

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS_YHONATAN_CHACÑAMA_CRISOS
TOMO.pdf**

AUTOR

Yonatan

RECUENTO DE PALABRAS

16467 Words

RECUENTO DE CARACTERES

94571 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

95 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.4MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 9, 2024 11:17 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 9, 2024 11:18 PM GMT-5**● 10% de similitud general**

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

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)**

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS (X) 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ()

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres:	Chacñama Crisostomo Yhonatan
D.N.I.:	45169253
Otro Documento:	
Nacionalidad:	Peruano
Teléfono:	916465298
e-mail:	Yhonatan.ing@gmail.com

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad:	Facultad de ingeniería y gestión
Programa Académico:	Tesis
Título Profesional otorgado:	Ingeniero Mecánico electricista

Postgrado

Universidad de Procedencia:	
País:	
Grado Académico otorgado:	

Datos de trabajo de investigación

Título:	"Diseño de coordinación de protecciones eléctricas en el centro de abastos N°1 del distrito de la Victoria, Lima"
Fecha de Sustentación:	01/12/2023
Calificación:	Aprobado
Año de Publicación:	2024

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

Chacñama Crisostomo Yhonatan

APELLIDOS Y NOMBRES

45169253

DNI



Firma y huella:



Lima, 10 de Abril del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DISEÑO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS
EN EL CENTRO DE ABASTOS N°1 DEL DISTRITO DE LA
VICTORIA, LIMA”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CHACÑAMA CRISOSTOMO, YHONATAN

ORCID: 0009-0009-5960-4013

ASESOR

FLORES VELASQUEZ, CARLOS HERNAN

ORCID: 0000-0002-0581-5001

Villa El Salvador

2023



DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA

En Villa El Salvador, siendo las 9:00 a.m. del día 01 de diciembre del 2023, en la Facultad de Ingeniería y Gestión, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: ROBERTO PFUYO MUÑOZ DNI N° 23854398 C.I.P. N° 46900
SECRETARIO: CARLOS VIDAL DAVILA IGNACIO DNI N° 07390694 C.I.P. N° 96353
VOCAL : SOLIN EPIFANIO PUMA CORBACHO DNI N° 72491744 C.I.P. N° 224387
ASESOR CARLOS HERNAN FLORES VELASQUEZ DNI N° 06785154 C.I.P. N° 129506

Designados mediante Resolución de Decanato N° 285-2023-UNTELS-R-D de fecha 15 de agosto de 2023 quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación de Tesis.

Acto seguido, el (la) aspirante al : Grado de Bachiller Título Profesional

Don: CHACÑAMA CRISOSTOMO YHONATAN identificado(a) con D.N.I. N° 45169253 procedió a la Sustentación de:

Trabajo de investigación Tesis Trabajo de suficiencia Artículo científico

Titulado: "DISEÑO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS EN EL CENTRO DE ABASTOS N°1 DEL DISTRITO DE LA VICTORIA, LIMA"

Aprobado mediante Resolución de Decanato de N° 886-2023-UNTELS-R-D de fecha 24 de noviembre de 2023 de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigentes, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.

Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando el aspirante APROBADO por con la nota de: 12 (letras) DOCE (números), de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
12	DOCE	APROBADO	REGULAR

Siendo las 12.00 horas del día 01 de diciembre del 2023, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación, que obra en el Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión.

CARLOS VIDAL DAVILA IGNACIO
Ingeniero Mecánico
CIP N° 96353

CARLOS VIDAL DAVILA IGNACIO
SECRETARIO

ROBERTO PFUYO MUÑOZ
Roberto Pfuyo Muñoz
INGENIERO ELECTRICISTA
CIP. N° 46900

CHACÑAMA CRISOSTOMO YHONATAN
BACHILLER

SOLIN EPIFANIO PUMA CORBACHO
Solín Epifanio Puma Corbacho
INGENIERO MECÁNICO
CIP. N° 224387

DEDICATORIA

A mis amados padres Francisco Chacñama Rivas y Julia Crisostomo Huamani que con gran esfuerzo lograron inculcarme el valor del estudio desde muy temprana edad a pesar de las dificultades siempre estuvieron apoyándome y siempre fueron mi inspiración de crecer y de lograr mis metas en la vida, resaltar el pundonor y coraje de mi madre que me dio la vida y gracias a sus consejos y su apoyo de amor incondicional he logrado culminar mi segunda carrera profesional. Así como mi padre que a pesar de las dificultades siempre estuvo apoyándome tanto en mi formación técnica y universitaria.

A mis hermanas Susy Chacñama Crisostomo y Ruth Chacñama Crisostomo que me apoyaron en todo momento durante estos años de la misma manera a mi cuñado Juan Ventura Tantarico y mis sobrinos Thiago Ventura Chacñama, Ángel Torres Chacñama y Daryel Ventura Chacñama.

Yhonatan Chacñama Crisostomo

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS), por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y a la Dra. Margarita Murillo por su apoyo en el asesoramiento y consultas.

A mis Tíos Rolando Crisostomo Huamani y Julián Chacñama Rivas que me apoyaron en todo momento.

A mis Padrinos Juan Reyna y Semira Conde que siempre me dieron buenos consejos en la vida.

Al Ing. Martín Díaz Choque, gran amigo y compañero de la especialidad, quien me apoyó y asesoró durante la elaboración de mi investigación de Tesis.

A Yesica Leandro Chacón por el apoyo incondicional que me brindó en todo momento durante los 5 años de carrera y posterior a ello.

A mis amigos Héctor Gonzales Ríos, Luis Enrique Peralta Hurtado y Grecia Manzano Condori por sus amistades y consejos de superación.

Yhonatan Chacñama Crisostomo

RESUMEN

Las protecciones eléctricas son componentes esenciales en sistemas eléctricos, destinados a salvaguardar la seguridad de equipos y personas. Su función principal radica en identificar y responder a eventos de fallos, como cortocircuitos o sobrecargas. En este contexto, el presente proyecto tuvo como objetivo principal diseñar la coordinación de protecciones eléctricas en el centro de abastos N°1 del distrito de La Victoria en Lima.

El propósito fundamental fue lograr una coordinación confiable del sistema, empleando la metodología de protección por cascada y aplicando el análisis de curvas eléctricas. Este enfoque se materializó a través del uso del software especializado EcoStruxure Power Design - Ecodial V05.2. Como resultado, se obtuvieron cálculos precisos de cortocircuitos, dimensiones de interruptores electromecánicos y electrónicos, así como curvas de selectividad para garantizar un sistema confiable.

En conclusión, el estudio realizado asegura la continuidad del suministro eléctrico frente a posibles fallas por cortocircuito o sobrecarga. La implementación de la selectividad total y parcial, basada en el análisis de las curvas características de los interruptores automáticos, garantiza una desconexión oportuna de los dispositivos afectados por consiguiente este enfoque minimiza el impacto de las fallas, preservando la integridad del sistema eléctrico en su totalidad.

Palabras Claves: Cortocircuito, interruptor, coordinación, protección eléctrica, selectividad

ABSTRACT

Electrical guards are essential components of electrical systems, designed to protect the safety of personnel and personnel. Its main function is to identify and respond to drop events, such as circuits or overloads. In this context, the main objective of this project is the design of the coordination of electrical protections in center No. 1 of the La Victoria district in Lima.

The fundamental proposal is to achieve reliable coordination of the system, using the cascade protection methodology and applying electrical curve analysis. This is realized by using the specialized software EcoStruxure Power Design - Ecodial V05.2. As a result, we obtain accurate calculations of circuit diagrams, dimensions of electromechanical and electronic switches, as well as selectivity curves to ensure a reliable system.

In conclusion, the study carried out ensured that the continuity of the electrical supply borders on possible failures due to circuit or overload. The implementation of total and partial selectivity, based on the analysis of the characteristic curves of the automatic switches, guarantees a timely disconnection of the devices affected by it, ensuring that the impact of failures is minimized, preserving the integrity of the electrical system. totally.

Keywords: Short circuit, switch, coordination, electrical protection, selectivity ii

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Motivación:	3
1.2 Estado del arte:	3
1.3 Descripción del problema	4
1.4 Formulación del problema	5
1.4.1 Problema general.....	5
1.4.2 Problemas específicos.....	5
1.5 Objetivos de la investigación.....	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivo específico	5
1.6 Justificación del problema	6
1.6.1 Justificación práctica.....	6
1.6.2 Justificación económica	6
1.6.3 Justificación social	7
1.6.4 Justificación tecnológica.....	7

CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Bases teóricas	13
2.2.1 Sistema de protección	13
2.2.2 Falla en sistemas de distribución temporal	14
2.2.3 Falla en sistemas de distribución permanente.....	14
2.2.4 Interruptor de sobrecarga	14
2.2.5 Interruptor de sobrecorriente.....	14
2.2.6 Equipo eléctrico	14
2.2.7 Sistema de utilización	15
2.2.8 Selectividad.....	15
2.2.9 Selectividad por corriente	15
2.2.10 Selectividad basada en el tiempo	15
2.2.11 Capacidad de corte	16
2.2.12 Instalación de distribución eléctrica.....	16
2.2.13 Sistema de utilización	16
2.2.14 Baja tensión.....	16
2.2.15 Media tensión.....	16
2.2.16 Alta tensión	17
2.2.17 Muy alta tensión.....	17
2.2.18 Interruptor automático.....	17
2.2.19 Suministro	17

2.2.20	Subestación	17
2.2.21	Selectividad con interruptores automáticos en redes B.T	17
2.2.22	Demanda máxima de una instalación eléctrica	18
2.2.23	Potencia instalada (kW)	18
2.2.24	Estimación de la demanda máxima (kVA)	18
2.2.25	El factor de utilización máxima (kU).....	19
2.2.26	El factor de simultaneidad (kS).....	19
2.2.27	Redes de distribución de BT	19
2.2.28	Selectividad por intensidad con interruptores automáticos.....	20
2.2.29	Selectividad por intensidad de cortocircuito diferentes	20
2.2.30	Selectividad por intensidad de cortocircuito similares	21
2.2.31	Selectividad natural.....	23
2.2.32	Selectividad cronométrica.....	23
2.2.33	Selectividad total.....	25
2.2.34	Selectividad parcial	25
2.2.35	Cálculo de la corriente de cortocircuito	25
2.2.36	Tecnologías usadas en protecciones de interruptores automáticos.....	31
2.2.37	Tipo de curvas características de interruptores automáticos.....	33
CAPITULO III		38
VARIABLE E HIPOTESIS.....		38
3.1	Operacionalización de las variables.....	38

CAPITULO IV	39
METODOLOGÍA.....	39
4.1 Diseño de investigación	39
4.2 Descripción de la metodología	39
4.2.1 Implementación de la investigación.....	40
4.2.2 Pruebas realizadas.....	66
4.3 Resultados	71
CAPITULO V	74
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	74
CAPITULO VI.....	75
CONCLUSIONES	75
CAPITULO VII	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS.....	79
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	80
Anexo 2. Glosario de términos.....	81
Anexo 3. Planos.....	82

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Selectividad por I_{cc}	20
Figura 2 Curva de selectividad por I_{cc}	21
Figura 3 Selectividad por intensidades de cortocircuito similares	22
Figura 4 Curva de selectividad por intensidades de cortocircuito similares	22
Figura 5 Selectividad cronométrica.....	24
Figura 6 Selectividad cronométrica.....	24
Figura 7 Cálculo de la corriente de cortocircuito trifásico y bifásico	27
Figura 8 Cálculo de la corriente de cortocircuito fase-neutro y fase-PE.....	28
Figura 9 Defecto inmediatamente aguas abajo de CB1.....	30
Figura 10 Defecto inmediatamente aguas arriba de CB1	30
Figura 11 Curvas de Relé electrónico y magnetotérmico	32
Figura 12 Curva característica de desconexión A $I_4 = 2 \times I_n$ $I_5 = 3 \times I_n$	34
Figura 13 Curva característica de desconexión B $I_4 = 3 \times I_n$ $I_5 = 5 \times I_n$	35
Figura 14 Curva característica de desconexión C $I_4 = 5 \times I_n$ $I_5 = 10 \times I_n$	36
Figura 15 Curva característica de desconexión D $I_4 = 10 \times I_n$ $I_5 = 20 \times I_n$	37
Figura 16 Implementación de los dispositivos de protección	41
Figura 17 Análisis de las curvas de Selectividad	42
Figura 18 Ubicación geográfica del centro abastos N°1 del distrito de La Victoria.....	43

Figura 19 Plano de las 05 zonas del centro de abastos N°01 de la victoria	44
Figura 20 Plano de distribución de acometidas (ver plano a escala completa en el Anexo3).	48
Figura 21 Interfaz de aplicación del software EcoStruxure Power Design – Ecodial V.5.02 de Schneider Electric.....	53
Figura 22 Diseño del diagrama unifilar de la zona 3 y análisis del Interruptor General TN-01.1 vs el interruptor del Tablero General.....	55
Figura 23 Curvas del Interruptor General TN-01.1 vs Interruptor TG-Zona 3	56
Figura 24 Diagrama unifilar de la zona 3 y análisis del Interruptor del banco de condensadores vs el interruptor del Tablero General.....	57
Figura 25 Curvas de selectividad del Interruptor del banco de condensadores de la zona 3 vs Interruptor TG-Zona 3.....	58
Figura 26 Diseño del diagrama unifilar de la zona 4 y análisis del Interruptor General TN-01.1 vs el interruptor del Tablero General.....	60
Figura 27 Curvas de selectividad del Interruptor General TN-01.1 vs Interruptor TG / QA30	61
Figura 28 Diseño del diagrama unifilar de la zona 4 y análisis del Interruptor C1/TN-01.2 vs interruptor del Tablero TN-01.2	62
Figura 29 Curvas de selectividad del Interruptor C1 / TN-01.2 vs Interruptor Tablero / TN-01.2	63
Figura 30 Diseño del diagrama unifilar de la zona 4 y análisis del banco de condensadores vs interruptor del Tablero General	64

Figura 31 Curvas de selectividad del Interruptor del banco de condensadores vs Interruptor TG-4.....	65
Figura 32 Se exhibe el diagrama unifilar junto con los cálculos obtenidos de todos los interruptores automáticos de la Zona 1.....	66
Figura 33 Se exhibe el diagrama unifilar junto con los cálculos obtenidos de todos los interruptores automáticos de la Zona 2.....	67
Figura 34 Se exhibe el diagrama unifilar junto con los cálculos obtenidos de todos los interruptores automáticos de la Zona 3.....	68
Figura 35 Se exhibe el diagrama unifilar junto con los cálculos obtenidos de todos los interruptores automáticos de la Zona 4.....	69
Figura 36 Se exhibe el diagrama unifilar junto con los cálculos obtenidos de todos los interruptores automáticos de la Zona 5.....	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de los equipos eléctricos considerados.	45
Tabla 2 Cuadro de cargas del sistema privado de las 5 zonas	46
Tabla 3 Cuadro de cargas del circuito de iluminación de los pasadizos.	47
Tabla 4 Cuadro de cargas de máxima demanda de las 5 zonas.	48
Tabla 5 Distancia desde los Tableros Generales hacia los Tableros Normales	49
Tabla 6 Distancia desde los Tableros Normales hacia los Circuitos derivados	50
Tabla 7 Límite de selectividad de interruptores automáticos - Zona 3.....	71
Tabla 8 Límite de selectividad de interruptores automáticos - Zona 4.....	72

INTRODUCCIÓN

La coordinación de protecciones eléctricas es un elemento clave en la planificación y diseño de sistemas eléctricos seguros y confiables. Esta práctica consiste en establecer un esquema jerárquico de protecciones que permitan detectar y aislar eventuales problemas en la red eléctrica, minimizando las consecuencias de fallas y asegurando la continuidad del suministro eléctrico.

La presente investigación de tesis propone el diseño de coordinación de protecciones eléctricas en el centro de abastos N°1 del distrito de La Victoria - Lima. utilizando el software especializado “EcoStruxure Power Design - Ecodial V05.2” de Schneider Electric.

CAPITULO I. En este capítulo se aborda la problemática que impacta al centro de abastos N° 01 del distrito de La Victoria, con un enfoque específico en el análisis del cuadro de cargas y el estudio de coordinación de protección eléctrica. Como resultado, se proponen los objetivos de investigación y se exponen las justificaciones pertinentes para abordar este tema de manera exhaustiva.

CAPITULO II. Se describe el marco teórico de la investigación y se define los conceptos claves como los niveles de tensión, potencia, corriente de corto circuito y especialmente los tipos de curvas eléctricas A, B, C y D de los interruptores automáticos, tipos de metodología de coordinación de protección eléctrica y los conceptos de selectividad.

CAPITULO III. Se presenta una tabla que detalla la operacionalización de las variables, donde se incluye la definición conceptual de la coordinación de protecciones, su definición operacional, así como la especificación de las dimensiones del análisis de carga y del estudio de selectividad de los dispositivos automáticos. Por último, se incluyen las variables de máxima demanda y corriente de cortocircuito.

CAPITULO IV. En este capítulo se expone detalladamente la metodología empleada en la investigación. Se inicia con la recopilación de datos de las 5 zonas los cuales fueron utilizados

en el análisis de cuadro de cargas eléctricas. Además, se llevó a cabo la medición de las acometidas de alimentación y con los resultados estos datos recopilados se procedieron al diseño el estudio de coordinación eléctrica mediante el software EcoStruxure Power Design - Ecodial V05.2. Se llevaron a cabo simulaciones detalladas y el análisis de los tipos de curvas eléctricas hasta lograr la coordinación de protección eléctrica y la selectividad, por último, se muestran los resultados obtenidos a partir de las tablas elaboradas y detallando las características, las capacidades y los tipos de curvas eléctricas los interruptores automáticos seleccionados.

CAPITULO V. En este capítulo se analiza y se discute los resultados obtenidos de manera detallada, así también la metodología y el uso de los software empleados por los siguientes autores, (Torres, 2019) quien implemento un estudio de selectividad con apoyo del software Digsilent, a diferencia de (Avila, 2020) quien aplico el estudio de coordinación apoyado en software ECODIAL de Schneider y por ultimo (Anahua, 2023) quien también realizo su estudio de selectividad de coordinación de protecciones apoyado del software Simaris Design advanced de Siemens.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Motivación:

La coordinación de protecciones eléctricas refiere al diseño y configuración de sistemas de protección para detectar y desconectar rápidamente secciones defectuosas del sistema en caso de fallas eléctricas, como cortocircuitos y sobrecargas. El objetivo es minimizar los daños a los equipos, reducir los tiempos de interrupción del suministro eléctrico, logrando la seguridad y continuidad del sistema eléctrico. Actualmente no hay una buena práctica y no se toman en cuenta el diseño de la coordinación de protecciones eléctricas en los proyectos eléctricos de baja tensión, lo que me ha motivado al estudio de la investigación en la coordinación de protecciones eléctricas donde la finalidad principal es garantizar la confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico ante posibles fallas que comúnmente ocurren, considerando que en su mayoría los parámetros de coordinación eléctrica no están diseñados adecuadamente, ocurriendo como consecuencia la caída de flujo de energía en todo el sistema eléctrico.

1.2 Estado del arte:

(Avila, 2020) en su investigación de coordinación de protecciones eléctricas realizo su Tesis sobre “Diseño de la coordinación de protecciones de la red eléctrica en baja tensión de la obra: tramo III-B del proyecto de mejoramiento de la Av. Nestor Gambetta - Callao”, donde nos describe la optimización de la distribución de energía eléctrica en baja tensión en un tramo específico del Proyecto de Mejoramiento de la Av. Néstor Gambetta en Callao, con el objetivo principal de garantizar una gestión eficiente y continua del suministro eléctrico en esa área mediante la implementación de un plan de coordinación de protección. El avance metodológico que utilizó para su estudio de diseño fue la aplicación del software "Ecodial Advance Calculation" de Schneider Electric. Esta herramienta es especializada en el cálculo y diseño de la coordinación de protecciones mediante el uso de interruptores automáticos electrónicos.

El software cuenta con una amplia base de datos que incluye las características de los interruptores seleccionados para la obra, lo que simplifica el proceso de diseño y cálculo y permite obtener resultados más precisos y eficientes en menos tiempo.

(Torres, 2019), en su Tesis de investigación “coordinación de protecciones en baja tensión por selectividad asistida”, Callao – Perú. describe su desarrollo de la coordinación de protecciones de interruptores automáticos en un sistema eléctrico de baja tensión destacando la necesidad de la selectividad y el uso de herramientas especializadas para garantizar la seguridad y la eficiencia del sistema eléctrico. Para lo cual el autor llevó a cabo un estudio de coordinación de protecciones para comprobar la selectividad de los dispositivos de protección. Esto lo logró mediante la verificación de la configuración de los esquemas de protección a través de diagramas unifilares y el análisis de las curvas tiempo-corriente de los dispositivos, la aplicación metodológica que empleo el autor fue el software especializado “Digsilent Power Factory”, donde aplico las curvas características de los dispositivos de protección, realizaron ajustes y configuraciones utilizando herramientas como cuadros en Excel y catálogos de los fabricantes.

1.3 Descripción del problema.

Actualmente toda la infraestructura interna del centro de abastos N° 01 del distrito de la Victoria, no cuenta con suministros de energía eléctrica, desde la red de la concesionaria (Luz del Sur) hacia todos los usuarios dentro del centro de abastos N° 01, como también a los accesos comunes públicos. Por consecuencia no se puede ofrecer un servicio de calidad y en horario extendido hacia los usuarios finales (clientes) ya que uno de los principales problemas álgidos del centro de abastos N° 01 es la zona de comercio de alimentos perecibles, donde se necesita de conservación frigorífica las 24 horas del día y se pueda ofrecer un servicio de calidad de sus productos hacia sus clientes finales conservando los alimentos conforme a los estándares que se exige para ello es fundamental contar con energía eléctrica para suministrar a sus equipos frigoríficos, maquinas conservadoras, máquinas de corte, iluminación y/o otros de necesidad primordial, agregar también que el centro de abastos N° 01 tiene un horario muy limitado en su atención hacia los clientes, puesto que cierra a las 17:00 horas siendo muy temprano por ausencia de fluido eléctrico e

iluminación artificial dentro sus instalaciones, creando incomodidad entre los clientes, en consecuencia todo esta problemática trae una alta perdida de ventas y de inversión de dinero por la ausencia de suministro eléctrico dentro de las instalaciones del centro de abastos N° 01 del distrito de la victoria, provincia de lima, departamento lima.

Una deficiente planificación o diseño inadecuado de los sistemas eléctricos puede llevar a que las protecciones no sean adecuadamente coordinadas. Esto puede provocar disparos innecesarios o retardados y en consecuencia la caída del sistema eléctrico.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

¿Cómo se realizará el diseño de coordinación de protecciones eléctricas en el centro de abastos N°1 del distrito de La Victoria - Lima?

1.4.2 Problemas específicos

1. ¿De qué manera el consumo de potencia eléctrica y los metrados de las acometidas de alimentación eléctrica influye en el diseño de coordinación de protecciones eléctricas en el centro de abastos N°1 del distrito de La Victoria - Lima?
2. ¿De qué manera el estudio de selectividad influye en el diseño de coordinación de protecciones eléctricas en el centro de abastos N°1 del distrito de La Victoria - Lima?

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Diseñar la coordinación de protecciones eléctricas del centro de abastos N°1 del distrito de la victoria – Lima.

1.5.2 Objetivo específico

1. Determinar el consumo de potencia eléctrica y los metrados de las acometidas de alimentación eléctrica del centro de abastos N°1, distrito de la victoria – Lima.

2. Realizar el estudio de selectividad de los interruptores termomagnéticos mediante el software especializado EcoStruxure Power Design - Ecodial en el centro de abastos N°1 del distrito de la victoria – Lima.

1.6 Justificación del problema

1.6.1 Justificación práctica

Las coordinaciones de protecciones eléctricas a nivel global plantean diversas problemáticas y diversos desafíos que deben ser abordados para asegurar la ininterrumpida operatividad del fluido eléctrico adecuado en los sistemas eléctricos.

Por consiguiente, se llevó a cabo un análisis exhaustivo en el planteamiento del nuevo diseño de coordinación de protecciones en el sistema eléctrico del centro de abastos N° 01 del distrito de la victoria Lima, donde se encuentra conformado por un área de $1,573.96 m^2$ y 1421 stands, cada stands unificado por 3 o 4 mini stands, con 21 pasajes de acceso que están denominados por las siguientes letras A, B, C, D, F, G1, G2, H, I, J, K, M, N, O1, O2, P, Q, R, S, T, U, así como también se ha sectorizado en 5 zonas de distribución interna y por último tiene acceso a 6 puertas de ingreso al centro de abastos N° 01.

1.6.2 Justificación económica

La implementación del diseño de coordinación de protecciones eléctricas en baja tensión al centro de abastos N°1 del distrito de la victoria - departamento lima, permitirá un ingreso económico a todos los usuarios del centro de abastos, así como también a los proveedores y los usuarios finales del distrito de la Victoria y de toda Lima Metropolitana puesto que sus ventas mejoraran de manera exponencial.

