



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA
TESIS**

**PROPUESTA DE CONFIGURACION DE ANILLADO Y
SECCIONAMIENTO EN LINEA PARA DISMINUIR
INDICADORES DE DURACION Y FRECUENCIA DE
INTERRUPCIONES DEL ALIMENTADOR C-233
SECHONOR ELECTRONORTE S.A CHICLAYO
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor

**Bach. Ramos Arevalo, Edilberto
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6094-7461>**

Asesor

**MSc. Villalobos Cabrera, Jony
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3643-5498>**

**Línea de Investigación:
Infraestructura, tecnología y medio ambiente**

**Pimentel – Perú
2023**

PROPUESTA DE CONFIGURACION DE ANILLADO Y SECCIONAMIENTO EN LINEA PARA DISMINUIR INDICADORES DE DURACION Y FRECUENCIA DE INTERRUPCIONES DEL ALIMENTADOR C-233 SECHONOR ELECTRONORTE S.A CHICLAYO

Aprobación del jurado

Dra. GASTIABURU MORALES SILVIA YVONE
Presidente del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO
Secretario del Jurado de Tesis

MSc. VILLALOBOS CABRERA JONY
Vocal del Jurado de Tesis

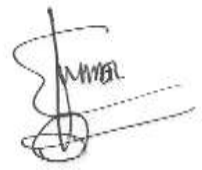
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado (s)del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica y Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

**PROPUESTA DE CONFIGURACION DE ANILLADO Y SECCIONAMIENTO EN LINEA
PARA DISMINUIR INDICADORES DE DURACION Y FRECUENCIA DE
INTERRUPCIONES DEL ALIMENTADOR C-233 SECHONOR ELECTRONORTE S.A
CHICLAYO**

Mi trabajo de investigación respeta el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán en cuanto a citas, referencias y propiedad intelectual, siendo inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Ramos Arévalo , Edilberto	DNI: 40073480	
---------------------------	---------------	---

Pimentel, 01 de abril de 2024.

Dedicatoria

Dedico mi tesis a Jehová Dios por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mi madre Berenice por todo su amor, perseverancia y por enseñarme a luchar por algo.

A mi padre José Ángel. que Jehová Dios lo tenga en su santa gloria.

A mi esposa Mirian por el apoyo constante e incondicional y a mis hijos Xiomara, Owen, Andy y Fabián.

Agradecimientos

Primero a Jehová Dios por su infinita bondad. Por la vida tan valiosa que me dio y regalarme la sabiduría para saber afrontar los problemas.

A mi madre por tanto amor y bienestar. Con su ejemplo me enseñó a tener valores, ser un hombre responsable y luchador.

Un sincero agradecimiento a mi esposa que siempre me ha respaldado y ha sabido respetar mis decisiones; y sin su apoyo este proyecto nunca se habría podido realizar.

Agradezco a mi hija por su apoyo total.

A nuestros profesores por sus enseñanzas. Gracias infinitas por ayudarnos a seguir adelante.

Índice

Dedicatoria	4
Agradecimientos	5
Índice de tablas	8
Índice de Figuras	10
Resumen	12
Abstract	13
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática.	14
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Hipótesis.....	16
1.4. Objetivos.....	16
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	16
II. MATERIALES Y MÉTODO	30
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	30
2.2. Variables, Operacionalización.....	31
Variable Independiente	32
Variable Dependiente.....	32
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	33
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	33
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	33
2.6. Criterios éticos	34
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
3.1. Resultados.....	36

3.2. Discusión	146
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	148
4.1. Conclusiones	148
4.2. Recomendaciones	148
REFERENCIAS	149
ANEXOS	153

Índice de tablas

TABLA 1: INDICADORES DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA	25
TABLA 2: OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE	32
TABLA 3: DATOS DEL ALIMENTADOR.....	36
TABLA 4: RESUMEN DEL ALIMENTADOR C-233	38
TABLA 5: RESUMEN DE VALORES DE SAIFI Y SAIDI 2018.....	40
TABLA 6: RESUMEN DE VALORES DE SAIFI Y SAIDI 2019.....	41
TABLA 7: RESUMEN DE VALORES DE SAIFI Y SAIDI 2020.....	43
TABLA 8: RESUMEN DE VALORES DE SAIFI Y SAIDI 2021.....	44
TABLA 9: PARÁMETROS DE LA RED EQUIVALENTE.....	46
TABLA 10: PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS CONDUCTORES ACSR	47
TABLA 11: INFORMACIÓN SOBRE TRAFOS.....	50
TABLA 12: DEMANDA DEL ALIMENTADOR C-233.	52
TABLA 13: TRANSFORMADORES AÑO 2021 Y SU CARGABILIDAD SIN PROYECTO	56
TABLA 14: TRANSFORMADORES AÑO 2022 Y SU CARGABILIDAD CON PROYECTO.....	57
TABLA 15: TRANSFORMADORES AÑO 2022 Y SU CARGABILIDAD CON PROYECTO.	58
TABLA 16: TRANSFORMADORES AÑO 2027 Y SU CARGABILIDAD.....	59
TABLA 17: TRANSFORMADORES AÑO 2032 Y SU CARGABILIDAD,.....	60
TABLA 18: TRANSFORMADORES AÑO 2037 Y SU CARGABILIDAD.....	61
TABLA 19: TRANSFORMADORES AÑO 2042 Y SU CARGABILIDAD.....	62
TABLA 20: CARGABILIDAD DE CONDUCTORES	64
TABLA 21: RESUMEN DE CAÍDA DE TENSIÓN.....	66
TABLA 22: INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO EN LA S.E. SECHONOR.....	74
TABLA 23: INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO BIFÁSICO EN LA S.E. SECHONOR.....	75
TABLA 24: INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO EN LA S.E. SECHONOR.....	75
TABLA 25: POTENCIA APARENTE DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO EN LA S.E. SECHONOR....	75
TABLA 26: POTENCIA APARENTE DE CORTOCIRCUITO BIFÁSICO EN LA S.E. SECHONOR.....	76
TABLA 27: POTENCIA APARENTE DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO EN LA S.E. SECHONOR.....	76
TABLA 28: INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO EN LOS NODOS,.....	76
TABLA 29: INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO BIFÁSICA EN LOS NODOS	78
TABLA 30: CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO DE LOS NODOS,	80
TABLA 31: INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO CON IMPEDANCIA DE FALLA DE 100 Ω	82
TABLA 32: EL RELÉ G,E F650 – AMT C-2333 Y SUS AJUSTES PROPUESTOS DE SOBRECORRIENTE (50/51)	92
TABLA 33: EL RELÉ ENTEC Y SU AJUSTE ACTUAL Y PROPUESTO DE SOBRECORRIENTE (50/51).	92
TABLA 34: EL RELÉ G.E F650 – AMT C-233 Y SUS AJUSTES PROPUESTOS DE SOBRECORRIENTE (50N/51N)	92
TABLA 35: EL RELÉ ENTEC EVR-1 Y SU JUSTE ACTUAL Y PROPUESTO DE SOBRECORRIENTE (50N/51N)	93
TABLA 36: PARÁMETROS DE LA RED EQUIVALENTE,.....	93
TABLA 37: CONSTANTES ELÉCTRICAS DE LOS CONDUCTORES ACSR.....	93
TABLA 38: DATOS DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	96
TABLA 39: DEMANDA DEL ALIMENTADOR C-233	97
TABLA 40: CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES AÑO 2021 SIN PROYECTO,	99
TABLA 41: CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES AÑO 2021 CON PROYECTO,.....	100
TABLA 42: CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES AÑO 2022,.....	101
TABLA 43: CARGABILIDAD DE LOS TRANSFORMADORES AÑO 2027,	102
TABLA 44: TRANSFORMADORES AÑO 2032 Y SU CARGABILIDAD	103
TABLA 45: TRANSFORMADORES AÑO 2037Y SU CARGABILIDAD,	104

TABLA 46: TRANSFORMADORES AÑO 2042 Y SU CARGABILIDAD.....	105
TABLA 47: CARGABILIDAD DE CONDUCTORES	108
TABLA 48: RESUMEN DE CAÍDA DE TENSIÓN,.....	109
TABLA 49: CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO EN LA S,E, SECHONOR,.....	118
TABLA 50: INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO BIFÁSICO EN LA S,E, SECHONOR,	119
TABLA 51: INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO EN LA S,E, SECHONOR,	119
TABLA 52: POTENCIA APARENTE DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO EN LA S,E, SECHONOR,..	119
TABLA 53: POTENCIA APARENTE DE CORTOCIRCUITO BIFÁSICO EN LA S,E, SECHONOR.....	120
TABLA 54: POTENCIA APARENTE DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO EN LA S,E, SECHONOR.....	120
TABLA 55: INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO EN LOS NODOS.....	120
TABLA 56: INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO BIFÁSICA EN LOS NODOS,	122
TABLA 57: CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO DE LOS NODOS,	125
TABLA 58: INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO CON IMPEDANCIA DE FALLA DE 100 Ω	127
TABLA 59: AJUSTES PROPUESTOS DE SOBRECORRIENTE (50/51) PARA EL RELÉ G,E F650 – AMT C-2333.....	136
TABLA 60: AJUSTE ACTUAL Y PROPUESTO DE SOBRECORRIENTE (50/51) PARA EL RELÉ ENTEC EVR-1,	136
TABLA 61: AJUSTES ACTUAL Y PROPUESTOS DE SOBRECORRIENTE (50N/51N) PARA EL RELÉ G,E F650 – AMT C-233.....	136
TABLA 62: AJUSTE ACTUAL Y PROPUESTO DE SOBRECORRIENTE (50N/51N) PARA EL RELÉ ENTEC EVR-1,	137
TABLA 63: RESUMEN DE NUEVOS VALORES DE SAIFI Y SAIDI 2018.....	137
TABLA 64: RESUMEN DE NUEVOS VALORES DE SAIFI Y SAIDI 2019.....	139
TABLA 65: RESUMEN DE NUEVOS VALORES DE SAIFI Y SAIDI 2020.....	140
TABLA 66: RESUMEN DE NUEVOS VALORES DE SAIFI Y SAIDI 2021.....	142
TABLA 67: INVERSIÓN A REALIZAR	143
TABLA 41: EVALUACIÓN ECONÓMICA	145

Índice de Figuras

FIGURA 1. DIAGRAMA UNIFILAR DEL ALIMENTADOR C-233	15
FIGURA 2: TOPOLOGÍA RADIAL DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.....	18
FIGURA 3: SISTEMA CON ALIMENTACIÓN AUXILIAR.....	18
FIGURA 4: COMPONENTES DE UNA RED ELÉCTRICA.....	19
FIGURA 5: ÍNDICES DE CONFIABILIDAD.....	20
FIGURA 6: RUTA DE EVALUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CONFIABILIDAD	24
FIGURA 7: RECLOSER.....	29
FIGURA 8: CURVA DE RECONECTADOR	29
FIGURA 9. DISTANCIA MÁXIMA ENTRE LA SET Y LA ÚLTIMA SED DEL ALIMENTADOR C-233	37
FIGURA 10: REPRESENTACIÓN DEL VALOR SAIFI 2018	40
FIGURA 11: REPRESENTACIÓN DEL VALOR SAIDI 2018.....	41
FIGURA 12: REPRESENTACIÓN DEL VALOR SAIFI 2019	42
FIGURA 13: REPRESENTACIÓN DEL VALOR SAIDI 2019.....	42
FIGURA 14: REPRESENTACIÓN DEL VALOR SAIFI 2020	43
FIGURA 15: REPRESENTACIÓN DEL VALOR SAIDI 2020.....	44
FIGURA 16: REPRESENTACIÓN DEL VALOR SAIFI 2021	45
FIGURA 17: REPRESENTACIÓN DEL VALOR SAIDI 2021.....	45
FIGURA 18: CATALOGO CENTELSA – CABLES ACSR.....	48
FIGURA 19: CONSUMO DE LA MÁXIMA DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA.	49
FIGURA 20: DIAGRAMA UNIFILAR EN ANILLO	54
FIGURA 21: DIAGRAMA UNIFILAR DEL ALIMENTADOR C-233	63
FIGURA 22: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2021 SIN PROYECTO,.....	67
FIGURA 23: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2021 CON PROYECTO,.....	68
FIGURA 24: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2022,	69
FIGURA 25: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2027,	70
FIGURA 26: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2032,	71
FIGURA 27: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2037,	72
FIGURA 28: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2042,	73
FIGURA 29: INGRESO DE INFORMACIÓN DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE EN EL DIGSILENT POWER FACTORY, RELÉ G,E F650,.....	85
FIGURA 30: AJUSTE DE PROTECCIÓN DEL TIEMPO INVERSO (51) – FASES, G,E F650,	86
FIGURA 31: PROTECCIÓN AJUSTADA POR TIEMPO ESPECÍFICO.(50) – FASES G,E F650.....	87
FIGURA 32: ENTRADA DE INFORMACIÓN DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE EN EL DIGSILENT POWER FACTORY	88
FIGURA 33: AJUSTE DE PROTECCIÓN DE TIEMPO INVERSO (51), RELÉ ENTEC EVRC2A.....	90
FIGURA 34: UNIFILAR CON EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y TERMINALES,	91
FIGURA 35: CABLES ACSR	94
FIGURA 36: CONSUMO DE LA MÁXIMA DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA,	95
FIGURA 37: DIAGRAMA UNIFILAR EN ANILLO	98
FIGURA 38: DIAGRAMA UNIFILAR DEL ALIMENTADOR C-233	107
FIGURA 39: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2021 SIN PROYECTO,	111
FIGURA 40: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2021 CON PROYECTO,.....	112
FIGURA 41: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2022,	113
FIGURA 42: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2027,	114
FIGURA 43: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2032,	115
FIGURA 44: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2037,	116
FIGURA 45: PERFIL DE TENSIÓN AÑO 2042,	117

FIGURA 46: ENTRADA DE INFORMACIÓN DEL TC EN EL DIGSILENT POWER FACTORY, RELÉ G,E F650,	129
FIGURA 47: AJUSTE DE PROTECCIÓN DEL TIEMPO INVERSO (51) – FASES. G.E F650	130
FIGURA 48: AJUSTE DE PROTECCIÓN TIEMPO DEFINIDO (50) – FASES, G,E F650,.....	131
FIGURA 49: ENTRADA DE DATOS DEL TC EN EL DIGSILENT POWER FACTORY, RECLOSER,	132
FIGURA 50: AJUSTE DE PROTECCIÓN DE TIEMPO INVERSO (51), RELÉ ENTEC EVRC2A	133
FIGURA 51: DIAGRAMA UNIFILAR DE UBICACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y TERMINALES,..	135
FIGURA 52: REPRESENTACIÓN DEL NUEVO VALOR SAIFI 2018	138
FIGURA 53: REPRESENTACIÓN DEL NUEVO VALOR SAIDI 2018.....	138
FIGURA 54: REPRESENTACIÓN DEL NUEVO VALOR SAIFI 2019	139
FIGURA 55: REPRESENTACIÓN DEL NUEVO VALOR SAIDI 2019.....	140
FIGURA 56: REPRESENTACIÓN DEL NUEVO VALOR SAIFI 2020	141
FIGURA 57: REPRESENTACIÓN DEL VALOR SAIDI 2020.....	141
FIGURA 58: REPRESENTACIÓN DEL NUEVO VALOR SAIFI 2021	142
FIGURA 59: REPRESENTACIÓN DEL NUEVO VALOR SAIDI 2021.....	143

Resumen

La investigación realizada trató el problema del Alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, el mismo que posee problemas de calidad de energía, toda vez que incumple la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, lo cual hace que el Alimentador no alimente con energía eléctrica de calidad a sus diferentes circuitos. El objetivo general de este trabajo fue elaborar una propuesta de configuración de anillado y seccionamiento en línea para disminuir los indicadores de duración y frecuencia de interrupciones del Alimentador C-233 SECHONOR Electronorte S.A Chiclayo. Se planteó una metodología con enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y diseño no experimental.

De acuerdo con el análisis realizado como resultado del diagnóstico del del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, los indicadores del SAIFI y SAIDI del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, en promedio son: 0,28 y 0,31 en el año 2018; 0,45 y 0,74 en el año 2019; 0,30 y 0,57 en el año 2020; 1,05 y 0,66 en el año 2021. Además, los componentes a instalar para mejorar los valores de SAIFI y SAIDI, es la Configuración en Anillo con conductor ACSR Sparrow de calibre 2kcmil y un (01) recloser (ENTEC EVR-1), obteniendo nuevos valores de SAFI y SAIDI en promedio son: 0,17 y 0,21 en el año 2018; 0,24 y 0,27 en el año 2019; 0,15 y 0,21 en el año 2020; 0,16 y 0,19 en el año 2021. La inversión a realizar es la instalación de la Configuración en Anillo con conductor ACSR Sparrow de calibre 2kcmil y un (01) recloser (ENTEC EVR-1) asciende a S/. 470000.00, y como resultado de la evaluación económica en un periodo de 20 años obtenemos un VAN de S/. 1 098 202,27 y un TIR de 42%.

Palabras Clave: Indicadores de calidad de energía eléctrica, configuración en anillo, SAIFI, SAIDI.

Abstract

The investigation carried out dealt with the problem of the Feeder C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, the same one that has energy quality problems, since it fails to comply with the Technical Standard for the Quality of Electric Services, which means that the Feeder does not feed with energy. quality electricity to its different circuits. The general objective of this work was to elaborate a proposal for an online banding and sectioning configuration to reduce the indicators of duration and frequency of interruptions of the C-233 Feeder SECHONOR Electronorte S.A Chiclayo. A methodology with a quantitative approach, of an applied type and a non-experimental design, was proposed.

According to the analysis carried out as a result of the diagnosis of the feeder C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, the SAIFI and SAIDI indicators of the feeder C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, on average are: 0.28 and 0.31 in the year 2018; 0.45 and 0.74 in the year 2019; 0.30 and 0.57 in the year 2020; 1.05 and 0.66 in the year 2021. In addition, the components to be installed to improve the SAIFI and SAIDI values are the Ring Configuration with a 2kcmil caliber ACSR Sparrow conductor and one (01) recloser (ENTEC EVR-1), obtaining new values of SAFI and SAIDI on average are: 0.17 and 0.21 in the year 2018; 0.24 and 0.27 in the year 2019; 0.15 and 0.21 in the year 2020; 0.16 and 0.19 in the year 2021. The investment to be made with is the installation of the Ring Configuration with a 2kcmil caliber ACSR Sparrow conductor and one (01) recloser (ENTEC EVR-1) amounts to S/. 470000.00, and as a result of the economic evaluation in a period of 20 years we obtain a NPV of S/. 1,098,202.27 and an IRR of 42%..

Keywords: Electrical power quality indicators, ring configuration, SAIFI, SAIDI.

I. INTRODUCCIÓN

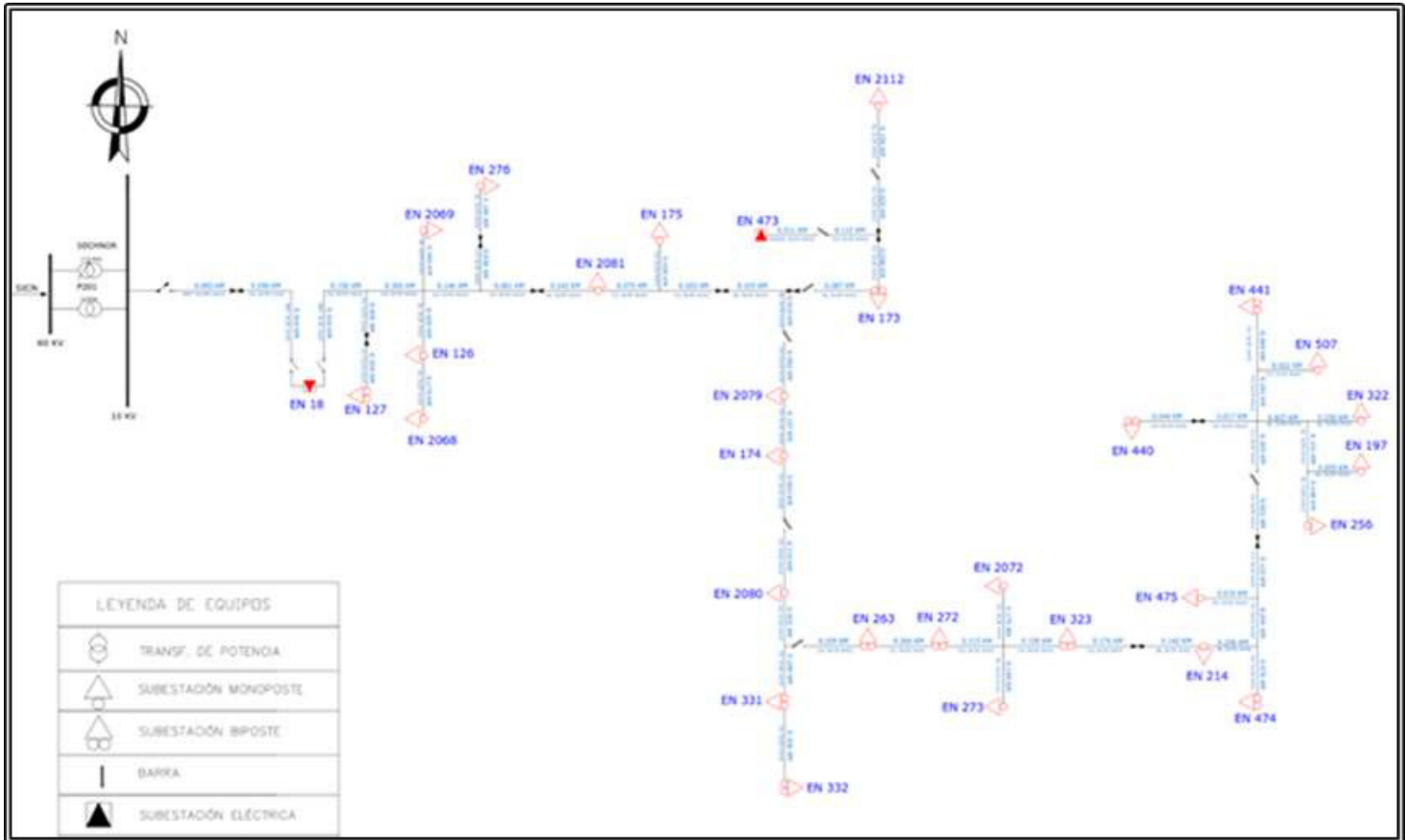
1.1. Realidad problemática.

El suministro eléctrico que se distribuye en las redes eléctricas comprende: la calidad comercial que tiene la facturación; la calidad del producto, que está relacionada a las perturbaciones; la calidad de suministro, que está relacionada con las interrupciones. En cumplimiento a la NTCSE urbana y rural semestralmente el fiscalizador Osinergmin evalúa las interrupciones informadas mensualmente a fin de determinar si finalizado el semestre se ha superado las tolerancias y corresponde compensar por mala calidad de suministro. Es de conocimiento que las compensaciones por interrupciones son altas con relación a las otras mediciones de calidad de servicio eléctrico, por tanto, es indispensable se tome acciones en este rubro para disminuir el monto total de las compensaciones. La confiabilidad y seguridad en los sistemas eléctricos de las concesionarias eléctricas en las etapas de generación, transmisión, distribución y comercialización son tan importantes para la sostenibilidad de la empresa, es por ello que es necesario que dichas concesionarias brinden un servicio continuo sin interrupciones. [1]

El Alimentador C-233 está en José Leonardo Ortiz. La distancia más larga del alimentador C-233 a la Sub Estación de Distribución es de 5.48 km en una red total de 15.56 km. El circuito consumió 1,79 MW-h en marzo. Tiene una caída de tensión del 5,26 % y pérdidas del 2,13 % en la transmisión.

Como se puede observar la caída de tensión supera la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, lo cual hace que el Alimentador no alimente con energía eléctrica de calidad a sus diferentes circuitos. [2]

Figura 1. Diagrama Unifilar del Alimentador C-233



Nota: Electronorte SA

1.2. Formulación del problema

¿Cómo disminuir los indicadores de duración y frecuencia de interrupciones del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo?

1.3. Hipótesis

Mediante una propuesta de configuración de anillado y seccionamiento en línea se disminuye los indicadores de duración y frecuencia de interrupciones del Alimentador C-233 SECHONOR Electronorte S.A Chiclayo.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Elaborar una propuesta de configuración de anillado y seccionamiento en línea para disminuir los indicadores de duración y frecuencia de interrupciones del Alimentador C-233 SECHONOR Electronorte S.A Chiclayo.

Objetivos específicos

- Diagnosticar las condiciones actuales de los indicadores de duración y frecuencia de interrupciones en el alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo
- Diseñar, calcular y seleccionar los componentes de la configuración de anillado y seccionamiento del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo
- Evaluar los indicadores de duración y frecuencia posterior a la implementación de sistemas inteligentes.
- Realizar la evaluación económica de la propuesta planteada

1.5. Teorías relacionadas al tema

A. Redes Inteligentes

Una red eléctrica inteligente integra nuevas tecnologías para mejorar el control y la

eficiencia del sistema eléctrico. Las redes emplean nuevas tecnologías de comunicación y control.

Necesidades de infraestructura para las SMART GRID.

Los sistemas eléctricos requieren actualizar su infraestructura para mejorar la distribución, seguridad y eficiencia, y desarrollar tecnologías de control.

(1) Sistemas automatizados de control y análisis de la información.

(2) Plataforma de comunicación inteligente.

(3) RTU y dispositivos inteligentes.

Las áreas de operación colaboran con varios sistemas para automatizar la distribución. (Gómez, y otros, 2017)

B. Confiabilidad

La confiabilidad en sistemas de distribución es la capacidad para abastecer de servicio de energía eléctrica con el mínimo de interrupciones, como calidad de servicio técnico comercial y producto. [3]

C. Sistemas de Distribución

Un Sistema de Distribución es un sistema eléctrico que permite suministrar con energía eléctrica a los diferentes usuarios. [3]

D. Características Generales De Los Sistemas De Distribución.

a. Sistema de alimentación

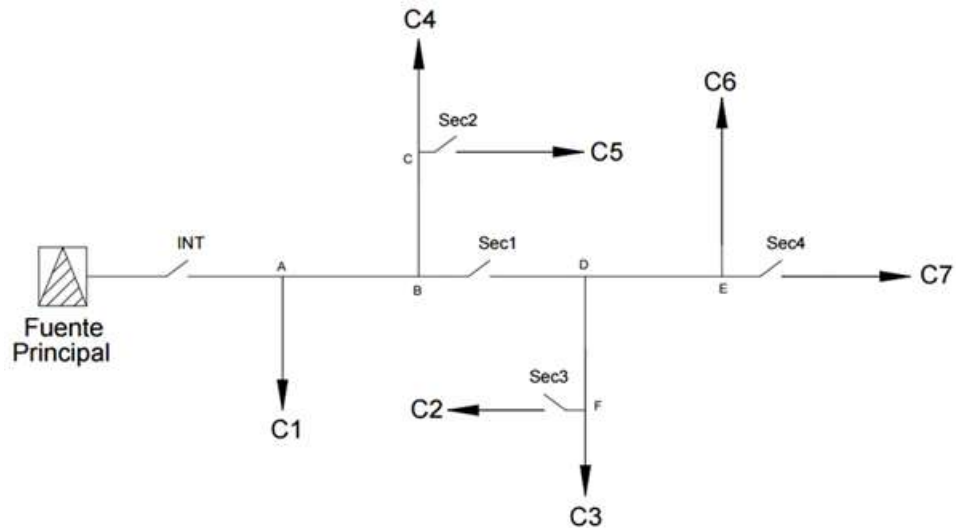
Está conformado por un conductor, encargado de alimentador con electricidad a un grupo de cargas utilizando para ello subestaciones de distribución.

b. Topología sistema de distribución radial

Los sistemas radiales, se caracterizan porque tienen una sola alimentación de

entrada, por lo que las protecciones resultan más económicas, y un inconveniente es la ubicación de las fallas.

Figura 2: Topología radial de sistemas de distribución



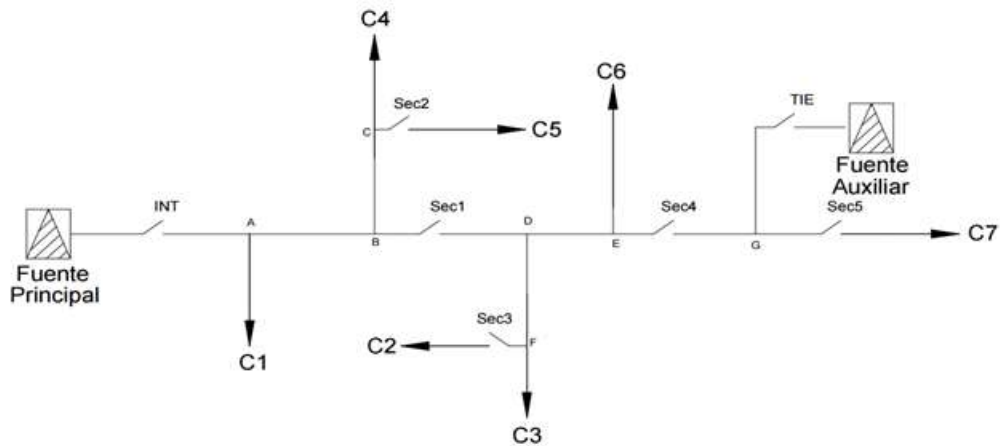
Nota: Elaboración propia

En la figura anterior, podemos apreciar que, si la falla ocurre en el seccionador 1, todo el circuito que queda aguas debajo de la falla se quedará sin servicio de energía eléctrica.

c. Topología sistema de distribución radial con alimentación auxiliar.

Esta topología, con la alimentación auxiliar permite suministrar con energía eléctrica de manera externa y mediante un seccionador aislar la falla.

Figura 3: Sistema con alimentación auxiliar

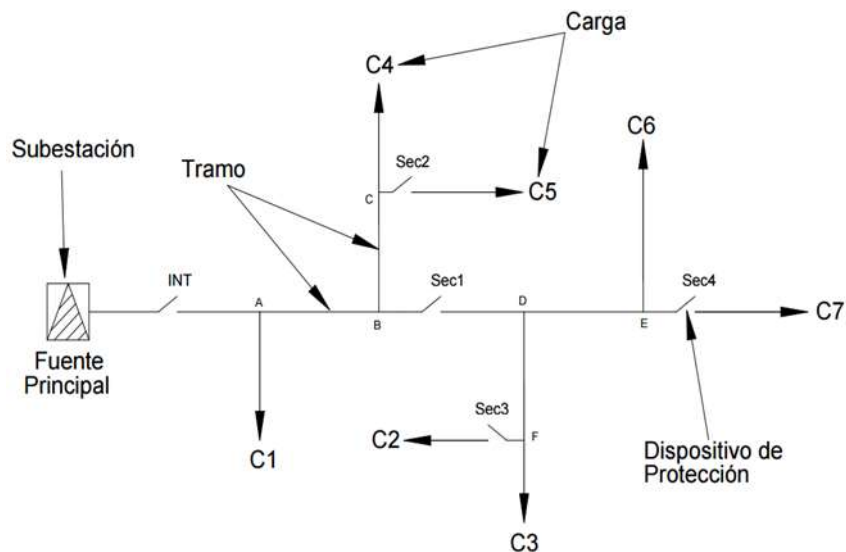


Nota: Elaboración propia

E. Configuración de la red

Cuanto se requiere calcular los índices de confiabilidad se procede a descomponer la red en sus respectivos componentes. [4]

Figura 4: Componentes de una red eléctrica



Nota: Elaboración propia

F. Confiabilidad en Sistemas Distribución.

Para determinar la confiabilidad de los sistemas de distribución, se debe emplear las estadísticas de la operación del sistema de distribución.

Así mismo se puede utilizar los siguientes términos:

a. Tasa de falla (λ)

Simboliza la cantidad de veces que el usuario es privado del servicio de energía eléctrica, generalmente se mide en unidad de tiempo.

b. Tiempo de reparación (r)

Simboliza el tiempo en que el servicio de energía eléctrica es repuesto.

c. Energía no suministrada (ENS)

Simboliza la cantidad de energía eléctrica que las empresas distribuidoras de electricidad dejan de vender.

d. Carga promedio desconectada

Está definida por las cargas que quedan sin servicio de energía eléctrica.

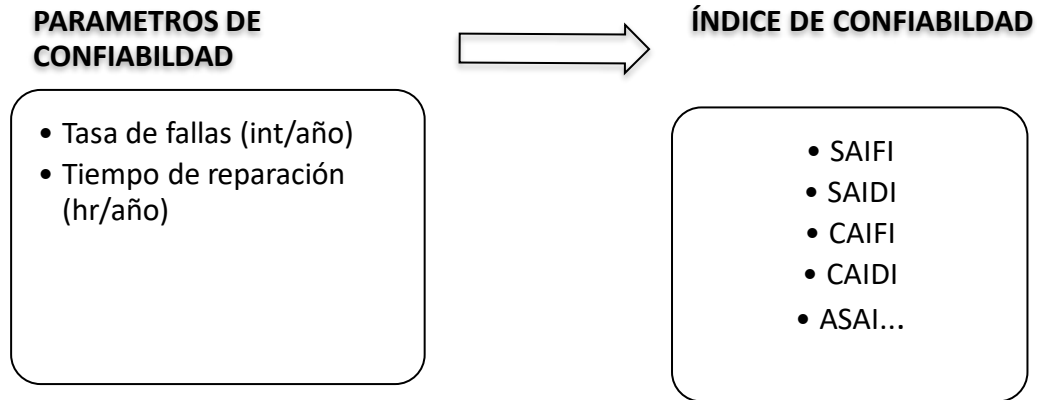
e. Tiempo anual de desconexión esperado (U)

Representa el tiempo, medido en horas, que se encuentra indisponible el servicio. Se obtiene como la multiplicación de la tasa de fallas por su duración promedio. [5]

G. Índices De Confiabilidad

Índices de confiabilidad utilizados para redes eléctricas pretenden cuantificar la calidad del servicio que presenta la red en cualquier punto de consumo. Se muestran los parámetros que se deben tener en cuenta para el cálculo de la confiabilidad y los resultados que se obtienen.

Figura 5: Índices de Confiabilidad



Nota: Elaboración Propia

La norma internacional que tiene que tratar sobre los índices de confiabilidad es la norma IEEE Estándar 1366-1998 (Trial- Use Guinde for Power Distribución Realiability), donde se detallan 12 índices de confiabilidad, de los ellos vamos a enunciar algunos a continuación:

H. Índice de frecuencia de interrupción media del sistema (System Average Interruption Frecuency Index)

SAIFI nos da la cantidad promedio de interrupciones que experimenta un usuario (clientes) durante un periodo de tiempo. Se calcula como sigue:

$$SAFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i}$$

Donde:

- N_i en el número de usuarios del punto de carga i
- λ_i es la tasa de fallas del punto i

I. Índice de duración de interrupción media del sistema (System Average Interruption Duration Index)

SAIDI nos calcula la duración promedio de interrupciones que experimenta un usuario (cliente) durante un periodo de tiempo. Se calcula como sigue:

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

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

Donde:

- N_i es el número de usuarios del punto de carga i .
- U_i es el tiempo de interrupciones anual del punto de carga i .

J. Índice de frecuencia de interrupción media de los usuarios (Customer Average Interruption Frequency Index)

CAIFI nos calcula la cantidad promedio de interrupciones que experimenta un cliente interrumpido durante un periodo de tiempo. Se calcula como sigue:

$$CAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum (Usuarios Afectados)_i}$$

Donde:

- N_i es el número de usuarios del punto de carga i
- λ_i es la tasa de fallas del punto i

K. Índice de duración de interrupción media de los usuarios (Customer Average Interruption Duration Index)

CAIDI nos calcula la duración promedio de interrupciones de un usuario (cliente) interrumpido durante un periodo de tiempo. Se calcula como sigue:

$$CAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i \lambda_i}$$

Donde:

- N_i es el número de usuarios del punto de carga i .
- U_i es el tiempo de interrupciones anual del punto de carga i .
- λ_i es la tasa de fallas del punto i .

L. Índice de disponibilidad media del Sistema (Average Service Availability Index)

"ASAI calcula la misma información que SAIDI, pero de forma relativa." . Se calcula como sigue:

$$ASAI = 1 - \frac{SAIDI}{HORAS DE SERVICIO DEMANDADAS POR EL USUARIO}$$

Horas de servicio demandadas por el usuario = 8760

M. Indicador de Duración Equivalente de las Interrupciones del Servicio (DES).

$$DES_c = \sum_{i=1}^{NTI} t(i)$$

Donde:

- **NTI**: número total de interrupciones que ocurrieron en el circuito, acumuladas mes a mes durante el tiempo transcurrido en cada trimestre.
- **I**: interrupción i-ésima
- **t(i)**: tiempo en horas de la interrupción i-ésima.
- **DES_c**: Acumular las horas de interrupción mensual en un circuito durante un periodo de tiempo.

N. Indicador de Frecuencia Equivalente de las Interrupciones del Servicio. (FES).

$$FES_c = NTI$$

FES_c: Es la suma de las interrupciones mensuales en un circuito durante cada trimestre.

O. Evaluación de la confiabilidad de una red de distribución

Para la evaluación de la confiabilidad se aplicará el método de nodos de falla que corresponde un criterio determinístico, para lo cual se determinará el estado de topología de funcionamiento de la red.

Esta topología considerará los tramos del alimentador, fusibles, seccionadores, etc.

Para poder determinar el tiempo en que se restablece el servicio eléctrico, se ha considerado tres rutas:

a. Ruta principal de energía

Está comprendida por la alimentación principal de suministro y va hacia la carga en estudio.

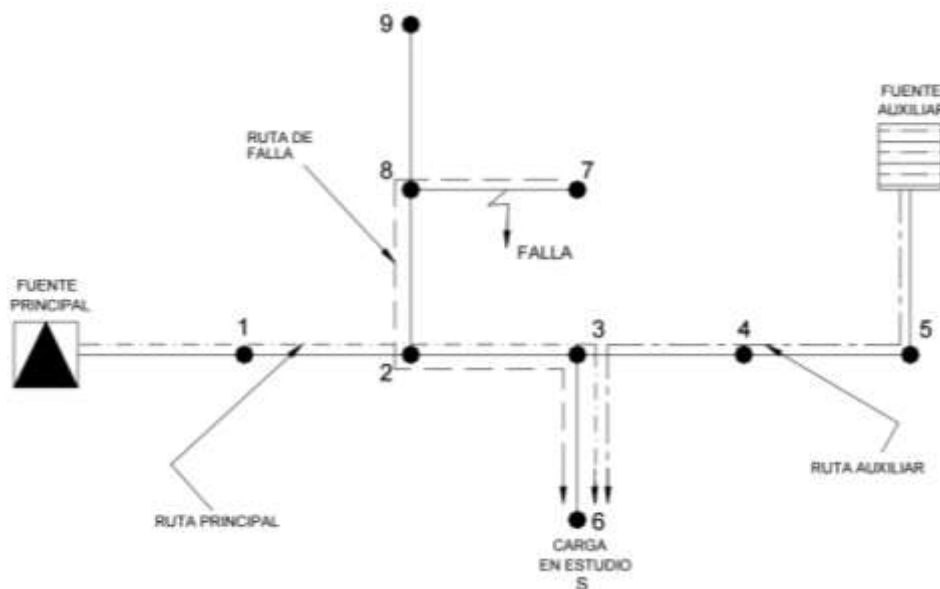
b. Rutas auxiliares de energía.

Está comprendida por la fuente auxiliar de suministro y va hacia la carga en estudio.

c. Ruta de falla.

Está comprendida por la ruta del punto de falla hacia la carga en estudio.

Figura 6: Ruta de evaluación para el cálculo de los índices de confiabilidad



Nota: Elaboración propia

P. Tolerancia para índice de confiabilidad

De acuerdo a las normas:

- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos – NTCSE: DS 020-1997- EM.
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos Rurales – NTCSE: RD N° 016-2008-EM/DGE.

- Procedimiento de Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos: Resolución N° 074-2004- OS/CD.

A continuación, presentamos los indicadores de calidad energética en la siguiente tabla:

Tabla 1: Indicadores de Calidad de Energía Eléctrica

Sector Típico	Valores límites	Indicadores	Tolerancia
2	Por usuario afectado (NTCSE)	N: N° de interrupciones por usuario y por semestre	8 /sem.
		D: Duración ponderada de las interrupciones por usuario y por semestre	13 horas/sem.
	Por sistema eléctrico	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	5 /año
		SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	9 horas/año
3	Por usuario afectado (NTCSE)	N: N° de interrupciones por usuario y por semestre	8 /sem.
		D: Duración ponderada de las interrupciones por usuario y por semestre	13 horas/sem.
	Por sistema eléctrico	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	7/año
		SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	12 horas/año
4, 5 y SER	Por usuario afectado (NTCSER)	NIC: N° de interrupciones promedio por cliente y por semestre	10 /sem.
		DIC: Duración ponderada acumulada de interrupciones promedio por cliente por semestre	25 y 40 horas/sem.
	Por sistema eléctrico	SAIFI: Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	12 y 24/ año
		SAIDI: Duración promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrico	16 y 40 horas/año

Nota: Norma Técnica de Calidad de Suministro Eléctrico

Q. Calidad de suministro conforme NTCSE

La actual Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos (NTCSE) establece que para asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos se debe garantizar a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno, siendo por tanto necesario dictar disposiciones reglamentarias para fijar estándares mínimos de calidad.

R. Interrupciones

Cuando el servicio de energía eléctrica no continuo, entonces estamos hablando de interrupciones. Para evaluar ello, se toma en cuenta indicadores que miden el número de

interrupciones del servicio eléctrico, la duración de las mismas y la energía no suministrada a consecuencia de ellas. Estas tienen diversas causas como por ejemplo salida de equipos de las instalaciones. No se considera interrupción si la duración es menos de 3 minutos. (OSINERGMIN).

S. Indicadores de la calidad de suministro

A continuación, presentamos los principales indicadores de calidad de suministro:

a. Número Total de Interrupciones por Cliente por Semestre (N)

Es el número total de interrupciones en el suministro de cada Cliente durante un Período de Control de un semestre:

b. Duración Total Ponderada de Interrupciones por Cliente (D)

$$D = \sum(K_i \cdot d_i); \text{ (expresada en: horas)}$$

Donde:

d_i : Es la permanencia individual de la interrupción i .

K_i :

- Interrupciones, programadas por expansión o reforzamiento: $K_i = 0.25$
- Interrupciones programadas por mantenimiento: $K_i = 0.50$
- Otras: $K_i = 1.00$

T. Tolerancias

Estas se dan de acuerdo a:

a. Número de Interrupciones por Cliente (N')

- Clientes en Baja Tensión: 6 Interrupciones/semestre
- Clientes en Media Tensión: 4 Interrupciones/semestre
- Clientes en Muy Alta y Alta Tensión: 2 Interrupciones/semestre

b. Duración Total Ponderada de Interrupciones por Cliente (D')

- Clientes en Baja Tensión: 10 horas/semestre.
- Clientes en Media Tensión: 7 horas/semestre
- Clientes en Muy Alta y Alta Tensión: 4 horas/semestre

1.6. Resistencia de los conductores

La resistencia de los conductores a la temperatura se calcula con la fórmula (RL):

$$RL = R_{20^{\circ}C} [1 + \alpha(t - 20^{\circ}C)]$$

Para:

$R_{20^{\circ}C}$ en ohm/km, Resistencia c.c. a 20°C.

α , es 0.00360°C (para conductores de aleación de aluminio AAAC).

t, es 75°C.

En derivaciones monofásicas con retorno a tierra se considera la resistencia en función de la frecuencia:

$$RLT = RL + \pi^2 * f * 10^{-4}$$

Donde, f=60 Hz:

$$RLT = RL + 0.06$$

Para:

RL, Resistencia propia del conductor a la temperatura de operación, en ohm/km

RLT, Resistencia equivalente en el sistema MRT, en ohm/km.

1.7. Reactancia de los conductores

La reactancia inductiva "XL" se calcula así en sistemas trifásicos equilibrados:

$$XL3 = 377 [0.5 + 4.6 \log(DMG/r)] x 10^{-4}$$

Para:

DMG, Para sistemas trifásicos es 1,422 m

X_{L3} , Reactancia inductiva en ohm/km.

R, Radio del conductor en m.

La reactancia inductiva equivalente en sistemas monofásicos MRT se calcula con una fórmula específica:

$$XLT = 0.1734 \log(De/Ds)$$

Donde:

X_{L3} , en ohm/km.

D_e , en m.

D_s , en m.

El diámetro eléctrico “ D_e ” es función de la resistividad e igual a:

$$D_e = 658.9 \left(\frac{\rho}{f} \right)^{1/2}; \text{ en metros.}$$

Para $f=60$ Hz se tiene:

$$D_e = 85\sqrt{\rho}; \text{ en m.}$$

Donde:

ρ , resistividad eléctrica del terreno en ohm-m.

Por su parte el radio equivalente “ D_s ” para conductores de 7 alambres es igual

a:

$$D_s = 2.117r'; \text{ en metros.}$$

Donde:

R' , Radio de los alambres del conductor, en metros.

