



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



**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**

TESIS

PRESENTADA POR:

ABERNIGO ANAHUA HUALLPA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

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

AUTOR

ABERNIGO ANAHUA HUALLPA

RECuento DE PALABRAS

41031 Words

RECuento DE CARACTERES

211880 Characters

RECuento DE PÁGINAS

182 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 5, 2023 10:15 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 5, 2023 10:17 AM GMT-5

● 13% de similitud general

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

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)


Ing. Julio Freddy Chura Acero
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
CIP: 135145
Sub Dirección de
Investigación EPINE


Dr. Mateo Alejandro Sánchez Maza

Resumen



DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de investigación de tesis: a Dios, quien me dio la vida y me ha dado fuerza, fortaleza, coraje y seguridad para seguir adelante, cumpliendo cada meta propuesta en mi vida personal y profesional. Con mucho amor y cariño a mis padres Pablo Anahua Estrada y Sofia Huallpa Urquizo, quienes son el motor fundamental para seguir adelante con mis metas, que con su esfuerzo, confianza, humildad, valentía y amor incondicional han hecho de mí un hombre de valor, temple y lucha en seguir mis sueños y metas, a mis cinco hermanos por darme sus apoyos y consejos, a todos mis amigos y demás personas, que me ayudaron con sus conocimientos y consejos, para poder desenvolverme profesionalmente en mi vida profesional.

Abérnigo Anahua Huallpa



AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento y gratitud a Dios, quien con su amor y su misericordia fue el soporte en todo momento para culminar con éxito mis metas propuestas.

A la carrera profesional de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano, mi alma mater, que me abrió sus puertas durante mi formación como estudiante, brindándome tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

A los docentes catedráticos de dicha escuela profesional, por formarme íntegramente como profesional y por las enseñanzas que me dan día a día. En especial, al Ing. Wilson Percy Clavetea Meneses por la excelente orientación, dedicación y colaboración que me brindó en la culminación de este proyecto y al Ing. Mateo Alejandro Salinas Mena como asesor de mi proyecto, quien me ha guiado con su paciencia y sabiduría como docente.

Abérnigo Anahua Huallpa



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 15

ABSTRACT..... 16

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 20

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 21

1.2.1 Problema general..... 21

1.2.2 Problemas específicos 21

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 22

1.3.1 Hipótesis general 22

1.3.2 Hipótesis específicas 22

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 22

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 23

1.5.1 Objetivo general 23

1.5.2 Objetivos específicos..... 23

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 25

2.1.1 Antecedentes nacionales..... 25

2.1.2 Antecedentes internacionales 29



2.2	NORMAS APLICABLES.....	34
2.2.1	Código nacional de electricidad 2006 – utilización	34
2.2.2	Norma técnica peruana (NTP).....	34
2.2.3	Norma técnica de salud infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud	35
2.2.4	Norma IEC (International Electrotechnical Commission).....	35
2.3	CONCEPTOS DE SELECTIVIDAD Y COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN.....	36
2.3.1	Corriente de cortocircuito.....	36
2.3.2	Corriente de sobrecarga.....	39
2.4	DEFINICIÓN DE LA SELECTIVIDAD.....	39
2.4.1	Selectividad total	40
2.4.2	Selectividad parcial	40
2.5	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE BAJA TENSIÓN.....	41
2.5.1	Componentes de un interruptor automático	42
2.5.2	Curvas de actuación.....	44
2.6	PARÁMETROS ELÉCTRICOS PRINCIPALES.....	47
2.6.1	Tensión de operación (U_e)	47
2.6.2	Corriente permanente nominal o asignada - I_n	48
2.6.3	Capacidad de ruptura – I_{cu}	49
2.6.4	Corriente de corta duración admisible – I_{cw}	50
2.6.5	Derrateo por altitud	50
2.7	MÉTODOS DE COMPARACIÓN DE SELECTIVIDAD.....	51
2.7.1	Selectividad por corriente.....	52
2.7.2	Selectividad por tiempo.....	54
2.7.3	Selectividad energética.....	56
2.8	SISTEMAS AISLADOS DE BAJA TENSIÓN.....	57
2.8.1	Sistemas eléctricos aislados en hospitales.....	57



2.8.2	Esquemas eléctricos	59
2.9	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	65
2.9.1	Fuente de voltaje equivalente.	66
2.9.2	Cálculo de las impedancias.	68
2.9.3	Cálculo de corrientes de cortocircuito.....	71
2.10	PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR EL INTERRUPTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA AISLADO	72
2.11	PROCEDIMIENTO PARA VERIFICAR LA SELECTIVIDAD EN EL TABLERO.	73
2.12	HERRAMIENTA DE SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE LA SELECTIVIDAD TOTAL.....	75

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	77
3.1.1	Ubicación geográfica.....	77
3.2	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	78
3.2.1	Tipo de investigación	78
3.2.2	Metodología de investigación	78
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN	79
3.3.1	Población y muestra	79
3.4	LIMITACIONES DE ESTUDIO	79
3.4.1	Alcances	79
3.4.2	Limitaciones	80
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	80
3.5.1	Procedimiento de recolección de datos	80
3.5.2	Procesamiento y análisis de datos	81
3.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	82



3.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS	83
3.7.1 Recopilación y verificación de la información.....	83
3.7.2 Comparación de corrientes de cortocircuito.....	88
3.7.3 Diseño optimizado.....	101
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 COMPARACIÓN VALORES DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO...	145
4.1.1 Contrastación de hipótesis.....	148
4.2 SELECTIVIDAD Y COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN QUE	
 GARANTIZA LA CONTINUIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO.....	150
4.2.1 Características de los interruptores seleccionados	150
4.2.2 Dispositivos seleccionados del diseño optimizado	151
4.2.3 Comparación de interruptores seleccionados por software con expediente...	153
4.3 RENTABILIDAD ECONÓMICA Y VIABLE.....	154
4.3.1 La primera estimación antes de la actualización con software	154
4.3.2 Evaluación final después de la optimización con software.....	156
4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	158
V. CONCLUSIONES	160
VI. RECOMENDACIONES	161
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	162
ANEXOS.....	167

Tema: Selectividad y coordinación de protección

Área: Electricidad

Fecha de Sustentación: 08 de junio de 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de causa - efecto	21
Figura 2: Selectividad total.....	40
Figura 3: Selectividad parcial.....	40
Figura 4: Interruptor automático	41
Figura 5: Relé magnetotérmico interruptor automático	43
Figura 6: Relé electrónico interruptor automático.....	43
Figura 7: Curvas de actuación en fusibles	44
Figura 8: Curvas de actuación interruptor con relé termo magnético	45
Figura 9: Curvas de actuación interruptor con relé electrónicos.....	46
Figura 10: Zonas de sobrecarga y cortocircuito	46
Figura 11: Interruptores automáticos SACE	48
Figura 12: Intensidad de corriente nominal.....	48
Figura 13: Capacidad de ruptura	49
Figura 14: Zonas de comparación de selectividad	51
Figura 15: Selectividad por corriente	52
Figura 16: Selectividad amperimétrica corriente de cortocircuito diferentes	53
Figura 17: Selectividad por corriente intensidades de cortocircuito idénticos.....	54
Figura 18: Selectividad por tiempo	55
Figura 19: Zonas de comparación de selectividad	55
Figura 20: Selectividad energética	56
Figura 21: Sistema IT	60
Figura 22: Falla de un Sistema IT	61
Figura 23: Sistema TN-S	62
Figura 24: Sistema TN-C.....	63
Figura 25: Sistema TT	64
Figura 26: Cálculo corriente de cortocircuito simétrica inicial según el método de fuente de tensión equivalente.....	67
Figura 27: Diagrama de sistema y del circuito equivalente para alimentador de red....	69
Figura 28: Datos para la selección de interruptor principal	73
Figura 29: Software de estudio - Simaris Design advanced v.11.0.....	76
Figura 30: Ubicación geográfica del hospital Hipólito Unanue de Tacna.	77



Figura 31: Procedimiento de recolección de datos	81
Figura 32: Vista de datos para configuración de la red en Simaris	94
Figura 33: Ventana de datos del transformador	95
Figura 34: Datos del disyuntor de forma automática	96
Figura 35: Datos del interruptor del producto de catálogo.....	96
Figura 36: Datos del transformador de aislamiento	97
Figura 37: Datos de la carga y/o tomacorriente.....	97
Figura 38: Datos de los conductores del alimentador	98
Figura 39: Datos de grupo electrógeno	98
Figura 40: Modo de operación del sistema.....	99
Figura 41: Diagrama unifilar del tablero de emergencia aislado STEA-CIG.1	104
Figura 42: Diagrama unifilar del tablero de emergencia STEA-CIN.1.....	106
Figura 43: Diagrama unifilar del tablero de emergencia STEA-SO.1	108
Figura 44: Diagrama unifilar del tablero de emergencia STEA-SO.6	110
Figura 45: Diagrama unifilar del tablero TE.EM-2P.1.....	113
Figura 46: Diagrama unifilar del tablero TE.EM-2P.2.....	115
Figura 47: Diagrama unifilar del tablero STGE.EM-S.1	117
Figura 48: Diagrama unifilar del tablero STGE.EM-S.2	119
Figura 49: Diagrama unifilar del tablero TGE	121
Figura 50: Diagrama unifilar del tablero TGN.....	123
Figura 51: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STEA-CIG.1	126
Figura 52: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STEA-CIG.1	127
Figura 53: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STEA-CIN.1	128
Figura 54: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STEA-CIN.1	128
Figura 55: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STEA-SO.1.....	129
Figura 56: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STEA-SO.1.....	130
Figura 57: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STEA-SO.6.....	131
Figura 58: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STEA-SO.6.....	132
Figura 59: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero TE.EM-2P.1.....	133
Figura 60: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado TE.EM-2P.1.....	134
Figura 61: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero TE.EM-2P.2.....	135
Figura 62: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado TE.EM-2P.2.....	136
Figura 63: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STGE.EM-S.1	137
Figura 64: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STGE.EM-S.1..	138



Figura 65: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STGE.EM-S.2	138
Figura 66: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STGE.EM-S.2..	139
Figura 67: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero TGE	140
Figura 68: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado TGE	141
Figura 69: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero TGN.....	142
Figura 70: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado TGN.....	143
Figura 71: Intervalos de confianza al 95% de Tukey	149
Figura 72: Gráfica de caja de Icc Software, Icc teórico e Icc expediente	150



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características eléctricas de los interruptores IEC- 60947.....	36
Tabla 2: Corriente de corta duración admisible.....	50
Tabla 3: Tabla de derrateo por altitud.....	51
Tabla 4: Tabla de factor tensión c.....	67
Tabla 5: Tablas de selectividad 3WA1-2500 A con 3VA2-400A.....	74
Tabla 6: Matriz de operacionalización de variables.....	82
Tabla 7: Valores de cortocircuitos calculados manualmente IEC 60909.....	93
Tabla 8: Valores de cortocircuito del software Simaris Design advanced.....	100
Tabla 9: Tablas de selectividad 3VA1 vs. 5SL4.....	103
Tabla 10: Tablas de selectividad 3VA2 VS 5SL4 para STEA-CIG.1.....	105
Tabla 11: Tablas de selectividad 3VA2 VS 5SL4 para STEA-CIN.1.....	107
Tabla 12: Tablas de selectividad 3VA2 VS 5SL4 para STEA-SO.1.....	109
Tabla 13: Tablas de selectividad 3VA2 VS 5SL4 para STEA-SO.6.....	111
Tabla 14: Tablas de selectividad 3VA2 VS 3VA2 para TE.EM-2P.1.....	114
Tabla 15: Tablas de selectividad 3VA2 VS 3VA1 para TE.EM-2P.2.....	116
Tabla 16: Tablas de selectividad interruptores 3VA2 – 3VA2, STGE.EM-S.1.....	118
Tabla 17: Tablas de selectividad 3VA2 - 3VA2, STGE.EM-S.2.....	120
Tabla 18: Tablas de selectividad 3WA1 vs 3VA2 para TGE.....	122
Tabla 19: Cuadro de equipamiento sin la selectividad.....	124
Tabla 20: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STEA-CIG.1.....	126
Tabla 21: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STEA-CIN.1.....	127
Tabla 22: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STEA-SO.1.....	129
Tabla 23: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STEA.EM-SR.....	131
Tabla 24: Dispositivos clasificados para distribución del tablero TE.EM-2P.1.....	133
Tabla 25: Dispositivos clasificados para distribución del tablero TE.EM-2P.2.....	135
Tabla 26: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STGE.EM-S.1.....	136
Tabla 27: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STGE.EM-S.2.....	138
Tabla 28: Dispositivos clasificados para distribución del tablero TGE.....	140
Tabla 29: Dispositivos clasificados para distribución del tablero TGN.....	142
Tabla 30: Cuadro de requerimiento final de dispositivos.....	143
Tabla 31: Tabla comparativa de valores de cortocircuito teóricos y de software.....	146



Tabla 32: Cuadro comparativo de cortocircuito del proyecto y análisis del software	147
Tabla 33: Análisis de varianza para las corrientes de cortocircuito	148
Tabla 34: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.....	149
Tabla 35: Características de interruptores de protección seleccionados	151
Tabla 36: Cuadro del resultado optimizado con software Simaris	152
Tabla 37: Selección de interruptores que cumplen la selectividad total.....	153
Tabla 38: Costo inicial.....	155
Tabla 39: Costo final	156



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

SIMARIS DESIGN	:	Cálculo de Selectividad
kA	:	Kiloamperios
A	:	Amperios
Ir	:	Relación entre Intensidad de Regulación
Tr	:	Temporización del Disparo por Sobrecarga
Isd	:	Umbral de Disparo de Cortocircuito
Tsd	:	Temporizador de corto retardo
Ii	:	Umbral de Disparo Instantáneo
kV	:	Kilovoltios
s	:	Segundos
if	:	Corriente de Falla
ms	:	Milisegundo
Ik	:	Corriente de Cortocircuito
IEEE	:	Standards Association
VAC	:	Voltaje de Corriente Alterna
Icc	:	Corriente de Cortocircuito
BT	:	Baja Tensión
CNE-U	:	Código Nacional de Electricidad Sistema de Utilización
NTP	:	Norma Técnica Peruana
IEC	:	Comisión Electrotécnica Internacional
RNE	:	Reglamento Nacional de Edificaciones
FRAME	:	Corriente Permanente Asignada
Icu	:	Capacidad de Ruptura
Icw	:	Corriente de Corta Duración Admisible
In	:	Corriente Nominal
PIA	:	Acrónimo de Pequeño Interruptor Automático.
Ir	:	Regulación de Corriente
T	:	Selectividad Total
Un	:	Tensión Nominal
Cmax	:	Corriente Máxima de Corriente
Cmin	:	Corriente Mínima de Cortocircuito



UTM	:	Transversal Universal de Mercator
TGN	:	Tablero general normal
TGE	:	Tablero general emergencia
STGE.EM-S.1	:	Subtablero general emergencia equipo médico sección 1
STGE.EM-S.2	:	Subtablero general emergencia equipo médico sección 2
TE.EM-2P.1	:	Tablero emergencia de equipamiento médico sección 1
TE.EM-2P.2	:	Tablero emergencia de equipamiento médico sección 2
STE.A-CIG	:	Subtablero de emergencia aislado cuidado intensivos general
STE.A-CIN	:	Subtablero de emergencia aislado cuidado intensivos neonatal
STE.A-CINN	:	Subtablero de emergencia aislado cuidados intermedios neonatal
STE.EM-SP	:	Subtablero de emergencia aislado atención al recién nacido
STE.A-SO.1	:	Subtablero de emergencia aislado cuidado intensivos general
STE.A-LC	:	Subtablero de emergencia aislado de operaciones multifuncional
STE.EM-SR	:	Subtablero de emergencia aislado recuperación anestésica
STE.EM-2P.2A	:	Subtablero de emergencia aislado monitoreo fetal



RESUMEN

Las protecciones eléctricas para baja tensión son diversas y como ocurre actualmente en nuestro medio, abarcan un campo de mucha importancia, se ha transformado muy útil, irremplazable para proteger muchos dispositivos y equipos eléctricos, pero se desconoce del principio básico de selectividad y su correcto funcionamiento. Por ello, esta investigación tiene como objetivo de 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 aplicada es hipotético deductivo observacional, tipo descriptivo, no experimental, enfoque cuantitativo de nivel comparativo y de corte transversal. Por el cual, se 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 del expediente. Además, gracias al diseño optimizado, se calculó el nivel de cortocircuito y la selección de interruptores con el software Simaris Design advanced 11.0. Como resultado se consiguió 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, se concluye que se sobredimensionó en el interruptor, gracias con la asistencia del software permite seleccionar adecuadamente y con la selección optimizada ha generado un ahorro económico significativo.