1.6.3 Justificación social

Los proveedores, usuarios y clientes finales del centro de abastos N°1 del distrito de la victoria, tienen la necesidad urgente de la implementación del diseño de un sistema de distribución de energía eléctrica industrial de baja tensión, ya que este centro de abastos cumple un rol muy importante en toda lima metropolitana, de abastecer productos de calidad y de primera de necesidad.

1.6.4 Justificación tecnológica

Al realizar la implementación del diseño de coordinación de protecciones eléctricas, se analizó las fallas que pudieran ocurrir en el sistema eléctrico hasta lograr la coordinación de protecciones y la selectividad adecuada, así como también el ajuste de los parámetros de los interruptores automáticos. Todo ello mediante la aplicación del software especializado EcoStruxure Power Design - Ecodial de Schneider Electric.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

El diseño y la simulación de la coordinación de protecciones eléctricas que se implementaran en la Tesis mediante en la aplicación del software especializado de ingeniería se sustenta la investigación con los siguientes antecedentes ubicados a nivel internacional y nacional.

2.1.1 Antecedentes internacionales:

Quinchiguango (2023), en su investigación titulado “Análisis del comportamiento de las protecciones eléctricas en baja tensión usando un entorno de modelamiento gráfico”, Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador. El objetivo de su trabajo fue desarrollar un modelo virtual de protecciones eléctricas para instalaciones de baja tensión utilizando el entorno del software LabVIEW. Se busco lograr una selección acertada de las protecciones eléctricas, considerando diferentes esquemas de conexión a tierra (TT, TNS, TNC e IT) y diversos tipos de protecciones termomagnéticas (B, C, D, G, K, L, U, Z e ICP), así como un interruptor diferencial para la protección de personas. Para ello, se calcularon las corrientes de cortocircuito monofásicas fase-tierra mediante el método de impedancias. La metodología empleada consistió en la creación de un entorno virtual en LabVIEW que simule y modele las características de las protecciones eléctricas mencionadas, así como los diferentes esquemas de conexión a tierra. Se realizaron análisis y pruebas exhaustivas para garantizar la precisión y funcionalidad del modelo en la detección oportuna de fallas eléctricas, asegurando la integridad de las personas, cargas conectadas e instalaciones eléctricas. Los resultados obtenidos tras el desarrollo y pruebas del modelo se centraron en la obtención de las curvas características de las protecciones eléctricas en los distintos esquemas de conexión a tierra, así como en los tiempos de disparo frente a corrientes de cortocircuito y sobrecarga. Se compararon los tiempos de respuesta de las protecciones termomagnéticas tipo B, C, D, G, K, L, U, Z e ICP

para evaluar su eficacia y aplicabilidad en diferentes situaciones. Finalmente, las conclusiones de este trabajo fue la importancia de una selección adecuada de protecciones eléctricas en instalaciones de baja tensión para salvaguardar tanto a las personas como a los equipos eléctricos. Se destacó la utilidad del modelo desarrollado en LabVIEW para comprender y analizar el comportamiento de las protecciones en distintos escenarios eléctricos.

Rúa (2022), en su investigación de “Coordinación de protecciones en baja tensión de la subestación 14 de la empresa Compañía de Empaques S.A.” tuvo como objetivo general de realizar el estudio de coordinación de protecciones en baja tensión de la subestación 14 del módulo de la Compañía de Empaques, mediante el uso del software ECODIAL, para ajustar los parámetros de los interruptores y tener una adecuada respuesta ante escenarios de cortocircuito, él autor aplicó una metodología de toma de datos del recorrido por la subestación 14 y revisar los tipos de protecciones que tiene y conocer sus capacidades nominales de corriente. Así como la toma de datos de las máquinas y la medición de distancia de la longitud de la acometida desde la protección hasta las máquinas, posterior a ello realizó un rediseño del diagrama unifilar de las subestaciones 14 teniendo en cuenta la salida y llegada de máquinas nuevas a la compañía. Con todos los datos obtenidos procedió a realizar la simulación en ECODIAL donde obtuvo las curvas de disparo de cada interruptor y se ajustan los parámetros para lograr la coordinación de protecciones deseada. Él autor concluye en su investigación aplicando una selectividad total y parcial de todo el sistema de protecciones de la subestación 14, garantizando la continuidad y confiabilidad del sistema eléctrico ante la presencia de fallas de cortocircuito y cuidando la integridad de las personas y las máquinas. Con los nuevos interruptores se mejora considerablemente el sistema de protecciones de la subestación 14, ya que el sistema actual tiene interruptores en mal estado, sobredimensionados y que no tuvieron una coordinación de protecciones al momento de ser instalados. Con el software ECODIAL se facilita la obtención de las curvas de disparo de los interruptores y

permite ajustar sus parámetros para lograr una adecuada coordinación de protecciones.

Bustamante & Jiménez (2022), los autores tuvieron como objetivo implementar una propuesta tecnológica que consistió en realizar el estudio de coordinación de protecciones eléctricas en la empresa PROBALBEN CIA.LTDA. Donde caracterizó el sistema eléctrico actual mediante el registro de cargas y medidas de campo en la planta, con el fin de tabular datos técnicos y modelar el circuito eléctrico aplicando la metodología del uso del software especializado de sistemas eléctricos industriales, que permitió realizar simulaciones de corrientes de cortocircuito, flujos de cargas y generar la selectividad de coordinación de protecciones. Con la aplicación del software se registraron valores de corrientes de cortocircuitos mínimas y máximas, para la verificación de actuación de los equipos de protección, además, se registró las caídas de tensión por procesos en la fabricación del balanceado identificando tres procesos críticos que afectan al circuito eléctrico. También se analizó el comportamiento de las protecciones termomagnéticas, fusibles, relevadores térmicos, con la finalidad de obtener los tiempos de operación en la actuación durante una falla, se identificó en los circuitos eléctricos protecciones sobredimensionadas o no cuentan con protección. Los resultados que obtuvieron evidenciaron que en algunos puntos de la red existen caídas de tensión que sobrepasan el 5% lo establecido por la normativa NEC/NFPA 70, problemas con las protecciones las cuales deben ser reemplazadas, dadas todas estas anomalías propusieron un nuevo esquema de protecciones considerando las normativas establecidas y criterios de selectividad de protecciones, finalmente los autores concluyen que obtuvieron una mejora en una disminución de las caídas de tensión de las zonas afectadas no sobrepasando el 5%, así como se logró ajustar el tiempo de accionamiento a 0.03 segundos de cada protección dando como resultado principal la disminución de los tiempos de para en la producción.

2.1.2 Antecedentes nacionales:

Anahua (2023), en su tesis de investigación titulado “estudio de selectividad y coordinación de protecciones en sistemas aislados de baja tensión, aplicado al saldo de obra de instalaciones del hospital Hipólito Unanue – Tacna” tuvo como objetivo principal en desarrollar el estudio de selectividad y coordinación de protecciones en sistemas aislados en baja tensión hospitalaria, que cumplan las condiciones de selectividad total y que permita asegurar la continuidad de servicio de una parte del sistema que no se ve afectada por una falla, ya sea un cortocircuito o una sobrecarga. La metodología que aplico fue la aplicación del hipotético deductivo observacional, tipo descriptivo, no experimental, enfoque cuantitativo de nivel comparativo y de corte transversal. Por el cual, consideró tableros generales y distribución para el estudio. Al analizar la información, se tuvieron en cuenta las especificaciones técnicas, diagramas unifilares y cálculos justificativos, luego se tuvo en cuenta la selectividad en función de los valores de cortocircuito que se muestran en los diagramas unifilares. Además, gracias al diseño optimizado, se calculó el nivel de cortocircuito y la selección de interruptores con el software Simaris Design advanced 11.0 los resultados logrados por el autor fue la selección del interruptor de 25 A, aplicando software Simaris Design advanced con selectividad total, en donde en diagramas unifilares del expediente seleccionado es 63 A, con los dispositivos seleccionados que tiene esta corriente nominal, el ahorro económico es aproximadamente 15.45% de la selección total. Finalmente, el autor concluye que se sobredimensionó el interruptor, gracias con la asistencia del software permite seleccionar adecuadamente y con la selección optimizada ha generado un ahorro económico significativo.

Avila (2020), en su investigación “Diseño de la coordinación de protecciones de la red eléctrica en baja tensión de la obra: tramo III-B del proyecto de mejoramiento de la Av. Nestor Gambetta - Callao”, Huancayo – Perú. El objetivo principal de este trabajo fue optimizar la distribución de energía eléctrica en baja tensión en el tramo III-B del Proyecto de Mejoramiento de la Av. Néstor Gambetta

en Callao. Para lograrlo, se diseñó un plan de coordinación de protección que empleó los conceptos de selectividad, filiación y limitación, con el propósito de asegurar una gestión eficiente y continua del suministro eléctrico en la obra. La metodología utilizada en este estudio se basó en el empleo del software "Ecodial Advance Calculation" de Schneider Electric, una herramienta poderosa y especializada en el cálculo y diseño de la coordinación de protecciones mediante el uso de interruptores automáticos electrónicos. Este software cuenta con una amplia base de datos que incluye las características de los interruptores seleccionados para la obra, lo que agilizó el proceso de trabajo y permitió un cálculo más preciso y efectivo en un menor tiempo. Como resultado del trabajo, se logró automatizar la coordinación de protección mediante la programación de las curvas de disparo de los interruptores automáticos presentes en los tableros de los circuitos del sistema eléctrico. Esto garantizó una selectividad adecuada, lo que significa que, ante un evento de fallo, únicamente se desconecta la sección afectada del sistema eléctrico, sin afectar el suministro a otras áreas no relacionadas con la falla. Y concluye con la gran importancia de la implementación del plan de coordinación de protección utilizando el software "Ecodial Advance Calculation", donde se obtuvo una distribución de energía eléctrica más eficiente y segura en el tramo III-B del Proyecto de Mejoramiento de la Av. Néstor Gambetta en Callao. La automatización del proceso permitió lograr una selectividad adecuada en los interruptores automáticos, asegurando la continuidad del servicio eléctrico y minimizando el impacto de posibles fallos en el sistema. Estos resultados destacan la importancia de emplear herramientas y metodologías especializadas en el diseño y optimización de sistemas eléctricos para garantizar un suministro confiable y seguro de energía en proyectos de infraestructura.

Torres (2019) en su investigación de tesis, “coordinación de protecciones en baja tensión por selectividad asistida”, Callao – Perú. tuvo como objetivo central en el desarrollo de la gestión de la protección de interruptores automáticos en un sistema eléctrico en baja tensión en donde se centra en garantizar la selectividad y comprender las características de disparo de los interruptores. Se definieron las

particularidades del sistema eléctrico de baja tensión y se describieron las funciones principales de los dispositivos de protección, cuyo propósito es identificar y contrarrestar situaciones de fallo. En el caso de instalaciones eléctricas recientes, los elementos de protección fueron dimensionados considerando las condiciones de operación del sistema eléctrico. Posteriormente, se verificó las curvas de selectividad a través del análisis de coordinación de protecciones, cuyo objetivo fue validar la disposición de los esquemas de protección mediante la revisión de diagramas unifilares y el análisis de las curvas tiempo-corriente de los dispositivos. Para llevar a cabo este análisis, la metodología que se empleó fue a través de un software especializado que involucraba las curvas características de los dispositivos de protección, y se realizaron los ajustes de configuraciones utilizando los catálogos de los fabricantes. Los resultados obtenidos del estudio de coordinación de protecciones garantizaron el adecuado funcionamiento de los dispositivos de seguridad de protección en el sistema eléctrico frente a condiciones de falla, minimizando los daños a los elementos que componen dicho sistema. Finalmente el autor concluye que en el desarrollo de la coordinación de protecciones de interruptores automáticos en el sistema eléctrico de baja tensión permitió mejorar la seguridad y la eficiencia del sistema y la aplicación del criterio de selectividad y la utilización de herramientas especializadas aseguraron una protección adecuada ante posibles fallas eléctricas, lo que contribuyó a evitar daños a los componentes del sistema y a mantener la continuidad del servicio eléctrico, donde la metodología empleada demostró ser efectiva para el diseño y actualización de sistemas eléctricos, brindando una solución integral y confiable en las instalaciones eléctricas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sistema de protección

La función principal de un sistema de protección es lograr la rápida eliminación del servicio cuando un elemento del sistema eléctrico sufre un cortocircuito o cuando opera de manera antinatural. También existe una función

secundaria de proporcionar una indicación de ubicación y tipo de falla. (Ramirez, 2003).

2.2.2 Falla en sistemas de distribución temporal

Una falla temporal se caracteriza como aquella que puede ser corregida antes de que se produzca algún daño significativo al equipo o las instalaciones. (Ramirez, 2003)

2.2.3 Falla en sistemas de distribución permanente

Una falla permanente es aquella que continúa existiendo a pesar de la prontitud con la que el circuito se desconecta de la fuente de energía dentro de una red eléctrica. (Ramirez, 2003)

2.2.4 Interruptor de sobrecarga

Dispositivo diseñado para salvaguardar contra corrientes excesivas, sin necesariamente ofrecer protección contra cortocircuitos, y con la capacidad de desconectar un circuito, ya sea a través de la fusión de un material bimetálico interno o mediante mecanismos electromecánicos. (CNE - Utilización, 2006).

2.2.5 Interruptor de sobrecorriente

Dispositivo capaz de interrumpir de manera automática un circuito eléctrico, ya sea en condiciones predefinidas de sobrecarga como en situaciones de cortocircuito a través de mecanismos electromecánicos. (CNE - Utilización, 2006).

2.2.6 Equipo eléctrico

Término que abarca elementos diversos, como aparatos, artefactos, dispositivos, instrumentos, maquinaria, materiales, entre otros, que se emplean como componentes en la generación, transformación, transmisión, distribución o utilización de un sistema de energía eléctrica. Este concepto no impone restricciones y engloba cualquier conjunto o combinación de materiales o elementos susceptibles de ser utilizados o adaptados para cumplir con un propósito o función específicos en una instalación eléctrica. (CNE - Utilización, 2006).

2.2.7 Sistema de utilización

Es un conjunto de infraestructuras diseñadas para transportar la energía eléctrica proporcionada a cada usuario desde el punto de entrega hasta los distintos dispositivos eléctricos donde se llevará a cabo su conversión en diferentes formas de energía. (CNE - Utilización, 2006).

2.2.8 Selectividad

Selectividad implica que ningún dispositivo de protección situados aguas arriba en la línea a través de la cual fluye la corriente defectuosa (ya sea por fallo o sobrecarga) se activará antes de que el interruptor automático de protección que supervisa el tramo defectuoso entre en acción. Normalmente, la selectividad se logra al aumentar gradualmente el tiempo de actuación de los dispositivos de protección a medida que se acercan a la fuente de alimentación en la red. De esta manera, si el interruptor automático más cercano al punto defectuoso no se activa, el siguiente interruptor ubicado aguas arriba se activará. (Schneider Electric, 2010).

2.2.9 Selectividad por corriente

La logística de la selectividad en términos de corriente se logra mediante la aplicación de ajustes graduales en los niveles de corriente de los componentes de activación magnética instantánea. (Schneider Electric, 2010).

2.2.10 Selectividad basada en el tiempo

La selectividad que se fundamenta en el disparo a través del tiempo emplea interruptores automáticos conocidos como "selectivos" en ciertas naciones. Implementar estos dispositivos automáticos es parcialmente simple e implica retrasar la activación de los diferentes interruptores automáticos dispuestos en serie en un orden temporal específico gradual. (Schneider Electric, 2010).

2.2.11 Capacidad de corte

La elección de la capacidad de interrupción debe realizarse ligeramente por encima de la corriente de cortocircuito que podría ocurrir durante el proceso de instalación. (Schneider Electric, 2010).

2.2.12 Instalación de distribución eléctrica

Colocación de cables y elementos adicionales en una propiedad, desde un punto donde la concesionaria eléctrica proporciona el servicio de electricidad a los puntos de distribución donde se pueda emplear esa energía para el funcionamiento de los diversos equipos. Esto también engloba la unión de los cables a dichos equipos, así como las tareas de alteración, extensión y corrección de los cables. (CNE - Utilización, 2006).

2.2.13 Sistema de utilización

Se trata de un sistema de disposiciones diseñadas para transportar la energía eléctrica proporcionada a cada usuario, desde el punto de entrega hasta los distintos dispositivos eléctricos donde se convierte en otras manifestaciones energéticas. (CNE - Utilización, 2006).

2.2.14 Baja tensión

Un conjunto de niveles de voltaje empleados para la distribución de electricidad, con un límite superior típicamente en $U \leq 1 \text{ kV}$, donde U representa la tensión Nominal. (CNE - Suministro, 2011).

2.2.15 Media tensión

Un grupo de escalas de voltaje que abarcan desde la alta tensión hasta la baja tensión, con los rangos de $1 \text{ kV} < U \leq 35 \text{ kV}$, donde U representa la tensión nominal. (CNE - Suministro, 2011).

2.2.16 Alta tensión

En un sentido amplio, se refiere a un conjunto de escalas de voltaje desde los niveles de tensión $36 \text{ kV} < U \leq 230 \text{ kV}$, según lo definido en el marco del Código Nacional de Electricidad - Uso. (CNE - Suministro, 2011).

2.2.17 Muy alta tensión

Escalas de voltaje empleadas en las redes eléctricas de transmisión, que están por encima de 230 kV. (CNE - Suministro, 2011).

2.2.18 Interruptor automático

Un dispositivo que puede establecer y cortar conexiones, con la capacidad de llevar corrientes durante situaciones normales en el circuito, así como corrientes durante situaciones inusuales con una duración predefinida, como las corrientes durante fallas en el sistema. (CNE - Suministro, 2011).

2.2.19 Suministro

Un sistema de disposiciones que posibilita la distribución segura de la energía eléctrica hasta el punto de suministro. (CNE - Suministro, 2011).

2.2.20 Subestación

Un conjunto de disposiciones, que podría involucrar estructuras necesarias, diseñado para modificar el voltaje eléctrico y para aislar y salvaguardar circuitos, o simplemente para aislar y salvaguardar circuitos, siendo operado por individuos capacitados. (CNE - Suministro, 2011).

2.2.21 Selectividad con interruptores automáticos en redes B.T

La función principal de los interruptores automáticos en las redes eléctricas es salvaguardar contra posibles fallos, como sobrecargas y cortocircuitos, impidiendo que se generen corrientes indebidas en las instalaciones y sus dispositivos. En caso de que se produzca un defecto, es crucial minimizar sus repercusiones, asegurando que solo afecte a la parte específica de la instalación. Si

se logra este objetivo y el resto de la instalación puede continuar funcionando normalmente, podemos afirmar que existe selectividad. (Eaton Industries, 2009).

2.2.22 Demanda máxima de una instalación eléctrica

Para realizar el diseño adecuadamente una instalación eléctrica, resulta fundamental evaluar la demanda máxima de potencia que el sistema podría requerir. Un enfoque meramente basado en la suma directa de todas las cargas presentes o proyectadas para el diseño de la instalación, por consiguiente, se considera un factor de evaluación en cada sistema eléctrico del diseño, puesto que en ningún momento todos los equipos eléctricos evaluados ingresaran a trabajar en forma simultánea y a plena carga. (Schneider Electric, 2010).

2.2.23 Potencia instalada (kW)

Todos los dispositivos y equipos eléctricos cuentan con una etiqueta donde indica su potencia nominal (Watts o kW). La potencia instalada se obtiene al sumar las potencias de consumos nominales de todos los dispositivos eléctricos de la instalación eléctrica, aunque esto no necesariamente refleja la potencia real consumida de los equipos. La determinación de la demanda máxima de potencia eléctrica (en kW) es crucial para dimensionar la potencia eléctrica de un grupo electrógeno o una batería a seleccionar para la instalación. Considerar que cuando se alimenta desde una red pública o mediante un transformador de alta/baja tensión, la cantidad relevante es la potencia aparente en kVA. (Schneider Electric, 2010).

2.2.24 Estimación de la demanda máxima (kVA)

No siempre todas las cargas individuales funcionan de manera constante a su máxima potencia nominal, ni lo hacen simultáneamente. Los factores (kU) y (kS) son herramientas clave para calcular las demandas reales de potencia y potencia aparente necesarias al dimensionar una instalación. (Schneider Electric, 2010).

2.2.25 El factor de utilización máxima (kU)

En condiciones normales, el consumo de potencia de una carga puede ser menor que su potencia nominal indicada. Este factor se aplica a cada carga individual, siendo especialmente relevante en el caso de motores eléctricos, que raramente operan a carga completa. En entornos industriales, el factor (kU) para motores suele estimarse en un promedio de 0,75. Para cargas de iluminación, el factor a considerar siempre es de 1. En cuanto a circuitos de tomas de corrientes, los factores dependen de las cargas a alimentar. (Schneider Electric, 2010).

2.2.26 El factor de simultaneidad (kS)

El factor de simultaneidad (kS) considera que el funcionamiento simultáneo de todas las cargas instaladas en una instalación es poco probable en la práctica. En otras palabras, siempre hay cierto grado de variabilidad, y este hecho se tiene en cuenta mediante el uso del factor de simultaneidad. El factor (kS) se aplica a cada grupo de cargas, como obtener suministro desde un cuadro de distribución o sub - distribución. La determinación de estos factores recae en el diseñador, quien debe tener un entendimiento minucioso de la instalación y de las condiciones en las que funcionarán los circuitos individuales. (Schneider Electric, 2010).

2.2.27 Redes de distribución de BT

En las naciones europeas, se adoptan normativas uniformes para los niveles de tensión de voltaje en sistemas de distribución trifásicos de cuatro hilos, siendo comunes los estándares de 220/380 V o 230/400 V. En la actualidad, varios países están transitando hacia las últimas pautas de las normas IEC para sistemas de baja tensión (BT), en el que establecen un voltaje nominal de 230/400 V, conforme a la normativa IEC 60038. En áreas urbanas y municipios de tamaño medio o grande, es habitual que en los sistemas de distribución se opte por cables subterráneos. (Schneider Electric, 2010).

2.2.28 Selectividad por intensidad con interruptores automáticos

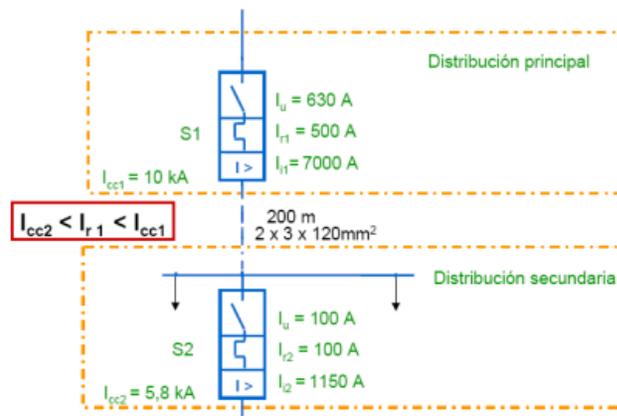
La selectividad basada en la intensidad se logra mediante la gradación de las corrientes de disparo de los relés magnéticos instantáneos. (Eaton Industries, 2009).

2.2.29 Selectividad por intensidad de cortocircuito diferentes

En los sistemas de distribución, las corrientes de carga son inferiores en las salidas en comparación con las entradas. Además, las corrientes de cortocircuito disminuyen debido a la distancia. Este fenómeno, de manera inherente, promueve la selectividad entre el panel principal de distribución y el panel secundario (ver Figura 1 y 2), ya que I_{cc1} es mayor que I_{cc2} . La selectividad, especialmente la completa, se alcanza en situaciones de cortocircuito cuando la corriente máxima de cortocircuito en la salida del interruptor posterior (aguas abajo) es menor que la corriente de activación del interruptor de protección anterior (aguas arriba). (Eaton Industries, 2009)

Figura 1

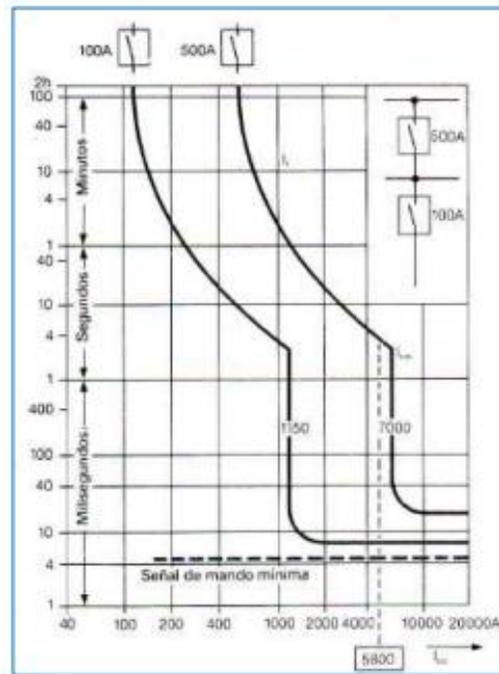
Selectividad por I_{cc}



Nota. Se muestra los niveles de corriente de corto I_{cc1} y I_{cc2} circuito (Eaton Industries, 2009, pág. 2)

Figura 2

Curva de selectividad por I_{cc}



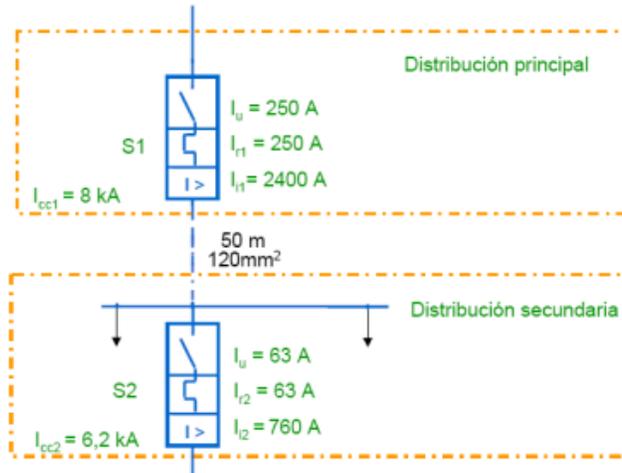
Nota. Se muestra una selectividad parcial de 5800 Amp. (Eaton Industries, 2009, pág. 2)

2.2.30 Selectividad por intensidad de cortocircuito similares

En una distribución donde las distancias entre el interruptor de protección previo y el posterior son reducidas, las corrientes de cortocircuito posibles en los puntos de conexión no serán significativamente distintas entre sí debido a la limitada amortiguación de los cables. Para analizar la selectividad, se contrastan las curvas de activación entre ellas (como se muestran en las Figuras 3 y 4). En lo que respecta a la curva de activación por sobrecarga, la selectividad siempre se logra a través de los distintos tiempos de disparo. (Eaton Industries, 2009).