1.8. Reconectores - Recloser:

Un reconector se conecta a un componente de medición y control para interrumpir el suministro de energía eléctrica. Estos dispositivos protegen instalaciones de fallos temporales al aislar temporalmente la instalación. Los reconectores se utilizan como protección en sistemas de uso.

Según Castellanos (2019), los reconectores distinguen entre fallas transitorias y permanentes, permitiendo hasta tres reconexiones antes de considerarla permanente.

Según Castellanos (2019), La secuencia de operación implica cuatro operaciones para abrir el reconector. La velocidad de apertura se ajusta cambiando la curva en el

reconector.

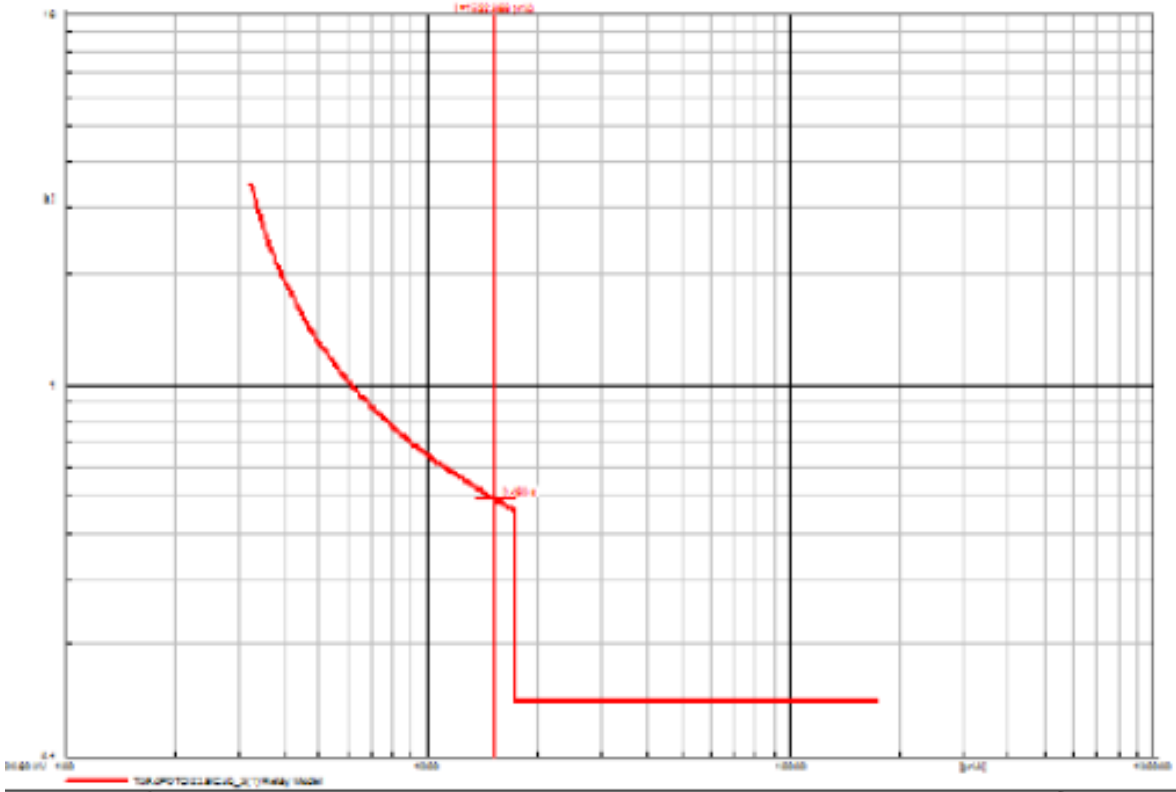
Los reanectores tienen curvas de coordinaci3n.

Figura 7: Recloser



Nota: Elaboraci3n propia

Figura 8: Curva de reanector



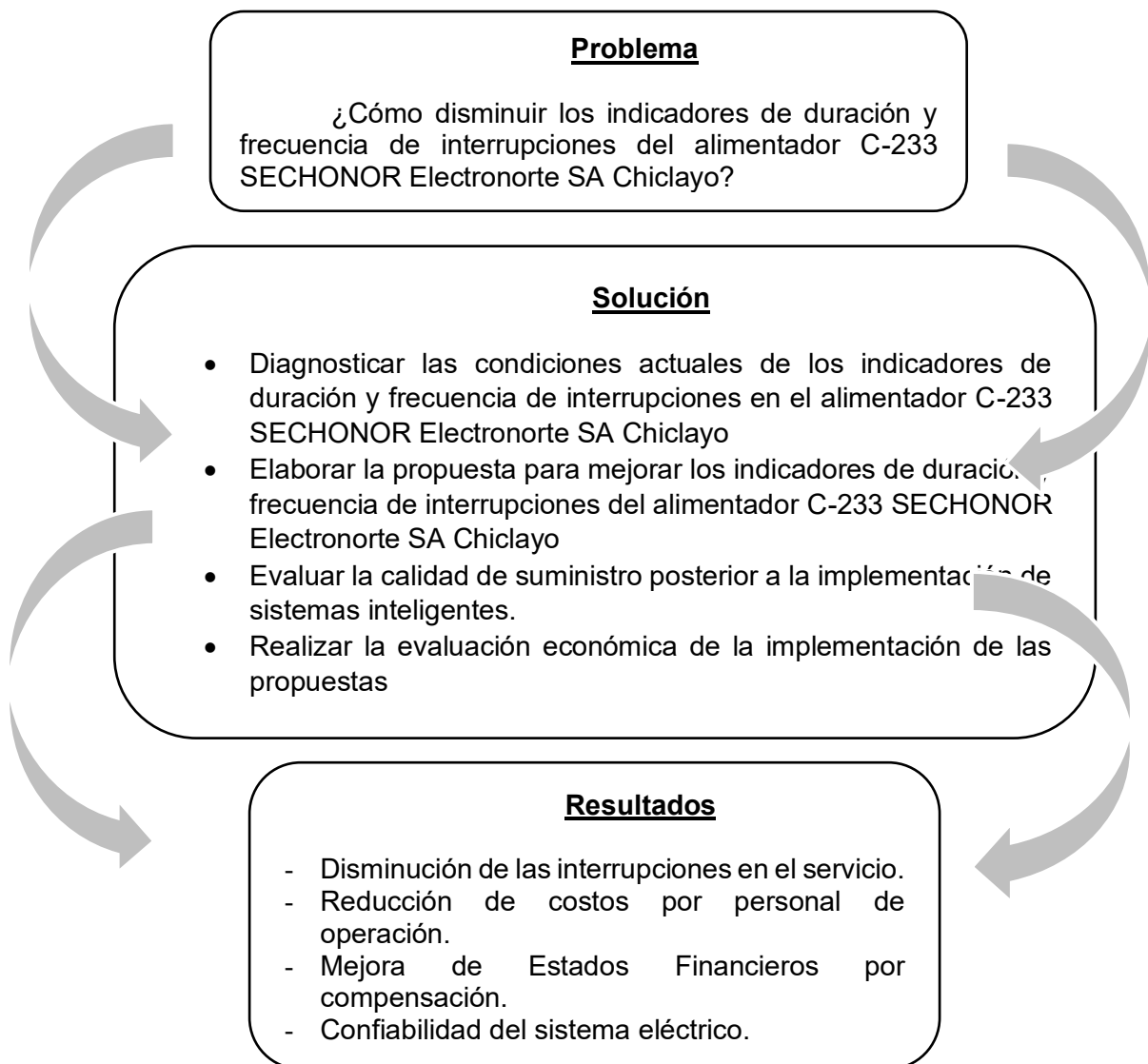
Nota: Elaboraci3n propia

II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Esta investigación será retrospectiva y descriptiva, porque se propone Analizar minuciosamente el alimentador C-233 SECHONOR ELECTRONORTE e informar acerca de las principales fallas e interrupciones que alteran la estabilidad en la tensión propuesta por norma vigente y como consecuencia una defectuosa Calidad de Suministro brindada a los usuarios rurales (NTCSER).

Diseño de Investigación



2.2. Variables, Operacionalización

a. Variable independiente

Propuesta de configuración de anillado y seccionamiento en línea.

b. Variable dependiente

Disminuir los Indicadores de Duración y Frecuencia de Interrupciones.

Tabla 2: Operacionalización de la variable

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Técnicas e Instrumentos de recolección
<p>Variable Independiente Propuesta de configuración de anillado y seccionamiento en línea</p>	<p>La red en anillo o en bucle cerrado se alimenta desde dos o más sitios cerrando un anillo, los receptores se insertan entre los transformadores. Seccionar las líneas de transmisión significa interrumpir el paso de la energía eléctrica que alimenta directamente. (Rodríguez, 2018, pp. 54).</p>	<p>Operacionalmente se define como la implementación de un sistema configurado en anillo que tenga seccionadores en línea</p>	<p>Tensión Intensidad de Corriente Máxima Demanda Nivel de protección. Selectividad Tiempo de actualización</p>	<p>Ficha de recopilación de datos</p>
<p>Variable Dependiente Disminuir los Indicadores de Duración y Frecuencia de Interrupciones</p>	<p>Ausencia del suministro eléctrico por un lapso mayor igual a 3 min (Pérez, 2022)</p>	<p>Medición de la duración de una interrupción en horas</p> <p>Medición de la frecuencia de las interrupciones medida en veces</p>	<p>SAIDI De acuerdo a las tolerancias establecidas por Osinergmin y por cada sistema eléctrico</p> $SAIDI = \frac{N^{\circ} \text{ Usuarios Afectados } \times \text{ Tiempo Interrupcion}}{N^{\circ} \text{ Usuarios Total}}$ <p>SAIFI De acuerdo a las tolerancias establecidas por Osinergmin y por cada sistema eléctrico</p> $SAIFI = \frac{N^{\circ} \text{ Usuarios Afectados}}{N^{\circ} \text{ Usuarios Total}}$	<p>Ficha de recopilación de datos</p>

Nota: Elaboración propia

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

La Población está constituida por todos los componentes del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo.

Es una muestra poblacional y está conformada por todos los componentes del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Necesitamos instrumentos y equipos para recolectar datos en nuestra investigación:

A. Técnicas de recolección de datos

a) Recolección de datos: se tendrá en cuenta el problema técnico, social, ambiental y económico que afronta Electronorte S.A como empresa prestadora del servicio eléctrico y así realizar un análisis de fallas o interrupciones que más repercuten en el sistema proponiendo soluciones que mejoren la calidad de suministro eléctrico.

B. Instrumento de recolección de datos.

a) Ficha de recolección de datos

Se recopiló utilizará la ficha de recolección de datos (ver Anexos 02 y 03)

2.5. Procedimiento de análisis de datos

La información proviene de registros e informes de Alimentador. La concesionaria distribuye energía y recopila datos de la subestación y el alimentador, incluyendo parámetros de operación y cálculos. Esta información analiza cómo funciona el alimentador y la subestación.

Se utilizó un procedimiento adecuado con programas específicos:

- Office Word.
- Office Excel.
- AutoCAD.

- Power Vision

2.6. Criterios éticos

A. Criterio de publicación

Este Análisis energético del alimentador, se podrá optimizar la calidad de suministro, brindando confiabilidad en el sistema que garantice conformidad a los clientes prestadores de este servicio.

Al publicar el proyecto, mostraré que mediante esta nueva propuesta de reestructuración de la red aplicando nuevos equipos automatizados para la detección de fallas e implementando a su vez una gestión en el mantenimiento preventivo ante posibles interrupciones voy a lograr mejorar la calidad de vida de nuestros clientes rurales ofreciéndoles un servicio eléctrico confiable, así como también disminuir las pérdidas comerciales, que afronta Electronorte S.A.

B. Ética de la aplicación

Para el análisis energético del alimentador se utilizaron datos de varias fuentes, incluyendo tesis, libros, artículos científicos y datos de la empresa Electronorte S.A. Seleccionar equipos adecuados y gestionar mantenimiento preventivo para optimizar la calidad de suministro en la nueva red.

C. Código ético de la profesión

A. Código de ética del CIP (Colegio de Ingenieros del Perú) Aprobado en la III Sesión Ordinaria del Congreso Nacional de Consejos Departamentales del Periodo 1998 – 1999 en la ciudad de Tacna 22, 23 y 24 de abril de 1999.

Art.4.- Los ingenieros reconocerán que la seguridad de la vida, la salud, los bienes y el bienestar de la población y del público en general, así como el desarrollo tecnológico del país dependen de los juicios, decisiones incorporadas por ellos o por su consejo, en dispositivos, edificaciones, estructuras, máquinas, productos y procesos. Por ninguna razón pondrán sus conocimientos al servicio de todo aquello que afecta la paz y la salud.

Art.12.- Los ingenieros expresaran opiniones en temas de ingeniería solamente

cuando ellas se basen en un adecuado análisis y conocimiento de los hechos, en competencia técnica suficiente y convicción sincera.

Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán elaborado por la Dirección de Investigación, revisado por el Área De Planificación Y Desarrollo Institucional – Asesoría Legal. Ratificado por el acuerdo del Consejo Universitario con resolución rectoral N° 0851 – 2017/USS.

Art. 7°: Son deberes éticos de los investigadores:

- a) Autonomía.
- b) Responsabilidad.
- c) Profesionalismo.
- d) Compromiso con la sociedad.
- e) Supervisión.
- f) Desarrollo profesional.

Art. 14°: Respeto de los investigados y de lo investigado:

- a) Respetar las condiciones de salud, de integridad física, psicológica y moral de las personas o grupos que participan en el estudio.
- b) Solicitar y obtener el consentimiento expresado e informado de las personas sujetos investigación.
- c) Respetar la idiosincrasia y la cultura de los participantes en la investigación.
- d) Garantizar el bienestar de las personas, animales y plantas, como objeto de investigación.
- e) Garantizar el almacenamiento adecuado de la información obtenida para el estudio.
- f) Aplicar en todo momento los criterios de confidencialidad y anonimato.
- g) Presentar los resultados respetando las normas de Propiedad Intelectual.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

A. Diagnóstico las condiciones actuales de los indicadores de duración y frecuencia de interrupciones en el alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo

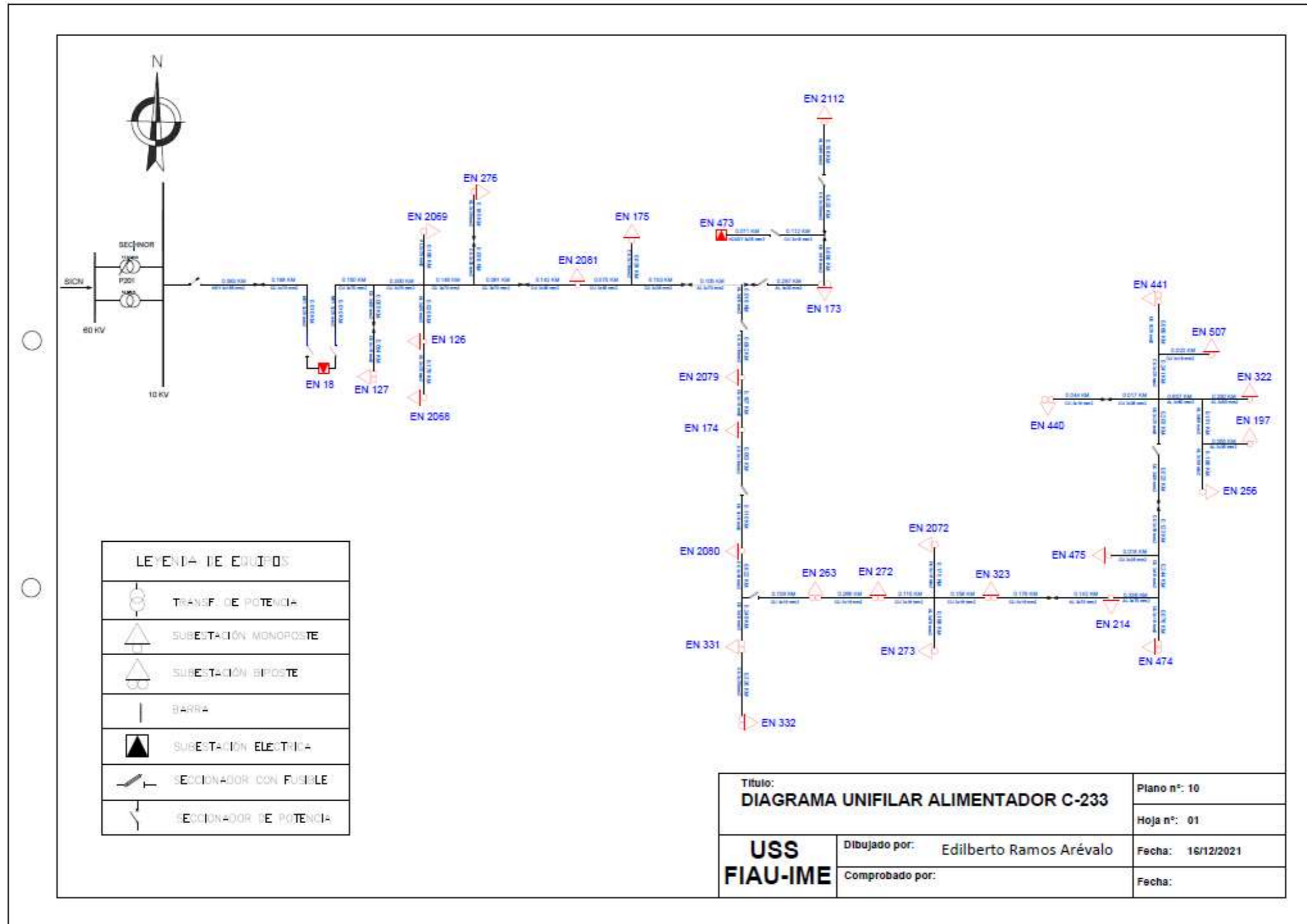
La distancia de la salida del alimentador C-233 hasta la Sed más alejada, siguiendo la troncal, nos da el valor de 5.48 km (figura 7), su diagrama unifilar se muestra en el **anexo 1** y la longitud total de la red es de 15,56 Km. Este circuito obtuvo una energía total activa para el mes de marzo de 1,79 MW-h. y se ubica en el distrito urbano de José Leonardo Ortiz. Posee una caída de tensión del 5,26 % además un 2,13 % de pérdidas en la transmisión.

Tabla 3: Datos del alimentador

UU. NN	Alimentador	N° Distribución	S.E.	N° Total de clientes	Longitud total RP (km)	Nivel de tensión
Electronorte SA	C-233		28	2594	15,56	10 kV, 3Ø

Nota: Elaboración propia

Figura 9. Distancia máxima entre la SET y la última sed del alimentador C-233



Nota: Electronorte SA

Tabla 4: Resumen del alimentador C-233

CONDICIONES OPERATIVAS ACTUALES

Subestación: SECHNOR_10KV :

N°	Alimentador	Carga total		Pérdidas totales		Caída de Tensión	Porcentaje de	Long monof:	Long bifás:	Long trif:
		kW	kVAR	kW	kVAR	Máxima (%)	Pérdidas (%)	m	m	m
1	C-233	3,442.42	1,166.99	85.79	71.79	5.21	2.49	-	1,434.29	14,784.50

Nota: Elaboración propia

El alimentador C-233 es una simple terna aéreo de 10 kV que abastece a la zona urbana de José L. Ortíz. Los conductores ACSR están en postes de concreto y madera, algunos tienen más de 15 años y otros más de 25 años. Las subestaciones de distribución son aéreas y contienen transformadores trifásicos y monofásicos.

Las curvas de los reconectores se utilizan para coordinar con otros equipos de protección.

El Diagrama Unifilar del Anexo 01 muestra las derivaciones del alimentador desde la línea troncal en el patio de llaves de SECHONOR, donde se producen las interrupciones de energía.

Las interrupciones del servicio de energía eléctrica se deben principalmente a:

- Aisladores rotos
- Averías de Transformadores
- Bajo Nivel de Aislamiento
- Contacto entre conductores por fuertes vientos
- Cortocircuito
- Línea abierta o caída

Estas causas temporales provocan la desconexión del alimentador C-233, dejando inoperativo el sistema por periodos prolongados hasta resolver la falla. "Resultó en altos valores de SAIFI y SAIDI, como se muestra en la tabla":

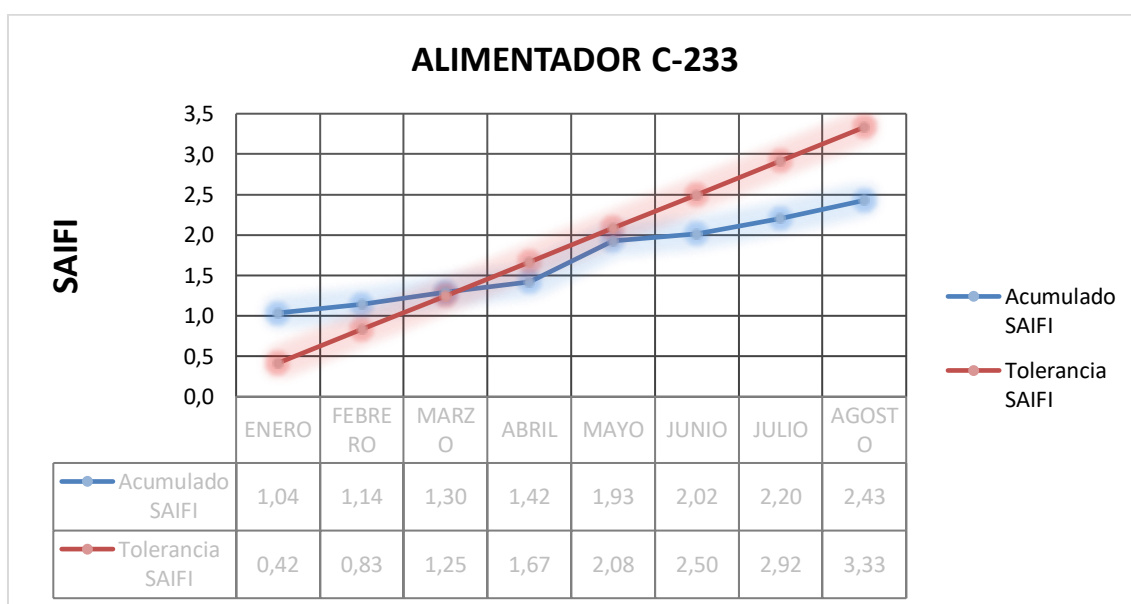
Tabla 5: Resumen de valores de SAIFI y SAIDI 2018

SAIFI y SAIDI 2018

Alimentador C-233	Suma de SAIFI	Acumulado SAIFI	Tolerancia SAIFI	Suma de SAIDI	Acumulado SAIDI	Tolerancia SAIDI
ENERO	1.04	1.04	0.42	1.51	1.51	0.75
FEBRERO	0.11	1.14	0.83	0.15	1.66	1.50
MARZO	0.15	1.30	1.25	0.15	1.82	2.25
ABRIL	0.13	1.42	1.67	0.20	2.02	3.00
MAYO	0.50	1.93	2.08	0.53	2.55	3.75
JUNIO	0.09	2.02	2.50	0.10	2.65	4.50
JULIO	0.19	2.20	2.92	0.11	2.76	5.25
AGOSTO	0.23	2.43	3.33	0.28	3.04	6.00
SETIEMBRE	0.18	2.61	3.75	0.26	3.30	6.75
OCTUBRE	0.21	2.82	4.17	0.24	3.54	7.50
NOVIEMBRE	0.24	3.06	4.58	0.26	3.80	8.25
DICIEMBRE	0.25	3.31	5.00	0.24	4.04	9.00

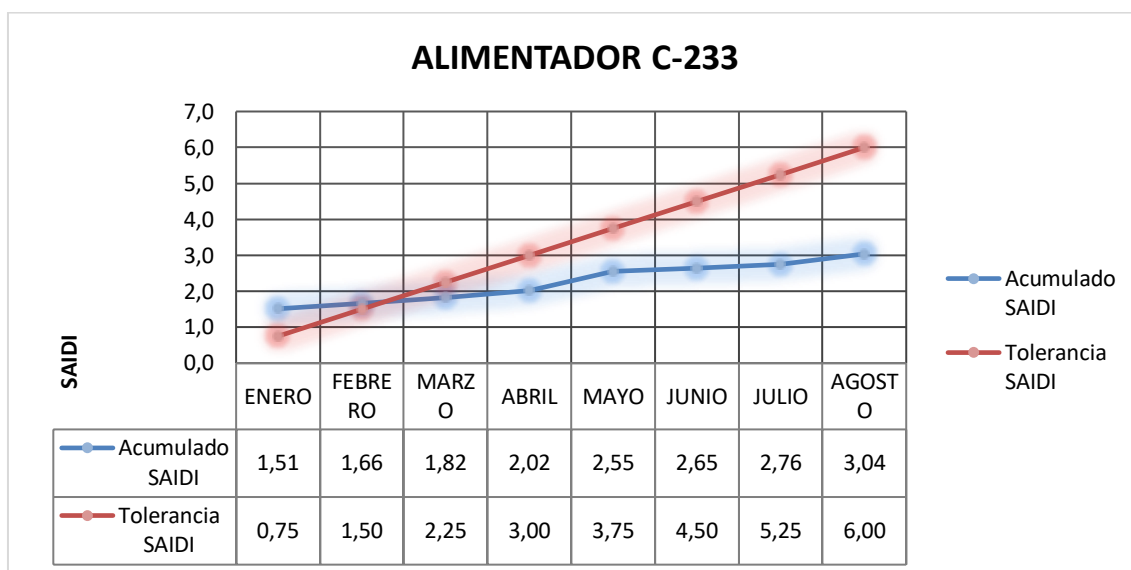
Nota: Elaborado por el autor

Figura 10: Representación del valor SAIFI 2018



Nota: Elaboración propia

Figura 11: Representación del valor SAIDI 2018



Nota: Elaboración propia

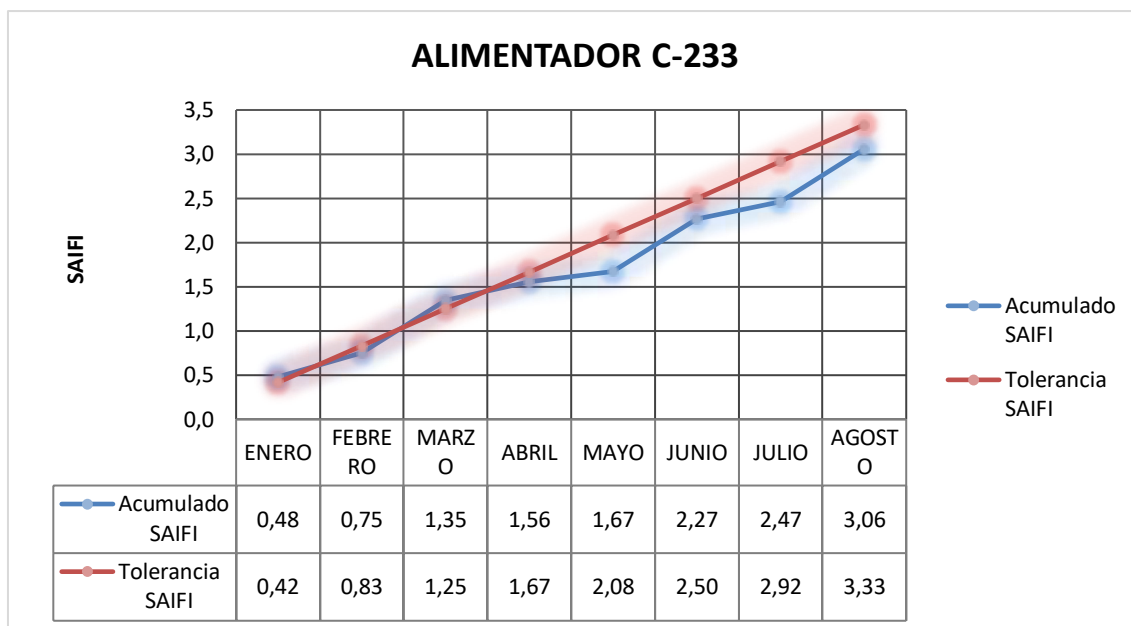
Tabla 6: Resumen de valores de SAIFI y SAIDI 2019

SAIFI y SAIDI 2019

Alimentador C-233	Suma de SAIFI	Acumulado SAIFI	Tolerancia SAIFI	Suma de SAIDI	Acumulado SAIDI	Tolerancia SAIDI
ENERO	0.48	0.48	0.42	0.92	0.92	0.75
FEBRERO	0.27	0.75	0.83	0.34	1.26	1.50
MARZO	0.60	1.35	1.25	0.78	2.04	2.25
ABRIL	0.21	1.56	1.67	0.26	2.30	3.00
MAYO	0.11	1.67	2.08	0.26	2.56	3.75
JUNIO	0.60	2.27	2.50	0.63	3.19	4.50
JULIO	0.20	2.47	2.92	0.40	3.59	5.25
AGOSTO	0.59	3.06	3.33	0.82	4.40	6.00
SETIEMBRE	0.54	3.60	3.75	0.92	5.32	6.75
OCTUBRE	0.57	4.17	4.17	1.20	6.52	7.50
NOVIEMBRE	0.58	4.75	4.58	1.12	7.64	8.25
DICIEMBRE	0.61	5.36	5.00	1.23	8.87	9.00

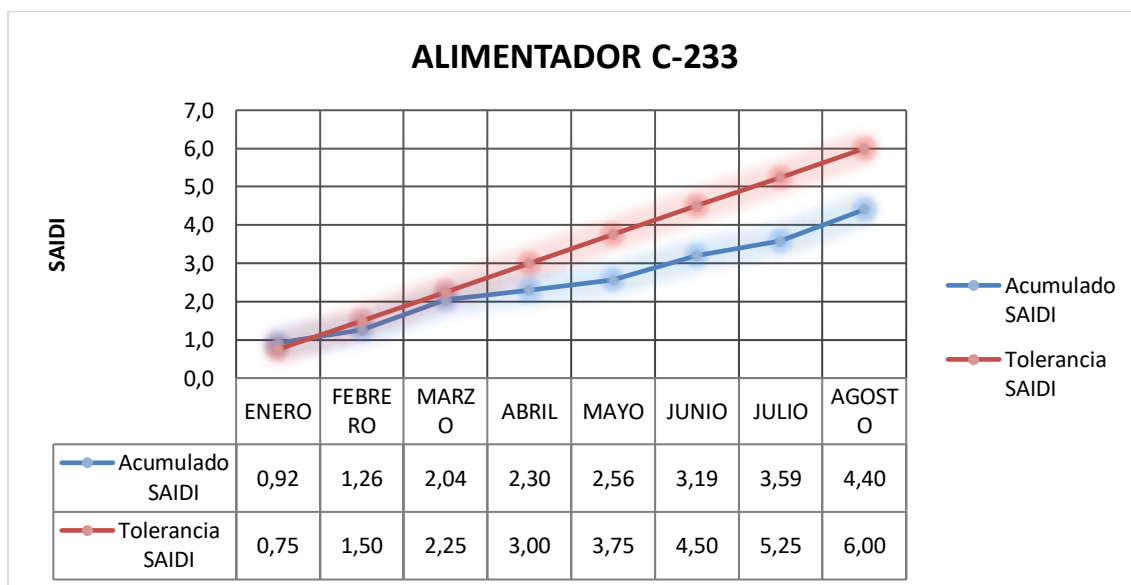
Nota: Elaborado por el autor

Figura 12: Representación del valor SAIFI 2019



Nota: Elaborado por el autor

Figura 13: Representación del valor SAIDI 2019



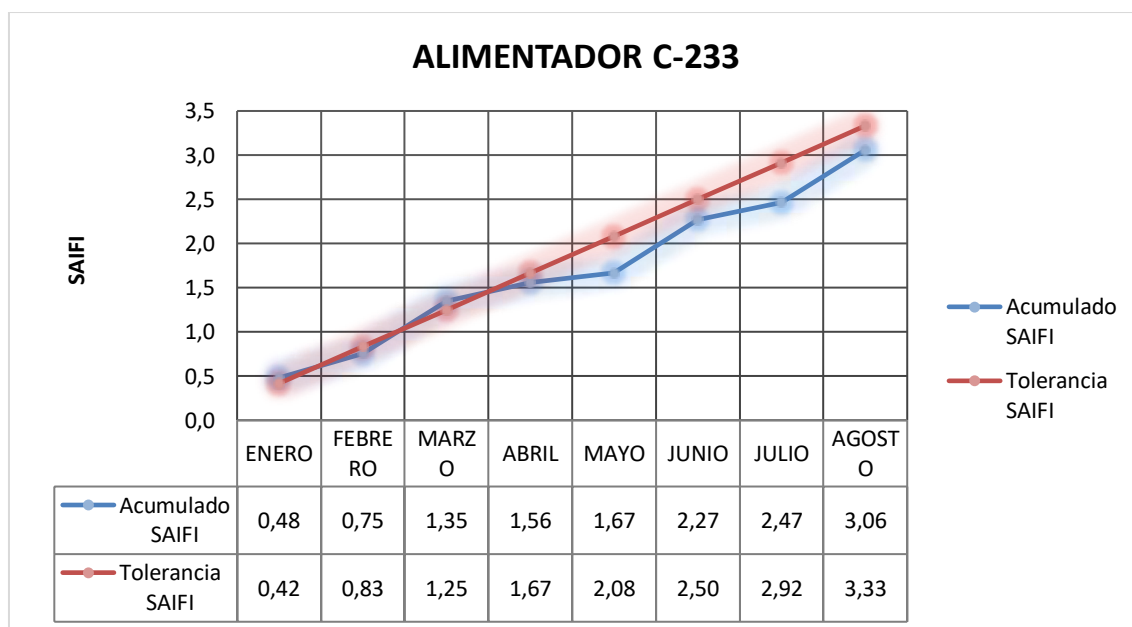
Nota: Elaboración propia

Tabla 7: Resumen de valores de SAIFI y SAIDI 2020

Alimentador C-233	Suma de SAIFI	Acumulado SAIFI	Tolerancia SAIFI	Suma de SAIDI	Acumulado SAIDI	Tolerancia SAIDI
ENERO	0.23	0.23	0.42	0.31	0.31	0.75
FEBRERO	0.39	0.62	0.83	0.35	0.66	1.50
MARZO	0.56	1.18	1.25	1.04	1.71	2.25
ABRIL	0.37	1.55	1.67	0.60	2.30	3.00
MAYO	0.38	1.93	2.08	0.40	2.70	3.75
JUNIO	0.03	1.96	2.50	0.04	2.74	4.50
JULIO	0.25	2.21	2.92	0.39	3.13	5.25
AGOSTO	0.18	2.40	3.33	0.03	3.16	6.00
SETIEMBRE	0.25	2.65	3.75	0.7	3.86	6.75
OCTUBRE	0.27	2.92	4.17	0.85	4.71	7.50
NOVIEMBRE	0.28	3.20	4.58	0.92	5.63	8.25
DICIEMBRE	0.38	3.58	5.00	1.2	6.83	9.00

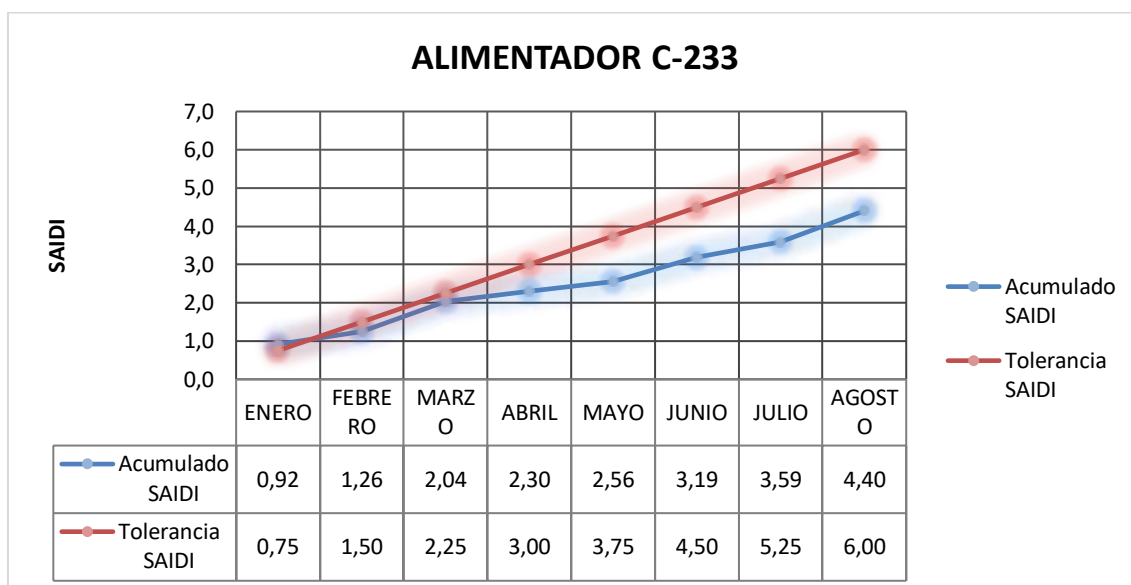
Nota: Elaboración propia

Figura 14: Representación del valor SAIFI 2020



Nota: Elaborado por el autor

Figura 15: Representación del valor SAIDI 2020



Nota: Elaborado por el autor

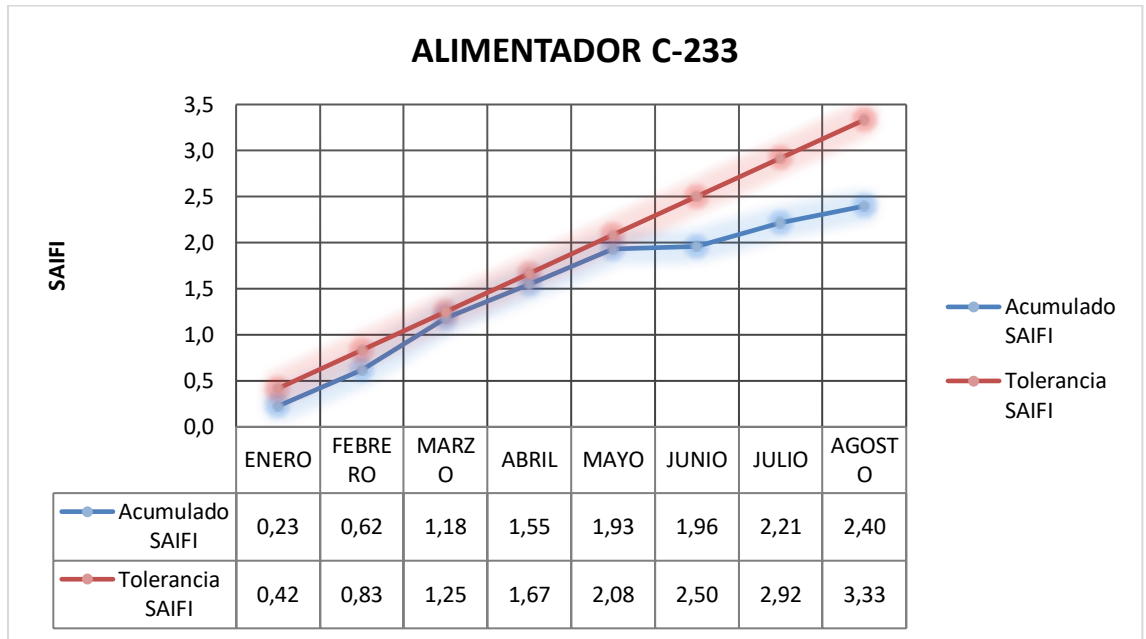
Tabla 8: Resumen de valores de SAIFI y SAIDI 2021

SAIFI y SAIDI 2021

Alimentador C-233	Suma de SAIFI	Acumulado SAIFI	Tolerancia SAIFI	Suma de SAIDI	Acumulado SAIDI	Tolerancia SAIDI
ENERO	0.38	0.38	0.42	0.81	0.81	0.75
FEBRERO	0.54	0.92	0.83	1.39	2.20	1.50
MARZO	0.09	1.01	1.25	0.13	2.33	2.25
ABRIL	0.59	1.59	1.67	1.46	3.79	3.00
MAYO	0.37	1.97	2.08	0.26	4.05	3.75
JUNIO	0.26	2.22	2.50	0.28	4.32	4.50
JULIO	0.00	2.22	2.92	0.00	4.32	5.25
AGOSTO	0.06	2.28	3.33	0.54	4.86	6.00
SEPTIEMBRE	2.30	4.58	3.75	0.64	5.50	6.75
OCTUBRE	2.45	7.03	4.17	0.68	6.18	7.50
NOVIEMBRE	2.67	9.70	4.58	0.87	7.05	8.25
DICIEMBRE	2.84	12.54	5.00	0.92	7.97	9.00

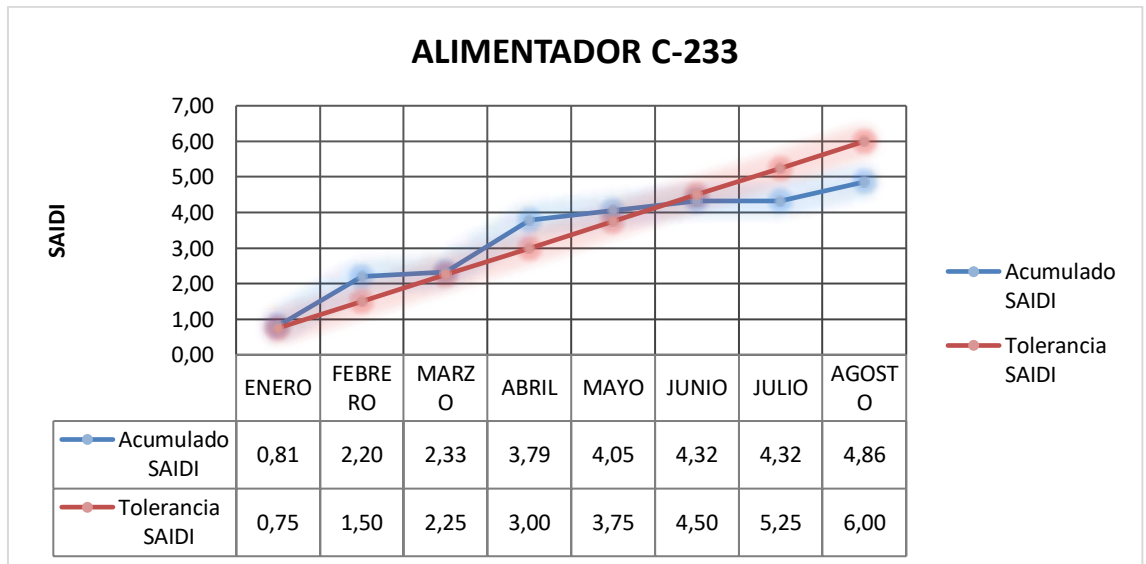
Nota: Elaborado por el autor

Figura 16: Representación del valor SAIFI 2021



Nota: Elaborado por el autor

Figura 17: Representación del valor SAIDI 2021



Nota: Elaborado por el autor

De la tablas y gráficas anteriores, vemos que los valores de SAIFI y SAIDI están por encima de valores límites de calidad de suministro, además de la caída de tensión.

B. Diseño, cálculo y selección de los componentes de la configuración de anillado y seccionamiento del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo

Para calcular los parámetros de la red equivalente del alimentador C-233 de SECHONOR Electronorte SA, se empleó la información de ELECTRONORTE S.A para DigSilent Power Factory.

Tabla 9: Parámetros de la red equivalente.

S.E	Elemento	Año	U(p.u)	Acti. Power	Reac. Power	R1	X1	R2	X2	R0	X0
	Barra de 10 kV	2022	1	1.59	0.52	0.0588	0.5494	0.0894	0.5695	0.1670512	0.94
SECHON	Barra de 10 kV	2023	1.0065	1.6	0.5555	0.0621	0.5498	0.093	0.5694	0.1675051	0.94
OR -	Barra de 10 kV	2024	1.0065	1.69	0.9409	0.0621	0.5498	0.093	0.5694	0.1675051	0.94
Electronor	Barra de 10 kV	2028	1.0065	2.03	0.6672	0.0519	0.5254	0.0795	0.5441	0.1675051	0.94
te	Barra de 10 kV	2033	1.0065	2.79	0.92	0.0599	0.4113	0.0781	0.421	0.1675051	0.94
	Barra de 10 kV	2038	1.0065	3.84	1.26	0.0694	0.4039	0.0875	0.4123	0.1675051	0.94
	Barra de 10 kV	2043	1.0065	4.96	1.6303	0.0597	0.3969	0.0771	0.4063	0.1675051	0.94


Nota; Elaboración propia

Tabla 10: Parámetros eléctricos de los conductores ACSR

Conductor	Corriente nominal (A)	Rd.c. 20°C (ohm/km)	Diámetro exterior (mm)	RMG (mm)	Temp max (°C)	Material	Corriente adm (1seg. kA)
35 mm ²	184	0,830	8,11	2,57	75	ACSR	5.1
50 mm ²	241	0,522	10,21	3,27	75	ACSR	8.0
70 mm ²	275	0,414	11,45	3,67	75	ACSR	10.1

Nota: CENTELSA.

Figura 18: Catalogo CENTELSA – Cables ACSR.