Palabras clave: Cortocircuito, continuidad, interruptor, protección, selectividad.



ABSTRACT

Low voltage electrical protections are diverse and as currently occurs in our environment, they cover a very important field, it has become very useful, irreplaceable to protect many electrical devices and equipment, but the basic principle of selectivity and its correct operation are unknown. For this reason, this research has the objective of developing the study of selectivity and coordination of protections in isolated systems in hospital low voltage, which meet the conditions of total selectivity and which allows to ensure the continuity of service of a part of the system that cannot be seen. affected by a fault, either a short circuit or an overload. The applied methodology is hypothetical deductive observational, descriptive type, non-experimental, quantitative approach of comparative level and cross section. For which, general boards and distribution were considered for the study. When analyzing the information, the technical specifications, single-line diagrams and supporting calculations were taken into account, then selectivity was taken into account based on the short-circuit values shown in the single-line diagrams of the file. In addition, thanks to the optimized design, the short-circuit level and breaker selection were calculated using the Simaris Design advanced 11.0 software. As a result, the selection of the 25 A switch was achieved by applying Simaris Design advanced software with total selectivity, where in single-line diagrams of the selected file it is 63 A, with the selected devices that have this nominal current, the economic saving is approximately 15.45% of the entire selection. Finally, it is concluded that the switch was oversized, thanks to the assistance of the software it allows to select properly and with the optimized selection it has generated significant economic savings.

Keywords: Short circuit, continuity, switch, protection, selectivity.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Ya sea en generación, transmisión, distribución, en tu casa o en la industria, la red eléctrica es susceptible a perturbaciones y fallas bajo la influencia de muchos factores internos y externos. De esta manera se vuelve impracticable dejar un sistema eléctrico funcionando sin las protecciones necesarias, pues en ausencia de estas pueden ocurrir fallas en el funcionamiento de los equipos, discontinuidad en el suministro de energía y, en casos más graves, accidentes con personas que pueden ser fatales. (Negrão, 2015). La selectividad es una característica muy importante en un sistema de protección porque es la capacidad de protección para identificar y localizar una falla, desconectando la menor cantidad de cargas posible para extinguir la falla y la coordinación es la capacidad que tienen los dispositivos de protección para cooperar, de manera que el interruptor más cercano a la falla actúe más rápido y si esa falla se activa otro (Mardegan, 2012).

En el presente trabajo de tesis denominado “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”, objetivo del estudio es desarrollar el estudio de selectividad y coordinación de protecciones en sistemas aislados de baja tensión del hospital, Debido al tamaño de la infraestructura y la importancia de las instalaciones, es de suma importancia realizar el estudio de la selectividad y coordinación de protección que cumplan con las condiciones para una adecuada selectividad en las instalaciones. La selección incorrecta de los dispositivos de protección puede provocar cortes de energía y pérdida de energía en entornos críticos como quirófanos, cuidados intensivos, etc. Donde la mayoría de los dispositivos médicos funcionan con electricidad, y esto provoca muchas consecuencias mortales, víctimas humanas. Para garantizar la continuidad de servicio, se tienen en cuenta varios aspectos



importantes, como el uso correcto de materiales de buena calidad y la selección correcta de equipos de protección. En el estudio se compara las corrientes de cortocircuito efectuadas por el software Simaris Design advanced v.11.0, cálculo analítico en comparación a lo obtenido del expediente, Además, se estudia con más detalle la coordinación de dispositivos de protección y los conceptos de selectividad, de forma que podamos realizar la elección óptima de los dispositivos, que nos permita asegurar la continuidad del suministro. Finalmente, determinamos el analices de ahorro económico y coordinación de quipos de protección, una rentabilidad viable para una propuesta de desarrollo en un sistema eficiente y seguro para sistemas aislados.

CAPÍTULO I. En este capítulo se ve una descripción del hecho del problema presentado, en el cual tenemos el planteamiento del problema, las bases teóricas del problema y forman un objetivo general específico en el cual se estudiará sobre la selectividad y la coordinación de protecciones. Así como también la hipótesis general y específicos.

CAPÍTULO II. Este capítulo proporciona la revisión de la literatura o marco teórico conceptual de selección y coordinación de protección, los conceptos que abordan en el desarrollo de la tesis y su comprensión que son importantes para la protección con la selección y coordinación en el tablero.

CAPÍTULO III. Este capítulo describe la metodología de investigación utilizada, el tipo y diseño del estudio, el tamaño de la población, la muestra y la ubicación geográfica del área de estudio, los métodos y herramientas para la recopilación de datos y los procedimientos para la recopilación, el procesamiento y el análisis de datos.

CAPÍTULO IV. Este capítulo analiza y discute los resultados de la selección y coordinación de medidas de protección en sistemas aislados de baja tensión en las



instalaciones del hospital Hipólito Unanue, así como aspectos técnicos, análisis de cortocircuito, termostato magnético propuesto, resultados de cortocircuito.

CAPÍTULO V. Se desarrollan las conclusiones y propuestas de la tesis.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la mayoría de los proyectos o expedientes de instalaciones eléctricas, los problemas más comunes y graves es el sobredimensionamiento del corriente de cortocircuito en la barra del tablero eléctrico. En 2014, en el hospital neuropsiquiátrico de Bernal argentina murieron pacientes y algunos resultaron con heridas graves a consecuencia de un incendio provocado por un cortocircuito en las instalaciones eléctricas(González et al., 2016). Se muestra en el proyecto terminado, las barras del tablero eléctrico general indican un valor de cortocircuito de 65 kA, sin embargo, al calcular de acuerdo con las fórmulas de cálculo de corriente de cortocircuito en forma analítico o usando software, el resultado es aproximadamente 39 kA. Por otro lado, algunos diseños reflejan una falta de comprensión de los principios básicos de la selectividad, como es la relación que deben de guardar las corrientes nominales del interruptor principal y los interruptores aguas abajo. En el diagrama unifilar de un tablero del proyecto, señala un interruptor principal de 50 A y un interruptor derivado de 40 A, lo que requiere selectividad entre ambos. De acuerdo con Tabla de selectividad marca Siemens, no existe selectividad entre estas corrientes nominales, ni interruptores automáticos caja moldeada ni interruptores automáticos modulares. La condición de existencia selectiva es que el interruptor principal sea una caja moldeada de 63 A. El sobredimensionamiento de valores de corrientes cortocircuito e inadecuada selección de dispositivos de protección a causa de un desconocimiento del principio básico de la selectividad y por copiar los resultados de los expedientes técnicos similares. De mantenerse los problemas mencionados arriba, esto ante un defecto eléctrico conllevaría

cortes de energía inesperado y cortes en entornos críticos como quirófanos y unidades de cuidados intensivos, etc. Donde la mayoría de los equipos médicos funcionan con energía eléctrica y además esto tendría como consecuencia fatal, pérdidas de vidas humanas. Es necesario realizar el análisis detallado de selectividad total y coordinación de los dispositivos eléctricos en proyectos de gran envergadura y compleja la instalación, para así garantizar la continuidad de servicio óptima y confiable.

Lo que se explicó anteriormente se resume en un diagrama de causa y efecto. Esto se observa en la Fig. 1.

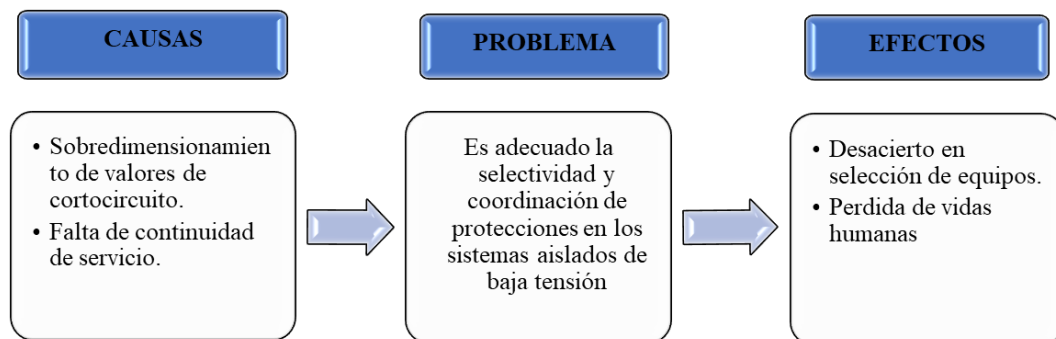


Figura 1: Esquema de causa – efecto
Elaboración propia

Nota: Causas y efectos que existe en el planteamiento de problema del estudio

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Es adecuado la selectividad y coordinación de protecciones en los sistemas aislados de baja tensión del saldo de obra del hospital Hipólito Unanue de Tacna?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cómo se obtiene los corrientes de cortocircuito utilizando software Simaris Design advanced v.11 y verificadas mediante el método analítico en comparación a lo obtenido de expediente técnico?

¿El análisis y coordinación de los equipos de protección permite garantizar la continuidad del servicio eléctrico utilizando el software Simaris Design advanced v.11?



¿Según los estudios técnico y económico, en qué magnitud el ahorro económico y coordinación de equipos de protección, generará una rentabilidad viable como propuesta de desarrollo de un sistema eficiente y seguro para sistemas aislados?

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Hipótesis general

El estudio de la selectividad y coordinación del equipo de protección del sistema, garantizará una buena selección de equipos y eficiencia de las instalaciones eléctricas, permitiendo comprobar el buen funcionamiento y la continuidad de servicio.

1.3.2 Hipótesis específicas

Las corrientes promedio de cortocircuitos calculadas con el software Simaris Design advanced v.11.0 y verificadas analíticamente tiene una diferencia significativa en comparación a lo obtenido en el expediente técnico.

La coordinación y selectividad total de los equipos de protección permite garantizar la continuidad de servicio utilizando el software profesional Simaris Design advanced v.11.0.

El análisis del ahorro económico obtenido y la coordinación de los equipos de protección, permite una rentabilidad viable como una propuesta de desarrollo de un sistema eficiente y seguro para sistemas aislados.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Vemos actualmente que los principios de selectividad total y la selección de equipos de protección siguen siendo mal aplicados en los proyectos de instalaciones eléctricas, dando lugar a cortes de energía eléctrica inesperados en ambientes críticos, así como de un hospital. Esto conllevaría a consecuencias negativas como la pérdida de vida humana y el buen servicio que debe brindar la institución muy importante para la humanidad. Para garantizar la continuidad del servicio eléctrico, confiabilidad, seguridad



y que las perturbaciones o fallas en la red eléctrica no afecten a todo el sistema, sino solo a un punto específico del circuito eléctrico, es necesario estudiar la coordinación y selectividad entre los dispositivos de protección, a fin de eliminar interrupciones no deseadas.

El estudio ayudará a los ingenieros proyectistas en el desarrollo de su diseño de instalaciones eléctricas en baja tensión a dimensionar los corrientes de cortocircuito y permitirá lograr una buena selección del equipamiento eléctrico sobre la base de parámetros eléctricos de cada sistema, considerando los principios de selectividad y coordinación de los dispositivos de protección. Además, este estudio podría ser aplicada a otros casos similares dentro de otras industrias en nuestro país, como clínicas y donde las industrias operan día y noche, prácticamente sin parar durante todo el año en un mercado altamente competitivo.

El rendimiento de la selectividad optimizada se demuestra comparando el costo del equipo obtenido para la corriente de cortocircuito especificada por el proyectista con el costo obtenido para la corriente de cortocircuito calculada mediante software Simaris Design advanced y cálculos analíticos con la norma IEC 60909.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo general

Desarrollar el estudio de selectividad y coordinación de protecciones en sistemas aislados de baja tensión del Hospital Hipólito Unanue de Tacna.

1.5.2 Objetivos específicos

Comparar las corrientes de cortocircuito realizadas por el software Simaris Design advanced v.11, cálculo analítico y en comparación a lo obtenido en el expediente técnico.



Analizar y coordinar los equipos de protección que permita garantizar la continuidad de servicio utilizando el software profesional Simaris Design advanced v 11.0.

Determinar según los resultados obtenidos del análisis de ahorro económico y coordinación de equipos de protección, una rentabilidad viable como una propuesta de desarrollo de un sistema eficiente y seguro para sistemas aislados.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes nacionales

Rodríguez (2021), en su tesis para optar el título profesional de ingeniero electricista, en la Universidad Nacional de Ingeniería, investigó y desarrolló “el estudio de selectividad en el sistema eléctrico de baja tensión del museo nacional de arqueología del Perú mediante uso del software XL PRO3 CALCUL”. En su investigación, seleccionó el interruptor con el software XL PRO3 TOOL SELECTIVITY&BACK-UP y lo verifica probando la selectividad con el software XL PRO3 CALCUL. Comprobar la selectividad total de los interruptores del tablero general y la selectividad total y/o parcial de los interruptores del tablero de distribución. Y con las Tablas de selectividad de interruptores integradas creadas con el software XL PRO3 TOOL SELECTIVITY&BACK-UP. Para los interruptores automáticos de los tres transformadores, el diagrama unifilar muestra una capacidad de cortocircuito de 50 kA y los resultados de la prueba de selectividad para un valor de 36.606 kA, por lo que fueron elegidos correctamente. Los diagramas unifilares TGBT-1 / TGBT-2 / TGBT-3 muestran que los interruptores automáticos GENERALES y los derivados deben tener una capacidad de cortocircuito de 90 kA y de acuerdo con los resultados de la prueba selectiva, el valor es 63,633 kA, por lo que se puede utilizar un disyuntor de 65 kA.

Salazar (2020), en su tesis “Implementación y Optimización de la selectividad de una instalación eléctrica de Baja tensión en hotel de 4 estrellas”. En su trabajo de investigación realiza la implementación y optimiza la selectividad, calculando con precisión las corrientes de cortocircuito mediante un software que asegura la selección óptima de los equipos para determinar el beneficio económico final. Y concluye que los



valores de cortocircuito calculados son inferiores a los propuestos en los diagramas unifilares, este valor difiere en un promedio de 18% de los valores especificados en los diagramas unifilares. En tablero general estos valores se encuentran entre el 32% y el 40% de los valores indicados en el esquema unifilar, en tablero de distribución entre el 5% y el 25% de los valores sugeridos y la solución optimizada de selectividad ha generado un ahorro de S/ 153,388.20, que representa un 23.75% del valor inicialmente propuesto con la selectividad no optimizada.

Palacios & Jalixto (2016), en su tesis para optar el título profesional de ingeniero electricista, en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, investigó y desarrolló el “estudio de coordinación de protecciones de las instalaciones eléctricas en baja tensión del hospital Antonio lorena del cusco” en su investigación realiza el estudio de coordinación de protecciones de baja tensión mediante software Ecodial Advance Calculation 4.8. Indica que, la coordinación ha sido muy importante para determinar los ajustes adecuados para que la curva de operación de los interruptores termomagnéticos no se intercepte. En función a la coordinación se eligió el tipo de ITM bastidor abierto, y una de las características es regular los siguientes parámetros I_r , T_r , I_{sd} , T_{sd} y I_i , para asegurar la correcta selectividad con el tipo de ITM caja moldeada del subtableros. Se realizó una comparación con los valores obtenidos mediante el software Ecodial, se observó que la diferencia es despreciable y se ajusta a la norma internacional IEC y la normativa peruana. El I_{cc3} dado por el distribuidor es de 4,34 kA en el lado de media tensión y el I_{cc3} calculado en el lado de baja tensión es de 57,2 kA en la barra de distribución común y 55,3 kA en la barra de transmisión por TGN, 1 y 2, es posible que la capacidad de corte del circuito principal es ITM 70 kA, que es mucho mayor que la corriente trifásica calculada, de lo que se concluye que el programa es confiable.



