez más, en los procedimientos logísticos, conceptuales y estudio teórico / práctico necesario para la consolidación del presente trabajo.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

Actualmente, en las empresas y unidades de negocio a pequeña y mediana escala, la pérdida de energía genera índices negativos reflejados en desbalances económicos a escalas millonarias, tanto para el sector de distribución como para empresas comercializadoras. En consecuencia, a lo anterior mencionado, se ha registrado una reducción de sus ingresos por los consumos no facturados, un incremento de sus gastos por la compra de energía y transporte, una reducción de la disponibilidad de su capacidad instalada y una reducción del período de vida útil de sus equipos. Este incremento en los costos de las empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica generalmente es trasladado a los usuarios, reflejándose en elevados valores de las tarifas eléctricas que son una problemática para los clientes finales que se ven perjudicados económicamente y en cuanto a calidad del suministro eléctrico se refiere (1).

Perú ha enfrentado históricamente desafíos en términos de pérdidas eléctricas, tanto en la transmisión como en la distribución de energía. Las pérdidas eléctricas se refieren a la cantidad de electricidad perdida o desperdiciada durante la transmisión y distribución debido a factores como fugas, robos de electricidad, fallas en la infraestructura, ineficiencias técnicas y comerciales, entre otros. En el pasado, Perú ha experimentado altos niveles de pérdidas eléctricas. Estas pérdidas representan no solo un problema económico para las empresas de energía, sino también un desafío para garantizar un suministro de energía confiable y asequible para los consumidores. El gobierno peruano ha tomado medidas para abordar el problema de las pérdidas eléctricas en el país. Se han implementado programas de mejora de infraestructura,

modernización de sistemas de medición y control, y fortalecimiento de la supervisión y el cumplimiento de las normas. Estos esfuerzos están destinados a reducir las pérdidas técnicas y comerciales, mejorar la eficiencia y garantizar la sostenibilidad del sistema eléctrico. Además, se han promovido campañas de concientización y medidas legales más estrictas para combatir el robo de electricidad, una de las principales causas de las pérdidas comerciales. Las empresas de energía también han implementado tecnologías avanzadas de medición y monitoreo para detectar y abordar las pérdidas no técnicas.

En resumen, aunque no se tenga una actualización precisa sobre la situación actual de las pérdidas eléctricas en Perú por la naturaleza de la información asimétrica característica del consumo y generación de la energía eléctrica, el gobierno y las empresas de energía están trabajando para abordar este desafío a través de la mejora de la infraestructura, la modernización de sistemas y la implementación de medidas legales y tecnológicas para reducir las pérdidas técnicas y comerciales.

Conforme a la memoria descriptiva de Electrocentro en la actualización del año 2020 las pérdidas de energía desde los años 2020 hasta el año 2016 es de 11.03 %, 10.76 %, 10.24 %, 9.81 % y 10.18 % respectivamente en orden descendente, que arroja un aumento del 0.85 % en comparación al año 2016; que en términos generales, se afirma que en el año 2020 las pérdidas de energía en el sistema de transmisión representan el 1.57 % del total de energía adquirida a empresas generadoras del SEIN (Sistema Interconectado Nacional), equivalente a 15,37 GWh, inferior a lo obtenido en el año 2019. Con respecto a las pérdidas en el sector de transmisión en el año 2020 se afirma que es inferior en 0,68 puntos porcentuales a lo registrado en el 2019. Esto contribuyó en la disminución de las pérdidas, el incremento de la producción distribuida propia en 23 % respecto al período similar del 2019, por lo que las empresas comercializadoras en transmisión y distribución han venido trabajando en el reemplazo de transformadores de potencias en instalaciones congestionadas como lo son Chanchamayo, Satipo y San Francisco, que son unidades clave de concentración de pérdidas de energía eléctrica, así mismo, las pérdidas de energía en el sistema de distribución alcanzaron durante el año 2020 la cifra de 11.03 % de la energía distribuida en media y baja tensión, equivalente a 957 GWh, incrementándose respecto a lo logrado el año anterior.

Enfocados en la unidad de negocio Ayacucho perteneciente al grupo Distriluz, y conforme a los resultados de flujo de potencia y dando como objetivo la obtención de los índices de pérdidas de energía en las acometidas y medidores de energía detectadas mediante modelos matemáticos y simulaciones de flujo de potencia, resultó un índice 33.40 MWh

(6.45 %) de pérdidas técnicas y 10.89 (1.49 %) de pérdidas no técnicas, correspondiente al alimentador A4005 (2).

Sumado a ello, según la EIA (Administración de Información Energética), se prevé que para el 2050, el consumo de este recurso a nivel mundial se incremente en un 50 % respecto del 2018. Así mismo, de acuerdo con el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) se estima que la demanda eléctrica en la región aumente en un 3 % anual al 2030. Este incremento constante del consumo de energía en el mundo representa un gran reto para el sector eléctrico, puesto que, desde el proceso de generación de electricidad hasta su distribución a clientes finales se registra una pérdida de hasta el 80 %, siendo las etapas de transmisión y distribución donde más energía se pierde, registrándose un 8.5 %. Una cifra de la cual el 3 % es generada solo por ineficientes transformadores de potencia instalados en la base.

Actualmente, en distintos países europeos existen proyectos ejecutados sobre sistemas de control de pérdidas energéticas, basado en parámetros de medición y digitalización de manera autónoma, que son un gran avance de aplicación en el sector de distribución y comercialización, que permite mitigar y controlar las pérdidas técnicas (pérdidas en los conductores y equipo asociados a la red) y las pérdidas no técnicas (asociadas a las pérdidas de medición, facturación y conexiones ilegales presentes en la red) como por ejemplo los sistemas de medición inteligente o *smart metering*, los sistemas informáticos descentralizados o *edge computing* o como también el análisis avanzado o total de la red eléctrica, que es una medida adoptada en gran parte de Europa en alrededor de 88.26 % del total de la red de interconexión eléctrica de distribución residencial y, en términos nacionales, el control de dichas pérdidas es abarcado en proyectos ligados al *smart city*, que llevando la vanguardia de este tipo de gestión de control de pérdidas sirve de base para la presente investigación.

En ese sentido y con el objetivo de dar consistencia teórica y empírica a la investigación, se plantea el problema general y específico enfocado en la premisa descrita en líneas anteriores.

### **1.1.1. Formulación del problema**

#### **1.1.1.1. Problema general**

¿Cómo sería el análisis del control de pérdidas y recupero de energía eléctrica del alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023?

### **1.1.1.2. Problemas específicos**

¿Cuál es la situación actual del consumo de energía eléctrica en el alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023?

¿Qué efectos tiene el análisis de control de pérdidas en el alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023?

¿En qué medida el control de pérdidas mejora el recuperó energético en el alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Analizar el control de pérdidas y recuperó de energía eléctrica del alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Identificar la situación actual del consumo de energía eléctrica en alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023.

Describir los efectos que tiene el análisis de control de pérdidas en el alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023.

Determinar en qué medida el control de perdidas mejora el recuperó energético en el alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023.

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación social**

El presente trabajo se delimita en el ámbito social, específicamente en la unidad de negocios Ayacucho, ya que se debe suministrar energía eléctrica a los usuarios conectados al alimentador A4005 buscando eficiencia y calidad de energía. El estudio de las pérdidas eléctricas no solo tiene fundamentos técnicos y económicos, sino también una fuerte justificación social. Al reducir las pérdidas eléctricas, se promueve la eficiencia energética, se amplía el acceso a la electricidad, se mejora la asequibilidad y se impulsa el desarrollo económico, todo lo cual contribuye a una sociedad más sostenible, equitativa y próspera.

### **1.3.2. Justificación teórica**

El propósito del presente trabajo es contribuir a investigaciones existentes sobre la gestión de control de pérdidas y la recuperación de la energía en alimentadores eléctricos, especialmente centrados en sistemas inteligentes de medición, cuyos resultados podrán ser contrastados y analizados para posteriores estudios sobre el análisis de control de pérdidas eléctricas, las pérdidas eléctricas brindan una justificación teórica sólida al permitir mejoras en la eficiencia del sistema eléctrico, facilitar el mantenimiento y la gestión del sistema, y estimular el desarrollo de tecnologías innovadoras en el campo de la energía eléctrica. Estas mejoras técnicas conducen a una mayor eficiencia operativa, una mayor confiabilidad del suministro y un avance continuo en la industria eléctrica.

### **1.3.3. Justificación técnica**

Con el presente proyecto se busca la reducción de pérdidas eléctricas y recuperación de energía en alimentadores, con lo que en conjunto en toda el área de estudio generará una reducción considerable en la potencia desperdiciada por el concepto de pérdidas técnicas y no técnicas, lo que a su vez aliviaría la carga distribuida en cada uno de los puntos de alimentación en cuanto a consumo de potencia se refiere.

### **1.3.4. Justificación económica**

El presente trabajo, además de buscar el control y recuperación de la potencia eléctrica, busca reducir la energía eléctrica que se pierde por factores técnicos y no técnicos que se asocian a mayor cantidad de energía suministrada en el alimentador en cuestión, por lo que contribuye al crecimiento económico de la empresa distribuidora Electrocentro.

### **1.3.5. Justificación ambiental**

Por otro lado, el compromiso medioambiental y el desarrollo sostenible son temas que últimamente son preocupantes, por lo que el desarrollo de investigaciones, proyectos u otros, es relevante en estos días, el presente proyecto busca contribuir al factor indicador de equilibrio energético de calidad de la energía, contribuyendo al desarrollo sostenible y energía que asegure el aspecto de asequibilidad y accesibilidad.

## **1.4. Importancia**

Analizar el control de pérdidas de energía y recuperación es de suma importancia, puesto que se busca la optimización total de los recursos eléctricos en dicho punto de

distribución, reduciendo las pérdidas debido a factores intrínsecos a la red, como factores extrínsecos, dando como resultado un aprovechamiento total de este importante recurso. Cabe resaltar que dicho análisis puede y se debe aplicar en distintos puntos de distribución puesto que los índices de calidad energética se verían beneficiados, que en suma, contribuye al desarrollo sostenible y energético del Perú; por ello, se considera que el uso eficiente del recurso de la energía eléctrica en puntos de distribución y alimentadores y focalizar los recursos de inversión a proyectos de dicha envergadura (programa de control de pérdidas y recuperación de energética) benefician a las empresas de distribución y comercialización, por consiguiente, conlleva a una mejora en la calidad energética y la producción y utilización de la energía eléctrica que sustentan la presente investigación.

## **1.5. Hipótesis y descripción de variables**

### **1.5.1. Hipótesis**

#### **1.5.1.1. Hipótesis general**

El análisis de la potencia de recuperación ejerciendo control y gestión de pérdidas es significativamente superior a las pérdidas de energía en la proyección de la demanda de los transformadores de distribución del alimentador A4005 de la unidad de negocios Ayacucho.

#### **1.5.1.2. Hipótesis específicas**

La media de pérdidas eléctricas actuales es significativamente inferior a las pérdidas reportadas en los pliegos actuales de los transformadores asociados al alimentador A4005.

La pérdida de energía eléctrica proyectada en la simulación de los flujos de potencia es significativamente superior a las pérdidas proyectadas en los reportes de los pliegos correspondientes al alimentador A4005 y transformadores asociados.

## **1.6. Descripción de variables**

### **1.6.1. Variable independiente (x)**

Control de pérdidas.

### **1.6.2. Variable dependiente (y)**

Recuperación de energía



### 1.6.3. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Tipo de variable
Control de pérdidas	El control de pérdidas y recupero de energía es la diferencia de la energía comprada y la energía vendida, estos parámetros se ven reflejados en disminución de la energía consumida por los usuarios finales y se ven tipificados como pérdidas técnicas y no técnicas.	Tensión	kV	Numérica
		Potencia	VA	Numérica
		Factor de potencia	Adimensional	Numérica
		Factor de carga	Adimensional	Numérica
		Pérdidas	kW	Numérica
Variable dependiente	Definición	Indicadores	Dimensión	Tipo de variable
Recuperación de energía	La recuperación de energía se basa en la diferencia de energía eléctrica perdida en el alimentador A4005, el cual se considera un circuito cerrado conectado a la subestación receptora, subestación Ayacucho, ubicada en el departamento del mismo nombre que suministra energía eléctrica en tal punto de consumo.	Potencia de consumo	W	Numérica
		Energía eléctrica	kW/h	Numérica
		Costo por consumo eléctrico de AP	S/	Numérica

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

Se revisaron diferentes tesis de páginas web como Alicia, Scielo, Redalyc acerca del tema, para así obtener más información y ver los diferentes puntos de vista de distintas personas, a nivel nacional e internacional dividiéndose este análisis por variable a utilizar.

##### **2.1.1. Control de pérdidas**

###### **2.1.1.1. Antecedentes internacionales**

Hincapié et al. (3), en su investigación «Planeación óptima de sistemas de distribución considerando múltiples objetivos: costo de inversión, confiabilidad y pérdidas técnicas», Tuvo como objetivo proponer una metodología para dar solución al problema del planeamiento multiobjetivo de sistemas de distribución de energía eléctrica, utilizando un algoritmo elitista de ordenamiento no dominado (NSGA-II). La metodología consideró cuatro modelos matemáticos, donde las funciones objetivo son costos fijos, variables, costos de inversión y confiabilidad de la red. El estudio concluye que los modelos matemáticos que se emplearon consideran dos funciones como objetivo: el primero usa costos de inversión vs. costos de operación; el segundo emplea costos de inversión vs. confiabilidad. Esta metodología fue contrastada con un sistema de prueba de la literatura y se hallaron soluciones que evidencian su validez dado que las configuraciones encuentran un punto de equilibrio respecto a todos los objetivos trazados. Este artículo científico destaca la importancia que tiene la planificación de sistemas de distribución teniendo en consideración costo de inversión, confiabilidad y pérdidas

técnicas, parámetros fundamentales para la buena planificación, obteniendo como resultado un sistema de distribución que pueda brindar calidad energética, cumpliendo criterios técnicos y operativos de radialidad, cargabilidad y regulación.

Vizcaino (4) en su tesis «Análisis de la calidad de la energía del sistema eléctrico de la zona cultural universitaria de la UNAM» presenta el objetivo de analizar la calidad de la energía eléctrica en sistemas de distribución subterránea, así como, cuantificar los parámetros referentes a la calidad de las ondas de tensión y corriente. En cuanto a la metodología, se realiza un análisis de la calidad de energía en función a la norma técnica de calidad de servicio de México. De acuerdo con sus resultados, en referencia a las variaciones de tensión, se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

Cañar (5) en su investigación «Cálculo detallado de pérdidas en sistemas eléctricos de distribución aplicado al alimentador “universidad” perteneciente a la empresa eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A.» demostraron que las pérdidas de energía y potencia son un factor problemático en cuestiones de costes y energía para las empresas eléctricas en el sector de distribución por ende el proceso de identificación de las pérdidas en los diferentes componentes que se tiene en un sistema de distribución desde la cabecera del alimentador hasta el consumidor final es vital para su mitigación. Para lo cual se realizó un estudio en el sistema de distribución de la ciudad de Ambato, dirigido hacia la subestación Oriente en el alimentador primario Universidad. Con una evaluación del alimentador en cada etapa es posible conocer el comportamiento de cada uno de sus componentes y sus perjuicios hacia el sistema, para su desarrollo se utiliza una metodología basada en la utilización de equipos de medición y programas computacionales que muestra a la red a su aproximación más real, posteriormente, se realiza una evaluación para establecer un plan para su reducción y control, para al final realizar un análisis de costo – beneficio que tendría la empresa eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A. con la implementación del programa de pérdidas.

Resa (6) en su investigación «Cálculo de pérdidas en la cuba de un transformador por el método de los elementos finitos», tuvo como objetivo calcular el flujo que aparece en la cuba de un transformador basándose en uno real que sirva de prototipo para el uso del método de los elementos finitos en

el ámbito de la física electromagnética. Para la determinación de las pérdidas en la cuba del transformador se realizaron cuatro pruebas en laboratorio (estáticos y devanados en bloque, armónicos y devanados en bloque, estáticos y devanados en capas, armónicos y devanados en capas), cada uno de estos consistió en un tratamiento distinto en el núcleo del transformador para así obtener un resultado diferente de flujo en la cuba, cada caso tuvo resultados diferentes. Concluyendo que la cuarta prueba realizada en el transformador «armónicos y devanados en capas» se asemeja a los valores obtenidos teóricamente y con simulación. Este estudio aplicó un método simplificado para la determinación de las pérdidas en la cuba mediante el método de los elementos finitos basándose en la utilización del cuarto método.

Chávez et al. (7) en su tesis «Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana» presenta el resumen: el objetivo es analizar la calidad de energía eléctrica que es un medio para que, en la parte técnica, del abandono espere obtener el proveedor un suministro con niveles de tensión equilibradas, formas de ondas sinusoidales y amplitudes y frecuencias constantes. El incremento en la productividad con logros en la industria debido a la optimización tiene un gran desarrollo tecnológico en especial de la electrónica de potencia que ha producido generación de equipo de gran capacidad, alto rendimiento y bajo costo sin las cargas no lineales, las más sensibles, las variaciones de la energía eléctrica conllevan a exigir a las empresas concesionarias una calidad en la energía.

#### **2.1.1.2. Antecedentes nacionales**

Jano (8) su investigación «Reducción de pérdidas no técnicas de energía en el sistema MT2, MT3, MT4 de la empresa Electro Puno S. A. A.», estuvo centrada en reducir las pérdidas no técnicas de energía en clientes mayores con tarifas MT2, MT3, MT4, de la empresa Electro Puno S. A. A. durante el año 2017. El método utilizado fue científico aplicativo debido a la utilización de conocimientos ya existentes, aplicados con la finalidad de dar solución al problema. Concluye que existen pérdidas por saturación en los transformadores de corriente debido a que los usuarios consumen valores superiores a la corriente nominal del transformador de corriente, del mismo modo, existen pérdidas no técnicas por manipulación de transformadores de corriente debido a que los clientes mayores no cuentan con criterios antihurto.

En este estudio se logró reducir las pérdidas no técnicas en un porcentaje del 1 % en los sistemas de medición MT2 , MT3 , MT4.

Pinedo (9) en su investigación «Método de balance de energía por subestaciones y su influencia en la identificación y control de las pérdidas no técnicas en las redes de baja tensión en Electro Oriente S. A. Juanjuí, 2018», tuvo como objetivo determinar la influencia del método de balance de energía por subestaciones en la identificación y control de las pérdidas no técnicas en las redes de baja tensión en Electro Oriente S. A. Juanjuí. Se empleó el método de investigación explicativo, la metodología se basó principalmente en seleccionar subestaciones de distribución pretendiendo direccionar las acciones de revisión y control hacia los sectores con mayor índice de hurto. Concluyendo que en los meses de enero y febrero se identificó mayor índice de pérdidas técnicas seguidas por las no técnicas, por lo que el balance de energía por subestaciones sí influyó en la cuantificación de las pérdidas no técnicas en redes de baja tensión que se deben en gran parte por instalaciones fraudulentas. Como resultado logró cuantificar la energía dejada de vender en el periodo de un año siendo 1,196,827 kW/h.