Figura 3

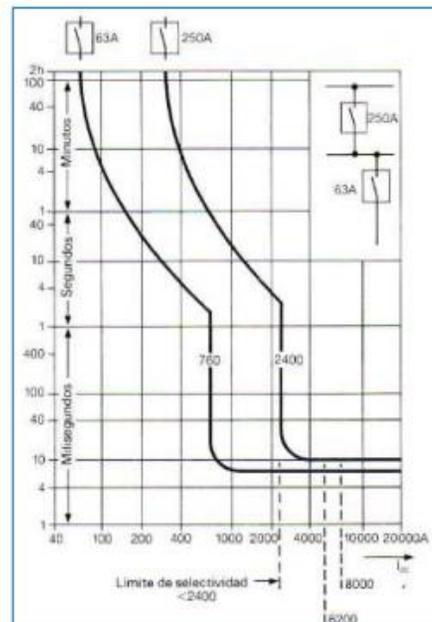
Selectividad por intensidades de cortocircuito similares



Nota. (Eaton Industries, 2009, pág. 3)

Figura 4

Curva de selectividad por intensidades de cortocircuito similares



Nota. (Eaton Industries, 2009, pág. 3)

2.2.31 Selectividad natural

Este tipo de selectividad se logra debido a las variaciones en la construcción de los dispositivos de protección, particularmente en términos de dimensiones y masas, así como en las diferencias de las corrientes nominales. Se establece de manera empírica a través de extensas series de pruebas. Esta forma de selectividad parcial se define en función de los valores de las corrientes de cortocircuito. Se proporcionan catálogos tablas de selectividad que asisten al diseñador en la identificación o determinación de la discriminación entre los interruptores de protección "aguas arriba" y "aguas abajo". (Eaton Industries, 2009).

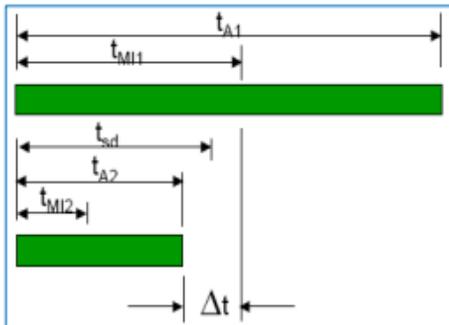
2.2.32 Selectividad cronométrica

Cuando en un sistema de distribución, los segmentos de cable entre el interruptor automático principal y los secundarios son tan cortos que los cortocircuitos resultantes pueden ser prácticamente de igual magnitud, se recomienda incorporar un retardo en el tiempo de respuesta del interruptor de protección principal (ver Figura 5). (Eaton Industries, 2009).

La regla básica para alcanzar la selectividad cronometrada establece que dos interruptores de protección, S1 y S2 (ver Figura 6), trabajan de manera selectiva entre sí cuando el tiempo total de desconexión t_{A2} del interruptor S2 (ubicado "aguas abajo") es menor que el tiempo mínimo t_{MI1} para la señal de defecto del interruptor S1 (ubicado "aguas arriba"). (Eaton Industries, 2009).

Figura 5

Selectividad cronométrica



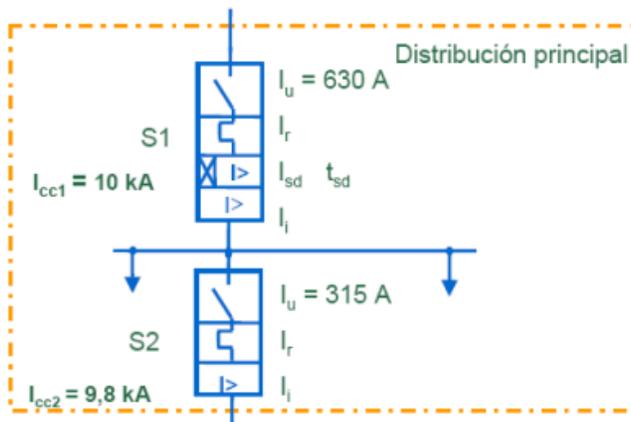
- t_{A1} = Tiempo total de desconexión, interruptor S1
- t_{MI1} = Duración mínima de la señal de defecto, interruptor S1
- t_{sd} = Tiempo de retardo
- t_{A2} = Tiempo total de desconexión, interruptor S2
- t_{MI2} = Duración mínima de la señal de defecto, interruptor S2
- Δt = Margen de seguridad

Nota. (Eaton Industries, 2009, pág. 5)

$$T_{A2} < T_{MI1}$$

Figura 6

Selectividad cronométrica



Nota: El intervalo de retardo de tiempo debe ser seleccionado de manera que el interruptor automático 2 “aguas abajo”, disponga de un tiempo adecuado para desconectarse automáticamente. (Eaton Industries, 2009, pág. 4)

2.2.33 Selectividad total

Cuando hay selectividad en la instalación, se refiere a que esta selectividad es total para cualquier nivel posible de sobreintensidad. Entre un par de interruptores automáticos, se considera selectividad total cuando existe selectividad hasta alcanzar el menor de los valores (I_{cu}) de ambos interruptores. En otras palabras, en todos los casos, la intensidad de cortocircuito asumida en la instalación será menor o igual al valor de (I_{cu}) más pequeño de los dos interruptores. (ABB, 2008).

2.2.34 Selectividad parcial

Cuando la selectividad se mantiene únicamente hasta un valor específico de intensidad, conocido como límite de selectividad, ya no se asegura si la intensidad excede este umbral entre los dos interruptores automáticos. Se describe la selectividad entre un par de interruptores automáticos como parcial cuando solo se mantiene hasta un valor determinado de I_s , que es inferior a los valores I_{cu} de ambos interruptores. Sin embargo, si la intensidad máxima de cortocircuito asumida en la instalación es menor o igual al límite de selectividad I_s , se puede continuar hablando de selectividad total. (ABB, 2008).

2.2.35 Cálculo de la corriente de cortocircuito

2.2.35.1 Generalidades

El cortocircuito se caracteriza por ser un fallo en la impedancia mínima entre elementos activos que, en circunstancias normales, se encuentran a diferentes niveles de potencial. (ABB, 2007).

2.2.35.2 Tipos de fallas

En una red trifásica pueden ocurrir los siguientes tipos de fallas:

- Falla trifásica
- Falla bifásico

- Falla fase-neutro

- Falla fase-PE.

En las siguientes fórmulas de ecuaciones emplean los siguientes símbolos:

- I_k = Corriente de cortocircuito

- U_r = Tensión asignada

- Z_L = Impedancia de línea

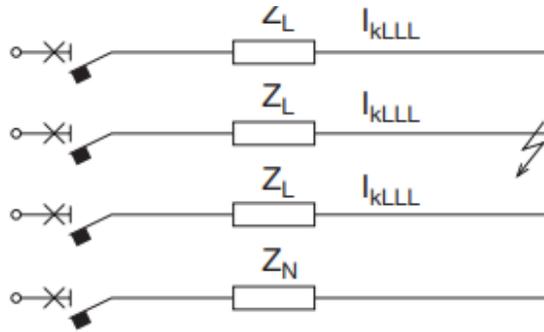
- Z_N = Impedancia del neutro

- Z_{PE} = Impedancia del conductor de protección.

Las imágenes a que se muestran a continuación (ver Figuras 7 y 8) ofrecen de manera concisa la representación de distintos tipos de fallos y las relaciones entre el valor de la corriente de cortocircuito en fallas simétricas (trifásicas) y la corriente de cortocircuito en fallas asimétricas (bifásicas y monofásicas) originadas por defectos distantes a los generadores. (ABB, 2007).

Figura 7

Cálculo de la corriente de cortocircuito trifásico y bifásico

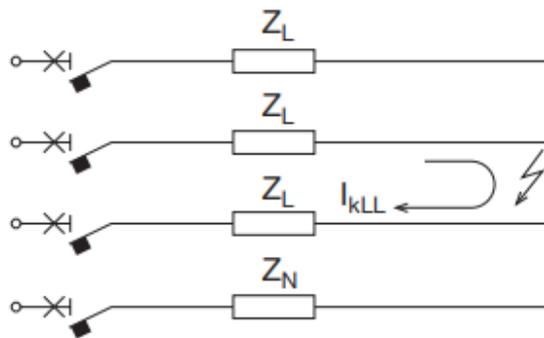


$$I_{kLLL} = \frac{U_r}{\sqrt{3} Z_L}$$

donde

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$$

Defecto bifásico



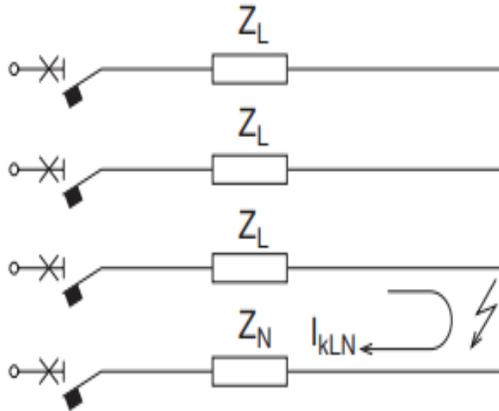
$$I_{kLL} = \frac{U_r}{2Z_L} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{kLLL} = 0.87 I_{kLLL}$$

Nota. (ABB, 2007, pág. 558)

Figura 8

Cálculo de la corriente de cortocircuito fase-neutro y fase-PE

Defecto fase-neutro



$$I_{kLN} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (Z_L + Z_N)}$$

Si $Z_L = Z_N$ (seccion del neutro igual a la de fase):

$$I_{kLN} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (Z_L + Z_N)} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (2Z_L)} = 0.5I_{kLLL}$$

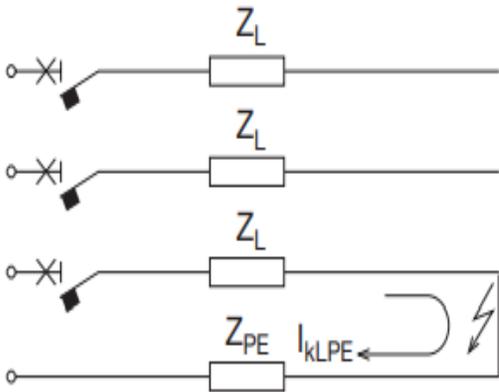
Si $Z_N = 2Z_L$ (seccion del neutro mitad de la de fase):

$$I_{kLN} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (Z_L + Z_N)} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (3Z_L)} = 0.33I_{kLLL}$$

Si $Z_N = 0$ condicion limite:

$$I_{kLN} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (Z_L + Z_N)} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (Z_L)} = I_{kLLL}$$

Defecto fase-PE



$$I_{kLPE} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (Z_L + Z_{PE})}$$

Si $Z_L = Z_{PE}$ (seccion del conductor de protección igual a la de fase):

$$I_{kLPE} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (Z_L + Z_{PE})} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (2Z_L)} = 0.5I_{kLLL}$$

Si $Z_{PE} = 2Z_L$ (seccion del conductor de protección mitad de la de fase):

$$I_{kLPE} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (Z_L + Z_{PE})} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (3Z_L)} = 0.33I_{kLLL}$$

Si $Z_{PE} = 0$ 0 caso limite:

$$I_{kLPE} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (Z_L + Z_{PE})} = \frac{U_r}{\sqrt{3} (Z_L)} = I_{kLLL}$$

Nota. (ABB, 2007, pág. 558)

2.2.35.3 Cálculo de la corriente de cortocircuito por el “método de las potencias”

Es posible calcular la corriente de cortocircuito mediante la aplicación del "método de las potencias". Este método ofrece una forma sencilla de calcular la corriente de cortocircuito en un punto específico de la instalación, generalmente ofreciendo un valor aceptable. Sin embargo, su confiabilidad disminuye, y los valores son más precisos cuando los factores de potencia de los componentes considerados (red, generadores, transformadores, motores, cables de gran sección, etc.) son más similares.

Calculo por el “método de la potencia de cortocircuito” para cortocircuito (I_k) trifásico y bifásico, como se muestra en la siguiente formula. (ABB, 2007).

$$I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_r} \qquad I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_r}$$

donde:

- S_k = Potencia aparente de cortocircuito vista desde el punto de defecto
- U_r = Tensión asignada.

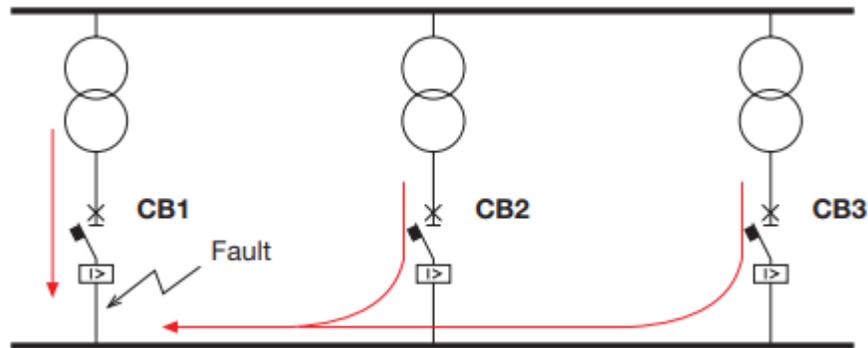
2.2.35.4 Determinación de la corriente de cortocircuito en una instalación

Para determinar la corriente de cortocircuito en una instalación, es esencial tener en cuenta la ubicación del defecto y la configuración del sistema que maximiza la corriente de cortocircuito

a través del dispositivo. En caso necesario, se examina la contribución de los motores. Por ejemplo, en la situación mencionada a continuación, para el dispositivo de interruptor automático CB1, como se muestra en la figura 9 y 10, el fallo más crítico ocurre cuando el defecto se presenta inmediatamente antes del propio interruptor automático. Al evaluar su capacidad de interrupción, es necesario considerar dos transformadores en paralelo. (ABB, 2007).

Figura 9

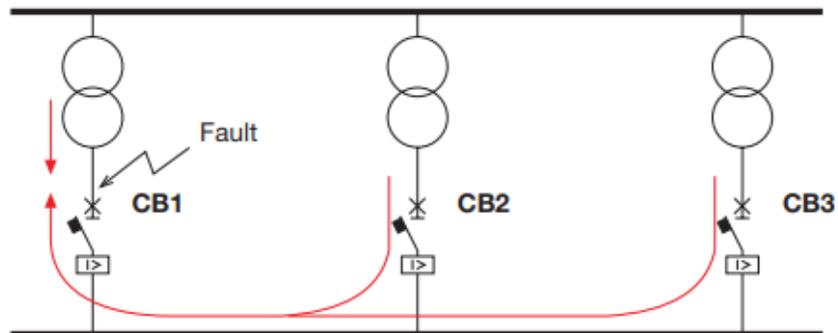
Defecto inmediatamente aguas abajo de CB1



Nota. (ABB, 2007, pág. 563)

Figura 10

Defecto inmediatamente aguas arriba de CB1



Nota. (ABB, 2007, pág. 563)

$$\text{Circuito trifásico } Ik = \frac{Sk}{\sqrt{3}.Ur}$$

$$\text{Circuito bifásico } Ik = \frac{Sk}{2.Ur}$$

2.2.36 Tecnologías usadas en protecciones de interruptores automáticos

2.2.36.1 Relé térmico

Este dispositivo consta de una lámina bimetálica que, al sobrepasar los valores de funcionamiento normales y calentarse, se deforma, desbloqueando la unión de los contactos. El tiempo de respuesta de la lámina bimetálica muestra una relación inversamente proporcional a la intensidad de la corriente. La lámina bimetálica reacciona de manera más rápida ante una segunda sobrecarga debido a su inercia térmica esto ocurre rápidamente después de la primera por consiguiente esto contribuye a mejorar la protección de los cables, especialmente cuando el valor de su temperatura es elevado. (Legrand, 2013).

2.2.36.2 Relé magnético

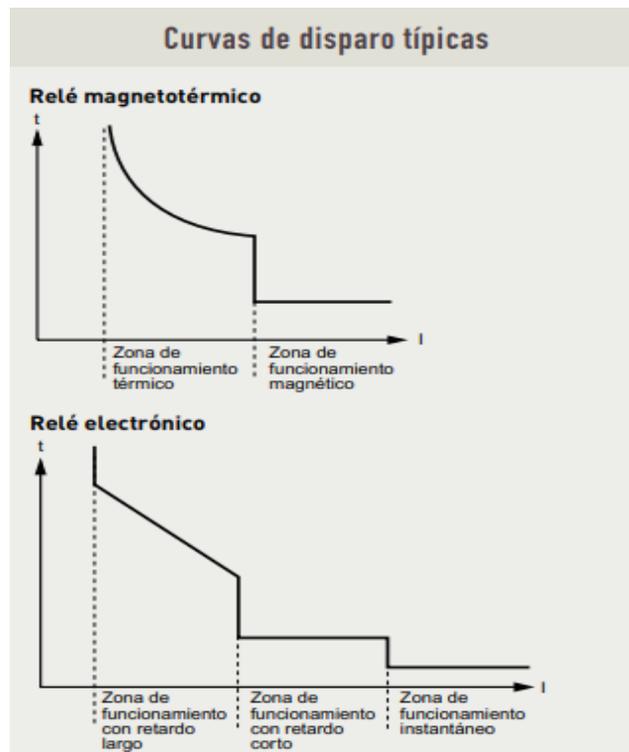
Este dispositivo utiliza una bobina magnética cuyo efecto es desbloquear los contactos, provocando así la interrupción en caso de detectarse una sobreintensidad. El tiempo de respuesta es muy breve, aproximadamente una centésima de segundo. Los interruptores automáticos de caja moldeada DPX cuentan con una regulación I_m (hasta 10 veces I_r) que permite ajustar el valor de disparo conforme a las condiciones de protección de la instalación, como la corriente de cortocircuito y el contacto indirecto (ver Figura 11). Además, esta regulación, cuando se combina con un retardo de tiempo, puede ser utilizada para encontrar las condiciones óptimas de selectividad entre los dispositivos de protección. (Legrand, 2013)

2.2.36.3 Relé electrónico

Es un toroide instalado en cada polo, monitorea de manera continua y optima la corriente en cada uno de estos elementos. Esta información es procesada por un módulo electrónico que gestiona la activación del interruptor automático cuando sobrepasan los valores de los parámetros de regulación ingresados y son excedidos. La curva característica del dispositivo automático de operación exhibe tres áreas claramente definidas (ver Figura 11):

Figura 11

Curvas de Relé electrónico y magnetotérmico



Nota. Se presentan las tres zonas de operación de la curva de disparo, las cuales se describen a continuación. (Legrand, 2013, pág. 05)

- 1) Zona de operación "instantánea": Ofrece protección contra cortocircuitos de alta intensidad. Viene preconfigurada de fábrica en un valor establecido (entre 5 y 20 KA) o se ajusta según las especificaciones del dispositivo.
- 2) Zona de operación con "retardo corto": Brinda protección contra cortocircuitos de menor intensidad, que suelen ocurrir al final de la línea. Normalmente, el umbral de activación es ajustable. El periodo de retardo puede incrementarse en pasos de hasta un segundo para garantizar la selectividad con los dispositivos ubicados aguas abajo.
- 3) Zona de operación con "retardo largo": Se asemeja a las características de un relé térmico y protege los conductores contra sobrecargas. (Legrand, 2013)

2.2.37 Tipo de curvas características de interruptores automáticos

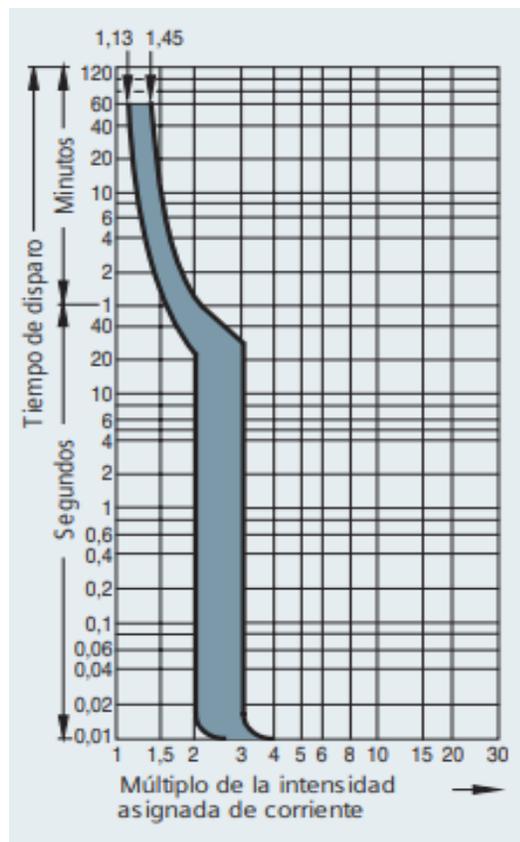
La finalidad de los interruptores termomagnéticos es resguardar la integridad térmica de los cables y conductores frente a sobrecargas generadas por excesos de corriente o cortocircuitos. En consecuencia, las curvas de activación de estos interruptores se ajustan a las curvas de carga específicas de cables y conductores.

2.2.37.1 Curva A

Protección limitada de semiconductores. Protección de circuitos de medición con transformadores. Protección de circuitos con conductores largos (ver Figura 12). (Siemens, 2020).

Figura 12

Curva característica de desconexión A $I_4 = 2 \times I_n$ $I_5 = 3 \times I_n$



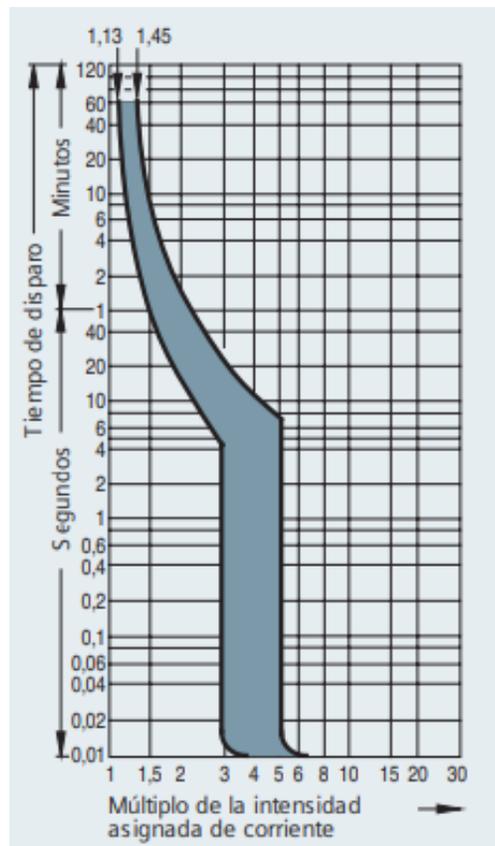
Nota. La curva A muestra que el dispositivo se desconectará cuando la corriente alcance tres veces su valor nominal. (Siemens, 2020, pág. 09)

2.2.37.2 Curva B

Protección de gran longitud pero que no permite la inserción de corrientes elevadas de corta duración (ver Figura 13). (Siemens, 2020)

Figura 13

Curva característica de desconexión B $I_4 = 3 \times I_n$ $I_5 = 5 \times I_n$



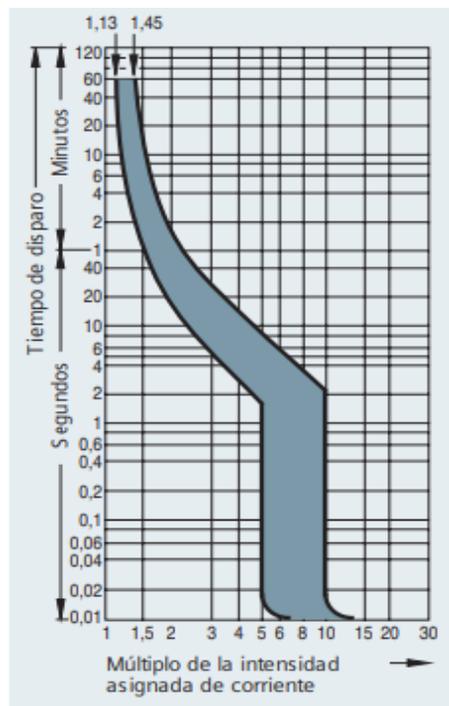
Nota. La curva B muestra que el dispositivo se desconectará cuando la corriente alcance cinco veces su valor nominal. (Siemens, 2020, pág. 09)

2.2.37.3 Curva C

Protección de conductores, en instalaciones donde se produzcan corrientes de arranque elevadas, por ejemplo: motores, lámparas, etc. (ver Figura 14). (Siemens, 2020).