Torres (2019), en su tesis “coordinación de protecciones en baja tensión por selectividad asistida”. En su trabajo de investigación como objetivo es coordinar los interruptores automáticos en baja tensión por selectividad asistida aplicando las características de disparo para una ampliación de demanda eléctrica industrial. Los resultados de las pruebas de cortocircuito en el programa DigSILENT se obtienen simulando fallas trifásicas, bifásicas y monofásicas en las barras principales. La corriente de cortocircuito se calcula según el método IEC 60909. A 22,9 kV, las corrientes de cortocircuito máximas trifásicas y monofásicas son de 8,57 kA y 7,07 kA, respectivamente, y a 0,40 kV, las corrientes de cortocircuito máximas trifásicas y monofásicas son de 18,63 kA y 18,89 kA, respectivamente. Las configuraciones de umbral utilizadas en el software DigSILENT.

El trabajo de investigación, presentado por Calderón (2021), bajo el nombre de “análisis de calibración de los relés para mejorar el sistema de protección de configuración anillo de la mina” analiza la calibración del relé para mejorar el sistema de protección en minas en anillo y concluye mostrando la implementación de la selectividad lógica basada en la comunicación que realizan los mensajes GOOSE, de manera que en su estudio pueda reducir el tiempo de respuesta de la protección sin afectar la selectividad de la protección. Funcionamiento de las medidas de protección, garantizando así la seguridad y fiabilidad de las instalaciones eléctricas.

El proyecto de investigación de tesis titulada “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. Néstor Gambetta – Callao”, realizado por Ávila (2020), consiste en optimizar la distribución de energía eléctrica en baja tensión de mencionada obra, con el diseño de plan de coordinación de protección utilizando de selectividad, filiación y limitación para asegurar la continuidad del servicio de la energía eléctrica. En su



conclusión se llegó a seleccionar las protecciones y la coordinación con la regulación de las curvas de disparo de los interruptores automáticos con el uso del software “Ecodial Advance Calculation” de la empresa Schneider Electric, así se consiguió la selectividad adecuada.

Quispe (2020) en su tesis “selección y coordinaciones de protección para baja tensión”, tiene como propósito de realizar la coordinación de los sistemas de protección eléctrica en baja tensión de una estación remota reductora de presión para así mejorar la confiabilidad y calidad del servicio en el abastecimiento de agua potable hacía gran parte de la población de Lima-Cercado. Concluyó que, se logró la selectividad total y selectividad parcial en todo el sistema eléctrico de protección de la estación remota reductora de presión reduciendo al mínimo las interacciones producto de la falla de la instalación.

Lujan (2008), en su tesis “Optimización de la selectividad mediante aterramiento de sistemas con neutro aislado en el SET ingenio”, tiene como objetivo de demostrar que es posible aterrizar un sistema de distribución con neutros aislados, optimizando así la selectividad de la protección eléctrica, demostrando que dentro del alimentador con falla es capaz de incluso fusionar fusibles aguas debajo de la protección principal. Como resultado, señaló que la puesta a tierra del sistema de aislamiento con un transformador de puesta a tierra (neutro artificial) es una de las medidas técnicas más ventajosas, ya que se puede conseguir una gran corriente que ayuda a coordinar la protección, con evidentes ventajas frente al uso de un transformador en zigzag o un direccional, transformador, relé, incluso con funciones sensibles.

El proyecto de investigación de tesis titulada “coordinación de protección de MT 22.9 KV para la continuidad del servicio en la red eléctrica del SE Pallasca AMT PAL002”, realizado por Fenco (2021), tiene como propósito determinar los factores que



afectan el desajuste de los dispositivos de protección afecta la selectividad del sistema de protección de la red eléctrica PAL002. Se concluye que el adecuado ajuste de los equipos asegura una alta selectividad del sistema de protección de la red eléctrica.

2.1.2 Antecedentes internacionales

Bustamante & Jiménez (2022), En su proyecto de titulación para optar el título profesional de ingeniero electromecánica, en la Universidad de Técnica de Cotopaxi, realizó una investigación del “estudio de coordinación de protecciones para el sistema eléctrico de la empresa de balanceados PROBALBEN CIA.LTDA” el objetivo planteado fue la recopilación de datos técnicos y la simulación de circuitos de corriente con software especializado para sistemas de potencia industriales permite la simulación de corrientes de cortocircuito, corrientes de carga y generación selectiva de coordinación de protección. Los resultados son evidencia de que, en algunos puntos de red, hay reducciones de voltaje que exceden el 5% en comparación con las regulaciones de NEC/NFPA 70, se deben reemplazar los problemas de las medidas de protección, con todas estas anomalías, un nuevo plan de protección al considerar las regulaciones y las regulaciones y Los criterios selectivos para la protección, reduciendo el voltaje de las áreas afectadas no deben exceder el 5%, así como el tiempo de conducción.

Pérez (2021), en su memoria para optar el título profesional de ingeniero en civil eléctrico, en la Universidad de Chile, realizó una investigación del “coordinación de protecciones de sistemas eléctricos de potencia mediante formulación de problema de optimización” concluye lo siguiente; Un buen diseño de la función de protección es la base para un buen funcionamiento del optimizador. A pesar de todas las medidas tomadas en cuenta, no es posible lograr pasos coordinación de más de 300 ms en todos los casos. Todos los pasos coincidentes son mayores a 300 milisegundos. Por esta razón, aunque la mayoría de los pasos corresponden o se aproximan a los 300 milisegundos, se supone que



puede haber pasos más pequeños en la solución proporcionada por el optimizador, y aquellos que no deben tomarse como una indicación de que este paso en particular se requiere mucho tiempo y, si es necesario, el programa se puede volver a ejecutar reduciendo los pasos de coincidencia específicos a menos de 300 milisegundos.

Frizzo et al. (2017), en su Revista Internacional de Investigación para el Desarrollo, Graduado de Ingeniería Eléctrica en la Universidad del Planalto Catarinense, realizó un trabajo de investigación del “análisis de coordinación y selectividad entre dispositivos de protección de sistema de baja tensión (440VAC)” concluye que, en el transcurso de aproximadamente seis meses, las actividades fueron se lleva a cabo, según la prioridad de cada motor, para ajustar coordinación y selectividad de la protección del motor. Durante esta vez, se cambiaron los fusibles y la configuración del relé térmico fueron ajustados de acuerdo con los datos de la placa del motor, asegurando la coordinación y selectividad de sus protecciones. Ahí hubo problemas de coordinación y selectividad de algunos aficionados, que contaban con fusibles de 63 A, y de acuerdo al estudio realizado, debe ser de 50 A. Sin embargo, cuando el ventilador estaba en uso, el fusible se rompió, por lo que los 63 A se ha mantenido el fusible. En este caso, se realizará un nuevo estudio. realizado para evaluar el uso del fusible de 50A. los cables que no son adecuados, por tener una caída de tensión superior al 2%, lo mejor se está estudiando el tiempo para cambiarlos, pero no hay estimación de cuándo tendrá lugar este cambio. Así, después de completado las intervenciones, el 83% de los motores analizados tenían la coordinación y selectividad de sus protecciones ajustadas correctamente.

Rúa (2022), en su informe de prácticas para optar el título profesional de ingeniero electricista, en la Universidad Antioquia facultad de ingeniería eléctrica, realizó un trabajo de investigación del “Coordinación de protecciones en baja tensión de la subestación 14 de la empresa Compañía de Empaques S.A.” concluye que, se ha



conseguido la selectividad total y parcial de todo el sistema de protección de la subestación 14, asegurando la continuidad y fiabilidad de la instalación eléctrica en caso de cortocircuito y asegurando la integridad de la instalación eléctrica, personas y máquinas. Con los nuevos interruptores automáticos se ha mejorado significativamente el sistema de protección de la subestación 14 ya que, el sistema actual tiene interruptores automáticos en mal estado, sobredimensionados y no protegidos adecuadamente al momento de la instalación. El software ECODIAL facilita la obtención de las curvas de disparo de los interruptores automáticos y permite ajustar sus parámetros para obtener la coordinación de protección adecuada.

En el proyecto de investigación titulada “coordinación de elementos de protección para un caso de estudio en una red industrial”, realizado por los tesisistas Cruz y Salazar (2019), el caso de estudio de red eléctrica industrial se desarrolla según criterios de diseño definidos en la norma IEEE std 141-1993 que permite redes eléctricas externas, cargas, motores, transformadores y cables a través de los cuales se pueden realizar estudios de carga para corriente y cortocircuito. Análisis del circuito y mediante el análisis de las curvas de tiempo-corriente del dispositivo de protección, trate de asegurar la coordinación y la selectividad total en el caso de estudio de la red industrial, resulta que los ajustes definidos para la función no provocan superposición entre las curvas, y también verifique que el margen de tiempo entre las curvas cumpla con el estándar definido por IEEE 242 estándar.

El proyecto de investigación titulada: “coordinación de protecciones para un sistema eléctrico industrial”, realizado por los tesisistas Galván et al. (2009), Es el objetivo principal: el análisis de la protección de coordinación para los sistemas eléctricos industriales y la realización de una prueba de cortocircuito para encontrar la corriente máxima y mínima en la barra de los tableros ante un caso de falla. Según su investigación,



dijo que la coordinación de protección industrial del sistema eléctrico se obtuvo mediante un software DigSILENT, asegurando el funcionamiento correcto de diferentes dispositivos de protección del sistema cuando se ocurren fallas, garantizando de que el dispositivo no se verá afectado. El daño es menos, proteger la integridad humana, en el medio ambiente y garantizar la continuidad de la producción de esta industria.

La investigación denominada “Actualización del estudio cortocircuito con estudio de coordinación de protecciones y arco eléctrico en la instalación eléctrica de Laboratorios Stein, Cartago” realizado por Miranda (2021), consiste en realizar los cálculos de corrientes cortocircuito manualmente y simulación mediante el software Tools de SKM y concluye que, todas las corrientes de cortocircuito se calcularon utilizando el método de equivalencia kVA basado en ANSI/IEEE 551-2006 y ANSI/IEEE 141-1993, además, se realizó el mismo procedimiento utilizando el software SKM Power Tools, obtener los mismos valores en ambos casos. Y con el uso del programa SKM se ha realizado la coordinación de protecciones selectivas, se ha propuesto normativa y cambios en los interruptores automáticos para que se puedan implementar y garantizar los ajustes de autoprotección

La tesis desarrollado por Gonzáles (2011) “selección y coordinaciones de protección para baja tensión”, su objetivo es comprender y abordar los métodos y equipos de protección eléctrica clave en la investigación y el análisis basado en la práctica. Concluye que los interruptores automáticos permiten, con solo respetar unas simples reglas, conseguir una selectividad total, en el caso de tener varios niveles de distribución. Esta es una importante innovación tecnológica que puede simplificar enormemente los estudios de selectividad y reducir el trabajo electrodinámicos.

En su trabajo final de graduación realizado por Fallas y Rosales (2021), titulado “Rediseño eléctrico, estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones en la



industria pecuaria de Agroindustrial PROAVE S.A.”, su propósito es solucionar problemas encontrados en las plantas pecuarias san Mateo y Palmares, relacionados con el desgaste del sistema eléctrico, disyuntores desajustados y fallas primitivas. Concluye que, los resultados de las pruebas de coordinación de protección y cortocircuito se determinan utilizando NFPA70 (2014) (Código eléctrico nacional), IEEE 55, IEEE 242 y el software Easy Power.

En su proyecto final de grado realizado por Silva (2011), titulado “proyecto de instalación eléctrica de un hospital”, como objetivo de su proyecto es desarrollar un proyecto de instalación eléctrica hospitalaria, analizar, diseñar y calcular la instalación eléctrica. Se concluyó que se elaboró un proyecto de instalación eléctrica de un edificio separado, como por ejemplo un hospital, así mismo se realizó un análisis técnico y económico del ahorro al introducir un sistema de iluminación con tecnología LED.

Perugachi (2019), en su trabajo de grado titulado “Estudio de la coordinación de protecciones de los alimentadores de la subestación Alpachaca de la empresa eléctrica regional norte S.A. EMELNORTE”, el objetivo de su investigación es realizar el estudio de la coordinación de protecciones de los alimentadores de la subestación Alpachaca de la empresa eléctrica regional norte S.A., utilizando el método de coordinación de medidas de protección EMELNORTE. Por lo tanto, se propone coordinar uniformemente la protección de todos los circuitos primarios para aumentar el margen de seguridad, la selectividad y limitar las fallas de energía en el sistema de distribución.

Esteva y Olgúin (2009), en su tesis “selección de protecciones del sistema eléctrico para una banda transportadora de una central carboeléctrica”, como el objetivo principal es garantizar una instalación fiable, segura y económica. La base teórica consiste en el concepto de cortocircuito y la elección de la protección, luego nos dan una breve descripción del sistema y cómo encontrar sus componentes. Luego nos mostraron cómo



calcular el cortocircuito del sistema y estimar la corriente especificada en cada punto de falla. Finalmente, el coste de los materiales utilizados para llevar a cabo el proyecto está incluido en el precio. Llegaron a la conclusión de que, para realizar la selección de protección y los cálculos de coordinación, es necesario conocer las corrientes de cortocircuito en cada barra del sistema desde el principio para seleccionar la protección adecuada del dispositivo.

2.2 NORMAS APLICABLES

2.2.1 Código nacional de electricidad 2006 – utilización

Código nacional: aplicación en los principios de los proyectos de instalación eléctrica interior indicado en diferentes partes. En nuestro estudio, este es único para el sistema de coordinación de protección de BT en el "Código nacional de electricidad, sección 080"(CNE Utilización, 2008).

2.2.2 Norma técnica peruana (NTP)

Según la norma técnica Peruana (2002), menciona que, la norma se basa principalmente en la norma IEC, en diversos apartados, la cual trataremos principalmente en los siguientes apartados.

- NTP-IEC 60898-1 “disyuntores en instalaciones domésticas, etc.”.
- NTP-IEC 370.308 “interruptor automático de MCCB”.
- NTP-IEC 60947-2 “conexión y control de Baja Tensión general”.
- NTP-IEC 61008-1 “disyuntor para operar con intensidad residual (disyuntor residual) sin protección contra sobrecorriente incorporada”.
- NTP-IEC 61009-1 “disyuntor para operar con intensidad residual (disyuntor residual) con protección contra sobrecorriente incorporada”.



2.2.3 Norma técnica de salud infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud

El Ministerio de Salud en el Reglamento Técnico de infraestructura y equipamiento médico a nivel de base No. 119 MINSA/DGIEM-V.01 estipula las condiciones generales para el diseño de instalaciones eléctricas en hospitales tales como; diseño de instalaciones eléctricas, tablero eléctrico, sistema eléctrico de emergencia, etc. La norma especifica los parámetros para el diseño de instalaciones eléctricas en hospitales, basándose principalmente en la normativa eléctrica CNE y la norma técnica NTP del Perú (Norma técnica de salud 119, 2016).

2.2.4 Norma IEC (International Electrotechnical Commission)

De acuerdo con Palacios y Jalixto (2016), mencionan que, es una organización que normaliza en el campo de la electricidad, la electrónica y las tecnologías afines. IEC es un estándar internacional que desarrolla varios estándares eléctricos. Esta es una norma técnica peruana para problemas como la coordinación de protecciones en baja tensión, a continuación, se detallan los apartados en los que estamos estudiando:

- Norma IEC 60947- Equipamiento en baja tensión para uso general.
- Norma IEC-60909 - Cálculo de corrientes de cortocircuitos trifásicos/monofásicos en corriente alterna.
- Norma IEC 61912 – Dispositivos de maniobra y control de baja tensión - Dispositivos de protección contra sobrecorriente - Parte 2: Selectividad en condiciones de sobrecorriente.

Según la norma IEC 60947-2 (2013), el desarrollo de medidas y tecnologías de seguridad ha llevado a un aumento significativo en los requisitos para los interruptores industriales. La norma IEC 947-2, que pasó a llamarse IEC 60947-2 después de 1997,

puede considerarse absolutamente seguro cuando se utiliza el interruptor. El estándar es reconocido en todos los países.

IEC 60947-2 es parte de las reglas que especifican requisitos para productos eléctricos de baja tensión:

- IEC 60947-1 los principios generales agrupan definiciones, recomendaciones y pruebas comunes a todos los equipos eléctricos de baja tensión.
- IEC 60947-2 aplicar a interruptores automáticos y sus dispositivos de control. El rendimiento del interruptor depende del controlador o relé que controla la apertura bajo ciertas condiciones.