Colque (10) en su investigación «Pérdidas comerciales de energía eléctrica y su incidencia en la situación financiera y económica de Electro Puno S. A. A. periodos 2015 – 2016», presentó como objetivo evaluar las pérdidas comerciales de energía eléctrica y su incidencia en la situación financiera y económica de Electro Puno S. A. A. Empleó los métodos descriptivo, analítico, sintético y deductivo; como el análisis documental, estados financieros, análisis de ratios, observación, revisión bibliográfica, para ver el grado de incidencia de las pérdidas comerciales en la situación financiera y económica de Electro Puno S. A. A. El estudio concluye con la identificación de las causas de pérdidas comerciales que inciden en forma significativa a los ingresos de la empresa en los periodos 2015 – 2016, obteniendo como resultados que se generaría un mayor ingreso sin las pérdidas comerciales, por ello, realizaron propuestas para controlar y disminuir las pérdidas comerciales para lograr tener una mejor situación económica y financiera.

Paucar (11) en su tesis «Método práctico para el análisis de pérdidas de energía en los sistemas eléctricos de distribución del Perú», tuvo como objetivo resolver el problema que tienen las empresas eléctricas de distribución

para definir sus políticas y estrategias de reducción y control de pérdidas de energía, debido a la dificultad en conocer cuáles son los niveles de pérdidas de energía no técnicas y técnicas en cada parte de los sistemas de distribución. Para ello, se parte de la premisa que se conocen las pérdidas totales de energía a través de las mediciones de los alimentadores de media y baja tensión y en los puntos de consumo (clientes). Luego mediante métodos simplificados sin perder precisión se obtienen las pérdidas técnicas. Por último, las pérdidas no técnicas se calculan de manera indirecta, restando las pérdidas técnicas de las pérdidas totales. Esta labor se complica debido a la gran cantidad de información a manejar, la incertidumbre de los datos, los altos costos asociados a mediciones, el alto nivel de desbalance, lo complejo de la red de distribución y la falta de métodos estandarizados. Por ello, en esta tesis se plantea una metodología de bajo costo para el cálculo de pérdidas técnicas en sistemas eléctricos de distribución. La misma se basa en el flujo de potencia en distribución, usa datos fáciles de obtener y toma en cuenta resultados de estudios anteriores de caracterización de carga y pérdidas en conductores y transformadores de distribución.

## **2.1.2. Recuperación de energía del alimentador A4005**

### **2.1.2.1. Antecedentes internacionales**

Rivera (12) en su tesis «Eficiencia eléctrica en alimentadores primarios de distribución de la empresa eléctrica regional Centrosur C. A. – Ecuador», tuvo como objetivo principal lograr la eficiencia eléctrica en los alimentadores primarios de distribución de la Centrosur, para lograr este cometido, ha sido necesario realizar, en primer lugar, un análisis de los indicadores y mediciones disponibles sobre la calidad del producto (índices de calidad) y, en segundo lugar, las condiciones físicas y técnicas que actualmente tienen los alimentadores (pérdidas). Para facilitar el análisis, en la investigación se procedió a escoger un alimentador, que históricamente esté entre los que mayores problemas de confiabilidad y calidad ha presentado, que es el alimentador 0523. Dentro del análisis de las condiciones actuales de funcionamiento del alimentador 0523, se realiza la modelación digital por medio del programa computacional CYMDIST, tanto para el estado actual del alimentador, como con la implementación de medidas correctivas propuestas, las mismas que consisten en la reconfiguración del alimentador y el balance de fases. Con los resultados obtenidos se realiza una evaluación por medio de cuadros comparativos que indican los logros alcanzados y el beneficio técnico

de su implementación y, finalmente, se realizó el análisis económico de las medidas propuestas vs. las condiciones actuales, apoyándose en herramientas financieras como el TIR, VAN, B/C etc.

Castro et al. (13) en su investigación «Desarrollo y optimización para el suministro de energía eléctrica de un sistema eléctrico que conforma una tienda de autoservicio» demostró la importancia de la electricidad en los centros comerciales y el control del flujo eléctrico, en especial en las tiendas departamentales, ya que de acuerdo a los nuevos métodos de comercio y a la evolución de la tecnología, los centros comerciales se han convertido en un excelente aparador para la comercialización de los productos al cumplir con los nuevos requerimientos de este nuevo siglo en comparativa con diferentes unidades de negocio.

Correa (14) en su tesis «Estudio de reconfiguración y optimización de los alimentadores de la subestación Machala perteneciente a la Corporación Nacional de Electricidad S. A., regional El Oro», demostró que la reconfiguración de circuitos de distribución únicamente consisten en la transferencia de cargas desde alimentadores muy cargados hacia alimentadores con cargas relativamente menores, con lo cual en la investigación no sólo se busca controlar el nivel de carga en los alimentadores involucrados en la operación, sino también mejorar los perfiles de voltaje a lo largo de ellos y reducir las pérdidas de potencia totales. El objeto de dicha reconfiguración es obtener las mínimas pérdidas posibles en las redes de distribución, ya que puede suceder que una carga o grupo de cargas, estén alimentadas por una trayectoria muy larga o de peores condiciones (conductores de menor calibre) y por tanto den origen a pérdidas superiores a las que se provocarían de lograrse su alimentación por otras trayectorias de mejores condiciones de transmisión.

Holguín (15) en su tesis «Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana», demostró los fundamentos del análisis del sistema eléctrico del nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana, los cuales fueron de gran ayuda para la elaboración de la matriz de pérdidas energéticas, asimismo, el estudio conlleva la descripción de los tipos de carga existentes en una red eléctrica como cargas lineales, no lineales y perturbaciones que son uno de los factores que influyen

en la mala calidad del suministro eléctrico y, posteriormente, se presentan las normativas internacionales realizadas y recomendadas por instituciones internacionales que fueron de gran soporte para realizar el estudio de calidad de energía en la Universidad Politécnica Salesiana.

#### **2.1.2.2. Antecedentes nacionales**

Trigoso (16) en su tesis «Estudio de confiabilidad en alimentadores de la subestación Chiclayo Oeste utilizando el método probabilístico de simulación Montecarlo para determinar índices de confiabilidad» se tuvo como objetivo la aplicación del método probabilístico de simulación Montecarlo en los alimentadores de la subestación Chiclayo Oeste (SECHO), en el periodo comprendido entre 2015 – 2016. Este nuevo enfoque desarrollado por el autor permitió demostrar los índices de confiabilidad, lo que justifica la realización de esta investigación como la que se presenta; cuya finalidad ha sido analizar y valorar la calidad de los servicios del sistema eléctrico en la región Lambayeque tomando como muestra dos alimentadores de SECHO, aplicando este nuevo método. En el desarrollo del marco teórico se ha propuesto la realización de un estudio comparativo con el método de Markov, que ha permitido analizar el índice de confiabilidad propuesto por el método aplicado de dicha investigación; para ello se ha realizado análisis en las ventajas que ofrece cada método con respecto a la limitada base de datos con la que se trabajó.

Quispe (17) en su tesis «Adecuación de los alimentadores en 10 kV A4212 y A4213 de la subestación Parque Industrial», presentó el diseño de la red de distribución en el óvalo Julio Sumar, localizado en el distrito de El Tambo, cumpliendo con las normas vigentes en distribución como son la NTCSE. Para la elaboración de dicho diseño se estudiaron los tipos de redes de distribución teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas, además se tuvo en cuenta el futuro intercambio vial en la zona del óvalo de Julio Sumar para solucionar el problema vehicular y mejorar la apariencia visual de la zona. Para solucionar el problema del tráfico y motivo por el cual se construirá el óvalo Julio Sumar se realizó la remodelación de la red en 10 kV aérea en los alimentadores A4212 y A4213 que se encuentran aledañas a la zona, además se diseñó la red de distribución subterránea en media tensión. El diseño de la red de distribución subterránea tuvo el resultado esperado como son la mejora



de confiabilidad del sistema eléctrico, mejora del tráfico vehicular y la mejora estética del distrito de El Tambo.

Mendoza (18) en su tesis «Estudio para mejorar el nivel de tensión aplicando reguladores de tensión monofásico automático para la línea 10 kV alimentador 5006 del sistema eléctrico de la ciudad de Juliaca 2016», concluyó que según los análisis realizados de la situación actual de la línea en 10 kV alimentador 5006 del sistema eléctrico de la ciudad de Juliaca, referente al nivel de tensión, se menciona que el nivel de tensión transgrede las normas establecidas por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos. Fuera de los rangos  $\pm 5\%$ , en la cola del alimentador se encuentra una caída de tensión de 10.4 % en horas punta y 5 % en horas fuera de punta.

Zurita (19) en su tesis «Metodología para reducir pérdidas del alimentador c-212 de propiedad de la concesión Electronorte», formuló un plan de control que mejore el desarrollo de recupero de energía en un alimentador de la ciudad de Chiclayo, la cual es causada por la misma red estructural de las líneas, conocidas como pérdidas técnicas y causada por clientes que se conectan clandestinamente a la red que tiene el nombre de pérdidas no técnicas, dicho alimentador está ubicado en la localidad de Chiclayo, el plan se divide en dos procesos, uno se basa en la elaboración del control administrativo y logístico que verifica el comportamiento del servicio de los clientes y el otro se vale de políticas de prevención y mantenimiento, donde se verifica el funcionamiento del sistema. El alimentador, así como otros, no es ajeno al problema de pérdidas eléctricas. Pues su estudio será sobre la base de datos obtenidos por dicha concesión y otros medios, sobre todo, se sacó un análisis sobre el año 2018. Al verificar el comportamiento del servicio que hace referencia a determinar y aislar a los clientes y no clientes (sospechosos) que han tenido un consumo irregular, para eso se vale del historial de los meses anteriores; iniciando un seguimiento de los medidores determinados como sospechosos, que al final, tras confirmar su delito se hará un recupero retroactivo de los 12 últimos meses. Y por otro lado, al verificar el funcionamiento del sistema donde su fin es encontrar la variación de temperaturas que es directamente proporcional a los defectos de componentes eléctricos del sistema, y que estas variaciones ayudan a tomar de forma puntual y rápida las fallas para su mantenimiento preventivo y correctivo y como consecuencia tener un sistema duradero en el tiempo.

Mayta (20) en su tesis «Protección del sistema eléctrico de distribución y su efecto en la calidad de producto del servicio de energía en el alimentador A4502 de la unidad del valle del Mantaro», evaluó el efecto de las pérdidas eléctricas en la calidad del producto del servicio eléctrico de energía teniendo en cuenta diversos niveles de protección (de 0 a 2 reajustes) del sistema eléctrico de distribución en el Alimentador A4502 de la unidad del valle del Mantaro durante el año 2018. La investigación aplicó el método analítico y un diseño no experimental transversal explicativo, dado que se acopió información correspondiente a la protección del sistema eléctrico y la calidad del producto del servicio eléctrico. La muestra estuvo compuesta por el Alimentador A4502 correspondiente a la subestación de distribución del Sistema Eléctrico del valle del Mantaro cuya información fue obtenida en base a los 12 meses del año 2018.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Control de pérdidas**

La variable control de pérdidas y recupero de energía se define como la diferencia de la energía comprada y la energía vendida, estos parámetros se ven reflejados en disminución de la energía consumida por los usuarios finales y se ven tipificados como pérdidas técnicas y no técnicas. Todos sus componentes trabajan armónicamente para marcar una gran ventaja frente al consumo de la energía vendida y comprada utilizando sistemas de monitoreo inteligente (15).

Las pérdidas eléctricas son inevitables para cualquier sistema eléctrico y es ahí donde radica la importancia del control de las mismas para el control de los niveles de LAC y que constituyen una de las principales ineficiencias del sector eléctrico. Las pérdidas eléctricas se traducen directamente en una reducción de ingresos que afectan no solo a la sostenibilidad financiera de las empresas (en particular la distribución de energía), sino que incluso pueden afectar el déficit fiscal de algunos países y que está estrechamente ligado a aspectos técnicos que conlleva en la instalación de equipos obsoletos o, en muchos casos, mal dimensionados. A nivel regional, esta situación representa un costo anual del 0,3 % del PIB, comparable a la inversión en programas sociales como la Bolsa Familiar en Brasil o el programa «Prospera» en México. Por otro lado, y dependiendo del modelo tarifario, las pérdidas eléctricas son una penalización a los usuarios que pagan sus cuentas de electricidad, o a los contribuyentes que financian con sus impuestos las diferencias entre lo generado y lo recaudado (19).

De acuerdo con Vizcaino (4) en contraste con las definiciones anteriores del control de pérdidas de energía se define como una característica intrínseca y extrínseca ligada a los distintos componentes de la red eléctrica y los elementos que la componen y producen y que constituyen un único factor en empresas de distribución en condiciones normales de funcionamiento llamados también pérdidas técnicas (intrínseco a la red) y pérdidas no técnicas (extrínseco a la red). La economía de la red eléctrica está ligada a su dimensionamiento y a su operación y en particular a las pérdidas que en ella se producen. Las pérdidas, a nivel nacional, representan un serio problema que se refleja en deficiencias operativas de las empresas de distribución que armoniza con la definición anterior, de modo tal que ocasionan mayores costos internos que producen un serio impacto sobre las tarifas eléctricas y sobre la economía de las empresas. Esta es una definición general y clara de manera más precisa acerca de la naturaleza de las pérdidas eléctricas y del control que se debe aplicar, dando como resultado una recuperación de la energía en términos de potencia y facturación, el contraste que se aplica con la definición anterior está enmarcada en la característica extrínseca que tiene el funcionamiento normalizado de la red en cuestión.

### **2.2.2. Recuperación de energía del alimentador A4005**

Según Jano (8), la recuperación de energía eléctrica es siempre un indicador basado en parámetros técnicos que hacen referencia a la diferencia de la energía perdida con la energía factible al aprovechamiento siempre asociados a elementos eléctricos, en este caso el alimentador A4005 que a su vez se define como un circuito cerrado conectado a la subestación receptora de Ayacucho ubicada en el departamento del mismo nombre que suministra energía eléctrica en tal punto de consumo, es parte del sistema interconectado nacional peruano en el diagrama de transferencia energética junto con la subestación Mollepata.

Se relaciona los componentes de alimentación eléctrica y la unidad de negocios como la última división topológica de las actividades eléctricas en empresas de distribución, enmarcando los aspectos netamente administrativos y eléctricos que van de la mano con la facturación eléctrica, zona de concesión y potencia suministrada haciendo hincapié en la energía vendida y energía comprada.

Rivera (12) define a la unidad de negocios y subcomponentes eléctricos asociados a la misma como una organización relacionada a la distribución de energía eléctrica asociada a su zona de concesión, en el caso del alimentador A4005 este pertenece a la subestación receptora Ayacucho y consta de 8 alimentadores acorde al

diagrama unifilar de Osinergmin actualizado al 2022 que consta de los alimentadores A4001, A4002, A4003, A4004, A4005, A4006, A4007 y A4008 que abastecen a la localidad de Ayacucho y Huancavelica. Esta definición, se adecua mejor al objetivo de este documento puesto que consta con una definición técnica del emplazamiento y subdivisión del sistema eléctrico en cuestión.

## 2.3. Definición teórica

### 2.3.1. Control de pérdidas en sistemas de distribución

Con relación a las bases anteriormente mencionadas acerca de la variable dependiente, el control de pérdidas y la recuperación de energía están ligados a los subsistemas de distribución conforme al alimentador A4005 y las redes de distribución secundaria. Estos componentes mencionados anteriormente deben ajustarse a la normativa vigente.

#### Pérdidas de energía

Las pérdidas de energía en un sistema eléctrico de distribución primario o secundario se rigen a razones de orden técnico y no técnico (extrínseco al sistema e intrínseco al sistema), por esta razón, se deben identificar las causas que las producen dando a conocer el grado en que están afectando a la empresa cada una de ellas. En la figura 1 se muestra la clasificación general de las pérdidas de energía, haciendo énfasis en las pérdidas técnicas y no técnicas concernientes a este trabajo:

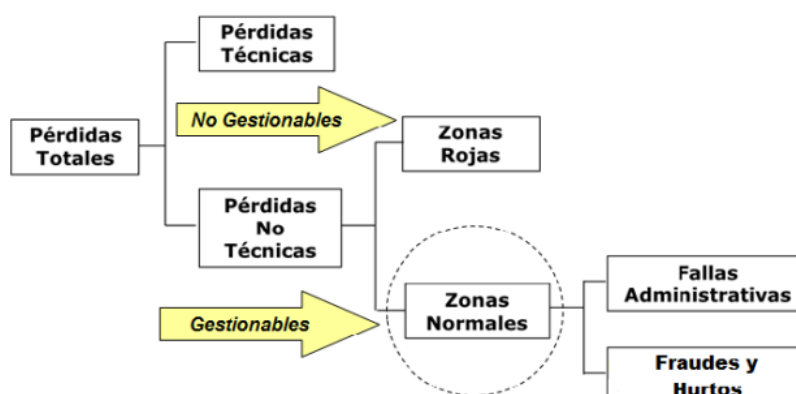


Figura 1. Tipificación de las pérdidas de energía eléctrica

#### Pérdidas técnicas en sistemas de distribución (intrínsecas)

Las pérdidas técnicas se deben a la energía consumida por los equipos y componentes electromecánicos para su funcionamiento respectivo, relacionados al proceso de distribución de energía eléctrica que no es facturada. El porcentaje de pérdidas de energía eléctrica de un sistema eléctrico de distribución es reflejo del

estado y la ingeniería de las instalaciones eléctricas que en algunos casos son obsoletas, dependen básicamente del grado de optimización de la estructura del sistema eléctrico y el tipo de componentes con los que se cuenta (equipos, conductores, etc.), y de las políticas de operación y mantenimiento ligados a la empresa concesionaria. La mayor concentración es ocasionada por la circulación de energía eléctrica por medio de conductores, transformadores y otros equipos del sistema de distribución (efecto Joule).