Cables ACSR															
Cableado Aluminio/Acero	Código	Calibre AWG/ kcmil	Diámetros (mm)					Peso Total Aprox (kg/km)			Carga de Rotura kg-f	Resistencia Eléctrica (Ohm/km)		Capacidad de Corriente	
			Hilos Individuales		Núcleo	Total	RMG	Al	Acero	Total		DC a 20°C(1)	AC a 75°C	(2) CC(3)	
			Acero	Al										A	kA
 ME: 8400 CDL: 18,9	Swan	4	2,12	2,12	2,12	6,36	2,05	58,1	27,4	85,5	845	1,32	1,70	139	3,2
	Sparrow	2	2,67	2,67	2,67	8,01	2,58	92,3	43,6	136	1290	0,83	1,10	184	5,1
	Robin	1	3,00	3,00	3,00	9,00	2,90	116,4	55,0	171	1612	0,658	0,884	211	6,4
	Raven	1/0	3,37	3,37	3,37	10,11	3,25	146,8	69,3	216	1985	0,522	0,717	241	8,0
	Quail	2/0	3,78	3,78	3,78	11,35	3,65	185,1	87,4	273	2405	0,414	0,584	275	10,1
	Pigeon	3/0	4,25	4,25	4,25	12,74	4,10	233,5	110,3	344	3003	0,328	0,479	313	12,8
	Penguin	4/0	4,77	4,77	4,77	14,31	4,61	294,4	139,0	433	3787	0,260	0,396	355	16,1

Nota: CENTELSA

Se usan las proyecciones de demanda del proyecto C-233 de Electronorte S.A. para calcular el flujo de potencia, tomando como referencia las potencias el estudio del mercado eléctrico.

Figura 19: Consumo de la máxima demanda y consumo de energía.

AÑOS	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Población	9688	9809	9932	10056	10182	10309	10438	10568	10700	10834	10969	11107	11245	11386	11528	11672	11818	11966	12116	12267	12420
Habitantes / vivienda	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
Número de viviendas	2484	2515	2547	2578	2611	2643	2676	2710	2744	2778	2813	2848	2883	2919	2956	2993	3030	3068	3107	3145	3185
Coeeficiente de Electrificación	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Número de Abonados Domésticos	2484	2515	2547	2578	2611	2643	2676	2710	2744	2778	2813	2848	2883	2919	2956	2993	3030	3068	3107	3145	3185
Consumos Servicios (KWh/año)																					
Residencial	2980911.8	3064662.0	3150765.2	3239287.6	3330297.0	3423863.4	3520058.5	3618956.4	3720632.8	3825163.8	3932635.8	4043125.2	4156718.8	4273803.9	4393570.2	4517009.8	4643917.4	4774390.6	4908529.6	5046437.2	5188219.4
Comercial																					
Uso general	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7
Pequeñas Industrias																					
Consumo Alumbrado Público	157852.8	159667.2	161179.2	163296.0	165715.2	167529.6	169948.8	171460.8	174182.4	17690.4	178718.4	180532.8	183254.4	185673.6	188092.8	189907.2	192326.4	195048.0	197769.6	199281.6	202608.0
Energía neta (kWh)	7016049.3	7101613.9	7189229.1	7279868.3	7373296.9	7468677.6	7567292.0	7667701.8	7772099.8	7879354.5	7988638.9	8100942.7	8217257.9	8336462.2	8458947.7	8584201.6	8713282.5	8846723.3	8983583.8	9123003.4	9268112.0
Perdidas de energía (kWh)	779561.0	789068.2	798803.2	808874.2	819255.2	829853.0	840810.2	851968.6	863566.6	875483.8	887626.5	900104.7	913028.6	926273.5	939883.0	953800.1	968169.8	982969.2	998175.9	1013667.0	1029790.2
Energía total (kWh)	7795610.3	7890682.1	7988032.3	8088742.5	8192552.1	8298530.6	8408102.2	851968.6	863566.4	875483.3	887626.4	900104.4	913028.5	926273.7	939883.0	953800.7	968169.3	982969.2	998175.9	1013667.0	1029790.2
Horas de utilización - Servicios	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0
Horas de utilización AP	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0
Demanda servicios																					
Residencial Comercial	1361.1	1399.4	1438.7	1479.1	1520.7	1563.3	1607.3	1652.5	1698.9	1746.7	1795.7	1846.2	1898.0	1951.4	2006.2	2062.6	2120.5	2180.1	2241.3	2304.3	2369.0
Uso general	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4	1720.4
Máx. Dem. Alumbrado Público	76.7	77.6	78.4	79.4	80.6	81.4	82.6	83.3	84.7	86.9	87.8	89.1	90.3	91.4	92.3	93.5	94.8	96.1	96.9	98.5	
Máxima Demanda Neta (KW)	3208.3	3247.5	3287.5	3329.0	3371.7	3415.3	3460.4	3506.3	3554.0	3524.7	3653.1	3704.4	3757.6	3812.1	3868.1	3925.3	3984.5	4045.4	4107.9	4171.6	4238.0
Perdidas de Max. Demanda (KW)	356.5	360.8	365.3	369.9	374.6	379.5	384.5	389.6	394.9	391.7	405.9	411.6	417.5	423.6	429.8	436.1	442.7	449.5	456.4	463.5	470.9
Máx. Dem. Requerida - por Localidad	3564.8	3608.3	3652.8	3698.8	3746.3	3794.8	3844.9	3895.9	3948.9	3917.4	4058.9	4116.0	4175.1	4235.6	4297.9	4361.5	4427.2	4494.8	4564.4	4635.1	4708.9
Fac. Simult. (fs) - Entre Localidades	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Máx. Dem. Requerida - Entre	3564.8	3608.3	3652.8	3698.8	3746.3	3794.8	3844.9	3895.9	3948.9	3917.4	4058.9	4116.0	4175.1	4235.6	4297.9	4361.5	4427.2	4494.8	4564.4	4635.1	4708.9

Nota: Elaboración propia

Tabla 11: Información sobre trafos

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada
SE. 001	EN127	250
SE. 002	EN2068	160
SE. 003	EN126	160
SE. 004	EN2069	50
SE. 005	EN276	75
SE. 006	EN2081	100
SE. 007	EN175	100
SE. 008	EN2079	1000
SE. 009	EN174	75
SE. 010	EN2080	25
SE. 011	EN263	100
SE. 012	EN272	200
SE. 013	EN2072	500
SE. 014	EN323	100
SE. 015	EN331	640
SE. 016	EN332	10
SE. 017	EN273	100
SE. 018	EN214	50
SE. 019	EN474	100
SE. 020	EN475	100
SE. 021	EN440	50
SE. 022	EN256	75
SE. 023	EN197	100
SE. 024	EN322	25
SE. 025	EN507	75
SE. 026	EN473	50
SE. 027	EN173	50
SE. 028	EN2112	200

Nota: Elaboración propia

a. Resultado del flujo de energía

El flujo de energía analiza el sistema eléctrico en estado estacionario en condiciones normales durante 20 años.

Analizaremos los siguientes escenarios:

- Año 2021 sin proyecto: máxima demanda 2021, sin proyecto.
- Año 2021 con proyecto: máxima demanda 2021, con proyecto.

Luego determinamos la máxima demanda, en los siguientes años:

- Año 2022.
- Año 2027
- Año 2032
- Año 2037
- Año 2042

Las máximas demandas se aprecian en la tabla N°12 del alimentador C-233.

Tabla 12: Demanda del alimentador C-233.

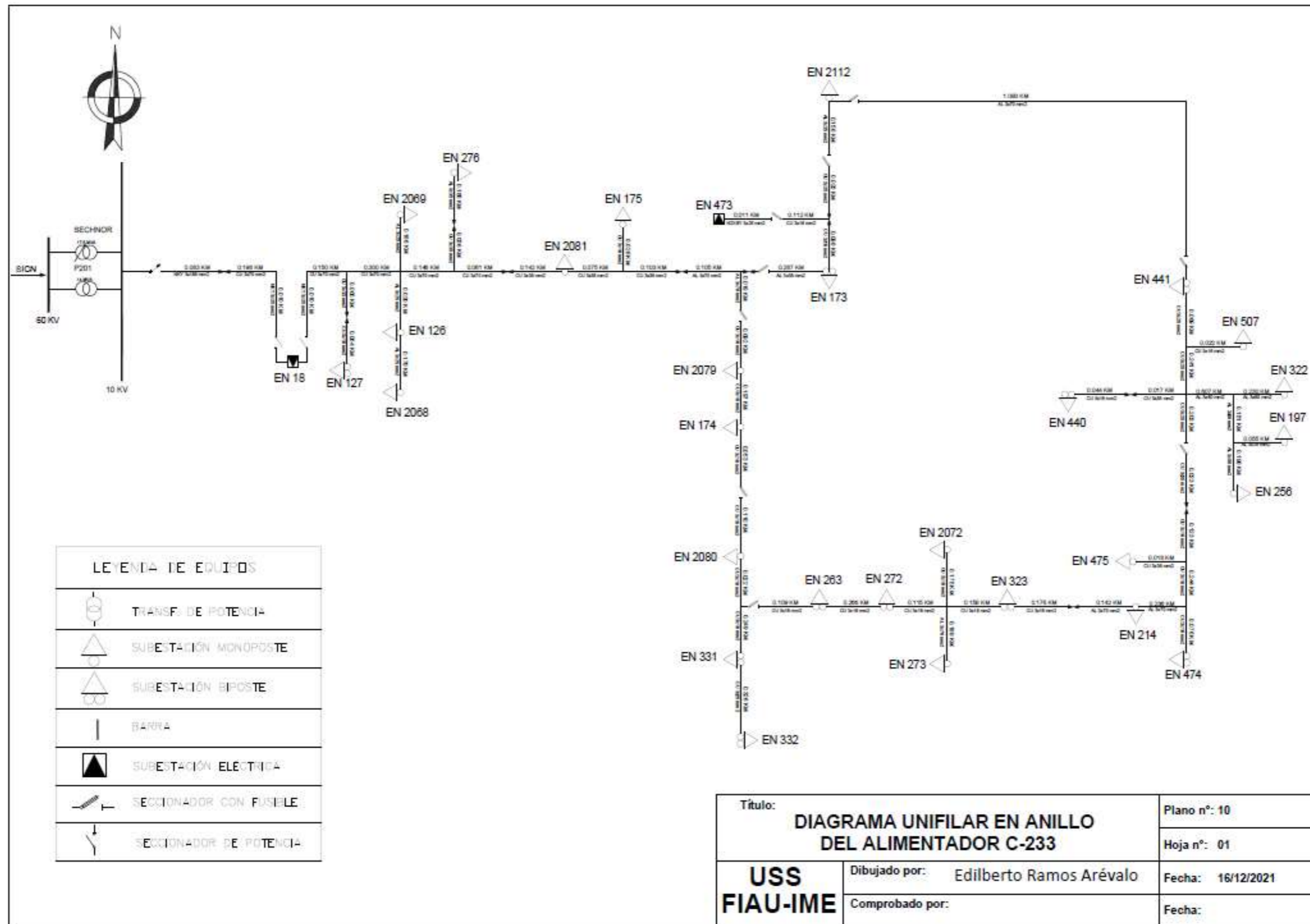
Alimentador	Año	Potencia (MW)					
		2021	2022	2027	2032	2037	2042
C-233	Dem. Max	3.657	3.703	3.958	4.249	4.582	4.966

Nota: Elaboración propia

Se usó DigSilent Power Factory para calcular la carga con datos esenciales. El software muestra datos de potencia, pérdidas y tensión en cada punto.

El flujo de potencia revelará la sobrecarga de transformadores que necesitan ser repotenciados y liberar cargas a partir de 2021.

Figura 20: Diagrama Unifilar en Anillo



Nota: Elaboración propia

b. Cuadros de resultados

Los transformadores de distribución han excedido su límite de capacidad y necesitan ser reforzados o las cargas deben ser reducidas.

Tabla 13: Transformadores año 2021 y su Cargabilidad sin proyecto

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada	Demanda máxima año 2021 sin proyecto		Cargabilidad %	Pot. kw	Pot. kvar
			Lado HV-p.u.	Lado LV-p.u.			
SE. 001	EN127	250	0,9882863	0,9478208	126,173	285,09	88,54387
SE. 002	EN2068	160	0,9876664	0,942658	159,5744	229,45	71,26307
SE. 003	EN126	160	0,982232	0,9317856	177,9415	252,96	78,56484
SE. 004	EN2069	50	0,9740236	0,948681	103,2174	45,16	14,02589
SE. 005	EN276	75	0,9738302	0,9392557	141,8931	93,43	29,01767
SE. 006	EN2081	100	0,9870912	0,9131143	239,5326	208,61	64,79049
SE. 007	EN175	100	0,9812286	0,966722	49,02369	44,95	13,96066
SE. 008	EN2079	1000	0,9551766	0,9285038	85,96328	760,98	236,3468
SE. 009	EN174	75	0,9827553	0,9118702	285,4011	184,52	57,3086
SE. 010	EN2080	25	0,9747931	0,9504427	87,75702	19,03	5,910376
SE. 011	EN263	100	0,9723946	0,9180761	178,2053	155,97	48,44147
SE. 012	EN272	200	0,9729079	0,955173	65,7227	119,55	37,13009
SE. 013	EN2072	500	0,9835532	0,9814524	8,731618	31,9	9,907573
SE. 014	EN323	100	0,982434	0,9823237	0,3566642		
SE. 015	EN331	640	0,9591708	0,9514065	33,25081	195,57	60,74052
SE. 016	EN332	10	0,9674125	0,9557406	102,7897	9,02999	2,804554
SE. 017	EN273	100	0,9772388	0,9567864	68,80844	62,57	19,43313
SE. 018	EN214	50	0,9828187	0,9521189	124,7043	55,09	17,10996
SE. 019	EN474	100	0,980649	0,9325714	158,4915	140,87	43,75169
SE. 020	EN475	100	0,9729397	0,9442784	95,82469	86,12	26,74732
SE. 021	EN440	50	0,9934655	0,9564577	149,868	66,83	20,75621
SE. 022	EN256	75	0,9874761	0,9619291	105,3801	70,47	21,88671
SE. 023	EN197	100	0,983571	0,9339123	163,5344	145,57	45,21142
SE. 024	EN322	25	0,9736826	0,9493051	87,8528	19,03	5,910376
SE. 025	EN507	75	0,9828187	0,9521189	124,7043	55,09	17,10996
SE. 026	EN473	50	0,980649	0,9325714	158,4915	140,87	43,75169
SE. 027	EN173	50	0,9729397	0,9442784	95,82469	86,12	26,74732
SE. 028	EN2112	200	0,9934655	0,9564577	149,868	66,83	20,75621
Potencia Total						3,282.75	1,019.56

Nota: Elaboración propia

Tabla 14: Transformadores año 2022 y su cargabilidad con proyecto.

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada kva	Demanda máxima año 2022 con proyecto				Cargabilidad %	Pot. kw	Pot.
			Lado HV- p.u.	Lado LV- p.u.					
SE. 001	EN127	250	0,9952126	0,9550842		125,2164	285,09	88,5	
SE. 002	EN2068	160	0,994555	0,9485882		162,8783	235,6799	73,1	
SE. 003	EN126	160	0,990623	0,9391687		181,4037	259,9298	80,7	
SE. 004	EN2069	50	0,9862213	0,9611938		101,967	45,16	14,0	
SE. 005	EN276	75	0,9860207	0,9509543		143,9072	95,93999	29,7	
SE. 006	EN2081	100	0,9944974	0,918928		244,5158	214,3094	66,5	
SE. 007	EN175	100	0,9897477	0,974937		50,04472	46,28	14,3	
SE. 008	EN2079	1000	0,9703659	0,9441841		84,54061	760,9798	236,	
SE. 009	EN174	75	0,990958	0,918712		290,764	189,4196	58,8	
SE. 010	EN2080	25	0,9845693	0,9604552		86,9243	19,03	5,91	
SE. 011	EN263	100	0,9822906	0,9269765		181,4139	160,3198	49,	
SE. 012	EN272	200	0,9830688	0,9655296		65,02196	119,55	37,	
SE. 013	EN2072	500	0,9916551	0,9895705		8,663671	31,9	9,90	
SE. 014	EN323	100	0,9907206	0,9906094		0,3596725			
SE. 015	EN331	640	0,9743891	0,9667497		32,72748	195,57	60,7	
SE. 016	EN332	10	0,9826836	0,9708876		103,8962	9,27	2,87	
SE. 017	EN273	100	0,9865189	0,9662712		68,13962	62,57	19,4	
SE. 018	EN214	50	0,991025	0,95975		127,0199	56,58	17,5	
SE. 019	EN474	100	0,9892422	0,9402735		161,3745	144,6199	44,9	
SE. 020	EN475	100	0,9831012	0,9547657		94,77942	86,12	26,7	
SE. 021	EN440	50	0,9996323	0,9617697		153,2811	68,76	21,3	
SE. 022	EN256	75	0,9943565	0,9682663		107,6	72,46	22,5	
SE. 023	EN197	100	0,9916722	0,9424952		162,0511	145,57	45,2	
SE. 024	EN322	25	0,9836872	0,959552		86,99867	19,03	5,91	
SE. 025	EN507	75	0,991025	0,95975		127,0199	56,58	17,5	
SE. 026	EN473	50	0,9892422	0,9402735		161,3745	144,6199	44,9	
SE. 027	EN173	50	0,9831012	0,9547657		94,77942	86,12	26,7	
SE. 028	EN2112	200	0,9996323	0,9617697		153,2811	68,76	21,3	
		Potencia Total					3,324.14	1,0	

Nota: Elaboración propia

Tabla 15: transformadores año 2022 y su Cargabilidad con Proyecto.

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada kva	Demanda máxima año 2022				Pot. kw	Pot. I
			Lado HV- p.u.	Lado LV- p.u.	Cargabilidad %			
SE, 001	EN127	250	0,9950578	0,954922	125,2376	285,09	88	
SE, 002	EN2068	160	0,9943677	0,9470181	167,57	242,08	75	
SE, 003	EN126	160	0,9904258	0,9373831	186,7399	267,08	82	
SE, 004	EN2069	50	0,9860095	0,9609766	101,9884	45,16	14	
SE, 005	EN276	75	0,985803	0,9497017	148,0716	98,65	30	
SE, 006	EN2081	100	0,9943229	0,9163437	251,8998	220,17	68	
SE, 007	EN175	100	0,9894813	0,9742647	51,4007	47,51	14	
SE, 008	EN2079	1000	0,970151	0,9439624	84,5604	760,98	23	
SE, 009	EN174	75	0,9907099	0,9161688	299,6446	194,73	60	
SE, 010	EN2080	25	0,9842421	0,9601202	86,95186	19,03	5,9	
SE, 011	EN263	100	0,9819074	0,9249023	186,7327	164,66	51	
SE, 012	EN272	200	0,9827307	0,9651851	65,04502	119,55	37	
SE, 013	EN2072	500	0,9914674	0,9893824	8,665232	31,9	9,9	
SE, 014	EN323	100	0,9904701	0,9903589	0,3595816			
SE, 015	EN331	640	0,9741751	0,966534	32,73472	195,57	60	
SE, 016	EN332	10	0,9824679	0,9703514	106,6448	9,52000	2,9	
SE, 017	EN273	100	0,9862169	0,9659626	68,16117	62,57	19	
SE, 018	EN214	50	0,9907791	0,9585533	130,8169	58,25	1	
SE, 019	EN474	100	0,9889655	0,9384994	166,1299	148,61	46	
SE, 020	EN475	100	0,9827631	0,954417	94,81381	86,12	26	
SE, 021	EN440	50	0,9995328	0,960621	157,444	70,59	21	
SE, 022	EN256	75	0,994164	0,9673765	110,4345	74,36	23	
SE, 023	EN197	100	0,9914845	0,9422964	162,0851	145,57	45	
SE, 024	EN322	25	0,9833493	0,9592061	87,02719	19,03	5,9	
SE, 025	EN507	75	0,9907791	0,9585533	130,8169	58,25	1	
SE, 026	EN473	50	0,9889655	0,9384994	166,1299	148,61	46	
SE, 027	EN173	50	0,9827631	0,954417	94,81381	86,12	26	
SE, 028	EN2112	200	0,9995328	0,960621	157,444	70,59	21	
						3,366,78	1,	

Nota: Elaboración propia

Tabla 16: Transformadores año 2027 y su Cargabilidad

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada kva	Demanda máxima año 2027				Pot, kw	Pot, l
			Lado HV- p,u,	Lado LV- p,u,	Cargabilidad %			
SE, 001	EN127	250	0,9942033	0,9540262	125,3549	285,09	88,5	
SE, 002	EN2068	160	0,9933328	0,9382931	193,4572	276,97	86,	
SE, 003	EN126	160	0,989339	0,9274675	216,1357	305,92	95,0	
SE, 004	EN2069	50	0,9848439	0,9597812	102,1065	45,16	14,0	
SE, 005	EN276	75	0,9846063	0,942973	170,2505	112,95	35,0	
SE, 006	EN2081	100	0,9933605	0,9018731	292,8623	251,979	78,2	
SE, 007	EN175	100	0,9880135	0,9705283	58,96463	54,34	16,8	
SE, 008	EN2079	1000	0,9689677	0,9427415	84,66953	760,98	236,	
SE, 009	EN174	75	0,9893451	0,9023863	347,3315	222,66	69,1	
SE, 010	EN2080	25	0,982432	0,9582667	87,10475	19,03	5,91	
SE, 011	EN263	100	0,9797815	0,9131929	216,6373	188,66	58,5	
SE, 012	EN272	200	0,9808591	0,9632777	65,17304	119,55	37,1	
SE, 013	EN2072	500	0,9904323	0,9883453	8,673852	31,9	9,90	
SE, 014	EN323	100	0,9890908	0,9889798	0,3590809			
SE, 015	EN331	640	0,972997	0,9653464	32,77465	195,57	60,7	
SE, 016	EN332	10	0,9812784	0,9672535	122,8617	10,99	3,41	
SE, 017	EN273	100	0,9845492	0,9642584	68,28044	62,57	19,4	
SE, 018	EN214	50	0,9894258	0,9523084	150,2919	66,74	20,7	
SE, 019	EN474	100	0,9874415	0,9287345	192,1205	170,12	52,	
SE, 020	EN475	100	0,9808915	0,9524859	95,00468	86,12	26,7	
SE, 021	EN440	50	0,9989829	0,9541242	180,9579	80,84	25,1	
SE, 022	EN256	75	0,9930991	0,9623243	126,6018	85,13	26,4	
SE, 023	EN197	100	0,9904495	0,9412004	162,2731	145,57	45,2	
SE, 024	EN322	25	0,981479	0,9572908	87,1855	19,03	5,91	
SE, 025	EN507	75	0,9894258	0,9523084	150,2919	66,74	20,7	
SE, 026	EN473	50	0,9874415	0,9287345	192,1205	170,12	52,	
SE, 027	EN173	50	0,9808915	0,9524859	95,00468	86,12	26,7	
SE, 028	EN2112	200	0,9989829	0,9541242	180,9579	80,84	25,1	
Potencia Total						3,597,87	1,117	

Nota: Elaboración propia

Tabla 17: Transformadores año 2032 y su Cargabilidad,

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada kva	Demanda máxima año 2032		Cargabilidad %	Pot, kw	Pot, k
			Lado HV- p,u,	Lado LV- p,u,			
SE, 001	EN127	250	0,9931897	0,9529634	125,4942	285,09	88,5
SE, 002	EN2068	160	0,9921083	0,9278942	223,9004	317,07	98,4
SE, 003	EN126	160	0,9880498	0,9156153	250,7389	350,429	108,
SE, 004	EN2069	50	0,9834632	0,9583652	102,2467	45,16	14,0
SE, 005	EN276	75	0,9831894	0,9350693	196,088	129,33	40,1
SE, 006	EN2081	100	0,9922172	0,8842777	341,8129	288,409	89,5
SE, 007	EN175	100	0,9862685	0,9661522	67,70359	62,16	19,3
SE, 008	EN2079	1000	0,9675665	0,9412956	84,79912	760,98	236,
SE, 009	EN174	75	0,9877218	0,8856308	404,6502	254,929	79,1
SE, 010	EN2080	25	0,9802787	0,9560616	87,28745	19,03	5,91
SE, 011	EN263	100	0,9772527	0,8991539	252,0336	216,159	67,1
SE, 012	EN272	200	0,9786324	0,9610084	65,32601	119,55	37,1
SE, 013	EN2072	500	0,9892043	0,9871149	8,684103	31,9	9,90
SE, 014	EN323	100	0,9874507	0,9873398	0,358485		
SE, 015	EN331	640	0,971602	0,9639401	32,82205	195,57	60,7
SE, 016	EN332	10	0,9798729	0,9638121	139,8813	12,52	3,88
SE, 017	EN273	100	0,9825658	0,9622314	68,42286	62,57	19,4
SE, 018	EN214	50	0,9878166	0,9449739	172,9596	76,47	23,7
SE, 019	EN474	100	0,9856298	0,9171193	222,654	194,74	60,4
SE, 020	EN475	100	0,978665	0,9501883	95,2328	86,12	26,7
SE, 021	EN440	50	0,9983308	0,9465891	207,9972	92,44	28,
SE, 022	EN256	75	0,9918404	0,9564865	145,0807	97,29	30,2
SE, 023	EN197	100	0,9892215	0,9398998	162,4968	145,57	45,2
SE, 024	EN322	25	0,9792538	0,9550119	87,37474	19,03	5,91
SE, 025	EN507	75	0,9878166	0,9449739	172,9596	76,47	23,7
SE, 026	EN473	50	0,9856298	0,9171193	222,654	194,74	60,4
SE, 027	EN173	50	0,978665	0,9501883	95,2328	86,12	26,7
SE, 028	EN2112	200	0,9983308	0,9465891	207,9972	92,44	28,
Potencia Total						3,862,52	1,11

Nota: Elaboración propia

Tabla 18: Transformadores año 2037 y su Cargabilidad

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada kva	Demanda máxima año 2037				
			Lado HV- p,u,	Lado LV- p,u,	Cargabilidad %	Pot, kw	
SE, 001	EN127	250	0,991978	0,9516929	125,6612	285,09	88,3
SE, 002	EN2068	160	0,9906496	0,9154834	259,6389	362,829	112
SE, 003	EN126	160	0,986508	0,9013158	291,7448	401,439	1
SE, 004	EN2069	50	0,9818137	0,9566733	102,4148	45,16	14,1
SE, 005	EN276	75	0,9814976	0,9257289	226,3208	148,11	46,1
SE, 006	EN2081	100	0,9908478	0,8624634	401,2829	330,288	102
SE, 007	EN175	100	0,9841785	0,960998	77,83649	71,13	22,1
SE, 008	EN2079	1000	0,9658924	0,939568	84,95449	760,98	236
SE, 009	EN174	75	0,985777	0,8652261	473,4374	291,739	90,1
SE, 010	EN2080	25	0,9776972	0,9534176	87,50768	19,03	5,9
SE, 011	EN263	100	0,9742202	0,882135	294,3085	247,689	76,1
SE, 012	EN272	200	0,9759625	0,9582869	65,51041	119,55	37,
SE, 013	EN2072	500	0,9877353	0,9856429	8,696401	31,9	9,9
SE, 014	EN323	100	0,9854861	0,9853755	0,9853755		
SE, 015	EN331	640	0,9699354	0,9622598	32,87888	195,57	60,
SE, 016	EN332	10	0,9781948	0,9597424	159,5192	14,27	4,4
SE, 017	EN273	100	0,980189	0,9598021	68,59434	62,57	19,
SE, 018	EN214	50	0,985889	0,9363186	199,424	87,62	27,;
SE, 019	EN474	100	0,9834604	0,9031855	258,7599	222,929	69,;
SE, 020	EN475	100	0,9759952	0,9474327	95,50785	86,12	26,;
SE, 021	EN440	50	0,9975506	0,9376191	239,9291	105,88	32,;
SE, 022	EN256	75	0,9903419	0,9496336	166,5716	111,23	34,;
SE, 023	EN197	100	0,9877524	0,9383436	162,7652	145,57	45,;
SE, 024	EN322	25	0,9765857	0,9522791	87,60291	19,03	5,9
SE, 025	EN507	75	0,985889	0,9363186	199,424	87,62	27,;
SE, 026	EN473	50	0,9834604	0,9031855	258,7599	222,929	69,;
SE, 027	EN173	50	0,9759952	0,9474327	95,50785	86,12	26,;
SE, 028	EN2112	200	0,9975506	0,9376191	239,9291	105,88	32,;
Potencia Total						4,	
						165,72	

Nota: Elaboración propia

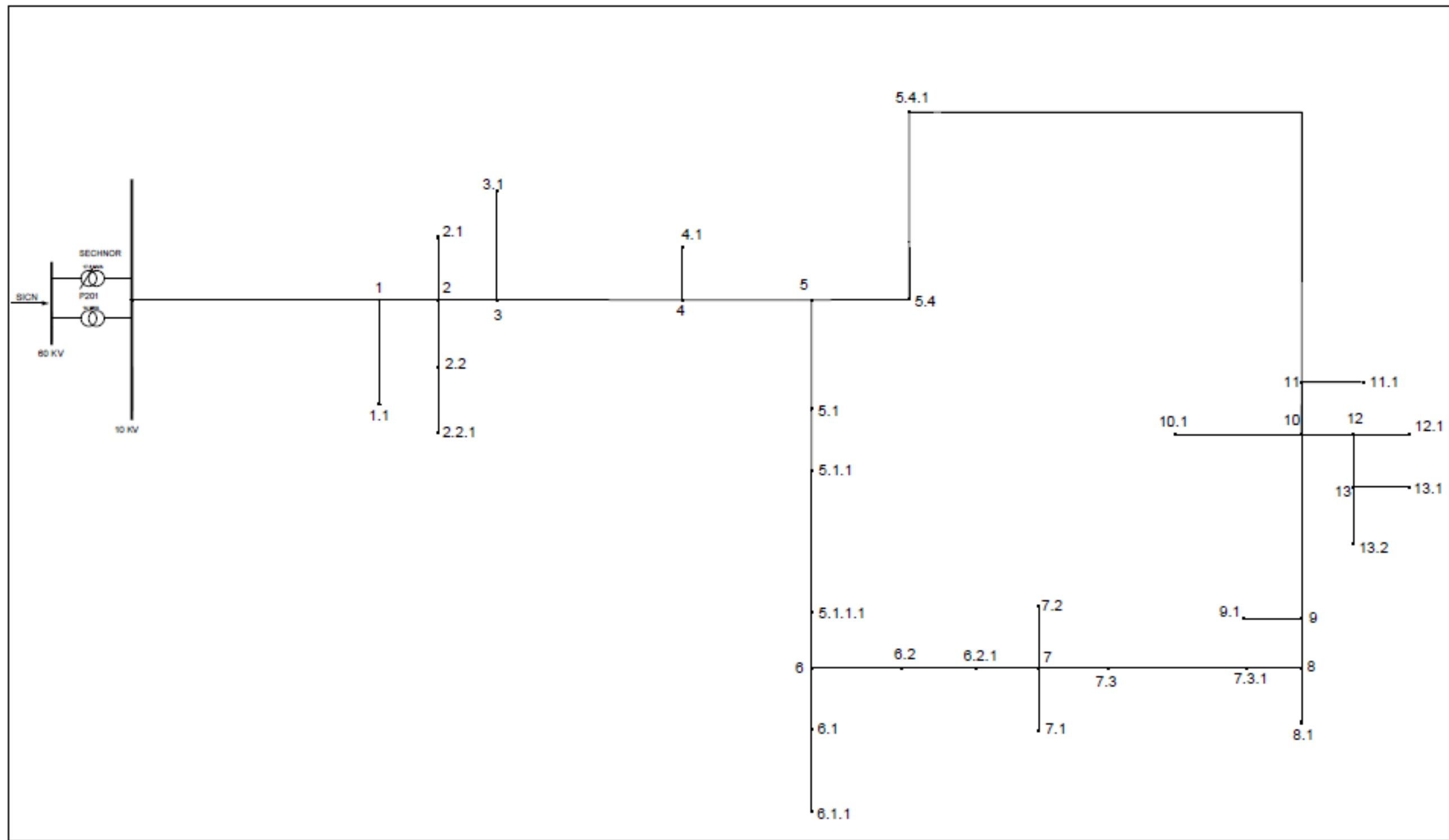
Tabla 19: Transformadores año 2042 y su Cargabilidad

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada a kva	Demanda máxima año 2042				Cargabilidad %	Pot, kw	Pot, l
			Lado HV- p,u,	Lado LV- p,u,					
SE, 001	EN127	250	0,9905073	0,9501505	125,8646	285,09	88,54		
SE, 002	EN2068	160	0,9888853	0,9003832	302,309	415,559	129,0		
SE, 003	EN126	160	0,9846364	0,8837918	340,9384	460,079	142,8		
SE, 004	EN2069	50	0,9798138	0,9546219	102,6195	45,16	14,02		
SE, 005	EN276	75	0,9794475	0,914549	262,0865	169,78	52,72		
SE, 006	EN2081	100	0,9891823	0,8348647	474,6858	378,263	117,4		
SE, 007	EN175	100	0,9816359	0,9548337	89,75028	81,54	25,32		
SE, 008	EN2079	1000	0,9638624	0,9374728	85,14368	760,98	236,2		
SE, 009	EN174	75	0,9834097	0,8397229	557,9629	334,047	103,7		
SE, 010	EN2080	25	0,9745527	0,9501964	87,77773	19,03	5,910		
SE, 011	EN263	100	0,9705252	0,8611107	345,6154	283,989	88,20		
SE, 012	EN272	200	0,9727097	0,9549708	65,73652	119,55	37,12		
SE, 013	EN2072	500	0,9859513	0,9838553	8,711386	9,90757	33,40		
SE, 014	EN323	100	0,9830954	0,982985	0,356904				
SE, 015	EN331	640	0,9679145	0,9602225	32,94805	195,57	60,74		
SE, 016	EN332	10	0,9761613	0,9548613	182,429	16,29	5,059		
SE, 017	EN273	100	0,9772952	0,956844	68,80433	62,57	19,42		
SE, 018	EN214	50	0,9835433	0,9260174	230,4808	100,41	31,18		
SE, 019	EN474	100	0,9808216	0,886256	301,8628	255,239	79,20		
SE, 020	EN475	100	0,9727424	0,9440748	95,8452	86,12	26,74		
SE, 021	EN440	50	0,9966035	0,9269871	277,3587	121,27	37,60		
SE, 022	EN256	75	0,9885307	0,9414896	191,8274	127,33	39,54		
SE, 023	EN197	100	0,9859684	0,9364534	163,0924	145,57	45,20		
SE, 024	EN322	25	0,9733351	0,948949	87,88282	19,03	5,910		
SE, 025	EN507	75	0,9835433	0,9260174	230,4808	100,41	31,18		
SE, 026	EN473	50	0,9808216	0,886256	301,8628	255,239	79,20		
SE, 027	EN173	50	0,9727424	0,9440748	95,8452	86,12	26,74		
SE, 028	EN2112	200	0,9966035	0,9269871	277,3587	121,27	37,60		
Potencia Total							4 492,37	1 42	

Nota: Elaboración propia

En seguida, presentamos la cargabilidad de las líneas, empleando el siguiente diagrama unifilar:

Figura 21: Diagrama unifilar del Alimentador C-233



Nota: Elaborado por el autor.

Tabla 20: Cargabilidad de conductores

Nombre	Voltaje Nominal	Año 2021 sin proyecto		Año 2021 con proyecto		Año 2022		Año 2027		Año 2032		Año 2037		Año 2042	
		Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %
Line 01	10 kV	CU 50 mm2	98.1	AAAC 50 mm2	96.4	AAAC 50 mm2	97.2	AAAC 50 mm2	97.8	98.1	98.5	AAAC 50 mm2	98.9	AAAC 50 mm2	99.1
Line 01.1	10 kV	CU 16 mm2	16.5	CU 16 mm2	16.9	CU 16 mm2	17.2	CU 16 mm2	17.3	CU 16 mm2	17.8	CU 16 mm2	18.1	CU 16 mm2	18.2
Line 02	10 kV	CU 50 mm2	89.7	AAAC 50 mm2	86.4	AAAC 50 mm2	86.8	AAAC 50 mm2	87.2	AAAC 50 mm2	87.5	AAAC 50 mm2	87.8	AAAC 50 mm2	87.9
Line 02.1	10 kV	CU 16 mm2	14.9	CU 16 mm2	15.1	CU 16 mm2	15.4	CU 16 mm2	15.7	CU 16 mm2	15.9	CU 16 mm2	16.2	CU 16 mm2	16.4
Line 02.2	10 kV	CU 35 mm2	15.6	CU 35 mm2	15.8	CU 35 mm2	15.9	CU 35 mm2	16.1	CU 35 mm2	16.3	CU 35 mm2	16.5	CU 35 mm2	16.8
Line 02.2.1	10 kV	CU 35 mm2	15.9	CU 35 mm2	16.1	CU 35 mm2	16.2	CU 35 mm2	16.3	CU 35 mm2	16.5	CU 35 mm2	16.7	CU 35 mm2	16.9
Line 03	10 kV	CU 50 mm2	88.9	AAAC 50 mm2	84.2	AAAC 50 mm2	84.8	AAAC 50 mm2	84.9	AAAC 50 mm2	85.1	AAAC 50 mm2	85.3	AAAC 50 mm2	85.5
Line 03.1	10 kV	CU 25 mm2	16.4	CU 25 mm2	16.5	CU 25 mm2	16.7	CU 25 mm2	16.8	CU 25 mm2	16.9	CU 25 mm2	17.2	CU 25 mm2	17.3
Line 04	10 kV	CU 50 mm2	87.8	AAAC 50 mm2	82.3	AAAC 50 mm2	82.5	AAAC 50 mm2	82.7	AAAC 50 mm2	82.9	AAAC 50 mm2	83.2	AAAC 50 mm2	82.5
Line 04.1	10 kV	CU 25 mm2	18.9	CU 25 mm2	19.1	CU 25 mm2	19.3	CU 25 mm2	19.5	CU 25 mm2	19.6	CU 25 mm2	20.1	CU 25 mm2	20.5
Line 05	10 kV	CU 50 mm2	86.4	AAAC 50 mm2	81.2	AAAC 50 mm2	81.5	AAAC 50 mm2	82.5	AAAC 50 mm2	82.8	AAAC 50 mm2	83.5	AAAC 50 mm2	83.7
Line 05.1	10 kV	CU 50 mm2	85.3	AAAC 50 mm2	79.2	AAAC 50 mm2	81.2	AAAC 50 mm2	82.1	AAAC 50 mm2	82.6	AAAC 50 mm2	83.2	AAAC 50 mm2	83.5
Line 05.1.1	10 kV	CU 50 mm2	84.2	AAAC 50 mm2	78.2	AAAC 50 mm2	78.4	AAAC 50 mm2	78.6	AAAC 50 mm2	78.8	AAAC 50 mm2	79.5	AAAC 50 mm2	79.7
Line 05.1.1.1	10 kV	CU 50 mm2	83.2	AAAC 50 mm2	85.4	AAAC 50 mm2	85.6	AAAC 50 mm2	86.1	AAAC 50 mm2	86.3	AAAC 50 mm2	86.7	AAAC 50 mm2	86.9
Line 05.4	10 kV	CU 50 mm2	28.3	AAAC 50 mm2	81.2	AAAC 50 mm2	81.5	AAAC 50 mm2	82.5	AAAC 50 mm2	82.8	AAAC 50 mm2	83.5	AAAC 50 mm2	83.7
Line 05.4.1	10 kV	CU 50 mm2	22.9	AAAC 50 mm2	79.2	AAAC 50 mm2	81.2	AAAC 50 mm2	82.1	AAAC 50 mm2	82.6	AAAC 50 mm2	83.2	AAAC 50 mm2	83.5
Line 06	10 kV	CU 50 mm2	82.1	AAAC 50 mm2	78.2	AAAC 50 mm2	78.4	AAAC 50 mm2	78.6	AAAC 50 mm2	78.8	AAAC 50 mm2	79.5	AAAC 50 mm2	79.7
Line 06.1	10 kV	CU 25 mm2	17.2	CU 25 mm2	17.4	CU 25 mm2	17.6	CU 25 mm2	17.8	CU 25 mm2	17.9	CU 25 mm2	18.1	CU 25 mm2	18.3
Line 06.1.1	10 kV	CU 25 mm2	15.9	CU 25 mm2	16.1	CU 25 mm2	16.3	CU 25 mm2	16.5	CU 25 mm2	16.7	CU 25 mm2	16.9	CU 25 mm2	17.2
Line 06.2	10 kV	AAAC 35 mm2	92.1	AAAC 35 mm2	93.2	AAAC 35 mm2	93.4	AAAC 35 mm2	93.7	AAAC 35 mm2	93.4	AAAC 35 mm2	93.8	AAAC 35 mm2	93.9
Line 06.2.1	10 kV	AAAC 35 mm2	89.5	AAAC 35 mm2	91.2	AAAC 35 mm2	91.5	AAAC 35 mm2	92.1	AAAC 35 mm2	92.4	AAAC 35 mm2	92.8	AAAC 35 mm2	93.1
Line 07	10 kV	AAAC 35 mm2	88.4	AAAC 35 mm2	88.9	AAAC 35 mm2	89.1	AAAC 35 mm2	89.4	AAAC 35 mm2	89.5	AAAC 35 mm2	91.2	AAAC 35 mm2	91.5
Line 07.1	10 kV	CU 16 mm2	12.8	CU 16 mm2	12.9	CU 16 mm2	13.2	CU 16 mm2	13.5	CU 16 mm2	13.7	CU 16 mm2	13.9	CU 16 mm2	14.1
Line 07.2	10 kV	CU 16 mm2	16.7	CU 16 mm2	16.9	CU 16 mm2	17.1	CU 16 mm2	17.5	CU 16 mm2	18.1	CU 16 mm2	18.1	CU 16 mm2	18.5
Line 07.3	10 kV	AAAC 35 mm2	86.2	AAAC 35 mm2	87.5	AAAC 35 mm2	87.7	AAAC 35 mm2	88.2	AAAC 35 mm2	88.5	AAAC 35 mm2	88.7	AAAC 35 mm2	88.9
Line 07.3.1	10 kV	AAAC 35 mm2	85.9	AAAC 35 mm2	87.2	AAAC 35 mm2	87.3	AAAC 35 mm2	87.9	AAAC 35 mm2	88.1	AAAC 35 mm2	88.2	AAAC 35 mm2	88.5
Line 08	10 kV	AAAC 35 mm2	84.9	AAAC 35 mm2	86.5	AAAC 35 mm2	86.7	AAAC 35 mm2	86.9	AAAC 35 mm2	87.1	AAAC 35 mm2	87.5	AAAC 35 mm2	87.6
Line 08.1	10 kV	CU 25 mm2	16.5	CU 25 mm2	17.1	CU 25 mm2	17.5	CU 25 mm2	17.9	CU 25 mm2	18.2	CU 25 mm2	18.5	CU 25 mm2	18.9
Line 09	10 kV	AAAC 35 mm2	83.5	AAAC 35 mm2	85.2	AAAC 35 mm2	85.7	AAAC 35 mm2	85.9	AAAC 35 mm2	86.1	AAAC 35 mm2	86.5	AAAC 35 mm2	86.9
Line 09.1	10 kV	CU 25 mm2	17.5	CU 25 mm2	19.2	CU 25 mm2	19.4	CU 25 mm2	19.6	CU 25 mm2	19.8	CU 25 mm2	20.1	CU 25 mm2	20.2
Line 10	10 kV	AAAC 35 mm2	82.5	AAAC 35 mm2	83.1	AAAC 35 mm2	83.5	AAAC 35 mm2	84.2	AAAC 35 mm2	84.6	AAAC 35 mm2	84.9	AAAC 35 mm2	85.1
Line 10.1	10 kV	CU 25 mm2	19.5	CU 25 mm2	20.2	CU 25 mm2	20.8	CU 25 mm2	21.5	CU 25 mm2	21.9	CU 25 mm2	22.2	CU 25 mm2	22.9
Linea 11	10 kV	AAAC 35 mm2	81.6	AAAC 35 mm2	82.1	AAAC 35 mm2	82.8	AAAC 35 mm2	83.1	AAAC 35 mm2	83.4	AAAC 35 mm2	84.1	AAAC 35 mm2	84.6
Line 11.1	10 kV	CU 25 mm2	13.8	CU 25 mm2	14.1	CU 25 mm2	14.5	CU 25 mm2	15.2	CU 25 mm2	15.6	CU 25 mm2	15.8	CU 25 mm2	16.1
Line 11.2	11 kV	CU 25 mm2	14.7	CU 25 mm2	15.2	CU 25 mm2	15.8	CU 25 mm2	15.9	CU 25 mm2	16.1	CU 25 mm2	16.7	CU 25 mm2	17.1
Line 12	12 kV	CU 25 mm2	15.2	CU 25 mm2	15.4	CU 25 mm2	15.6	CU 25 mm2	15.8	CU 25 mm2	15.9	CU 25 mm2	16.2	CU 25 mm2	16.8
Line 12.1	10 kV	CU 25 mm2	14.2	CU 25 mm2	14.8	CU 25 mm2	14.9	CU 25 mm2	15.1	CU 25 mm2	15.2	CU 25 mm2	15.8	CU 25 mm2	16.1
Line 13	10 kV	CU 25 mm2	18.9	CU 25 mm2	19.1	CU 25 mm2	19.3	CU 25 mm2	19.5	CU 25 mm2	19.7	CU 25 mm2	20.1	CU 25 mm2	20.8
Line 13.1	10 kV	CU 25 mm2	17.2	CU 25 mm2	18.2	CU 25 mm2	18.5	CU 25 mm2	18.7	CU 25 mm2	18.9	CU 25 mm2	19.2	CU 25 mm2	19.5
Line 13.2	10 kV	CU 25 mm2	16.8	CU 25 mm2	17.2	CU 25 mm2	17.5	CU 25 mm2	17.9	CU 25 mm2	18.1	CU 25 mm2	18.6	CU 25 mm2	19.2

Nota: Elaborado por el autor

c. Perfiles de tensión

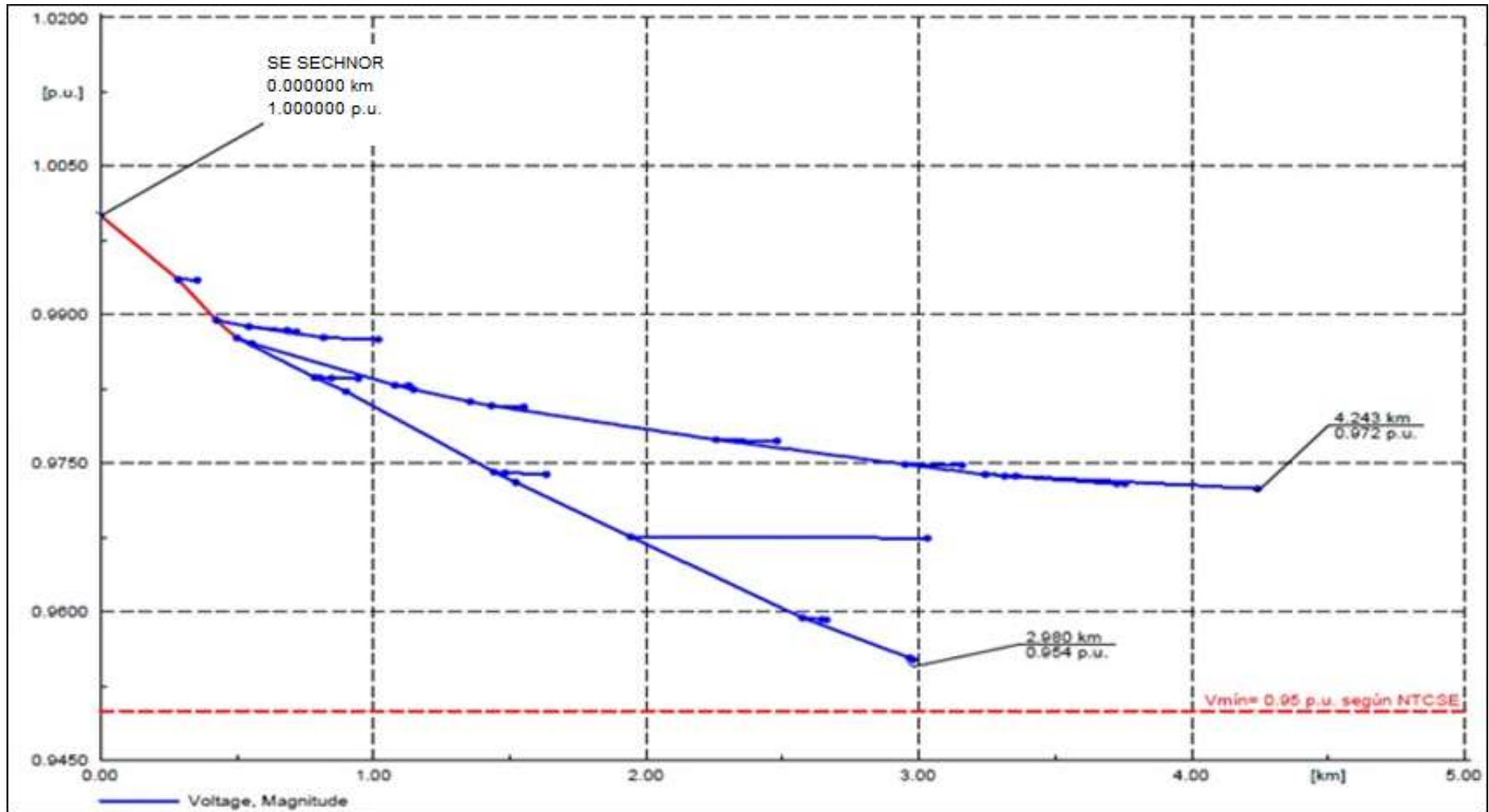
El análisis de flujo de potencia verifica si la caída de tensión cumple con los estándares de la NTCSE con el proyecto.