Tabla 1: Características eléctricas de los interruptores IEC- 60947

Características de tensión	Ue	Tensión asignada de empleo
	Ui	Tensión asignada de aislamiento
	Uimp	Tensión asignada de resistencia a los choques
Características de intensidad	In	Intensidad nominal
	Ith	Intensidad térmica convencional al aire libre
	Ithe	Intensidad térmica convencional en envoltorio
	Icu	Intensidad nominal interrumpida
Características de cortocircuito	Icm	Poder de cierre
	Icu	Poder de corte ultimo
	Ics	Poder de corte de servicio
	Icw	Intensidad asignada de corta duración admisible
Características de la unidad de control	Ir	Intensidad de regulación de sobrecarga ajustable
	1.05 x Ir	Intensidad convencional de no disparo
	1.30 x Ir	Intensidad convencional de disparo
	Ii	Intensidad de regulación de disparo instantáneo
	Isd	Intensidad de disparo de corto retardo

Fuente: Elaborado por manual Siemens

2.3 CONCEPTOS DE SELECTIVIDAD Y COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN.

2.3.1 Corriente de cortocircuito

La corriente de cortocircuito es la cantidad máxima de corriente que se puede transferir a un punto del sistema en caso de cortocircuito. La corriente de cortocircuito alcanza un valor máximo y luego disminuye a su valor de estado estable. Esto se usa



principalmente para estimar la capacidad del interruptor y la necesidad de reemplazar un interruptor existente en comparación con las clasificaciones de interrupción. Además, se utiliza para evaluar la estabilidad del sistema porque el daño mecánico al equipo de potencia en el sistema puede variar según el nivel de corriente de cortocircuito. (Chae & Kim, 2022)

Causa de cortocircuito

Según Córdoba (2016), plantea que, los corrientes de cortocircuitos son acontecimientos impredecibles, sus causalidades, aunque minimizadas, no se logra eliminarse por completo, las causas más comunes son:

- Daños en el aislamiento de la cubierta del conductor debido al envejecimiento: naturales debido a un largo tiempo de operación o prematuros debido a una exposición prolongada al calor.
- Rotura de cables o aislamiento por impacto mecánico externo.
- Por arcos provocados por emisiones atmosféricas o de derivación que rompen la rigidez de los aisladores y los huecos de aislamiento.
- Por mal manejo, herramientas olvidadas y otras causas por negligencia o error humano.

Tipos de cortocircuitos

De acuerdo con Mujal (2014), menciona los 5 tipos de cortocircuitos más comunes que pueden ocurrir en las redes eléctricas; Afortunadamente, la doble puesta a tierra es rara. Se detallan las características de estos errores, así como su importancia y consecuencias para los públicos a los que afectan.

- Cortocircuito trifásico: Son las únicas que actúan como un sistema equilibrado porque todas las fases se ven afectadas por igual. Esta corriente selecciona el poder de corte de los interruptores magnetotérmicos.



- cortocircuito bifásico sin contacto a tierra: también conocido como cortocircuito línea-línea, suelen ser los más pequeños con una frecuencia aproximada del quince por ciento.
- Cortocircuito bifásico con contacto a tierra: cortocircuito fase-tierra o fase-neutro, tiene las mismas características que una falla a tierra bifásica, pero en este caso hay una pérdida de energía a tierra. Considerando esta falla, además de las redes de secuencia directa e inversa, es necesario considerar redes de arreglo unipolar, debido a la pérdida de energía.
- Cortocircuito monofásico a tierra: Este es el más común y violento, y ocurre con mayor frecuencia en redes fuertemente conectadas a tierra o con resistencia de bajo valor. Su cálculo, al tratarse de un cortocircuito desequilibrado con pérdidas de energía, requiere una red de tres secuencias (secuencia positiva, secuencia inversa y secuencia cero).
- Cortocircuitos con doble contacto a tierra: Este cortocircuito tiene un valor de corriente más bajo que el otro cortocircuito.

Efectos de las corrientes de cortocircuito

Desde punto de vista de Gómez (2012), menciona que, cuando circulan corrientes por los conductores de una instalación eléctrica, se generan efectos electromagnéticos, electromotrices y térmicos, es decir; radiación electromagnética, respectivamente, surgen fuerzas entre estos hilos y sus soportes aislantes y termo mecánicos.

Algunos efectos importantes pueden ser:

- Térmicos: Una corriente muy alta hace que el conductor se caliente debido al efecto Joule. En un cortocircuito, debido a la corta duración, el calor generado solo se usa para aumentar la temperatura del cable (llegando a la temperatura



máxima admisible en milisegundos) sin irradiar calor al exterior, provocando la rotura del cable.

- **Electrodinámicos:** La fuerza de repulsión que surge entre conductores como resultado de la acción, los campos magnéticos son creados a su alrededor por la corriente que corre a través de ellos, es directamente proporcional al producto de estas corrientes e inversamente proporcional a la distancia entre los alambres. Corriente de cortocircuito, valor muy grande, por lo que estas fuerzas electromotrices también son muy grandes, puede destruir las barras.

2.3.2 Corriente de sobrecarga

Según Perugachi (2019), indica que, una sobrecarga se define como una corriente que excede la corriente nominal del conductor y/o del equipo. Están limitados a la ruta normal de la corriente, lo que puede hacer que los cables o el equipo se sobrecalienten si se les permite seguir funcionando.

Las principales causas de sobrecarga son:

- Corriente de fuga por mal estado del aislamiento.
- Sobrecarga, o posible carga máxima.

Los efectos de la sobrecarga son básicamente térmicos y cualquier componente del cableado envejecerá prematuramente, provocando eventualmente un cortocircuito.

2.4 DEFINICIÓN DE LA SELECTIVIDAD

La selectividad es la correcta coordinación de dispositivos de protección (interruptores automáticos, fusibles, guardamotores) de modo que ante un efecto eléctrico (sobrecarga o cortocircuito), la protección inmediata aguas arriba proteja su instalación eléctrica, manteniéndose la continuidad de servicio (Norma IEC 60947-1, 2007).

Hay dos tipos de selectividad según la norma IEC 60947:

2.4.1 Selectividad total

Para todos los valores de efecto, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, la distribución es completamente selectiva: si el interruptor automático más cercano a la falla actúa primero que él/los que tienen agua arriba (todos los casos de falla, abre la más cercana). (Valdunciel, 2019).

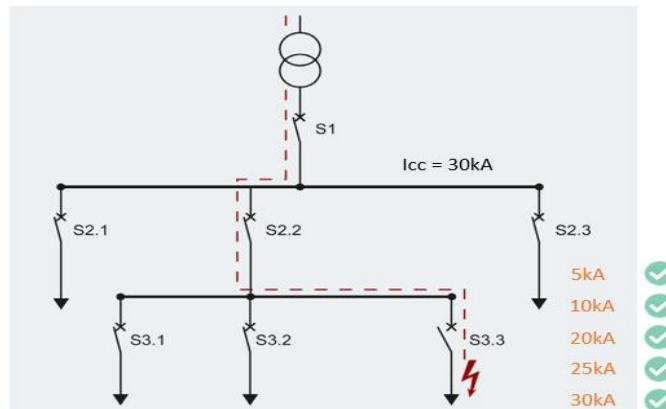


Figura 2: Selectividad total

Fuente: Elaborador por manual Siemens

2.4.2 Selectividad parcial

Selectividad de sobrecorriente cuando, en el caso de dos dispositivos de protección contra sobrecorriente conectados en serie, el dispositivo aguas abajo brinda protección hasta un cierto nivel de corriente sin interrumpir el dispositivo aguas arriba, esto se denomina límite discriminante (I_s) (Norma IEC 60947-2, 2013) def.2.17.3.

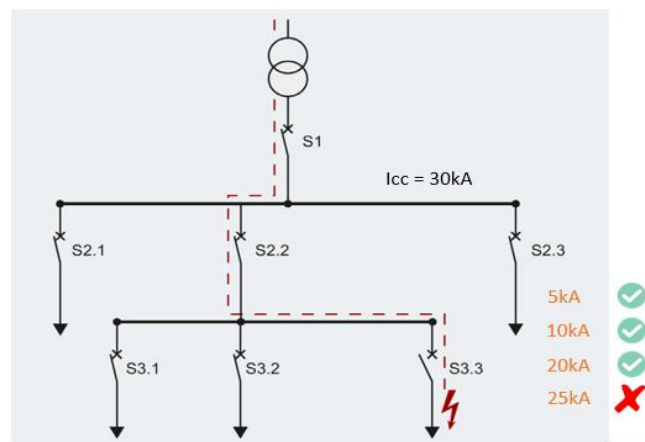


Figura 3: Selectividad parcial

Fuente: Elaborador por manual Siemens

2.5 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE BAJA TENSIÓN

Como señala Meza (2022), los interruptores automáticos son dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos cuya función principal es abrir cuando se detecta una falla. Esto ayuda a proteger a las personas y los equipos contra incendios o descargas eléctricas para que se pueda restaurar la energía cuando se solucione el problema.

- Making (Establecer) : Abrir y cerrar circuitos bajo carga.
- Carrying (Soportar) : Soportar corrientes normales y anormales.
- Breaking (Interrumpir) : Interrumpir corrientes normales y anormales

PROTECCIÓN + SECCIONAMIENTO + AISLAMIENTO

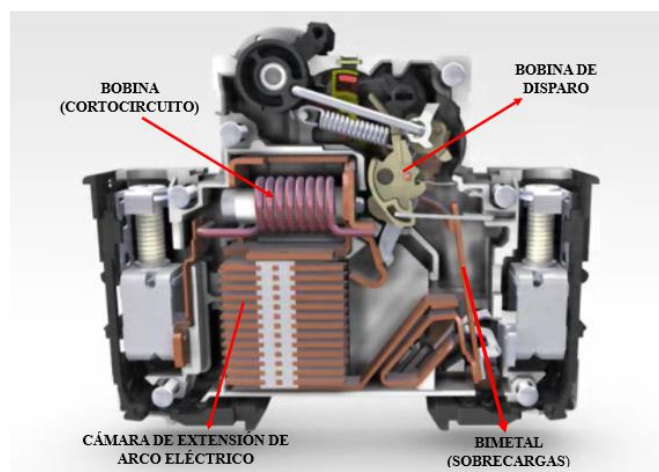


Figura 4: Interruptor automático

Fuente: Elaborado por Schneider electricic: Manual y Catálogo del Electricista

Los interruptores y sus accesorios cumplen con las siguientes normas:

- **Norma IEC 60898:** Para uso doméstico y operación por personal técnico no calificado (IEC 90898, 2017).
- **Norma IEC 60947-2:** Para uso comercial e industrial, hospitales y personal técnico altamente calificado (Norma IEC 60947-2, 2013).

2.5.1 Componentes de un interruptor automático

El sobrecorriente es detectada por tres dispositivos diferentes:

- Térmicos: en caso de una sobrecarga
- Magnéticos: En caso de un cortocircuito eléctrico
- Electrónicos: para los dos escenarios.

RELÉ TÉRMICO

Consiste en una placa bimetálica que, cuando se calienta por encima de los valores normales de funcionamiento, se deforma, desbloqueando el enclavamiento que conecta los contactos. El tiempo de respuesta de la varilla bimetálica es inversamente proporcional al amperaje. Debido a su inercia térmica, la tira bimetálica reacciona más rápido cuando la segunda sobrecarga sigue a la primera en rápida sucesión. Esto mejora la protección del cable calentado. (Legrand, 2011).

RELÉ MAGNÉTICO

Incorpora una bobina magnética de enclavamiento que mantiene unidos los contactos provocando el disparo en caso de sobrecorriente. El tiempo de reacción es muy corto (alrededor de una centésima de segundo). Se pueden utilizar interruptores automáticos de caja moldeada (hasta $10 \times I_r$) para configurar el valor de disparo según las condiciones de protección de la instalación (corriente de cortocircuito y contacto indirecto). Además, este ajuste, combinado con el tiempo de retardo, se puede emplear para encontrar las mejores condiciones de selectividad entre dispositivos (Legrand, 2011).

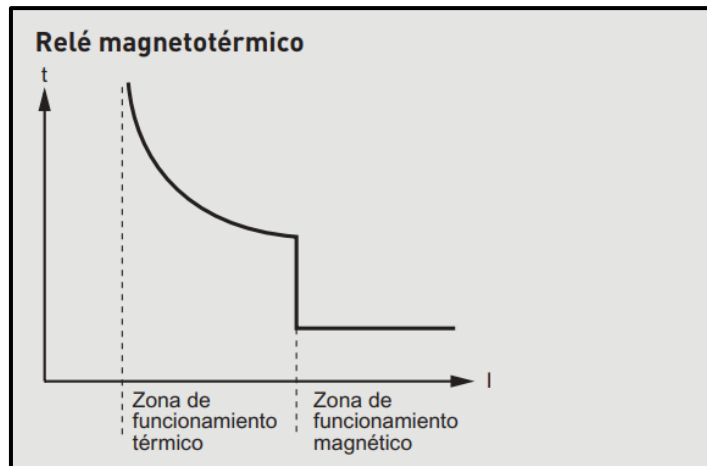


Figura 5: Relé magnetotérmico interruptor automático
Fuente: Elaborador por Legrand, “Guía Técnica, Guía de la potencia”. 2018

ELÉ ELECTRÓNICO

De acuerdo con Pérez (2003) define que, un toroidal colocado en cada polo mide continuamente la corriente en cada polo. Esta información es procesada por el módulo electrónico, que controla el apagado del automatismo en caso de superar los valores especificados. Curva de conversión que muestra tres zonas activas.

- Zona de actuación “instantáneo”.
- Zona de actuación con “retardo corto”.
- Zona de actuación con “retardo largo”.

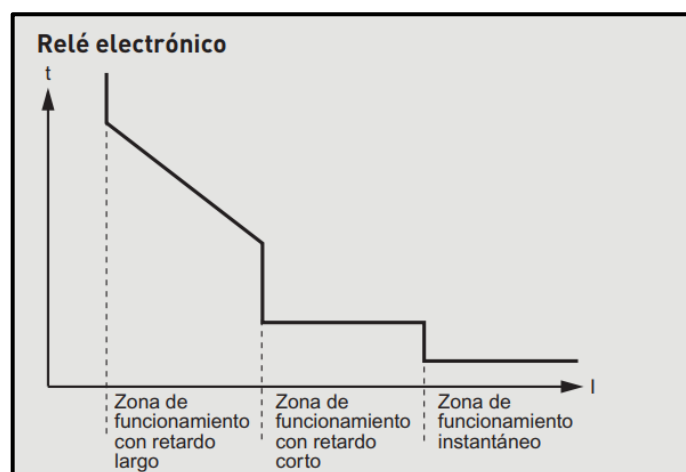


Figura 6: Relé electrónico interruptor automático
Fuente: Elaborador por Legrand, “Guía Técnica, Guía de la potencia”. 2018

2.5.2 Curvas de actuación

Las curvas de actuación que describen diferentes protecciones en un circuito son un factor extremadamente importante en la selección y coordinación de protecciones en una instalación. Por regla general, estas son curvas de tiempo de corriente, que reflejan la respuesta transitoria de la protección a el sobrecorriente (Valdunciel, 2019).

Según Burgos (2018), menciona que, la protección de sobrecarga no se disparará durante dos horas a menos de 1,05 de la corriente establecida, pero se disparará dentro de 1,3 de la corriente establecida. La función de protección contra cortocircuitos se representa en el gráfico de líneas de tiempo mediante una línea vertical según el valor nominal del umbral de funcionamiento I_3 . El valor real del umbral indicado según IEC 60947-2 oscila entre $0,8 \cdot I_3$ y $1,2 \cdot I_3$.