### **Pérdidas en redes primarias**

Los alimentadores primarios son el primer componente que se encuentra a la salida de una subestación, esta se denomina también como cabecera, es el inicio de un circuito eléctrico cerrado que va desde la subestación hasta el usuario final o consumidor, en esta se puede medir la energía activa, reactiva de salida, demanda máxima y mínima para hacer la relación con la que finaliza la sumatoria de los usuarios pertenecientes a esta cabecera, y de esta manera, obtener las pérdidas de la diferencia de energía entregada y recibida. Las pérdidas en un alimentador primario están relacionadas a la resistencia de los conductores y la longitud de la acometida, tanto como la corriente que circulan en los mismos. Debido a que las tensiones son por debajo de los 115 kV las famosas pérdidas producidas por el efecto Corona son mínimas, por lo que se pueden despreciar (a diferencia de redes en alta tensión). En un alimentador primario las pérdidas de energía no son similares de uno a otro, estos fundamentalmente dependen de muchos factores, como la topología, si estos son urbanos o rurales, la categoría de usuarios que se encuentran en el subsistema, entre otros. Se tienen las siguientes expresiones matemáticas para el cálculo de las pérdidas en los conductores:

$$P_{línea} = I^2 * R$$

#### **Donde**

$P_{línea}$ : pérdidas en la línea del sistema (W)

I: corriente que circula por el conductor (A)

R: resistencia del conductor ( $\Omega$ )

### **Pérdidas en transformadores de distribución – pérdidas en el cobre**

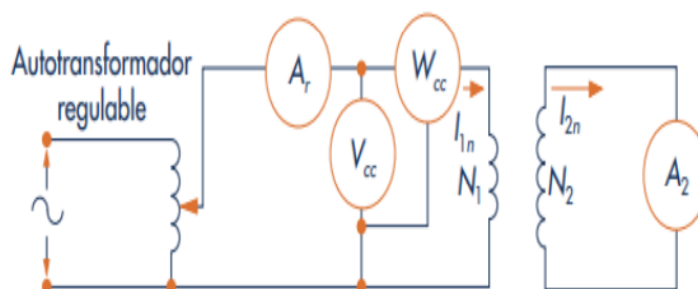
Son las pérdidas por resistencias en las bobinas primaria y secundaria del transformador; son proporcionales al cuadrado de la corriente de dichas bobinas. Estas pérdidas son causadas por efecto Joule debido al paso de la corriente por los

arrollamientos del transformador, estas pérdidas dependen directamente del nivel de carga del transformador.

En la figura 2 se muestra el ensayo en cortocircuito, mediante el cual se determinaron las intensidades nominales en los dos bobinados, mediante aplicación de una pequeña tensión al primario y cortocircuitando el secundario con un amperímetro (el amperímetro tiene una resistencia prácticamente nula). En muchos ensayos la corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ) supera en 25 % a la corriente nominal. Con un autotransformador regulable y comenzando desde cero, se aplicó progresivamente la tensión, que se incrementa voltio a voltio hasta conseguir las intensidades nominales en los dos bobinados. En el ensayo de cortocircuito como las intensidades son nominales, se producen pérdidas en el cobre por efecto Joule similares a las que da cuando el transformador está en carga, se diferencian en el rendimiento cuando el índice de carga es menor que 1.

$$P_{cu} = R1 * I1n^2 + R2 * I2n^2$$

*Ecuación 1. Pérdidas en transformadores, método lineal*



*Figura 2. Esquema de montaje para ensayo en cortocircuito de un transformador  
Nota: tomada del ensayo de transformadores*

### **Pérdidas en corriente parásitas o corriente de Foucault**

Son las pérdidas por resistencia en el núcleo del transformador. Son proporcionales al cuadrado de la tensión aplicada al transformador.

$$P_F = \frac{2,2 \cdot f^2 \cdot \beta_{max}^2 \cdot \Delta^2}{10^{11}}$$

*Ecuación 2. Pérdidas por corrientes parásitas*

PF = pérdidas por corrientes de Foucault en W/kg

f = frecuencia en Hz

$\beta_{\max}$  = inducción máxima en Gauss

$\Delta$  = espesor de la chapa magnética en mm

### **Pérdidas por histéresis**

Están asociadas a los reacomodamientos de los dominios magnéticos en el núcleo durante cada medio ciclo. Ellos son una función compleja, no lineal, de la tensión aplicada al transformador.

### **Pérdidas por flujo de dispersión**

Los flujos de potencia y campo magnético que salen del núcleo y pasan solamente a través de una de las bobinas de transformador son flujos de dispersión. Estos flujos escapados producen una autoinductancia en las bobinas primaria y secundaria y los efectos de esta inductancia deben tenerse en cuenta.

### **Pérdidas en redes secundarias**

Las pérdidas técnicas que se tienen en los circuitos secundarios se deben a los consumos por parte de los usuarios finales, así también por el alumbrado público presentes en los circuitos secundarios.

### **Pérdidas en alumbrado público**

Las pérdidas en el alumbrado público provienen de la bobina del balasto de la luminaria, estas pérdidas son constantes en el tiempo y varían de acuerdo con el tipo y potencia de la luminaria utilizado en el alumbrado público del sistema de distribución de energía eléctrica.

$$E = \sum_{i=1}^n P_i * T_i * 1000$$

*Ecuación 3. Pérdidas en alumbrado público*

E: pérdidas de energía en MWh por instalación de alumbrado

Pi: pérdidas de potencia en Kw

Ti: duración de Pi en H

### **Pérdidas en acometidas**

Las pérdidas producidas en las acometidas son de efecto físico sobre los conductores que llevan la energía desde el poste de la red secundaria hasta el equipo de medición de cada cliente o consumidor final.

$$P_L = D_{m\acute{a}x}^2 * L * k$$

*Ecuación 4. Pérdidas en acometidas*

PL: pérdidas por tramo de la línea

Dmáx: potencia máxima de la línea primaria

L: longitud de la línea primaria

K: constante de pérdidas en función a la demanda máxima y la longitud de las redes

### **Pérdidas en medidores**

Son las pérdidas que se presentan en los medidores electromecánicos de energía eléctrica de los usuarios finales que no son medidos por estos, estas pérdidas se presentan en forma de calor. Adicional a esto se encuentran factores que incrementan el valor de las pérdidas como son: armónicos, desbalance entre fases de los conductores, puntos de empalme de conexión, entre otros factores que afectan el resultado final de las pérdidas de energía según el nivel de tensión y se pueden calcular con la fórmula correspondiente al efecto Joule.

$$PL(di) = PD_{max} * \left( \frac{DDi * Cos\phi_{max}}{Dmax * Cos\phi_i} \right)^2$$

*Ecuación 5. Pérdidas en medidores*

PL (di) = pérdidas de potencia en la línea primaria a la demanda del intervalo i

DDi = demanda en el intervalo i

Dmax = demanda máxima

cos  $\phi_{max}$  = factor de potencia a demanda máxima

cos  $\phi_i$  = factor de potencia en el intervalo i

PDmax = pérdidas a demanda máxima

### **Pérdidas no técnicas en sistemas de distribución (extrínsecas)**

Incluyen las pérdidas sociales y comerciales, relacionadas principalmente con la ineficiencia de los sistemas de medición, de control, facturación y recaudación, así como los errores administrativos que se presentan, y del grado de automatización de



los procesos de comercialización y atención al cliente. Son el resultado de la utilización ilegal de la energía, convirtiéndose en pérdidas financieras para la empresa distribuidora, las pérdidas no técnicas resultan de la diferencia entre las pérdidas totales y las pérdidas técnicas, anteriormente denominadas pérdidas extrínsecas.

### **2.3.2. Recuperación de energía del alimentador A4005**

#### **Potencia de consumo**

La potencia eléctrica representa la energía consumida por algún equipo eléctrico en una unidad de tiempo. Su unidad es el Watt (W) y se simboliza con una P. Eléctricamente la potencia está dada por el producto entre la tensión eléctrica y la corriente consumida por un equipo. Existen varias ecuaciones equivalentes para la potencia eléctrica, a continuación, se presentan las fundamentales, de las cuales se pueden hacer arreglos aplicando algunas propiedades eléctricas como la Ley de Ohm.

$$P = V * I = \frac{E}{t}$$

*Ecuación 6. Potencia eléctrica*

Cabe recalcar que la fórmula de la potencia eléctrica es la fundamental, que podría ser ideal para circuitos de corriente directa, sin embargo, en corriente alterna aparecen otros parámetros como potencia reactiva y aparente que va relacionada a la eficiencia del equipo, obteniendo así la potencia real consumida.

$$P = V * I * \cos B , \quad P = \sqrt{S^2 - Q^2}$$

*Ecuación 7. Potencia eléctrica a partir de corriente*

Normalmente, en los datos técnicos de las luminarias se suele especificar la tensión, la corriente, la potencia, el *cos fi* o factor de potencia; entre otros parámetros que son importantes para una adecuada evaluación técnica.

#### **Energía eléctrica**

La energía eléctrica equivale a la potencia consumida de un equipo por el tiempo que se usa, su unidad es el kWh. Este indicador es importante al momento de calcular el ahorro que se genera de usar una tecnología u otra; así, si después de la implementación de un proyecto, que supone ser más eficiente, se observa una reducción del consumo de energía eléctrica, entonces se corroborará si lo que plantea la hipótesis del proyecto es realmente verdadera.

$$E = P * t \text{ (kW. h)}$$

*Ecuación 8. Energía eléctrica*

### **Flujo de potencia**

El cálculo de flujo de potencia es realizado para conseguir los valores de tensión en las barras, los flujos de potencia activa y reactiva de las distintas redes que se encuentran en el sistema, así como flujo de corrientes, factor de potencia (fp).

### **2.3.3. Configuración de flujo de potencia alimentador A4005**

El flujo de potencia se ve afectado por muchos factores, que incluyen: Carga de usuario, impedancia de línea, longitud del alimentador, regulación de voltaje y condiciones de operación de la red. Este procedimiento asegura que la potencia suministrada es suficiente para cubrir los requerimientos energéticos del consumidor.

En resumen, el flujo de energía en la alimentación eléctrica es el proceso de transferir energía desde la fuente hasta el usuario final. Su control y monitorización precisos es fundamental para garantizar un suministro energético eficiente, fiable y seguro.

Para la presente investigación se utilizaron los siguientes parámetros energéticos referentes a las matrices de impedancias, de las líneas, potencia del consumidor y demás parámetros energéticos que se hicieron de acuerdo con el Informe N.º 345-2020-GRT de Osinergmin.

### **Redes de la subestación Ayacucho**

De acuerdo a los resultados de la proyección demandada, la demanda actual de la SET Ayacucho asciende a 20 MW y en el año 10 a 36 MW, y siendo la SET Ayacucho el único centro de transformación disponible en la ciudad de Huamanga, esta situación pone en riesgo la seguridad del suministro eléctrico, y el deterioro de la calidad de suministro eléctrico, así como, el robustecimiento de las redes MT incrementando los costos de inversión en distribución, además, la SET Ayacucho atiende los sistemas eléctricos rurales, que se extiende hacia el sur este y sur oeste principalmente.

La ciudad de Huamanga cuenta con un único centro de transformación lo que hace que se tengan alimentadores en una zona de alta densidad de carga mayores a 5 km lo cual convierte en un sistema ineficiente la distribución, generando

robustecimientos de las redes MT y estándares de calidad bajos que se evidencia en pérdidas de energía, el cuadro 1 detalla las características generales de los alimentadores asociados a la subestación Ayacucho en la ciudad de Huamanga.

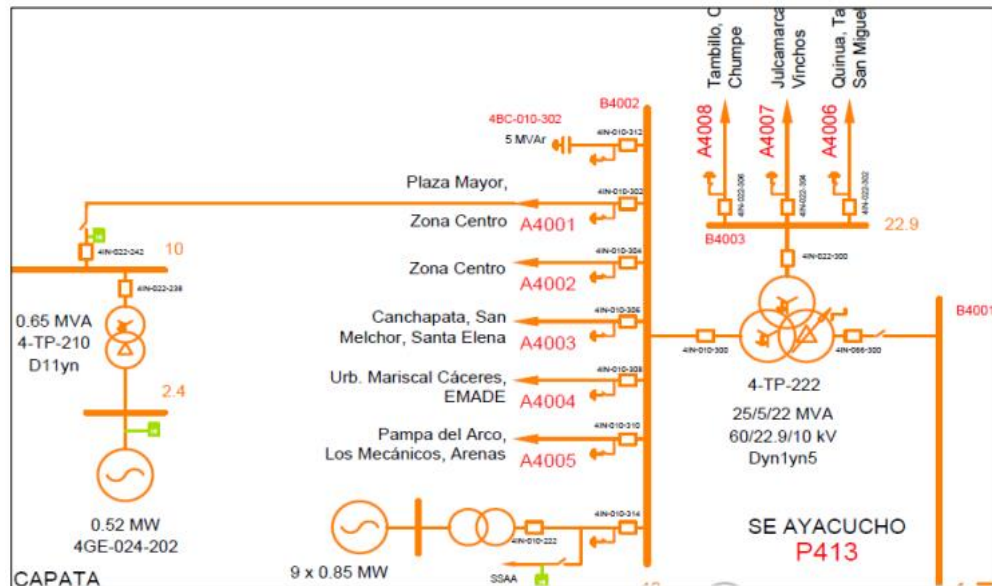


Figura 3. Diagrama unifilar de la subestación Ayacucho

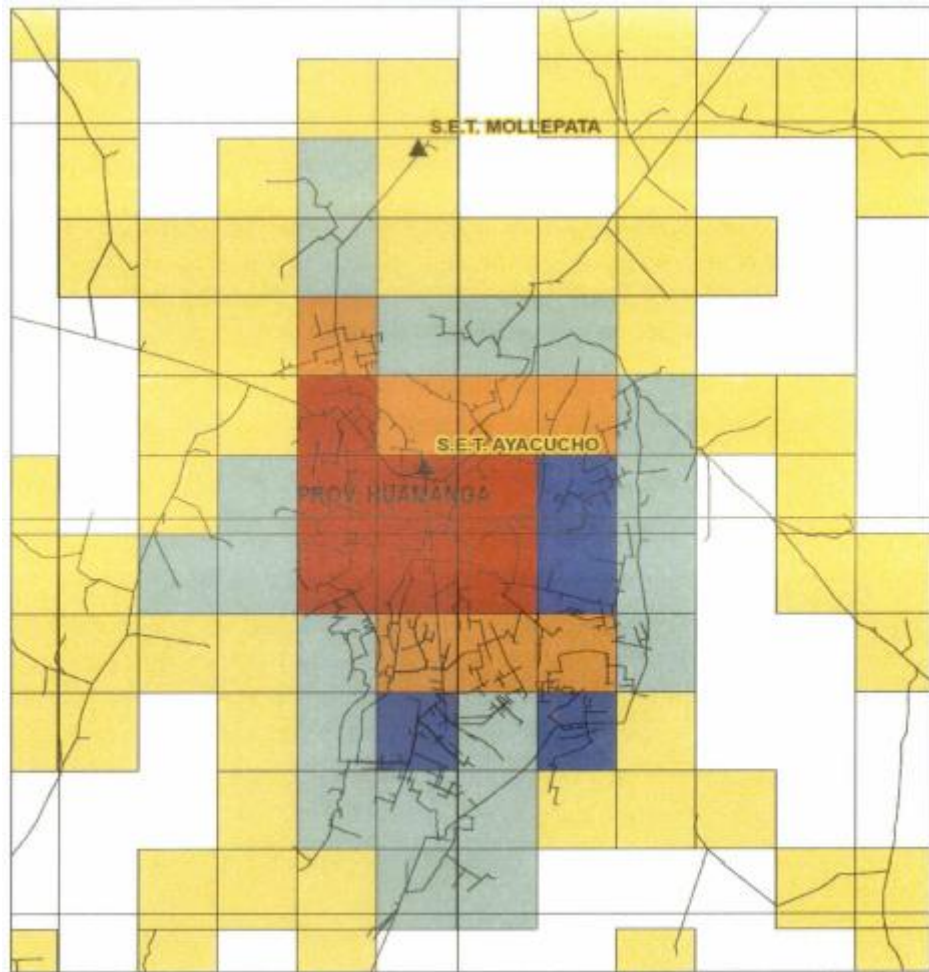
Tabla 2. Alimentadores de la subestación Ayacucho

SET	Alimentador	kV base	km de red total	km de red troncal	km de red ramal
Ayacucho	A4001	10	39	10	28
	A4002	10	14	5	8
	A4003	10	22	8	14
	A4004	10	20	7	13
	A4005	10	18	6	11
	A4006	22.9	499	121	378
	A4007	22.9	522	82	440
	A4008	22.9	379	72	307

Nota: tomada de CVR Consulting

### Mapa de densidad de carga de la ciudad de Huamanga

A fin de determinar la carga óptima de la SET Ayacucho propuesta se ha analizado también la distribución espacial de la demanda, y de las instalaciones de transmisión existentes, es decir, la densidad de carga existente en la ciudad de Ayacucho, para también tener en cuenta el comportamiento del alimentador A4005 y el comportamiento de los demás alimentadores con la inserción de los parámetros energéticos y la influencia de estos en el alimentador A4005.



*Figura 4. Mapa de la densidad de carga de la subestación Ayacucho*



*Figura 5. Leyenda de la densidad de carga de la subestación Ayacucho*

## Esquema unifilar de la barra equivalente conectada a la subestación Ayacucho

El siguiente gráfico hace referencia al esquema unifilar de la subestación Ayacucho con los 8 alimentadores que abastecen de energía eléctrica en un área de influencia de 49 km, este diagrama servirá para hacer la barra equivalente correspondiente en el software de simulación Digsilent para la influencia del sistema interconectado con las 8 barras para el análisis de flujo y, posteriormente, las pérdidas.

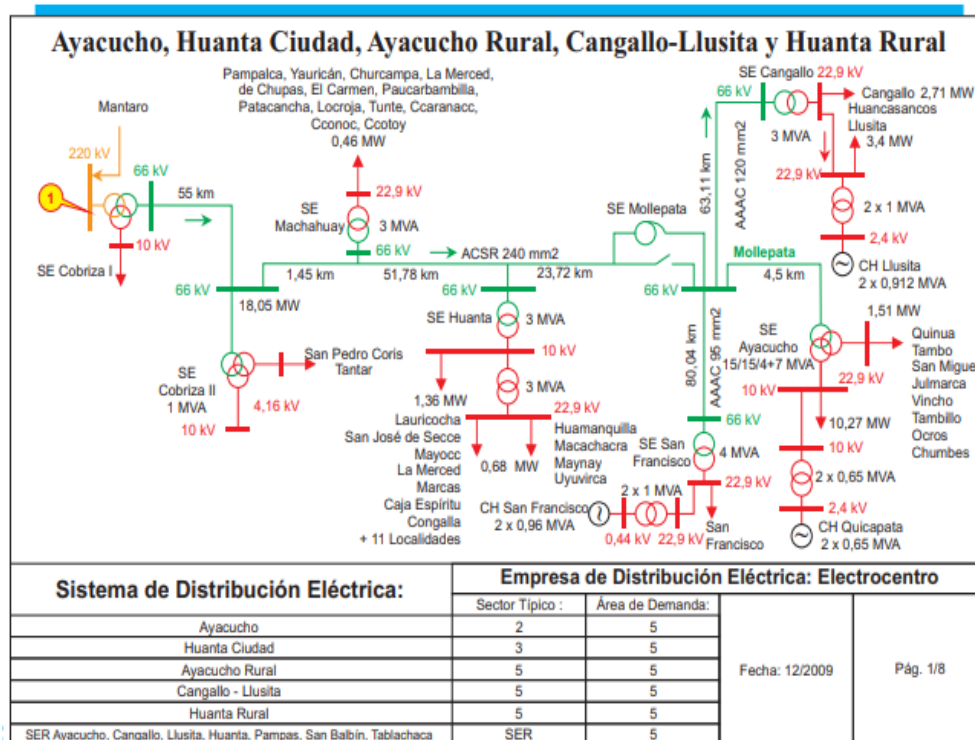


Figura 6. Esquema equivalente de la barra conectada a la subestación Ayacucho

## Generalidades de la subestación

Tabla 3. Datos generales de la subestación Ayacucho

Parámetro	Valor	Unidad
Nombre técnico	A4005	
Ubicación	Huamanga, Ayacucho	
Subestación	SET Ayacucho	
Tipo	Radial	
Área de influencia	35	Km2
Nivel de tensión	10	kV
Máxima demanda	1.722	MW
Energía distribuida	485.49	MW.h
Transformadores	178	Und.
Clientes	8749	Und.