Figura 14

Curva característica de desconexión C $I_4 = 5 \times I_n$ $I_5 = 10 \times I_n$



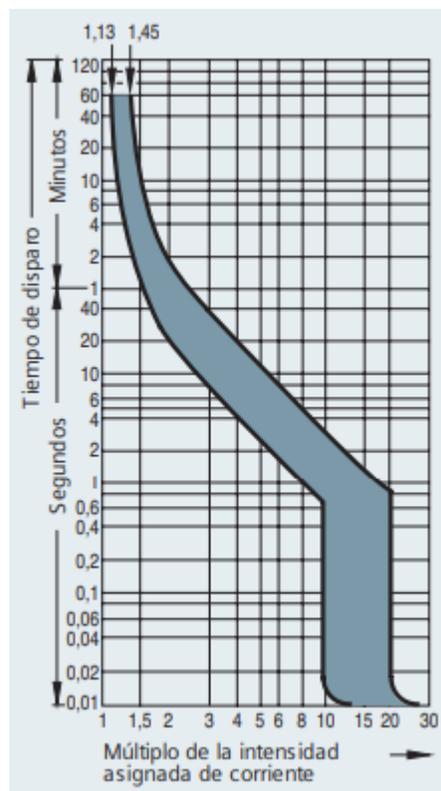
Nota. La curva C muestra que el dispositivo se desconectará cuando la corriente alcance diez veces su valor nominal. (Siemens, 2020, pág. 09)

2.2.37.4 Curva D

Protección de conductores, en instalaciones donde se produzcan fuertes corrientes de impulso, por ejemplo: transformadores, capacitores, etc. (ver Figura 15). (Siemens, 2020)

Figura 15

Curva característica de desconexión D $I4 = 10 \times In$ $I5 = 20 \times In$



Nota. La curva D muestra que el dispositivo se desconectará cuando la corriente alcance veinte veces su valor nominal. (Siemens, 2020, pág. 09)

CAPITULO III

VARIABLE E HIPOTESIS

3.1 Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Coordinación de protecciones eléctricas	"La coordinación de protecciones es clave para lograr la selectividad en la desconexión de los equipos fallados y la seguridad del Sistema Eléctrico de Potencia" (Piñeros, Echeverri, Lano, Gutierrez, & Agudelo, 2019, pág. 01)	La coordinación de protecciones eléctricas se realizará a través de la toma de datos del consumo de energía eléctrica y elaborar un diagrama unifilar, para posteriormente realizar el estudio de coordinación de protecciones eléctricas tomando el criterio fundamental de selectividad mediante la simulación del software EcoStruxure Power Design - Ecodial V05.2	Análisis de carga	Potencia activa (kW)
				Máxima demanda
			Estudio de selectividad de dispositivos automáticos	Tipo de curvas de disparo de protección
				Corriente de corto circuito

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Diseño de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), indicaron “El diseño de investigación no experimental se establece sin la manipulación de variables” (p.109).

Según Palella y Martins (2012), el diseño no experimental “es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable; lo que hace que este tipo de investigación se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos” (pag.87).

Hernández (2014) “Los diseños de investigación transeccional o transversal se recolecta datos en un solo momento en un tiempo único” (p.154).

El tipo de investigación que se realizó para el desarrollo de la tesis fue del tipo descriptivo no experimental y el diseño de investigación es transversal en donde se analizó todos los datos a través de definiciones y simulaciones a través de un programa especializado.

4.2 Descripción de la metodología

La tesis se desarrolló con el diseño de las coordinaciones de protecciones eléctricas aplicando los conocimientos técnicos y científicos existentes para desarrollar una investigación y pueda ser aplicada por los profesionales en su implementación. Por ello se iniciará con la recolección de datos de información como la toma de medidas de longitud de las acometidas y sub acometidas de distribución, así como también la elaboración del cuadro de cargas del consumo de potencia eléctrica de las 5 zonas del centro de abastos N°1.

Posterior a la obtención de los datos e información recopilada se realizó un modelamiento de estudio de coordinación de protecciones eléctricas empleando el software EcoStruxure Power Design - Ecodial V05.2 donde se ajustó las curvas de selectividad de corriente vs tiempo de acuerdo al diseño, con el fin de lograr una óptima protección.

Con base en los resultados obtenidos en el análisis de cortocircuito y considerando los criterios de ajuste mencionados anteriormente, se establecen los ajustes requeridos para los dispositivos de protección. En el caso de las protecciones de sobrecorriente, se utilizarán gráficos que representen la curva característica de operación y los valores de la corriente de cortocircuito versus el tiempo de actuación de los interruptores automáticos de protección. Estos gráficos se crearán mediante la aplicación del software EcoStruxure Power Design - Ecodial V05.2 y en donde finalmente los diagramas unifilares con los ajustes de los interruptores automáticos se presentan en los planos y tablas de valores.

4.2.1 Implementación de la investigación

Se describe el procedimiento de investigación de la tesis en la cual también se aplicó un análisis metodológico para la elaboración del estudio de coordinación de protecciones eléctricas, a través de los siguientes pasos:

1. Recopilación de información.

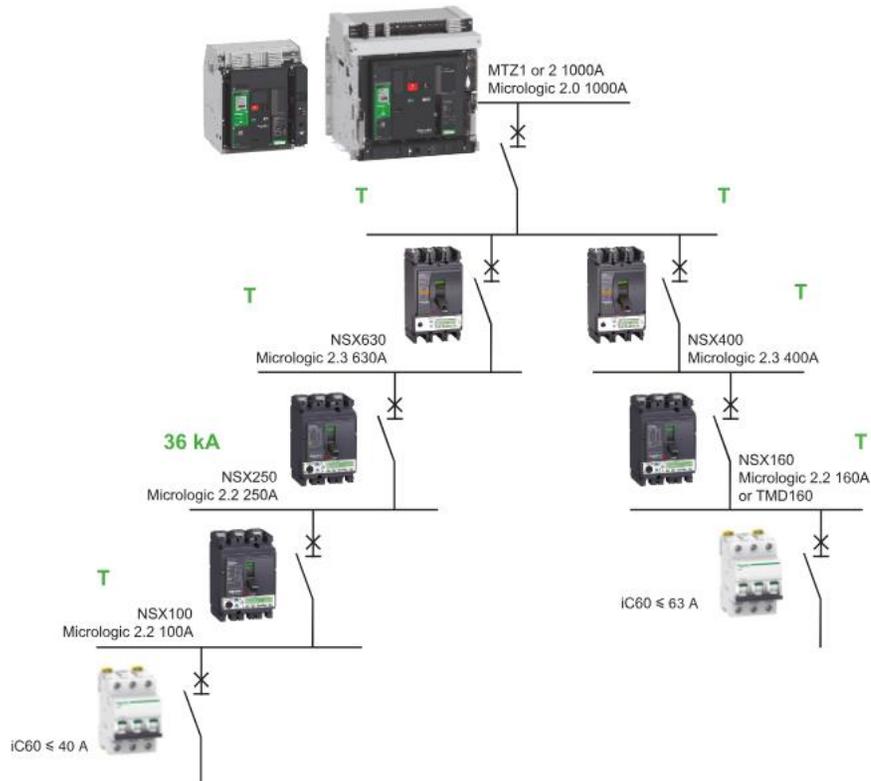
Se recopila los datos de consumo eléctrico de potencia de las 05 zonas del centro comercial N°01, para la elaboración del análisis de carga en (kW) así como también se hizo la toma de datos de las medidas de distancia de las acometidas y sub acometidas con apoyo de los planos de zonificación y de distribución de acometidas.

2. Modelamiento mediante software EcoStruxure Power Design - Ecodial

Se realizó un diseño de diagrama unifilar de las 05 zonas del centro comercial N°01 con apoyo del software, ubicando las cargas y aplicando los diversos criterios de coordinación de protección eléctrica como la técnica de la cascada hasta lograr el diseño y selección del modelo de interruptor automático aguas arriba y aguas abajo según sea el rango de los niveles de capacidad y corriente de cortocircuito (I_{cc}) obtenidos por software EcoStruxure Power Design - Ecodial. (ver Figura16)

Figura 16

Implementación de los dispositivos de protección



Nota. Modelo y tipos de interruptores de protección automáticos
(Shneider Electric, 2021)

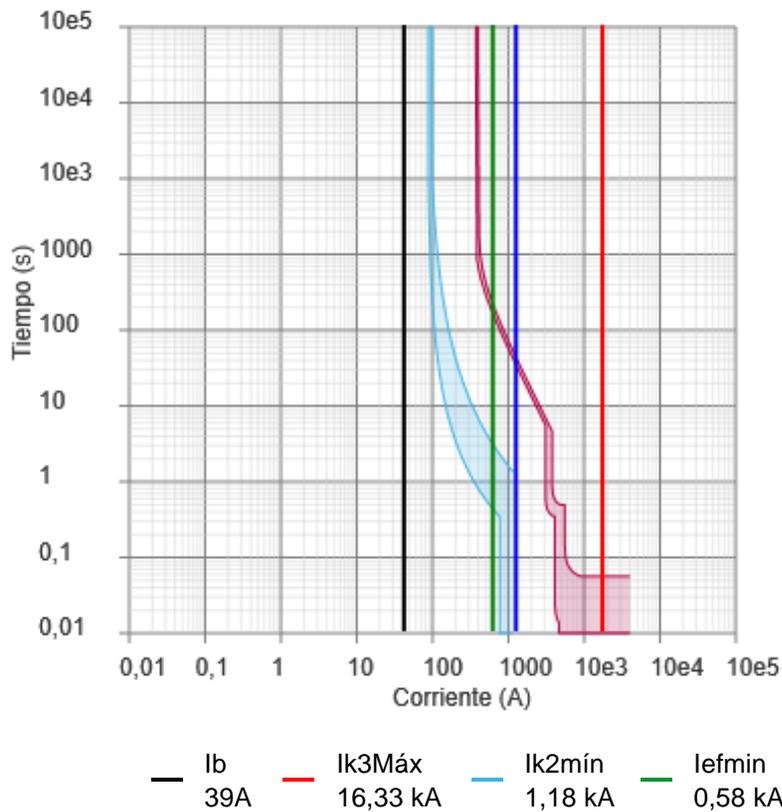
3. Análisis de la curva de selectividad según la I_{cc} de los tipos de curvas de protección.

Una vez ingresados los datos, se crearon las curvas de selectividad (corriente vs tiempo) con el propósito de calcular los niveles de corriente de cortocircuito y determinar las corrientes máximas y mínimas que podrían haber ocurrido en caso de una falla. Esto se hizo teniendo en cuenta la disposición de la red establecida durante la operación estándar. (ver Figura 17).

Estos resultados se emplearon para ajustar los dispositivos de protección y evaluar la capacidad de interrupción de los interruptores automáticos.

Figura 17

Análisis de las curvas de Selectividad



Nota. Se muestran dos conjuntos de curvas: una en tono celeste representa el interruptor ubicado aguas abajo, mientras que la de tono morado representa el interruptor aguas arriba. Además, se muestran tres líneas: la línea negra indica la corriente nominal, la línea verde indica la corriente mínima de cortocircuito, y una línea roja indica la corriente máxima de cortocircuito. (Schneider, 2019)

4.2.1.1 Ubicación

La investigación actual sobre el diseño de coordinación de protecciones eléctricas se llevó a cabo en el centro abastos N°1 del distrito de La Victoria – Lima y se encuentra conformado por un área de 1,573.96 m² y 1421 stands. Se encuentra ubicado entre la Av. Aviación, el Jr. Hipólito Unanue, el Jr. San Pablo y la Cl. Humboldt. (ver Figura 18)

Figura 18

Ubicación geográfica del centro abastos N°1 del distrito de La Victoria



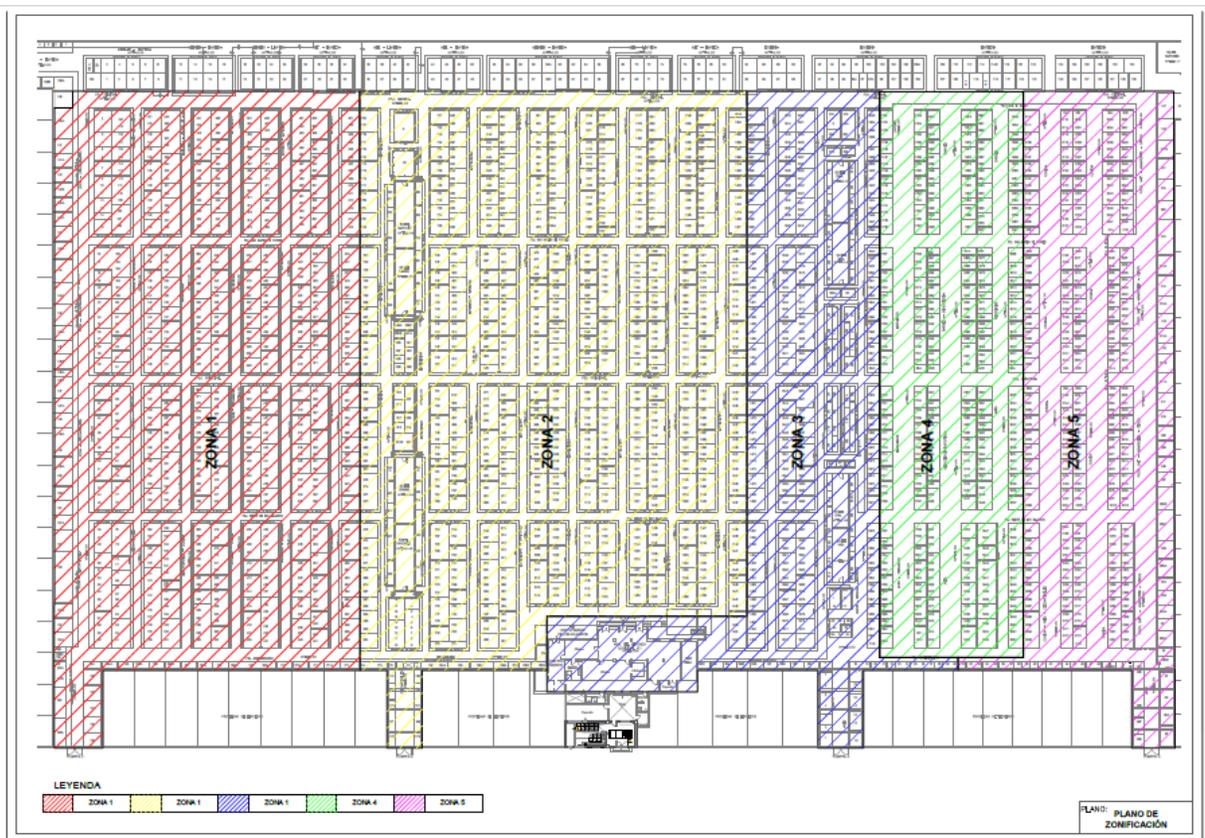
Nota. Se muestra en franja roja el perímetro del centro abastos N°1 del distrito de La Victoria – Lima comercial. (Google Earth, 2023)

4.2.1.2 Recopilación de la información.

Se recopiló los datos de consumo de energía eléctrica (kW) de los 1421 stands distribuidos dentro de las 5 zonas del establecimiento comercial como se muestra en la Figura 19, así como también la toma de datos de las de medidas de distancia de las acometidas y sub acometidas. Este proceso permitirá realizar un análisis de carga.

Figura 19

*Plano de las 05 zonas del centro de abastos N°01 de la victoria
(ver plano a escala en Anexo3)*



Nota. Se presentan las cinco zonas diseñadas, destacando que las zonas 03 y 04 son las de mayor densidad en consumo de potencia eléctrica.

4.2.1.3 Cargas de los equipos eléctricos considerados en los stands.

Tabla1

Tabla de los equipos eléctricos considerados.

Descripción	Potencia (kW)
Luminaria	0.012
Balanza	0.02
Cámara frigorífica	1.492
Congeladora	0.4
Laptop	0.035
Computadora	0.3
Ventiladora	0.05
Licuada	0.3
Microondas	1
Televisor	0.08
Refrigeradora	0.3
Equipos de laboratorio	6
Exhibidor	0.373
Máquina de cortar	0.373
Máquina de moler café	0.373
Máquina de coser	0.12
Maquina sierra cortadora	0.4
Cámara frigorífica 4p	1.492
Cámara frigorífica 8p	2.984
Tablero para cámara frigorífica de 2 puertas	0.746
Tablero para cámara frigorífica de 4 puertas	1.492
Tablero para cámara frigorífica de 4 puertas	1.492
Tablero para cámara frigorífica de 6 puertas	1.865
Tablero para cámara frigorífica de 8 puertas	2.984
Tomacorriente (máquina de moler)	0.35
Tomacorriente (máquina de cortar)	0.35
Tomacorriente (maquina sierra cortadora)	0.746
Tomacorriente (congeladora)	0.4
Tomacorriente (congeladora horizontal)	0.4
Tomacorriente (radio, televisor)	0.08
Aire acondicionado 36000 BTU	1.68
Tablero de fuerza de moledora 1 Hp	0.746

4.2.1.4 Cuadro de cargas y distancias de las acometidas.

Tabla 2

Cuadro de cargas del sistema privado de las 5 zonas

Zona	Tablero de Distribución	Sistema Privado	Potencia (kW)	Potencia (kW) por zona
1	TN-01.1	SP	10.9	78.3
	TN-01.2	SP	12.2	
	TN-01.3	SP	15.2	
	TN-01.4	SP	18.9	
	TN-01.5	SP	12.5	
	TN-01.6	SP	8.6	
2	TN-02.1	SP	11.6	99.9
	TN-02.2	SP	11.6	
	TN-02.3	SP	15.3	
	TN-02.4	SP	15.3	
	TN-02.5	SP	10.8	
	TN-02.6	SP	17.1	
	TN-02.7	SP	10	
	TN-02.8	SP	8.2	
3	TN-03.1	SP	41.5	154.7
	TN-03.2	SP	56.2	
	TN-03.3	SP	41.3	
	TN-03.4	SP	15.7	
4	TN-04.1	SP	59.1	333.7
	TN-04.2	SP	85.1	
	TN-04.3	SP	79	
	TN-04.4	SP	29	
	TN-04.5	SP	49.3	
	TN-04.6	SP	32.2	
5	TN-05.1	SP	33	102
	TN-05.2	SP	22.8	
	TN-05.3	SP	46.2	

Tabla 3*Cuadro de cargas del circuito de iluminación de los pasadizos.*

Zona	Tablero de Distribución	Alumbrado Público	Potencia (kW)	Potencia (kW) por zona
1	TN-01.1	AP	1.2	8.3
	TN-01.2	AP	1.2	
	TN-01.3	AP	1.2	
	TN-01.4	AP	1.7	
	TN-01.5	AP	1.5	
	TN-01.6	AP	1.5	
2	TN-02.1	AP	1.2	10.4
	TN-02.2	AP	1.2	
	TN-02.3	AP	1.2	
	TN-02.4	AP	1.2	
	TN-02.5	AP	1.7	
	TN-02.6	AP	1.5	
	TN-02.7	AP	1.2	
	TN-02.8	AP	1.2	
3	TN-03.1	AP	1.2	4.4
	TN-03.2	AP	1.4	
	TN-03.3	AP	1.5	
	TN-03.4	AP	0.3	
4	TN-04.1	AP	0.6	4.2
	TN-04.2	AP	0.6	
	TN-04.3	AP	0.6	
	TN-04.4	AP	0.8	
	TN-04.5	AP	0.8	
	TN-04.6	AP	0.8	
5	TN-05.1	AP	1.2	4.2
	TN-05.2	AP	1.5	
	TN-05.3	AP	1.5	

Nota. Zona interna del centro abastos N°1 del distrito de la victoria.

Tabla 4

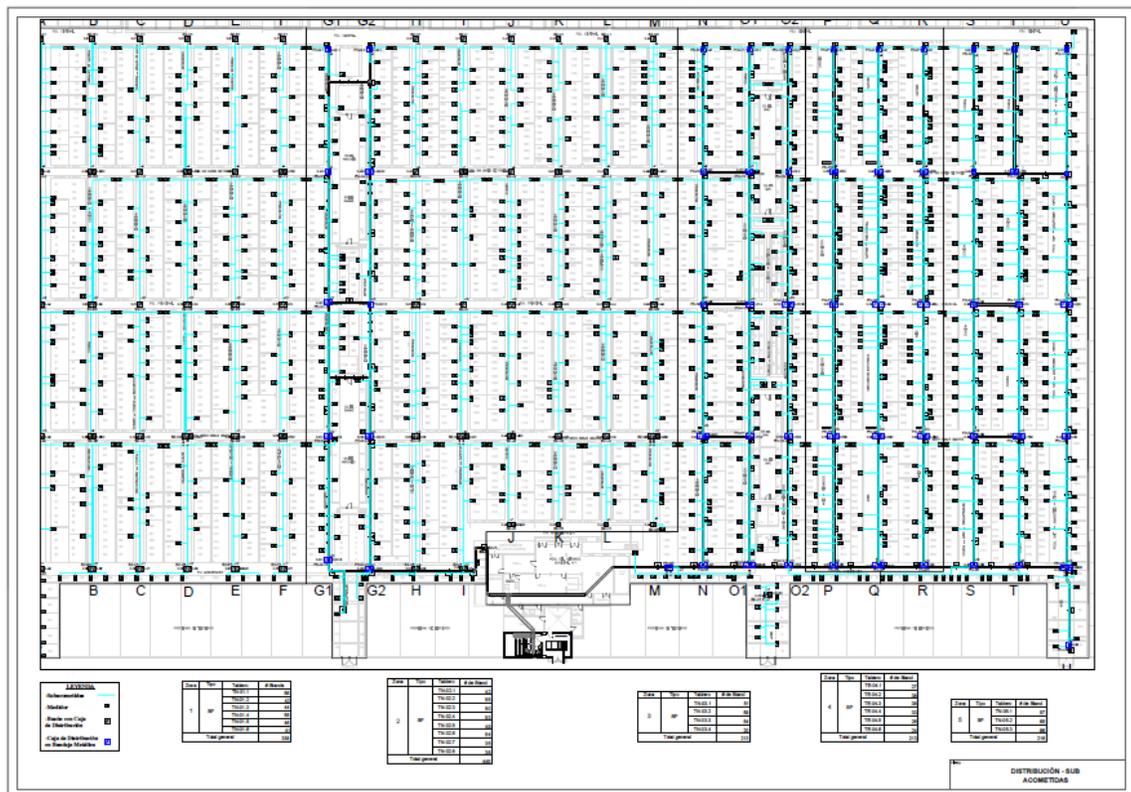
Cuadro de cargas de máxima demanda de las 5 zonas.

Zona	Potencia	Potencia	Carga	F. D	Máxima	Suministro de	
	Tabla01	Tabla 02	Instalada		Demanda	Tipo	Limite (kW)
	(kW)	(kW)	(kW)		(kW)		
1	78.3	8.3	86.6	0.7	60.6	F1	75
2	99.9	10.4	110.3	0.7	77.2	F2	150
3	154.7	4.4	159.1	0.75	119.3	F2	150
4	333.7	4.2	337.9	0.85	287.2	F4	300
5	102	4.2	106.2	0.75	79.7	F2	150

Nota: Tipo y limites potencia de suministro de la concesionaria (Luz del Sur)

Figura 20

Plano de distribución de acometidas (ver plano a escala completa en el Anexo3)



Nota. Se muestra en el plano el recorrido de las acometidas principales desde los TG y las sub-acometidas desde los TN hacia los circuitos derivados.

Tabla 5*Distancia desde los Tableros Generales hacia los Tableros Normales*

N°	Zonas	Tablero General	Tablero de Distribución	Distancia (m)
1	Zona 1	TG-01	TN-01.1	230
2			TN-01.2	210
3			TN-01.3	190
4			TN-01.4	175
5			TN-01.5	155
6			TN-01.6	135
1	Zona 2	TG-02	TN-02.1	170
2			TN-02.2	150
3			TN-02.3	140
4			TN-02.4	155
5			TN-02.5	120
6			TN-02.6	100
7			TN-02.7	90
8			TN-02.8	100
1	Zona 3	TG-03	TN-03.1	160
2			TN-03.2	150
3			TN-03.3	110
4			TN-03.4	90
1	Zona 4	TG-04	TN-04.1	185
2			TN-04.2	195
3			TN-04.3	205
4			TN-04.4	130
5			TN-04.5	140
6			TN-04.6	150
1	Zona 5	TG-05	TN-05.1	245
2			TN-05.2	210
3			TN-05.3	190

Nota. Se muestra las distancias de las acometidas principales desde los TG hacia los TN de las 5 zonas.