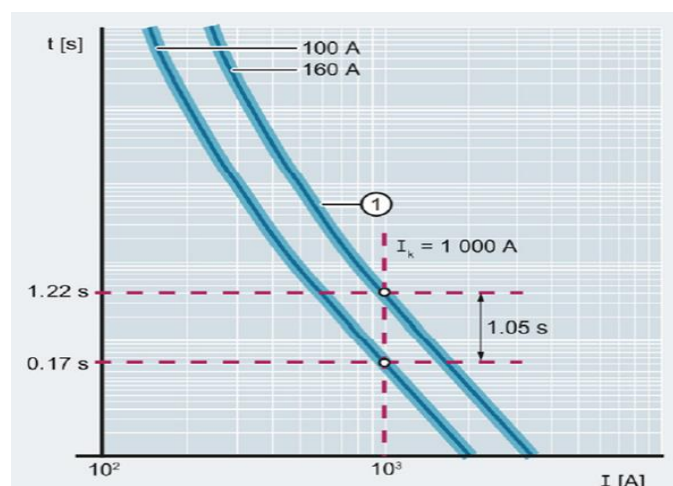


Figura 7: Curvas de actuación en fusibles

Fuente: Elaborado por Siemens, “Dispositivos de protección selectividad para interruptores automáticos”.2017

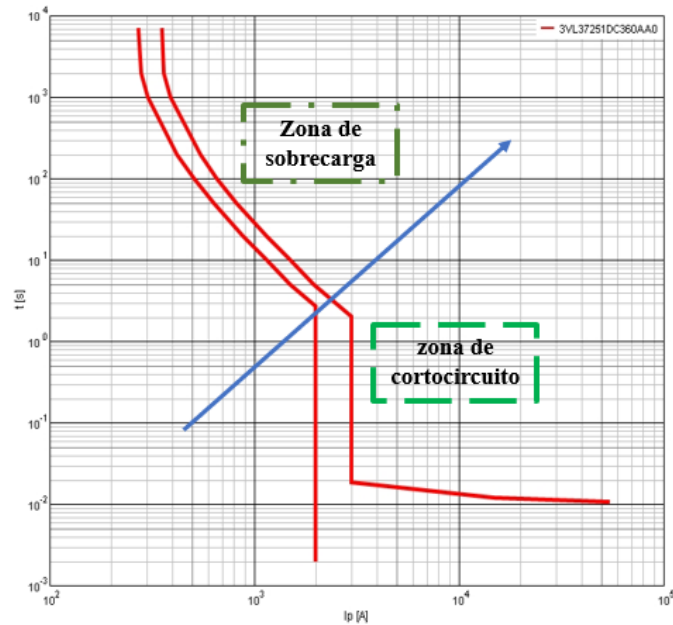


Figura 8: Curvas de actuación interruptor con relé termo magnético
Fuente: Elaborado por Siemens, “Dispositivos de protección selectividad para interruptores automáticos”.2017

- La intensidad asignada de un interruptor en sobrecarga debe cumplir:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Siendo:

I_b = Corriente de la carga.

I_n = Corriente regulada en el interruptor.

I_z = Capacidad de conducción del cable.

- La intensidad asignada de un interruptor en cortocircuito debe cumplir:

$$I_{cu} \geq I_{cc} \text{ máx}$$

Donde:

I_{cu} = Poder de ruptura

I_{cc} = Corriente de cortocircuito máximo

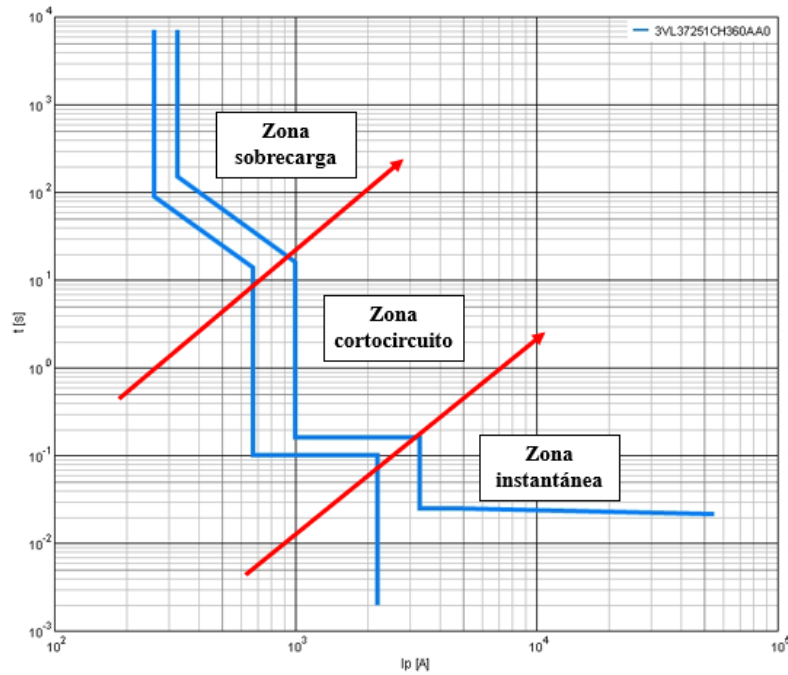


Figura 9: Curvas de actuación interruptor con relé electrónicos
Fuente: Elaborado por Siemens, “Dispositivos de protección Selectividad para interruptores automáticos”.2017

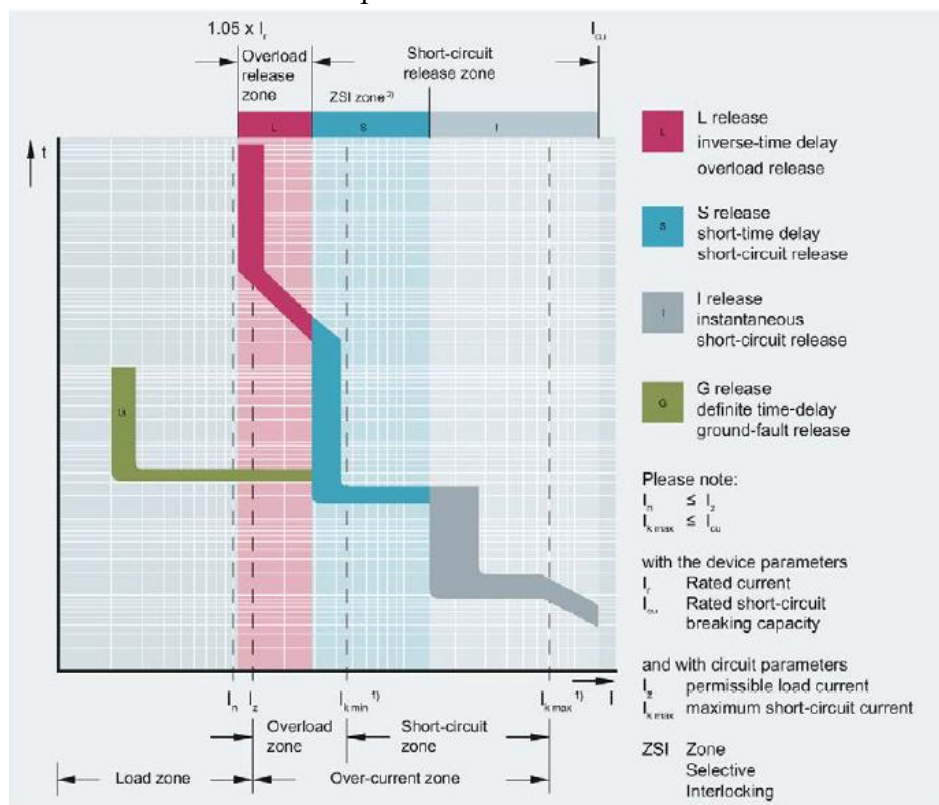


Figura 10: Zonas de sobrecarga y cortocircuito
Fuente: Elaborado por Siemens, “Dispositivos de protección selectividad para interruptores automáticos”.2017

Las zonas de curvas de actuación de un interruptor automático.



- Zona L: Liberación, retardo de tiempo inverso – liberación de sobrecarga
- Zona S: Disparador de corta duración - disparador de cortocircuito.
- Zona I: Liberación de cortocircuito instantáneo
- Zona G: Liberación, retardo de tiempo definido – liberación de falla a tierra.

Enclavamiento selectivo de zona,

Con el enclavamiento selectivo de zona (ZSI), los dispositivos de protección están interconectados a través de cables de control separados. Se proporcionan dos sistemas de comunicación que utilizan diferentes canales de comunicación:

- Sistema central: los interruptores automáticos se comunican a través de una unidad central de supervisión y control.
- Sistema distribuido: los interruptores automáticos se comunican directamente entre sí.

Como señala en catalogo Siemens (2016), el sistema distribuido permite tiempos de disparo significativamente más cortos que el sistema central. Dado que son los sistemas normalmente distribuidos los que se utilizan para aplicaciones de bajo voltaje. Lo siguiente sucede si un interruptor reconoce una corriente de cortocircuito y/o corriente de falla a tierra:

- El interruptor automático envía una de “bloqueo” a las aguas arriba cortocircuito.
- Al mismo tiempo, el interruptor automático comprueba aguas abajo, el interruptor está enviando una señal de “bloqueo”.

2.6 PARÁMETROS ELÉCTRICOS PRINCIPALES

2.6.1 Tensión de operación (Ue)

Valor de tensión en la que se determina la aplicación del interruptor y a la cual se refieren las características relevantes, (Norma IEC 60947-1, 2007) definición. 4.3.1.1.

Interruptores automáticos SACE Emax 2

Datos comunes		
Tensión asignada de servicio Ue	[V]	690
Tensión asignada de aislamiento UI	[V]	1000
Tensión asignada soportada a impulso, Uimp	[kV]	12
Frecuencia	[Hz]	50 - 60
Número de polos		3 - 4
Ejecución		Fija, extraíble
Apto para el aislamiento según la normativa		IEC 60947-2




Figura 11: Interruptores automáticos SACE



Fuente: Elaboración por Legrand, “Dispositivos de corte y protección”.2011

2.6.2 Corriente permanente nominal o asignada - In

Valor de corriente más elevado que el interruptor está en condiciones de conducir en forma permanente. Temperatura 40 °C, (Norma IEC 60947-1, 2007) definición 4.3.2.4.

IEC 60947-2

AC

Basic data		1		2	
		Withdrawable	Fixed-mounted	Withdrawable	Fixed-mounted
Rated operational voltage U _e	V	≤1000		≤1150	
Rated current I _n	A	630 ... 2500		2000 ... 4000	
Size		1		2	
Type of mounting		Withdrawable	Fixed-mounted	Withdrawable	Fixed-mounted
Number of poles		3/4-pole	3/4-pole	3/4-pole	3/4-pole

Figura 12: Intensidad de corriente nominal

Fuente: Elaboración por Siemens, “Tabla de selectividad”.2020

La corriente nominal

Umbral de protección a base de la corriente nominal real del sistema. Corriente asociada a la protección del interruptor. Por ejemplo, en la ACB está incorporada el Rating Plug. Esta es la corriente máxima que el interruptor automático puede soportar continuamente. Este valor se proporciona siempre para temperaturas ambientes del equipo de 45 °C según IEC 60947-2 y 30 °C según IEC 60898-1. Si esta temperatura es superior, puede ser necesario reducir la corriente utilizable (Legrand, 2011).

También conocido como **FRAME** el tamaño del interruptor, un término que designa un grupo de interruptores automáticos, cuyas dimensiones físicas externas son

comunes a un rango de clasificaciones actuales. El tamaño del marco se expresa en amperios correspondientes a la calificación actual más alta del grupo. Dentro de un tamaño de marco, el ancho puede variar según el número de polos (Norma IEC 60947-2, 2013) definición. 2.1.1.

2.6.3 Capacidad de ruptura – I_{cu}

Según la Norma IEC 60947-2 (2013), define la capacidad de corte de un interruptor automático es la corriente máxima de cortocircuito que puede disparar de manera efectiva sin causar más daños.

Esta es la corriente de cortocircuito máxima que el interruptor automático puede interrumpir a una tensión y un ángulo de fase ($\cos \phi$) dados. Las pruebas siguen la secuencia O-t-CO donde O es la operación de apagado automático, t es el intervalo de tiempo y CO es la operación de conexión seguida de la operación de apagado automático.

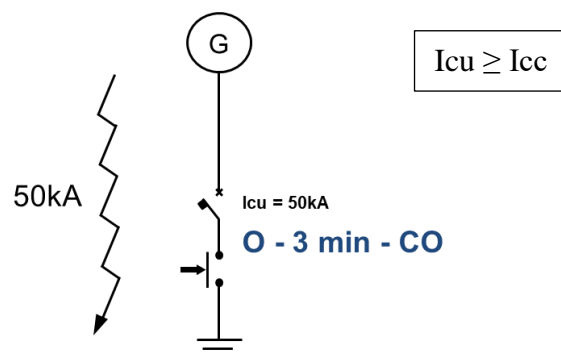


Figura 13: Capacidad de ruptura

Fuente: Elaboración por Siemens, “cuaderno tecnico”.2022

Luego del Test:

- No se garantiza la continuidad del servicio
- Capacidad dieléctrica de aislamiento hasta $2 \times U_e$
- Relé de sobrecarga a $2.5 \times I_l$

2.6.4 Corriente de corta duración admisible – Icw

De acuerdo con manual de catálogo Legrand (2011), define que la corriente nominal admisible de corta duración de un interruptor automático es el valor de la corriente admisible de corta duración corriente asignada a ese interruptor automático por el fabricante bajo las condiciones de prueba. El retardo de corta duración asociado con la corriente nominal de corta duración admisible debe ser al menos 0,05s, siendo los valores preferidos los siguientes:(Legrand, 2011).

Capacidad del interruptor para permanecer cerrado mientras ocurre un Icc durante 0.25 s – 0.5 s – 0.75 s – 1 s.

Tabla 2: Corriente de corta duración admisible

Size Type Breaking capacity	I 3WA11			II 3WA12				III 3WA13		
	N	S	H	N	S	H	C	H	C 3-pole	C 4-pole
Retd ahort-time withstand current Icw										
0.5 s	kA 55	66	75	66	80	100	100	100	100	100
1 s	kA 42	50	66	55	66	85	100	100	100	100
2 s	kA 29.5	35	46	39	46	65	70	80	80	80
3 s	kA 25	29	44	32	44	50	65	65	65	65

Fuente: Elaboración por Siemens, “cuaderno técnico”.2022

La IEC 60947-2 define interruptores de uno de dos tipos:

- Tipo A para interruptores sin retardo antes de disparar en caso de cortocircuito.
- Tipo B para interruptores de retardo de tiempo. Esto se puede ajustar para proporcionar discriminación de tiempo para valores de cortocircuito inferiores a Icw. El valor Icw debe ser al menos igual al mayor de los dos, 12 In o 5 kA, para interruptores automáticos de hasta 2500 A y 30 kA por encima de este valor.

2.6.5 Derrateo por altitud

Cuando los interruptores automáticos de caja moldeada 3VA1 y 3VA2 se utilizan 2000 m sobre el nivel del mar, los datos nominales no cambiarán. Una altitud de instalación superior a 2000 m puede provocar temperaturas más altas en los dispositivos

de protección. La menor densidad del aire puede reducir significativamente la disipación del calor. Siendo necesario disminuir la tensión nominal de funcionamiento, la corriente nominal ininterrumpida y los valores de cortocircuito (Siemens, 2020).

Tabla 3: Tabla de derrateo por altitud

	Altitude			
	2000 m	3000 m	4000 m	5000 m
Breaking capacity Icu/Ics	1.0	0.9	0.8	0.7
Operating voltage Umax	1.0	0.9	0.8	0.7
Operating current I _{max} 3)	1.00	0.96	0.92	0.88
Setting current, I ₂)	1.00	1.02	1.04	1.06

Fuente: Elaboración por Siemens, “cuaderno técnico”.2020

2.7 MÉTODOS DE COMPARACIÓN DE SELECTIVIDAD

Teniendo en cuenta a Rodríguez (2021), describe que la prueba de selectividad mediante la comparación de las curvas características tiempo-corriente de interruptores sucesivos; También por Tablas proporcionadas por los fabricantes de interruptores.