Nota: tomada de Electrocentro (2016)

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Método, tipo y nivel de la investigación**

#### **3.1.1. Tipo**

La investigación es de tipo básico.

La investigación básica o sustantiva recibe el nombre de pura porque en efecto está interesada por un objetivo crematístico, su motivación se basó en la curiosidad, el inmenso gozo de descubrir nuevos conocimientos (21).

#### **3.1.2. Nivel**

El diseño de investigación que se tuvo en cuenta en la presente investigación fue de tipo descriptivo y comparativo puesto que con los datos recolectados y con la simulación se describieron los parámetros eléctricos característicos del alimentador, para luego comparar el resultado obtenido con el proporcionado por Electrocentro. También se puede afirmar que el nivel de investigación es aplicado (21).

#### **3.1.3. Método**

##### **3.1.3.1. Método general**

El método empleado es el método científico.

Es un método de investigación usado principalmente en la producción de conocimiento en las ciencias. Para ser llamado científico, un método de

investigación debe basarse en lo empírico y en la medición, y estar sujeto a los principios específicos de las pruebas de razonamiento (21).

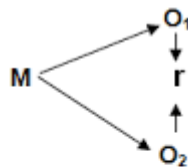
### 3.1.3.2. Método específico

El método empleado fue el descriptivo.

Los estudios descriptivos son beneficiosos para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación. El investigador debe ser capaz de definir, o al menos visualizar qué se medirá (qué conceptos, variables, componentes, etc.) y sobre qué o quiénes se recolectarán los datos (personas, grupos, comunidades, objetos, animales, hechos, etc.) (21).

## 3.2. Diseño y esquema de la investigación

Para el presente estudio se optó por el correlacional, que pertenece al siguiente diagrama.



Donde:

M = Muestra

O<sub>1</sub> = Observación de la V.1.

O<sub>2</sub> = Observación de la V.2.

r = Correlación entre dichas variables.

**Figura 7. Esquema general de correlación**

Se toma una muestra del objeto de investigación, que fue evaluada en distintos momentos en el tiempo y por periodos para establecer parámetros que sustenten una base comparativa entre las muestras observadas bajo criterio. Las ventajas de este diseño son proporcionar información bastante confiable de los cambios observados en la variable estudiada y la relación de las muestras (21).

## 3.3. Población, muestra y técnica de muestreo

### 3.3.1. Población

La población está constituida por el conjunto de 8 alimentadores asociados a la subestación Ayacucho como parte del sistema de distribución del SEIN.

### **3.3.2. Muestra**

Así mismo, la muestra de este estudio también viene a ser unitaria, constituida por el alimentador A4005 perteneciente a la subestación Ayacucho.

### **3.3.3. Tipo de muestreo**

Se realizó el muestreo no probabilístico por conveniencia debido a que las unidades muestrales no se seleccionaron al azar, sino que fue elegida por el investigador por encontrarse a mayor alcance.

## **3.4. Técnica e instrumento de acopio de datos**

### **3.4.1. Técnicas de fichaje**

Esta técnica se utilizó con el fin de recoger información teórica tanto al momento de realizar el diseño como el informe final y dentro de ella se tiene:

- Ficha bibliográfica: se utilizó al momento de elaborar las referencias bibliográficas.
- Ficha de resumen: se utilizó para elaborar las bases teóricas.
- Ficha documental: esta técnica se utilizó al momento de revisar los parámetros energéticos del alimentador A4005.

### **3.4.2. Técnicas de registros**

#### **Observación**

Porque permitió recolectar datos y sistematizar información sobre el objeto de estudio que tiene relación con el problema de investigación (21).

## **3.5. Técnicas de procesamiento de datos**

- Fichas técnicas
- Fichas de observación
- Hojas de registro



## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Resultados de prueba, prueba de hipótesis, interrelación**

##### **4.1.1. Procesamiento de información**

En la presente investigación se aplicó el método de flujos de potencia asociados al alimentador A4005 y las cargas asociadas al mismo, posteriormente conociendo las potencias y parámetros energéticos asociados se detalla el resumen de flujos y pérdidas asociadas a 4 factores: pérdidas en transformadores, pérdidas en conductores, acometidas y medidores (que constituyen las pérdidas intrínsecas de la red, llamada también pérdidas técnicas) y, por último, las pérdidas de calidad de energía asociadas a los clientes (constituyen las pérdidas no técnicas) para luego comparar dichos parámetros con data de pérdidas de Electrocentro, aplicando la teoría de control de pérdidas en medidores inteligentes y sistema SCADA se contrastó la data obtenida con la estimada por los reportes de balance energético y la diferencia de potencia energía eléctrica que será la recuperación de energía y se realiza las pruebas de hipótesis para verificar que hay una relación directa positiva entre las pérdidas de energía y las variables de análisis de control de dichas pérdidas. Se realizaron las pruebas de hipótesis en función de la prueba  $t$  de Student para muestras relacionadas en las variables de trabajo ya que se trata de datos cuantitativos y posteriormente se verificó si la diferencia de las medias entre pérdidas estimadas y las pérdidas simuladas son significativas para la aseveración de las hipótesis.

#### 4.1.2. Esquema de conexión del alimentador A4005

El alimentador A4005 suministra energía eléctrica a 8749 clientes distribuidos en el siguiente diagrama de simulación del programa DIGsilent acorde al siguiente gráfico:

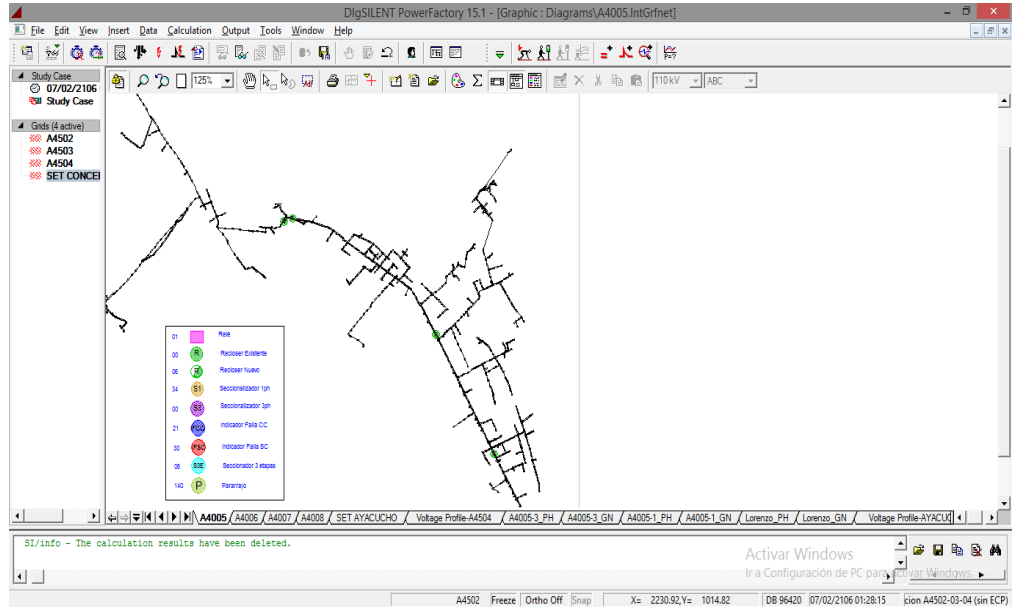


Figura 8. Esquema del alimentador A4005

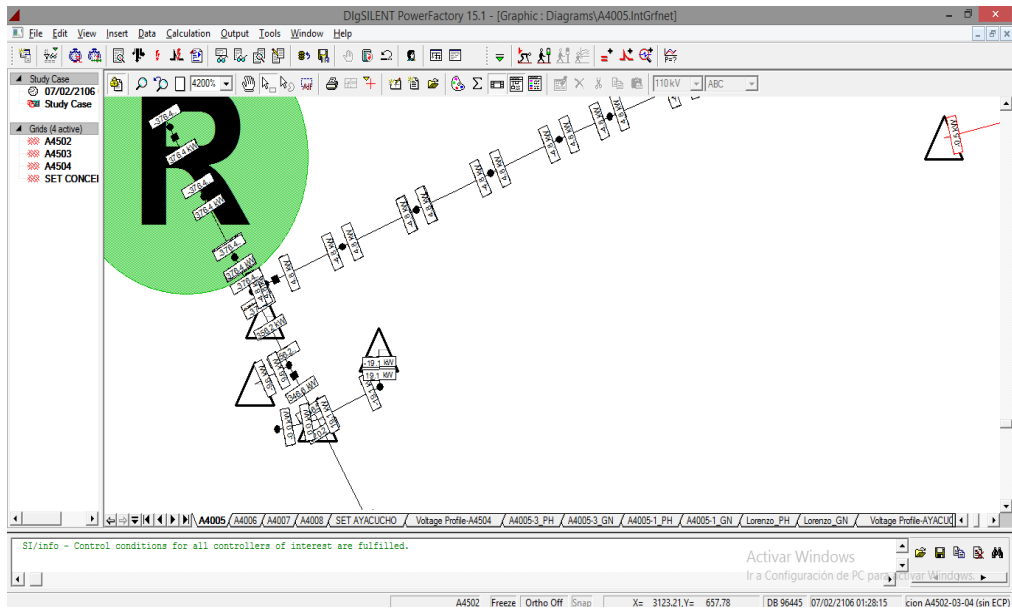


Figura 9. Esquema de flujo de potencia asociados a la ubicación del recloser

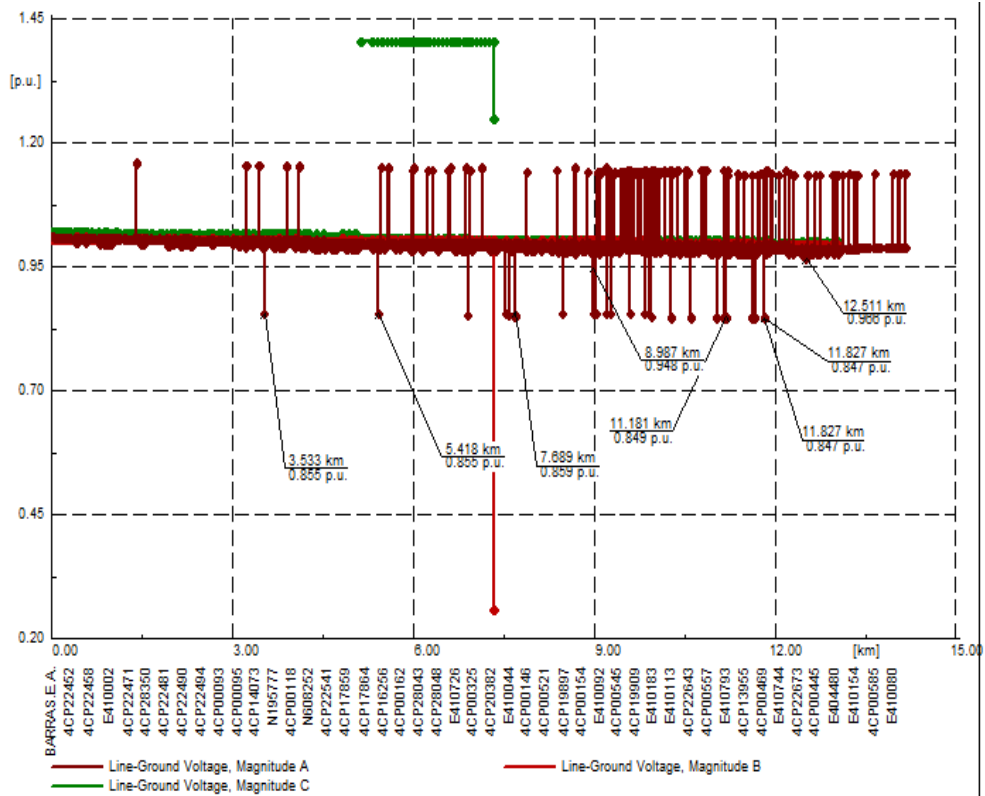


Figura 10. Esquema general de pérdidas técnicas al alimentador A4005

		DigSILENT PowerFactory 15.1.7	Project: Date: 12/8/2018
Load Flow Calculation			Grid Summary
AC Load Flow, unbalanced, 3-phase (ABC)		Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic Tap Adjust of Transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1.00 kVA
Consider Reactive Power Limits	Yes	Model Equations	0.10 %
Grid: A4005	System Stage: A4005	Study Case: Año 2018	Annex: / 5
Grid: A4005 Summary			
No. of Substations	0	No. of Busbars	0
No. of 2-w Trfs.	0	No. of 3-w Trfs.	0
No. of Loads	82	No. of Shunts	0
Generation	0.00 kW	0.00 kvar	0.00 kVA
External Infeed	0.00 kW	0.00 kvar	0.00 kVA
Inter Grid Flow	-2809.85 kW	-859.07 kvar	
Load P(U)	2699.43 kW	787.34 kvar	2811.91 kVA
Load P(Un)	2699.43 kW	787.34 kvar	2811.91 kVA
Load P(Un-U)	0.00 kW	0.00 kvar	
Motor Load	0.00 kW	0.00 kvar	0.00 kVA
Grid Losses	110.41 kW	71.73 kvar	
Line Charging		-6.37 kvar	
Compensation ind.		0.00 kvar	
Compensation cap.		0.00 kvar	
Installed Capacity	0.00 kW		
Spinning Reserve	0.00 kW		
Total Power Factor:			
Generation	0.00 [-]		
Load/Motor	0.95 / 0.00 [-]		
Inter Grid Flow to SE AYACUCHO	-2809.85 kW	-859.07 kvar	
Total	-2809.85 kW	-859.07 kvar	

Figura 11. Flujo de potencia del Alimentador A4005 bajo carga

Para el estudio de pérdidas no técnicas relacionadas a la calidad de energía se utilizan los datos relacionados a la cargabilidad del transformador en cuestión y conjuntamente se añadió como factor de carga en cada uno de los parámetros de

análisis puesto que el software se limita al estudio de flujo de potencia, los criterios de análisis son la subestación y código conectado, alimentador asociado y la potencia de demanda por transformador, la potencia y el factor de potencia de demanda, factor de escala y la aproximación del factor de escala por potencia y la evaluación de ambas después del análisis de pérdidas técnicas y no técnicas que se añaden a la aproximación de potencia. Estos resultados producto de la simulación de flujo de potencia del alimentador A4005 se ven explicados en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Parámetros energéticos de potencia y escala de los transformadores de distribución asociados al alimentador A4005**

Transformador de distribución	Alim.	P (MW)	Pow. fact. induc.	Factor escala (FS)	P*Fs	P. proyect. 2025 (MW)	Pérd. proyec. (kW)
TR - E410101	A4005	0.079	0.94	0.3459	0.0273	0.2370	0.289
TR - E410102	A4005	0.031	0.94	0.3459	0.0107	0.0611	0.140
TR - E410103	A4005	0.290	0.94	0.3459	0.1003	1.3456	0.526
TR - E410104	A4005	0.090	0.94	0.3459	0.0311	0.1143	0.039
TR - E410105	A4005	0.394	0.94	0.3459	0.1363	0.7368	0.126
TR - E410106	A4005	0.213	0.94	0.3459	0.0737	0.8584	0.438
TR - E410107	A4005	0.104	0.94	0.3459	0.0360	0.5086	0.562
TR - E410108	A4005	0.250	0.94	0.3459	0.0865	1.1650	0.529
TR - E410109	A4005	0.377	0.94	0.3459	0.1304	0.8068	0.165
TR - E410110	A4005	0.367	0.94	0.3459	0.1269	0.7120	0.136
TR - E410111	A4005	0.401	0.94	0.3459	0.1387	0.6576	0.093
TR - E410112	A4005	0.256	0.94	0.3459	0.0886	0.5914	0.189
TR - E410113	A4005	0.165	0.94	0.3459	0.0571	0.1931	0.025
TR - E410114	A4005	0.302	0.94	0.3459	0.1045	0.6131	0.149
TR - E410115	A4005	0.236	0.94	0.3459	0.0816	0.8874	0.399
TR - E410116	A4005	0.026	0.94	0.3459	0.0090	0.0491	0.129
TR - E410117	A4005	0.389	0.94	0.3459	0.1346	0.4162	0.010
TR - E410118	A4005	0.312	0.94	0.3459	0.1079	1.0546	0.344
TR - E410119	A4005	0.228	0.94	0.3459	0.0789	0.4058	0.113
TR - E410120	A4005	0.056	0.94	0.3459	0.0194	0.2094	0.396
TR - E410121	A4005	0.127	0.94	0.3459	0.0439	0.1219	0.006
TR - E410122	A4005	0.097	0.94	0.3459	0.0336	0.0922	0.007
TR - E410123	A4005	0.362	0.94	0.3459	0.1252	0.8398	0.191
TR - E410124	A4005	0.282	0.94	0.3459	0.0975	0.8460	0.289
TR - E410125	A4005	0.279	0.94	0.3459	0.0965	0.9179	0.331
TR - E410126	A4005	0.343	0.94	0.3459	0.1186	0.9947	0.275
TR - E410127	A4005	0.259	0.94	0.3459	0.0896	0.6889	0.240
TR - E410128	A4005	0.208	0.94	0.3459	0.0719	0.3474	0.097
TR - E410129	A4005	0.070	0.94	0.3459	0.0242	0.1421	0.149
TR - E410130	A4005	0.224	0.94	0.3459	0.0775	0.5914	0.237
TR - E410131	A4005	0.129	0.94	0.3459	0.0446	0.5341	0.454