Tabla 6*Distancia desde los Tableros Normales hacia los Circuitos derivados*

Zona	Tablero de Distribución	Circuitos derivados	Distancia (m)
1	TN-01.1	C1	75
		C2	50
		C3	20
	TN-01.2	C1	75
		C2	50
		C3	20
	TN-01.3	C1	75
		C2	50
		C3	20
	TN-01.4	C1	30
		C2	70
		C3	20
	TN-01.5	C1	30
		C2	50
		C3	20
	TN-01.6	C1	30
		C2	50
		C3	20
2	TN-02.1	C1	130
		C2	50
		C3	20
	TN-02.2	C1	85
		C2	55
		C3	20
	TN-02.3	C1	85
		C2	60
		C3	20
TN-02.4	C1	85	
	C2	60	
	C3	20	
TN-02.5	C1	50	
	C2	55	
	C3	20	

Nota. Continúa la zona 2 y la tabla 6 en la siguiente página.

Zona	Tablero de Distribución	Circuitos derivados	Distancia (m)
2	TN-02.6	C1	30
		C2	55
		C3	20
	TN-02.7	C1	25
		C2	45
		C3	20
	TN-02.8	C1	30
		C2	45
		C3	20
3	TN-03.1	C1	75
		C2	50
		C3	20
	TN-03.2	C1	65
		C2	70
		C3	20
	TN-03.3	C1	25
		C2	50
		C3	20
TN-03.4	C1	25	
	C2	15	
	C3	20	
4	TN-04.1	C1	40
		C2	40
		C3	20
	TN-04.2	C1	40
		C2	40
		C3	20
	TN-04.3	C1	40
		C2	40
		C3	20
TN-04.4	C1	10	
	C2	40	
	C3	20	
TN-04.5	C1	10	
	C2	40	
	C3	20	
		C3	20

Nota. Continúa la zona 4 y la tabla 6 en la siguiente página.

Zona	Tablero de Distribución	Circuitos derivados	Distancia (m)
4	TN-04.6	C1	10
		C2	40
		C3	20
	TN-05.1	C1	75
		C2	50
		C3	20
5	TN-05.2	C1	65
		C2	85
		C3	20
	TN-05.3	C1	25
		C2	50
		C3	20

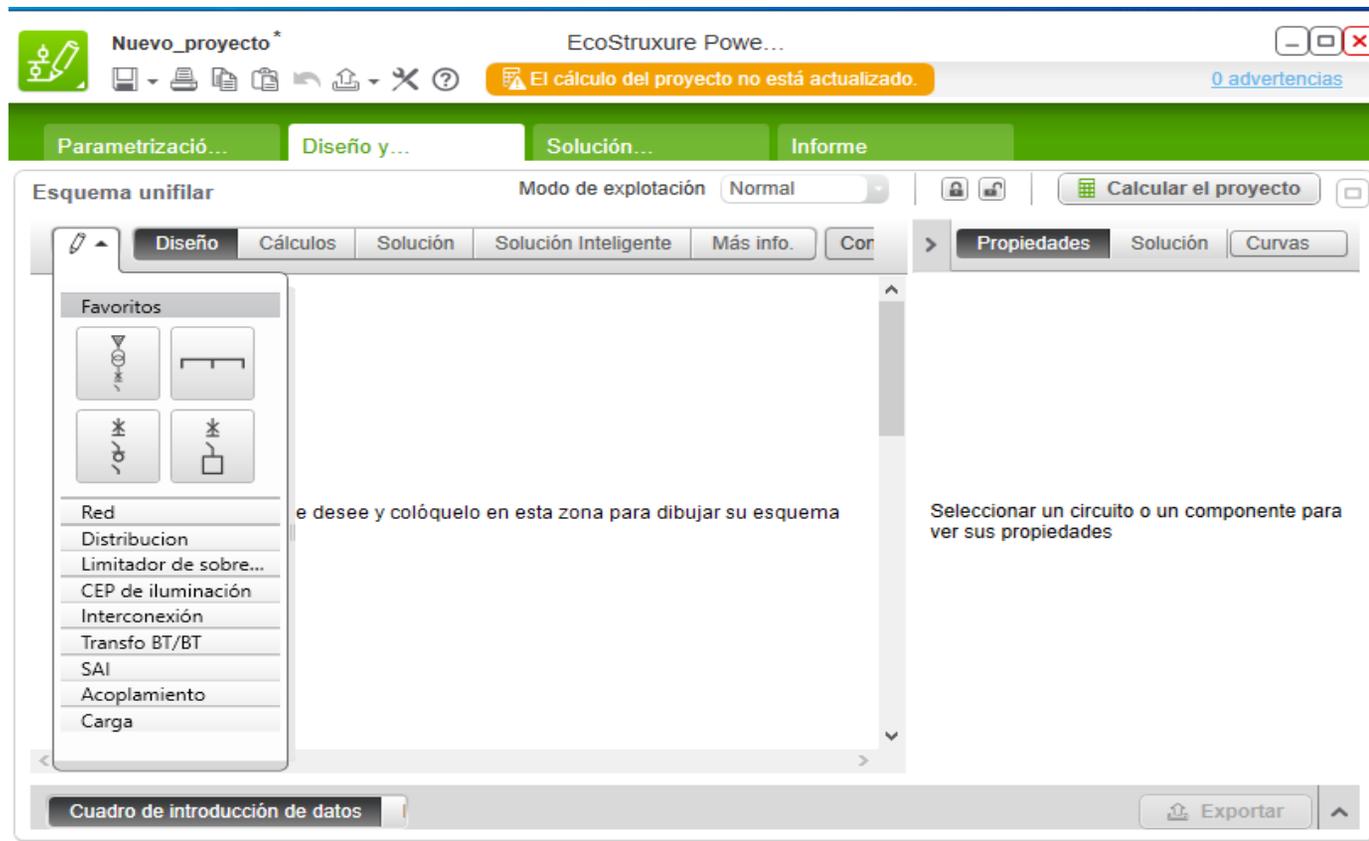
Nota. Se detallan en la tabla las distancias desde los Tableros Normales de distribución de las 5 zonas hacia los circuitos derivados C1, C2 y C3.

4.2.1.5 Implementación del software especializado para la coordinación de protecciones en el sistema eléctrico.

Para el desarrollo de coordinación de protecciones eléctricas se empleó la aplicación del uso del software especializado “EcoStruxure Power Design – Ecodial V.5.02” de Schneider Electric (ver Figura 21). Este software nos permite obtener los datos de necesarios y los cálculos de los dispositivos de protección y como consecuencia lograr una selectividad en la coordinación del sistema eléctrico. Los datos que nos brindará al emplear el uso del software son el dimensionamiento de los interruptores automáticos, cálculo de la corriente de corto circuito, curvas características de los interruptores automáticos, ajuste de parámetros de los dispositivos, compensación de reactiva por banco de condensadores etc. A través de la interfaz del software se procedió a diseñar el diagrama unifilar de las 5 zonas conforme a su distribución, para luego ingresar los datos obtenidos en las Tablas 2, 3, 4, 5 y 6 obtener las curvas características de los interruptores automáticos. (ver Figuras del 21 - 31).

Figura 21

Interfaz de aplicación del software EcoStruxure Power Design – Ecodial V.5.02 de Schneider Electric.



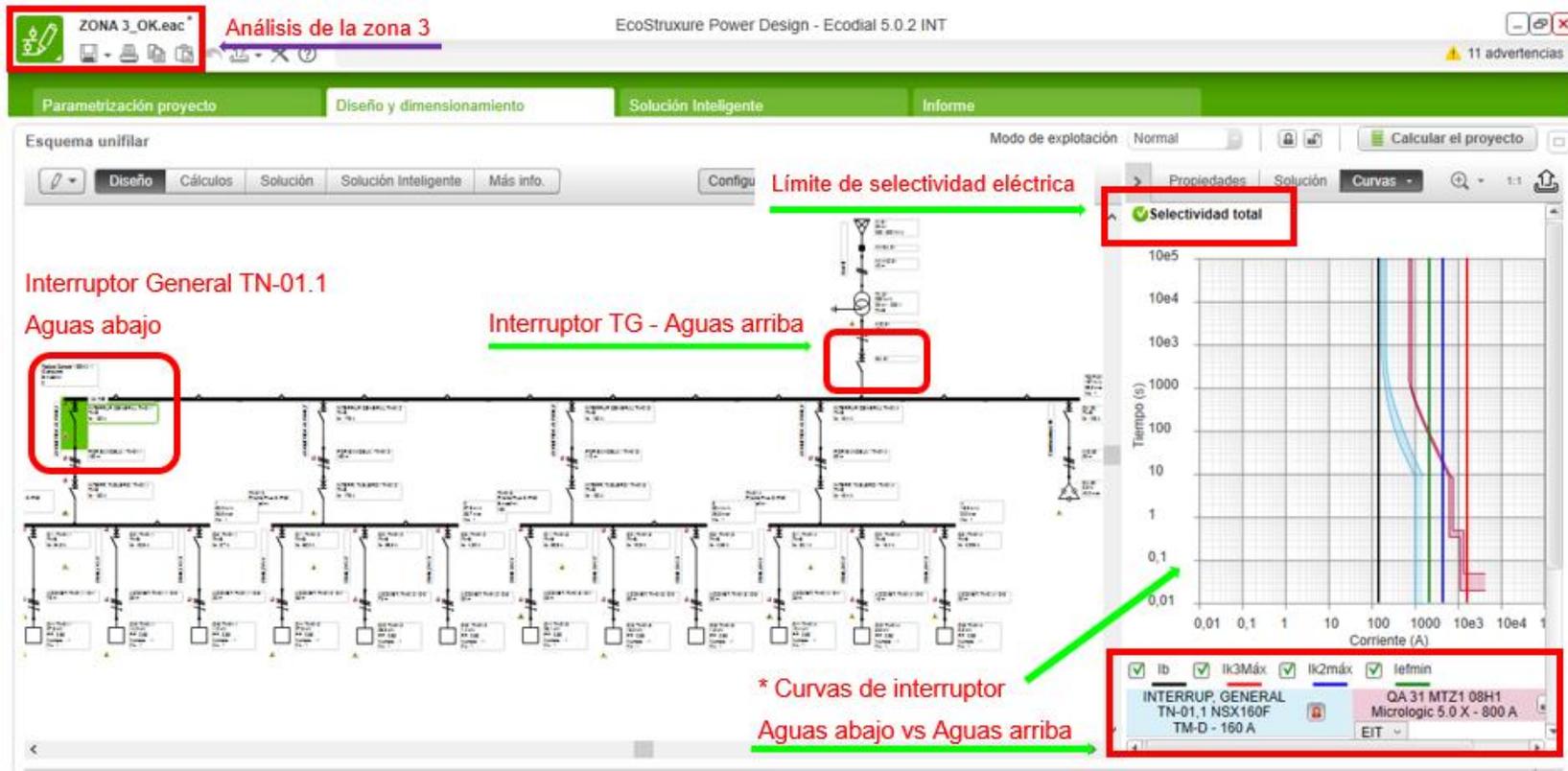
Nota. La imagen exhibe el punto de partida de la interfaz del software, destacando los símbolos eléctricos que son fundamentales para la creación del diagrama unifilar. (Schneider, 2019)

4.2.1.6 Aplicación del software especializado y análisis de las curvas de protecciones eléctricas de la zona 3

Se llevó a cabo un análisis detallado de la zona 3 del centro de abastos N° 01 de La Victoria, siendo esta zona crítica ya que es el segundo con mayor consumo de energía eléctrica con una máxima demanda de 119.3 kW, tal como se muestra en el cuadro de cargas de máxima demanda de la Tabla 4. Para coordinar las protecciones eléctricas de manera efectiva, se procedió primero a elaborar un diagrama unifilar. Luego, se ingresaron los datos de los cuadros de cargas por circuitos, introduciendo los datos de la Tabla 2 para los circuitos principales y los datos de la Tabla 3 para los circuitos de iluminación. Posteriormente, se incluyeron las distancias de las acometidas principales desde los Tableros Generales hacia los Tableros Normales, según se muestra en los datos de la Tabla 5, así como las distancias desde los Tableros Normales hacia los circuitos derivados, conforme se indica en la base de datos de la Tabla 6.

Figura 22

Diseño del diagrama unifilar de la zona 3 y análisis del Interruptor General TN-01.1 vs el interruptor del Tablero General.

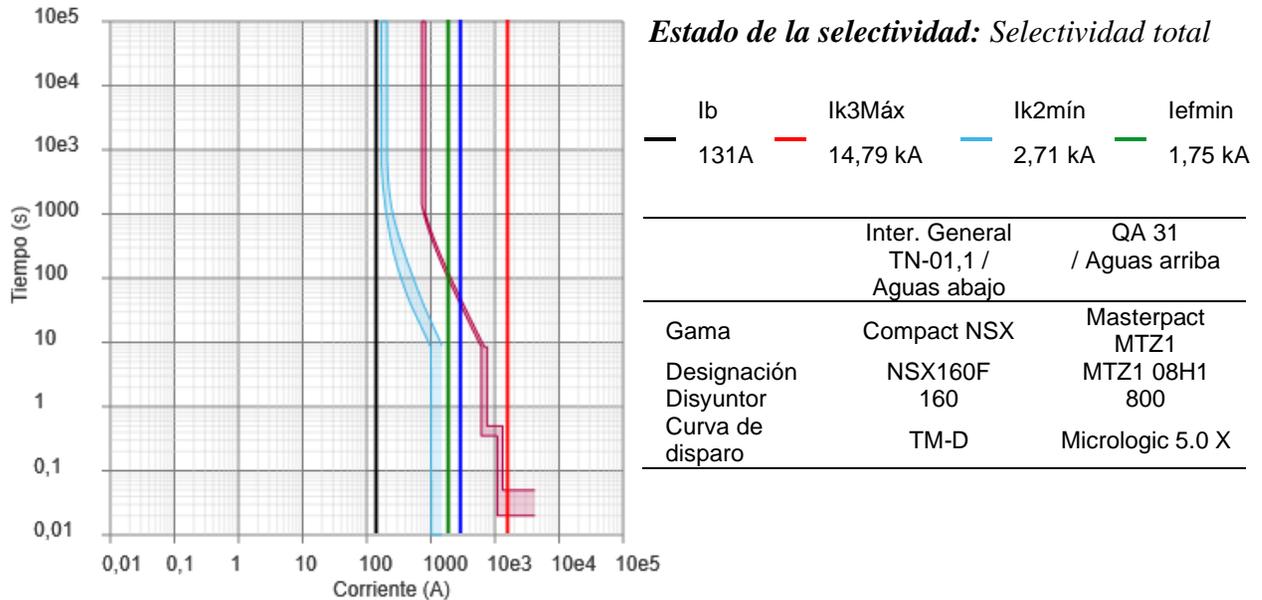


Nota. Se detallan en círculos rojos los interruptores aguas abajo y aguas arriba, junto con las curvas de protección entre ambos. También se indica la selectividad total entre ambos interruptores. Ver la descripción de las curvas en la Figura 23. (Schneider, 2019)

Descripción de las curvas de coordinación de protección eléctrica - Zona 03

Figura 23

Curvas del Interruptor General TN-01.1 vs Interruptor TG-Zona 3

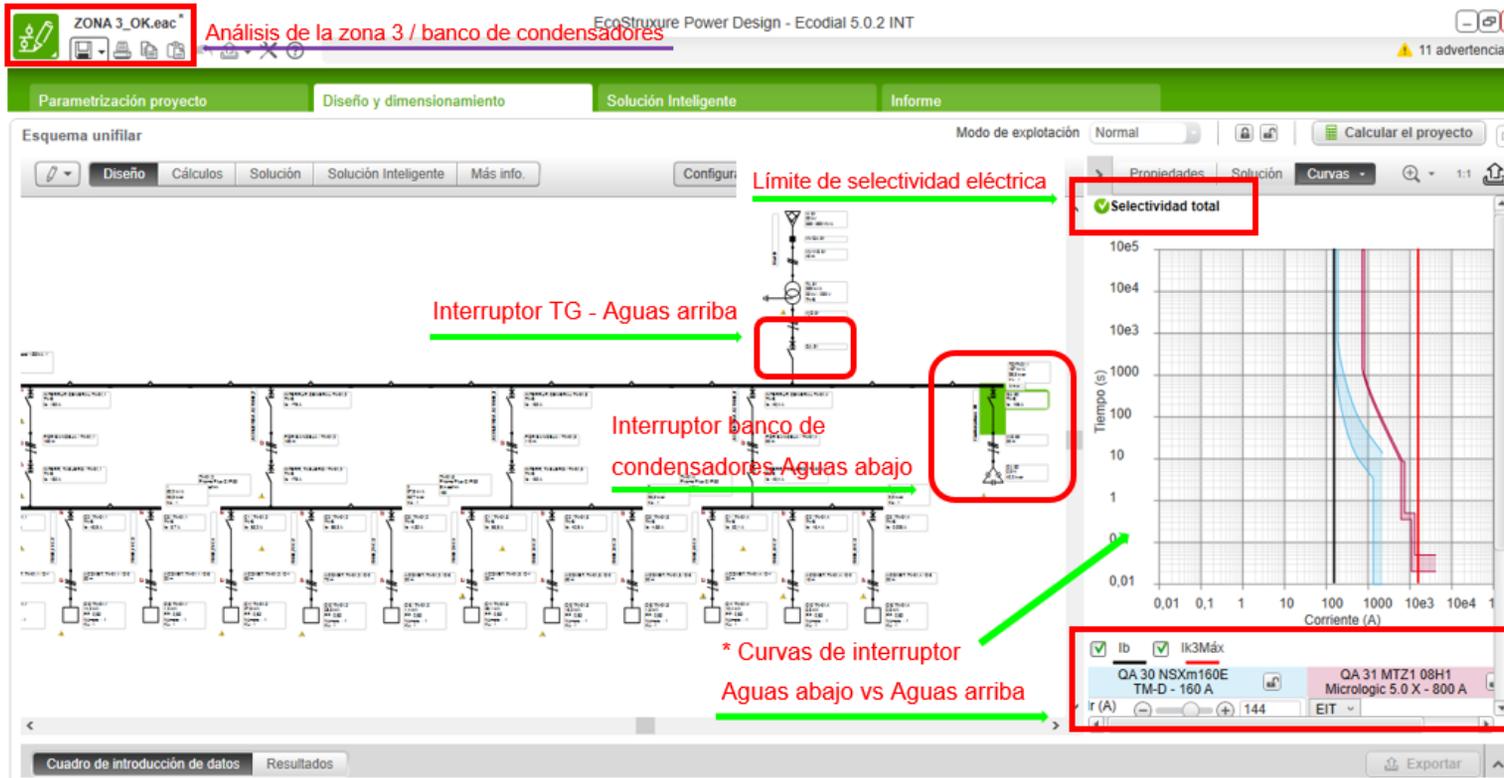


Nota. Se muestra las curvas y cuadro de dialogo. (Schneider, 2019)

En la Figura 22 se muestra la interfaz del programa Ecodial junto con el diseño unifilar de la zona 3, donde se evalúa la protección del Interruptor General TN-01.1 en comparación con el Interruptor del Tablero General. Con un consumo de corriente nominal de 131 Amp. cómo se indica en la línea negra de la leyenda del dialogo de la Figura 23, se inicia la selección de los interruptores automáticos que no solo protejan la carga nominal, sino que también garanticen una coordinación efectiva en la protección eléctrica. Por tanto, se ha optado por el modelo de interruptor automático NSX 160F de 160 Amp. con una curva de disparo TM-D para la protección local. Para el interruptor aguas arriba, se ha seleccionado el modelo MTZ1 08H1 de 800 Amp. con una curva de disparo Micrologic 5.0 X, según se detalla en el cuadro de dialogo. Al observar que ambas curvas no se superponen, se concluye que se ha alcanzado una selectividad total en la coordinación de protección eléctrica.

Figura24

Diagrama unifilar de la zona 3 y análisis del Interruptor del banco de condensadores vs el interruptor del Tablero General.

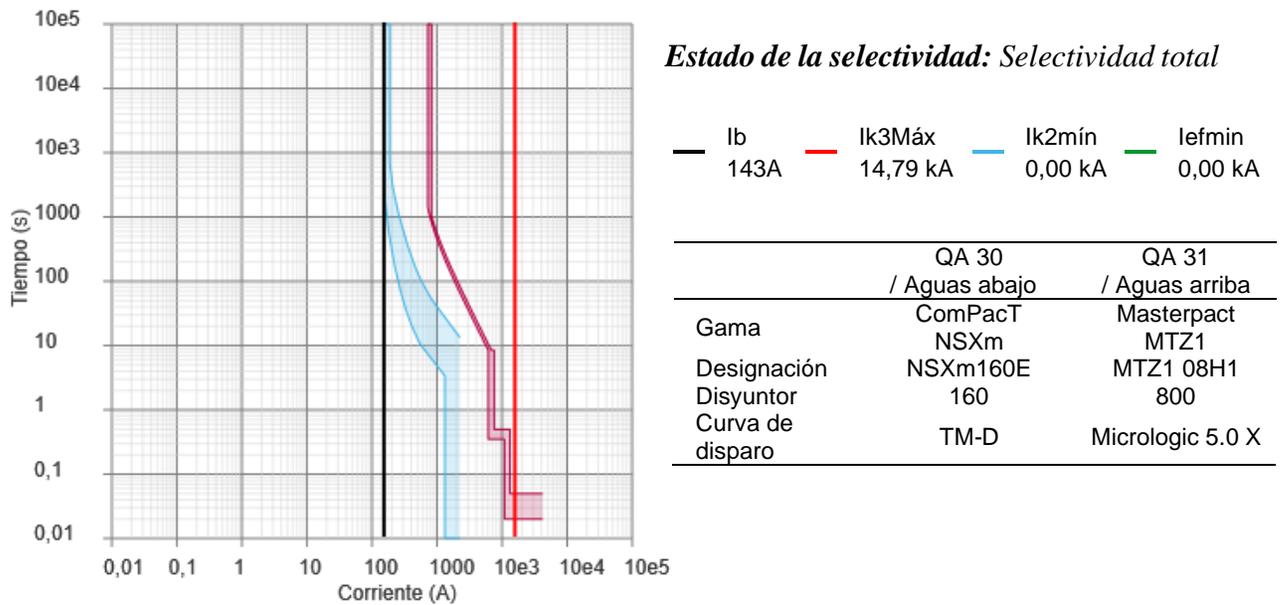


Nota. Se detallan en círculos rojos los interruptores aguas abajo y aguas arriba, junto con las curvas de protección entre ambos. También se indica la selectividad total entre ambos interruptores. Ver la descripción y características de las curvas en la Figura 25. (Schneider, 2019)

Banco de Condensadores – Zona 3

Figura 25

Curvas de selectividad del Interruptor del banco de condensadores de la zona 3 vs Interruptor TG-Zona 3



Nota. Se muestra las curvas y cuadro de dialogo. (Schneider, 2019)

En la Figura 24 se muestra la interfaz del programa Ecodial junto con el diseño unifilar de la zona 3, donde se evalúa la protección del Interruptor QA 30 del banco de condensadores en comparación con el Interruptor del Tablero General. Con un consumo de corriente nominal de 143 Amp. cómo se indica en la línea negra de la leyenda del dialogo de la Figura 25, se inicia la selección de los interruptores automáticos que no solo protejan la carga nominal, sino que también garanticen una coordinación efectiva en la protección eléctrica. Por tanto, se ha optado por el modelo de interruptor automático NSXm 160E de 160 Amp. con una curva de disparo TM-D para la protección local. El interruptor principal tiene una corriente nominal de 656 Amp. y se ha seleccionado el modelo MTZ1 08H1 de 800 Amp. con una curva de disparo Micrologic 5.0 X, según se detalla en el cuadro de dialogo.