Tabla 21: Resumen de caída de tensión

Nombre	Voltaje nominal	Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)
Line 01	10 kV	0,993	1,000	1,000	0,999	0,998	0,998	0,99
Line 01,1	10 kV	1,000	1,007	1,007	1,007	1,007	1,007	1,00
Line 02	10 kV	0,988	0,995	0,995	0,994	0,993	0,992	0,99
Line 02,1	10 kV	0,988	0,995	0,995	0,994	0,993	0,992	0,99
Line 02,2	10 kV	0,989	0,996	0,996	0,995	0,994	0,992	0,99
Line 02,2,1	10 kV	0,988	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,98
Line 03	10 kV	0,987	0,994	0,994	0,993	0,992	0,990	0,98
Line 03,1	10 kV	0,994	1,000	1,000	0,999	0,998	0,998	0,99
Line 04	10 kV	0,984	0,992	0,991	0,990	0,989	0,988	0,98
Line 04,1	10 kV	0,984	0,992	0,992	0,990	0,989	0,988	0,98
Line 05	10 kV	0,984	0,992	0,991	0,990	0,989	0,988	0,98
Line 05,1	10 kV	0,988	0,995	0,995	0,994	0,993	0,992	0,99
Line 05,1,1	10 kV	0,984	0,992	0,992	0,991	0,989	0,988	0,98
Line 05,1,1,1	10 kV	0,974	0,986	0,986	0,985	0,983	0,982	0,98
Line 05,4	10 kV	0,974	0,986	0,986	0,985	0,983	0,981	0,97
Line 05,4,1	10 kV	0,982	0,991	0,990	0,989	0,988	0,987	0,98
Line 06	10 kV	0,974	0,986	0,986	0,985	0,984	0,982	0,98
Line 06,1	10 kV	0,959	0,974	0,974	0,973	0,972	0,970	0,96
Line 06,1,1	10 kV	0,959	0,974	0,974	0,973	0,972	0,970	0,96
Line 06,2	10 kV	0,959	0,975	0,974	0,973	0,972	0,970	0,96
Line 06,2,1	10 kV	0,955	0,971	0,970	0,969	0,968	0,966	0,96
Line 07	10 kV	0,955	0,970	0,970	0,969	0,968	0,966	0,96
Line 07,1	10 kV	0,973	0,986	0,986	0,984	0,983	0,981	0,97
Line 07,2	10 kV	0,967	0,983	0,982	0,981	0,980	0,978	0,97
Line 07,3	10 kV	0,989	0,996	0,996	0,995	0,994	0,993	0,99
Line 07,3,1	10 kV	0,987	0,994	0,994	0,993	0,992	0,991	0,98
Line 08	10 kV	0,983	0,991	0,991	0,989	0,988	0,986	0,98
Line 08,1	10 kV	0,983	0,991	0,991	0,989	0,988	0,986	0,98
Line 09	10 kV	0,983	0,991	0,991	0,989	0,988	0,986	0,98
Line 09,1	10 kV	0,982	0,991	0,990	0,989	0,987	0,985	0,98
Line 10	10 kV	0,981	0,990	0,989	0,988	0,986	0,984	0,98
Line 10,1	10 kV	0,981	0,989	0,989	0,987	0,986	0,983	0,98

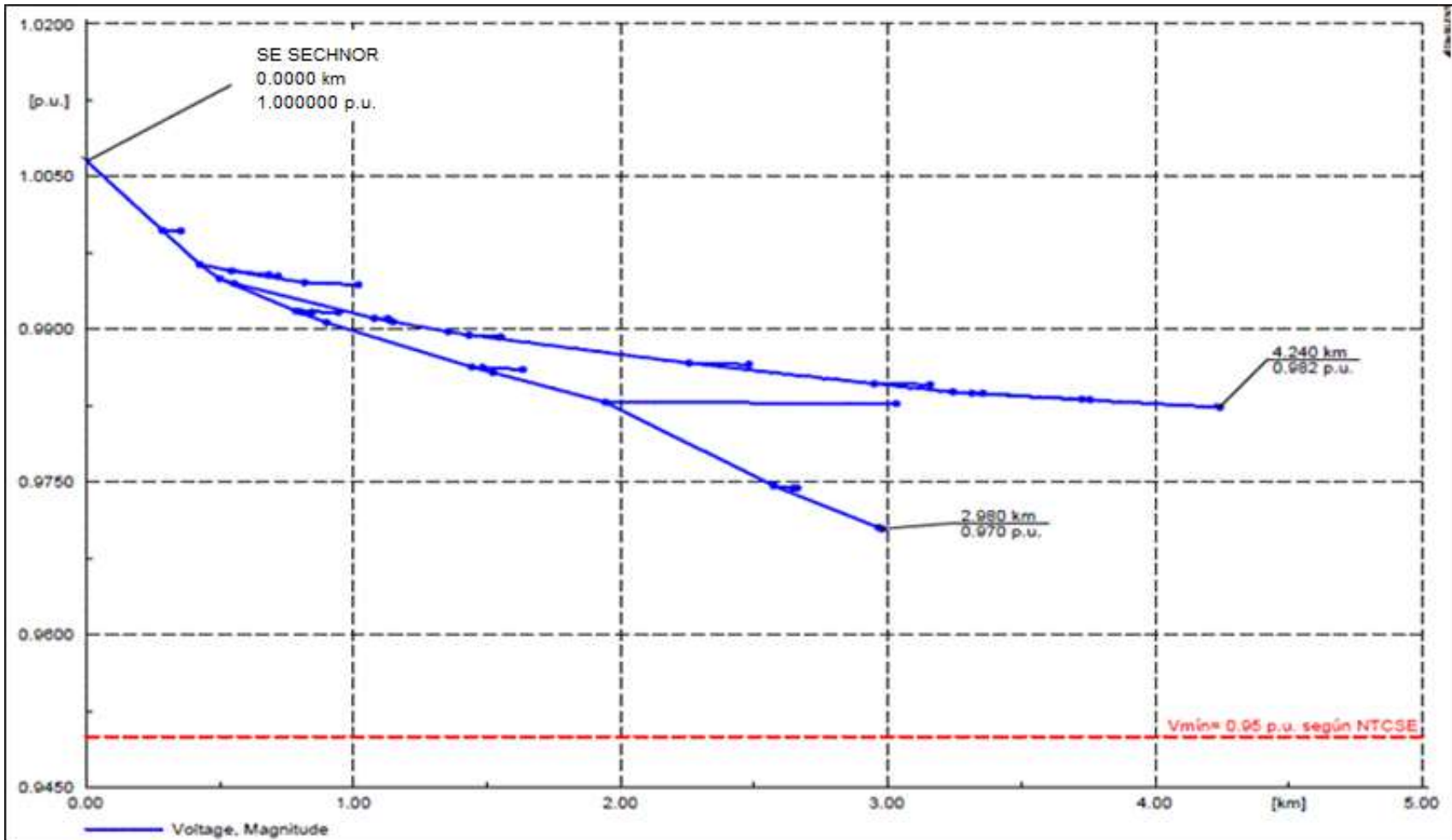
Nota: Elaborado por el autor

Figura 22: Perfil de tensión año 2021 sin proyecto,



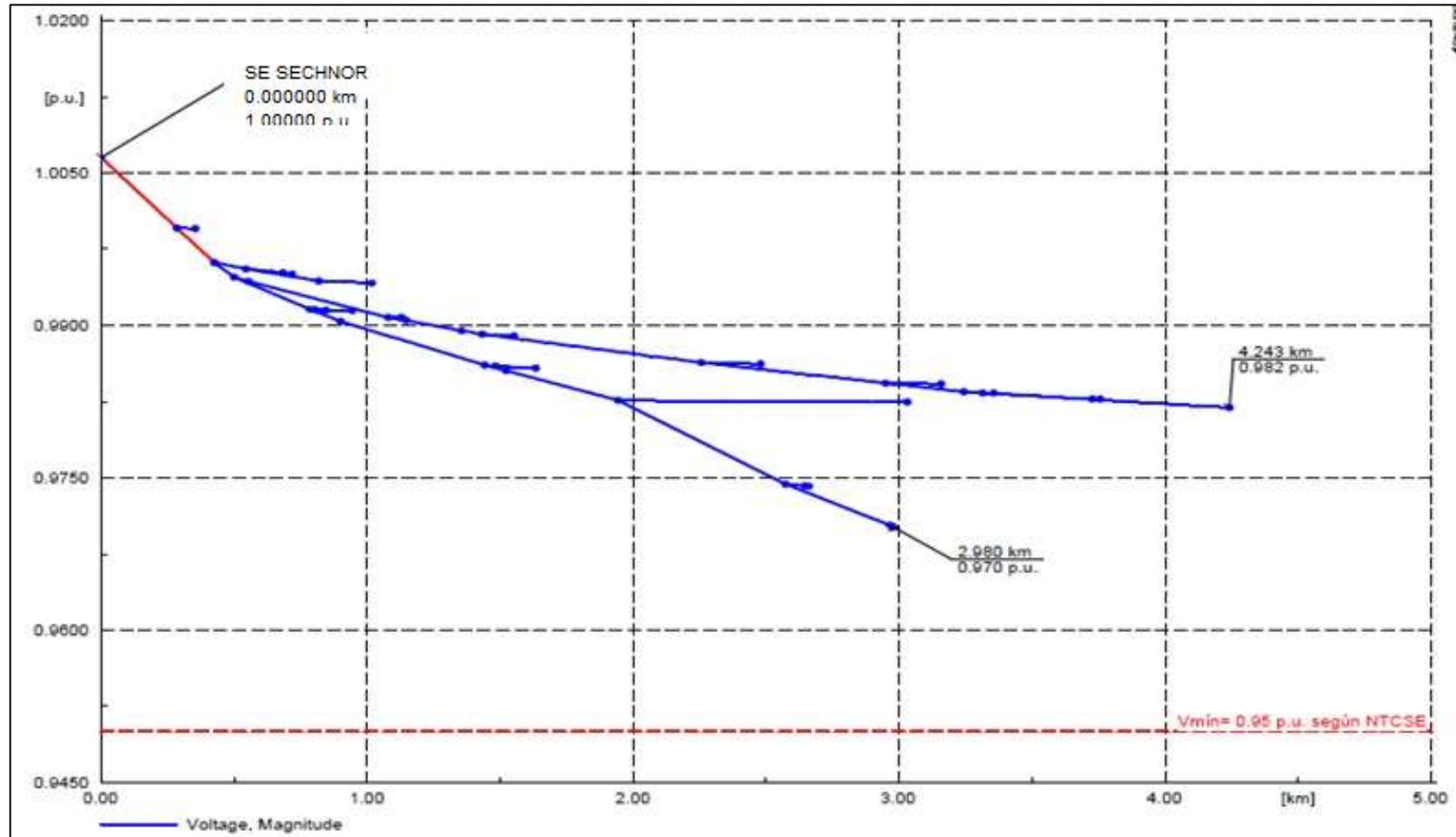
Nota: Elaborado por el autor

Figura 23: Perfil de tensión año 2021 con proyecto,



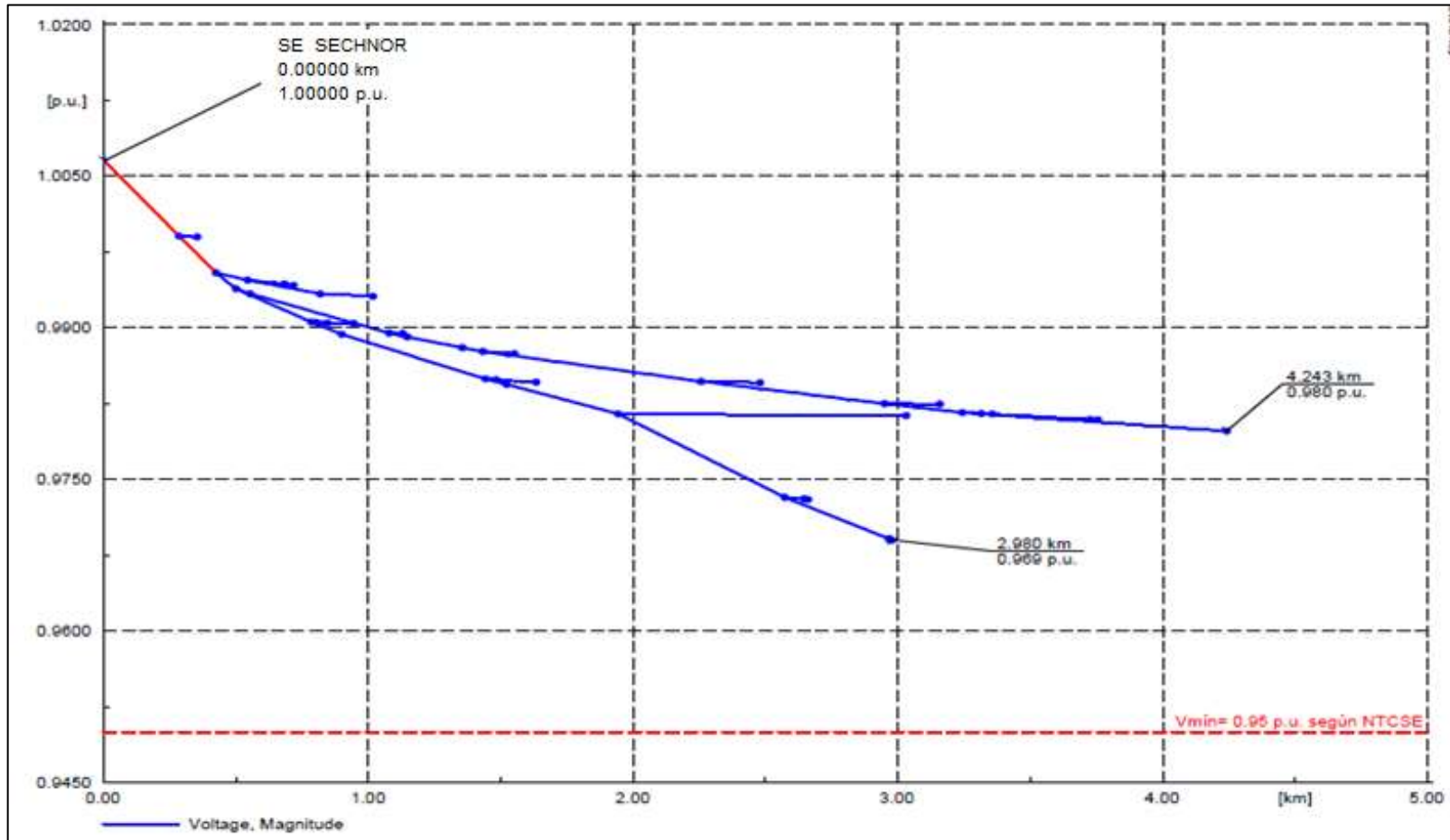
Nota: Elaborado por el autor

Figura 24: Perfil de tensión año 2022,



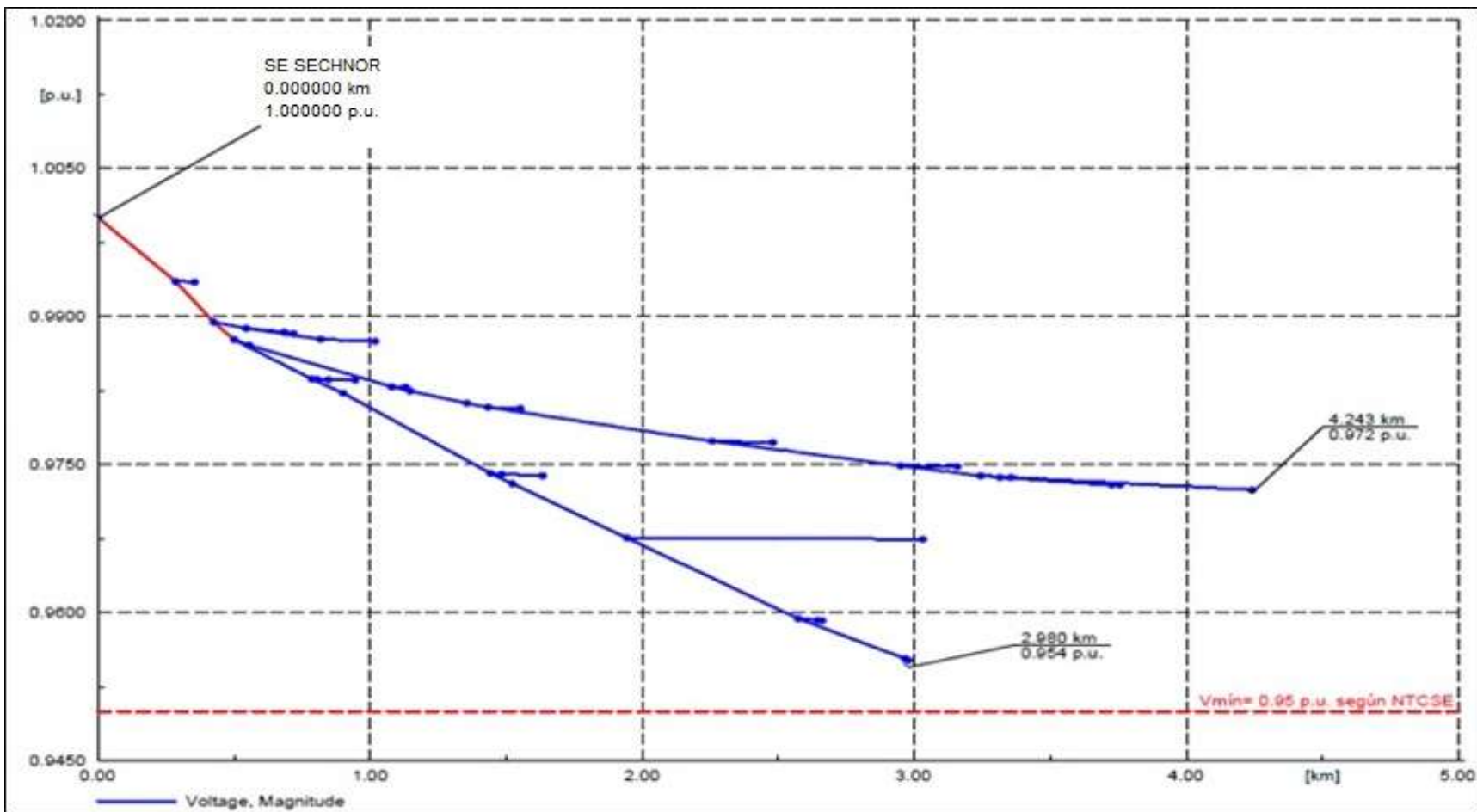
Nota: Elaborado por el autor

Figura 25: Perfil de tensión año 2027,



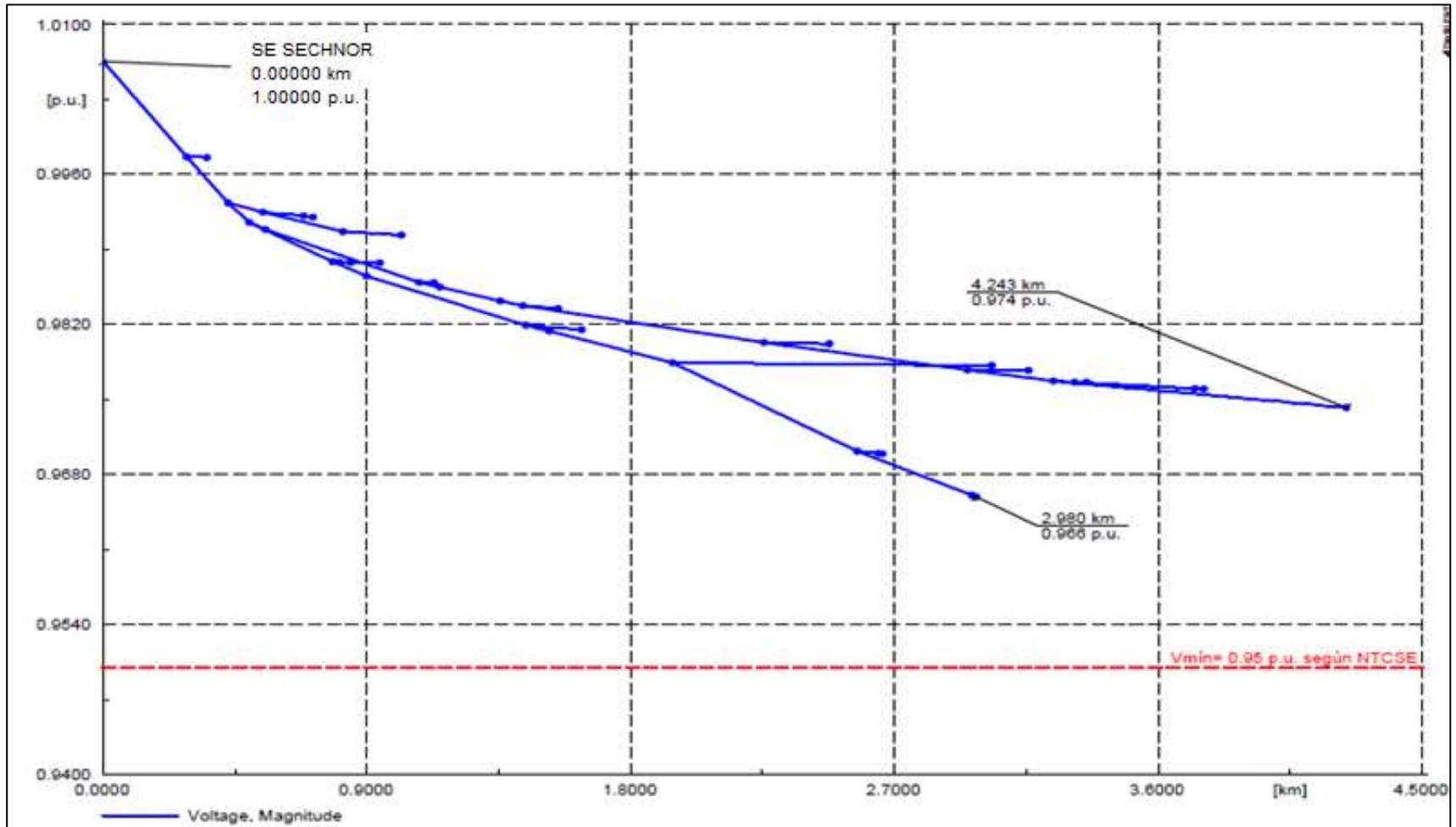
Nota: Elaborado por el autor

Figura 26: Perfil de tensión año 2032,



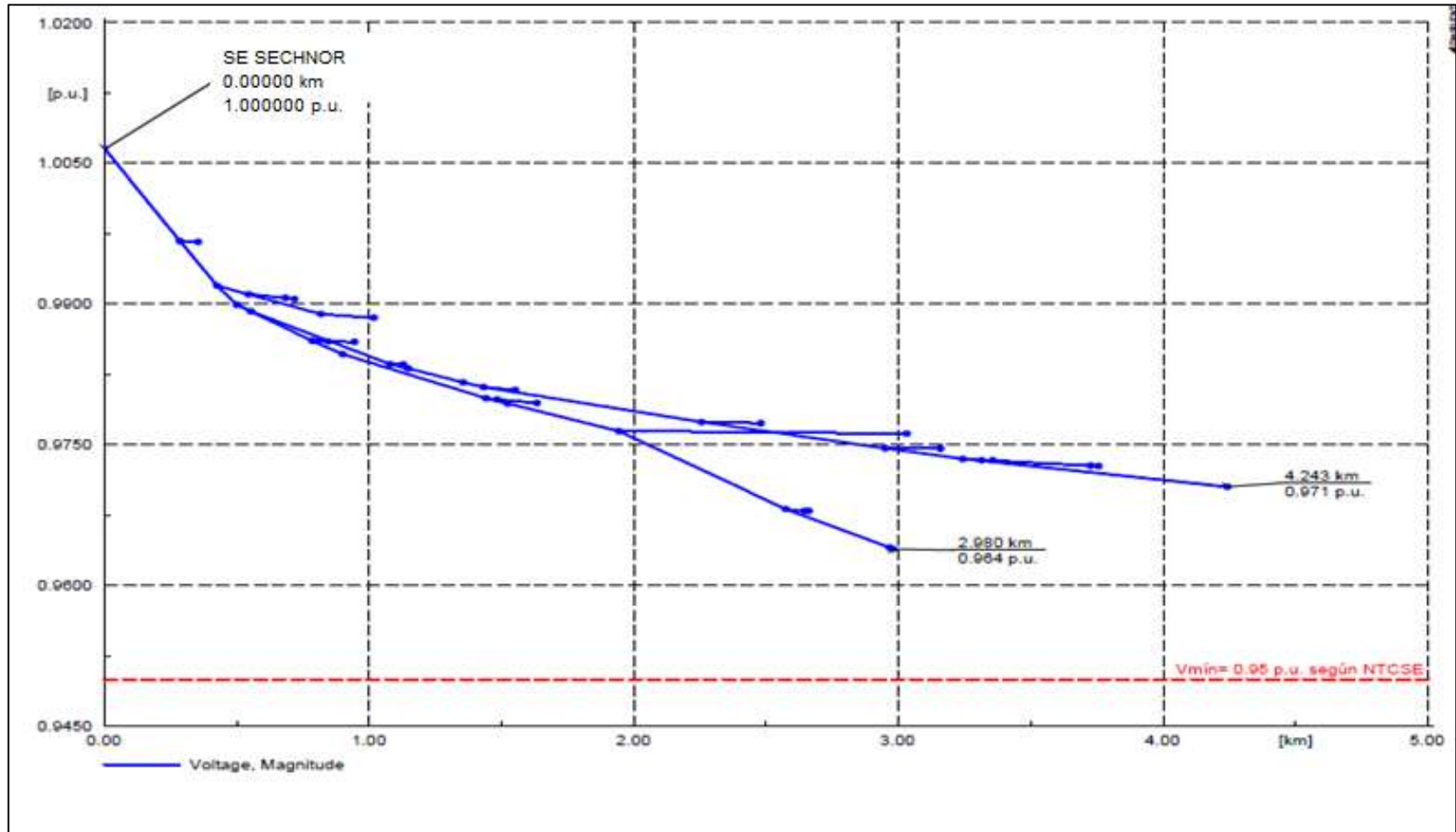
Nota: Elaborado por el autor

Figura 27: Perfil de tensión año 2037,



Nota: Elaborado por el autor

Figura 28: Perfil de tensión año 2042,



Nota: Elaborado por el autor

d. Resultado de cortocircuito

El cálculo de cortocircuito consideró la potencia del sistema eléctrico en la barra de 10 kV del alimentador C-233.

Para estudios de cortocircuito se utilizan protocolos estándar, ANSI y IEC, optando por el IEC en este caso, También se estudiará la simulación de redes vacías y cargadas,

La prueba en vacío es útil para medir la potencia de cortocircuito, evaluar equipos de maniobra y diseñar sistemas de puesta a tierra.

"Los análisis se realizan para determinar la capacidad de cortocircuito necesaria y seleccionar el equipo de protección adecuado".

El cálculo de corto circuito se realiza usando el método completo que considera el estado previo y una fuente de potencia para simularlo.

Los resultados muestran que la corriente de cortocircuito máximo ocurre en 2042; también se simularán fallas monofásicas con una impedancia de falla de 100 ohmios, [6].

En las siguientes tablas se adjunta las corrientes de cortocircuito en la barra de la S,E, SECHONOR, corriente de cortocircuito en los nodos y en los alimentadores.

Tabla 22: Intensidad de cortocircuito monofásico en la S.E. SECHONOR.

Barra	Tensión (kV)	Cortocircuito monofásico a tierra						
		Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		$I_{k''}$ (kA)	$I_{k''}$ (kA)	$I_{k''}$ (kA)	$I_{k''}$ (kA)	$I_{k''}$ (kA)	$I_{k''}$ (kA)	$I_{k''}$ (kA)
<u>S.E.</u>								
SECHONOR	10,00	8,355387	8,405022	8,405819	8,62222	9,732177	9,806814	9,899612

Nota: Elaboración propia

Nota: Elaboración propia

Tabla 23: Intensidad de cortocircuito bifásico en la S.E. SECHONOR.

Barra	Tensión (kV)	Cortocircuito bifásico						
		Año 2021	Año 2021	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		SP	CP					
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
<u>S.E.</u> SECHO NOR,	10,00	8,948256	8,99806	8,999664	9,437157	12,04487	12,24172	12,49769

Nota: Elaboración propia

Nota: Elaboración propia

Tabla 24: Intensidad de cortocircuito trifásico en la S.E. SECHONOR.

Barra	Tensión (kV)	Cortocircuito trifásico						
		Año 2021	Año 2021	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		SP	CP					
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
<u>S.E.</u> SECH ONOR	10,00	10,54592	10,60236	10,60415	11,11323	14,10932	14,32788	14,63978

Nota: Elaboración propia

Nota: Elaboración propia

Tabla 25: Potencia aparente de cortocircuito monofásico en la S.E. SECHONOR.

Barra	Tensión (kV)	Cortocircuito monofásico a tierra						
		Año 2021	Año 2021	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		SP	CP					
		Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)
<u>S.E.</u> SECHO	10,00	48,23985	48,52642	48,53102	49,78041	56,18875	56,61967	57,15543

Nota: Elaboración propia

Tabla 26: Potencia aparente de cortocircuito bifásico en la S.E. SECHONOR.

		Cortocircuito bifásico						
Barra	Tensión (kV)	Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)
<u>S.E.</u>								
SECHONOR,	10,00	51,66278	51,95033	51,95959	54,48545	69,54107	70,6776	72,15544

Nota: Elaboración propia

Tabla 27: Potencia aparente de cortocircuito trifásico en la S.E. SECHONOR.

		Cortocircuito trifásico						
Barra	Tensión (kV)	Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)
<u>S.E.</u>								
SECHONOR,	10,00	182,660	183,638	183,669	192,486	244,380	248,166	253,568
		8	3	2	8	6	2	4

Nota: Elaboración propia

Tabla 28: Intensidad de cortocircuito monofásico en los nodos,

		Cortocircuito monofásico a tierra						
Barra	Tensión (kV)	Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 01	10	6,086	5,866	5,867	5,973	6,465	6,489	6,532
Line 01,1	10	5,651	5,411	5,412	5,502	5,910	5,929	5,965
Line 02	10	2,114	2,126	2,125	2,120	2,115	2,107	2,098

Cortocircuito monofásico a tierra

Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021	2021	2022	2027	2032	2037	2042
		SP	CP					
		Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"
		(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)
Line 02,1	10	5,286	5,083	5,083	5,162	5,519	5,534	5,565
Line 02,2	10	4,747	4,527	4,527	4,590	4,865	4,874	4,898
Line 02,2,1	10	4,231	4,006	4,006	4,054	4,263	4,269	4,287
Line 03	10	4,109	3,887	3,887	3,933	4,127	4,132	4,149
Line 03,1	10	3,686	3,487	3,487	3,523	3,672	3,674	3,686
Line 04	10	4,924	4,952	4,949	4,936	4,927	4,904	4,876
Line 04,1	10	3,146	2,968	2,967	2,993	3,095	3,095	3,103
Line 05	10	3,132	3,150	3,149	3,143	3,139	3,129	3,117
Line 05,1	10	4,942	4,751	4,751	4,820	5,127	5,139	5,165
Line 05,1,1	10	4,711	4,529	4,529	4,592	4,868	4,878	4,901
Line 05,1,1,1	10	3,221	3,117	3,117	3,145	3,267	3,269	3,277
Line 05,4	10	3,123	3,017	3,017	3,043	3,156	3,158	3,165
Line 05,4,1	10	3,072	3,096	3,093	3,076	3,059	3,033	3,000
Line 06	10	3,125	3,019	3,019	3,045	3,159	3,160	3,167
Line 06,1	10	2,086	2,103	2,102	2,096	2,090	2,081	2,071
Line 06,1,1	10	3,088	2,992	2,992	3,017	3,129	3,130	3,137
Line 06,2	10	3,121	3,147	3,146	3,143	3,143	3,137	3,130
Line 06,2,1	10	2,753	2,675	2,675	2,695	2,782	2,782	2,787
Line 07	10	3,099	3,125	3,123	3,118	3,114	3,105	3,094
Line 07,1	10	2,644	2,572	2,571	2,590	2,670	2,670	2,674
Line 07,2	10	2,492	2,415	2,415	2,431	2,500	2,500	2,503
Line 07,3	10	3,060	3,085	3,083	3,071	3,060	3,042	3,019
Line 07,3,1	10	1,859	1,825	1,824	1,833	1,870	1,869	1,869
Line 08	10	1,720	1,679	1,679	1,686	1,717	1,716	1,716
Line 08,1	10	3,052	3,080	3,079	3,075	3,073	3,066	3,058
Line 09	10	1,485	1,465	1,464	1,469	1,492	1,491	1,490
Line 09,1	10	1,381	1,360	1,360	1,364	1,383	1,382	1,381

Cortocircuito monofásico a tierra								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021	2021	2022	2027	2032	2037	2042
		SP	CP					
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 10	10	1,037	1,048	1,048	1,046	1,044	1,041	1,038
Line 10,1	10	1,368	1,352	1,351	1,355	1,375	1,373	1,372
Line 11	10	1,078	1,048	1,048	1,049	1,060	1,058	1,057
Line 11,1	10	2,968	2,994	2,991	2,978	2,965	2,944	2,919
Line 11,2	10	1,342	1,327	1,326	1,330	1,349	1,347	1,346
Line 12	10	1,325	1,309	1,309	1,312	1,331	1,329	1,328
Line 12,1	10	1,035	1,047	1,046	1,044	1,042	1,040	1,036
Line 13	10	1,210	1,199	1,199	1,201	1,216	1,215	1,213
Line 13,1	10	1,202	1,190	1,190	1,192	1,207	1,205	1,204
Line 13,2	10	5,820	5,876	5,874	5,867	5,871	5,856	5,839

Nota: Elaboración propia

Tabla 29: Intensidad de cortocircuito bifásica en los nodos

Cortocircuito bifásico								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021	2021	2022	2027	2032	2037	2042
		SP	CP					
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 01	10	7,153	6,991	6,992	7,265	8,622	8,691	8,846
Line 01,1	10	6,698	6,515	6,516	6,754	7,876	7,922	8,055
Line 02	10	1,847	1,858	1,858	1,858	1,859	1,858	1,857
Line 02,1	10	6,351	6,247	6,248	6,467	7,487	7,531	7,652
Line 02,2	10	5,755	5,632	5,632	5,809	6,589	6,615	6,711
Line 02,2,1	10	5,160	5,026	5,027	5,166	5,749	5,763	5,836

Cortocircuito bifásico								
Barra	Tensión (kV)	Año 2021	Año 2021	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		SP Ik" (kA)	CP Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 03	10	5,000	4,869	4,869	4,999	5,535	5,546	5,613
Line 03,1	10	4,387	4,281	4,281	4,380	4,753	4,755	4,805
Line 04	10	4,282	4,305	4,304	4,305	4,317	4,314	4,311
Line 04,1	10	3,686	3,596	3,596	3,664	3,900	3,897	3,930
Line 05	10	2,711	2,727	2,726	2,725	2,728	2,725	2,721
Line 05,1	10	5,982	5,913	5,914	6,109	6,997	7,033	7,141
Line 05,1,1	10	5,723	5,679	5,680	5,860	6,664	6,694	6,792
Line 05,1,1,1	10	3,962	4,080	4,081	4,172	4,534	4,542	4,588
Line 05,4	10	3,841	3,949	3,950	4,035	4,369	4,375	4,418
Line 05,4,1	10	2,704	2,726	2,725	2,724	2,726	2,723	2,719
Line 06	10	3,844	3,952	3,952	4,037	4,372	4,378	4,421
Line 06,1	10	1,815	1,830	1,830	1,828	1,828	1,825	1,821
Line 06,1,1	10	3,799	3,929	3,930	4,014	4,346	4,352	4,394
Line 06,2	10	2,680	2,702	2,702	2,699	2,701	2,696	2,690
Line 06,2,1	10	3,386	3,542	3,542	3,610	3,870	3,874	3,907
Line 07	10	2,672	2,694	2,693	2,691	2,693	2,688	2,682
Line 07,1	10	3,250	3,414	3,414	3,476	3,715	3,718	3,749
Line 07,2	10	3,060	3,200	3,200	3,254	3,459	3,460	3,486
Line 07,3	10	2,668	2,689	2,689	2,687	2,689	2,685	2,680
Line 07,3,1	10	2,273	2,462	2,462	2,493	2,606	2,605	2,619
Line 08	10	2,098	2,254	2,254	2,280	2,372	2,370	2,381
Line 08,1	10	2,625	2,648	2,648	2,645	2,645	2,639	2,632
Line 09	10	1,808	1,990	1,990	2,009	2,080	2,078	2,086
Line 09,1	10	1,661	1,817	1,817	1,833	1,889	1,887	1,893
Line 10	10	0,898	0,908	0,907	0,906	0,905	0,902	0,899
Line 10,1	10	1,663	1,840	1,840	1,857	1,916	1,914	1,921
Line 11	10	1,304	1,402	1,401	1,410	1,442	1,440	1,443

Cortocircuito bifásico								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021	2021	2022	2027	2032	2037	2042
		SP	CP					
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 11,1	10	2,565	2,587	2,587	2,585	2,587	2,583	2,578
Line 11,2	10	1,631	1,807	1,807	1,822	1,879	1,878	1,884
Line 12	10	1,606	1,777	1,777	1,792	1,847	1,845	1,850
Line 12,1	10	0,896	0,906	0,906	0,905	0,903	0,901	0,898
Line 13	10	1,468	1,636	1,636	1,648	1,694	1,692	1,696
Line 13,1	10	1,457	1,622	1,622	1,635	1,679	1,677	1,681
Line 13,2	10	4,891	4,939	4,938	4,934	4,943	4,932	4,918

Nota: Elaboración propia

Tabla 30: Corriente de cortocircuito trifásico de los nodos,

Cortocircuito Trifásico								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021	2021	2022	2027	2032	2037	2042
		SP	CP					
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 01	10	8,424	8,226	8,227	8,543	10,086	10,158	10,346
Line 01,1	10	7,885	7,663	7,664	7,938	9,209	9,256	9,416
Line 02	10	2,133	2,146	2,146	2,145	2,147	2,146	2,144
Line 02,1	10	7,472	7,342	7,344	7,595	8,747	8,793	8,939
Line 02,2	10	6,764	6,612	6,613	6,815	7,691	7,717	7,832
Line 02,2,1	10	6,057	5,894	5,894	6,053	6,705	6,717	6,804
Line 03	10	5,867	5,708	5,708	5,856	6,453	6,462	6,543
Line 03,1	10	5,140	5,013	5,013	5,125	5,536	5,535	5,596
Line 04	10	4,946	4,972	4,972	4,973	4,986	4,982	4,978
Line 04,1	10	4,311	4,203	4,203	4,279	4,537	4,532	4,571

Cortocircuito Trifásico								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021	2021	2022	2027	2032	2037	2042
		SP	CP					
		Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"
		(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)
Line 05	10	3,132	3,150	3,149	3,148	3,151	3,147	3,143
Line 05,1	10	7,034	6,944	6,946	7,170	8,171	8,207	8,337
Line 05,1,1	10	6,726	6,667	6,668	6,874	7,778	7,809	7,927
Line 05,1,1,1	10	4,636	4,772	4,772	4,875	5,277	5,284	5,338
Line 05,4	10	4,493	4,617	4,618	4,714	5,084	5,089	5,139
Line 05,4,1	10	3,123	3,148	3,148	3,146	3,149	3,144	3,140
Line 06	10	4,496	4,620	4,620	4,716	5,087	5,092	5,142
Line 06,1	10	2,096	2,114	2,113	2,111	2,111	2,107	2,103
Line 06,1,1	10	4,443	4,594	4,594	4,689	5,056	5,061	5,111
Line 06,2	10	3,096	3,121	3,120	3,118	3,119	3,114	3,107
Line 06,2,1	10	3,955	4,136	4,136	4,212	4,499	4,502	4,541
Line 07	10	3,086	3,112	3,111	3,108	3,110	3,104	3,097
Line 07,1	10	3,795	3,985	3,985	4,055	4,318	4,320	4,356
Line 07,2	10	3,570	3,733	3,733	3,794	4,018	4,019	4,049
Line 07,3	10	3,081	3,106	3,106	3,104	3,105	3,101	3,095
Line 07,3,1	10	2,645	2,866	2,865	2,900	3,023	3,022	3,037
Line 08	10	2,441	2,623	2,622	2,651	2,751	2,748	2,760
Line 08,1	10	3,031	3,059	3,058	3,054	3,055	3,048	3,040
Line 09	10	2,100	2,313	2,313	2,334	2,410	2,408	2,417
Line 09,1	10	1,929	2,111	2,111	2,128	2,189	2,186	2,193
Line 10	10	1,037	1,048	1,048	1,046	1,045	1,042	1,039
Line 10,1	10	1,932	2,138	2,138	2,156	2,220	2,218	2,225
Line 11	10	1,512	1,626	1,626	1,636	1,669	1,667	1,670
Line 11,1	10	2,963	2,988	2,988	2,986	2,987	2,983	2,977
Line 11,2	10	1,894	2,099	2,099	2,116	2,177	2,175	2,182
Line 12	10	1,865	2,064	2,064	2,081	2,140	2,137	2,144
Line 12,1	10	1,035	1,047	1,046	1,045	1,043	1,040	1,037