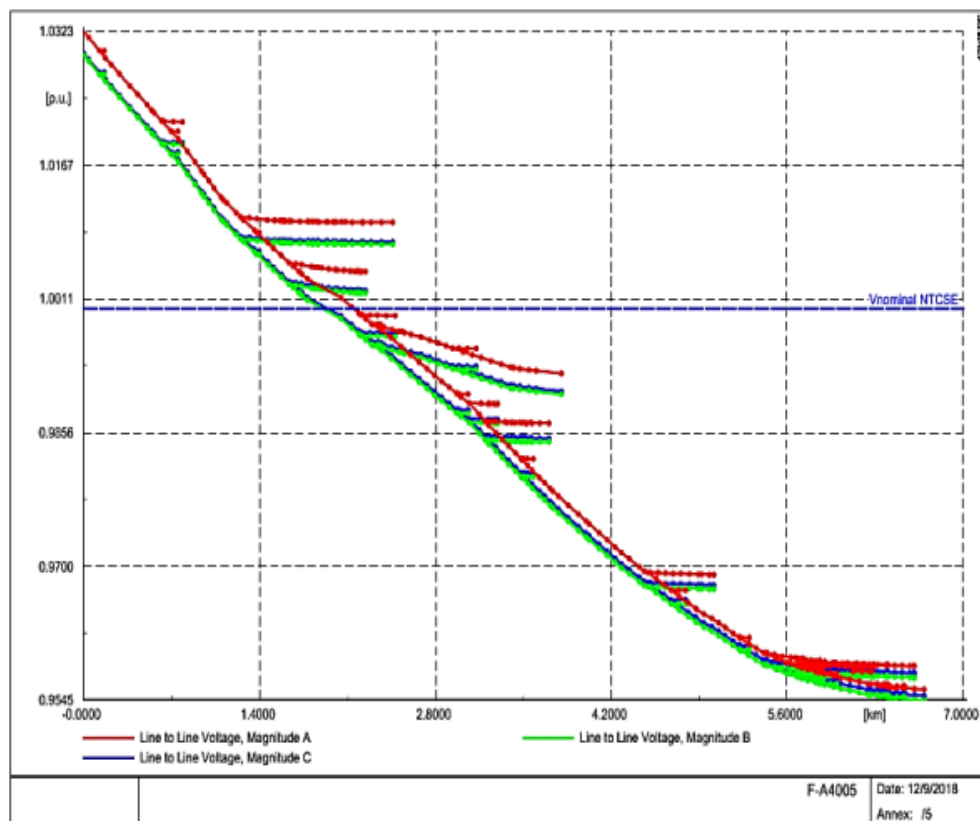
TR - E410132	A4005	0.187	0.94	0.3459	0.0647	0.4002	0.165
TR - E410133	A4005	0.081	0.94	0.3459	0.0280	0.1928	0.199
TR - E410134	A4005	0.257	0.94	0.3459	0.0889	1.1514	0.503
TR - E410135	A4005	0.237	0.94	0.3459	0.0820	1.1163	0.536
TR - E410136	A4005	0.021	0.94	0.3459	0.0073	0.0970	0.523
TR - E410137	A4005	0.131	0.94	0.3459	0.0453	0.4939	0.400
TR - E411101	A4005	0.128	0.94	0.3459	0.0443	0.3686	0.272
TR - E411102	A4005	0.309	0.94	0.3459	0.1069	0.6891	0.178
TR - E411103	A4005	0.247	0.94	0.3459	0.0854	0.6644	0.244
TR - E411104	A4005	0.160	0.94	0.3459	0.0553	0.2400	0.072
TR - E411105	A4005	0.393	0.94	0.3459	0.1359	1.6506	0.463
TR - E411106	A4005	0.147	0.94	0.3459	0.0508	0.1279	0.019
TR - E411107	A4005	0.138	0.94	0.3459	0.0477	0.5341	0.415
TR - E411108	A4005	0.228	0.94	0.3459	0.0789	0.8231	0.377
TR - E411109	A4005	0.379	0.94	0.3459	0.1311	1.5804	0.458
TR - E411110	A4005	0.130	0.94	0.3459	0.0450	0.6279	0.554
TR - E411111	A4005	0.365	0.94	0.3459	0.1263	0.6753	0.123
TR - E411112	A4005	0.269	0.94	0.3459	0.0930	0.9173	0.348
TR - E411113	A4005	0.109	0.94	0.3459	0.0377	0.2104	0.134
TR - E411114	A4005	0.175	0.94	0.3459	0.0605	0.6860	0.422
TR - E411115	A4005	0.016	0.94	0.3459	0.0055	0.0283	0.111
TR - E411116	A4005	0.400	0.94	0.3459	0.1384	0.6240	0.081
TR - E411117	A4005	0.250	0.94	0.3459	0.0865	1.1375	0.513
TR - E411118	A4005	0.065	0.94	0.3459	0.0225	0.2347	0.377
TR - E411119	A4005	0.065	0.94	0.3459	0.0225	0.1820	0.260
TR - E411120	A4005	0.038	0.94	0.3459	0.0131	0.1288	0.345
TR - E411121	A4005	0.157	0.94	0.3459	0.0543	0.5401	0.353
TR - E411122	A4005	0.372	0.94	0.3459	0.1287	0.4204	0.019
TR - E411123	A4005	0.295	0.94	0.3459	0.1020	1.1918	0.439
TR - E411124	A4005	0.017	0.94	0.3459	0.0059	0.0573	0.343
TR - E411125	A4005	0.398	0.94	0.3459	0.1377	0.7522	0.129
TR - E411126	A4005	0.143	0.94	0.3459	0.0495	0.1702	0.027
TR - E411127	A4005	0.275	0.94	0.3459	0.0951	0.4923	0.114
TR - E411128	A4005	0.234	0.94	0.3459	0.0809	0.5054	0.168
TR - E411129	A4005	0.021	0.94	0.3459	0.0073	0.0989	0.536
TR - E411130	A4005	0.008	0.94	0.3459	0.0028	0.0292	0.383
TR - E411131	A4005	0.296	0.94	0.3459	0.1024	1.1870	0.435
TR - E411132	A4005	0.303	0.94	0.3459	0.1048	0.7575	0.217
TR - E411133	A4005	0.175	0.94	0.3459	0.0605	0.2678	0.077
TR - E411134	A4005	0.227	0.94	0.3459	0.0785	1.0306	0.512
TR - E411135	A4005	0.114	0.94	0.3459	0.0394	0.1140	0.000
TR - E411136	A4005	0.329	0.94	0.3459	0.1138	0.5429	0.094
TR - E411137	A4005	0.276	0.94	0.3459	0.0955	0.4168	0.074
TR - E411138	A4005	0.317	0.94	0.3459	0.1097	0.9130	0.272
TR - E411139	A4005	0.401	0.94	0.3459	0.1387	1.6601	0.454
TR - E411140	A4005	0.159	0.94	0.3459	0.0550	0.6901	0.483

<b>TR - E411141</b>	A4005	0.261	0.94	0.3459	0.0903	0.3419	0.045
<b>TR - E411142</b>	A4005	0.126	0.94	0.3459	0.0436	0.3326	0.237
<b>TR - E411143</b>	A4005	0.265	0.94	0.3459	0.0917	0.9593	0.379
<b>TR - E411144</b>	A4005	0.330	0.94	0.3459	0.1141	0.3069	0.010
<b>TR - E411145</b>	A4005	0.370	0.94	0.3459	0.1280	0.9842	0.240
<b>TR - E411146</b>	A4005	0.086	0.94	0.3459	0.0297	0.4042	0.535
<b>TR - E411147</b>	A4005	0.297	0.94	0.3459	0.1027	1.4464	0.559
<b>TR - E411148</b>	A4005	0.249	0.94	0.3459	0.0861	0.6848	0.253
<b>TR - E411149</b>	A4005	0.037	0.94	0.3459	0.0128	0.0414	0.017
<b>TR - E411150</b>	A4005	0.234	0.94	0.3459	0.0809	0.6318	0.246
<b>TR - E411151</b>	A4005	0.021	0.94	0.3459	0.0073	0.0683	0.325
<b>TR - E411152</b>	A4005	0.331	0.94	0.3459	0.1145	1.1651	0.364
<b>TR - E411153</b>	A4005	0.029	0.94	0.3459	0.0100	0.1256	0.481
<b>TR - E411154</b>	A4005	0.294	0.94	0.3459	0.1017	0.5086	0.106
<b>TR - E411155</b>	A4005	0.250	0.94	0.3459	0.0865	0.6875	0.253
<b>TR - E411156</b>	A4005	0.311	0.94	0.3459	0.1076	1.1849	0.406
<b>TR - E411157</b>	A4005	0.371	0.94	0.3459	0.1283	0.8236	0.176
<b>TR - E411158</b>	A4005	0.265	0.94	0.3459	0.0917	0.9673	0.383
<b>TR - E411159</b>	A4005	0.301	0.94	0.3459	0.1041	1.0204	0.345
<b>TR - E411160</b>	A4005	0.349	0.94	0.3459	0.1207	0.6875	0.140
<b>TR - E411161</b>	A4005	0.411	0.94	0.3459	0.1422	1.2042	0.279
<b>TR - E411162</b>	A4005	0.050	0.94	0.3459	0.0173	0.0920	0.121
<b>TR - E411163</b>	A4005	0.036	0.94	0.3459	0.0125	0.1487	0.452
<b>TR - E411164</b>	A4005	0.197	0.94	0.3459	0.0681	0.6560	0.337
<b>TR - E411165</b>	A4005	0.306	0.94	0.3459	0.1058	0.3794	0.035
<b>TR - E411166</b>	A4005	0.393	0.94	0.3459	0.1359	1.2380	0.311
<b>TR - E411167</b>	A4005	0.120	0.94	0.3459	0.0415	0.3612	0.291
<b>TR - E411168</b>	A4005	0.283	0.94	0.3459	0.0979	1.2452	0.491
<b>TR - E411169</b>	A4005	0.165	0.94	0.3459	0.0571	0.4026	0.208
<b>TR - E411170</b>	A4005	0.081	0.94	0.3459	0.0280	0.2171	0.243
<b>TR - E411171</b>	A4005	0.263	0.94	0.3459	0.0910	0.2367	0.014
<b>TR - E411172</b>	A4005	0.045	0.94	0.3459	0.0156	0.1242	0.254
<b>TR - E411173</b>	A4005	0.403	0.94	0.3459	0.1394	1.1163	0.256
<b>TR - E411174</b>	A4005	0.321	0.94	0.3459	0.1110	1.2615	0.424
<b>TR - E411175</b>	A4005	0.028	0.94	0.3459	0.0097	0.0490	0.108
<b>TR - E411176</b>	A4005	0.201	0.94	0.3459	0.0695	0.9266	0.522
<b>TR - E411177</b>	A4005	0.163	0.94	0.3459	0.0564	0.1891	0.023
<b>TR - E411178</b>	A4005	0.194	0.94	0.3459	0.0671	0.4443	0.186
<b>TR - E411179</b>	A4005	0.351	0.94	0.3459	0.1214	1.0039	0.269
<b>TR - E411180</b>	A4005	0.107	0.94	0.3459	0.0370	0.4526	0.467
<b>TR - E411181</b>	A4005	0.150	0.94	0.3459	0.0519	0.5790	0.413
<b>TR - E420103</b>	A4005	0.179	0.94	0.3459	0.0619	0.6193	0.356
<b>TR - E420104</b>	A4005	0.254	0.94	0.3459	0.0879	0.7798	0.299
<b>TR - E420105</b>	A4005	0.156	0.94	0.3459	0.0540	0.2730	0.108
<b>TR - E420106</b>	A4005	0.191	0.94	0.3459	0.0661	0.7334	0.411
<b>TR - E420107</b>	A4005	0.118	0.94	0.3459	0.0408	0.3446	0.278

TR - E420108	A4005	0.016	0.94	0.3459	0.0055	0.0270	0.100
TR - E420109	A4005	0.061	0.94	0.3459	0.0211	0.2458	0.438
TR - E420110	A4005	0.069	0.94	0.3459	0.0239	0.1194	0.106
TR - E420111	A4005	0.275	0.94	0.3459	0.0951	0.7865	0.269
TR - E420112	A4005	0.219	0.94	0.3459	0.0758	0.6592	0.291
TR - E420113	A4005	0.340	0.94	0.3459	0.1176	1.0982	0.322
TR - E420114	A4005	0.227	0.94	0.3459	0.0785	0.7536	0.335
TR - E420115	A4005	0.041	0.94	0.3459	0.0142	0.1751	0.473
TR - E420116	A4005	0.153	0.94	0.3459	0.0529	0.3320	0.169
TR - E420117	A4005	0.214	0.94	0.3459	0.0740	0.4665	0.171
TR - E420118	A4005	0.034	0.94	0.3459	0.0118	0.0694	0.150
TR - E420119	A4005	0.058	0.94	0.3459	0.0201	0.2662	0.519
TR - E420120	A4005	0.105	0.94	0.3459	0.0363	0.2489	0.198
TR - E420121	A4005	0.062	0.94	0.3459	0.0214	0.2951	0.544
TR - E420122	A4005	0.313	0.94	0.3459	0.1083	0.7387	0.197
TR - E420123	A4005	0.113	0.94	0.3459	0.0391	0.3334	0.282
TR - E420124	A4005	0.235	0.94	0.3459	0.0813	0.6933	0.282
TR - E420125	A4005	0.194	0.94	0.3459	0.0671	0.3880	0.145
TR - E420126	A4005	0.027	0.94	0.3459	0.0093	0.0294	0.013
TR - E420127	A4005	0.242	0.94	0.3459	0.0837	0.8809	0.382
TR - E420128	A4005	0.274	0.94	0.3459	0.0948	1.1070	0.439
TR - E420129	A4005	0.177	0.94	0.3459	0.0612	0.7487	0.467
TR - E420130	A4005	0.154	0.94	0.3459	0.0533	0.5251	0.348
TR - E420131	A4005	0.007	0.94	0.3459	0.0024	0.0128	0.120
TR - E420132	A4005	0.005	0.94	0.3459	0.0017	0.0147	0.280
TR - E420133	A4005	0.074	0.94	0.3459	0.0256	0.1103	0.071
TR - E420134	A4005	0.400	0.94	0.3459	0.1384	0.5600	0.058
TR - E420135	A4005	0.029	0.94	0.3459	0.0100	0.0632	0.171
TR - E420136	A4005	0.011	0.94	0.3459	0.0038	0.0406	0.389
TR - E420137	A4005	0.138	0.94	0.3459	0.0477	0.1891	0.053
TR - E420138	A4005	0.234	0.94	0.3459	0.0809	0.4165	0.113
TR - E420139	A4005	0.070	0.94	0.3459	0.0242	0.2156	0.301
TR - E420140	A4005	0.041	0.94	0.3459	0.0142	0.1275	0.305
TR - E420141	A4005	0.314	0.94	0.3459	0.1086	1.0331	0.331
TR - E420142	A4005	0.278	0.94	0.3459	0.0962	1.2260	0.493
TR - E420143	A4005	0.099	0.94	0.3459	0.0342	0.3416	0.354
TR - E420144	A4005	0.100	0.94	0.3459	0.0346	0.3530	0.366
TR - E420145	A4005	0.290	0.94	0.3459	0.1003	0.9048	0.306
TR - E420146	A4005	0.117	0.94	0.3459	0.0405	0.5604	0.548
TR - E420147	A4005	0.340	0.94	0.3459	0.1176	1.2206	0.374
TR - E420148	A4005	0.158	0.94	0.3459	0.0547	0.6668	0.465
TR - E420149	A4005	0.299	0.94	0.3459	0.1034	0.6847	0.186
TR - E420150	A4005	0.013	0.94	0.3459	0.0045	0.0220	0.100
TR - E420151	A4005	0.043	0.94	0.3459	0.0149	0.1750	0.444
TR - E420152	A4005	0.101	0.94	0.3459	0.0349	0.2363	0.194
TR - E420153	A4005	0.378	0.94	0.3459	0.1308	0.8467	0.179

<b>TR - E420154</b>	A4005	0.120	0.94	0.3459	0.0415	0.5676	0.539
<b>TR - E420155</b>	A4005	0.298	0.94	0.3459	0.1031	0.7867	0.237
<b>TR - E420156</b>	A4005	0.246	0.94	0.3459	0.0851	0.3223	0.045
<b>TR - E420157</b>	A4005	0.201	0.94	0.3459	0.0695	0.2573	0.040
<b>TR - E420158</b>	A4005	0.331	0.94	0.3459	0.1145	1.0526	0.315
<b>TR - E420159</b>	A4005	0.387	0.94	0.3459	0.1339	0.7043	0.119
<b>TR - E420160</b>	A4005	0.286	0.94	0.3459	0.0989	0.7779	0.249
<b>TR - E420161</b>	A4005	0.281	0.94	0.3459	0.0972	0.3372	0.029
<b>TR - E420162</b>	A4005	0.193	0.94	0.3459	0.0668	0.1737	0.014
<b>Potencia total A4005</b>	A4005	35.816	0.94	0.3459	12.3888	99.5966	47.378

Conforme a los datos de la tabla anterior se puede hacer el análisis correlacional de significancia de la proyección de la demanda al año 2025, la demanda energética actual de los transformadores del alimentador A4005, las pérdidas actuales simuladas por el DIGsilent y la proyección de pérdidas futuras en los transformadores de distribución del alimentador en cuestión.



Los resultados del flujo de potencia relacionados al perfil de tensión arrojan que estos están fuera de los parámetros permitidos por la NTCSE y que se deben a las caídas de tensión en el flujo de potencia simulado acorde a la proyección de la demanda.



#### 4.1.3. Proyección de la demanda del alimentador A4005 y balance de pérdidas de Electrocentro

Acorde al estudio de proyección de la demanda, mencionado con anterioridad, se contrasta con el balance de pérdidas relacionadas al alimentador A4005. Asimismo, y trabajando con el índice de calidad del producto se hace el contraste de pérdidas energéticas.

TENSIÓN	ENE-21	FEB-21	MAR-21	ABR-21	MAY-21	JUN-21	JUL-21	AGO-21	SEP-21	OCT-21	NOV-21	DIC-21	TOTAL
Med. Programadas	162	65	168	330	312	341	345	220	265	309	140	149	2806
Buena Calidad	81	12	61	134	116	123	156	66	83	76	45	40	993
Mala Calidad	16	1	19	19	18	37	19	41	42	34	23	26	295
Fallidas	37	16	29	45	76	39	36	32	52	65	14	14	455
No medidas	28	36	59	132	102	142	134	81	88	134	58	69	1063
Med. Ejecutadas	134	29	109	198	210	199	211	139	177	175	82	80	1743
<b>% Mala Calidad</b>	<b>16.49%</b>	<b>7.69%</b>	<b>23.75%</b>	<b>12.42%</b>	<b>13.43%</b>	<b>23.13%</b>	<b>10.86%</b>	<b>38.32%</b>	<b>33.60%</b>	<b>30.91%</b>	<b>33.82%</b>	<b>39.39%</b>	<b>22.90%</b>

Figura 13. Deficiencias de la calidad de energía del año 2021 del alimentador Ayacucho

#### 4.2. Análisis bivariado

Para el inicio del análisis se emplearon los estadísticos descriptivos para muestras relacionadas en base a cada indicador donde se analizaron los 178 transformadores de distribución y las pérdidas atribuidas para luego hacer el índice de recuperación de energía en base a lo proyectado, la media, desviación estándar y la correlación que tienen estas variables para saber el grado de incidencia en las formulaciones de hipótesis que se detalla en líneas siguientes.