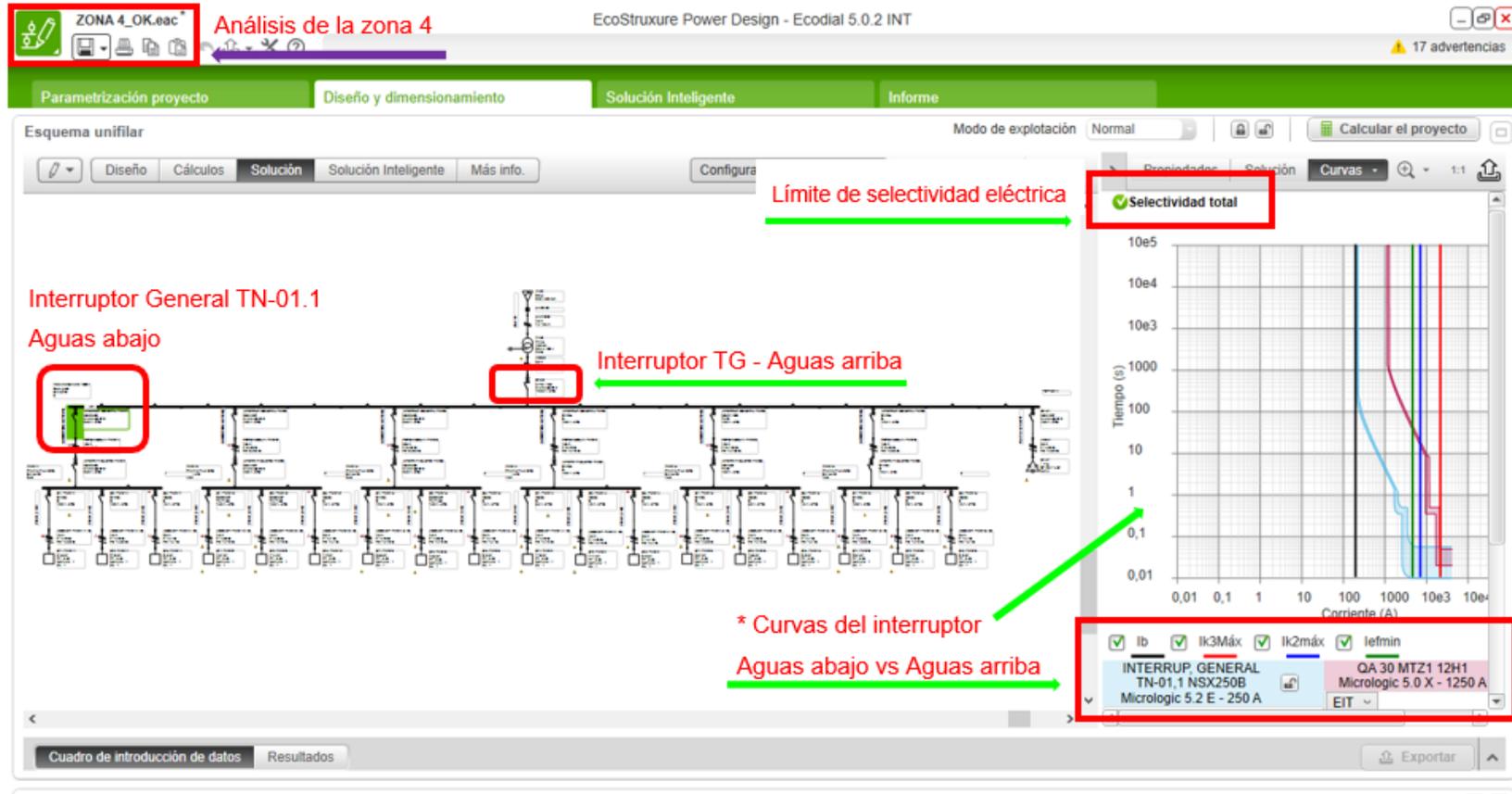
Al observar que ambas curvas no se superponen, se concluye que se ha logrado una coordinación de protección eléctrica con selectividad total. Esto significa que cada interruptor automático actuará de manera secuencial y selectiva según su curva característica, garantizando la protección adecuada del sistema eléctrico ante posibles fallas.

4.2.1.7 Aplicación del software especializado y análisis de las curvas de protecciones eléctricas de la zona 4

Se llevó a cabo un análisis detallado de la zona 4 del centro de abastos N° 01 de La Victoria, siendo esta zona la más crítica ya que es el de mayor consumo de energía eléctrica con una máxima demanda de 287.2 kW, tal como se muestra en el cuadro de cargas de máxima demanda de la Tabla 4. En este caso se analizó los Tableros Normales y circuitos más críticos donde el consumo de energía de la zona es de alta demanda. Para coordinar las protecciones eléctricas de manera efectiva, se procedió primero a elaborar un diagrama unifilar de la zona 4. Luego, se ingresaron los datos de los cuadros de cargas por circuitos, introduciendo los datos de la Tabla 2 para los circuitos principales y los datos de la Tabla 3 para los circuitos de iluminación. Posteriormente, se incluyeron las distancias de las acometidas principales desde los Tableros Generales hacia los Tableros Normales, según se muestra en los datos de la Tabla 5, así como las distancias desde los Tableros Normales hacia los circuitos derivados C1, C2 y C3, conforme se indica en la base de datos de la Tabla 6.

Figura 26

Diseño del diagrama unifilar de la zona 4 y análisis del Interruptor General TN-01.1 vs el interruptor del Tablero General.

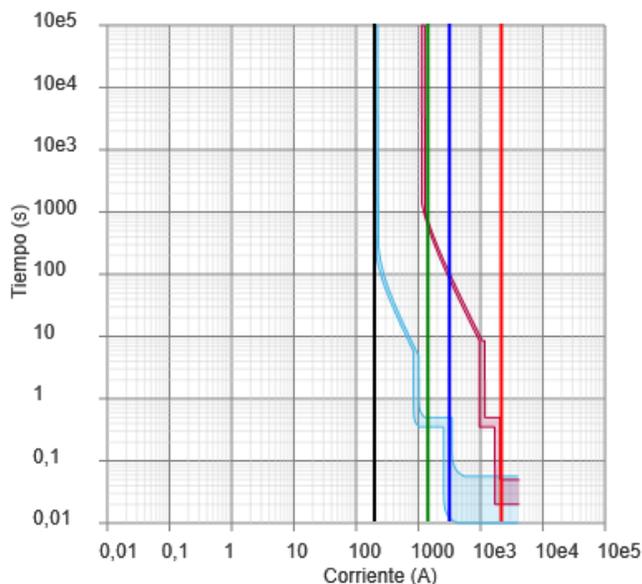


Nota. Se detallan en círculos rojos los interruptores aguas abajo y aguas arriba, junto con las curvas de protección entre ambos. También se indica la selectividad total entre ambos interruptores. Ver la descripción de las curvas en la Figura 27. (Schneider, 2019)

Descripción de las curvas de coordinación de protección eléctrica - Zona 04

Figura 27

Curvas de selectividad del Interruptor General TN-01.1 vs Interruptor TG / QA30



Estado de la selectividad:

Selectividad total

— Ib 184A — Ik3Máx 20,26 kA — Ik2mín 2,97 kA — Iefmin 1,33 kA

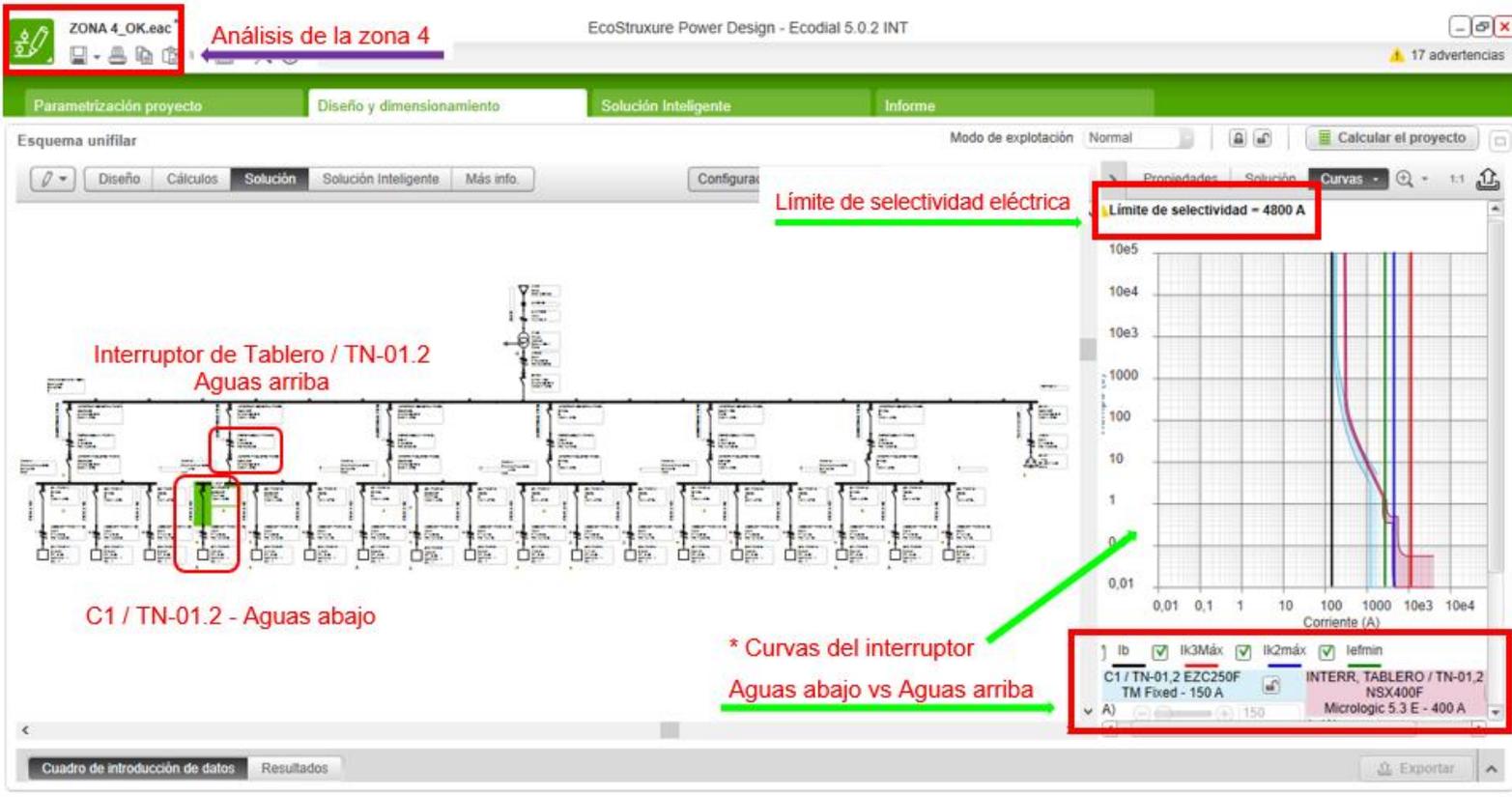
	QA 30 / Aguas abajo	QA 31 / Aguas arriba
Gama	ComPacT NSX	Masterpact
Designación	NSX250B	MTZ1
Disyuntor	250	1250
Curva de disparo	Micrologic 5.2 E	Micrologic 5.0 X

Nota. Se muestra las curvas y cuadro de dialogo (Schneider, 2019)

En la Figura 26 se muestra la interfaz del programa Ecodial junto con el diseño unifilar de la zona 4, donde se evalúa la protección del Interruptor General TN-01.1 en comparación con el Interruptor del Tablero General. Con un consumo de corriente nominal de 184 Amp. cómo indica la línea negra de la leyenda del dialogo de la Figura 27, se inicia la selección de los interruptores automáticos que no solo protejan la carga nominal, sino que también garanticen una coordinación efectiva en la protección eléctrica. Por tanto, se ha optado por el modelo de interruptor automático NSX250B de 250 Amp. con una curva de disparo Micrologic 5.2 E para la protección local. El interruptor principal tiene una corriente nominal de 1050 Amp. y se ha seleccionado el modelo MTZ1 12H1 de 1250 Amp. con una curva de disparo Micrologic 5.0 X, según se detalla en el cuadro de dialogo. Al observar que ambas curvas no se superponen, se concluye que se ha alcanzado una selectividad total en la coordinación de protección eléctrica.

Figura 28

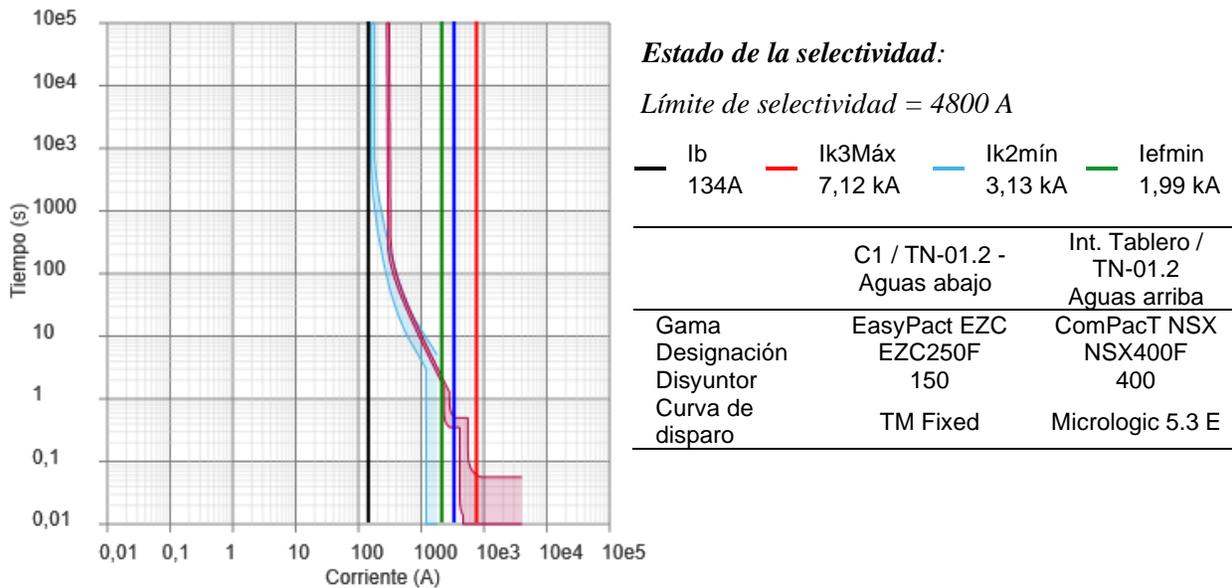
Diseño del diagrama unifilar de la zona 4 y análisis del Interruptor C1/TN-01.2 vs interruptor del Tablero TN-01.2



Nota. Se detallan en círculos rojos los interruptores aguas abajo y arriba, junto con las curvas de protección entre ambos. También se indica el límite de selectividad entre ambos interruptores. Ver la descripción de las curvas en la Figura 29. (Schneider, 2019)

Figura 29

Curvas de selectividad del Interruptor C1 / TN-01.2 vs Interruptor Tablero / TN-01.2

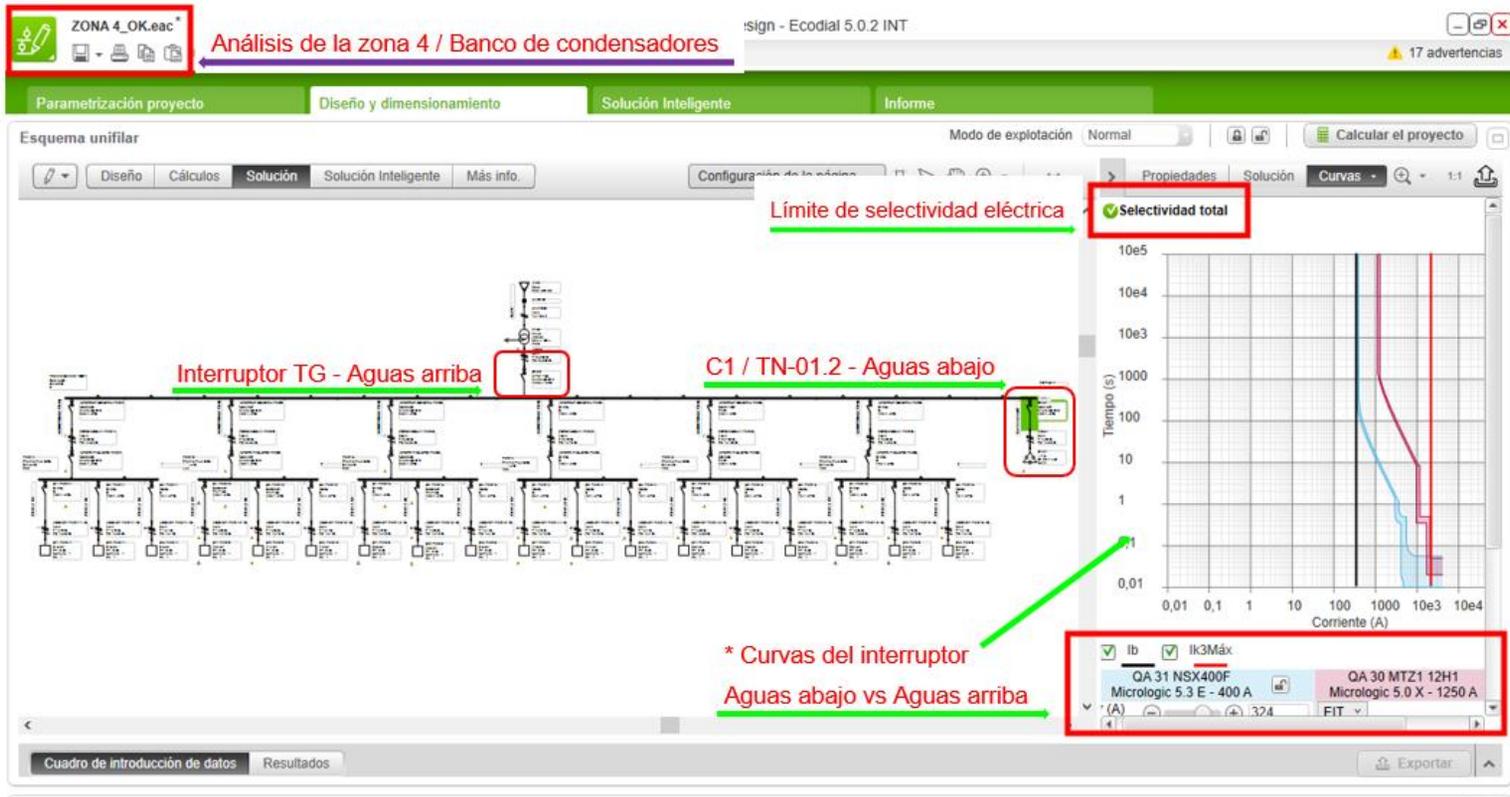


Nota. Se muestra las curvas y cuadro de dialogo. (Schneider, 2019)

En la Figura 28 se muestra la interfaz del programa Ecodial junto con el diseño unifilar de la zona 4, donde se evalúa la protección del Interruptor C1/TN-01.2 en comparación con el Interruptor del Tablero TN-01.2. Con un consumo de corriente nominal de 134 Amp. cómo indica la línea negra de la leyenda del dialogo de la Figura 29, se inicia la selección de los interruptores automáticos que no solo protejan la carga nominal, sino que también garanticen una coordinación efectiva en la protección eléctrica. Por tanto, se ha optado por el modelo de interruptor automático EZC250F de 150 Amp. con una curva de disparo TM Fixed para la protección local. El interruptor aguas arriba tiene una corriente nominal de 266 Amp. y se ha seleccionado el modelo NSX400F de 400 Amp. con una curva de disparo Micrologic 5.3 E, según se detalla en el cuadro de dialogo. En este caso, las curvas de protección se superponen ligeramente, lo que indica que existe coordinación en la protección eléctrica con un límite de selectividad de 4800 Amperios. Esto significa que, en caso de una falla de cortocircuito, la protección estará limitada a 4800 Amperios; si la corriente supera este límite, ambos dispositivos se abrirán.

Figura 30

Diseño del diagrama unifilar de la zona 4 y análisis del banco de condensadores vs interruptor del Tablero General

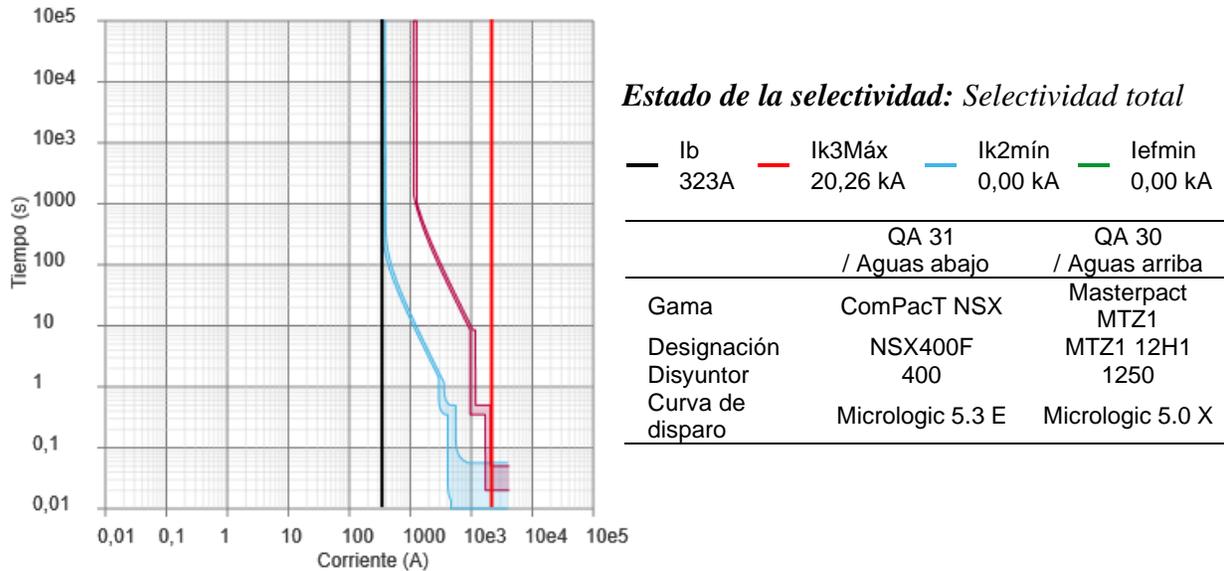


Nota. Se detallan en círculos rojos los interruptores aguas abajo y aguas arriba, junto con las curvas de protección entre ambos. También se indica la selectividad total entre ambos interruptores. Ver la descripción de las curvas en la Figura 31. (Schneider, 2019)

Banco de Condensadores – Zona 4

Figura 31

Curvas de selectividad del Interruptor del banco de condensadores vs Interruptor TG-4

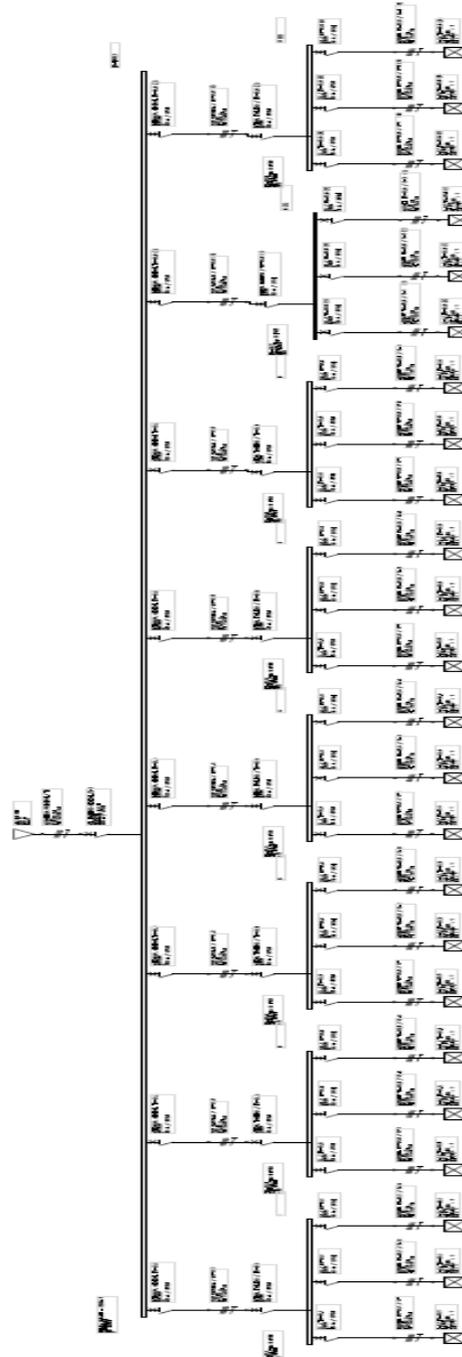


Nota. Se muestra las curvas y cuadro de dialogo. (Schneider, 2019)

En la Figura 31 se muestra la interfaz del programa Ecodial junto con el diseño unifilar de la zona 4, donde se evalúa la protección del Interruptor del banco de condensadores / Q31 en comparación con el Interruptor del Tablero General / Q30. Con un consumo de corriente nominal de 323 Amp. cómo indica la línea negra de la leyenda del dialogo de la Figura 31, se inicia la selección de los interruptores automáticos que no solo protejan la carga nominal, sino que también garanticen una coordinación efectiva en la protección eléctrica. Por tanto, se ha optado por el modelo de interruptor automático ComPacT NSX de 400 Amp. con una curva de disparo Micrologic 5.3 E para la protección local. El interruptor principal tiene una corriente nominal de 1050 Amp. y se ha seleccionado el modelo MTZ1 12H1 de 1250 Amp. con una curva de disparo Micrologic 5.0 X, según se detalla en el cuadro de dialogo. Al observar que ambas curvas no se superponen, se concluye que se ha alcanzado una selectividad total en la coordinación de protección eléctrica.