Cortocircuito Trifásico								
Barra	Tensión (kV)	Año 2021	Año 2021	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		SP Ik" (kA)	CP Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 13	10	1,703	1,899	1,899	1,913	1,962	1,960	1,964
Line 13,1	10	1,691	1,884	1,883	1,897	1,945	1,943	1,947
Line 13,2	10	5,651	5,706	5,704	5,700	5,709	5,696	5,680

Nota: Elaboración propia

Tabla 31: Intensidad de cortocircuito monofásico con impedancia de falla de 100 Ω

Cortocircuito monofásico a tierra con impedancia de falla de 100 Ω								
Barra	Tensión (kV)	Año 2021	Año 2021	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		SP Ik" (kA)	CP Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 01	10	0,05720	0,05755	0,05755	0,05752	0,05748	0,05744	0,05739
Line 01,1	10	0,05716	0,05751	0,05751	0,05748	0,05744	0,05740	0,05734
Line 02	10	0,00210	0,00211	0,00211	0,00209	0,00208	0,00206	0,00203
Line 02,1	10	0,05690	0,05731	0,05731	0,05726	0,05721	0,05714	0,05707
Line 02,2	10	0,05682	0,05722	0,05722	0,05717	0,05711	0,05704	0,05696
Line 02,2,1	10	0,05674	0,05714	0,05713	0,05709	0,05703	0,05696	0,05688
Line 03	10	0,05671	0,05711	0,05710	0,05706	0,05700	0,05693	0,05685
Line 03,1	10	0,05657	0,05697	0,05696	0,05691	0,05684	0,05675	0,05665
Line 04	10	0,00207	0,00208	0,00208	0,00206	0,00204	0,00201	0,00198
Line 04,1	10	0,05643	0,05683	0,05681	0,05676	0,05669	0,05660	0,05650
Line 05	10	0,00211	0,00212	0,00212	0,00211	0,00210	0,00208	0,00206
Line 05,1	10	0,05677	0,05721	0,05720	0,05715	0,05709	0,05701	0,05693
Line 05,1,1	10	0,05672	0,05716	0,05715	0,05710	0,05704	0,05696	0,05687
Line 05,1,1,1	10	0,05625	0,05679	0,05678	0,05670	0,05661	0,05650	0,05637

Cortocircuito monofásico a tierra con impedancia de falla de 100 Ω								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021 SP	2021 CP	2022	2027	2032	2037	2042
		I _k " (kA)	I _k " (kA)	I _k " (kA)	I _k " (kA)	I _k " (kA)	I _k " (kA)	I _k " (kA)
Line 05,4	10	0,05622	0,05676	0,05675	0,05668	0,05658	0,05647	0,05634
Line 05,4,1	10	0,00200	0,00201	0,00201	0,00198	0,00194	0,00190	0,00184
Line 06	10	0,05623	0,05677	0,05675	0,05668	0,05659	0,05648	0,05635
Line 06,1	10	0,00209	0,00210	0,00210	0,00209	0,00207	0,00205	0,00203
Line 06,1,1	10	0,05619	0,05675	0,05673	0,05666	0,05657	0,05645	0,05632
Line 06,2	10	0,00215	0,00217	0,00217	0,00217	0,00217	0,00216	0,00216
Line 06,2,1	10	0,05604	0,05662	0,05661	0,05653	0,05643	0,05631	0,05617
Line 07	10	0,00212	0,00214	0,00214	0,00213	0,00212	0,00211	0,00209
Line 07,1	10	0,05598	0,05658	0,05656	0,05648	0,05638	0,05626	0,05611
Line 07,2	10	0,05592	0,05652	0,05650	0,05642	0,05632	0,05619	0,05604
Line 07,3	10	0,00205	0,00206	0,00206	0,00204	0,00201	0,00198	0,00194
Line 07,3,1	10	0,05544	0,05615	0,05613	0,05604	0,05593	0,05579	0,05563
Line 08	10	0,05533	0,05604	0,05602	0,05593	0,05582	0,05568	0,05552
Line 08,1	10	0,00210	0,00212	0,00212	0,00211	0,00211	0,00211	0,00210
Line 09	10	0,05500	0,05580	0,05578	0,05568	0,05556	0,05541	0,05524
Line 09,1	10	0,05487	0,05566	0,05564	0,05554	0,05542	0,05527	0,05510
Line 10	10	0,00208	0,00210	0,00210	0,00210	0,00210	0,00209	0,00208
Line 10,1	10	0,05482	0,05566	0,05564	0,05554	0,05541	0,05526	0,05508
Line 11	10	0,05433	0,05513	0,05511	0,05500	0,05486	0,05469	0,05449
Line 11,1	10	0,00201	0,00203	0,00203	0,00200	0,00197	0,00193	0,00189
Line 11,2	10	0,05479	0,05562	0,05561	0,05551	0,05538	0,05523	0,05505
Line 12	10	0,05476	0,05560	0,05558	0,05548	0,05535	0,05520	0,05502
Line 12,1	10	0,00208	0,00210	0,00210	0,00210	0,00209	0,00209	0,00208
Line 13	10	0,05457	0,05545	0,05543	0,05533	0,05521	0,05506	0,05488
Line 13,1	10	0,05456	0,05544	0,05542	0,05532	0,05520	0,05504	0,05486
Line 13,2	10	0,00210	0,00212	0,00212	0,00211	0,00211	0,00210	0,00209

Nota: Elaboración propia

e, Ajuste de protecciones

- Cálculo de ajuste del alimentador C-233 a la salida de la barra 10 KV - Fases

Selección del transformador de corriente

Calculam

os el flujo de potencia para obtener la corriente y la potencia del sistema,

$$P = 4851,3 \text{ kW}$$

$$V = 10 \text{ kV}$$

$$I = 302,2 \text{ A}$$

La corriente en el primario es 1,3 veces la corriente nominal,,

$$I(TC) = 302,224 * 1,3 \text{ A}$$

$$I(TC) = 392,8912 \text{ A}$$

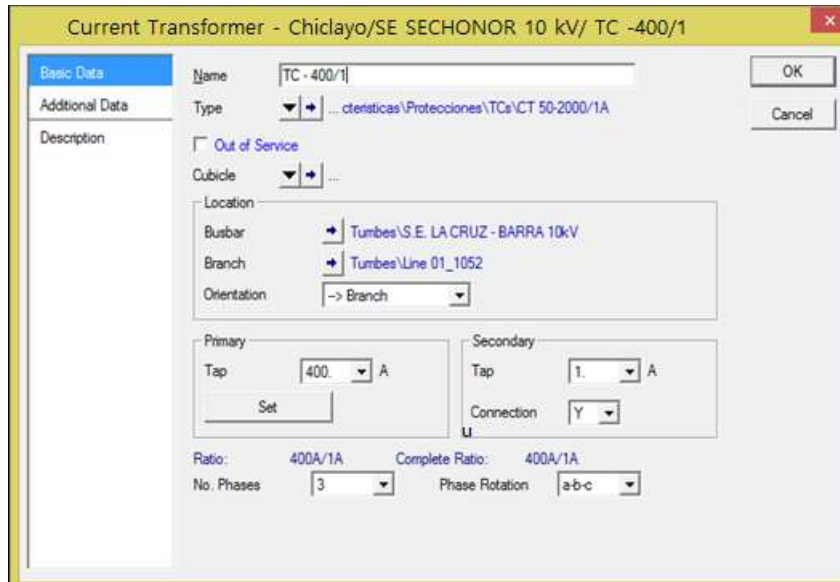
La Intensidad en el lado primario del transformador es de 400 A

La intensidad en el secundario del transformador es de 1 A en el patio de la subestación, pero aumenta a 5 A cuando se instala en la celda de entrada.

400/1 es la relación de transformación del transformador de corriente

Se ingresan la información al software DigSilent Power Factory,

Figura 29: Ingreso de información del transformador de corriente en el DigSilent Power Factory, Relé G,E F650,



Nota: DigSilent Power Factory

Ajuste de protección relé G,E – F650

El relé G,E, - F650 será creado y ajustado en el software,

Ajuste Tiempo Inverso (51):

Desarrollamos el flujo de potencia para determinar la corriente nominal del sistema,

$$I = 302,224 \text{ A}$$

El relé tiene las curvas IEC correspondientes:

IEC Curva A = Normalmente Inverso,

IEC Curva B = Muy Inverso,

IEC Curva C = Extremadamente Inverso,

Seleccionamos IEC Curva B (Muy Inverso),

La corriente de protección del alimentador en media tensión se ajusta entre 1,2 y 1,5 veces la corriente nominal del sistema, que es 1,5.

$Current\ Setting = 453,336\ pri, A ; 1,13\ sec, A,$

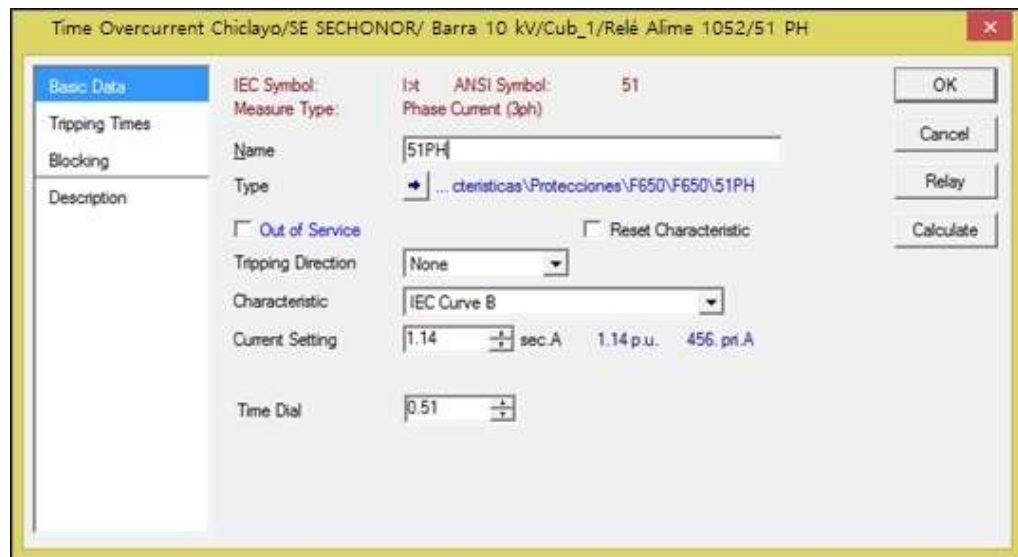
$Time\ Dial = 0,51$

$Tiempo\ de\ apertura, falla\ remota\ (99\%) = 398\ segundos$

El relé detecta una falla remota en 398 ms con una variación de 300 ms como se define en IEEE Std 242-2001.

El Current Setting secundario se calcula dividiendo la corriente primaria por la relación del transformador de corriente.

Figura 30: Ajuste de protección del tiempo inverso (51) – Fases, G,E F650,



Nota: DigSilent Power Factory

Ajuste Tiempo Instantáneo o Tiempo Definido (50):

Comprobamos fallas locales y remotas en la línea

1. La falla local dividida por la remota debe ser mayor o igual a 1,25,

$$I_{cc\ 3PH(1\%)} = 14,584\ kA$$

$$I_{cc\ 3PH(99\%)} = 10,378\ kA$$

$$I_{cc\ 3PH(1\%)} / I_{cc\ 3PH(99\%)} = 1,40528 > 1,25$$

Por lo tanto, es necesario un primer momento rápido,

La corriente de recogida actual se calcula como el 80% de la intensidad de cortocircuito trifásico de la Línea 1. La corriente de recogida debe ser menor que la corriente de cortocircuito en la línea 1,

$$I_{cc\ 3PH(1\%)} = 14,584 * 1000 * 80\% A$$

$$I_{cc\ 3PH(1\%)} = 11667,2 \text{ primario A ; } 29,2 \text{ secundario A}$$

La intensidad en el secundario del Current Setting se calcula dividiendo la intensidad primaria por la relación del transformador de corriente,

La coordinación de un recloser y un relé es de 200 ms aproximadamente. El año de publicación es 2001. Para coordinar equipos de protección, se recomienda lo siguiente:

$$Time\ Stting = 0,09 \text{ Segundos}$$

$$Total\ Time = 0,1 \text{ Segundos}$$

Figura 31: Protección ajustada por tiempo específico.(50) – Fases G,E F650



Nota: DigSilent Power Factory

- **Cálculo de ajuste para el reconectador - Fases (Nodo 1)**

Selección del transformador de corriente

Calculamos la corriente nominal y la potencia activa a través del flujo de potencia,

$$P = 4681,6 \text{ KW}$$

$$V = 10 \text{ KV}$$

$$I = 294,224 \text{ A}$$

Se suele seleccionar entre 1,2-1,5 veces la corriente nominal del lado primario del TC.

La corriente en el primario es 1,3 veces la corriente nominal.

$$I(TC) = 294,224 * 1,3 \text{ A}$$

$$I(TC) = 382,4912 \text{ A}$$

En el transformador la intensidad en el lado primario es de 400 A.

Si la Intensidad del lado secundario es de 1 A, sería de 5 A si el transformador estuviera en el lado de entrada.

La relación de transformación es RTC=400/1.

La información se introducen en Power Factory.

Figura 32: Entrada de información del Transformador de Corriente en el DigSilent Power Factory

The screenshot shows the 'Basic Data' configuration window for a current transformer in DigSilent Power Factory. The window is titled 'Basic Data' and contains the following fields and options:

- Name:** TC 400/1 - Recloser
- Type:** ...cteristicas\Protecciones\TCs\CT 50-2000/1A
- Out of Service:**
- Cubicle:** ...
- Location:**
 - Busbar:** Tumbes\WTCSE 223459_1052
 - Branch:** Tumbes\Line 01_1052
 - Orientation:** -> Branch
- Primary:**
 - Tap:** 400. A
 - Set:** [Button]
- Secondary:**
 - Tap:** 1. A
 - Connection:** Y
- Ratio:** 400A/1A
- Complete Ratio:** 400A/1A
- No. Phases:** 3
- Phase Rotation:** a-b-c

Nota: DigSilent Power Factory

Ajuste de protección del relé ENTEC EVRC2A

Se diseñará el relé ENTEC EVRC2A en el software y se ajustará con cálculos,

Ajuste Tiempo Inverso (51):

Calculamos la corriente nominal del sistema al realizar el flujo de potencia,

$$I = 294,224 \text{ A}$$

El relé tiene las curvas IEC del tipo:

IEC – SI = Normalmente Inverso,

IEC – VI = Muy Inverso,

IEC – EI = Extremadamente Inverso,

Elegimos la IEC-VI (Muy Inverso).

Se recomienda usar un factor de ajuste de protección entre 1,2 y 1,5 para la intensidad nominal. En este caso, el valor nominal de la corriente es de 1,5 A.

$$\text{Current Setting} = 441,336 \text{ pri, A ; } 1,10 \text{ sec, A}$$

$$\text{Time Dial} = 0,14$$

$$\text{Tiempo de apertura, falla remota (99\%)} = 0,098 \text{ segundos}$$

El relé detecta una falla remota en 450ms, con un margen de 300ms, 300 ms de variación es para un relé electromecánico, IEEE Std 242-2001 aborda aspectos temporales,

Figura 33: Ajuste de protección de tiempo inverso (51), relé ENTEC EVRC2A

Basic Data

IEC Symbol: I>t ANSI Symbol: 51

Measure Type: Phase Current (1ph)

Name: I_pkp

Type: ...er\ENTECC EVRC2A\ENTECC EVRC2A\I_pkp

Out of Service

Tripping Direction: None

Characteristic: IEC-VI

Current Setting: 1.10 sec.A 1.1 p.u. 440. pri.A

Time Dial: 0.14

OK

Cancel

Relay

Calculate

Nota: DigSilent Power Factory

Ajuste Tiempo Instantáneo o Tiempo Definido (50):

Comprobamos si hay una primera etapa instantánea en la línea 2 y la división mínima de fallo local entre remoto es 1.25.

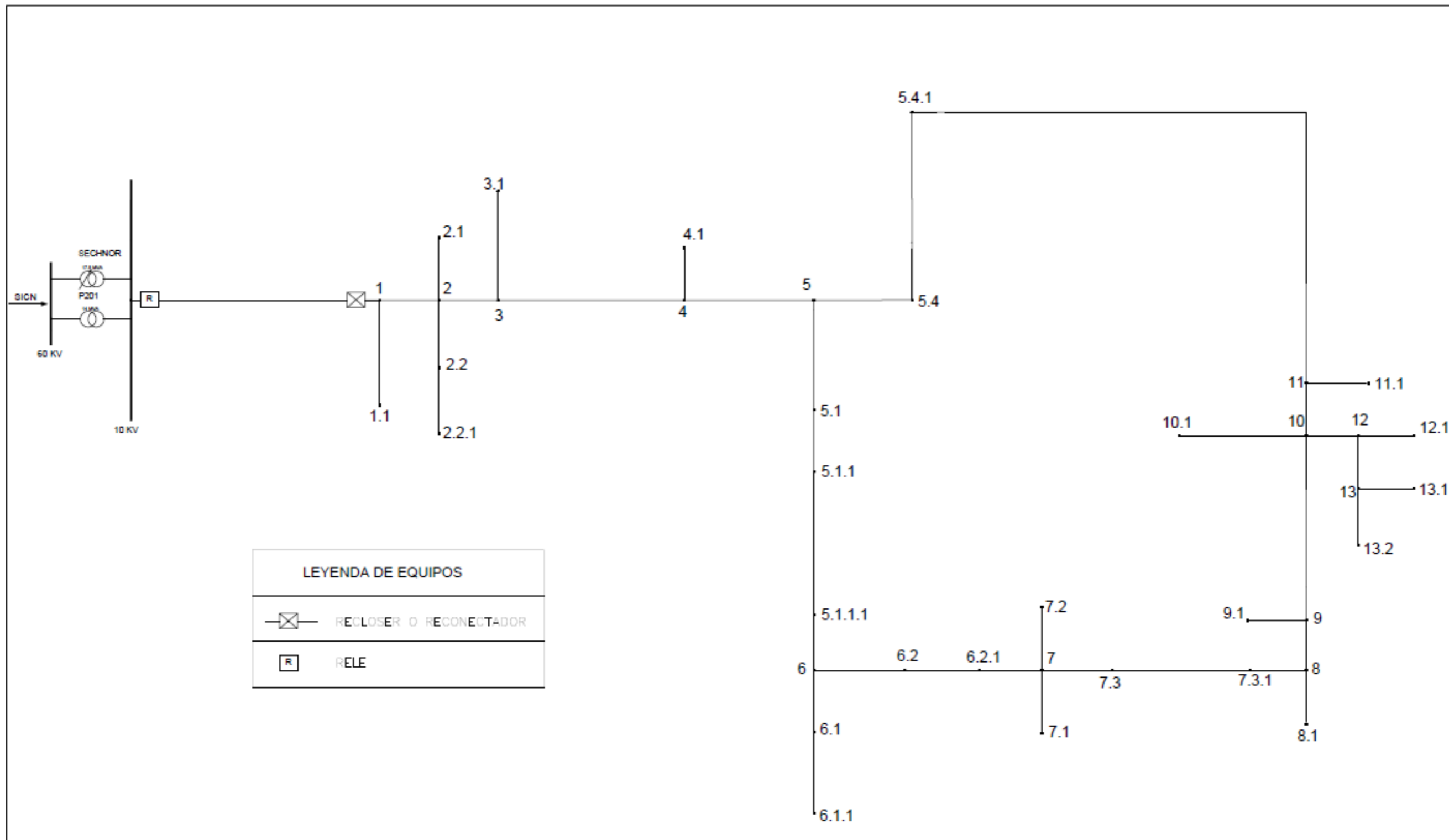
$$I_{cc\ 3PH(1\%)} = 10,3\text{ kA}$$

$$I_{cc\ 3PH(99\%)} = 8,9\text{ kA}$$

$$I_{cc\ 3PH(1\%)} / I_{cc\ 3PH(99\%)} = 1,16 < 1,25$$

No se justifica una etapa inicial instantánea.

Figura 34: Unifilar con equipos de protección y terminales,



Nota: DigSilent Power Factory

Resumen de ajustes de coordinación de protecciones actuales y propuestos

Se necesitan ajustes de coordinación en el alimentador C-233 con el recloser ENTEC EVR-1 debido a cambios en la sección del conductor y el punto de alimentación del proyecto de mejoramiento, considerando el relé de alimentación G,E, - F650 con ajustes de sobrecorriente 50/51 y 50N/51N.

En las tablas se muestran los arreglos actuales y propuestos del recloser ENTEC EVR-1

Tabla 32: El relé G,E F650 – AMT C-2333 y sus ajustes propuestos de sobrecorriente (50/51)

PROPUESTO								
Ubicación	Relé Modelo	kV	TC	I>	t>	Curva	I>>	t>>
<u>Nodo 0</u>	<u>G,E,-F650</u>	10	400/1	456 <u>pri A</u>	0,51	IEC Curva B	1166 8 <u>pri A</u>	0,1 <u>Seg,</u>

Nota: Elaboración propia

Tabla 33: El relé ENTEC y su ajuste actual y propuesto de sobrecorriente (50/51)

PROPUESTO								
Ubicación	Relé Modelo	kV	TC	I>	t>	Curva	I>>	t>>
<u>Nodo 1</u>	ENTEK EVR-1	10	400/1	440 <u>pri A</u>	0,14	IEC-VI	-	-

Nota: Elaboración propia

Tabla 34: El relé G.E F650 – AMT C-233 y sus ajustes propuestos de sobrecorriente (50N/51N)

PROPUESTO								
Ubicación	Relé Modelo	kV	TC	I>	t>	Curva	I>>	t>>
<u>Nodo 0</u>	<u>G,E,-F650</u>	10	400/1	20 <u>pri A</u>	35	IEC Curva C	7880 <u>pri A</u>	0,15 <u>Seg,</u>

Nota: Elaboración propia

Tabla 35: El relé ENTEC EVR-1 y su juste actual y propuesto de sobrecorriente (50N/51N)

		PROPUESTO						
Ubicación	Relé Modelo	kV	TC	I>	t>	Curva	I>>	t>>
Estructura	ENTEC	10	400/1	24 pri A	7,87	IEC-EI	-	-
Nodo 1	EVR2A							

Nota: Elaboración propia

Se utilizaron datos de ELECTRONORTE S.A. para calcular la red equivalente del alimentador C-233 SECHONOR de Electronorte SA en DigSilent Power Factory,

Tabla 36: Parámetros de la red equivalente,

S.E	Elemento	Año	U(p.u)	Acti. Power	Reac. Power	R1	X1	R2	X2	R0	X0
SECHONOR - Electronorte	Barra de 10 kV	2022	1	1.59	0.52	0.0588	0.5494	0.0894	0.5695	0.1670512	0.94
	Barra de 10 kV	2023	1.0065	1.6	0.5555	0.0621	0.5498	0.093	0.5694	0.1675051	0.94
	Barra de 10 kV	2024	1.0065	1.69	0.9409	0.0621	0.5498	0.093	0.5694	0.1675051	0.94
	Barra de 10 kV	2028	1.0065	2.03	0.6672	0.0519	0.5254	0.0795	0.5441	0.1675051	0.94
	Barra de 10 kV	2033	1.0065	2.79	0.92	0.0599	0.4113	0.0781	0.421	0.1675051	0.94
	Barra de 10 kV	2038	1.0065	3.84	1.26	0.0694	0.4039	0.0875	0.4123	0.1675051	0.94
	Barra de 10 kV	2043	1.0065	4.96	1.6303	0.0597	0.3969	0.0771	0.4063	0.1675051	0.94


Nota: Elaboración propia

Tabla 37: Constantes eléctricas de los conductores ACSR

Conductor	Corriente nominal (A)	Rd.c. 20°C (ohm/km)	Diámetro exterior (mm)	RMG (mm)	Temp max (°C)	Material	Corriente adm (1seg, kA)
35 mm ²	184	0,830	8,01	2,58	75	ACSR	5,1
50 mm ²	241	0,522	10,11	3,25	75	ACSR	8,0
70 mm ²	275	0,414	11,35	3,85	75	ACSR	10,1

Nota: catálogo CENTELSA

Figura 35: Cables ACSR

Cables ACSR															
Cableado Aluminio/Acero	Código	Calibre AWG/ kcmil	Diámetros (mm)					Peso Total Aprox (kg/km)			Carga de Rotura kg-f	Resistencia Eléctrica (Ohm/km)		Capacidad de Corriente	
			Hilos Individuales		Núcleo	Total	RMG	Al	Acero	Total		DC a 20°C(1)	AC a 75°C	(2) A	CC(3) kA
			Acero	Al											
 ME: 8400 CDL: 18,9	Swan	4	2,12	2,12	2,12	6,36	2,05	58,1	27,4	85,5	845	1,32	1,70	139	3,2
	Sparrow	2	2,67	2,67	2,67	8,01	2,58	92,3	43,6	136	1290	0,83	1,10	184	5,1
	Robin	1	3,00	3,00	3,00	9,00	2,90	116,4	55,0	171	1612	0,658	0,884	211	6,4
	Raven	1/0	3,37	3,37	3,37	10,11	3,25	146,8	69,3	216	1985	0,522	0,717	241	8,0
	Quail	2/0	3,78	3,78	3,78	11,35	3,65	185,1	87,4	273	2405	0,414	0,584	275	10,1
	Pigeon	3/0	4,25	4,25	4,25	12,74	4,10	233,5	110,3	344	3003	0,328	0,479	313	12,8
	Penguin	4/0	4,77	4,77	4,77	14,31	4,61	294,4	139,0	433	3787	0,260	0,396	355	16,1

Nota: CENTELSA

Se utilizan las proyecciones de demanda y potencias del estudio de mercado eléctrico para calcular el flujo de potencia en el proyecto de mejora del alimentador C-233 de Electronorte S,A,

Figura 36: Consumo de la máxima demanda y consumo de energía,

AÑOS	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Población	9688	9809	9932	10056	10182	10309	10438	10568	10700	10834	10969	11107	11245	11386	11528	11672	11818	11966	12116	12267	12420
Habitantes / vivienda	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
Número de viviendas	2484	2515	2547	2578	2611	2643	2676	2710	2744	2778	2813	2848	2883	2919	2956	2993	3030	3068	3107	3145	3185
Coefficiente de Electrificación	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Número de Abonados Domésticos	2484	2515	2547	2578	2611	2643	2676	2710	2744	2778	2813	2848	2883	2919	2956	2993	3030	3068	3107	3145	3185
Consumos Servicios (kWh/año)																					
Residencial	2980911.8	3064662.0	3150765.2	3239287.6	3330297.0	3423863.4	3520058.5	3618956.4	3720632.8	3825165.8	3932635.8	4043125.2	4156718.8	4273503.9	4393570.2	4517009.8	4643917.4	4774390.6	4908529.6	5046437.2	5188219.4
Comercial																					
Uso general	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7	3877284.7
Pequeñas Industrias																					
Consumo Alumbrado Público	157852.8	159667.2	161179.2	163296.0	165715.2	167529.6	169948.8	171460.8	174182.4	17690.4	178718.4	180532.8	183254.4	185673.6	188092.8	189907.2	192326.4	195048.0	197769.6	199281.6	202608.0
Energía neta (kWh)	7016049.3	7101613.9	7189229.1	7279868.3	7373296.9	7468677.6	7567292.0	7667701.8	7772099.8	7879354.5	7988638.9	8100942.7	8217257.9	8336462.2	8458947.7	8584201.6	8713528.5	8846723.3	8983583.8	9123400.4	9268112.0
Perdidas de energía (kWh)	779561.0	789068.2	798803.2	808874.2	819255.2	829853.0	840810.2	851968.6	863566.6	875483.8	887626.5	900104.7	913028.6	926273.5	939883.0	953800.1	968169.8	982969.2	998175.9	1013667.0	1029790.2
Energía total (kWh)	7795610.3	7890682.1	7988032.3	8088742.5	8192552.1	8298530.6	8408102.2	8519686.6	8635666.4	8754838.3	8876265.4	9001047.4	9130286.5	9262735.7	9398830.7	9538001.7	9681698.3	9829692.5	9981759.7	10136670.4	10297902.2
Horas de utilización - Servicios	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0	2190.0
Horas de utilización AP	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0	4320.0
Demanda servicios																					
Residencial Comercial	1361.1	1399.4	1438.7	1479.1	1520.7	1563.4	1607.3	1652.5	1698.9	1746.7	1795.7	1846.2	1898.0	1951.4	2006.2	2062.6	2120.5	2180.1	2241.3	2304.3	2369.0
Uso general	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4	1770.4
Máx. Dem. Alumbrado Público	76.7	77.6	78.4	79.4	80.6	81.4	82.6	83.3	84.7	8.6	86.9	87.8	89.1	90.3	91.4	92.3	93.5	94.8	96.1	96.9	98.5
Máxima Demanda Neta (KW)	3208.3	3247.5	3287.5	3329.0	3371.7	3415.3	3460.4	3506.3	3554.0	3525.7	3655.1	3704.4	3757.6	3812.1	3868.1	3925.3	3984.5	4045.4	4107.9	4171.6	4238.0
Perdidas de Máx. Demanda (KW)	356.5	360.8	365.3	369.9	374.6	379.5	384.5	389.6	394.9	391.7	405.9	411.6	417.5	423.6	429.8	436.1	442.7	449.5	456.4	463.5	470.9
Máx. Dem. Requerida - por Localidad	3564.8	3608.3	3652.8	3698.8	3746.3	3794.8	3844.9	3895.9	3948.9	3917.4	4058.9	4116.0	4175.1	4235.6	4297.9	4361.5	4427.2	4494.8	4564.4	4635.1	4708.9
Fact. Simult. (S) - Entre Localidades	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Máx. Dem. Requerida - Entre	3564.8	3608.3	3652.8	3698.8	3746.3	3794.8	3844.9	3895.9	3948.9	3917.4	4058.9	4116.0	4175.1	4235.6	4297.9	4361.5	4427.2	4494.8	4564.4	4635.1	4708.9

Nota: Elaboración propia

Tabla 38: Datos de los transformadores de distribución

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada
SE, 001	EN127	250
SE, 002	EN2068	160
SE, 003	EN126	160
SE, 004	EN2069	50
SE, 005	EN276	75
SE, 006	EN2081	100
SE, 007	EN175	100
SE, 008	EN2079	1000
SE, 009	EN174	75
SE, 010	EN2080	100
SE, 011	EN263	100
SE, 012	EN272	200
SE, 013	EN2072	500
SE, 014	EN323	100
SE, 015	EN331	640
SE, 016	EN332	10
SE, 017	EN273	100
SE, 018	EN214	50
SE, 019	EN474	100
SE, 020	EN475	100
SE, 021	EN440	160
SE, 022	EN256	75
SE, 023	EN197	100
SE, 024	EN322	200
SE, 025	EN507	75
SE, 026	EN473	50
SE, 027	EN173	200
SE, 028	EN2112	200

Nota: Elaboración propia

f. Resultado de flujo de carga

El flujo de energía analiza el sistema eléctrico en estado estacionario en condiciones normales durante 20 años.

Analizaremos los siguientes escenarios:

Año 2021 sin proyecto: máxima demanda 2021, sin proyecto.

Año 2021: Máxima Demanda 2021 con proyecto.

Año 2022: Máxima demanda 2022.

Año 2027: Máxima demanda 2027.

Año 2032: Máxima demanda 2032.

Año 2037: Máxima demanda 2037.

Año 2042: Máxima demanda 2042.

Las Máximas Demandas se aprecian en la tabla N°12 del alimentador C-233

Tabla 39: Demanda del alimentador C-233

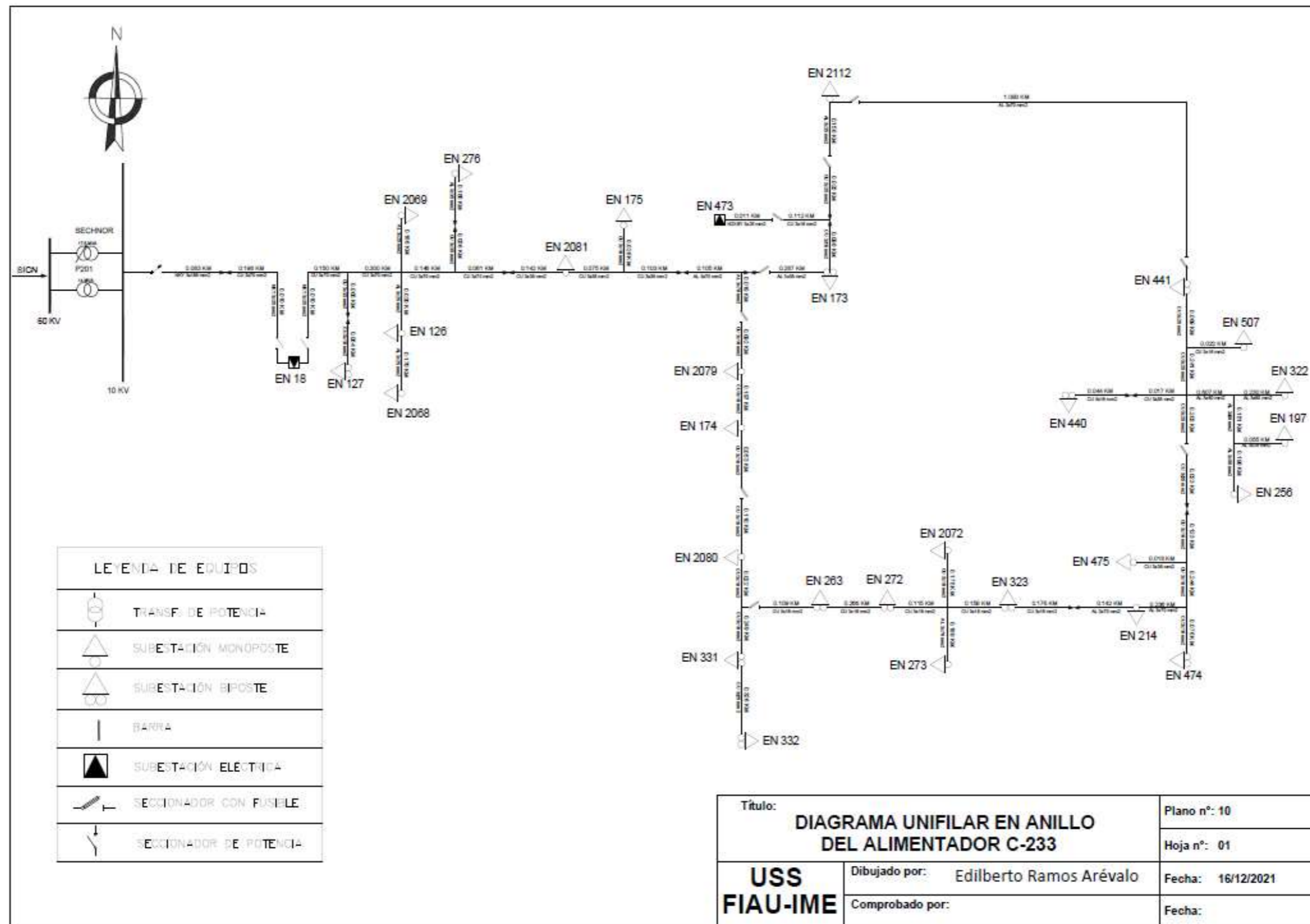
Alimentador	Año	Potencia (MW)					
		2021	2022	2027	2032	2037	2042
C-233	Dem. Max	3,657	3,703	3,958	4,249	4,582	4,966

Nota: Elaboración propia

Se usó DigSilent Power Factory 15,1 para analizar el flujo de carga con datos de resistencia, reactancias, distancias, generación y carga, El software muestra flujos de potencia, pérdidas, y niveles de tensión en cada barra,

El resultado del flujo de potencia muestra que los transformadores de distribución han excedido su capacidad y necesitan ser repotenciados,

Figura 37: Diagrama Unifilar en Anillo



Nota: Elaboración propia

g. Cuadros de resultados

Los transformadores de distribución están sobrecargados y necesitan ser mejorados o aligerar la carga.

Tabla 40: Cargabilidad de transformadores año 2021 sin proyecto,

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada	Demanda máxima año 2021 sin proyecto					Pot kw	Pot kvar
			Lado HV-	Lado LV-	Cargabilidad				
			P.U.	P.U.	%				
SE, 001	EN127	250	0,9882863	0,9478208	126,173	285,09	88,54387		
SE, 002	EN2068	160	0,9876664	0,942658	159,5744	229,45	71,26307		
SE, 003	EN126	160	0,982232	0,9317856	177,9415	252,96	78,56484		
SE, 004	EN2069	50	0,9740236	0,948681	103,2174	45,16	14,02589		
SE, 005	EN276	75	0,9738302	0,9392557	141,8931	93,43	29,01767		
SE, 006	EN2081	100	0,9870912	0,9131143	239,5326	208,61	64,79049		
SE, 007	EN175	100	0,9812286	0,966722	49,02369	44,95	13,96066		
SE, 008	EN2079	1000	0,9551766	0,9285038	85,96328	760,98	236,3468		
SE, 009	EN174	75	0,9827553	0,9118702	285,4011	184,52	57,3086		
SE, 010	EN2080	25	0,9747931	0,9504427	87,75702	19,03	5,910376		
SE, 011	EN263	100	0,9723946	0,9180761	178,2053	155,97	48,44147		
SE, 012	EN272	200	0,9729079	0,955173	65,7227	119,55	37,13009		
SE, 013	EN2072	500	0,9835532	0,9814524	8,731618	31,9	9,907573		
SE, 014	EN323	100	0,982434	0,9823237	0,3566642				
SE, 015	EN331	640	0,9591708	0,9514065	33,25081	195,57	60,74052		
SE, 016	EN332	10	0,9674125	0,9557406	102,7897	9,02999	2,804554		
SE, 017	EN273	100	0,9772388	0,9567864	68,80844	62,57	19,43313		
SE, 018	EN214	50	0,9828187	0,9521189	124,7043	55,09	17,10996		
SE, 019	EN474	100	0,980649	0,9325714	158,4915	140,87	43,75169		
SE, 020	EN475	100	0,9729397	0,9442784	95,82469	86,12	26,74732		
SE, 021	EN440	50	0,9934655	0,9564577	149,868	66,83	20,75621		
SE, 022	EN256	75	0,9874761	0,9619291	105,3801	70,47	21,88671		
SE, 023	EN197	100	0,983571	0,9339123	163,5344	145,57	45,21142		
SE, 024	EN322	25	0,9736826	0,9493051	87,8528	19,03	5,910376		
SE, 025	EN507	75	0,9828187	0,9521189	124,7043	55,09	17,10996		
SE, 026	EN473	50	0,980649	0,9325714	158,4915	140,87	43,75169		
SE, 027	EN173	50	0,9729397	0,9442784	95,82469	86,12	26,74732		
SE, 028	EN2112	200	0,9934655	0,9564577	149,868	66,83	20,75621		
Potencia Total						3.282,75	1.019,56		

Nota: Elaboración propia

Tabla 41: Cargabilidad de transformadores año 2021 con proyecto,

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada kva	Demanda máxima año 2021 con proyecto					Pot. kw	Pot. kvar
			Lado HV- p.u.	Lado LV- p.u.	Cargabilidad %				
SE, 001	EN127	250	0,9952126	0,9550842	125,2164	285,09	88,54397		
SE, 002	EN2068	160	0,994555	0,9485882	162,8783	235,6799	73,19807		
SE, 003	EN126	160	0,990623	0,9391687	181,4037	259,9298	80,72978		
SE, 004	EN2069	50	0,9862213	0,9611938	101,967	45,16	14,02589		
SE, 005	EN276	75	0,9860207	0,9509543	143,9072	95,93999	29,79726		
SE, 006	EN2081	100	0,9944974	0,918928	244,5158	214,3094	66,56146		
SE, 007	EN175	100	0,9897477	0,974937	50,04472	46,28	14,37373		
SE, 008	EN2079	1000	0,9703659	0,9441841	84,54061	760,9798	236,3471		
SE, 009	EN174	75	0,990958	0,918712	290,764	189,4196	58,83078		
SE, 010	EN2080	25	0,9845693	0,9604552	86,9243	19,03	5,910377		
SE, 011	EN263	100	0,9822906	0,9269765	181,4139	160,3198	49,7927		
SE, 012	EN272	200	0,9830688	0,9655296	65,02196	119,55	37,1301		
SE, 013	EN2072	500	0,9916551	0,9895705	8,663671	31,9	9,907573		
SE, 014	EN323	100	0,9907206	0,9906094	0,3596725				
SE, 015	EN331	640	0,9743891	0,9667497	32,72748	195,57	60,74053		
SE, 016	EN332	10	0,9826836	0,9708876	103,8962	9,27	2,879095		
SE, 017	EN273	100	0,9865189	0,9662712	68,13962	62,57	19,43313		
SE, 018	EN214	50	0,991025	0,95975	127,0199	56,58	17,57274		
SE, 019	EN474	100	0,9892422	0,9402735	161,3745	144,6199	44,91644		
SE, 020	EN475	100	0,9831012	0,9547657	94,77942	86,12	26,74733		
SE, 021	EN440	50	0,9996323	0,9617697	153,2811	68,76	21,35563		
SE, 022	EN256	75	0,9943565	0,9682663	107,6	72,46	22,50478		
SE, 023	EN197	100	0,9916722	0,9424952	162,0511	145,57	45,21148		
SE, 024	EN322	25	0,9836872	0,959552	86,99867	19,03	5,910377		
SE, 025	EN507	75	0,991025	0,95975	127,0199	56,58	17,57274		
SE, 026	EN473	50	0,9892422	0,9402735	161,3745	144,6199	44,91644		
SE, 027	EN173	50	0,9831012	0,9547657	94,77942	86,12	26,74733		
SE, 028	EN2112	200	0,9996323	0,9617697	153,2811	68,76	21,35563		
Potencia Total						3,324,14	1,032,42		

Nota: Elaboración propia

Tabla 42: Cargabilidad de transformadores año 2022,

SED Técnico	Comercial	Capacidad instalada kva	Lado HV-p.u.	Lado LV-p.u.	Cargabilidad %	Pot. kw	Pot. kvar
SE, 001	EN127	250	0,9950578	0,954922	125,2376	285,09	88,54387
SE, 002	EN2068	160	0,9943677	0,9470181	167,57	242,08	75,18575
SE, 003	EN126	160	0,9904258	0,9373831	186,7399	267,08	82,95024
SE, 004	EN2069	50	0,9860095	0,9609766	101,9884	45,16	14,02589
SE, 005	EN276	75	0,985803	0,9497017	148,0716	98,65	30,63892
SE, 006	EN2081	100	0,9943229	0,9163437	251,8998	220,17	68,38082
SE, 007	EN175	100	0,9894813	0,9742647	51,4007	47,51	14,75575
SE, 008	EN2079	1000	0,970151	0,9439624	84,5604	760,98	236,3468
SE, 009	EN174	75	0,9907099	0,9161688	299,6446	194,73	60,47964
SE, 010	EN2080	25	0,9842421	0,9601202	86,95186	19,03	5,910376
SE, 011	EN263	100	0,9819074	0,9249023	186,7327	164,66	51,14046
SE, 012	EN272	200	0,9827307	0,9651851	65,04502	119,55	37,13009
SE, 013	EN2072	500	0,9914674	0,9893824	8,665232	31,9	9,907573
SE, 014	EN323	100	0,9904701	0,9903589	0,3595816		
SE, 015	EN331	640	0,9741751	0,966534	32,73472	195,57	60,74052
SE, 016	EN332	10	0,9824679	0,9703514	106,6448	9,52000	2,956741
SE, 017	EN273	100	0,9862169	0,9659626	68,16117	62,57	19,43313
SE, 018	EN214	50	0,9907791	0,9585533	130,8169	58,25	18,0914
SE, 019	EN474	100	0,9889655	0,9384994	166,1299	148,61	46,15558
SE, 020	EN475	100	0,9827631	0,954417	94,81381	86,12	26,74732
SE, 021	EN440	50	0,9995328	0,960621	157,444	70,59	21,92398
SE, 022	EN256	75	0,994164	0,9673765	110,4345	74,36	23,09488
SE, 023	EN197	100	0,9914845	0,9422964	162,0851	145,57	45,21142
SE, 024	EN322	25	0,9833493	0,9592061	87,02719	19,03	5,910376
SE, 025	EN507	75	0,9907791	0,9585533	130,8169	58,25	18,0914
SE, 026	EN473	50	0,9889655	0,9384994	166,1299	148,61	46,15558
SE, 027	EN173	50	0,9827631	0,954417	94,81381	86,12	26,74732
SE, 028	EN2112	200	0,9995328	0,960621	157,444	70,59	21,92398
						3,366,78	1,045,66