##### 4.2.1. Análisis de los estadísticos descriptivos de las pérdidas de energía simulada, proyectada y recuperación de energía

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de energía

	Estadísticos descriptivos						
	N	Rango	Mín.	Máx.	Suma	Media	Desv. Desviación
Pérdidas de energía simulada	178	562	0	562	47378	266,17	160,327
Pérdidas de energía proyectada	178	1647,30	12,80	1660,10	99597,60	559,5371	388,84889
Recuperación de energía	178	1199,90	6,20	1206,10	65018,40	365,2719	266,49391
N válido (por lista)	178						

La tabla representa el desarrollo de los estadísticos descriptivos de las pérdidas de energía simulada en el software DIGsilent, las pérdidas proyectadas para los

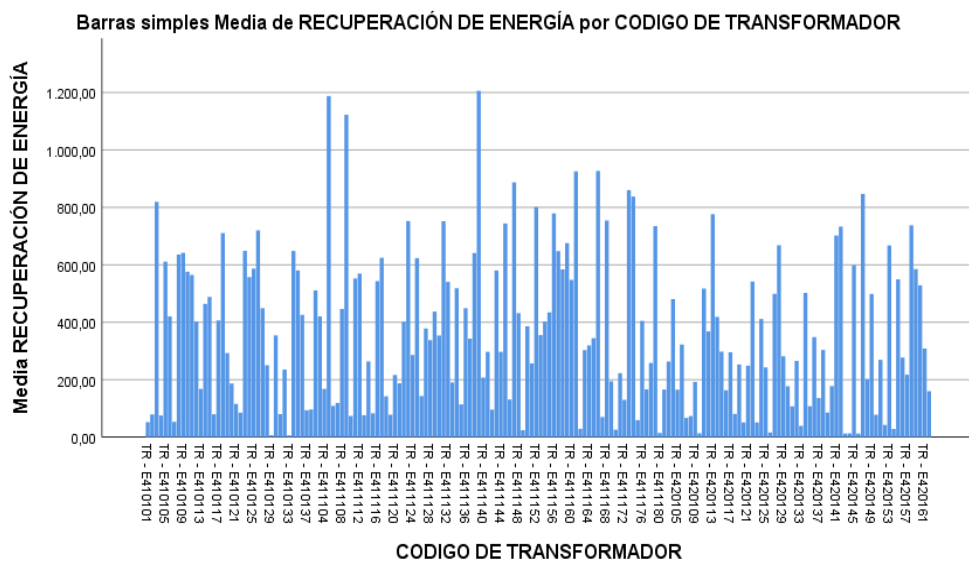
transformadores y la recuperación de energía debido a dichas pérdidas respectivamente en kW, estos resultados sirven de una manera descriptiva para entender la cantidad de datos que se están analizando (178 transformadores de distribución) y si se ha perdido algún dato para la correlación posterior, asimismo, en el siguiente cuadro se detalla las pérdidas y recupero de energía a partir de la tabla anteriormente mencionada.

**Tabla 6. Estadísticos descriptivos de pérdidas**

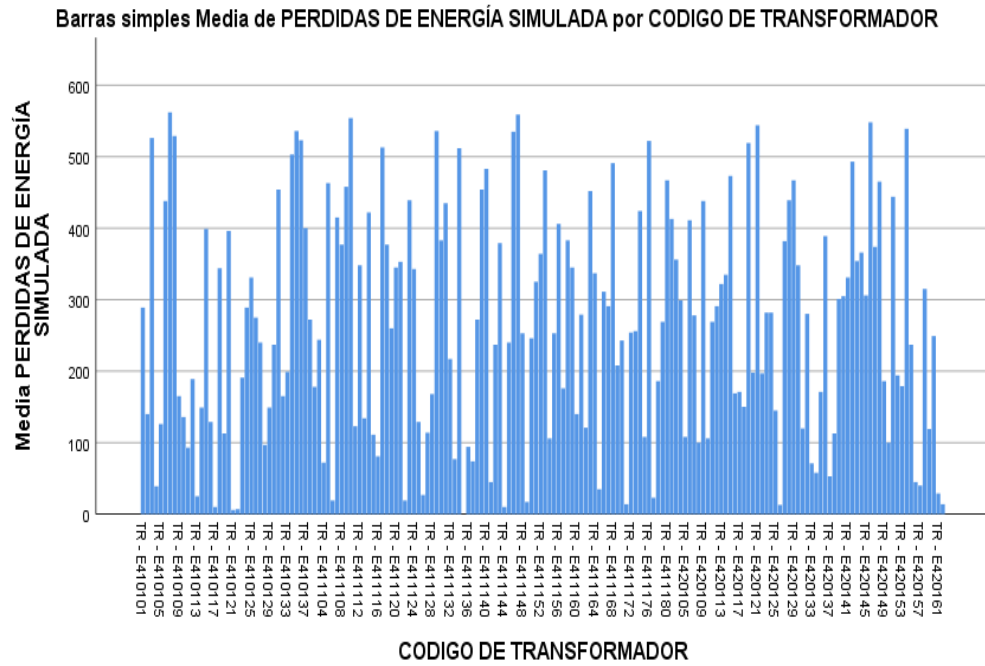
	Escala	Unidad
Pérdidas de energía simulada	47378	kW
Pérdidas de energía proyectada	99597,60	kW
Recuperación de energía	65018,40	kW

Acorde a la demanda proyectada del alimentador A4005 se tiene una recuperación de energía de 65.01840 MW que corresponden a unas pérdidas actuales simuladas de 47.378 MW y que, teniendo en cuenta la proyección de la demanda, las pérdidas en conductores, acometidas, medidores, pérdidas no técnicas y técnicas arrojan como resultado unas pérdidas futuras de 99.59760 MW que, con la recuperación de energía descende a 34.5972 MW de potencia que se recuperaría, que significa un 34.737 % de recuperación de energía eléctrica ejerciendo un control en las pérdidas anteriormente mencionadas.

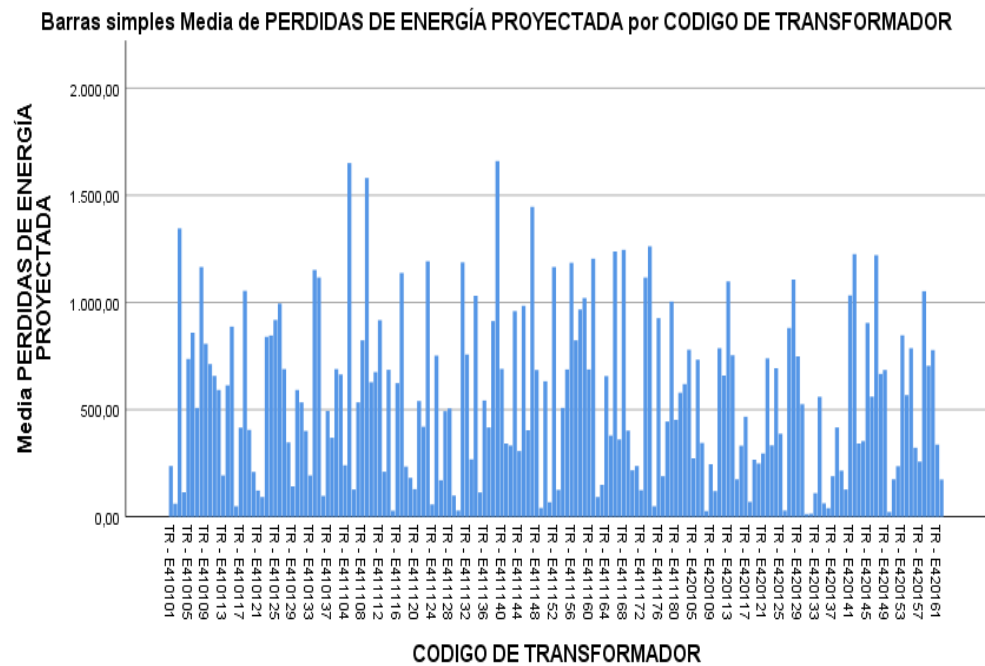
#### 4.2.2. Comportamiento gráfico de las pérdidas simuladas, proyectadas y la recuperación de energía.



**Figura 14. Recuperación de energía estimada para el año 2025 por transformador de distribución**



*Figura 15. Pérdidas de energía simulada por transformador de distribución correspondientes al alimentador A4005*



*Figura 16. Pérdidas de energía proyectada al año 2025 por transformador de distribución correspondientes al alimentador A4005*

Los gráficos anteriormente expuestos representan en gran medida descriptiva como se comparan los clientes asociados a cada tipo de transformador de distribución, en las gráficas se hace evidente la naturaleza asimétrica del consumo de energía, por lo que, aplicando control de pérdidas se relacionan los transformadores con más factor de sobrecarga para el respectivo cambio de potencia o su reemplazo, así mismo, en los transformadores con bajo factor de carga se plantea compensación de cargas para

alivianar las gráficas y se consiga una mejor en el perfil de tensión y carga del alimentador A4005 de la unidad de negocios.

### **4.3. Prueba de hipótesis**

#### **4.3.1. Hipótesis general**

##### **4.3.1.1. Influencia**

**H<sub>0</sub>**: La media de la potencia de recuperación de energía eléctrica aplicando control no es significativamente superior a las pérdidas de energía proyectada.

**H<sub>1</sub>**: La media de la potencia de recuperación de energía eléctrica aplicando control es significativamente superior a las pérdidas de energía proyectada.

#### **4.3.2. Hipótesis específica**

##### **4.3.2.1. Ineficiencia**

**H<sub>0</sub>**: La media de las pérdidas de energía eléctrica simuladas sin aplicar control de pérdidas si es significativamente superior a las pérdidas de energía eléctrica proyectada.

**H<sub>1</sub>**: La media de las pérdidas de energía eléctrica simuladas sin aplicar control de pérdidas no es significativamente superior a las pérdidas de energía eléctrica proyectada.

##### **4.3.2.2. Efectos**

**H<sub>0</sub>**: La media de la potencia de energía de recuperación no es significativamente superior a la media de potencia de energía simuladas.

**H<sub>1</sub>**: La media de la potencia de energía de recuperación es significativamente superior a la media de potencia de energía simuladas.

##### **4.3.2.3. Pérdidas**

**H<sub>0</sub>**: La media de la potencia de energía eléctrica perdida es significativamente superior a la media de la potencia eléctrica proyectada en los flujos de potencia actuales.

**H<sub>1</sub>:** La media de la potencia de energía eléctrica perdida proyectada es significativamente superior a la media de la potencia eléctrica simulada en los flujos de potencia actuales.

#### 4.3.3. Prueba *t* de Student para las 2 muestras relacionadas

Para las pruebas de las hipótesis se plantean 2 pruebas bilaterales con un nivel de significancia del 95 %, es decir que las consideraciones y validaciones para las pruebas de hipótesis corresponderán a un valor *p* de 0.05, dicho de otra manera, **p = 0.05**.

**Tabla 7. Análisis de los datos de salida de la prueba *t* de Student**

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Pérdidas de energía simulada	266,17	178	160,327	12,017
	Recuperación de energía	365,2719	178	266,49391	19,97456
Par 2	Pérdidas de energía proyectada	559,5371	178	388,84889	29,14546
	Recuperación de energía	365,2719	178	266,49391	19,97456
Par 3	Pérdidas de energía simulada	266,17	178	160,327	12,017
	Pérdidas de energía proyectada	559,5371	178	388,84889	29,14546

En la tabla se observan los datos de salida del programa SPSS, están las comparaciones de las medias entre par de correlación, así mismo, la cantidad de iteraciones y lecturas que se tomó para cada transformador y la cargabilidad de los mismos en las simulaciones y la proyección, también la media de error estándar que representa el valor cuantitativo de la lejanía numérica que tienen los valores leídos en relación a la media, estos datos sirven para el primer análisis de las pruebas de hipótesis.

**Tabla 8. Análisis de los datos de correlación de la prueba *t* de Student**

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Pérdidas de energía simulada y recuperación de energía	178	,285	,000
Par 2	Pérdidas de energía proyectada y recuperación de energía	178	,880	,000
Par 3	Pérdidas de energía simulada y pérdidas de energía proyectada	178	,467	,000

En la tabla se plasman los resultados de las pruebas de correlación, este apartado es importante porque garantiza la correlación que tienen los pares de pruebas para el estadístico. Un nivel Sig. equivalente a 1 es equivalente a no tener ninguna relación entre la data obtenida por los resultados y, por consiguiente, no hay ninguna relación. Como se puede apreciar en dicha tabla, tienen alto nivel de correlación puesto que son próximos al valor de 0, lo cual permite ir al siguiente en las pruebas de hipótesis, que es el estudio de los estadísticos de rechazo o aceptación de las hipótesis.

**Tabla 9. Prueba t de Student para muestras emparejadas**

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Pérdidas de energía simulada - recuperación de energía	-99,10337	269,06423	20,16722	-138,90251	-59,30423	-4,914	177	,000
Par 2	Pérdidas de energía proyectada - recuperación de energía	194,26517	199,75158	14,97201	164,71854	223,81180	12,975	177	,000
Par 3	Pérdidas de energía simulada - pérdidas de energía proyectada	-293,36854	344,44888	25,81754	-344,31834	-242,41874	-11,363	177	,000

La tabla muestra los resultados de las pruebas de hipótesis en el estadístico en cuestión, el resultado que se presenta amerita un análisis para el descarte o aceptación de la hipótesis, el cual estará delimitado por el Sig. bilateral, que, como se menciona en líneas anteriores, corresponde a la prueba en dos colas acorde al nivel de significancia del 95 %.

#### 4.4. Resultados de las pruebas de hipótesis

##### 4.4.1. Toma de decisiones

Para el proceso de toma de decisiones se hará uso del dato del nivel de Sig. con relación al valor  $p$ , si la hipótesis nula  $H_0$  es menor al valor del valor  $p$ , es decir 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna  $H_1$ . Caso contrario, si el estadístico es mayor o igual al valor  $p$ , entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

##### 4.4.2. Hipótesis general: influencia

**Tabla 10. Prueba de hipótesis de la influencia de la variable control de pérdidas en la variable recuperación de energía**

Valor $p$ del estadístico $t$	Nivel sig.
0.0000478	0.05

El estadístico del par 1 y 3 que corresponde a la influencia de la variable control de pérdidas en la recuperación de energía eléctrica es menor al valor  $p$ , por ende, se acepta la hipótesis alterna: La media de la potencia de recuperación de energía eléctrica aplicando control es significativamente superior a las pérdidas de energía proyectada. Dicho de otra manera, la potencia de recuperación ejerciendo control y gestión de pérdidas es significativamente superior a las pérdidas de energía en la proyección de la demanda de los transformadores de distribución del alimentador A4005.

##### 4.4.3. Hipótesis específica: ineficiencia

**Tabla 11. Prueba de hipótesis de ineficiencia**

Valor $p$ del estadístico $t$	Nivel sig.
0.000145	0.05

El estadístico del par 1 y par 3 que corresponde a la ineficiencia eléctrica en forma de pérdidas de energía de los transformadores asociados al alimentador A4005 de la unidad de negocios de Ayacucho es menor al valor  $p$ , por ende, se acepta la hipótesis alterna: La media de pérdidas eléctricas actuales es significativamente inferior a las pérdidas reportadas en los pliegos actuales, dicho de otra manera, se



demuestra la ineficiencia del alimentador A4005 puesto que las pérdidas que se están reportando actualmente en el alimentador en cuestión y los transformadores asociados es superior a las pérdidas que se están simulando en el DIGsilent, esto se debe a que en los reportes se tienen en cuenta las pérdidas técnicas (asociadas a la cargabilidad de los transformadores, conductores de la red que componen los factores intrínsecos) y también se tienen en cuenta las pérdidas no técnicas (asociadas a factores sociales como robo de energía, consumo deficiente por parte del usuario y conexiones clandestinas que componen los factores extrínsecos), a diferencia de las pérdidas que se obtienen en la simulación del sistema eléctrico actual del alimentador, que únicamente se tienen en cuenta las pérdidas técnicas, en caso de que no fuera así invalidaría la prueba, puesto que significaría que las pérdidas no técnicas no tienen relevancia en el flujo de potencia, puesto que no sería significativo en comparación a las pruebas técnicas.

#### 4.4.4. Hipótesis específica: efectos

**Tabla 12. Prueba de hipótesis de efectos**

Valor $p$ del estadístico $t$	Nivel sig.
0.000025	0.05

El estadístico del par 2 y par 3 que corresponde a los efectos de las pérdidas en cuanto a la proyección de la demanda y proyección de las pérdidas asociadas al alimentador A4005 de la subestación Ayacucho es menor al valor  $p$ , por ende, se acepta la hipótesis alterna: Las pérdidas de energía eléctrica proyectada en la simulación de los flujos de potencia es significativamente superior a las pérdidas proyectadas en los reportes de los pliegos, dicho de otra manera, se demuestra los efectos que tiene la inserción del control de pérdidas en la gestión de la energía en los reportes de energía que se proyectan mediante la simulación de la cargabilidad de los transformadores, esto se debe a que en las pérdidas proyectadas que se están simulando en el software DIGsilent se está contemplando las pérdidas técnicas y no técnicas añadiendo carga al transformador mediante las estimaciones de proyección de la demanda, que representaría las pérdidas no técnicas y técnicas en años siguientes a la diferencia de las pérdidas de energía proyectadas en los pliegos, puesto que, si bien es cierto que también se contemplan las pérdidas técnicas y no técnicas, tienen un modelo lineal basado en estimación de años pasados y tienen un modelo más estadístico y probabilístico que simulado, a diferencia de los flujos de potencia.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que para la demanda proyectada del alimentador A4005 se tiene una recuperación de energía de 65.01840 MW que corresponden a unas pérdidas actuales simuladas de 47.378 MW y que, teniendo en cuenta la proyección de la demanda, las pérdidas en conductores, acometidas, medidores, pérdidas no técnicas y técnicas arrojan como resultado unas pérdidas futuras de 99.59760 MW que, con la recuperación de energía desciende a 34.5972 MW de potencia que se recuperaría que significan un 34.737 % de recuperación de energía eléctrica ejerciendo un control en las pérdidas anteriormente mencionadas para el año 2025.
- Se concluye que la utilización del control de pérdidas prevé una mejora de la calidad del suministro eléctrico del alimentador A4005 superior al 30 % proyectado para el año 2025 los cuales influyen en el dimensionamiento de los transformadores de distribución asociados a una densidad de carga superior a los límites de operación establecidos en la NTCSE.
- Se concluye que la cargabilidad de los transformadores acorde a la proyección de la demanda trabajarán en 85.45 % de su capacidad nominal en condiciones normales de operación por lo que involucra un aumento de las pérdidas de energía de 96.3256 MW para años posteriores al 2025 de no mitigarse dichas pérdidas o sin ejercer un control sobre estas.
- Se concluye que el control de pérdidas es significativamente relevante en los parámetros energéticos simulados para en análisis de la red eléctrica ligada al alimentador A4005 puesto que en la contrastación proyectada y la simulada la tendencias de las medias es mínima, es decir son válidas para la construcción de estos datos dándoles validez.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con el control de pérdidas técnicas y no técnicas en las instalaciones eléctricas adrede a los alimentadores eléctricos y redes asociadas para la mitigación de energía desperdiciada y, así mismo, establecer parámetros más exactos para el modelamiento de los equipos electromecánicos a utilizar.
- Se recomienda enfocarse también en la protección que se les debe dar a los equipos y sistemas de distribución puesto que son parte imprescindible de la productividad eléctrica y este influye directamente en los índices de calidad energética, en tal sentido, es importante hacer hincapié en la justificación económica que se tiene al realizar los estudios de proyección de la demanda y que es importante analizar para evitar pérdidas innecesarias por falta de previsibilidad de contingencias y fallas.
- Se recomienda tener un control detallado y actualizado de todos los parámetros energéticos referentes a todos y cada uno de los alimentadores asociados y todos los emplazamientos eléctricos, no solo de distribución, sino también en todos los niveles energéticos a fin de poder modelar y garantizar la eficiencia, sostenibilidad y calidad de la energía que sin duda influye en los estándares eléctricos que se piensa mejorar en cuanto a eficiencia energética y calidad de energía se refiere.