Figura 33

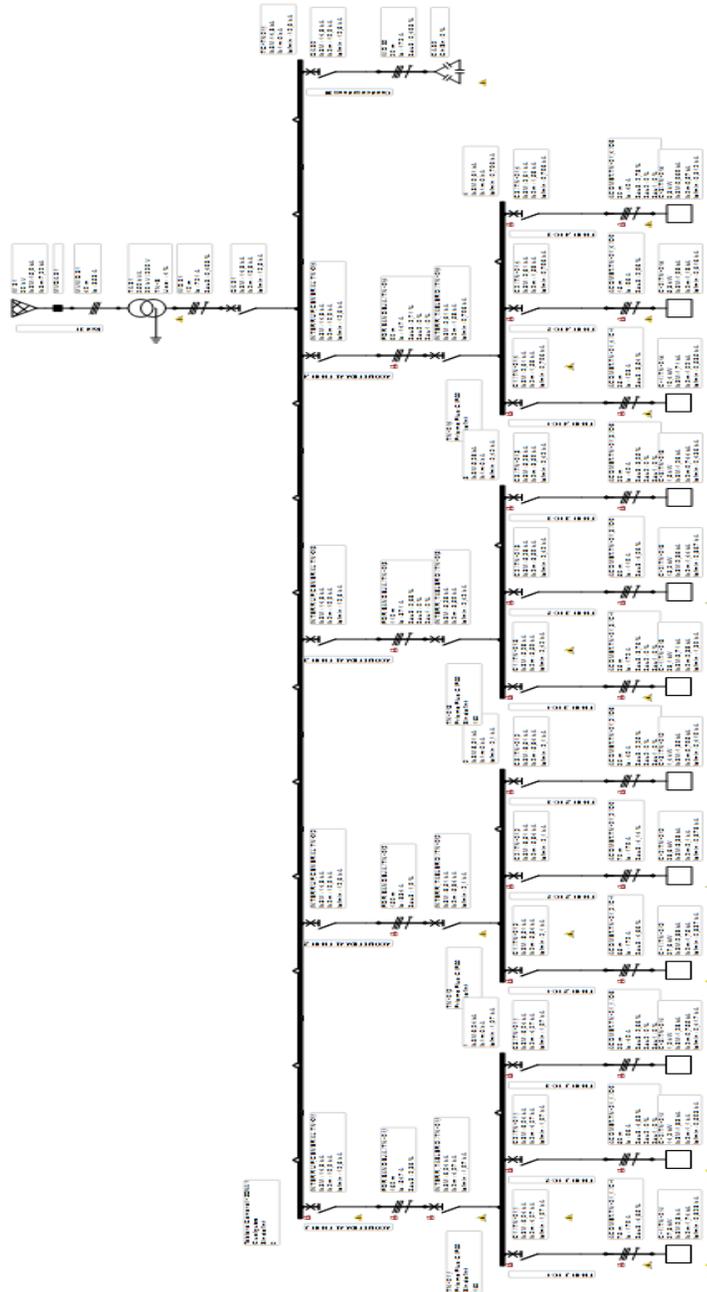
Se exhibe el diagrama unifilar junto con los cálculos obtenidos de todos los interruptores automáticos de la Zona 2.



Nota. Elaboración propia.

Figura 34

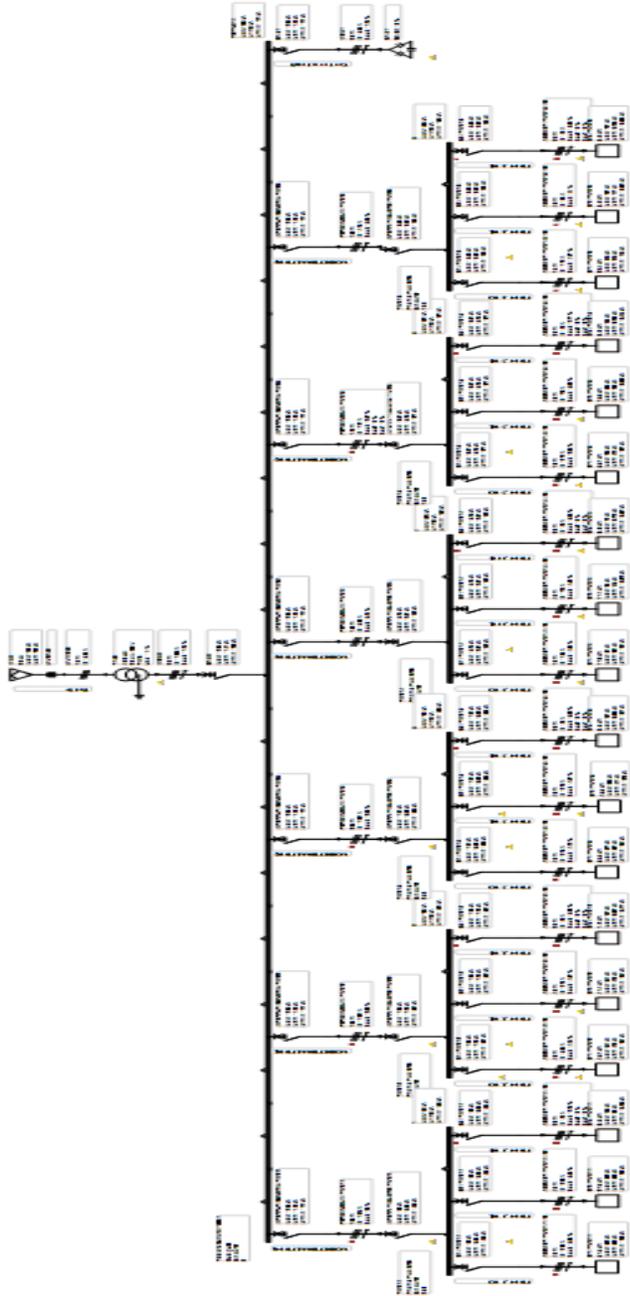
Se exhibe el diagrama unifilar junto con los cálculos obtenidos de todos los interruptores automáticos de la Zona 3.



Nota. Se muestra el plano a escala real en el anexo 3

Figura 35

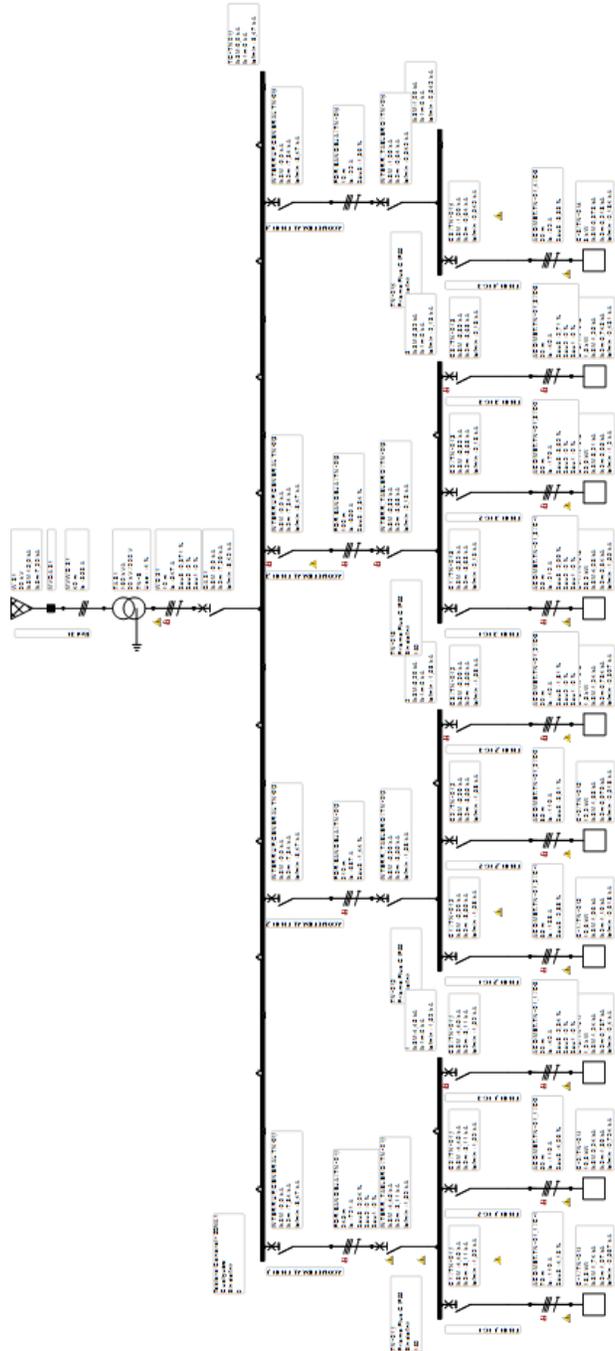
Se exhibe el diagrama unifilar junto con los cálculos obtenidos de todos los interruptores automáticos de la Zona 4.



Nota. Ver plano a escala real en el anexo 3

Figura 36

Se exhibe el diagrama unifilar junto con los cálculos obtenidos de todos los interruptores automáticos de la Zona 5.



Nota. Ver plano a escala real en el anexo 3

4.3 Resultados

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en las cabeceras de los interruptores automáticos de las zonas 3 y 4, que se identifican como zonas críticas con una alta demanda de consumo eléctrico y se presentan en los anexos todos los resultados de las 5 zonas descrito en los diagramas unifilares. Estos datos han sido recopilados mediante la aplicación del software Power Design – Ecodial V05.2, en donde a través del estudio de selectividad se ha centrado en evaluar y optimizar la coordinación de los dispositivos de protección eléctricas, asegurando la eficiencia y seguridad en el suministro de energía.

Tabla 7

Límite de selectividad de interruptores automáticos - Zona 3

Tablero	Descripción de ITM - aguas abajo	Descripción de ITM - aguas arriba	Límite de selectividad
TN-01.1	Cabecera: Interrup. General TN-01.1 Tipo de ITM: NSX160F Curva de disparo: TM-D Capacidad: 160 A / 3P3d Cabecera: C2 / TN-01.1	Cabecera: QA 31 Tipo de ITM: MTZ1 08H1 Curva de disparo: Micrologic 5.0 X Capacidad: 800 A / 3P3d Cabecera: Interrup. Tablero / TN-01.1	Selectividad total
TN-01.1	Tipo de ITM: iC60N Curva de disparo: B Capacidad: 50 A / 3P3d Cabecera: C1 / TN-01,2	Tipo de ITM: NSX160N Curva de disparo: TM-D Capacidad: 160 A / 3P3d Cabecera: Interrup. Tablero / TN-01.2	Selectividad total
TN-01.2	Tipo de ITM: C120N Curva de disparo: B Capacidad: 100 A / 3P3d Cabecera: C2 / TN-01.3	Tipo de ITM: NSX250B Curva de disparo: Micrologic 5.2 E Capacidad: 250 A / 3P3d Cabecera: Interrup. Tablero / TN-01.3	Selectividad total
TN-01.3	Tipo de ITM: iC60N Curva de disparo: B Capacidad: 50 A / 3P3d	Tipo de ITM: NG160E Curva de disparo: TM-D Capacidad: 160 A / 3P3d	Selectividad total

Nota. Continúa los resultados de la zona 3 en la siguiente página.

Tablero	Descripción de ITM - aguas abajo	Descripción de ITM - aguas arriba	Límite de selectividad
TN-01.4	Cabecera: C2 / TN-01.4 Tipo de ITM: iC60N Curva de disparo: B Capacidad: 32 A / 3P3d Cabecera: QA 30	Cabecera: Interrup. Tablero / TN-01.4 Tipo de ITM: iC60N Curva de disparo: C Capacidad: 50 A / 3P3d Cabecera: QA 31	400 A
Banco Condensadores	Tipo de ITM: NSXm160E Curva de disparo: TM-D Capacidad: 160 A / 3P3d	Tipo de ITM: MTZ1 08H1 Curva de disparo: Micrologic 5.0 X Capacidad: 800 A / 3P3d	Selectividad total

Tabla 8

Límite de selectividad de interruptores automáticos - Zona 4

Tablero	Descripción de ITM – aguas abajo	Descripción de ITM - aguas arriba	Límite de selectividad
TN-01.1	Cabecera: Interrup. General TN-01,1 Tipo de ITM: NSX250B Curva de disparo: Micrologic 5.2 E Capacidad: 250 A / 3P3d Cabecera: C1 / TN-01,1	Cabecera: QA 30 Tipo de ITM: MTZ1 12H1 Curva de disparo: Micrologic 5.0 X Capacidad: 1250 A / 3P3d Cabecera: Interrup. Tablero / TN-01,1	Selectividad total
TN-01.1	Tipo de ITM: C120N Curva de disparo: C Capacidad: 100 A / 3P3d Cabecera: Interrup. General TN-01,2	Tipo de ITM: NSX250B Curva de disparo: Micrologic 5.2 E Capacidad: 250 A / 3P3d Cabecera: QA 30	Selectividad total
TN-01.2	Tipo de ITM: NSX400F Curva de disparo: Micrologic 5.3 E Capacidad: 400 A / 3P3d	Tipo de ITM: MTZ1 12H1 Curva de disparo: Micrologic 5.0 X Capacidad: 1250 A / 3P3d	Selectividad total

Nota. Continúa los resultados de la zona 4 en la siguiente página.

 Tablero	Descripción de ITM – aguas abajo	Descripción de ITM - aguas arriba	Límite de selectividad
TN-01.2	Cabecera: C2 / TN-01,2 Tipo de ITM: EZC250F Curva de disparo: TM Fixed Capacidad: 150 A / 3P3d	Cabecera: Interrup. Tablero / TN-01,2 Tipo de ITM: NSX400F Curva de disparo: Micrologic 5.3 E Capacidad: 400 A / 3P3d	4800 A
TN-01.3	Cabecera: C1 / TN-01.3 Tipo de ITM: C120N Curva de disparo: C Capacidad: 125 A / 3P3d	Cabecera: Interrup. Tablero / TN-01,3 Tipo de ITM: NSX250B Curva de disparo: Micrologic 5.2 E Capacidad: 250 A / 3P3d	Selectividad total
TN-01.4	Cabecera: C2 / TN-01,4 Tipo de ITM: iC60N Curva de disparo: C Capacidad: 40 A / 3P3d	Cabecera: Interrup. Tablero / TN-01,4 Tipo de ITM: C120N Curva de disparo: C Capacidad: 100 A / 3P3d	800 A
TN-01.5	Cabecera: C2 / TN-01,5 Tipo de ITM: iC60N Curva de disparo: C Capacidad: 50 A / 3P3d	Cabecera: Interrup. Tablero / TN-01,5 Tipo de ITM: NG160E Curva de disparo: TM-D Capacidad: 160 A / 3P3d	6000 A
TN-01.6	Cabecera: C2 / TN-01,6 Tipo de ITM: iC60N Curva de disparo: C Capacidad: 20 A / 3P3d Cabecera: QA 31	Cabecera: Interrup. Tablero / TN-01,6 Tipo de ITM: C120N Curva de disparo: C Capacidad: 125 A / 3P3d Cabecera: QA 30	1800 A
Banco de condensadores	Tipo de ITM: NSX400F Curva de disparo: Micrologic 5.3 E Capacidad: 400 A / 3P3d	Tipo de ITM: MTZ1 12H1 Curva de disparo: Micrologic 5.0 X Capacidad: 1250 A / 3P3d	Selectividad total

Nota. Se observa que, cuando la Icc exceda estos límites de 800, 1800, 4800 y 6000 Amp., ambos interruptores se abrirán, lo que indica una selectividad parcial entre ellos.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En comparación del análisis de la discusión de los resultados en cuanto a la selectividad de coordinación de protecciones eléctricas en comparativa con los resultados de (Torres, 2019) concluye aplica una diferente metodología en baja tensión con apoyo del software Digsilent desarrollando flujo de potencia y haciendo la comparativa de cálculo de corto circuito. A diferencia de (Rúa, 2022) se comparte similitud metodología de resultados puesto que realizo recolección de datos de consumo e hizo un cuadro de cargas para posteriormente, realizo un diagrama unifilar y finalmente realizo la coordinación de protecciones por selectividad analizando las curvas de cada interruptor automático con el uso del software ECODIAL. De la misma forma los resultados y la metodología comparte similitud con (Avila, 2020) se comparte similitud metodología y resultado puesto que de la misma manera él uso el software Ecodial para el diseño de coordinación de protecciones, logrando el diagrama unifilar, curvas de selectividad para lograr la confiabilidad en el sistema eléctrico y evitar caída y fallos. En cuanto a los resultados de (Quinchiguango, 2023) muestra una diferencia en su investigación y sus resultados puesto que analizo los tipos de curvas de interruptores termomagnéticos versus el tiempo verificando el tiempo de disparo de los dispositivos con apoyo del software LabVIEW que facilidad de simular fallas eléctricas de tipo cortocircuito y sobrecarga. (Anahua, 2023) se apoyó en el software Simaris Design advanced V11.0 de Siemens para el modelado del estudio de selectividad con los resultados obtenidos realizo la comparativa con sus cálculos justificados y encontró que difiere en los resultados aun así logro una selectividad total con el apoyo del software analizando las curvas características de disparo.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

Se determino el consumo potencia eléctrica el Centro de abastos N° 01 del distrito de La Victoria, Lima a través de la elaboración de un cuadro de cargas de las 5 zonas, mostrados en la **Tabla 1** y **Tabla 2** donde se detallan los consumos. Se concluye que las zonas 3 y 4 son las de mayor consumo eléctrico con una máxima demanda de **119.3 kW** y **287.2 kW**, puesto que estas zonas son del giro de alimentos perecibles y se necesitara energizar maquinas frigoríficas las 24 horas del día. Además, se llega a la conclusión que, al realizar la simulación con el software, se evidencio la necesidad de implementar un banco de compensación reactiva en ambas zonas debido al bajo factor de potencia registrado.

Se llevó a cabo la coordinación de protecciones eléctricas con el objetivo de realizar estudio selectividad de las curvas características de los interruptores automáticos mediante la aplicación del software especializado EcoStruxure Power Design – Ecodial, ingresando los datos de máxima demanda y las distancias de las acometidas, posteriormente se hizo simulaciones y se concluyó que los interruptores de cabecera serán con el tipo de disparo electrónico puesto que se necesita ajustar las curvas de disparo e ingresar los parámetros de tiempo y corriente como se muestra en la figura 30, de la misma forma en la protección de segunda línea se usó los interruptores con una curva característica del tipo D y finalmente como tercer orden se usó interruptores con la curva característica del tipo C y B en algunos casos. Todo ello se muestra en las tablas 6, 7 ,8, 9 y 10 así como se muestran los diagramas unifilares en el Anexo 3 con los datos y cálculos obtenido mediante la aplicación del software Ecodial.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. (2007). *Aparato de proteccion y maniobra, Manual Técnico de Instalaciones eléctricas* (segunda edicion ed.).
- ABB. (2008). *Selectividad en baja tension con interruptores automaticos, Cuaderno de aplicaciones tecnicas.*
- ABB. (2018). *Técnicas avanzadas de selectividad. ABB.*
- Anahua, A. (2023). *Estudio de selectividad y coordinacion de protecciones en sistema aislado de baja tensión, aplicado al saldo de obra de instalaciones del hospital Hipólito Unanue - Tacna [Tesis de pregrado - Univesidad Nacional del Altiplano, Puno - peru].* Obtenido de <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20049>
- Avila, J. (2020). *Diseño de la coordinacion de protecciones de la red eléctrica en baja tension de la obra: tramo III-B del proyecto de mejoramiento de la Av. Nestor Gambetta - Callao [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Centro del Peru, Huancayo-Peru].*
- Bustamante, A., & Jiménez , I. (2022). *estudio de coordinación de protecciones para el sistema eléctrico de la empresa de balanceados Probalben CIA.LTDA [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi].* Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9263>
- Chere B., Ulloa R., Martínez A., Lucio J. (2020). *Estudio de Coordinación de Protecciones Eléctricas en Celec-Ep Termoesmeraldas II aplicando el Software Digsilent Power Factory. Polo del conocimiento, Vol. 5(08), pp. 1264-1276. doi:10.23857/pc.v5i8.1658*
- CNE - Suministro. (2011). *Codigo Nacional de Electricidad . Peru.*
- CNE - Utilización. (2006). *Codigo Nacional de Electricidad . Peru.*

Eaton Industries. (2009). Selectividad con interruptores automáticos en redes B.T. *Eaton, IT-EE* 01(09/10). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/115049469/SELECTIVIDAD-CRONOMETRICA>

Google Earth. (15 de Noviembre de 2023). Obtenido de <https://earth.google.com/web/search/Mercado+Minorista+N%c2%b01,+Avenida+Aviaci%c3%b3n,+La+Victoria/@-12.06439779,-77.01230438,164.30092908a,614.4405695d,35y,-7.53588342h,2.13436149t,0r/data=CigiJgokCbHtCxFjHyjAETZYbHo5IijAGQ30EgltQFPAlaYf5ekTQVPAOgMKATA>

IEC 60909-0. (2001). *Short circuit currents in three phase AC systems* (Primera Edición ed.).

Legrand. (2013). *Dispositivos de corte y proteccion*.

Luz del Sur . (s.f.). Guía para el usuario - Conexiones eléctricas de baja tensión. Obtenido de https://www.luzdelsur.com.pe/uploads/shares/mis_conexiones/maximetro/orientacion/guimaximetro.pdf

Piñeros, J., Echeverri, D., Lano, J., Gutierrez, A., & Agudelo, L. (2019). Coordinación de protecciones retos y necesidades para la seguridad del sistema. *Cigre*.

Quinchiguango, D. (2023). *Análisis del comportamiento de las protecciones eléctricas en baja tensión usando un entorno de modelamiento gráfico [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14173>

Ramirez, S. (2003). *Proteccion de sistemas eléctricos* (Primera edición ed.). Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7094/samuelramirezcastano.2003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rúa, S. (2022). *Coordinación de protecciones en baja tensión de la subestación 14 de la empresa Compañía de Empaques S.A. [Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia]*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10495/28968>
- Schneider Electric. (2010). Guía de diseño de instalaciones eléctricas 2010 según normas internacionales IEC.
- Shneider. (2019). *Ayuda Técnica EcoStruxure Power Design - Ecodial*. Obtenido de https://www.se.com/es/es/download/document/The_technical_help_file_ES/
- Shneider Electric. (2021). Selectivity, Cascading and Coordination Guide . Obtenido de https://www.electrical-installation.org/enwiki/Coordination_between_circuit-breakers#Principles_of_Selectivity
- Siemens. (2020). *Guía técnica para el instalador electricista*.
- Torres, Y. (2019). *Coordinación de protecciones en baja tensión por selectividad asistida [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12952/3917>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General: ¿De qué manera el consumo de potencia eléctrica influye en el diseño de coordinación de protecciones eléctricas en el centro de abastos N°1 del distrito de La Victoria - Lima?	Objetivo General: Simular el diseño de coordinación de protecciones eléctricas en el centro de abastos N°1 del distrito de la victoria - Lima.	Coordinación de protección eléctrica	Análisis de carga eléctrica	Máxima demanda del cuadro de cargas	Tipo investigación: Tecnológica
					Nivel de investigación: Descriptivo y toma de datos
Problema Específico 1: ¿Cuenta el centro de abastos N°1 del distrito de la victoria-Lima con un diseño de cuadro de cargas?	Objetivo Específico 1: Identificar el consumo de potencia eléctrica del centro de abastos N°1, distrito de la victoria – Lima, para el diseño de cuadro de cargas.		Diagrama unifilar	Protección de los dispositivos automáticos	Diseño de investigación: Cuasi Experimental.
					Enfoque de investigación: Tecnológico
Problema Específico 2: ¿De qué manera el estudio de selectividad influye en el diseño de coordinación de protecciones eléctricas en el centro de abastos N°1 del distrito de La Victoria - Lima?	Objetivo Específico 2: Realizar el estudio de selectividad de los interruptores termomagnéticos del centro de abastos N°1 del distrito de la victoria – Lima.		Selectividad de dispositivos automáticos	Tipo de curvas de disparo de protección	Técnica de análisis Documental y comparativo
			Caída de tensión	Longitud de acometidas	Métodos de Análisis de Datos: Sera mediante el software especializado Ecodial v 5.02 y Excel