Nota: Elaboración propia

Tabla 43: Cargabilidad de los transformadores año 2027,

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada kva	Demanda máxima año 2027					
			Lado p.u.	HV-	Lado LV-p.u.	Cargabilidad %	Pot. kw	Pot. kvar
SE, 001	EN127	250	0,9942033		0,9540262	125,3549	285,09	88,54387
SE, 002	EN2068	160	0,9933328		0,9382931	193,4572	276,97	86,0219
SE, 003	EN126	160	0,989339		0,9274675	216,1357	305,92	95,01325
SE, 004	EN2069	50	0,9848439		0,9597812	102,1065	45,16	14,02589
SE, 005	EN276	75	0,9846063		0,942973	170,2505	112,95	35,08025
SE, 006	EN2081	100	0,9933605		0,9018731	292,8623	251,979	78,26037
SE, 007	EN175	100	0,9880135		0,9705283	58,96463	54,34	16,87703
SE, 008	EN2079	1000	0,9689677		0,9427415	84,66953	760,98	236,3468
SE, 009	EN174	75	0,9893451		0,9023863	347,3315	222,66	69,15417
SE, 010	EN2080	25	0,982432		0,9582667	87,10475	19,03	5,910376
SE, 011	EN263	100	0,9797815		0,9131929	216,6373	188,66	58,59438
SE, 012	EN272	200	0,9808591		0,9632777	65,17304	119,55	37,13009
SE, 013	EN2072	500	0,9904323		0,9883453	8,673852	31,9	9,907573
SE, 014	EN323	100	0,9890908		0,9889798	0,3590809		
SE, 015	EN331	640	0,972997		0,9653464	32,77465	195,57	60,74052
SE, 016	EN332	10	0,9812784		0,9672535	122,8617	10,99	3,413297
SE, 017	EN273	100	0,9845492		0,9642584	68,28044	62,57	19,43313
SE, 018	EN214	50	0,9894258		0,9523084	150,2919	66,74	20,72824
SE, 019	EN474	100	0,9874415		0,9287345	192,1205	170,12	52,8362
SE, 020	EN475	100	0,9808915		0,9524859	95,00468	86,12	26,74732
SE, 021	EN440	50	0,9989829		0,9541242	180,9579	80,84	25,10745
SE, 022	EN256	75	0,9930991		0,9623243	126,6018	85,13	26,43985
SE, 023	EN197	100	0,9904495		0,9412004	162,2731	145,57	45,21142
SE, 024	EN322	25	0,981479		0,9572908	87,1855	19,03	5,910376
SE, 025	EN507	75	0,9894258		0,9523084	150,2919	66,74	20,72824
SE, 026	EN473	50	0,9874415		0,9287345	192,1205	170,12	52,8362
SE, 027	EN173	50	0,9808915		0,9524859	95,00468	86,12	26,74732
SE, 028	EN2112	200	0,9989829		0,9541242	180,9579	80,84	25,10745
Potencia Total							3,597,87	1,117,43

Nota: Elaboración propia

Tabla 44: Transformadores año 2032 y su Cargabilidad

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada kva	Demanda máxima año 2032		Cargabilidad %	Pot. kw	Pot. kvar
			Lado HV- D.U.	Lado LV- D.U.			
SE, 001	EN127	250	0,9931897	0,9529634	125,4942	285,09	88,54387
SE, 002	EN2068	160	0,9921083	0,9278942	223,9004	317,07	98,47622
SE, 003	EN126	160	0,9880498	0,9156153	250,7389	350,429	108,8373
SE, 004	EN2069	50	0,9834632	0,9583652	102,2467	45,16	14,02589
SE, 005	EN276	75	0,9831894	0,9350693	196,088	129,33	40,16757
SE, 006	EN2081	100	0,9922172	0,8842777	341,8129	288,409	89,57476
SE, 007	EN175	100	0,9862685	0,9661522	67,70359	62,16	19,30579
SE, 008	EN2079	1000	0,9675665	0,9412956	84,79912	760,98	236,3468
SE, 009	EN174	75	0,9877218	0,8856308	404,6502	254,929	79,17662
SE, 010	EN2080	25	0,9802787	0,9560616	87,28745	19,03	5,910376
SE, 011	EN263	100	0,9772527	0,8991539	252,0336	216,159	67,13538
SE, 012	EN272	200	0,9786324	0,9610084	65,32601	119,55	37,13009
SE, 013	EN2072	500	0,9892043	0,9871149	8,684103	31,9	9,907573
SE, 014	EN323	100	0,9874507	0,9873398	0,3584854		
SE, 015	EN331	640	0,971602	0,9639401	32,82205	195,57	60,74052
SE, 016	EN332	10	0,9798729	0,9638121	139,8813	12,52	3,888488
SE, 017	EN273	100	0,9825658	0,9622314	68,42286	62,57	19,43313
SE, 018	EN214	50	0,9878166	0,9449739	172,9596	76,47	23,75022
SE, 019	EN474	100	0,9856298	0,9171193	222,654	194,74	60,48276
SE, 020	EN475	100	0,978665	0,9501883	95,2328	86,12	26,74732
SE, 021	EN440	50	0,9983308	0,9465891	207,9972	92,44	28,7102
SE, 022	EN256	75	0,9918404	0,9564865	145,0807	97,29	30,21654
SE, 023	EN197	100	0,9892215	0,9398998	162,4968	145,57	45,21142
SE, 024	EN322	25	0,9792538	0,9550119	87,37474	19,03	5,910382
SE, 025	EN507	75	0,9878166	0,9449739	172,9596	76,47	23,75022
SE, 026	EN473	50	0,9856298	0,9171193	222,654	194,74	60,48276
SE, 027	EN173	50	0,978665	0,9501883	95,2328	86,12	26,74732
SE, 028	EN2112	200	0,9983308	0,9465891	207,9972	92,44	28,7102
Potencia Total						3,862,52	1,199,63

Nota: Elaboración propia

Tabla 45: Transformadores año 2037y su Cargabilidad,

SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada kva	Demanda máxima año 2037				
			Lado HV-p.u.	Lado LV-p.u.	Cargabilidad %	Pot. kw	Pot. kvar
SE, 001	EN127	250	0,991978	0,9516929	125,6612	285,09	88,54387
SE, 002	EN2068	160	0,9906496	0,9154834	259,6389	362,829	112,6884
SE, 003	EN126	160	0,986508	0,9013158	291,7448	401,439	124,68
SE, 004	EN2069	50	0,9818137	0,9566733	102,4148	45,16	14,02589
SE, 005	EN276	75	0,9814976	0,9257289	226,3208	148,11	46,00029
SE, 006	EN2081	100	0,9908478	0,8624634	401,2829	330,288	102,5811
SE, 007	EN175	100	0,9841785	0,960998	77,83649	71,13	22,09169
SE, 008	EN2079	1000	0,9658924	0,939568	84,95449	760,98	236,3468
SE, 009	EN174	75	0,985777	0,8652261	473,4374	291,739	90,60881
SE, 010	EN2080	25	0,9776972	0,9534176	87,50768	19,03	5,910376
SE, 011	EN263	100	0,9742202	0,882135	294,3085	247,689	76,92793
SE, 012	EN272	200	0,9759625	0,9582869	65,51041	119,55	37,13009
SE, 013	EN2072	500	0,9877353	0,9856429	8,696401	31,9	9,907573
SE, 014	EN323	100	0,9854861	0,9853755	0,9853755		
SE, 015	EN331	640	0,9699354	0,9622598	32,87888	195,57	60,74052
SE, 016	EN332	10	0,9781948	0,9597424	159,5192	14,27	4,432005
SE, 017	EN273	100	0,980189	0,9598021	68,59434	62,57	19,43313
SE, 018	EN214	50	0,985889	0,9363186	199,424	87,62	27,21321
SE, 019	EN474	100	0,9834604	0,9031855	258,7599	222,929	69,23803
SE, 020	EN475	100	0,9759952	0,9474327	95,50785	86,12	26,74732
SE, 021	EN440	50	0,9975506	0,9376191	239,9291	105,88	32,88442
SE, 022	EN256	75	0,9903419	0,9496336	166,5716	111,23	34,54605
SE, 023	EN197	100	0,9877524	0,9383436	162,7652	145,57	45,21142
SE, 024	EN322	25	0,9765857	0,9522791	87,60291	19,03	5,910376
SE, 025	EN507	75	0,985889	0,9363186	199,424	87,62	27,21321
SE, 026	EN473	50	0,9834604	0,9031855	258,7599	222,929	69,23803
SE, 027	EN173	50	0,9759952	0,9474327	95,50785	86,12	26,74732
SE, 028	EN2112	200	0,9975506	0,9376191	239,9291	105,88	32,88442
Potencia Total						4,165,72	1,293,80

Nota: Elaboración propia

Tabla 46: Transformadores año 2042 y su Cargabilidad

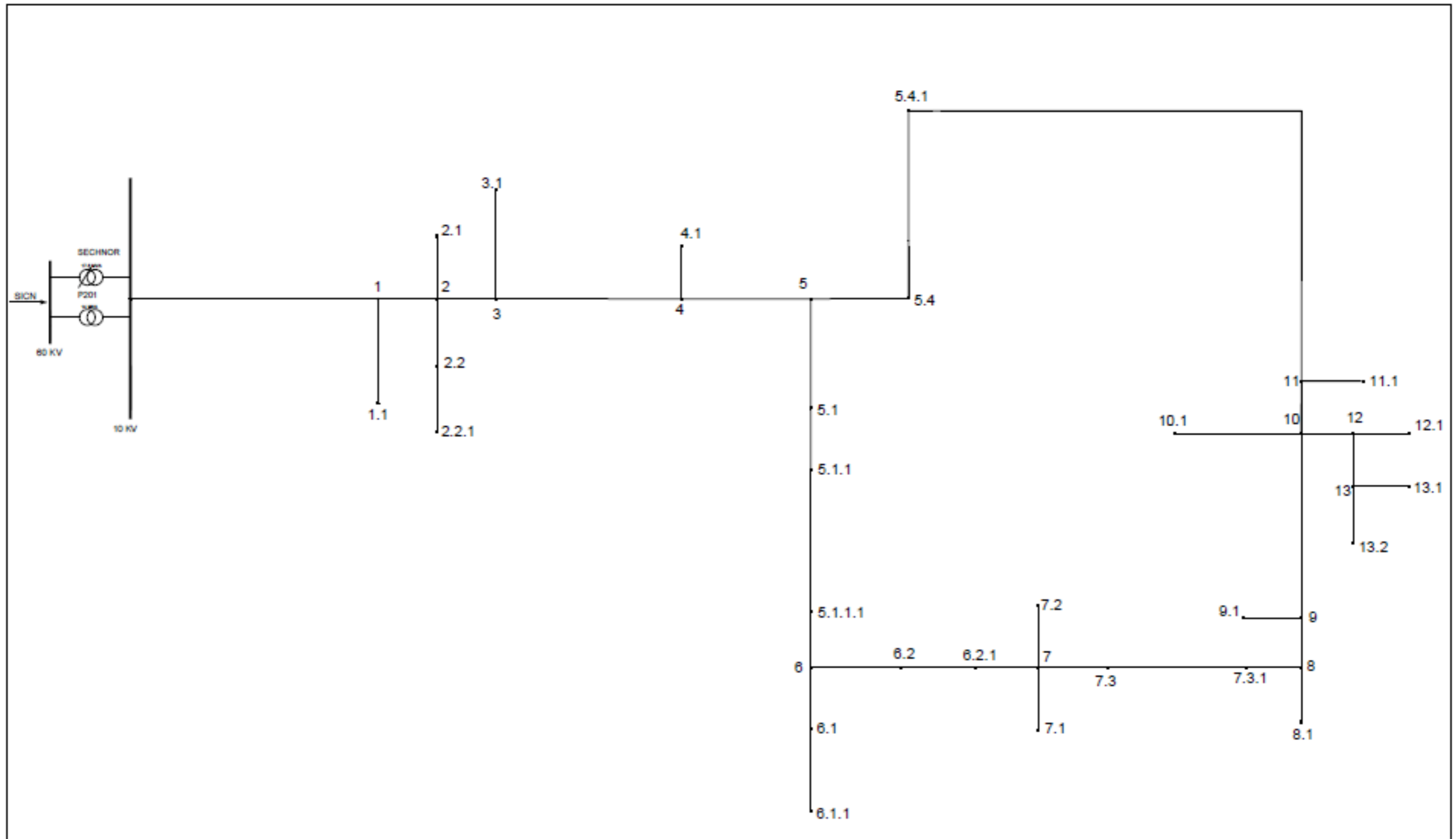
SED Técnico	SED Comercial	Potencia instalada kva	Demanda máxima año 2042					
			Lado HV- p.u.	Lado LV- p.u.	Cargabilidad %	Pot kw	Pot kvar	
SE, 001	EN127	250	0,9905073	0,9501505	125,8646	285,09	88,54387	
SE, 002	EN2068	160	0,9888853	0,9003832	302,309	415,559	129,0654	
SE, 003	EN126	160	0,9846364	0,8837918	340,9384	460,079	142,8921	
SE, 004	EN2069	50	0,9798138	0,9546219	102,6195	45,16	14,02589	
SE, 005	EN276	75	0,9794475	0,914549	262,0865	169,78	52,73061	
SE, 006	EN2081	100	0,9891823	0,8348647	474,6858	378,263	117,4784	
SE, 007	EN175	100	0,9816359	0,9548337	89,75028	81,54	25,32485	
SE, 008	EN2079	1000	0,9638624	0,9374728	85,14368	760,98	236,3468	
SE, 009	EN174	75	0,9834097	0,8397229	557,9629	334,047	103,7479	
SE, 010	EN2080	25	0,9745527	0,9501964	87,77773	19,03	5,910376	
SE, 011	EN263	100	0,9705252	0,8611107	345,6154	283,989	88,20151	
SE, 012	EN272	200	0,9727097	0,9549708	65,73652	119,55	37,13009	
SE, 013	EN2072	500	0,9859513	0,9838553	8,711386	9,90757	33,40314	
SE, 014	EN323	100	0,9830954	0,982985	0,3569043			
SE, 015	EN331	640	0,9679145	0,9602225	32,94805	195,57	60,74052	
SE, 016	EN332	10	0,9761613	0,9548613	182,429	16,29	5,059383	
SE, 017	EN273	100	0,9772952	0,956844	68,80433	62,57	19,43313	
SE, 018	EN214	50	0,9835433	0,9260174	230,4808	100,41	31,18555	
SE, 019	EN474	100	0,9808216	0,886256	301,8628	255,239	79,27283	
SE, 020	EN475	100	0,9727424	0,9440748	95,8452	86,12	26,74732	
SE, 021	EN440	50	0,9966035	0,9269871	277,3587	121,27	37,66426	
SE, 022	EN256	75	0,9885307	0,9414896	191,8274	127,33	39,54642	
SE, 023	EN197	100	0,9859684	0,9364534	163,0924	145,57	45,21141	
SE, 024	EN322	25	0,9733351	0,948949	87,88282	19,03	5,910376	
SE, 025	EN507	75	0,9835433	0,9260174	230,4808	100,41	31,18555	
SE, 026	EN473	50	0,9808216	0,886256	301,8628	255,239	79,27283	
SE, 027	EN173	50	0,9727424	0,9440748	95,8452	86,12	26,74732	
SE, 028	EN2112	200	0,9966035	0,9269871	277,3587	121,27	37,66426	
Potencia Total						4,492,37	1,425,57	

Nota: Elaboración propia

A continuación, presentamos la cargabilidad de las líneas, para ello utilizaremos

el siguiente diagrama unifilar:

Figura 38: Diagrama unifilar del Alimentador C-233



Nota: Elaboración propia

Tabla 47: Cargabilidad de conductores

Nombre	Voltaje Nominal	Año 2021 sin proyecto		Año 2021 con proyecto		Año 2022		Año 2027		Año 2032		Año 2037		Año 2042	
		Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %	Tipo de calibre	Loading %
Line 01	10 kV	CU 50 mm2	98.1	AAAC 50 mm2	96.4	AAAC 50 mm2	97.2	AAAC 50 mm2	97.8	98.1	98.5	AAAC 50 mm2	98.9	AAAC 50 mm2	99.1
Line 01.1	10 kV	CU 16 mm2	16.5	CU 16 mm2	16.9	CU 16 mm2	17.2	CU 16 mm2	17.3	CU 16 mm2	17.8	CU 16 mm2	18.1	CU 16 mm2	18.2
Line 02	10 kV	CU 50 mm2	89.7	AAAC 50 mm2	86.4	AAAC 50 mm2	86.8	AAAC 50 mm2	87.2	AAAC 50 mm2	87.5	AAAC 50 mm2	87.8	AAAC 50 mm2	87.9
Line 02.1	10 kV	CU 16 mm2	14.9	CU 16 mm2	15.1	CU 16 mm2	15.4	CU 16 mm2	15.7	CU 16 mm2	15.9	CU 16 mm2	16.2	CU 16 mm2	16.4
Line 02.2	10 kV	CU 35 mm2	15.6	CU 35 mm2	15.8	CU 35 mm2	15.9	CU 35 mm2	16.1	CU 35 mm2	16.3	CU 35 mm2	16.5	CU 35 mm2	16.8
Line 02.2.1	10 kV	CU 35 mm2	15.9	CU 35 mm2	16.1	CU 35 mm2	16.2	CU 35 mm2	16.3	CU 35 mm2	16.5	CU 35 mm2	16.7	CU 35 mm2	16.9
Line 03	10 kV	CU 50 mm2	88.9	AAAC 50 mm2	84.2	AAAC 50 mm2	84.8	AAAC 50 mm2	84.9	AAAC 50 mm2	85.1	AAAC 50 mm2	85.3	AAAC 50 mm2	85.5
Line 03.1	10 kV	CU 25 mm2	16.4	CU 25 mm2	16.5	CU 25 mm2	16.7	CU 25 mm2	16.8	CU 25 mm2	16.9	CU 25 mm2	17.2	CU 25 mm2	17.3
Line 04	10 kV	CU 50 mm2	87.8	AAAC 50 mm2	82.3	AAAC 50 mm2	82.5	AAAC 50 mm2	82.7	AAAC 50 mm2	82.9	AAAC 50 mm2	83.2	AAAC 50 mm2	82.5
Line 04.1	10 kV	CU 25 mm2	18.9	CU 25 mm2	19.1	CU 25 mm2	19.3	CU 25 mm2	19.5	CU 25 mm2	19.6	CU 25 mm2	20.1	CU 25 mm2	20.5
Line 05	10 kV	CU 50 mm2	86.4	AAAC 50 mm2	81.2	AAAC 50 mm2	81.5	AAAC 50 mm2	82.5	AAAC 50 mm2	82.8	AAAC 50 mm2	83.5	AAAC 50 mm2	83.7
Line 05.1	10 kV	CU 50 mm2	85.3	AAAC 50 mm2	79.2	AAAC 50 mm2	81.2	AAAC 50 mm2	82.1	AAAC 50 mm2	82.6	AAAC 50 mm2	83.2	AAAC 50 mm2	83.5
Line 05.1.1	10 kV	CU 50 mm2	84.2	AAAC 50 mm2	78.2	AAAC 50 mm2	78.4	AAAC 50 mm2	78.6	AAAC 50 mm2	78.8	AAAC 50 mm2	79.5	AAAC 50 mm2	79.7
Line 05.1.1.1	10 kV	CU 50 mm2	83.2	AAAC 50 mm2	85.4	AAAC 50 mm2	85.6	AAAC 50 mm2	86.1	AAAC 50 mm2	86.3	AAAC 50 mm2	86.7	AAAC 50 mm2	86.9
Line 05.4	10 kV	CU 50 mm2	28.3	AAAC 50 mm2	81.2	AAAC 50 mm2	81.5	AAAC 50 mm2	82.5	AAAC 50 mm2	82.8	AAAC 50 mm2	83.5	AAAC 50 mm2	83.7
Line 05.4.1	10 kV	CU 50 mm2	22.9	AAAC 50 mm2	79.2	AAAC 50 mm2	81.2	AAAC 50 mm2	82.1	AAAC 50 mm2	82.6	AAAC 50 mm2	83.2	AAAC 50 mm2	83.5
Line 06	10 kV	CU 50 mm2	82.1	AAAC 50 mm2	78.2	AAAC 50 mm2	78.4	AAAC 50 mm2	78.6	AAAC 50 mm2	78.8	AAAC 50 mm2	79.5	AAAC 50 mm2	79.7
Line 06.1	10 kV	CU 25 mm2	17.2	CU 25 mm2	17.4	CU 25 mm2	17.6	CU 25 mm2	17.8	CU 25 mm2	17.9	CU 25 mm2	18.1	CU 25 mm2	18.3
Line 06.1.1	10 kV	CU 25 mm2	15.9	CU 25 mm2	16.1	CU 25 mm2	16.3	CU 25 mm2	16.5	CU 25 mm2	16.7	CU 25 mm2	16.9	CU 25 mm2	17.2
Line 06.2	10 kV	AAAC 35 mm2	92.1	AAAC 35 mm2	93.2	AAAC 35 mm2	93.4	AAAC 35 mm2	93.7	AAAC 35 mm2	93.4	AAAC 35 mm2	93.8	AAAC 35 mm2	93.9
Line 06.2.1	10 kV	AAAC 35 mm2	89.5	AAAC 35 mm2	91.2	AAAC 35 mm2	91.5	AAAC 35 mm2	92.1	AAAC 35 mm2	92.4	AAAC 35 mm2	92.8	AAAC 35 mm2	93.1
Line 07	10 kV	AAAC 35 mm2	88.4	AAAC 35 mm2	88.9	AAAC 35 mm2	89.1	AAAC 35 mm2	89.4	AAAC 35 mm2	89.5	AAAC 35 mm2	91.2	AAAC 35 mm2	91.5
Line 07.1	10 kV	CU 16 mm2	12.8	CU 16 mm2	12.9	CU 16 mm2	13.2	CU 16 mm2	13.5	CU 16 mm2	13.7	CU 16 mm2	13.9	CU 16 mm2	14.1
Line 07.2	10 kV	CU 16 mm2	16.7	CU 16 mm2	16.9	CU 16 mm2	17.1	CU 16 mm2	17.5	CU 16 mm2	18.1	CU 16 mm2	18.1	CU 16 mm2	18.5
Line 07.3	10 kV	AAAC 35 mm2	86.2	AAAC 35 mm2	87.5	AAAC 35 mm2	87.7	AAAC 35 mm2	88.2	AAAC 35 mm2	88.5	AAAC 35 mm2	88.7	AAAC 35 mm2	88.9
Line 07.3.1	10 kV	AAAC 35 mm2	85.9	AAAC 35 mm2	87.2	AAAC 35 mm2	87.3	AAAC 35 mm2	87.9	AAAC 35 mm2	88.1	AAAC 35 mm2	88.2	AAAC 35 mm2	88.5
Line 08	10 kV	AAAC 35 mm2	84.9	AAAC 35 mm2	86.5	AAAC 35 mm2	86.7	AAAC 35 mm2	86.9	AAAC 35 mm2	87.1	AAAC 35 mm2	87.5	AAAC 35 mm2	87.6
Line 08.1	10 kV	CU 25 mm2	16.5	CU 25 mm2	17.1	CU 25 mm2	17.5	CU 25 mm2	17.9	CU 25 mm2	18.2	CU 25 mm2	18.5	CU 25 mm2	18.9
Line 09	10 kV	AAAC 35 mm2	83.5	AAAC 35 mm2	85.2	AAAC 35 mm2	85.7	AAAC 35 mm2	85.9	AAAC 35 mm2	86.1	AAAC 35 mm2	86.5	AAAC 35 mm2	86.9
Line 09.1	10 kV	CU 25 mm2	17.5	CU 25 mm2	19.2	CU 25 mm2	19.4	CU 25 mm2	19.6	CU 25 mm2	19.8	CU 25 mm2	20.1	CU 25 mm2	20.2
Line 10	10 kV	AAAC 35 mm2	82.5	AAAC 35 mm2	83.1	AAAC 35 mm2	83.5	AAAC 35 mm2	84.2	AAAC 35 mm2	84.6	AAAC 35 mm2	84.9	AAAC 35 mm2	85.1
Line 10.1	10 kV	CU 25 mm2	19.5	CU 25 mm2	20.2	CU 25 mm2	20.8	CU 25 mm2	21.5	CU 25 mm2	21.9	CU 25 mm2	22.2	CU 25 mm2	22.9
Linea 11	10 kV	AAAC 35 mm2	81.6	AAAC 35 mm2	82.1	AAAC 35 mm2	82.8	AAAC 35 mm2	83.1	AAAC 35 mm2	83.4	AAAC 35 mm2	84.1	AAAC 35 mm2	84.6
Line 11.1	10 kV	CU 25 mm2	13.8	CU 25 mm2	14.1	CU 25 mm2	14.5	CU 25 mm2	15.2	CU 25 mm2	15.6	CU 25 mm2	15.8	CU 25 mm2	16.1
Line 11.2	11 kV	CU 25 mm2	14.7	CU 25 mm2	15.2	CU 25 mm2	15.8	CU 25 mm2	15.9	CU 25 mm2	16.1	CU 25 mm2	16.7	CU 25 mm2	17.1
Line 12	12 kV	CU 25 mm2	15.2	CU 25 mm2	15.4	CU 25 mm2	15.6	CU 25 mm2	15.8	CU 25 mm2	15.9	CU 25 mm2	16.2	CU 25 mm2	16.8
Line 12.1	10 kV	CU 25 mm2	14.2	CU 25 mm2	14.8	CU 25 mm2	14.9	CU 25 mm2	15.1	CU 25 mm2	15.2	CU 25 mm2	15.8	CU 25 mm2	16.1
Line 13	10 kV	CU 25 mm2	18.9	CU 25 mm2	19.1	CU 25 mm2	19.3	CU 25 mm2	19.5	CU 25 mm2	19.7	CU 25 mm2	20.1	CU 25 mm2	20.8
Line 13.1	10 kV	CU 25 mm2	17.2	CU 25 mm2	18.2	CU 25 mm2	18.5	CU 25 mm2	18.7	CU 25 mm2	18.9	CU 25 mm2	19.2	CU 25 mm2	19.5
Line 13.2	10 kV	CU 25 mm2	16.8	CU 25 mm2	17.2	CU 25 mm2	17.5	CU 25 mm2	17.9	CU 25 mm2	18.1	CU 25 mm2	18.6	CU 25 mm2	19.2

Nota: Elaboración propia

h. Perfiles de tensión

El análisis de flujo de potencia verifica la caída de tensión, que se mantiene dentro de los límites establecidos por la NTCSE para varios años con un proyecto de mejora en curso.

Tabla 48: Resumen de caída de tensión,

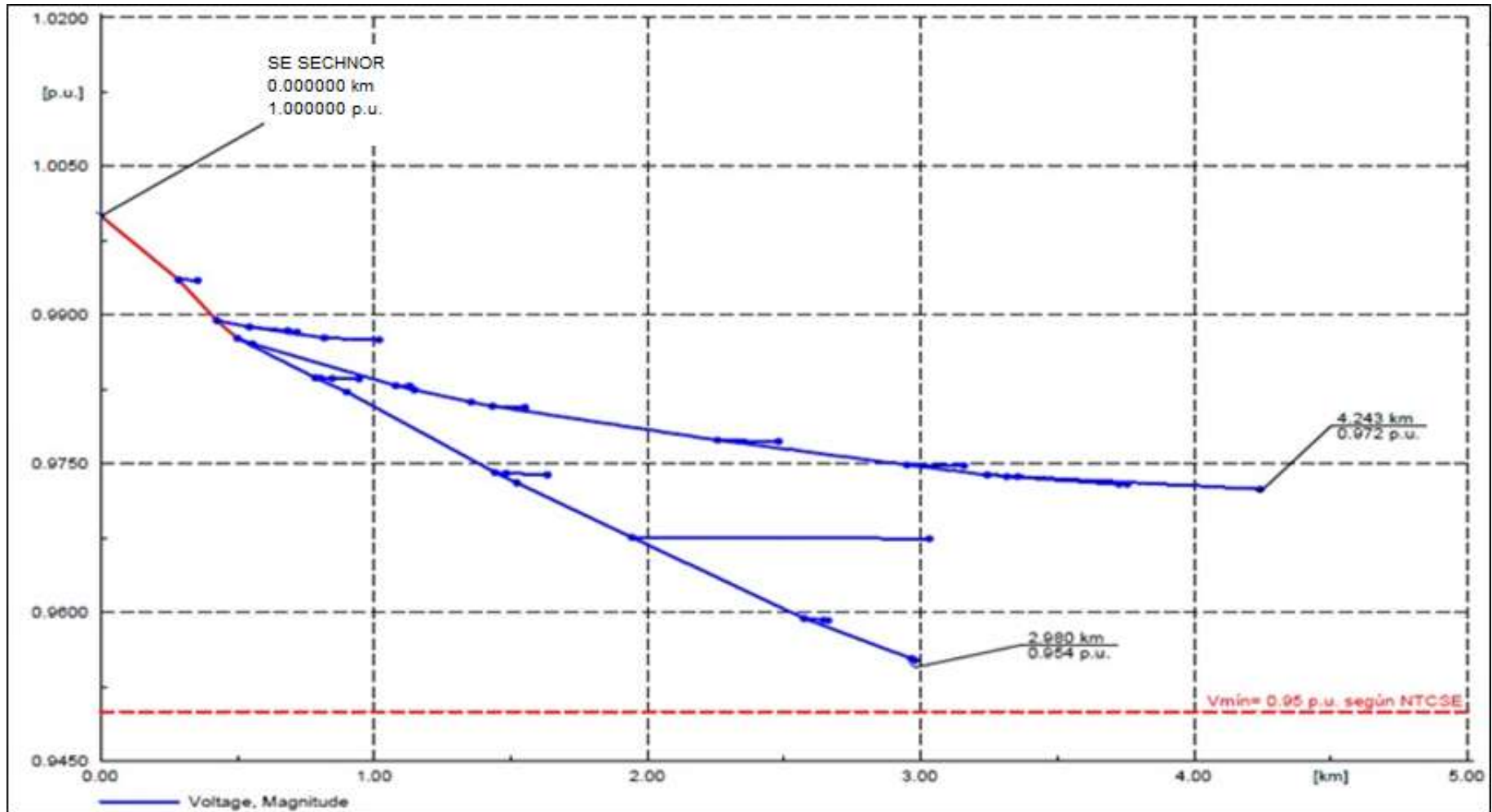
Tabla 48: Resumen de caída de tensión,

Nombre	Voltaje nominal	Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)
Line 01	10 kV	0,993	1,000	1,000	0,999	0,998	0,998	0,997
Line 01,1	10 kV	1,000	1,007	1,007	1,007	1,007	1,007	1,007
Line 02	10 kV	0,988	0,995	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991
Line 02,1	10 kV	0,988	0,995	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991
Line 02,2	10 kV	0,989	0,996	0,996	0,995	0,994	0,992	0,991
Line 02,2,1	10 kV	0,988	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,989
Line 03	10 kV	0,987	0,994	0,994	0,993	0,992	0,990	0,989
Line 03,1	10 kV	0,994	1,000	1,000	0,999	0,998	0,998	0,997
Line 04	10 kV	0,984	0,992	0,991	0,990	0,989	0,988	0,986
Line 04,1	10 kV	0,984	0,992	0,992	0,990	0,989	0,988	0,986
Line 05	10 kV	0,984	0,992	0,991	0,990	0,989	0,988	0,986
Line 05,1	10 kV	0,988	0,995	0,995	0,994	0,993	0,992	0,990
Line 05,1,1	10 kV	0,984	0,992	0,992	0,991	0,989	0,988	0,986
Line 05,1,1,1	10 kV	0,974	0,986	0,986	0,985	0,983	0,982	0,980
Line 05,4	10 kV	0,974	0,986	0,986	0,985	0,983	0,981	0,979
Line 05,4,1	10 kV	0,982	0,991	0,990	0,989	0,988	0,987	0,985
Line 06	10 kV	0,974	0,986	0,986	0,985	0,984	0,982	0,980
Line 06,1	10 kV	0,959	0,974	0,974	0,973	0,972	0,970	0,968
Line 06,1,1	10 kV	0,959	0,974	0,974	0,973	0,972	0,970	0,968
Line 06,2	10 kV	0,959	0,975	0,974	0,973	0,972	0,970	0,968
Line 06,2,1	10 kV	0,955	0,971	0,970	0,969	0,968	0,966	0,964
Line 07	10 kV	0,955	0,970	0,970	0,969	0,968	0,966	0,964
Line 07,1	10 kV	0,973	0,986	0,986	0,984	0,983	0,981	0,979

Nombre	Voltaje nominal	Año 2021	Año 2021	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		SP	CP					
		Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)	Caída de tensión (p.u.)
Line 07,2	10 kV	0,967	0,983	0,982	0,981	0,980	0,978	0,976
Line 07,3	10 kV	0,989	0,996	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992
Line 07,3,1	10 kV	0,987	0,994	0,994	0,993	0,992	0,991	0,989
Line 08	10 kV	0,983	0,991	0,991	0,989	0,988	0,986	0,984
Line 08,1	10 kV	0,983	0,991	0,991	0,989	0,988	0,986	0,984
Line 09	10 kV	0,983	0,991	0,991	0,989	0,988	0,986	0,984
Line 09,1	10 kV	0,982	0,991	0,990	0,989	0,987	0,985	0,983
Line 10	10 kV	0,981	0,990	0,989	0,988	0,986	0,984	0,982
Line 10,1	10 kV	0,981	0,989	0,989	0,987	0,986	0,983	0,981
Line 11	10 kV	0,981	0,989	0,989	0,988	0,986	0,984	0,981
Line 11,1	10 kV	0,977	0,987	0,986	0,985	0,983	0,980	0,977
Line 11,2	10 kV	0,977	0,987	0,986	0,985	0,983	0,980	0,977
Line 12	10 kV	0,975	0,985	0,984	0,982	0,980	0,978	0,975
Line 12,1	10 kV	0,975	0,985	0,984	0,982	0,980	0,978	0,975
Line 13	10 kV	0,974	0,984	0,983	0,982	0,979	0,977	0,973
Line 13,1	10 kV	0,974	0,984	0,983	0,982	0,979	0,977	0,973
Line 13,2	10 kV	0,974	0,984	0,983	0,981	0,979	0,977	0,973