## LISTA DE REFERENCIAS

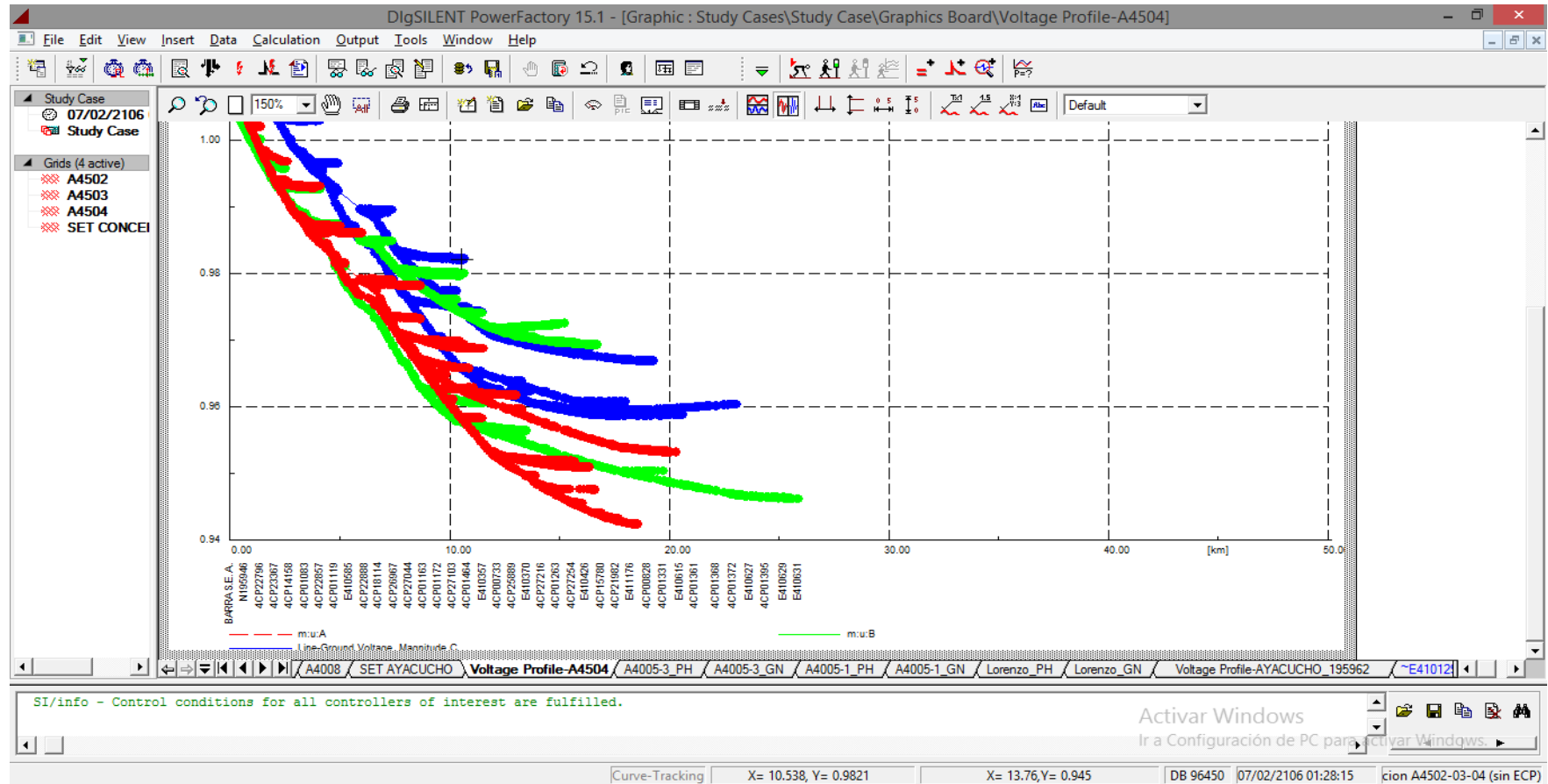
1. **BENITEZ, Héctor; CÁRDENAS, Francisco.** *Red reconfigurable mediante el modelo de control predictivo para tres bandas transportadoras como caso de estudio.* Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v20n1/art13.pdf>. 2009.
2. **ORTIZ, Manuel.** *Implementación de un sistema automatizado para máquinas industriales: una revisión sistemática.* Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4721526>. 2021.
3. **HINCAPIÉ et al.** *Planeación óptima de sistemas de distribución considerando múltiples objetivos: costo de inversión, confiabilidad y pérdidas técnicas.* 2014.
4. **VIZCAINO, R.** *Análisis de la calidad de la energía del sistema eléctrico de la zona cultural universitaria de la UNAM.* 2018.
5. **CAÑAR, S.** *Cálculo detallado de pérdidas en sistemas eléctricos de distribución aplicado al alimentador «universidad» perteneciente a la empresa eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A.*
6. **RESA, J.** *Cálculo de pérdidas en la cuba de un transformador por el método de los elementos finitos.* 2011.
7. **CHÁVEZ, C., et al.** *Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana.* 2017.
8. **JANO, M.** *Reducción de pérdidas no técnicas de energía en el sistema MT2, MT3, MT4 de la empresa Electro Puno S. A. A.* 2017.
9. **PINEDO, L.** *Método de balance de energía por subestaciones y su influencia en la identificación y control de las pérdidas no técnicas en las redes de baja tensión en Electro Oriente S. A. Juanjuí, 2018.* 2018.
10. **COLQUE, T.** *Pérdidas comerciales de energía eléctrica y su incidencia en la situación financiera y económica de Electro Puno S. A. A. periodos 2015 – 2016.* 2018.
11. **PAUCAR, S.** *Método práctico para el análisis de pérdidas de energía en los sistemas eléctricos de distribución del Perú.* 2014.
12. **RIVERA, J.** *Eficiencia eléctrica en alimentadores primarios de distribución de la empresa eléctrica regional Centro Sur C. A. – Ecuador.* 2013.
13. **CASTRO, F. et al.** *Desarrollo y optimización para el suministro de energía eléctrica de un sistema eléctrico que conforma una tienda de autoservicio.* 2019.
14. **CORREA, O.** *Estudio de reconfiguración y optimización de los alimentadores de la subestación Machala perteneciente a la Corporación Nacional de Electricidad S. A., regional El Oro.* 2020.
15. **HOLGUÍN, M.** *Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana.* 2018.

16. **TRIGOSO, J.** *Estudio de confiabilidad en alimentadores de la subestación Chiclayo Oeste utilizando el método probabilístico de simulación Montecarlo para determinar índices de confiabilidad.* 2018.
17. **QUISPE, O.** *Adecuación de los alimentadores en 10 kV A4212 y A4213 de la subestación Parque Industrial.* 2019.
18. **MENDOZA, O.** *Estudio para mejorar el nivel de tensión aplicando reguladores de tensión monofásico automático para la línea 10 kV alimentador 5006 del sistema eléctrico de la ciudad de Juliaca 2016.* 2016.
19. **ZURITA, E.** *Metodología para reducir pérdidas del alimentador c-212 de propiedad de la concesión Electronorte.* 2021.
20. **MAYTA, C.** *Protección del sistema eléctrico de distribución y su efecto en la calidad de producto del servicio de energía en el alimentador A4502 de la unidad del valle del Mantaro.* 2020.
21. **HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos; BAPTISTA, Pilar.** *Metodología de la investigación.* (6.º ed.) McGraw-Hill. 2014. ISBN: 9786077440031.

## **ANEXOS**

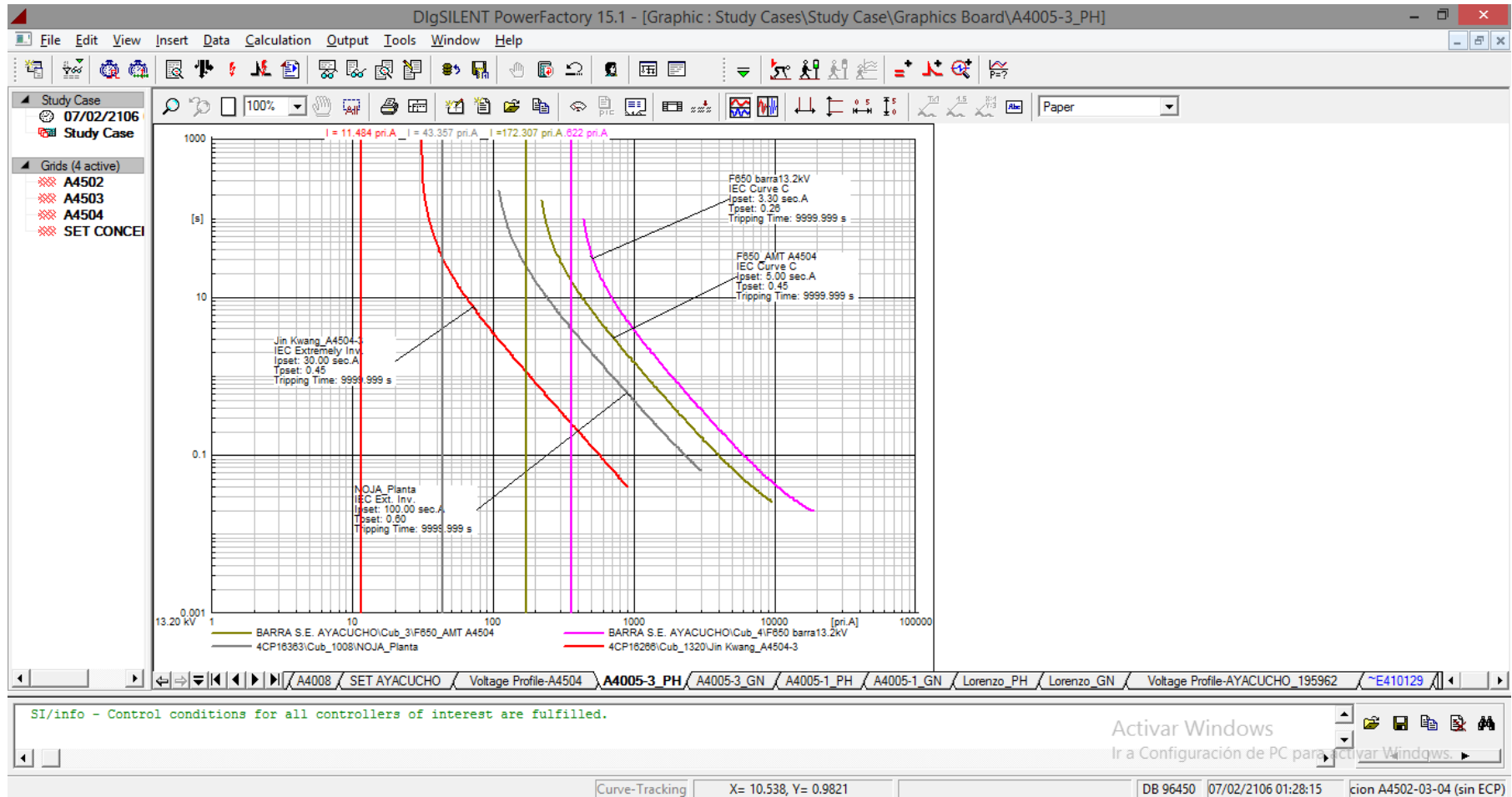
# Anexo 1

## Perfiles de carga del alimentador A4005



## Anexo 2

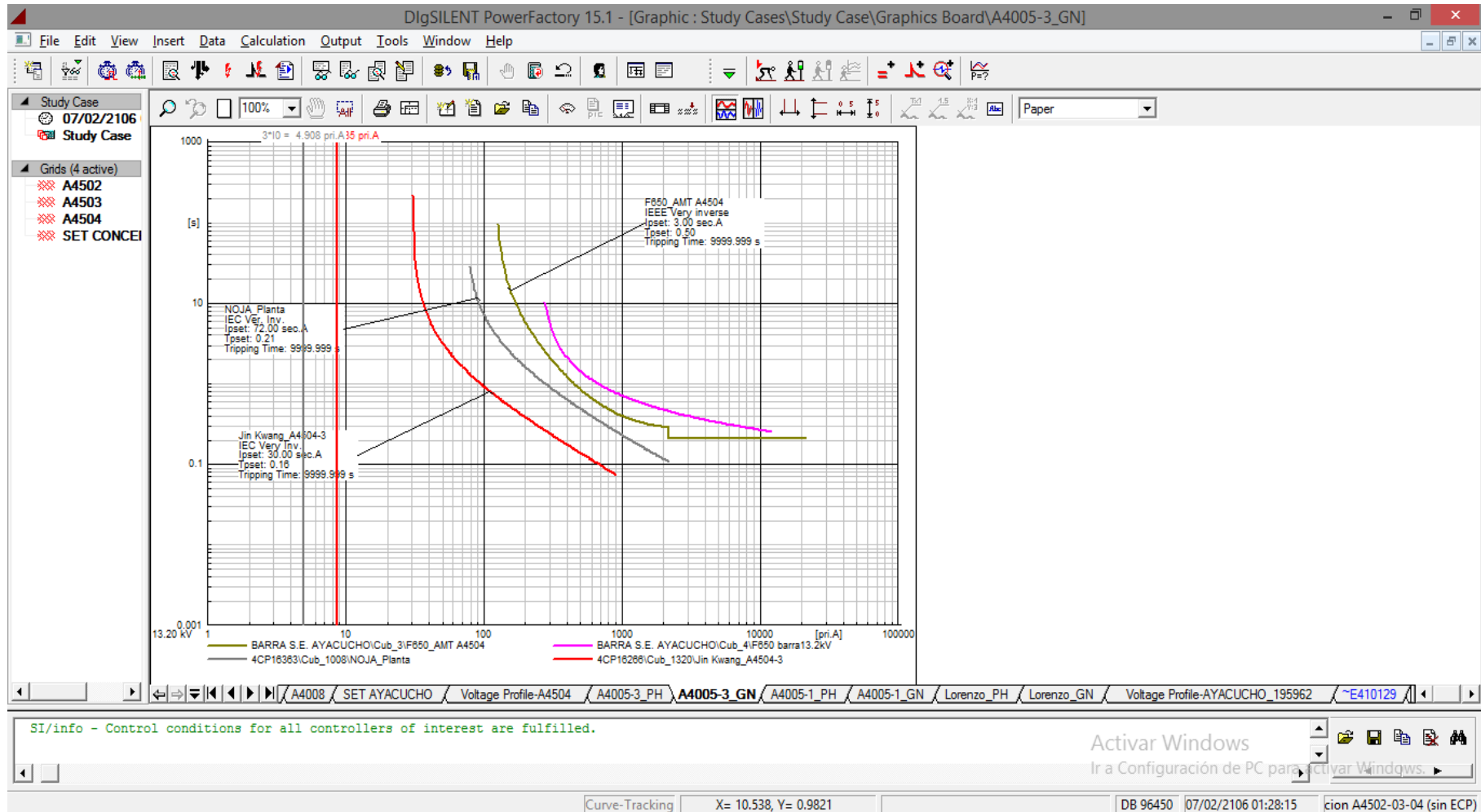
### Perfil de umbral y configuración de protecciones PH\_A4005