Existe tres tipos de comparación y se ve en las zonas como se muestra en la figura:

- Selectividad amperimétrica
- Selectividad cronométrica
- Selectividad energética

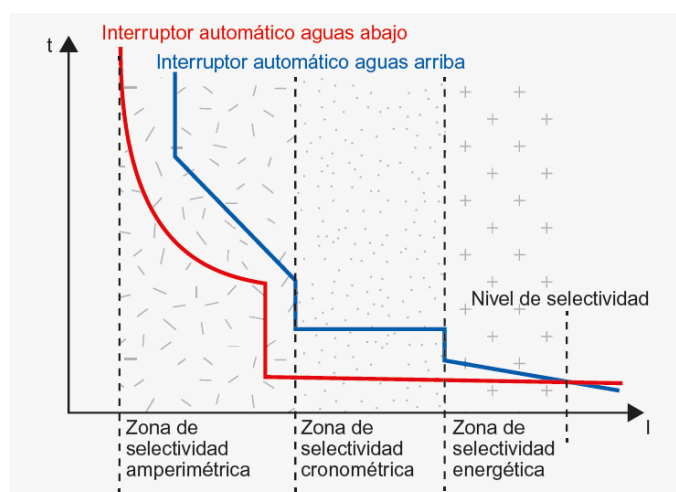


Figura 14: Zonas de comparación de selectividad

Fuente: Legrand, “Guía técnica, coordinación entre dispositivos de protección”.2016

1) Selectividad por corriente en el caso de cortocircuitos diferentes.

Desde el punto de vista Valdunciel (2019), indica que en las líneas distribuidas, la intensidad del servicio es menor a la salida que a la entrada. De manera similar, la corriente de cortocircuito disminuye con la distancia. Este solo hecho contribuyó a la selectividad entre el interruptor principal y el interruptor aguas abajo, porque I_{cc1} es mayor que I_{cc2} . La selectividad total de cortocircuito se logra cuando la corriente de cortocircuito máxima en la salida del interruptor automático (inferior) es menor que la corriente de funcionamiento del interruptor automático superior (superior).

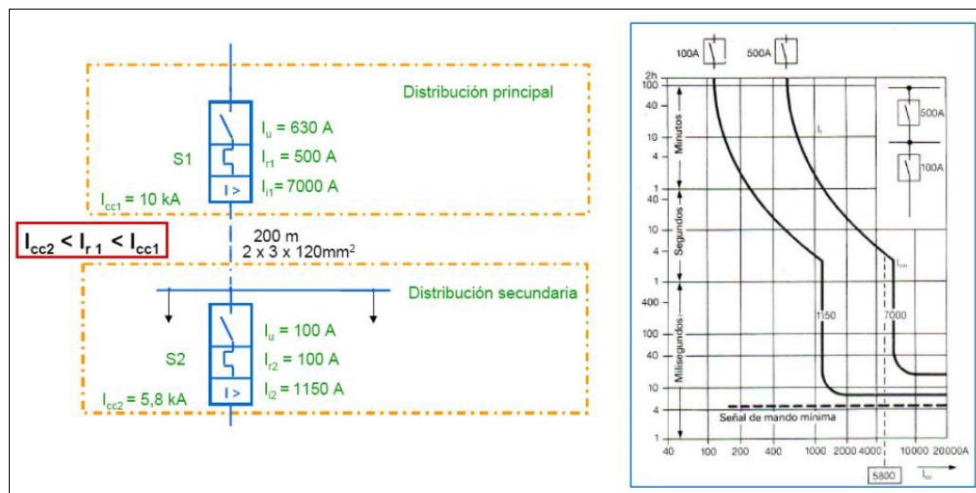


Figura 16: Selectividad amperimétrica corriente de cortocircuito diferentes
Fuente: (Valdunciel, 2019), “Diseño de instalaciones eléctricas con Simaris Design”.2019

Para verificar la selectividad de los interruptores automáticos en la misma ruta de falla, se compararon sus respectivas curvas de apagado entre sí. Veamos la situación en la fig. 16, el corriente de cortocircuito de salida del interruptor S1 es de 10 kA y el valor de corriente de cortocircuito de salida del interruptor S2 es de 5,8 kA, si el umbral de disparo del interruptor S1 se establece en 7 kA, esto le consiente operar a los 10 kA esperados antes de la operación y evitará su operación si la salida del interruptor S2 se cortocircuita a solo 5,8 kA.

2) Selectividad por corriente en caso de cortocircuito idéntico.

En instalaciones donde la distancia entre los disyuntores de entrada y salida sea pequeña, los valores de las posibles corrientes de cortocircuito a diferentes niveles no serán apreciablemente entre sí debido a la resistencia de los conductores en corto. Como indicamos anteriormente, la selectividad se evaluó comparando las curvas de actuación entre sí. En la curva de interrupción por sobrecarga, la selectividad está determinada por el tiempo de interrupción. Figura 17, selectividad de corriente con corrientes idénticos, la corriente máxima de cortocircuito que puede ocurrir en el interruptor disyuntor aguas arriba es de 8,0 kA. Dado que la longitud del conductor entre los dos interruptores automáticos reduce ligeramente el cortocircuito, la corriente máxima de cortocircuito en la barra que coloca el interruptor automático aguas abajo, es de 6,2 kA (Valdunciel, 2019).

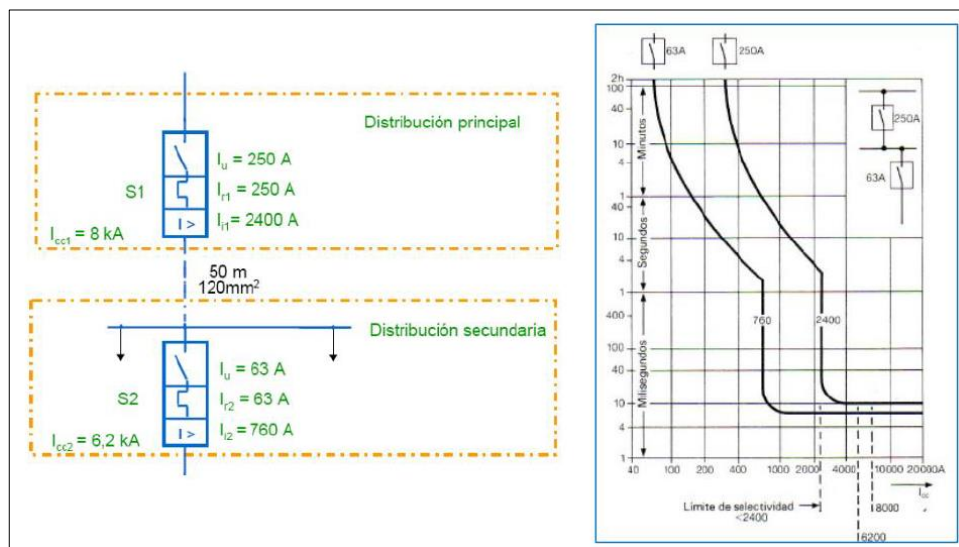


Figura 17: Selectividad por corriente intensidades de cortocircuito idénticos.
Fuente: (Valdunciel, 2019), “Diseño de instalaciones eléctricas con Simaris Design”.2019

2.7.2 Selectividad por tiempo

Valdunciel (2019), selectividad por tiempo, también llamado selectividad cronométrica, es un método basado en la diferencia de tiempo de las curvas de tiempo del catéter de un interruptor conectado en serie, se aplica en zonas de error de intensidad

promedio, llamadas zona de tiempo selectivo. (Figura 14). Esto se logra corrigiendo el amperaje de las unidades de disparo, tanto térmicas como magnéticas.

Criterios de cumplimiento:

- Sin contacto o solapamiento de curvas, incluyendo sus tolerancias ($\pm 10\%$ en corriente y tiempo).

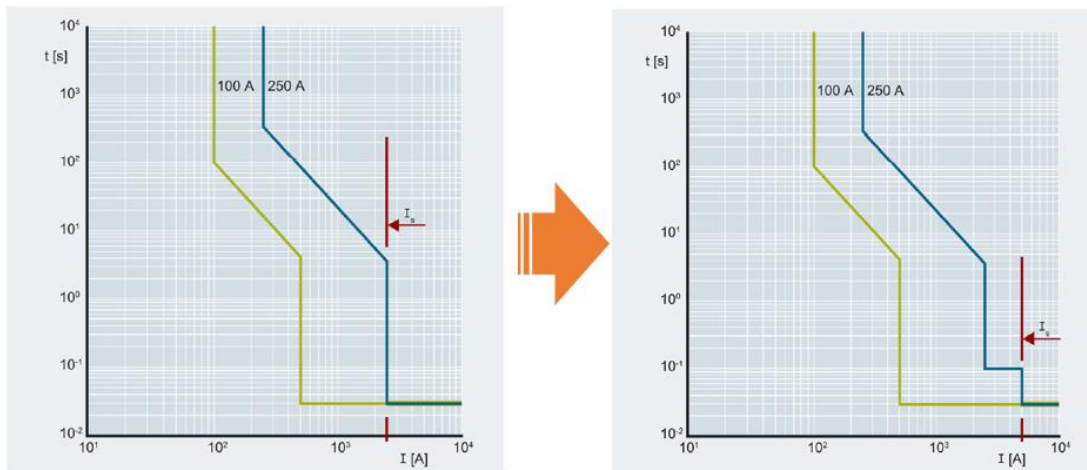


Figura 18: Selectividad por tiempo

Fuente: Siemens, “Dispositivos de protección selectividad para interruptores automáticos”.2016

Si, durante una instalación eléctrica, los caminos de las fuentes de alimentación de interruptor aguas arriba y el interruptor auxiliar son tan pocos que los cortocircuitos resultantes son de aproximadamente el mismo valor, se incluirá el tiempo de retardo de operación de su acción en la protección principal.

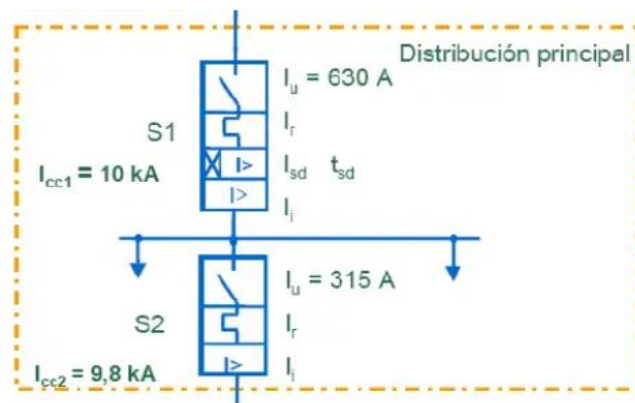


Figura 19: Zonas de comparación de selectividad

Fuente: Elaborado por EATON Electric, “información de selectividad”. 20209

En caso de la selectividad por tiempo (ver fig. 19), se utilizan interruptores automáticos con interruptores electrónicos, que tienen la selectividad y pueden equiparse con dispositivos de disparo instantáneos y de corta duración en caso de cortocircuito. El tiempo de retardo de interrupción debe establecerse de manera que el interruptor automático aguas abajo tenga tiempo suficiente para dispararse automáticamente. En este acontecimiento, el ensayo de selectividad se realiza utilizando las particularidades de impacto, cuyas curvas deberán guardar una distancia suficiente entre ellas para la posible intensidad de falla que afecten estos límites en el equipo, pudiéndose ajustar el movimiento según sea necesario. Se menciona esta clase de selectividad, pero no la usamos en nuestro estudio.

2.7.3 Selectividad energética

En este tipo de selectividad, el valor de referencia se usa para la energía que pasa por el circuito y no para la corriente. La energía de la barra a la que opera el interruptor automático inferior debe ser menor que la energía requerida para abrir completamente el interruptor automático superior.(Legrand, 2016).

En las Tablas del fabricante, la selectividad total está marcada con la letra T y la selectividad parcial tiene un valor denominado límite de selectividad.

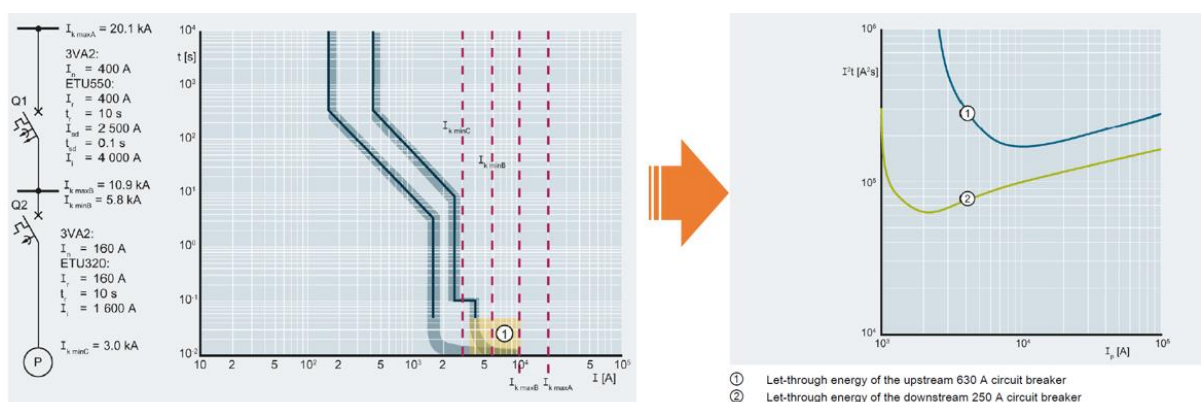


Figura 20: Selectividad energética

Fuente: Siemens, “Dispositivos de protección selectividad para interruptores automáticos”.2016

2.8 SISTEMAS AISLADOS DE BAJA TENSIÓN

El sistema eléctrico aislado es un sistema de distribución eléctrica no puesto a tierra aislado y a la vez son empleados generalmente para la protección de fallas producidos por la corriente en muchas áreas entre ellos como unidades cuidados intensivos (UCI), sala de partos, hospitalización y salas de operaciones (Bender IPP, 2020).

2.8.1 Sistemas eléctricos aislados en hospitales

El sistema eléctrico aislado se usa en las áreas importantes (clase 1), área de ambientes impregnados donde la falla de energía es inevitable y áreas de cirugía invasiva como quirófano, área de pacientes ambulatorios, cuidados especiales (adultos, niños y bebés), tratamiento coronario, zona de choque, sala de quemados y sala de cirugía invasiva (Sierra, 2018).

La necesidad de aislar circuitos en el quirófano

Desde el punto de vista de Sierra (2018), la resistencia entre el corazón del paciente y los órganos externos es de aproximadamente 1 mil ohmios.

- El umbral cognitivo adulto es una milésima de amperio. Esta corriente provoca una ligera sensación de hormigueo en las yemas de los dedos.
- Entre de diez y veinte milésimas de amperio, el ser humano tiene espasmos musculares y es más complicado soltar los electrodos.
- 50 miliamperios (0,050 amperios) externos de corriente causan dolor, posible desmayo y agotamiento.
- 100 mA provoca fibrilación ventricular.
- En un procedimiento médico invasivo, se perfora y entra la capa superficial protectora de la piel, las membranas mucosas y la córnea del paciente. Estas



formas quirúrgicas disminuyen la resistencia del cuerpo y, debido a que están "enchufadas" a equipos médicos, expone al paciente a corrientes muy reducido (de 50 a 100 μA) que son muy inseguro. Por supuesto, esto puede causar fibrilación ventricular, apnea o paro cardíaco.

Funcionamiento del circuito aislado de tierra

Según Vives y Nuño (2018), afirman que la electricidad busca cualquier terreno para completar el circuito, por lo que tomará el camino más corto y la resistividad más baja que a veces puede pasar a través de una persona. Imagine lo que le sucede a un paciente bajo anestesia, incapaz de tomar decisiones y realizar acciones de autoconservación.

El circuito aislado de puesta a tierra consta de tres componentes:

- Transformador de separación (aislamiento): Este es un transformador de devanados múltiples, los devanados primario y secundario están físicamente separados entre sí. Donde los conductores secundarios y excavado se acopla inductivamente al devanado primario. La fuente de alimentación y los cables se alimentan del sistema eléctrico puesto a tierra.
- Monitor de aislamiento de línea: es un equipo de medida diseñada para comparar constantemente la resistencia de cada cable portador de corriente en un circuito aislado, aislado de tierra, y equipado con un circuito incorporado para comprobar la alarma, a excepción de la intensidad de fuga peligrosa del sistema de aislamiento
- Sistema de puesta a tierra equipotencial: En unidades de cuidados intensivos, es complicado evitar que las corrientes no intencionales fluyan desde el cuerpo del paciente hacia cualquier objeto conectado a tierra o superficie metálica con la que el ser humano pueda entrar en contacto sin darse cuenta.