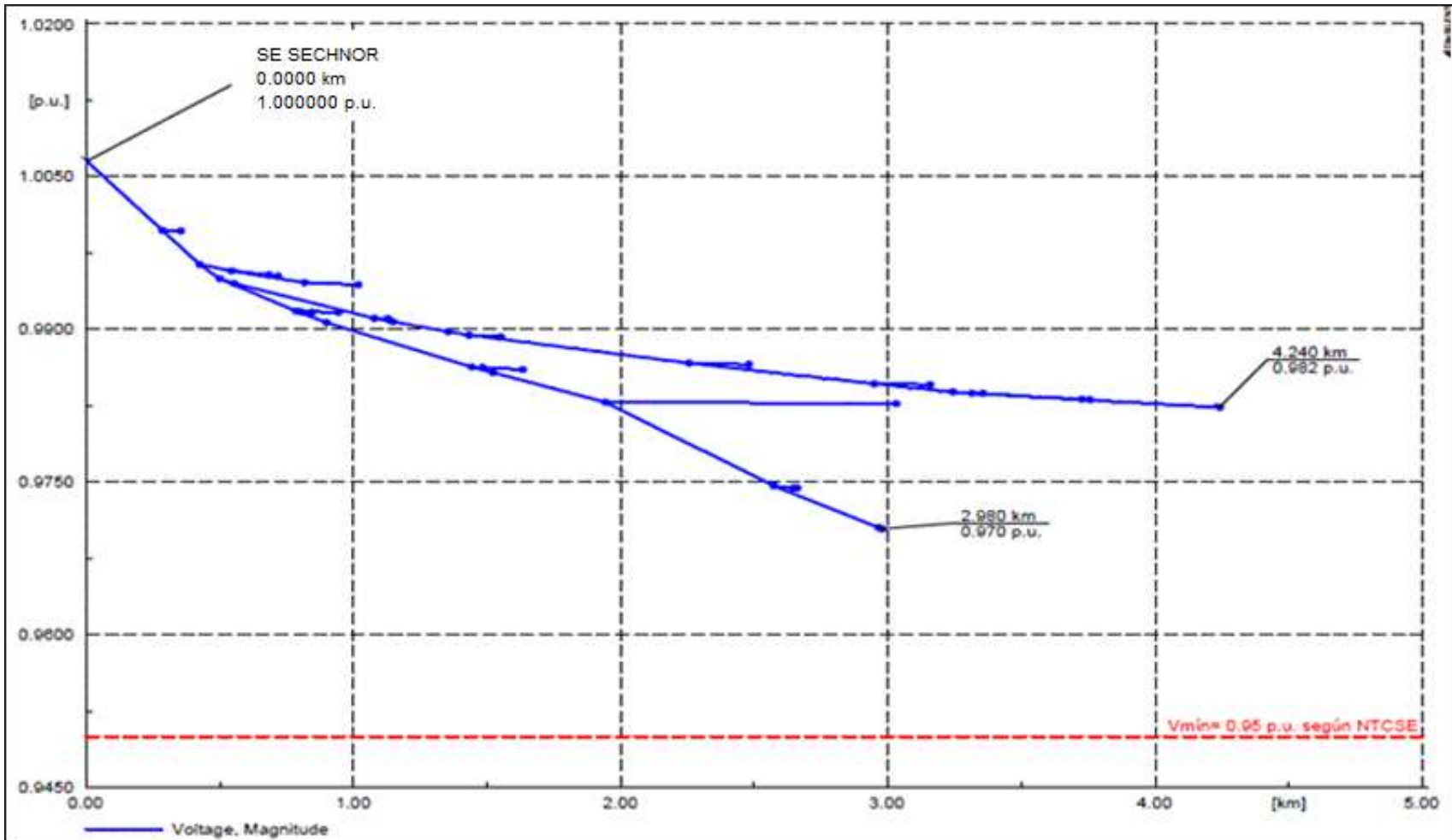
Nota: Elaboración propia

Figura 39: Perfil de tensión año 2021 sin proyecto,



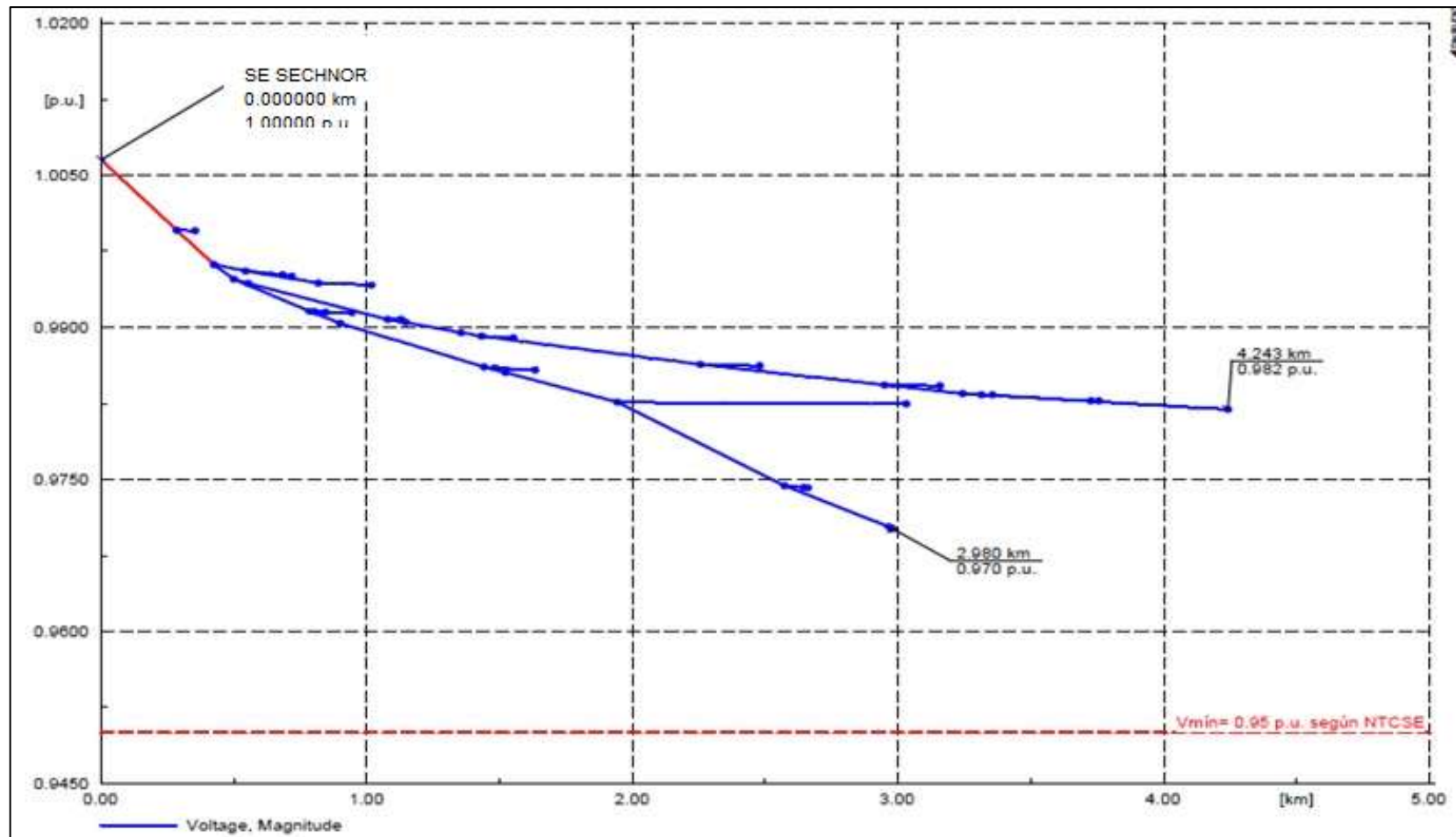
Nota: Elaboración propia

Figura 40: Perfil de tensión año 2021 con proyecto,



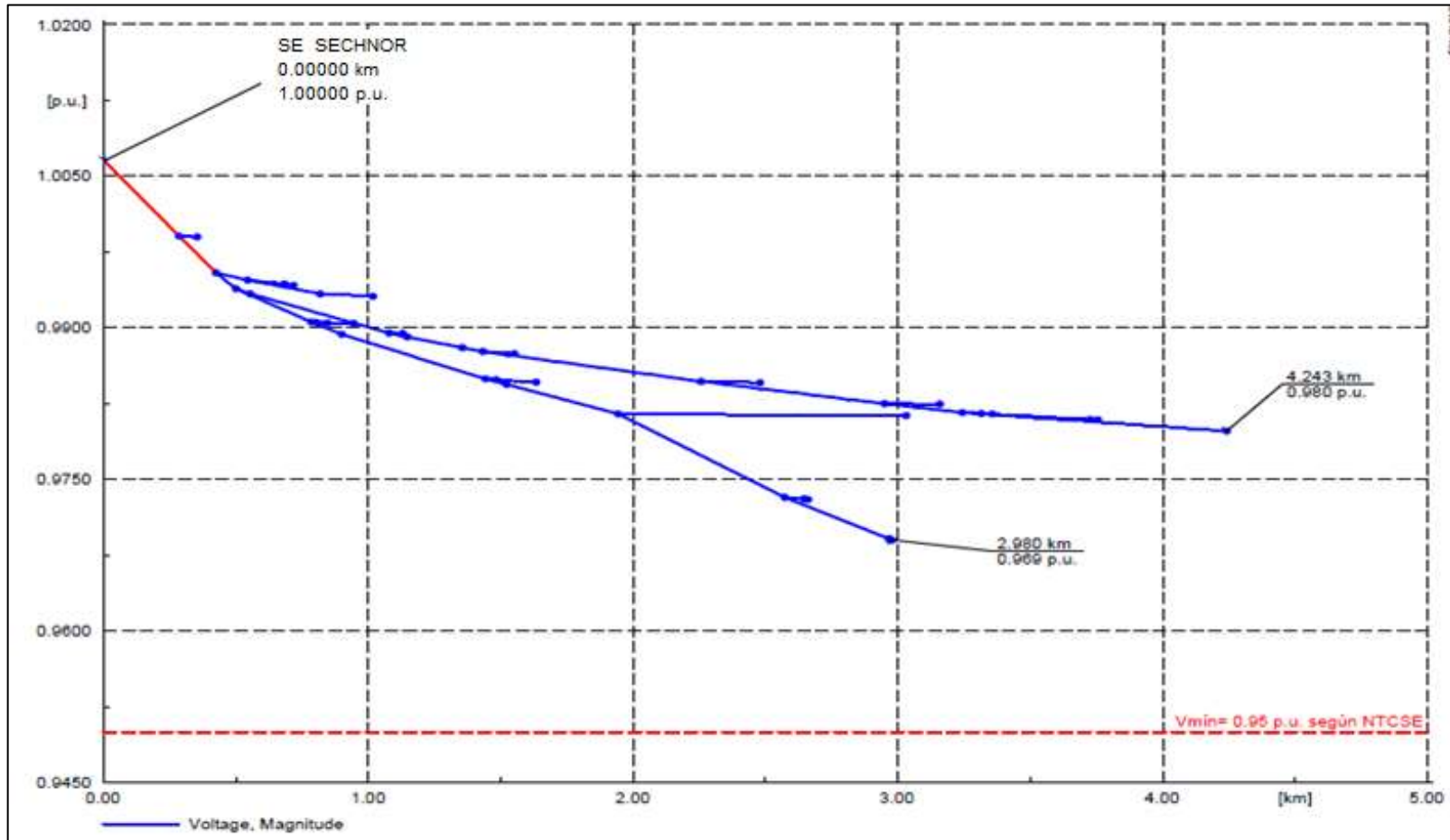
Nota: Elaboración propia

Figura 41: Perfil de tensión año 2022,



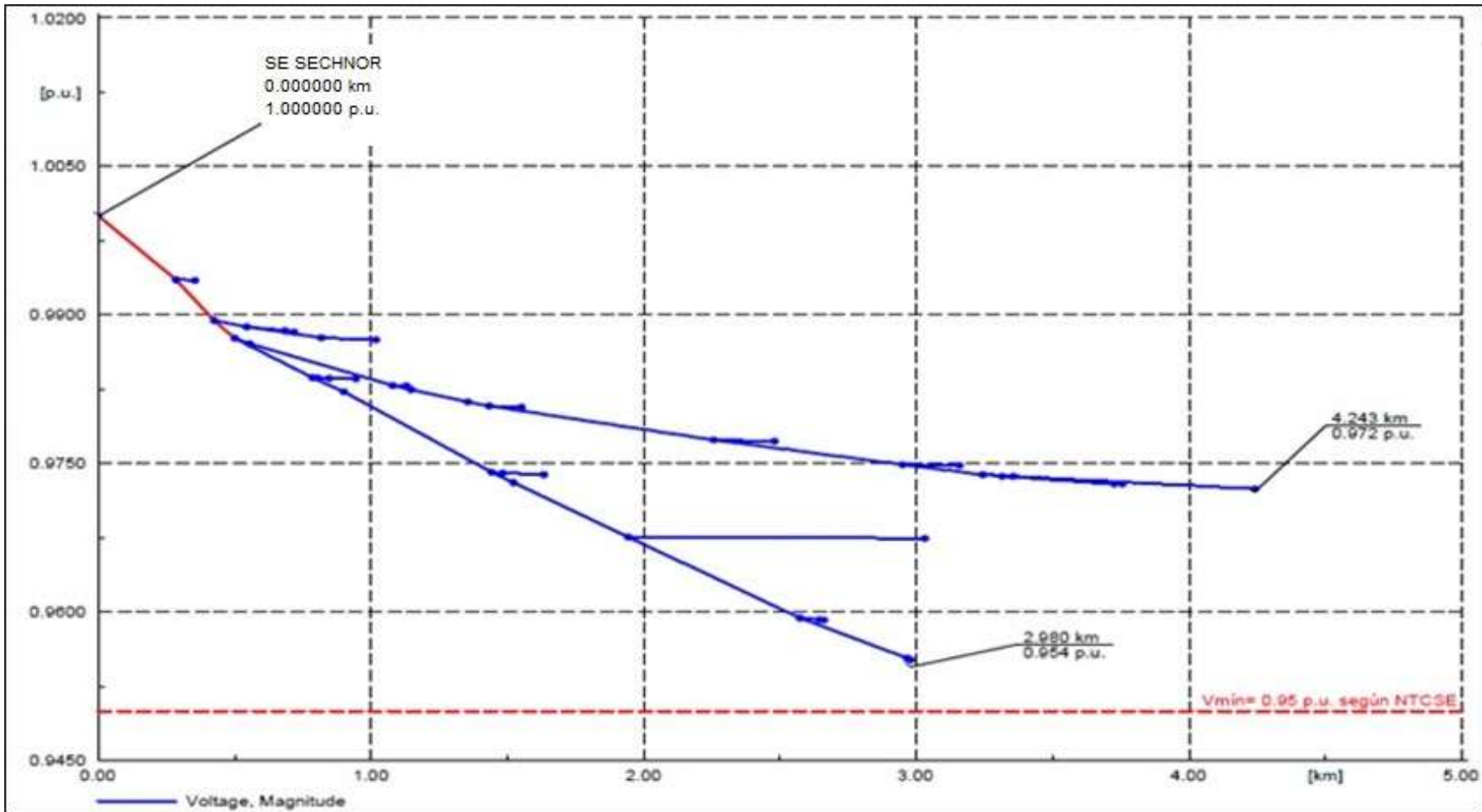
Nota: Elaboración propia

Figura 42: Perfil de tensión año 2027,



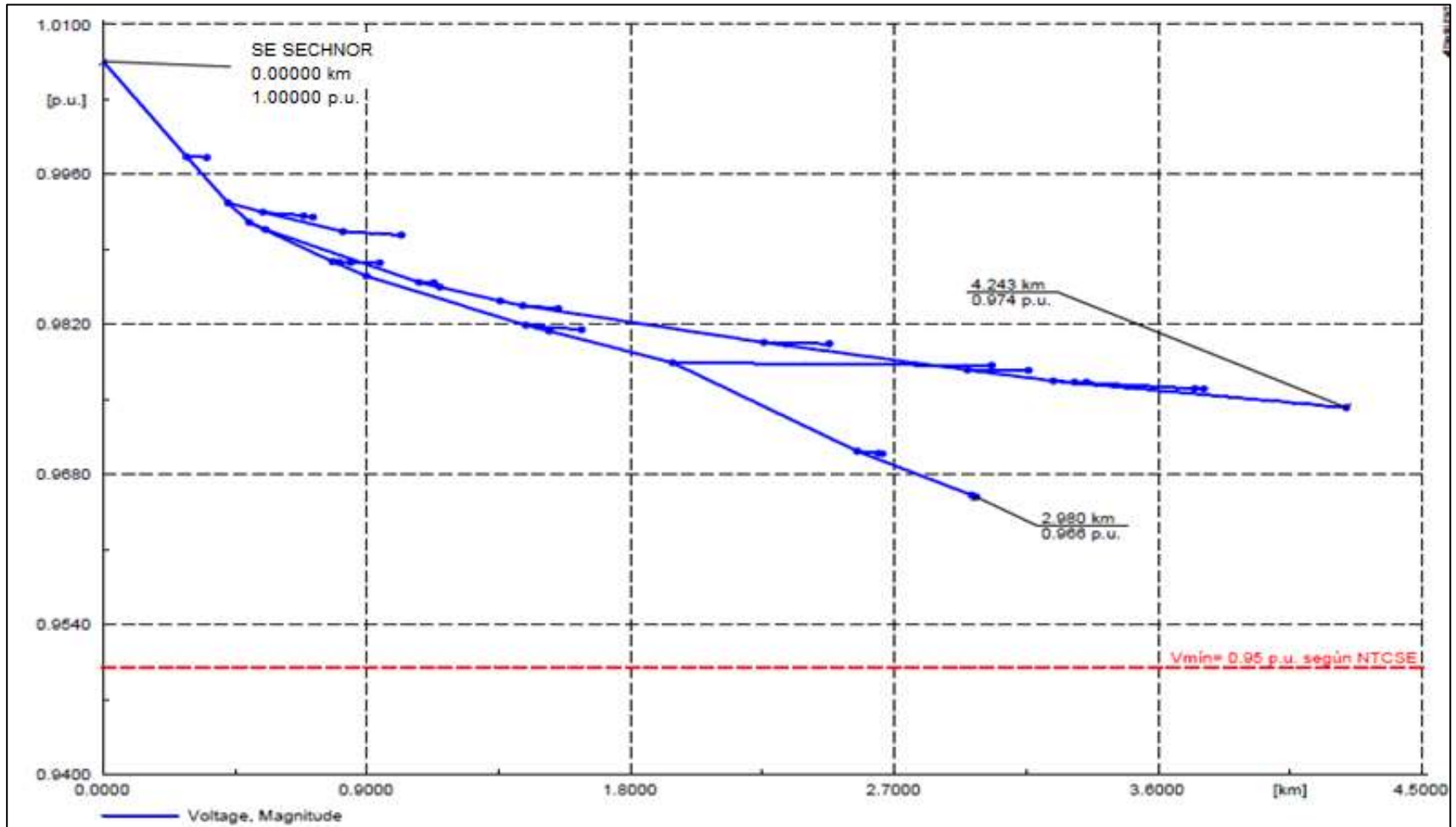
Nota: Elaboración propia

Figura 43: Perfil de tensión año 2032,



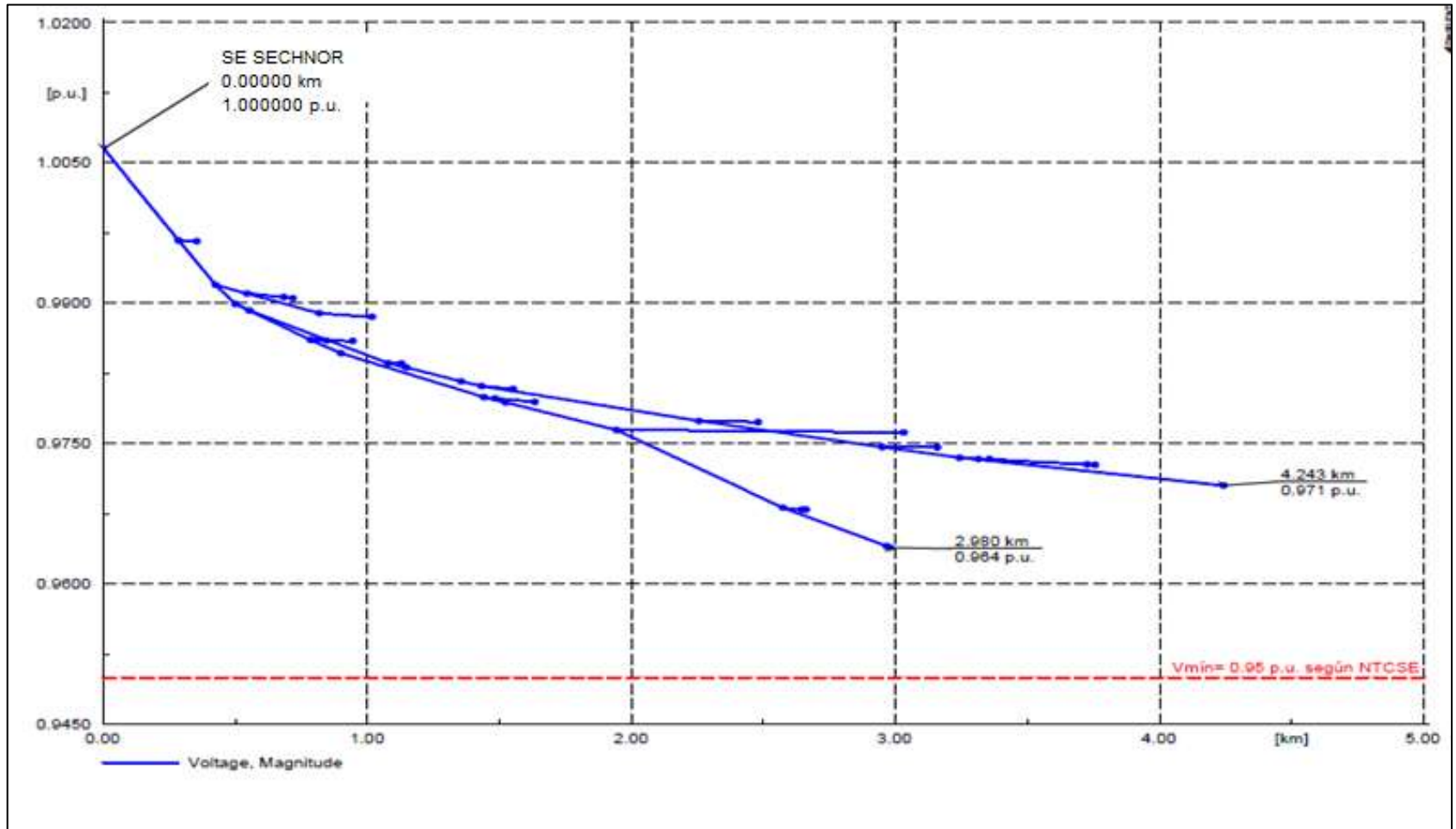
Nota: Elaboración propia

Figura 44: Perfil de tensión año 2037,



Nota: Elaboración propia

Figura 45: Perfil de tensión año 2042,



Nota: Elaboración propia

i. Resultado de cortocircuito

Se calculó el cortocircuito considerando la potencia del sistema eléctrico en la barra de 10 kV del alimentador C-233.

Estudiar cortocircuitos requiere protocolos estándar como ANSI e IEC, utilizaremos el protocolo IEC.

Se analizará la simulación de redes con y sin carga.

Se utiliza el ensayo en vacío para evaluar la potencia de cortocircuito en barras, las demandas de los equipos de maniobra y las corrientes a tierra.

Es adecuado considerar la corriente y tensión de pre falla al realizar un análisis de protección de red eléctrica con carga.

Se realizan análisis para determinar la capacidad de cortocircuito y seleccionar el equipamiento de protección adecuado para el sistema eléctrico,

Se utiliza el método completo de cálculo de cortocircuitos con superposición y una fuente de potencia para simular la falla.

La corriente de cortocircuito máximo se simulará en 2042 con fallas monofásicas y una impedancia de falla de 100 ohmios.

Se mostrarán las intensidades de cortocircuito en la barra SECHONOR y en los nodos y alimentadores.

Tabla 49: Corriente de cortocircuito monofásico en la S,E, SECHONOR,

Barra	Cortocircuito monofásico a tierra							
	Tensi ^o n (kV)	Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
<u>S,E,</u> SECHN OR	10,00	8,355387	8,405022	8,405819	8,62222	9,732177	9,806814	9,899612

Nota: Elaboración propia

Tabla 50: Intensidades de cortocircuito bifásico en la S,E, SECHONOR,

Barra	Tensión (kV)	Cortocircuito bifásico						
		Año 2021	Año 2021	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		SP	CP					
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
<u>S,E,</u>								
SECHN	10,00	8,948256	8,99806	8,999664	9,437157	12,04487	12,24172	12,49769
OR,								

Nota: Elaboración propia

Tabla 51: Intensidad de cortocircuito trifásico en la S,E, SECHONOR,

Barra	Tensión (kV)	Cortocircuito trifásico						
		Año 2021	Año 2021	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		SP	CP					
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
<u>S,E,</u>								
SECH	10,00	10,54592	10,60236	10,60415	11,11323	14,10932	14,32788	14,63978
NOR,								

Nota: Elaboración propia

Tabla 52: Potencia aparente de cortocircuito monofásico en la S,E, SECHONOR,

Barra	Tensión (kV)	Cortocircuito monofásico a tierra						
		Año 2021	Año 2021	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		SP	CP					
		Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)
<u>S,E,</u>								
SECHN	10,00	48,23985	48,52642	48,53102	49,78041	56,18875	56,61967	57,15543
OR,								

Nota: Elaboración propia

Tabla 53: Potencia aparente de cortocircuito bifásico en la S,E, SECHONOR

		Cortocircuito bifásico						
Barra	Tensión (kV)	Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)
S,E, SECH NOR,	10,00	51,66278	51,95033	51,95959	54,48545	69,54107	70,6776	72,15544

Nota: Elaboración propia

Tabla 54: Potencia aparente de cortocircuito trifásico en la S,E, SECHONOR

		Cortocircuito trifásico						
Barra	Tensión (kV)	Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)	Sk" (MVA)
S,E, SECHNO R,	10,00	182,6608	183,6383	183,6692	192,4868	244,3806	248,1662	253,5684

Nota: Elaboración propia

Tabla 55: Intensidad de cortocircuito monofásico en los nodos

		Cortocircuito monofásico a tierra						
Barra	Tensión (kV)	Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 01	10	6,086	5,866	5,867	5,973	6,465	6,489	6,532

Cortocircuito monofásico a tierra								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021 SP	2021 CP	2022	2027	2032	2037	2042
		Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"
		(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)
Line 01,1	10	5,651	5,411	5,412	5,502	5,910	5,929	5,965
Line 02	10	2,114	2,126	2,125	2,120	2,115	2,107	2,098
Line 02,1	10	5,286	5,083	5,083	5,162	5,519	5,534	5,565
Line 02,2	10	4,747	4,527	4,527	4,590	4,865	4,874	4,898
Line 02,2,1	10	4,231	4,006	4,006	4,054	4,263	4,269	4,287
Line 03	10	4,109	3,887	3,887	3,933	4,127	4,132	4,149
Line 03,1	10	3,686	3,487	3,487	3,523	3,672	3,674	3,686
Line 04	10	4,924	4,952	4,949	4,936	4,927	4,904	4,876
Line 04,1	10	3,146	2,968	2,967	2,993	3,095	3,095	3,103
Line 05	10	3,132	3,150	3,149	3,143	3,139	3,129	3,117
Line 05,1	10	4,942	4,751	4,751	4,820	5,127	5,139	5,165
Line 05,1,1	10	4,711	4,529	4,529	4,592	4,868	4,878	4,901
Line 05,1,1,1	10	3,221	3,117	3,117	3,145	3,267	3,269	3,277
Line 05,4	10	3,123	3,017	3,017	3,043	3,156	3,158	3,165
Line 05,4,1	10	3,072	3,096	3,093	3,076	3,059	3,033	3,000
Line 06	10	3,125	3,019	3,019	3,045	3,159	3,160	3,167
Line 06,1	10	2,086	2,103	2,102	2,096	2,090	2,081	2,071
Line 06,1,1	10	3,088	2,992	2,992	3,017	3,129	3,130	3,137
Line 06,2	10	3,121	3,147	3,146	3,143	3,143	3,137	3,130
Line 06,2,1	10	2,753	2,675	2,675	2,695	2,782	2,782	2,787
Line 07	10	3,099	3,125	3,123	3,118	3,114	3,105	3,094
Line 07,1	10	2,644	2,572	2,571	2,590	2,670	2,670	2,674
Line 07,2	10	2,492	2,415	2,415	2,431	2,500	2,500	2,503
Line 07,3	10	3,060	3,085	3,083	3,071	3,060	3,042	3,019
Line 07,3,1	10	1,859	1,825	1,824	1,833	1,870	1,869	1,869
Line 08	10	1,720	1,679	1,679	1,686	1,717	1,716	1,716
Line 08,1	10	3,052	3,080	3,079	3,075	3,073	3,066	3,058

Cortocircuito monofásico a tierra								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021	2021	2022	2027	2032	2037	2042
		SP	CP					
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 09	10	1,485	1,465	1,464	1,469	1,492	1,491	1,490
Line 09,1	10	1,381	1,360	1,360	1,364	1,383	1,382	1,381
Line 10	10	1,037	1,048	1,048	1,046	1,044	1,041	1,038
Line 10,1	10	1,368	1,352	1,351	1,355	1,375	1,373	1,372
Line 11	10	1,078	1,048	1,048	1,049	1,060	1,058	1,057
Line 11,1	10	2,968	2,994	2,991	2,978	2,965	2,944	2,919
Line 11,2	10	1,342	1,327	1,326	1,330	1,349	1,347	1,346
Line 12	10	1,325	1,309	1,309	1,312	1,331	1,329	1,328
Line 12,1	10	1,035	1,047	1,046	1,044	1,042	1,040	1,036
Line 13	10	1,210	1,199	1,199	1,201	1,216	1,215	1,213
Line 13,1	10	1,202	1,190	1,190	1,192	1,207	1,205	1,204
Line 13,2	10	5,820	5,876	5,874	5,867	5,871	5,856	5,839

Nota: Elaboración propia

Tabla 56: Intensidad de cortocircuito bifásica en los nodos,

Cortocircuito bifásico								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021	2021	2022	2027	2032	2037	2042
		SP	CP					
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 01	10	7,153	6,991	6,992	7,265	8,622	8,691	8,846
Line 01,1	10	6,698	6,515	6,516	6,754	7,876	7,922	8,055
Line 02	10	1,847	1,858	1,858	1,858	1,859	1,858	1,857
Line 02,1	10	6,351	6,247	6,248	6,467	7,487	7,531	7,652
Line 02,2	10	5,755	5,632	5,632	5,809	6,589	6,615	6,711
Line 02,2,1	10	5,160	5,026	5,027	5,166	5,749	5,763	5,836

Cortocircuito bifásico								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021	2021	2022	2027	2032	2037	2042
		SP	CP					
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 03	10	5,000	4,869	4,869	4,999	5,535	5,546	5,613
Line 03,1	10	4,387	4,281	4,281	4,380	4,753	4,755	4,805
Line 04	10	4,282	4,305	4,304	4,305	4,317	4,314	4,311
Line 04,1	10	3,686	3,596	3,596	3,664	3,900	3,897	3,930
Line 05	10	2,711	2,727	2,726	2,725	2,728	2,725	2,721
Line 05,1	10	5,982	5,913	5,914	6,109	6,997	7,033	7,141
Line 05,1,1	10	5,723	5,679	5,680	5,860	6,664	6,694	6,792
Line 05,1,1,1	10	3,962	4,080	4,081	4,172	4,534	4,542	4,588
Line 05,4	10	3,841	3,949	3,950	4,035	4,369	4,375	4,418
Line 05,4,1	10	2,704	2,726	2,725	2,724	2,726	2,723	2,719
Line 06	10	3,844	3,952	3,952	4,037	4,372	4,378	4,421
Line 06,1	10	1,815	1,830	1,830	1,828	1,828	1,825	1,821
Line 06,1,1	10	3,799	3,929	3,930	4,014	4,346	4,352	4,394
Line 06,2	10	2,680	2,702	2,702	2,699	2,701	2,696	2,690
Line 06,2,1	10	3,386	3,542	3,542	3,610	3,870	3,874	3,907
Line 07	10	2,672	2,694	2,693	2,691	2,693	2,688	2,682
Line 07,1	10	3,250	3,414	3,414	3,476	3,715	3,718	3,749
Line 07,2	10	3,060	3,200	3,200	3,254	3,459	3,460	3,486
Line 07,3	10	2,668	2,689	2,689	2,687	2,689	2,685	2,680
Line 07,3,1	10	2,273	2,462	2,462	2,493	2,606	2,605	2,619
Line 08	10	2,098	2,254	2,254	2,280	2,372	2,370	2,381
Line 08,1	10	2,625	2,648	2,648	2,645	2,645	2,639	2,632
Line 09	10	1,808	1,990	1,990	2,009	2,080	2,078	2,086
Line 09,1	10	1,661	1,817	1,817	1,833	1,889	1,887	1,893
Line 10	10	0,898	0,908	0,907	0,906	0,905	0,902	0,899
Line 10,1	10	1,663	1,840	1,840	1,857	1,916	1,914	1,921
Line 11	10	1,304	1,402	1,401	1,410	1,442	1,440	1,443

Barra	Tensión (kV)	Cortocircuito bifásico						
		Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)	Ik" (kA)
Line 11,1	10	2,565	2,587	2,587	2,585	2,587	2,583	2,578
Line 11,2	10	1,631	1,807	1,807	1,822	1,879	1,878	1,884
Line 12	10	1,606	1,777	1,777	1,792	1,847	1,845	1,850
Line 12,1	10	0,896	0,906	0,906	0,905	0,903	0,901	0,898
Line 13	10	1,468	1,636	1,636	1,648	1,694	1,692	1,696
Line 13,1	10	1,457	1,622	1,622	1,635	1,679	1,677	1,681
Line 13,2	10	4,891	4,939	4,938	4,934	4,943	4,932	4,918

Nota: Elaboración propia

Tabla 57: Corriente de cortocircuito trifásico de los nodos,

Barra	Tensión (kV)	Cortocircuito Trifásico						
		Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"
		(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)
Line 01	10	8,424	8,226	8,227	8,543	10,086	10,158	10,346
Line 01,1	10	7,885	7,663	7,664	7,938	9,209	9,256	9,416
Line 02	10	2,133	2,146	2,146	2,145	2,147	2,146	2,144
Line 02,1	10	7,472	7,342	7,344	7,595	8,747	8,793	8,939
Line 02,2	10	6,764	6,612	6,613	6,815	7,691	7,717	7,832
Line 02,2,1	10	6,057	5,894	5,894	6,053	6,705	6,717	6,804
Line 03	10	5,867	5,708	5,708	5,856	6,453	6,462	6,543
Line 03,1	10	5,140	5,013	5,013	5,125	5,536	5,535	5,596
Line 04	10	4,946	4,972	4,972	4,973	4,986	4,982	4,978
Line 04,1	10	4,311	4,203	4,203	4,279	4,537	4,532	4,571
Line 05	10	3,132	3,150	3,149	3,148	3,151	3,147	3,143
Line 05,1	10	7,034	6,944	6,946	7,170	8,171	8,207	8,337
Line 05,1,1	10	6,726	6,667	6,668	6,874	7,778	7,809	7,927
Line 05,1,1,1	10	4,636	4,772	4,772	4,875	5,277	5,284	5,338
Line 05,4	10	4,493	4,617	4,618	4,714	5,084	5,089	5,139
Line 05,4,1	10	3,123	3,148	3,148	3,146	3,149	3,144	3,140
Line 06	10	4,496	4,620	4,620	4,716	5,087	5,092	5,142
Line 06,1	10	2,096	2,114	2,113	2,111	2,111	2,107	2,103
Line 06,1,1	10	4,443	4,594	4,594	4,689	5,056	5,061	5,111
Line 06,2	10	3,096	3,121	3,120	3,118	3,119	3,114	3,107
Line 06,2,1	10	3,955	4,136	4,136	4,212	4,499	4,502	4,541
Line 07	10	3,086	3,112	3,111	3,108	3,110	3,104	3,097
Line 07,1	10	3,795	3,985	3,985	4,055	4,318	4,320	4,356
Line 07,2	10	3,570	3,733	3,733	3,794	4,018	4,019	4,049
Line 07,3	10	3,081	3,106	3,106	3,104	3,105	3,101	3,095

Barra	Tensión (kV)	Cortocircuito Trifásico						
		Año 2021 SP	Año 2021 CP	Año 2022	Año 2027	Año 2032	Año 2037	Año 2042
		Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"	Ik"
		(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	(kA)
Line 07,3,1	10	2,645	2,866	2,865	2,900	3,023	3,022	3,037
Line 08	10	2,441	2,623	2,622	2,651	2,751	2,748	2,760
Line 08,1	10	3,031	3,059	3,058	3,054	3,055	3,048	3,040
Line 09	10	2,100	2,313	2,313	2,334	2,410	2,408	2,417
Line 09,1	10	1,929	2,111	2,111	2,128	2,189	2,186	2,193
Line 10	10	1,037	1,048	1,048	1,046	1,045	1,042	1,039
Line 10,1	10	1,932	2,138	2,138	2,156	2,220	2,218	2,225
Line 11	10	1,512	1,626	1,626	1,636	1,669	1,667	1,670
Line 11,1	10	2,963	2,988	2,988	2,986	2,987	2,983	2,977
Line 11,2	10	1,894	2,099	2,099	2,116	2,177	2,175	2,182
Line 12	10	1,865	2,064	2,064	2,081	2,140	2,137	2,144
Line 12,1	10	1,035	1,047	1,046	1,045	1,043	1,040	1,037
Line 13	10	1,703	1,899	1,899	1,913	1,962	1,960	1,964
Line 13,1	10	1,691	1,884	1,883	1,897	1,945	1,943	1,947
Line 13,2	10	5,651	5,706	5,704	5,700	5,709	5,696	5,680

Nota: Elaboración propia

Tabla 58: Intensidad de cortocircuito monofásico con impedancia de falla de 100 Ω

Cortocircuito monofásico a tierra con impedancia de falla de 100 Ω								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021 SP	2021 CP	2022	2027	2032	2037	2042
		I _k " (kA)	I _k " (kA)	I _k " (kA)	I _k " (kA)	I _k " (kA)	I _k " (kA)	I _k " (kA)
Line 01	10	0,05720	0,05755	0,05755	0,05752	0,05748	0,05744	0,05739
Line 01,1	10	0,05716	0,05751	0,05751	0,05748	0,05744	0,05740	0,05734
Line 02	10	0,00210	0,00211	0,00211	0,00209	0,00208	0,00206	0,00203
Line 02,1	10	0,05690	0,05731	0,05731	0,05726	0,05721	0,05714	0,05707
Line 02,2	10	0,05682	0,05722	0,05722	0,05717	0,05711	0,05704	0,05696
Line 02,2,1	10	0,05674	0,05714	0,05713	0,05709	0,05703	0,05696	0,05688
Line 03	10	0,05671	0,05711	0,05710	0,05706	0,05700	0,05693	0,05685
Line 03,1	10	0,05657	0,05697	0,05696	0,05691	0,05684	0,05675	0,05665
Line 04	10	0,00207	0,00208	0,00208	0,00206	0,00204	0,00201	0,00198
Line 04,1	10	0,05643	0,05683	0,05681	0,05676	0,05669	0,05660	0,05650
Line 05	10	0,00211	0,00212	0,00212	0,00211	0,00210	0,00208	0,00206
Line 05,1	10	0,05677	0,05721	0,05720	0,05715	0,05709	0,05701	0,05693
Line 05,1,1	10	0,05672	0,05716	0,05715	0,05710	0,05704	0,05696	0,05687
Line 05,1,1,1	10	0,05625	0,05679	0,05678	0,05670	0,05661	0,05650	0,05637
Line 05,4	10	0,05622	0,05676	0,05675	0,05668	0,05658	0,05647	0,05634
Line 05,4,1	10	0,00200	0,00201	0,00201	0,00198	0,00194	0,00190	0,00184
Line 06	10	0,05623	0,05677	0,05675	0,05668	0,05659	0,05648	0,05635
Line 06,1	10	0,00209	0,00210	0,00210	0,00209	0,00207	0,00205	0,00203
Line 06,1,1	10	0,05619	0,05675	0,05673	0,05666	0,05657	0,05645	0,05632
Line 06,2	10	0,00215	0,00217	0,00217	0,00217	0,00217	0,00216	0,00216
Line 06,2,1	10	0,05604	0,05662	0,05661	0,05653	0,05643	0,05631	0,05617
Line 07	10	0,00212	0,00214	0,00214	0,00213	0,00212	0,00211	0,00209
Line 07,1	10	0,05598	0,05658	0,05656	0,05648	0,05638	0,05626	0,05611
Line 07,2	10	0,05592	0,05652	0,05650	0,05642	0,05632	0,05619	0,05604
Line 07,3	10	0,00205	0,00206	0,00206	0,00204	0,00201	0,00198	0,00194
Line 07,3,1	10	0,05544	0,05615	0,05613	0,05604	0,05593	0,05579	0,05563

Cortocircuito monofásico a tierra con impedancia de falla de 100 Ω								
Barra	Tensión (kV)	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
		2021 SP	2021 CP	2022	2027	2032	2037	2042
		I _{k''} (kA)	I _{k''} (kA)	I _{k''} (kA)	I _{k''} (kA)	I _{k''} (kA)	I _{k''} (kA)	I _{k''} (kA)
Line 08	10	0,05533	0,05604	0,05602	0,05593	0,05582	0,05568	0,05552
Line 08,1	10	0,00210	0,00212	0,00212	0,00211	0,00211	0,00211	0,00210
Line 09	10	0,05500	0,05580	0,05578	0,05568	0,05556	0,05541	0,05524
Line 09,1	10	0,05487	0,05566	0,05564	0,05554	0,05542	0,05527	0,05510
Line 10	10	0,00208	0,00210	0,00210	0,00210	0,00210	0,00209	0,00208
Line 10,1	10	0,05482	0,05566	0,05564	0,05554	0,05541	0,05526	0,05508
Line 11	10	0,05433	0,05513	0,05511	0,05500	0,05486	0,05469	0,05449
Line 11,1	10	0,00201	0,00203	0,00203	0,00200	0,00197	0,00193	0,00189
Line 11,2	10	0,05479	0,05562	0,05561	0,05551	0,05538	0,05523	0,05505
Line 12	10	0,05476	0,05560	0,05558	0,05548	0,05535	0,05520	0,05502
Line 12,1	10	0,00208	0,00210	0,00210	0,00210	0,00209	0,00209	0,00208
Line 13	10	0,05457	0,05545	0,05543	0,05533	0,05521	0,05506	0,05488
Line 13,1	10	0,05456	0,05544	0,05542	0,05532	0,05520	0,05504	0,05486
Line 13,2	10	0,00210	0,00212	0,00212	0,00211	0,00211	0,00210	0,00209

Nota: Elaboración propia

j. Ajuste de protecciones

Cálculo de ajuste del alimentador C-233 a la salida de la barra 10 KV - Fases

Selección del transformador de corriente

Calculamos la corriente y potencia activa del sistema mediante el flujo de potencia,

$$P = 4851,3 \text{ kW}$$

$$V = 10 \text{ kV}$$

$$I = 302,224 \text{ A}$$

La corriente en el primario es 1,3 veces la corriente nominal,

$$I(TC) = 302,224 * 1,3 \text{ A}$$

$$I(TC) = 392,9 A$$

La Intensidad en el lado primario es de 400 A.

La Intensidad en el secundario sería 5A si el transformador estuviera en la celda de entrada.

Entonces, la relación de transformación es: $RTC = 400/1$,

Se ingresan la información en DigSilent Power Factory,

Figura 46: Entrada de información del TC en el DigSilent Power Factory, Relé G,E
F650,



Nota: DigSilent Power Factory

Ajuste de protección relé G.E – F650

Se ajustará el relé G.E – F650 gráficamente en el software.

Ajuste Tiempo Inverso (51):

Calculamos el flujo de potencia para obtener la intensidad nominal del sistema.

$$I = 302,2 A$$

El relé tiene curvas IEC del tipo:

IEC Curva A = Normalmente Inverso,

IEC Curva B = Muy Inverso,

IEC Curva C = Extremadamente Inverso,

Seleccionamos la IEC Curva B (Muy Inverso).

El criterio de ajuste de protección del alimentador en media tensión es de 1,2 a 1,5 veces la intensidad nominal del sistema, que es 1,5 en este caso.

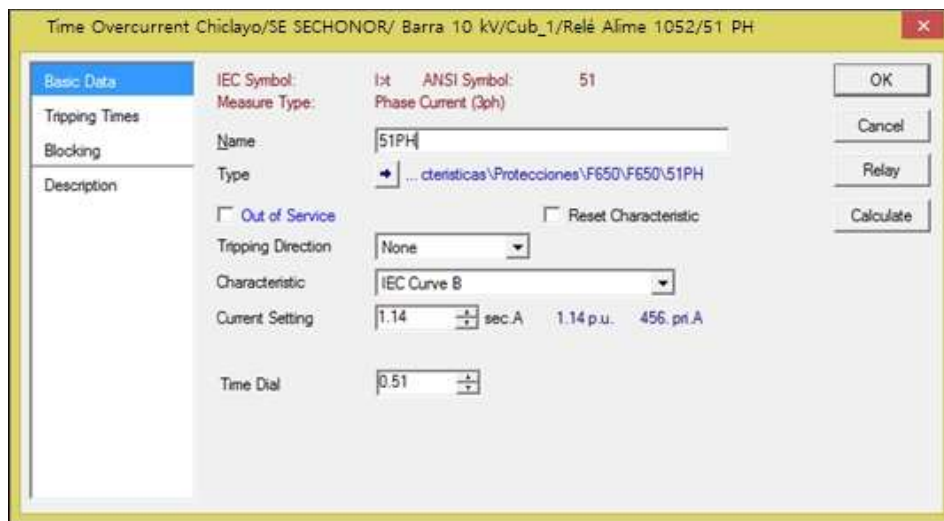
Current Setting = 453,336 pri, A ; 1,13 sec, A,

Time Dial = 0,51

Tiempo de apertura, falla remota (99%) = 398 segundos

Con este tiempo, el relé detecta una falla remota en 398 ms, teniendo en cuenta una variación de 300 ms, 300 ms de variación para un relé electromecánico.

Figura 47: Ajuste de protección del tiempo inverso (51) – Fases. G.E F650



Nota: DigSilent Power Factory

Ajuste Tiempo Instantáneo o Tiempo Definido (50):

Comprobamos la presencia de una falla al inicio usando fallas locales y remotas en la

línea 1. La falla local dividida por la remota debe ser $\geq 1,25$.

$$I_{cc\ 3PH(1\%)} = 14,584\text{ kA}$$

$$I_{cc\ 3PH(99\%)} = 10,378\text{ kA}$$

$$I_{cc\ 3PH(1\%)} / I_{cc\ 3PH(99\%)} = 1,40528 > 1,25$$

Necesita haber una fase inicial rápida,

La corriente de recogida debe ser inferior al 80% de la corriente de cortocircuito en la línea 1.

$$I_{cc\ 3PH(1\%)} = 14,584 * 1000 * 80\% \text{ A}$$

$$I_{cc\ 3PH(1\%)} = 11667,2\text{ pri, A ; } 29,17\text{ sec, A}$$

La coordinación entre relé y recloser toma unos 200 ms. [7]

Para coordinar los equipos de protección, se considera lo siguiente,

$$\text{Time Stting} = 0,09\text{ Segundos}$$

$$\text{Total Time} = 0,1\text{ Segundos}$$

Figura 48: Ajuste de protección tiempo definido (50) – Fases, G,E F650,



Nota: DigSilent Power Factory

- **Cálculo de ajuste para el recloser - Fases (Nodo 1)**

Selección del transformador de corriente

Obtenemos la corriente y la potencia activa del sistema utilizando el flujo de potencia.

$$P = 4681,6 \text{ KW}$$

$$V = 10 \text{ KV}$$

$$I = 294,224 \text{ A}$$

La intensidad en el primario es 1,3 veces la intensidad nominal,

$$I(TC) = 294,224 * 1,3 \text{ A}$$

$$I(TC) = 382,4912 \text{ A}$$

El lado primario tiene 400 A de corriente,

La corriente en el lado secundario es de 1 A debido a la instalación del transformador en el patio de la subestación, El secundario tendría 5 A si el transformador estuviera en la celda de entrada, La corriente en el secundario sería de 5 A en la celda de entrada del transformador,

La relación de transformación es RTC=400/1, ,

Se ingresan la información en DigSilent Power Factory,

Figura 49: Entrada de datos del TC en el DigSilent Power Factory, recloser,

The screenshot shows the configuration window for a recloser in DigSilent Power Factory. The 'Basic Data' tab is active, showing the following settings:

- Name: TC 400/1 - Recloser
- Type: ...ctericas\Protecciones\TCs\CT 50-2000/1A
- Out of Service:
- Cubicle: ...
- Location:
 - Busbar: Tumbes\NTCSE 223459_1052
 - Branch: Tumbes\Line 01_1052
 - Orientation: Branch
- Primary:
 - Tap: 400 A
 - Set button
- Secondary:
 - Tap: 1 A
 - Connection: Y
- Ratio: 400A/1A
- Complete Ratio: 400A/1A
- No. Phases: 3
- Phase Rotation: a-b-c

Buttons for 'OK' and 'Cancel' are located in the top right corner.

Nota: DigSilent Power Factory

Ajuste de protección relé ENTEC EVRC2A

El relé ENTEC EVRC2A se creará y ajustará en el software de forma gráfica.

Ajuste Tiempo Inverso (51):

Calculamos el flujo de potencia para obtener la intensidad nominal del sistema,

$$I = 294,224 \text{ A}$$

El relé tiene curvas IEC del tipo:

$$IEC - SI = \text{Normalmente Inverso,}$$

$$IEC - VI = \text{Muy Inverso,}$$

$$IEC - EI = \text{Extremadamente Inverso,}$$

En este caso, elegimos la IEC Curva B (Muy Inverso),

El ajuste de protección del alimentador en media tensión es 1,2 a 1,5 veces la intensidad nominal del sistema. La intensidad nominal es de 1,5 en este caso,

$$\text{Current Setting} = 441,336 \text{ pri, A ; } 1,10 \text{ sec, A,}$$

$$\text{Time Dial} = 0,14$$

$$\text{Tiempo de apertura, falla remota (99\%)} = 0,098 \text{ segundos}$$

La coordinación entre un relé y recloser es de alrededor de 200 ms. Para coordinar los equipos de protección, se considera lo siguiente,

Figura 50: Ajuste de protección de tiempo inverso (51), relé ENTEC EVRC2A

Nota: DigSilent Power Factory

Ajuste Tiempo Instantáneo o Tiempo Definido (50):

Primero verificamos si hay fallas locales y remotas en la línea 2, La falla local deberá ser mayor o igual a 1,25 veces la falla remota.

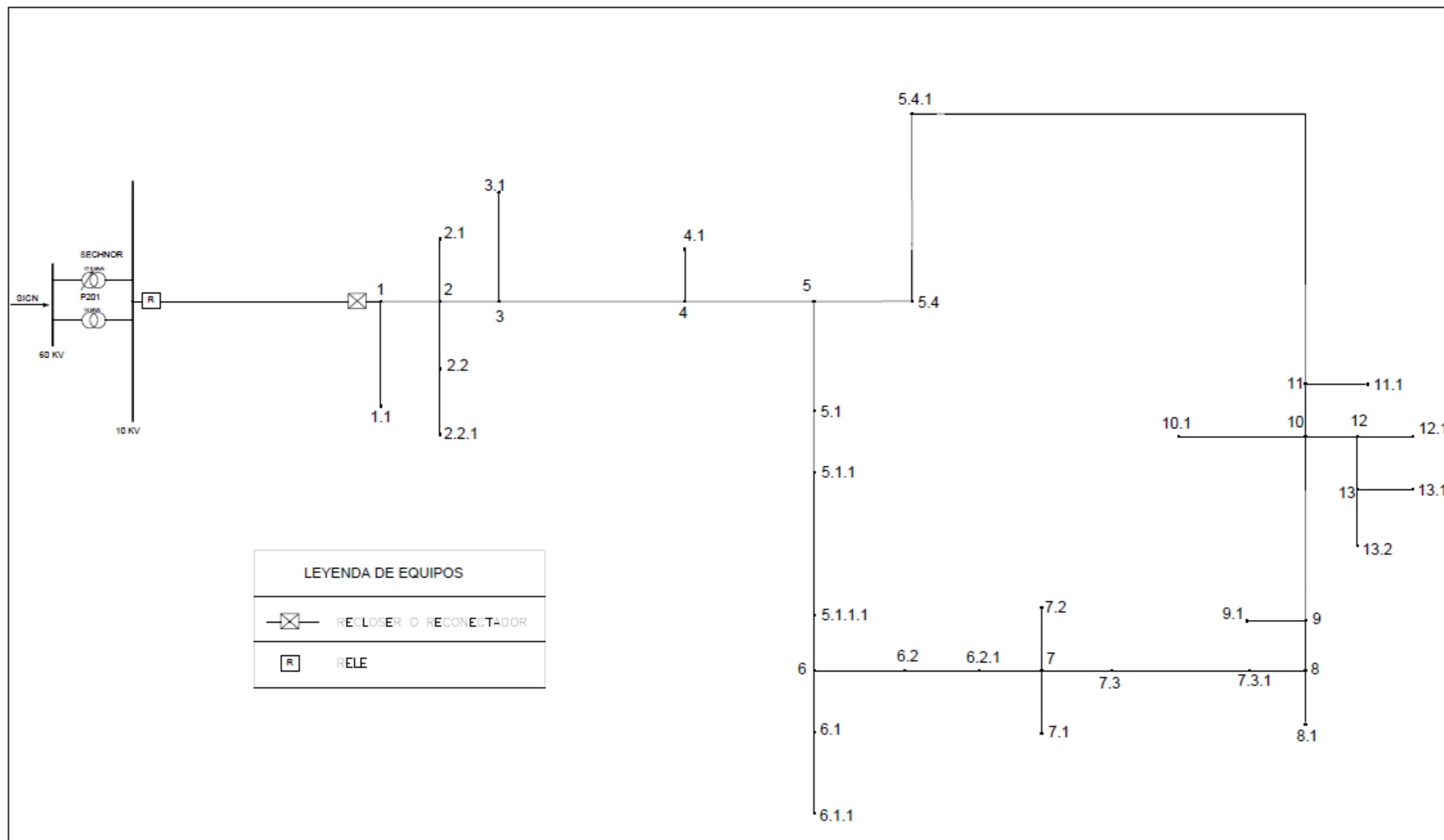
$$I_{cc\ 3PH(1\%)} = 10,33\text{ kA}$$

$$I_{cc\ 3PH(99\%)} = 8,952\text{ kA}$$

$$I_{cc\ 3PH(1\%)} / I_{cc\ 3PH(99\%)} = 1,153932 < 1,25$$

No se requiere una fase inicial instantánea.