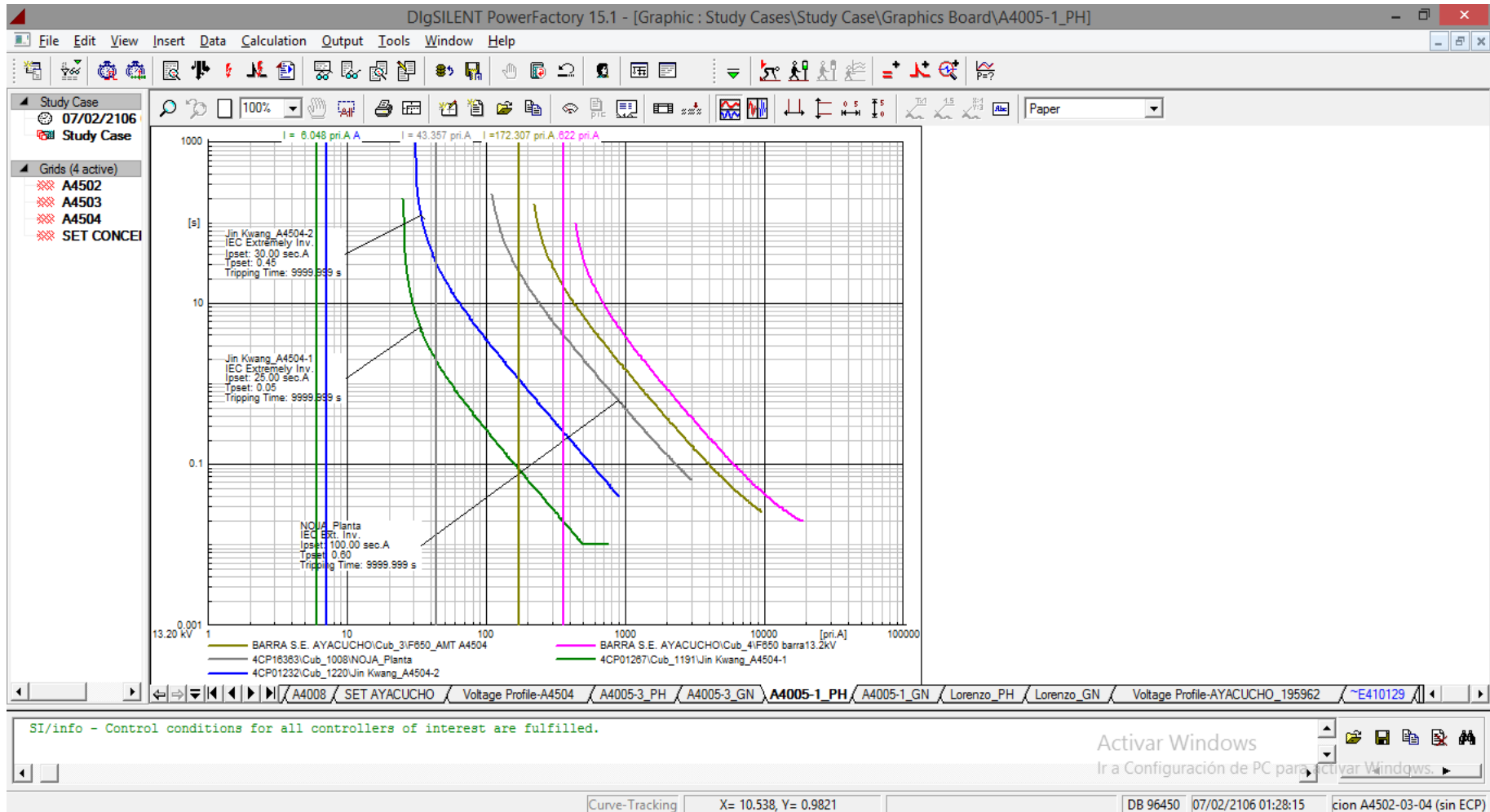
### Anexo 3

### Perfil de umbral y configuración de protecciones GN\_A4005



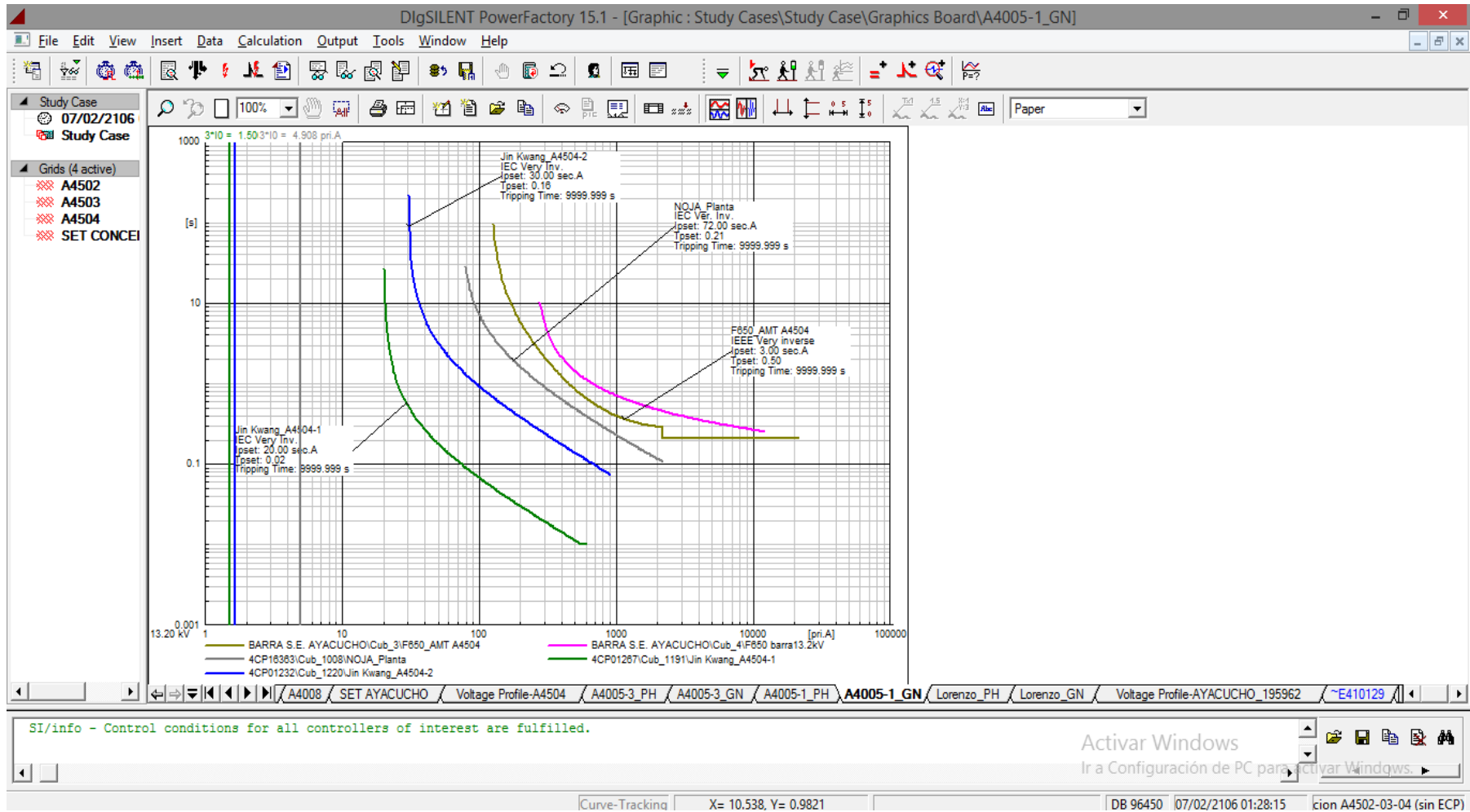
# Anexo 4

## Perfil de umbral y configuración de protecciones GN\_A4005\_1



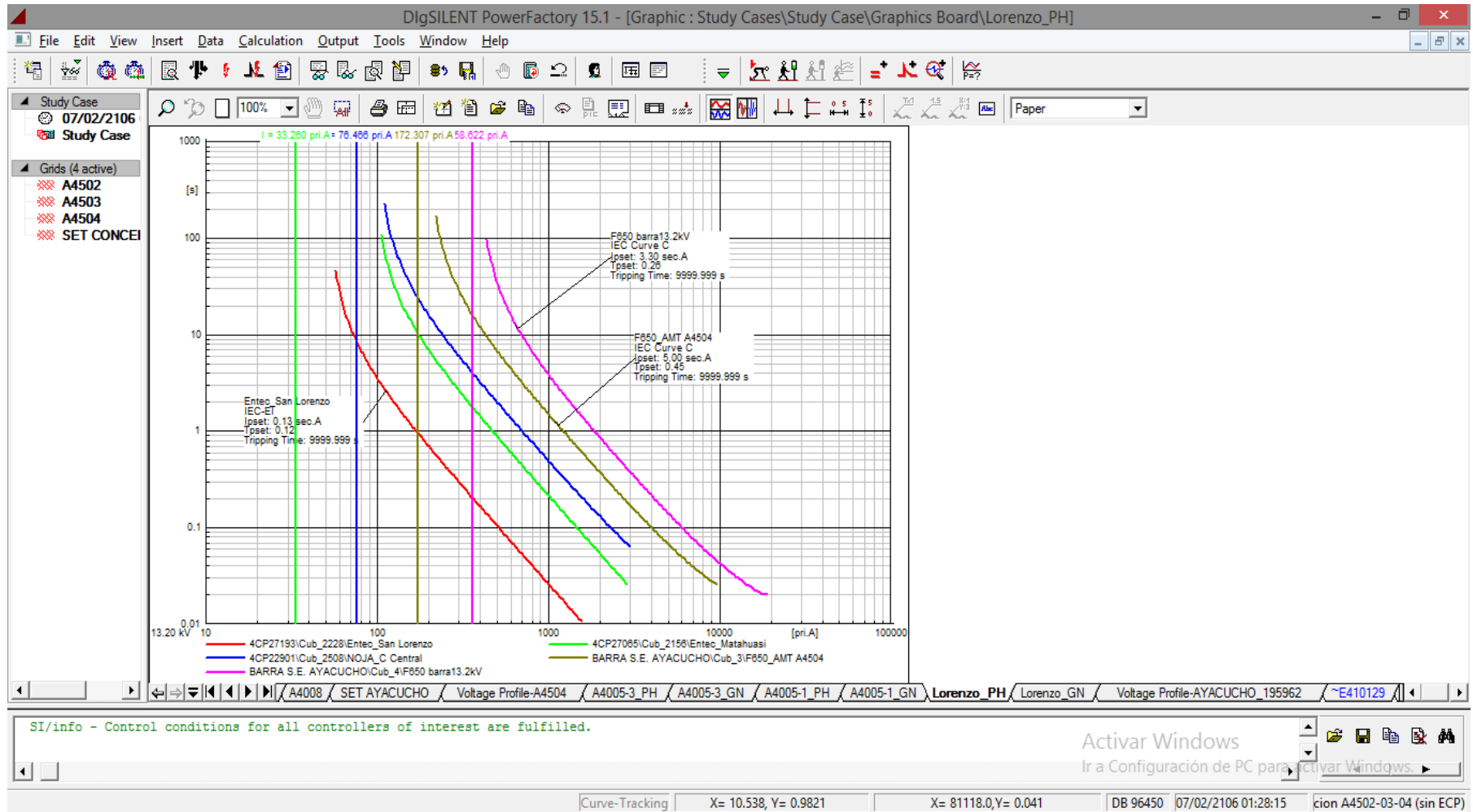
## Anexo 5

### Perfil de umbral y configuración de protecciones GN\_A4005\_temporizado 1



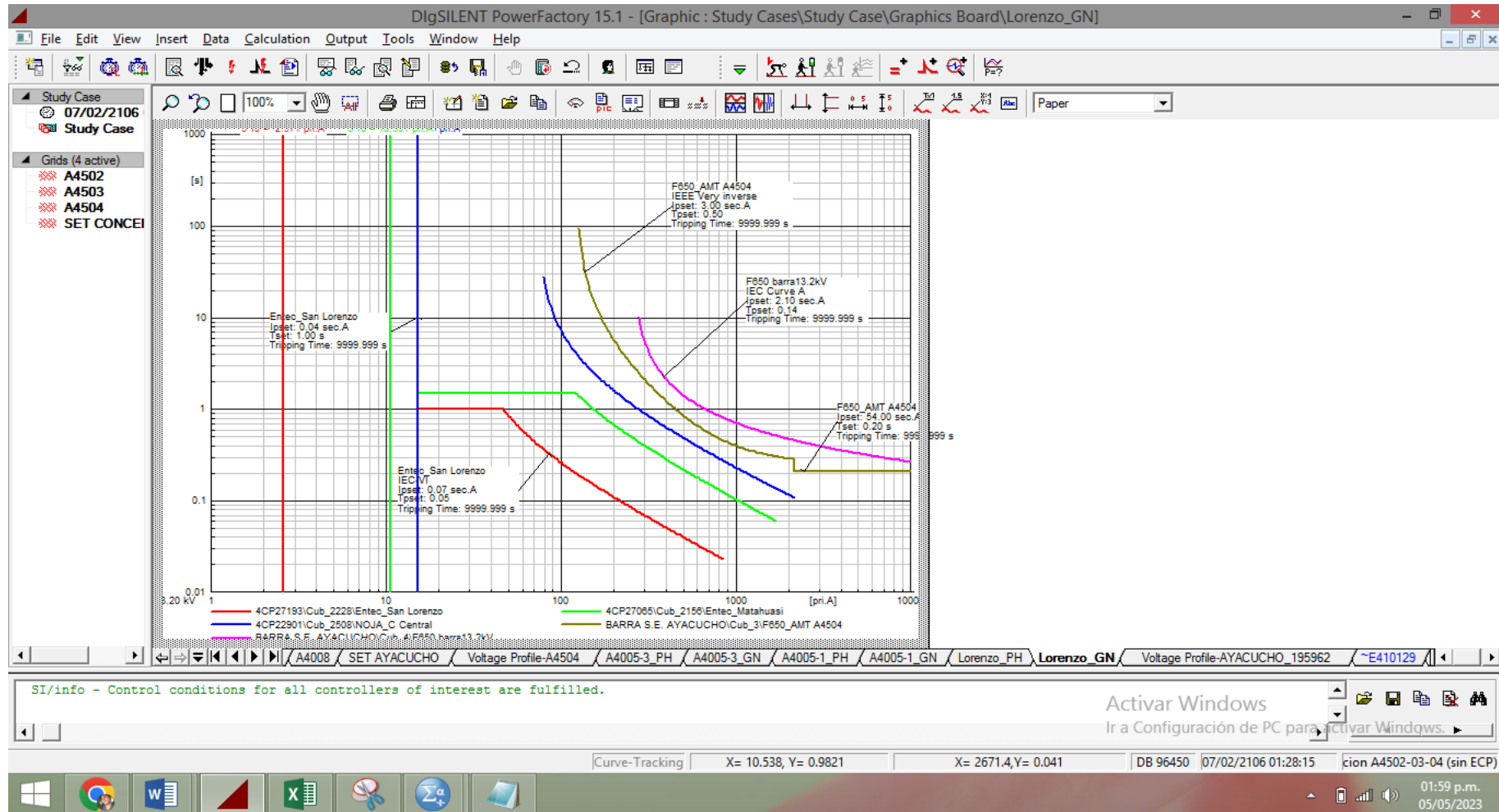
## Anexo 6

### Perfil de umbral y configuración de protecciones GN\_A4005 alimentación\_lorenzokV



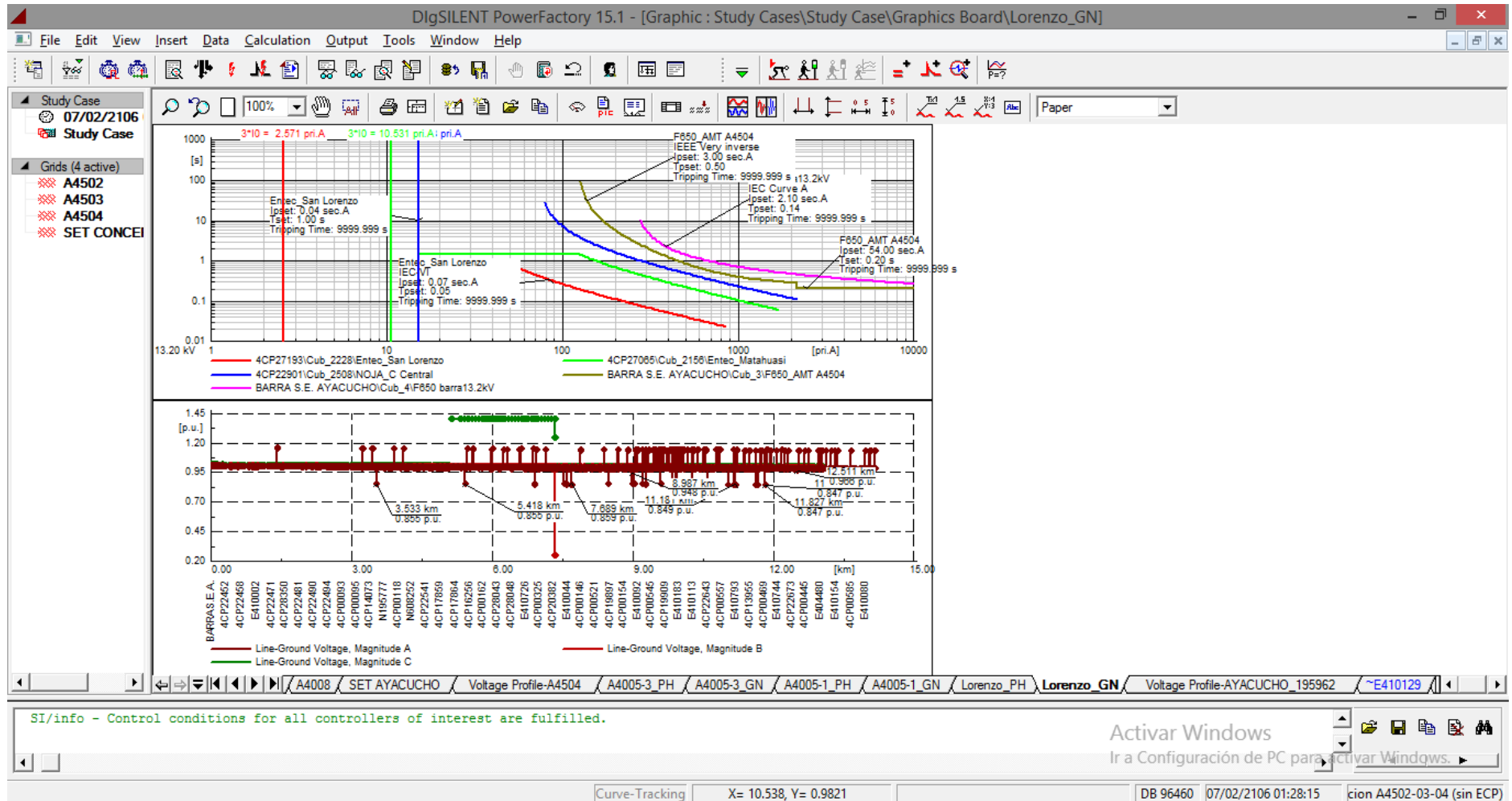
## Anexo 7

### Perfil de umbral y configuración de protecciones GN\_A4005\_tensión y perfil de protección



## Anexo 8

### Comportamiento del umbral de protecciones por tramo



**Anexo 9**  
**Matriz de consistencia**

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p style="text-align: center;"><b>Problema general</b></p> <p>¿Cómo sería el análisis del control de pérdidas y recupero de energía eléctrica del alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023?</p> <p style="text-align: center;"><b>Problema específico</b></p> <p>¿Cuál es la situación actual del consumo de energía eléctrica en alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023?</p> <p>¿Qué efectos tiene el análisis de control de pérdidas en el alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023?</p> <p>¿En qué medida el control de pérdidas mejora el recupero energético en el alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023?</p>	<p style="text-align: center;"><b>Objetivo General</b></p> <p>Analizar del control de pérdidas y recupero de energía eléctrica del alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023.</p> <p style="text-align: center;"><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Identificar la situación actual del consumo de energía eléctrica en el alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023.</p> <p>Describir los efectos que tiene el análisis de control de pérdidas en el alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023.</p> <p>Determinar en qué medida el control de pérdidas mejora el recupero energético en el alimentador A4005 en la unidad de negocios Ayacucho, 2023.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Hipótesis general</b></p> <p>El análisis de la potencia de recuperación ejerciendo control y gestión de pérdidas es significativamente superior a las pérdidas de energía en la proyección de la demanda de los transformadores de distribución del alimentador A4005 de la unidad de negocios Ayacucho.</p> <p style="text-align: center;"><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>La media de pérdidas eléctricas actuales es significativamente inferior a las pérdidas reportadas en los pliegos actuales de los transformadores asociados al alimentador A4005.</p> <p>Las pérdidas de energía eléctrica proyectada en la simulación de los flujos de potencia son significativamente superiores a las pérdidas proyectadas en los reportes de los pliegos correspondientes al alimentador A4005 y transformadores asociados.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Control de pérdidas</b></p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● kV</li> <li>● VA</li> <li>● Adimensional</li> <li>● Adimensional</li> <li>● kW</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Recuperación de energía</b></p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● W</li> <li>● kW/h</li> <li>● S/</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Tipo:</b> Básico</p> <p style="text-align: center;"><b>Nivel:</b> descriptivo y comparativo.</p> <p style="text-align: center;"><b>Métodos:</b> Científico y descriptivo</p> <p style="text-align: center;"><b>Diseño:</b> Correlacional.</p> <p style="text-align: center;"><b>Población y muestra</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Población unitaria:</b></p> <p>Conjunto de 8 alimentadores asociados a la S. E. Ayacucho como parte del sistema de distribución del SEIN.</p> <p style="text-align: center;"><b>Muestra unitaria:</b></p> <p>Alimentador A4005 perteneciente a la S. E. Ayacucho.</p> <p style="text-align: center;"><b>Tipo de muestreo:</b></p> <p>No probabilístico</p> <p style="text-align: center;"><b>Técnicas e Instrum.</b></p> <p>Técnica de observación directa</p>