2.8.2 Esquemas eléctricos

Según el manual de catálogo ABB (2017), afirma que el grado de falla a tierra y consecuencias de tocar partes conductoras abiertas están estrechamente relacionados con la condición del conductor neutro del sistema eléctrico y los tipos de puesta a tierra del sistema.

Por lo tanto, es importante comprender el sistema de distribución de energía instalado para seleccionar un dispositivo de protección contra fallas a tierra adecuado. La norma internacional IEC 60364-3 utiliza una combinación de dos letras para clasificar los sistemas eléctricos.

- T = Tierra (terré)
- I = Aislado (isolé)
- N = Neutro (neutre)
- S = Separado (séparé)
- C = Combinado (comobiné)

2.8.2.1 Sistema IT

El manual y catálogo electricista por Schneider (2021) considera que en este sistema, el cable neutro está teóricamente aislado de tierra. De hecho, está naturalmente unido a tierra por la capacitancia parásita del cable de alimentación. Sin conexión a tierra o con conexión a tierra a través de una impedancia muy alta aproximadamente 1500 (neutro imperante) (ABB, 2017).

- Los conductores de fase y, si está disponible, también el conductor neutro de la fuente de tensión, están aislados a tierra en condiciones normales de funcionamiento, o están conectados a tierra por alta resistencia.

- Las partes conductoras expuestas que se conectan en la instalación se conectan a tierra individualmente o conjuntamente a través de un conductor de protección (junto).

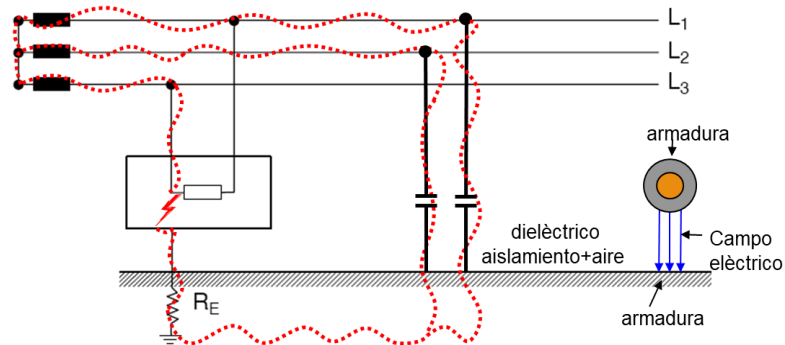


Figura 21: Sistema IT

Fuente: Elaborado por Schneider “manual y catálogo electricista”. 2021

Ventajas

- La avería debe ser simplemente señalizada, no desconectada (vigilante de aislamiento)
- Luego de la falla, el operador puede tomarse su tiempo para localizar la falla mientras la red permanece operativa.
- Alta disponibilidad y condiciones de suministro para ubicaciones peligrosas debido a la ausencia de arcos internos durante la primera falla.

Desventajas

- Dependiendo de las condiciones, en caso de segunda falla, el sistema pasa a ser un TN o TT, por ende, deben colocarse las protecciones adecuadas.

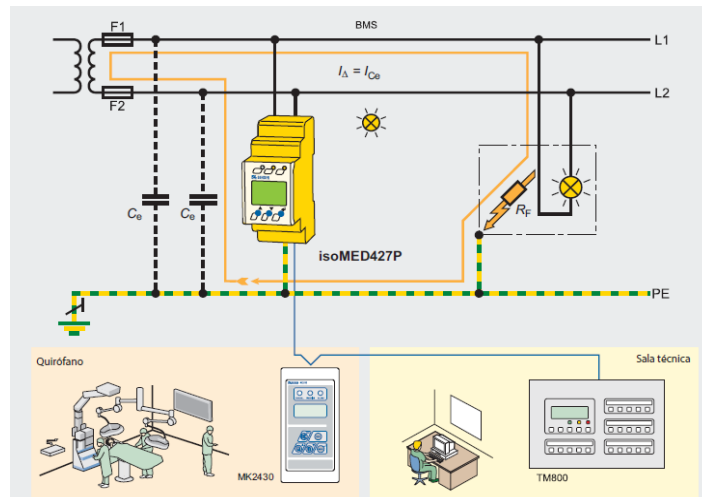


Figura 22: Falla de un Sistema IT

Fuente: Elaborado por Bender, “seguridad eléctrica en hospitales”. 2021

2.8.2.2 Sistema TN

En los sistemas TN, Neutral está directamente conectado al suelo, mientras que las partes expuestas están conectadas a la misma tierra neutral. Los sistemas eléctricos se pueden dividir en tres categorías, dependiendo de que si el cable es neutral y la protección se divide o no (ABB, 2017).

2.8.2.2.1 Sistema TN - S

De acuerdo a cuaderno técnico de ABB (2017), indica; si el conductor neutro está separado del conductor de protección.

- El conductor neutro está directamente conectado a tierra y las partes conductoras expuestas están conectadas al mismo cable de tierra que el conductor neutro.
- El cable neutro N y el conductor de protección PE están divididas.
- El cortocircuito no tiene efecto a tierra y se produce conectando los conductores de fase en serie con el conductor de protección.
- La corriente está limitada por la impedancia del bucle de defecto

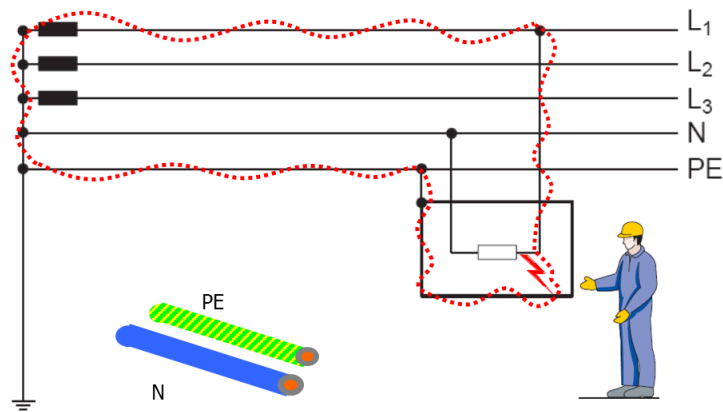


Figura 23: Sistema TN-S

Fuente: Elaborado por ABB “cuaderno de aplicaciones técnicas”.

Ventajas

- Las corrientes de falla son de alta intensidad.
- Dispositivos simples de protección como fusibles o interruptores automáticos pueden desconectar las fallas. (Pueden ser de relé electrónico o termomagnético).
- Para las cargas finales se colocan interruptores diferenciales.

Desventajas

- Se necesita 05 conductores en todo el sistema.
- Las Sub-Redes deben conmutar el conductor del neutro.
- A menudo se realizan erróneamente conexiones entre PE + N posterior a la instalación.

2.8.2.2.2 Sistema TN-C

Como señala en manual del catálogo ABB (2017), enfatiza que, por el contrario el hilo neutro se puede utilizar como conductor de protección. En este caso, está prohibido interrumpir el neutro, porque no se puede establecer un cortocircuito cuando se corta, por lo que el interruptor no funcionará y las personas no estarán protegidas.

- El punto neutro de la fuente de tensión está conectado directamente a tierra (electrodo de tierra del sistema).

- Desde el punto de alimentación hasta las cargas, la función PE+N se implementa a través de un conductor combinado.
- Tenga en cuenta que el PEN debe colocarse aislado en todo su recorrido, también en el interior de los tableros de distribución. Para razones mecánicas es obligatorio que la sección del conductor del PEN sea $\geq 10 \text{ mm}^2$ para cobre, y $\geq 16 \text{ mm}^2$ para aluminio.

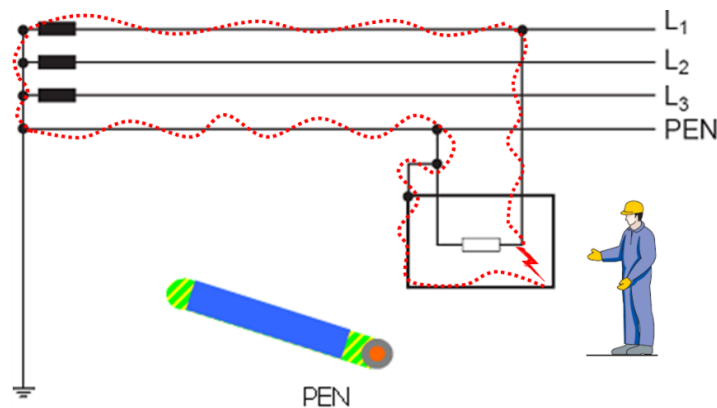


Figura 24: Sistema TN-C

Fuente: Elaborado por ABB “cuaderno de aplicaciones técnicas”.

Ventajas

- Las corrientes de falla son de alta intensidad
- Dispositivos simples de protección como fusibles o interruptores automáticos pueden desconectar las fallas, (pueden ser de relé electrónico o termomagnético)
- Se necesita 04 conductores en todo el sistema
- Solo se usan interruptores de 03 polos.

Desventajas

- El PE+N produce efectos no deseados y daños consecuentes peligrosos por corrientes parasitas (cargas de armónicos en este conductor).
- La corrosión en la construcción del edificio, la carga y posibles inflamaciones de las pantallas de los cables de datos, la interferencia y la corrupción de los paquetes

de datos por inducción, etc. Son algunos de los ejemplos de daños emergentes que puedes surgir.

- No se pueden utilizar interruptores diferenciales.

2.8.2.3 Sistema TT

Barrantes (2014), menciona utilizado en el caso de una falla a tierra (tocando cualquier tierra y conductor), el cortocircuito continúa pasando a través del cable de fase, cable de protección, tierra a tierra, tierra neutra y devanado secundario de la fuente de alimentación del transformador.

- El neutro de la fuente está directamente aterrado
- Las piezas conductoras expuestas están conectadas directamente a tierra.

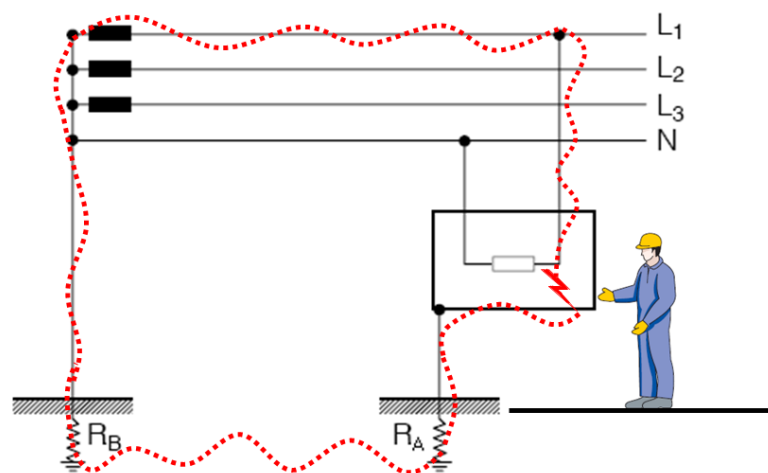


Figura 25: Sistema TT

Fuente: Elaborado por Schneider “manual y catálogo electricista”,2021.

Ventajas

- La corriente de falla es relativamente baja en comparación con el sistema TN.
- La parte conductora expuesta tomarán aproximadamente el mismo potencial eléctrico incluso en caso de cortocircuito, de modo que la tensión de contacto $U_T = 0 \text{ V}$.



- Un cortocircuito a una parte conductora expuesta ahora se convierte en un defecto a tierra y no en un cortocircuito, como en el sistema TN.

Desventajas

- Si se interrumpe el electrodo de tierra de la parte conductora expuesta, toda la corriente de falla fluiría a través del ser humano cuerpo.
- Típicamente, no se emplean ni fusibles ni interruptores automáticos.

2.9 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

De acuerdo a Norma IEC 60909 (2001), un cortocircuito se describe como una conexión de la menor resistencia o impedancia posible entre dos o más puntos en un circuito, generalmente a distintos voltajes. La corriente de cortocircuito se caracteriza por un rápido aumento y varias veces superior a la corriente nominal, en contraste con la corriente de sobrecarga, que se diferencia por un aumento continuo con el tiempo y un ligero exceso de la corriente eléctrica nominal.

El cálculo de cortocircuito simétricas y desequilibradas se realizó mediante el procedimiento especificado en la IEC 60909, del que derivaremos fórmulas que nos permitirán obtener resultados con el mínimo error. Con este procedimiento de cálculo, se aplica una fuente de voltaje equilibrada en el lugar de la falla.

Se calculan dos corrientes de cortocircuito de diferentes magnitudes:

- **La corriente máxima de cortocircuito** que fija la potencia o clasificación del equipo eléctrico.
- **La corriente mínima de cortocircuito** es la base para la selección de fusibles, configuración de protección.

Esta Norma Internacional también analiza una serie de suposiciones que simplifica los cálculos y se aplica a la mayoría de las configuraciones:



- Cortocircuito eliminado de cualquier transformador y suministrado en un punto desde la red eléctrica. (por lo que el cálculo solo debe considerarse en condición normal, no en caso de emergencia).
- La línea se evalúa como radial.
- Se supone que los valores de la fuente de voltaje y la impedancia de los dispositivos eléctricos son constantes,
- No se tienen en cuenta la capacidad de la línea y la conductividad en paralelo de componentes neutrales. Esto equivale a desviar la corriente que circula por los ramales que alimentan a los elementos neutrales y que están conectados en semejante con el ramal cortocircuitado.
- No se tienen en cuenta la resistencia de contacto ni la impedancia de cortocircuito.
- Cortocircuito en todos los polos simultáneamente si es multifásico.
- No se realizan cambios en el circuito mientras se ejecuta el efecto.

Suponga que las tomas del transformador están en la posición primaria. En tal caso, el método para el cálculo de la corriente de cortocircuito tal y como se define en la IEC 60909 se proporciona con las fórmulas acoplables (los apartados, figuras y Tablas mencionados forman parte de esta norma).

2.9.1 Fuente de voltaje equivalente.

La fuente de voltaje equivalente aplicada en el sitio de la falla es la única fuente operativa y todas las fuentes de alimentación de CA, síncrono y asíncrono se sustituyen por sus impedancias internas.

En fig. 26 da un diagrama unifilar de un sistema simple y su circuito equivalente.

La fuente de voltaje equivalente se define como $cU_n/\sqrt{3}$, el valor de c se ve en la Tabla 4 en el cual se proporciona dos valores, c_{max} y c_{min} según se necesita calcular la corriente máxima o mínima de cortocircuito.

Tabla 4: Tabla de factor tensión c

<i>Tabla de factor tensión c</i>		
<i>Factor de tensión c para el cálculo</i>		
<i>Tensión nominal</i> U_n	<i>Corriente máxima de cortocircuito</i> c_{max}	<i>Corriente mínima de cortocircuito</i> c_{min}
Baja tensión		
1V a 1000V (IEC 60038, Tabla I)	1.05 ³ 1.10 ⁴	0.95
Media tensión		
>1 kV a 35 kV (IEC 60038, Tabla III)	1.10	1.00
Alta tensión		
> 35 kV (IEC 60038, Tabla IV)		

- 1) $c_{max}U_n$ no debería exceder la tensión más alta U_m para equipos de sistemas de potencia.
- 2) Si la tensión nominal no está definida, se debe aplicar $c_{max}U_n = U_m$ o $c_{min}U_n = 0.90xU_m$
- 3) Para sistemas de baja tensión con una tolerancia de +6%, por ejemplo, sistemas renombrados de 380V a 400V.
- 4) Para sistemas de baja tensión con una tolerancia de +10%

Fuente: “Norma IEC 60909”, Comisión Electrotécnica Internacional.2017

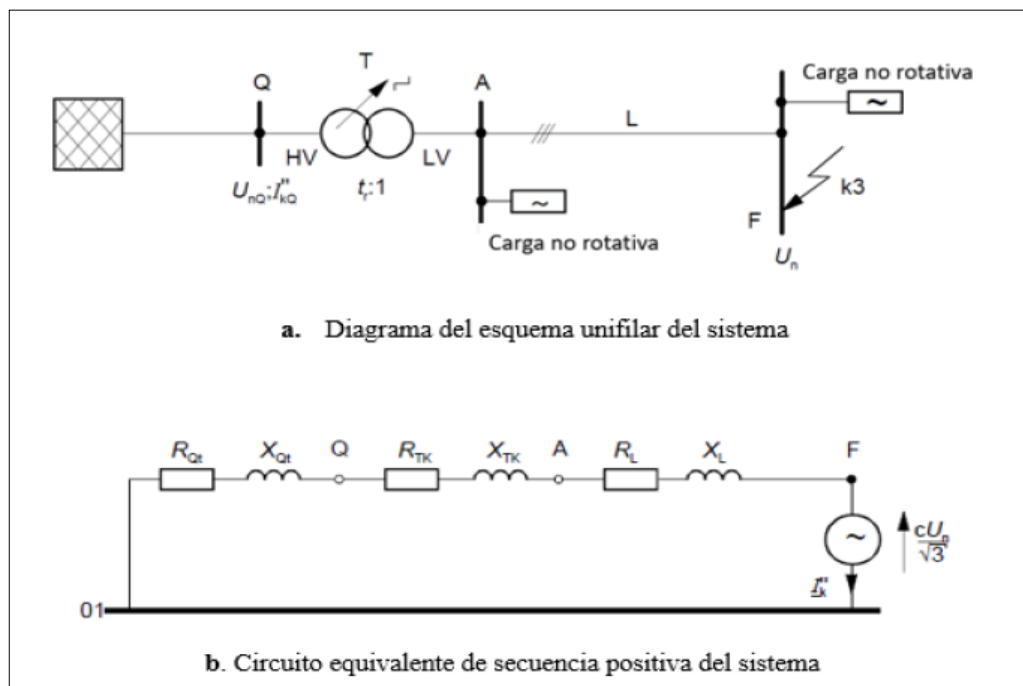


Figura 26: Cálculo corriente de cortocircuito simétrica inicial según el método de fuente de tensión equivalente.