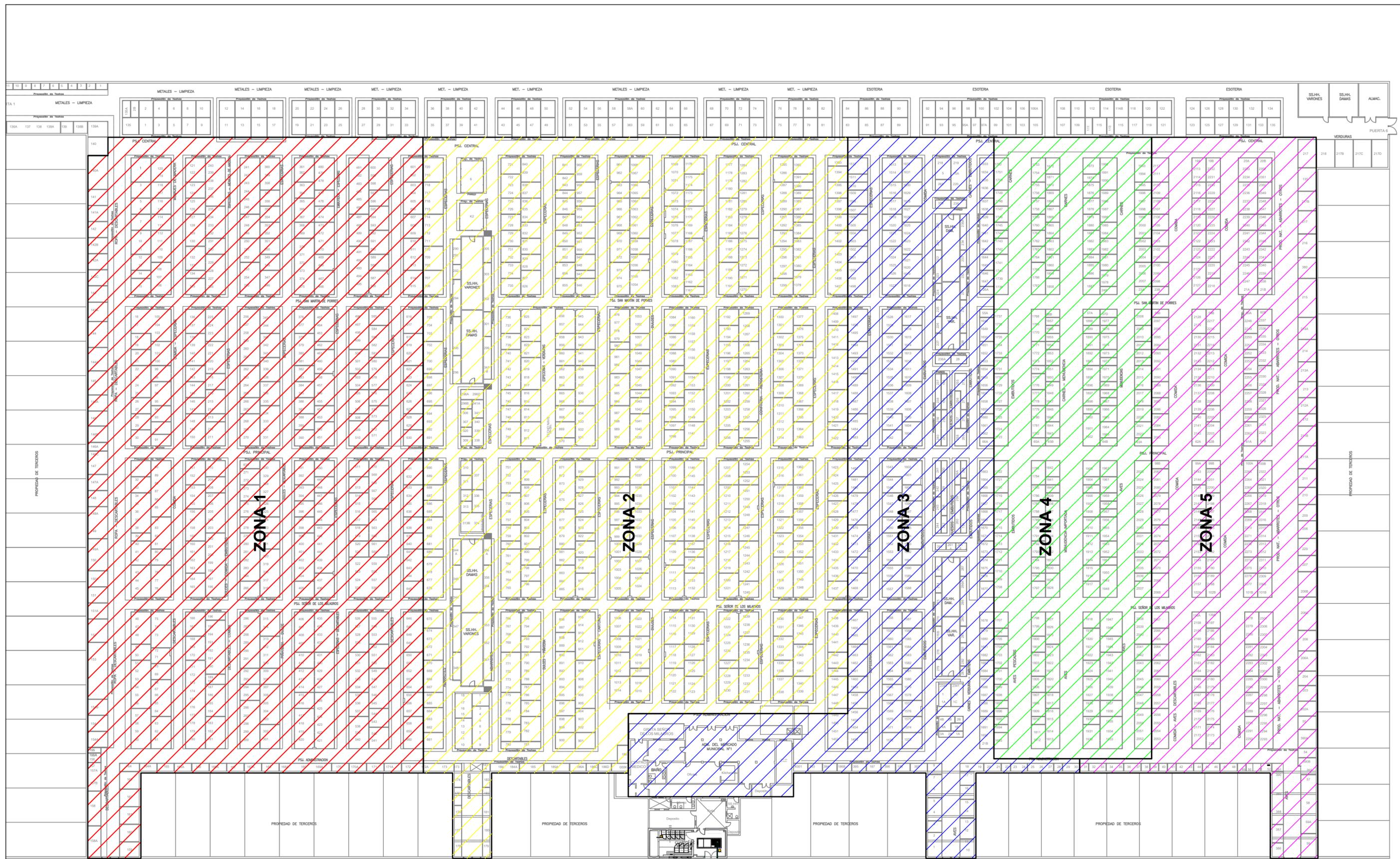
Anexo 2

Glosario de términos

- kV: kilo Voltio
- kW: kilo Watt
- BT: Baja tensión.
- MT: Media tensión.
- AT: Alta tensión
- MAT: Muy alta tensión
- CNE: Código nacional de electricidad
- MINEM: Ministerio de energía y minas
- IEC: Comisión Electrotécnica Internacional
- U: Tensión nominal
- ICC: Corriente de corto circuito
- kVA: kilo Volt-Ampere
- kU: factor de utilización máxima
- kS: factor de simultaneidad
- TN: Tablero eléctrico normal
- In: Corriente nominal

Anexo 3

Planos



LEYENDA



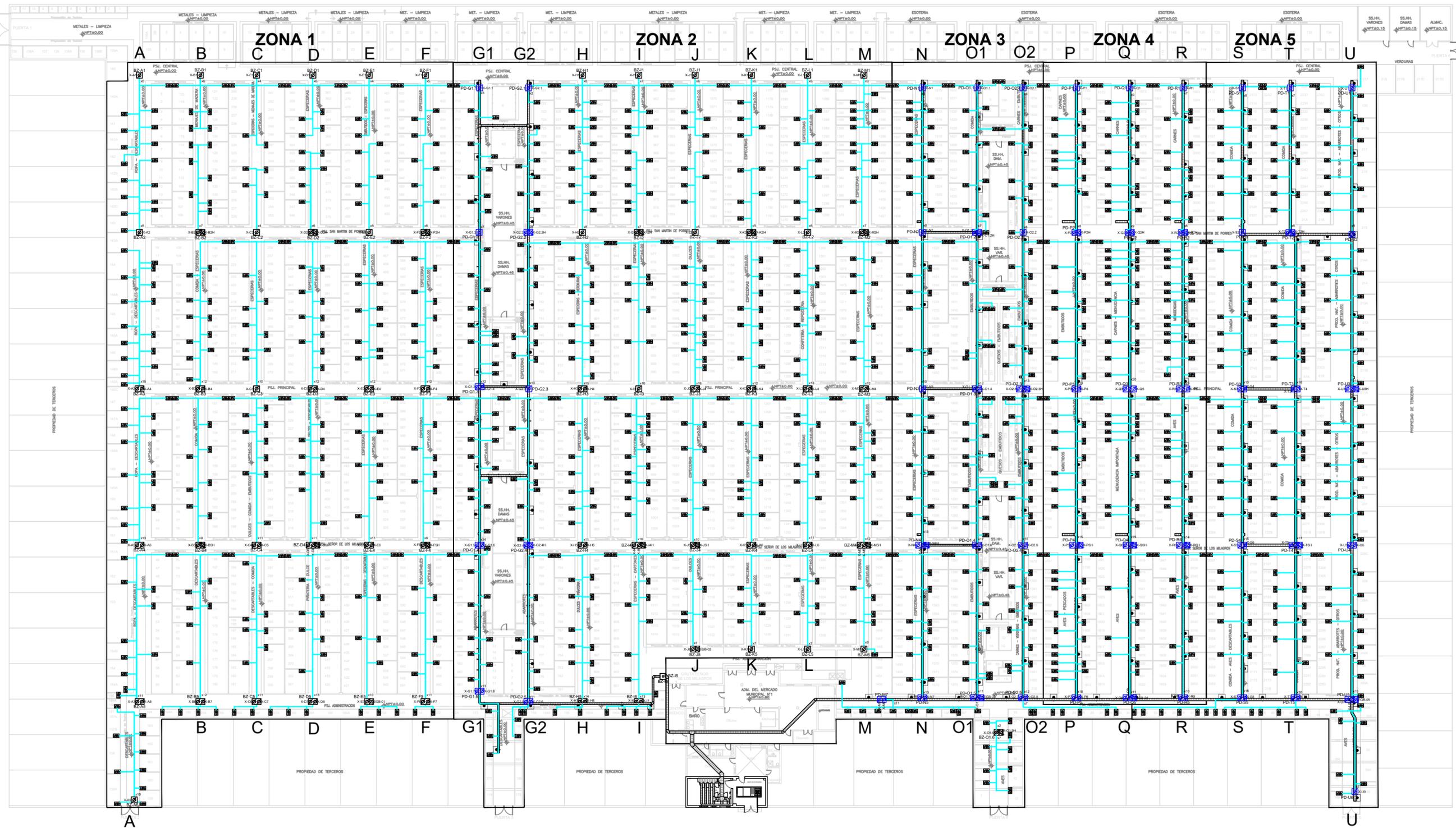
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA

ELABORADO POR:
BACH. YHONATAN CHACÑAMA CRISOSTOMO
FECHA: DICIEMBRE - 2023
ESCALA: S/E

PLANO:
ZONIFICACIÓN
DIRECCIÓN: LA VICTORIA
DEPARTAMENTO: LIMA
PROVINCIA: LIMA



PRIMERA PLANTA
ESCALA: 1:200

Zona	Tipo	Tablero	# de Puestos
1	SP	TN-01.1	56
		TN-01.2	42
		TN-01.3	44
		TN-01.4	55
		TN-01.5	46
		TN-01.6	41
Total general			339

Zona	Tipo	Tablero	# de Puestos
2	SP	TN-02.1	42
		TN-02.2	55
		TN-02.3	50
		TN-02.4	53
		TN-02.5	49
		TN-02.6	54
		TN-02.7	35
		TN-02.8	38
Total general			445

Zona	Tipo	Tablero	# de Puestos
3	SP	TN-03.1	51
		TN-03.2	59
		TN-03.3	54
		TN-03.4	20
Total general			213

Zona	Tipo	Tablero	# de Puestos
4	SP	TE-04.1	27
		TE-04.2	38
		TE-04.3	38
		TE-04.4	33
		TE-04.5	26
		TE-04.6	24
Total general			213

Zona	Tipo	Tablero	# de Puestos
5	SP	TN-05.1	57
		TN-05.2	65
		TN-05.3	66
Total general			216

LEYENDA

- Subacometidas —
- Medidor kW
- Buzón con Caja de Distribución ⊗
- Caja de Distribución en Bandeja Metálica ⊗



UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

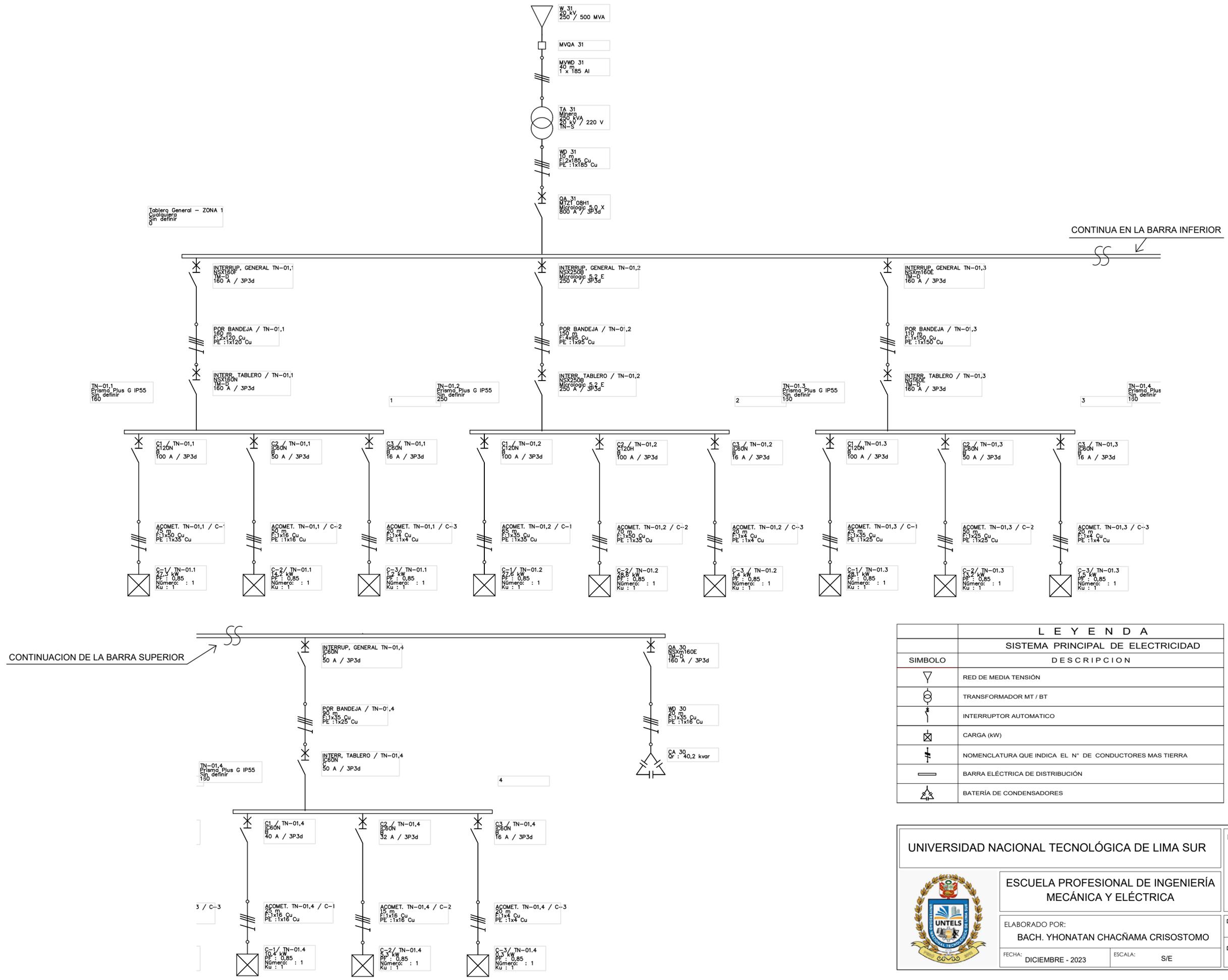
PLANO: **DISTRIBUCIÓN DE ACOMETIDAS**

DIRECCIÓN: **LA VICTORIA**

DEPARTAMENTO: **LIMA** PROVINCIA: **LIMA**

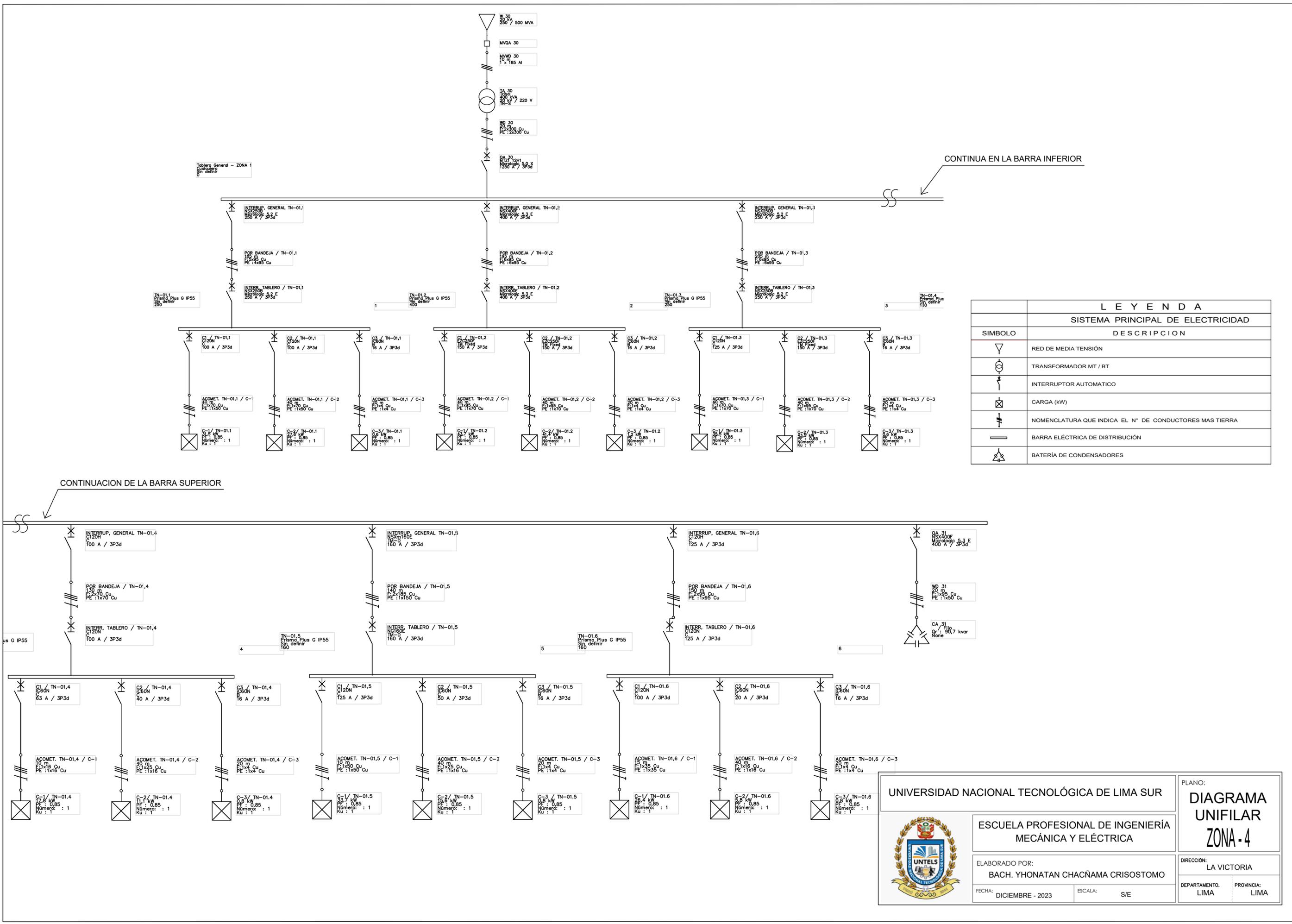
ELABORADO POR: **BACH. YHONATAN CHACÑAMA CRISOSTOMO**

FECHA: **DICIEMBRE - 2023** ESCALA: **S/E**



LEYENDA	
SISTEMA PRINCIPAL DE ELECTRICIDAD	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE MEDIA TENSION
	TRANSFORMADOR MT / BT
	INTERRUPTOR AUTOMATICO
	CARGA (kW)
	NOMENCLATURA QUE INDICA EL N° DE CONDUCTORES MAS TIERRA
	BARRA ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN
	BATERÍA DE CONDENSADORES

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR		PLANO: DIAGRAMA UNIFILAR ZONA-3	
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA	
		ELABORADO POR: BACH. YHONATAN CHACÑAMA CRISOSTOMO	
FECHA: DICIEMBRE - 2023		ESCALA: S/E	
DIRECCIÓN: LA VICTORIA		DEPARTAMENTO: LIMA	PROVINCIA: LIMA

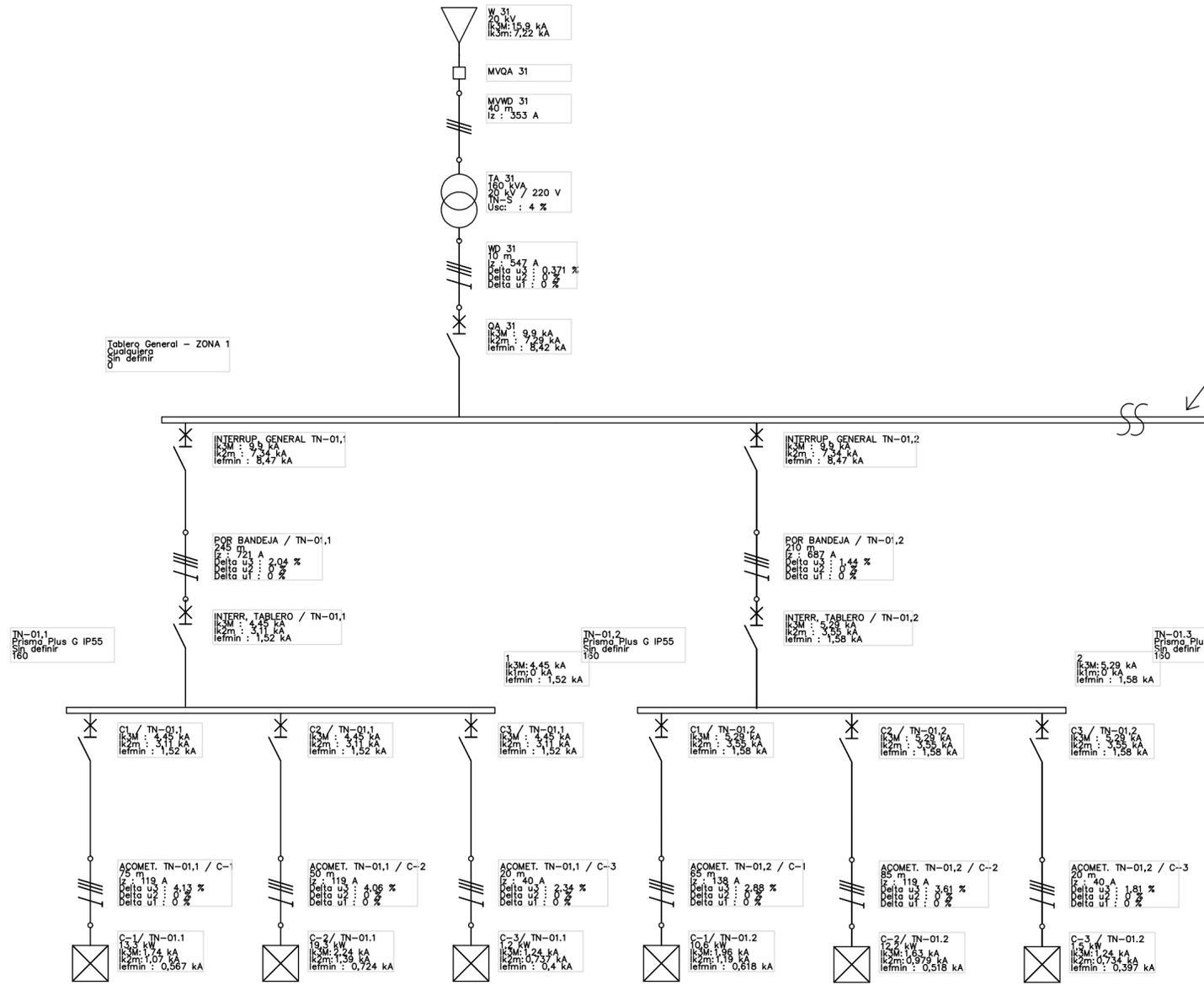


CONTINUA EN LA BARRA INFERIOR

CONTINUACION DE LA BARRA SUPERIOR

LEYENDA	
SISTEMA PRINCIPAL DE ELECTRICIDAD	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE MEDIA TENSION
	TRANSFORMADOR MT / BT
	INTERRUPTOR AUTOMATICO
	CARGA (kW)
	NOMENCLATURA QUE INDICA EL N° DE CONDUCTORES MAS TIERRA
	BARRA ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN
	BATERIA DE CONDENSADORES

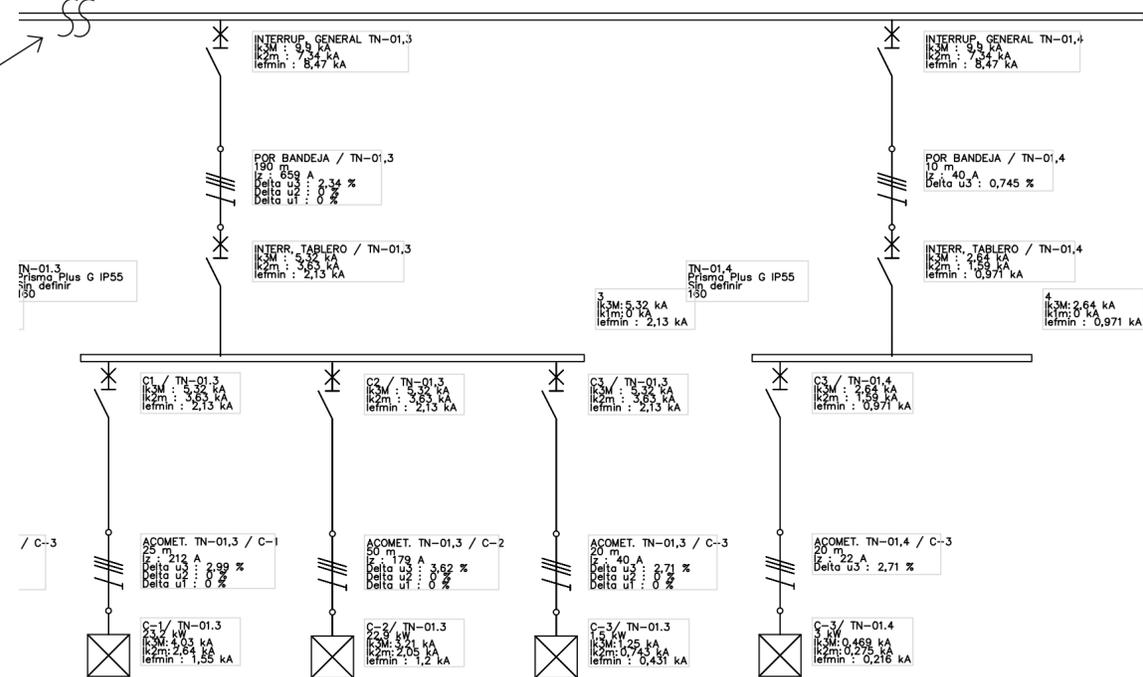
		PLANO: DIAGRAMA UNIFILAR ZONA-4	
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA	
ELABORADO POR: BACH. YHONATAN CHACÑAMA CRISOSTOMO		DIRECCIÓN: LA VICTORIA	
FECHA: DICIEMBRE - 2023	ESCALA: S/E	DEPARTAMENTO: LIMA	PROVINCIA: LIMA



Tablero General - ZONA 1
Cualquiera
Sin definir

CONTINUA EN LA BARRA INFERIOR

CONTINUACION DE LA BARRA SUPERIOR



LEYENDA	
SISTEMA PRINCIPAL DE ELECTRICIDAD	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE MEDIA TENSION
	TRANSFORMADOR MT / BT
	INTERRUPTOR AUTOMATICO
	CARGA (kW)
	NOMENCLATURA QUE INDICA EL N° DE CONDUCTORES MAS TIERRA
	BARRA ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN
	BATERÍA DE CONDENSADORES

	UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR	PLANO:	DIAGRAMA UNIFILAR ZONA-5
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA	DIRECCIÓN:	LA VICTORIA
ELABORADO POR:	BACH. YHONATAN CHACÑAMA CRISOSTOMO	DEPARTAMENTO:	LIMA
FECHA:	DICEMBRE - 2023	PROVINCIA:	LIMA
ESCALA:	S/E		