Figura 51: Diagrama unifilar de ubicación de equipos de protección y terminales,



Nota: Elaboración propia

Resumen de ajustes de coordinación de protecciones actuales y propuestos

El proyecto de mejoramiento del alimentador C-233 implica ajustes en la protección y coordinación debido a cambios en la sección del conductor y punto de alimentación, Se consideraron ajustes en equipos de protección eléctrica para mejorar la coordinación en la celda de salida del AMT C-233,

Las tablas presentan los ajustes actuales y propuestos del recloser ENTEC EVR-1,

Tabla 59: Ajustes propuestos de sobrecorriente (50/51) para el relé G,E F650 – AMT C-2333

PROPUESTO									
Ubicación	Relé Modelo	kV	TC	I>	t>	Curva	I>>	t>>	
<u>Nodo 0</u>	<u>G,E,-F650</u>	10	400/1	456 <u>pri A</u>	0,51	IEC Curva B	1166 8 <u>pri A</u>	0,1 <u>Seg.</u>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 60: Ajuste actual y propuesto de sobrecorriente (50/51) para el relé ENTEC EVR-1,

PROPUESTO									
<u>Nodo 1</u>	ENTEK EVR-1	10	400/1	440 <u>pri A</u>	0,14	IEC-VI	-	-	

Nota: Elaboración propia

Tabla 61: Ajustes actual y propuestos de sobrecorriente (50N/51N) para el relé G,E F650 – AMT C-233

PROPUESTO									
Ubicación	Relé Modelo	kV	TC	I>	t>	Curva	I>>	t>>	
<u>Nodo 0</u>	<u>G,E,-F650</u>	10	400/1	20 <u>pri A</u>	35	IEC Curva C	7880 <u>pri A</u>	0,15 <u>Seg.</u>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 62: Ajuste actual y propuesto de sobrecorriente (50N/51N) para el relé ENTEC EVR-1,

		PROPUESTO						
Ubicación	Relé Modelo	kV	TC	I>	t>	Curva	I>>	t>>
Estructura	ENTEC	10	400/1	24 pprj A	7,87	IEC-EI	-	-
Nodo 1	EVRC2A							

Nota: Elaborado por el autor

C Evaluación de los indicadores de duración y frecuencia posterior a la implementación de sistemas inteligentes

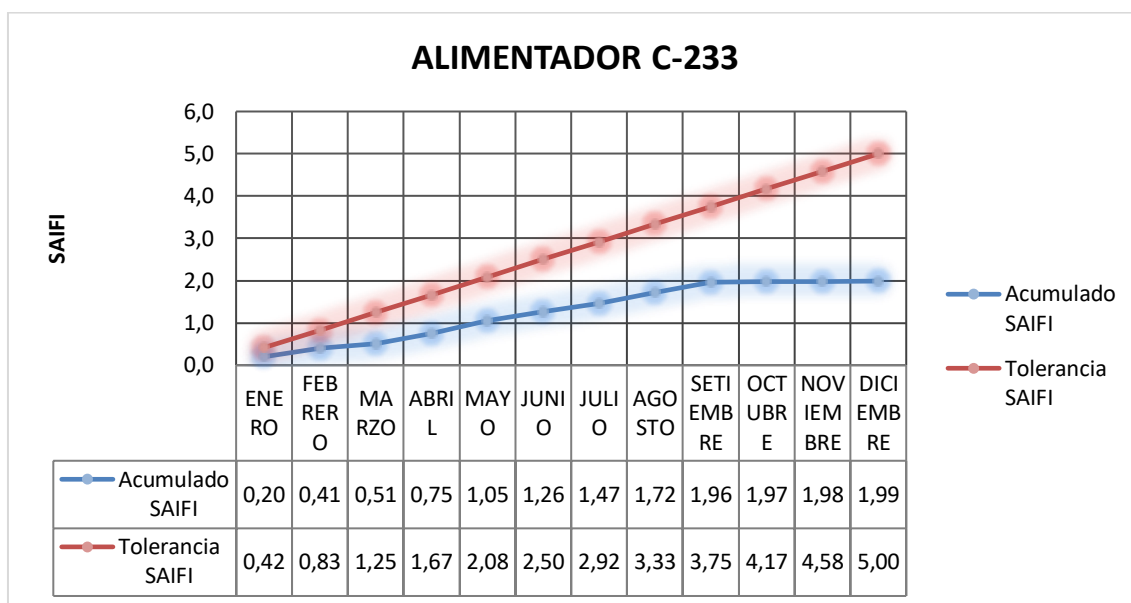
Para evaluar los indicadores de duración y frecuencia posterior a la implementación de sistemas inteligentes, se ha asumido que, como consecuencia de la implementación, las paradas imprevistas van a disminuir, así como las paradas por fallas temporales, En ese sentido los nuevos valores de SAIFI y SAIDI, son:

Tabla 63: Resumen de nuevos valores de SAIFI y SAIDI 2018

SAIFI y SAIDI 2018						
Alimentador C-233	Suma de SAIFI	Acumulado SAIFI	Tolerancia SAIFI	Suma de SAIDI	Acumulado SAIDI	Tolerancia SAIDI
ENERO	0.20	0.20	0.42	0.50	0.50	0.75
FEBRERO	0.21	0.41	0.83	0.21	0.71	1.50
MARZO	0.10	0.51	1.25	0.11	0.82	2.25
ABRIL	0.24	0.75	1.67	0.20	1.02	3.00
MAYO	0.30	1.05	2.08	0.25	1.27	3.75
JUNIO	0.21	1.26	2.50	0.25	1.52	4.50
JULIO	0.21	1.47	2.92	0.15	1.67	5.25
AGOSTO	0.25	1.72	3.33	0.21	1.88	6.00
SETIEMBRE	0.24	1.96	3.75	0.15	2.03	6.75
OCTUBRE	0.01	1.97	4.17	0.17	2.20	7.50
NOVIEMBRE	0.01	1.98	4.58	0.15	2.35	8.25
DICIEMBRE	0.01	1.99	5.00	0.13	2.48	9.00

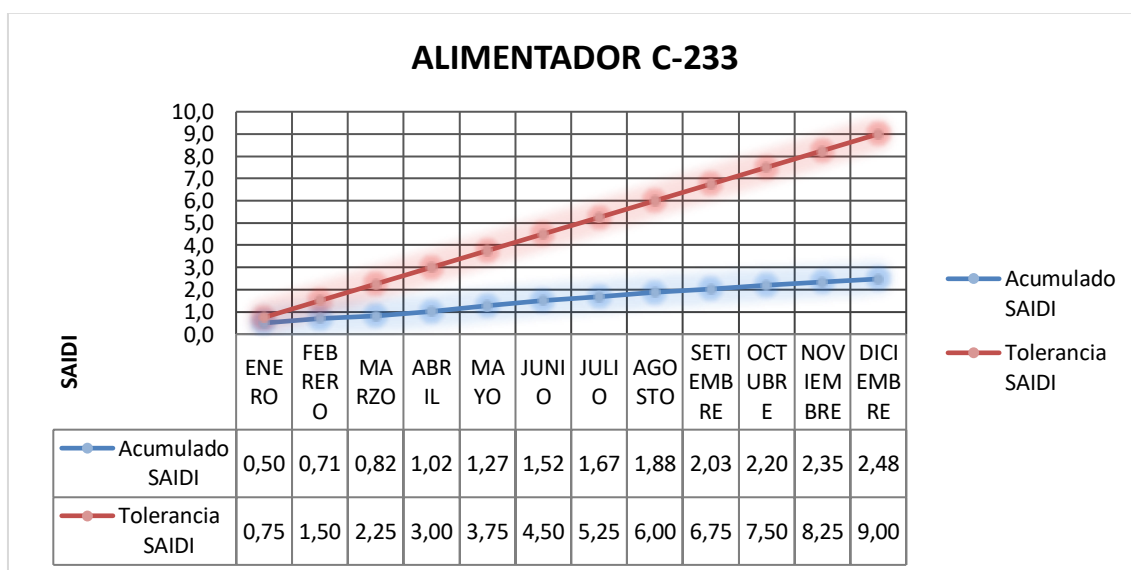
Nota: Elaborado por el autor

Figura 52: Representación del nuevo valor SAIFI 2018



Nota: Elaboración propia

Figura 53: Representación del nuevo valor SAIDI 2018



Nota: Elaboración propia

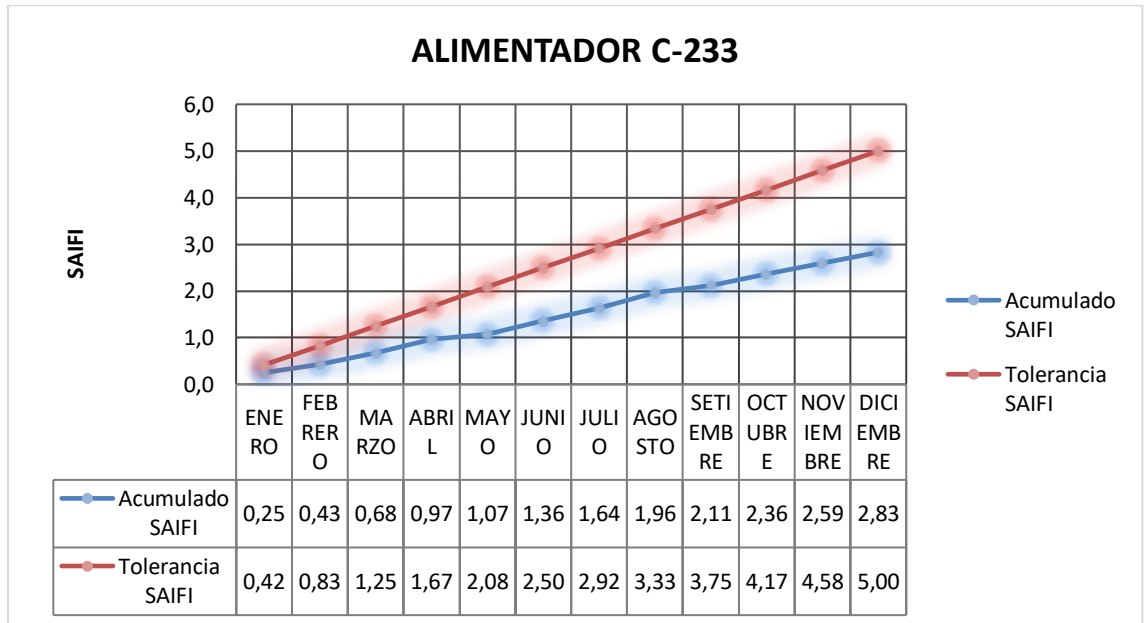
Tabla 64: Resumen de nuevos valores de SAIFI y SAIDI 2019

SAIFI y SAIDI 2019

Alimentador C-233	Suma de SAIFI	Acumulado SAIFI	Tolerancia SAIFI	Suma de SAIDI	Acumulado SAIDI	Tolerancia SAIDI
ENERO	0.25	0.25	0.42	0.25	0.25	0.75
FEBRERO	0.18	0.43	0.83	0.28	0.53	1.50
MARZO	0.25	0.68	1.25	0.32	0.85	2.25
ABRIL	0.29	0.97	1.67	0.24	1.09	3.00
MAYO	0.10	1.07	2.08	0.24	1.33	3.75
JUNIO	0.29	1.36	2.50	0.29	1.62	4.50
JULIO	0.28	1.64	2.92	0.25	1.87	5.25
AGOSTO	0.32	1.96	3.33	0.29	2.16	6.00
SETIEMBRE	0.15	2.11	3.75	0.32	2.48	6.75
OCTUBRE	0.25	2.36	4.17	0.23	2.71	7.50
NOVIEMBRE	0.23	2.59	4.58	0.24	2.95	8.25
DICIEMBRE	0.24	2.83	5.00	0.32	3.27	9.00

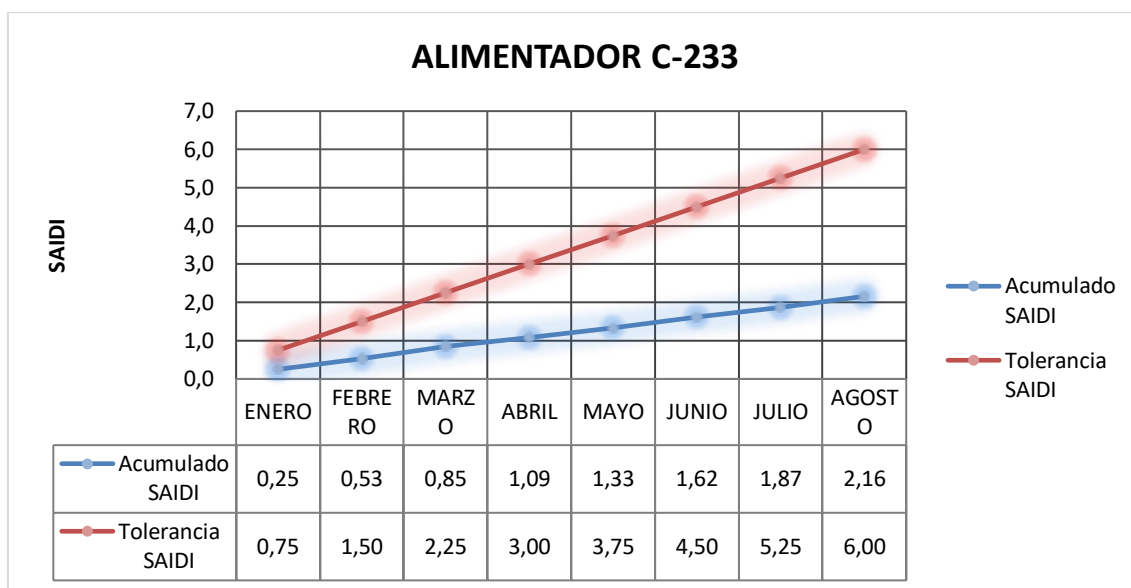
Nota: Elaborado por el autor

Figura 54: Representación del nuevo valor SAIFI 2019



Nota: Elaborado por el autor

Figura 55: Representación del nuevo valor SAIDI 2019



Nota: Elaborado por el autor

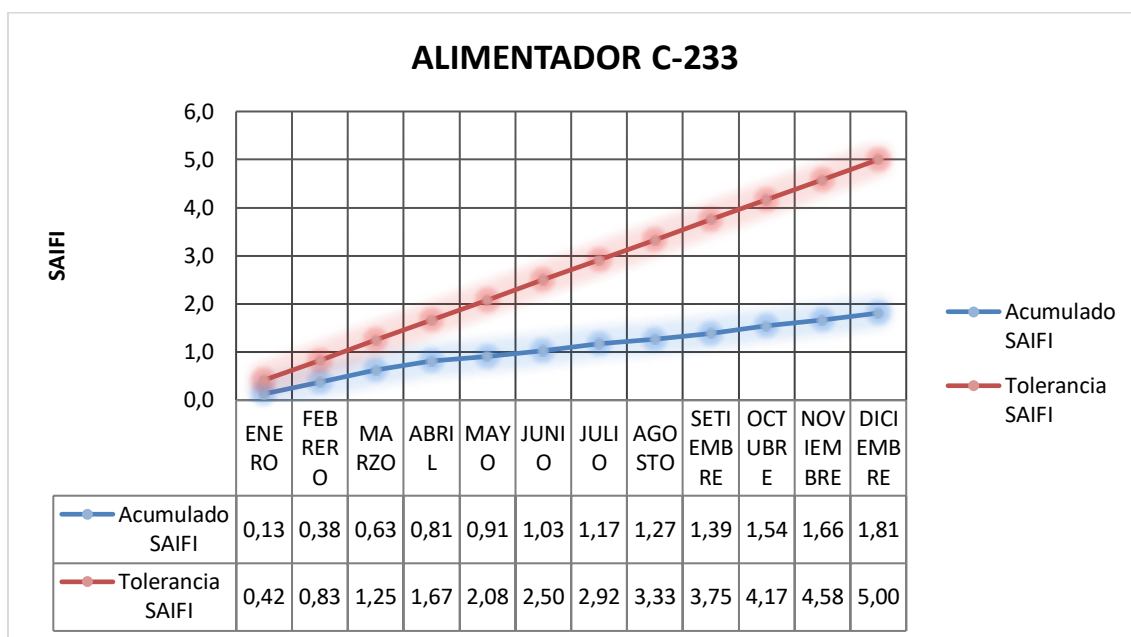
Tabla 65: Resumen de nuevos valores de SAIFI y SAIDI 2020

SAIFI y SAIDI 2020

Alimentador C-233	Suma de SAIFI	Acumulado SAIFI	Tolerancia SAIFI	Suma de SAIDI	Acumulado SAIDI	Tolerancia SAIDI
ENERO	0.13	0.13	0.42	0.24	0.24	0.75
FEBRERO	0.25	0.38	0.83	0.18	0.42	1.50
MARZO	0.25	0.63	1.25	0.23	0.65	2.25
ABRIL	0.18	0.81	1.67	0.19	0.84	3.00
MAYO	0.10	0.91	2.08	0.22	1.06	3.75
JUNIO	0.12	1.03	2.50	0.10	1.16	4.50
JULIO	0.14	1.17	2.92	0.24	1.40	5.25
AGOSTO	0.10	1.27	3.33	0.12	1.52	6.00
SETIEMBRE	0.12	1.39	3.75	0.25	1.77	6.75
OCTUBRE	0.15	1.54	4.17	0.29	2.06	7.50
NOVIEMBRE	0.12	1.66	4.58	0.28	2.34	8.25
DICIEMBRE	0.15	1.81	5.00	0.12	2.46	9.00

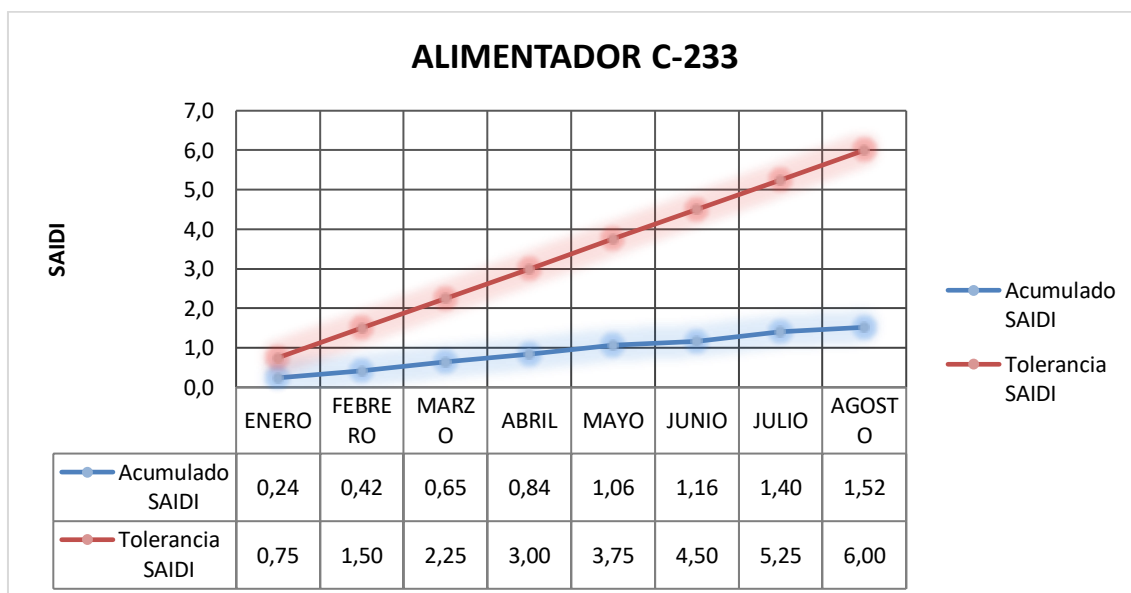
Nota: Elaborado por el autor

Figura 56: Representación del nuevo valor SAIFI 2020



Nota: Elaborado por el autor

Figura 57: Representación del valor SAIDI 2020



Nota: Elaboración propia

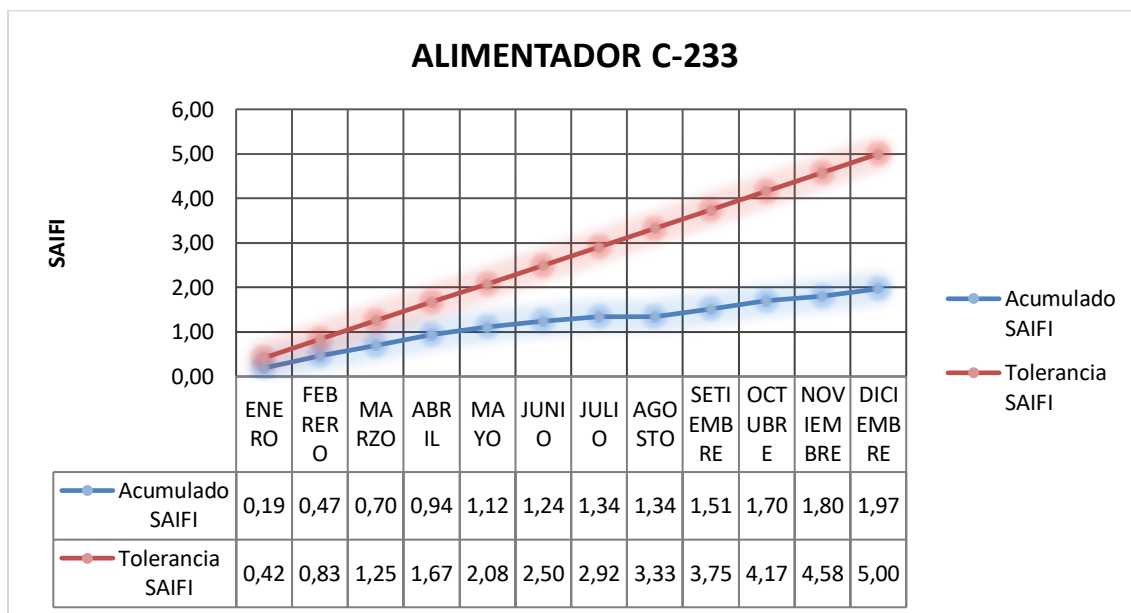
Tabla 66: Resumen de nuevos valores de SAIFI y SAIDI 2021

SAIFI y SAIDI 2021

Alimentador C-233	Suma de SAIFI	Acumulado SAIFI	Tolerancia SAIFI	Suma de SAIDI	Acumulado SAIDI	Tolerancia SAIDI
ENERO	0.19	0.19	0.42	0.29	0.29	0.75
FEBRERO	0.28	0.47	0.83	0.18	0.47	1.50
MARZO	0.23	0.70	1.25	0.10	0.57	2.25
ABRIL	0.24	0.94	1.67	0.15	0.72	3.00
MAYO	0.18	1.12	2.08	0.20	0.92	3.75
JUNIO	0.12	1.24	2.50	0.23	1.15	4.50
JULIO	0.10	1.34	2.92	0.12	1.27	5.25
AGOSTO	0.00	1.34	3.33	0.22	1.49	6.00
SETIEMBRE	0.17	1.51	3.75	0.15	1.64	6.75
OCTUBRE	0.19	1.70	4.17	0.14	1.78	7.50
NOVIEMBRE	0.10	1.80	4.58	0.22	2.00	8.25
DICIEMBRE	0.17	1.97	5.00	0.24	2.24	9.00

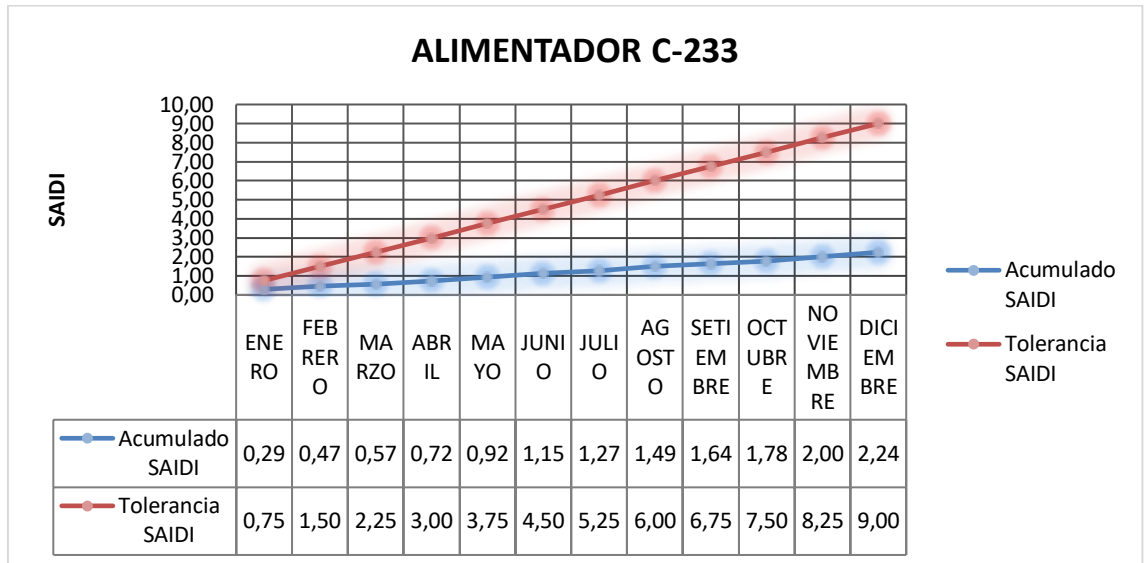
Nota: Elaborado por el autor

Figura 58: Representación del nuevo valor SAIFI 2021



Nota: Elaborado por el autor

Figura 59: Representación del nuevo valor SAIDI 2021



Nota: Elaborado por el autor

De la tablas y gráficas anteriores, concluimos que el SAIFI y SAIDI están por debajo de valores límites de calidad de suministro.

D. Realizar la evaluación económica de la propuesta planteada,

Para realizar la evaluación económica se tendrá en cuenta la inversión a realizar, la misma que presentamos en la siguiente tabla:

Tabla 67: Inversión a Realizar

EQUIPO	CANTIDAD	INVERSIÓN (S/.)
Reconector 27 kV incluido Relé de Protección Multifunción	1	120000,00
Tramo de la Línea de Transmisión 10 kV para completar el anillo	1	350000,00
TOTAL		470000,00

Nota: Elaboración propia

Así mismo se ha considerado las pérdidas de energía que se obtuvieron en el resultado N° 01, así mismo se ha considerado la tarifa en barra 0,3 S./kW-h, y el

mantenimiento de la línea se ha considerado S/, 47 000,00, Además, se ha tomado una tasa de interés del 12% al año, La evaluación se hizo en 20 años,

En la siguiente tabla presentamos los resultados de la evaluación económica:

Tabla 68: Evaluación Económica

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	16	17	18	19	20
EGRESOS	-470000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000
Inversión	-470000											
Operación y Mantenimiento		-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000	-47000
INGRESOS		236720.453	239640.96	242662.2663	245776.553	248955.909	252243.06	290450.938	294890.764	299452.781	304100.1	308937.053
Energía recuperda		236720.453	239640.96	242662.2663	245776.553	248955.909	252243.06	290450.938	294890.764	299452.781	304100.1	308937.053
BENEFICIOS	-470000.00	189720.45	192640.96	195662.27	198776.55	201955.91	205243.06	243450.94	247890.76	252452.78	257100.10	261937.05

Tarifa (S/./kW-h)

0.3

VAN	1098202.27
TIR	42%

Nota: Elaboración propia

3.2. Discusión

Los valores del SAIDI y SAIFI del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, en promedio son: 0,28 y 0,31 en el año 2018; 0,45 y 0,74 en el año 2019; 0,30 y 0,57 en el año 2020; 1,05 y 0,66 en el año 2021, concuerdan con la investigación realizada por Según Díaz Navas y Ludizaca González (2017); en su trabajo de investigación “Coordinación del sistema de protecciones del alimentador 124 de la empresa eléctrica Azogues C. A.

Los componentes a instalar para mejorar los valores de SAIFI y SAIDI, del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, es la Configuración en Anillo con conductor ACSR Sparrow de calibre 2 kcmil y un (01) recloser (ENTEC EVR-1) difieren de la investigación realizada por En la tesis titulada: “Análisis de mejora de la confiabilidad de los Sistemas de Distribución Eléctrica de Alta Densidad de Carga”, su autor Rubén Collantes Veliz, esto debido a que esta última investigación corresponde una Alta Densidad de Carga, en cambio la investigación realizada es en un alimentador de baja densidad.

Los nuevos valores de SAFI y SAIDI del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, en promedio son: 0,17 y 0,21 en el año 2018; 0,24 y 0,27 en el año 2019; 0,15 y 0,21 en el año 2020; 0,16 y 0,19 en el año 2021, concuerda con los valores resultados obtenidos en la investigación realizada por Pulgarín Flórez (2016) “Localización óptima de reconectores basado en criterios de confiabilidad”, en donde se obtuvo valores de SAIFI y SAIDI del orden de los 0,19 y 0,22 después de haber instalado los reconectores.

Finalmente, en la presente investigación, la inversión a realizar con es la instalación de la Configuración en Anillo con conductor ACSR Sparrow de calibre 2kcmil y un (01) recloser (ENTEC EVR-1) asciende a S/, 470000,00, y como resultado de la evaluación económica en un periodo de 20 años obtenemos un VAN de S/, 1 098 202,27 y un TIR de 42%, concuerda con la investigación por Pulgarín Flórez (2016) “Localización óptima de reconectores basado en criterios de confiabilidad”, en donde instaló un recloser con lo mejoró la

confiabilidad del sistema de distribución.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Las conclusiones del presente trabajo de investigación son:

- Los valores del SAIFI y SAIDI del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, en promedio son: 0,28 y 0,31 en el año 2018; 0,45 y 0,74 en el año 2019; 0,30 y 0,57 en el año 2020; 1,05 y 0,66 en el año 2021,
- Los componentes a instalar para mejorar los valores de SAIFI y SAIDI, del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, es la Configuración en Anillo con conductor ACSR Sparrow de calibre 2kcmil y un (01) recloser (ENTECH EVR-1),
- Los nuevos valores de SAIFI y SAIDI del alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, en promedio son: 0,17 y 0,21 en el año 2018; 0,24 y 0,27 en el año 2019; 0,15 y 0,21 en el año 2020; 0,16 y 0,19 en el año 2021,
- La inversión a realizar con es la instalación de la Configuración en Anillo con conductor ACSR Sparrow de calibre 2kcmil y un (01) recloser (ENTECH EVR-1) asciende a S/, 470000,00, y como resultado de la evaluación económica en un periodo de 20 años obtenemos un VAN de S/, 1 098 202,27 y un TIR de 42%, con lo cual concluimos que la solución es viable económicamente,

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar la posibilidad de instalar generación distribuida en el alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, utilizando la energía fotovoltaica y energía eólica,
- Se recomienda instalar sistemas inteligentes en el alimentador C-233 SECHONOR Electronorte SA Chiclayo, con la finalidad de poder controlar el suministro de energía eléctrica,

REFERENCIAS

- [1] OSINERGMIN, Memoria Institucional, Lima: OSINERGMIN, 2021.
- [2] Distriluz, Memoria Anual 2020, Lima: Distriluz, 2021.
- [3] S. G., C. L. y E. B, análisis de Confiabilidad de Sistemas de Distribución Eléctrica con Penetración de Generación Distribuida, Ecuador: Revista Politécnica, 2015.
- [4] J. A. Yebra Moron, Sistemas Eléctricos de Distribución, España: Reverte, 2017.
- [5] H. Hecht, Confiabilidad de los Sistemas y Prevención de Fallas, Estados Unidos: Artech House , 2003.
- [6] COES SINAC, «Criterios de ajuste y coordinación de los sistemas de protección del SEIN,» Lima, 2018.
- [7] IEEE Industry Applications Society, *IEEE Std 242-2001*, 2001.
- [8] P. M. Vásquez Granda, Parametrización, control, determinación, y reducción de pérdidas de energía en base a la optimización en el montaje de estaciones de transformación en la provincia de Morona Santiago, Cuenca: Universidad de Cuenca, 2016.
- [9] S. P. Cañar Olmedo, Cálculo detallado de pérdidas en sistemas eléctricos de distribución aplicado al alimentador UNIVERSIDAD perteneciente a la Empresa Eléctrica Ambato regional Centro Norte S. A., Quito: Escuela Politecnica Nacional, 2017.
- [10] D. D. Salas Chamochumbi, Diagnóstico, análisis y propuesta de mejora al proceso de gestión de interrupciones imprevistas en el suministro eléctrico de baja tensión. Caso : empresa distribuidora de electricidad en Lima, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
- [11] S. J. Jiménez Romero, Metodología para la estimación de pérdidas técnicas en una red de distribución de energía eléctrica, Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2017.
- [12] R. S. Collantes Véliz, Análisis de mejora de la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga, Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2017.
- [13] V. A. Gómez y C. Hernández, Visión General, Características y Funcionalidades de la Red, Bogotá-Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- [14] A. International, American Society for Testing and Materials, Angelesx. USA, 2018.
- [15] C. A. & M. M. J. McCarthy, Intelligent fuse-saving, Pensilvania - USA: IET Conference, 2018.
- [16] J. J. P. H. L. P. & P. L. S. M. Mora Flórez, Using ANFIS networks and current signals for locating faults in power distribution systems., Los Angeles - USA: Ingeniería e Investigación, 2017.

- [17] A. LUBIS, Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 KV di PT. PLN (Persero) UP3 Serpong Menggunakan Metode Reliability Index Assessment (RIA)., Estados Unidos: Universitas Jenderal Soedirman., 2021.
- [18] Andrés y P. F. Carlos, Localización óptima de reconectores basado en criterios de confiabilidad, Colombia: Universida Tecnológica de Pereyra, 2016.
- [19] D. N. Santiago y L. G. Juan, Coordinación Del Sistema De Protecciones Del Alimentador 124 De La Empresa Eléctrica Azogues C. A. Considerando La Incorporación De La Red Subterránea En El Centro Histórico De La Ciudad, Cuenca: Universidad Politécnia Salesiana, 2017.
- [20] H. H. a. N. A. D. S. I. Sari, Optimasi Penempatan Recloser Tambahan Untuk Meminimalkan Saifi Dan Saidi Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Feeder Ktn 11 Pt. Pln (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (Up3) Yogyakarta Menggunakan Genetic Algorithm (Ga), USA: Universitas Diponegoro, 2021.
- [21] Torres, «Política energética: problemas y posibles soluciones,» *Economía UNAM vol.16 no.46 México ene./abr. 2019 Epub 17-Jun-2020*, pp. 53-63, 2019.
- [22] H. G. y. P. Pinto, «Nuevas Estrategias para un Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica,» *Ciencia, Docencia y tecnología*, pp. 75-85, 2017.
- [23] O. y. Sandino, Análisis del desarrollo del sector de generación de energia electrica en Nicaragua, Nicaragua: Esan Graduate school of business, 2019.
- [24] S. y. Garcia, «La Problemática de la Actividad de Transmisión de Energía en el Perú:Algunas opciones de politica,» *Consortio de Investigación Económica y Social - Proyectos Breves* , pp. 1-20, 2003.
- [25] Gamio, «ENERGÍA: UN CAMBIO NECESARIO EN EL PERÚ,» *Plataforma Latinoamericana de Energías Renovables (PLESE)*, pp. 93-110, 2017.
- [26] C. B. Scholz, Efecto de los requerimientos frente a huecos de tensión para generación distribuida, Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2015.
- [27] Gonzales, Mejoramiento de la confiabilidad en sistemas de distribucion mediante reconfiguración de circuitos primarios, Medellin: Universidad tecnologica de Pereira, 2015.
- [28] P. y. C. Zapata, «El metodo de simulacion de montecarlo en estudios de confiabilidad de sistemas de distribucion de energia electrica,» *Aplicacion del metodo de simulacion de montecarlo en estudios de confiabilidad de sistemas de distribucion de energia electrica*, pp. 55-60, 2004.
- [29] O. Merino, Mejoramiento de indices de confiabilidad mediante la optimizacion de recursos en redes de distribucion, Quito, 2002.
- [30] Q. Aljefri, «sciencedirect,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920304051>.

- [31] Molina, Analisis, evaluacion de la red de distribucion en media y baja tension para mejorar los indices y niveles de calidad en el suministro electrico, Guayaquil, Ecuador: Universidad catolica de santiago de guayaquil, 2019.
- [32] A. Quispe, METODOLOGIA DE RECONFIGURACION DE REDES PRIMARIAS DE LA SUBESTACION DE TRANSFORMACION SAN LAZARO PARA GARANTIZAR LA CONFIABILIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO EN LA ZONA CENTRICA DE AREQUIPA (tesis de pregrado), Arequipa: Universidad nacional de San Agustin, Arequipa, Perú., 2018.
- [33] S. L. Rubiños, Generación distribuida mediante energías renovables como factor de sostenibilidad de las redes eléctricas de distribución, Callao: Universidad Nacional del Callao, 2016.
- [34] G. y. N. Viteri, «Análisis de confiabilidad en subestaciones electricas tipo maniobra implementando el transformador de tension con nucleo de potencia.,» *Revista Ingenieria*, pp. 65-83, mayo 2016.
- [35] R. Maque, Analisis, Diagnostico y propuesta de mejora de calidad de servicio a causa de fallas imprevistas en el suministro electrico en el distrito de macusani-Carabaya, Puno-Peru: Universidad Nacional Altiplano, 2017.
- [36] H. y. Gomezcoello, Analisis de Calidad de Energia Electrica en el nuevo campus de la universidad, Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana SEDE-GUAYAQUIL, 2016.
- [37] V. Y. B. y. D. J. Gamarra, Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía de los laboratorios de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2016.
- [38] Gonzales, Mejoramiento de la confiabilidad en sistemas de distribucion mediante reconfiguracion de circuitos primarios, Medellin: Universidad tecnologica de Pereira, 2015.
- [39] Wrom, Distribucion, Mejoramiento de indices de confiabilidad mediante la optimizacion de recursos en redes de Distribucion, Quito: Escuela Politecnica Nacional, 2015.
- [40] M. Murillo Manrique, «Estrategias para comercializar energias ronovables en el mercado electrico peruano,» *Universidad Ricardo Palma-Facultad de ingenieria*, pp. 159-163, 10 enero 2017.
- [41] B. Commoner, «Energia, Medio ambiente y Economia,» *Transicion. Economia, trabajo, sociedad*, pp. 1-7, 2016.
- [42] O. y. Cadena, «Calidad de vida y acceso a la energia: Dos casos de estudio,» *ASADES*, pp. 1-10, 2015.
- [43] «La Industria de la electricidad en el Perú,» *OSINERGMIN*, pp. 36-42, 2017.
- [44] OSINERGMIN, «Calidad de suministro en el Perú- caso electronorte,» *ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSION EN ENERGIA Y MINAS*, pp. 4-14, 2019.
- [45] Ccoyccosi, «Mediciones de calidad de energia,» *DIT PERÚ*, pp. 1-23, 2019.

[46] M. Bedriñana, «Planeamiento de Distribución,» ENSA, Chiclayo, 2015.

ANEXOS

MODELO DE CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Ciudad, 09 de abril de 2024

Quien suscribe:

Sr,
Representante Legal – Empresa Electronorte S,A

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado PROPUESTA DE CONFIGURACION DE ANILLADO Y SECCIONAMIENTO EN LINEA PARA DISMINUIR INDICADORES DE DURACION Y FRECUENCIA DE INTERRUPCIONES DEL ALIMENTADOR C-233 SEEHONOR ELECTRONORTE S,A CHICLAYO”

Por el presente, el que suscribe, Ángel Pejerrey Gonzales representante legal de la empresa Electronorte S,A AUTORIZO al estudiante (s) Ramos Arevalo Edilberto identificado con DNI N°40073480, estudiante del Programa de Estudios de la escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica y autor del trabajo de investigación denominado “propuesta de configuración de anillado y seccionamiento en línea para disminuir indicadores de duración y frecuencia de interrupciones del alimentador C-233 sechonor Electronorte S,A Chiclayo al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada,

Atentamente,


Nombre y Apellidos: 
DNI N°: 16733606
Cargo de la empresa:

Anexo 02

Vistas Fotográficas del Alimentador C-233



Salida del Alimentador C-233 de la Subestación Chiclayo Norte

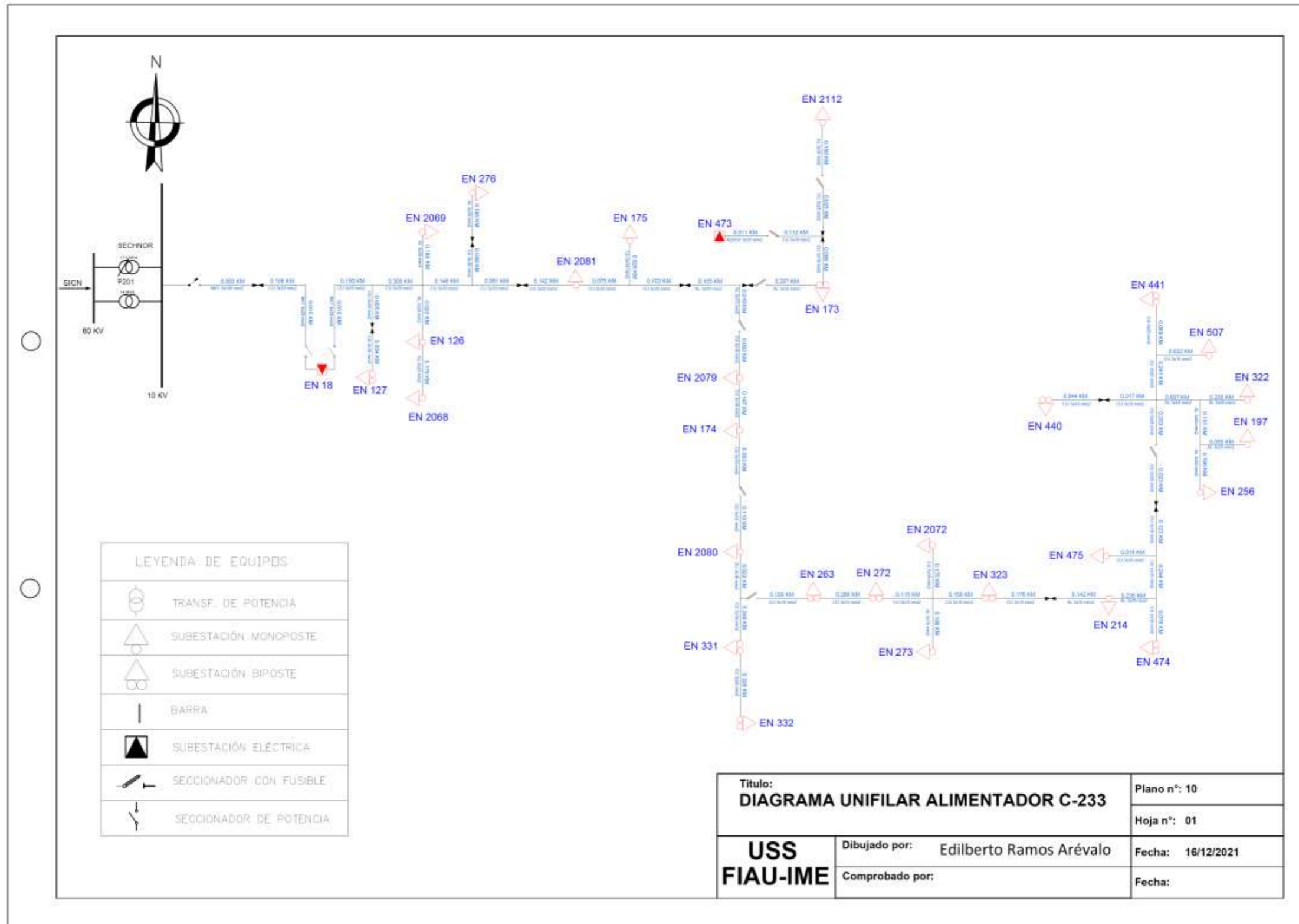


Recorrido del Alimentador C-233 por la Av, Saenz Peña



Recorrido del Alimentador C-233 por la Av, Saenz Peña

Anexo 03: Diagrama Unifilar



Nota: Elaboración propia

NOMBRE DEL TRABAJO

**1_TESIS_RAMOS AREVALO_TURNITIN.d
OCX**

AUTOR

EDILBERTO RAMOS AREVALO

RECUENTO DE PALABRAS

11811 Words

RECUENTO DE CARACTERES

62258 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

134 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

10.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 4, 2024 10:08 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 4, 2024 10:10 PM GMT-5**● 21% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado



**ACTA DE CONTROL DE REVISIÓN DE
SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Código:	F3.PP2-PR.02
Versión:	02
Fecha:	18/04/2024
Hoja:	1 de 1

Yo, **Silvia Yvone Gastiaturú Morales**, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final de la Tesis titulado: **PROPUESTA DE CONFIGURACIÓN DE ANILLADO Y SECCIONAMIENTO EN LÍNEA PARA DISMINUIR LOS INDICADORES DE DURACIÓN Y FRECUENCIA DE INTERRUPCIONES DEL ALIMENTADOR C-233 SECHONOR ELECTRONORTE S.A CHICLAYO**

elaborado por el (los) Bachiller(es):

RAMOS AREVALO EDILBERTO

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **21 %**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 06 de junio de 2024

Dra. Gastiaturú Morales Silvia Yvone

Coordinador de Investigación

DNI N° 16481433