Fuente: “Norma IEC 60909”, Comisión Electrotécnica Internacional.2017

2.9.2 Cálculo de las impedancias.

En las corrientes de salida en la cavidad de la red, transformador, línea aérea, la resistencia de cortocircuito de orden directo e inverso es la misma.: $Z_{(1)} = Z_{(2)}$.

2.9.2.1 Alimentadores de red

Si la falla trifásica de la figura 26a proviene de una red que conoce solo la corriente de cortocircuito simétrica inicial I''_{kQ} en el punto de conexión Q de la fuente de alimentación, por tanto, la impedancia equivalente $Z_{(Q)}$ de la red (impedancia de cortocircuito de secuencia (+) en punto de conexión del alimentador Q se determinara a partir de la fórmula:

$$Z_Q = \frac{cU_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}} \quad (1)$$

Fuente: Norma IEC 60909

Si R_Q/X_Q es conocido, por tanto, X_Q se calcula como:

$$X_Q = \frac{Z_Q}{\sqrt{1+(R_Q/X_Q)^2}} \quad (2)$$

Fuente: Norma IEC 60909

Si el cortocircuito según la fig. 26b es alimentado por el transformador, cuando solo se conoce la corriente de cortocircuito simétrica inicial I''_{kQ} en el lugar de conexión de alimentación Q, por lo tanto, la impedancia de cortocircuito de secuencia directa es equivalente z_{Qt} enlazada al lado de BT del transformador vendrá dada:

$$Z_{Qt} = \frac{cU_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I''_{kQ}} \cdot \frac{1}{t_r^2} \quad (3)$$

Fuente: Norma IEC 60909

El software establecerá la relación de resistencia de la red y la reactancia Inductiva que tendrá en consideración en los cálculos. $R_{Qt}/X_{Qt} = 0.2$, por lo tanto:

$$X_{Qt} = \frac{Z_{Qt}}{\sqrt{1+0.04}} = 0.9806Z_{Qt} \quad (4)$$

Fuente: Norma IEC 60909

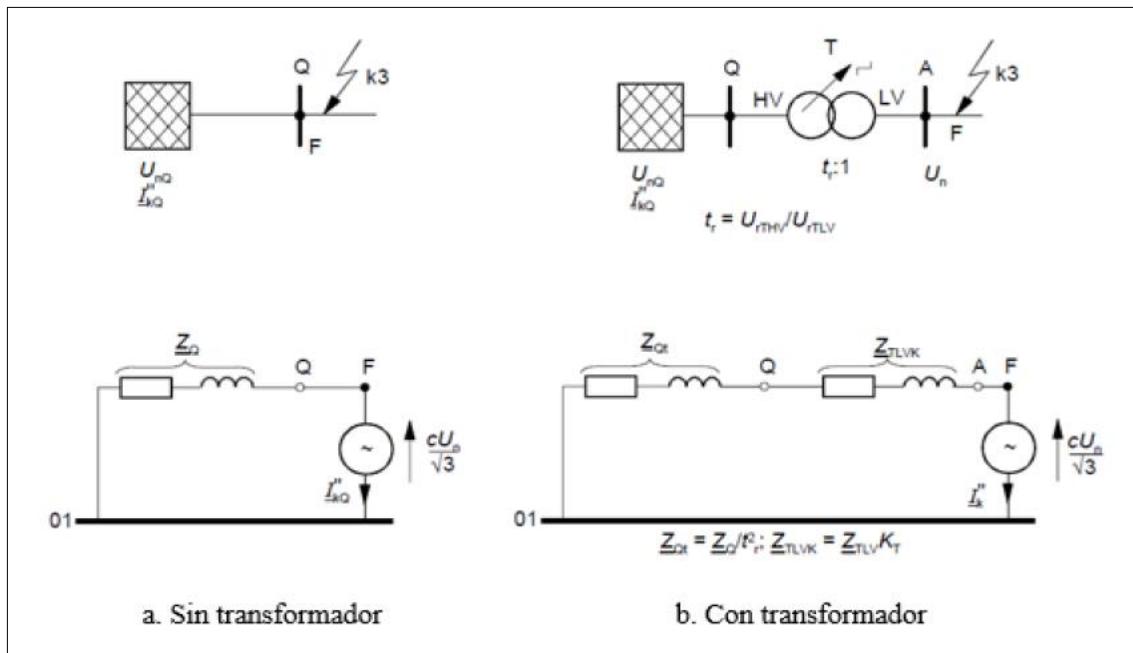


Figura 27: Diagrama de sistema y del circuito equivalente para alimentador de red
Fuente: “La norma IEC 60909”, Comisión Electrotécnica Internacional.2017

2.9.2.2 Transformadores

La impedancia de cortocircuito de secuencia (+) de un transformador de devanado $Z_T = R_T + jX_T$ con y sin el transformador bajo carga se puede calcular a partir de la clasificación del transformador de la siguiente manera:

$$Z_T = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \quad (5)$$

$$R_T = \frac{u_{Rr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = P_{krT} \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}^2} \quad (6)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (7)$$

Fuente: La norma IEC 60909

2.9.2.3 El factor de impedancia del transformador de la red

Para los transformadores de doble o dos devanados con y sin acoplador de devanada conectado, se debe usar un factor de corrección K_T a la impedancia examinada de acuerdo a las ecuaciones (5) a (7): $Z_{TK} = K_T Z_T$ donde; $Z_T = R_T + jX_T$.

$$K_T = 0.95 \frac{c_{max}}{1+0.6x_T} \quad (8)$$

$$x_T = X_T \frac{S_{rT}}{U_{rT}^2}$$

Fuente: La norma IEC 60909

Y c_{max} de Tabla 4 está enlazado con el voltaje nominal de la línea conectada al lado de BT del transformador de línea.

2.9.2.4 Las líneas y cables

La impedancia de secuencia positiva $Z_L = R_L + jX_L$ se calcula desde los datos del conductor, el diámetro del conductor y la distancia de centro a centro.

La resistencia

Resistencia efectiva por unidad de longitud de línea y cable R'_L una temperatura del cable de 20 °C se puede calcular a partir del diámetro nominal q_n y la resistividad ρ :

$$R'_L = \frac{\rho}{q_n} \quad (9)$$

Fuente: La norma IEC 60909

Se pueden utilizar los valores de resistividad a 20°C: para el cobre $\rho = 1/54 \Omega mm^2/m$ y para el aluminio $\rho = 1/34 \Omega mm^2/m$

Para temperaturas de cable más altas, utilice la siguiente fórmula:

$$R'_{Lt} = [1 + \alpha (\theta_e - 20^\circ C)]. R'_L \quad (10)$$

Fuente: La norma IEC 60909

Donde:

R'_L Resistencia a una temperatura de 20 °C

θ_e Temperatura del conductor en grados Celsius al final de la duración del cortocircuito.

α Factor igual a 0.004/K, válido con suficiente precisión para cobre, aluminio y aleación de aluminio.

La Reactancia

La Resistencia por unidad de longitud R'_L para líneas aéreas se puede calcular haciendo la conversión, partir de:

$$X'_L = 2\pi f \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{1}{4n} + \ln \frac{d}{r} \right) = f\mu_0 \left(\frac{1}{4n} + \ln \frac{d}{r} \right) \quad (11)$$

(Fuente: La norma IEC 60909)

Donde:

$d = \sqrt[3]{d_{L1L2} \cdot d_{L2L3} \cdot d_{L3L1}}$ Distancia media geométrica entre conductores o el centro de los haces.

r Radio de un solo conductor. En el caso de paquetes conductores, r se sustituye por $r_b = \sqrt{nrR^{n-1}}$, donde R es el radio del paquete (ver IEC 60909-2)

n Número de conductores agrupados; para conductores individuales $n = 1$.

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} H/ms$

Para conductores de baja tensión, el valor aproximado se puede considerar de

$$X'_L = 0.09 \Omega/Km$$

2.9.3 Cálculo de corrientes de cortocircuito.

2.9.3.1 Cortocircuito trifásico

Para el cortocircuito distanciado de generador alimentado desde una fuente, la corriente de cortocircuito I''_k se calcula desde la ecuación (14) con la fuente de voltaje equivalente $cU_n/\sqrt{3}$ en el lugar de la falla y la impedancia de falla $Z_k = R_k + jX_k$.

Donde:

$$R_k = R_{Qt} + R_{TK} + R_L \quad (12)$$

$$X_k = X_{Qt} + X_{TK} + X_L \quad (13)$$

(Fuente: Norma IEC 60909)

$$I_k'' = \frac{cU_n}{\sqrt{3}Z_k} = \frac{cU_n}{\sqrt{3}\sqrt{R_k^2 + X_k^2}} \quad (14)$$

(Fuente: La norma IEC 60909)

Esta corriente es la corriente de falla máxima, por lo que el valor utilizado $c = c_{max}$

2.9.3.2 Cortocircuito línea a línea

En el escenario de una falla entre fases (línea a línea), el corriente de cortocircuito inicial I_{k2}'' se calcula mediante la fórmula:

$$I_{k2}'' = \frac{cU_n}{|Z_{(1)} + Z_{(2)}|} = \frac{cU_n}{2|Z_{(1)}|} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_k'' \quad (15)$$

(Fuente: La norma IEC 60909)

El corriente obtenido es la corriente mínima de cortocircuito y por lo cual se usa el valor $c = c_{min}$

2.10 PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR EL INTERRUPTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA AISLADO

Desde el punto de vista de Salazar (2020), al seleccionar el interruptor principal para sistemas aislados del dispositivo de tablero principal del sistema eléctrico, se toma en cuenta los valores:

- Corrientes asignada o normal.
- Tensión de operación.
- Capacidad de ruptura.

Para el interruptor principal la corriente nominal deriva del transformador de distribución del lado de BT, luego determina la corriente de línea partiendo la potencia aparente del transformador por la tensión del sistema. La tensión o voltaje de operación se selecciona con el voltaje nominal del sistema en que se instalara el interruptor principal y se ajustara de acuerdo al voltaje nominal del devanado secundario del transformador.

Por lo tanto, para calcular este valor se requiere el poder de corte, que es el corriente máximo que el interruptor interrumpa en el mismo tiempo. En el párrafo anterior vimos cómo calcular la corriente máxima de cortocircuito, información que nos ayudará a elegir el poder de corte del interruptor principal, este valor debe ser mayor que la corriente de cortocircuito calculada.

La figura 28 muestra el poder de corte o ruptura del interruptor automático bastidor abierto 3WA1 según el tamaño de la envolvente I, II o III, la tensión nominal de funcionamiento. Para el estudio se seleccionó un disyuntor de tamaño 2500A con una capacidad de corte o de ruptura de 55 kA a un voltaje establecido de 415 VAC.

Sinopsis

Tamaño I Tamaño II Tamaño III

Interruptores automáticos abiertos

Interruptores automáticos/interruptores-seccionadores abiertos 3WL para AC hasta 6300 A, IEC

Tamaño	I, II, III		
Intensidad asignada I_n	A	630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000, 5000, 6300	
Número de polos		3 polos, 4 polos	
Tensión asignada de empleo U_e	V AC V DC	... 690/1000/1150 --	
Poder asignado de corte último en cortocircuito con 500 V AC	kA	Tamaño I 55/66/85	Tamaño II 66/80/100
			Tamaño III 100/150 (3 polos), 130 (4 polos)

Figura 28: Datos para la selección de interruptor principal

Fuente: Manual de catálogo Siemens, 2020

2.11 PROCEDIMIENTO PARA VERIFICAR LA SELECTIVIDAD EN EL TABLERO.

Hay dos maneras de verificar la selectividad de los dispositivos en los tableros; la una mediante las Tablas del fabricante y el otro mediante comparación de curvas características de disparo. Vemos que el paso 1, la selectividad, se refiere a las Tablas de

selectividad brindadas por el fabricante, en este caso Siemens. En la mayor parte de los acontecimientos, la selectividad del interruptor automático común (superior) suele evaluarse en relación con el interruptor automático de corriente residual (inferior) que tiene una corriente nominal más alta que todos ellos. Como se indicó anteriormente, se garantizará la selectividad total (T) para cualquier valor de corriente de cortocircuito hasta el valor máximo en la barra del tablero; si esto no se puede revisar, la selectividad es una fracción hasta un cierto valor en kA (kiloamperios) que es el límite de selectividad.

Tabla 5: Tablas de selectividad 3WA1-2500 A con 3VA2-400A

SIEMENS AG				upstream air-circuit breaker 3WL1)1																
for 230/400 resp. 240/415 V AC				line protection																
				trip unit		ETU25B / ETU27B														
				I_{cu} [kA]		55 / 66 / 80 / 85 / 100 / 130 /														
		Trip unit	Frame size	I_n (A)	1000	1250	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500			
			I_{cu} (kA)																	
starter protection	ETU310M	1000 A	400 A	250	T	T			6.9	9.6	15	26			T	T	T	T		
			630 A	400	T	T						22	33	62		T	T	T		
			1000 A	630											21	39	58	69		
	ETU310M	160 A	160 A	25					6.5	10	13	21	40	84		T	T	T	T	
			40		T	T														
			63																	
			100																	
	ETU310M	250 A	160	110	T	T	4.6	6.4	11	17	28	55			T	T	T	T		
			250		T	T			5.5	6.9	9.6	15	26			T	T	T	T	
			400		T	T						47				T	T	T	T	
ETU310M	630 A	630 A	110	T	T						22	33	62		T	T	T			
		400		T	T										T	T	T			

Fuente: Siemens, Tablas de selectividad. 2020

A fin de interpretar o entender estas Tablas de selectividad, vamos el ejemplo que en tenemos un interruptor automático de bastidor abierto de 3x2500 A del desarrollo anterior y el otro interruptor automático de caja moldeada también llamada MCCB de 3x400 A. En la Tabla 5, se aprecia que la fila arriba (superior) un bastidor abierto 3WA1 con la unidad de actuación electrónico ETU27B (interruptor en la cabecera) y la columna de la parte izquierda de la Tabla es un interruptor de caja moldeada también conocida como MCCB de tipo 3VA2, de las unidades de actuación electrónico ETU (interruptor de derivado aguas abajo). Para el interruptor 3WA1 se visualiza que, en cada columna del

rectángulo color rojo vertical de la parte superior, se ve el valor de corriente nominal 1250, 1600, 2000 y 2500 Amperios y se observa la letra “T” que significa selectividad total del interruptor automático 3VA2 400 A. Por otro lado, para el interruptor 1250 A, se indica el número "62", lo que significa que es selectivo en kA, que es parcialmente selectivo, lo que indica que su límite es 62 kA.

2.12 HERRAMIENTA DE SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE LA SELECTIVIDAD TOTAL.

Para el desarrollo de la selectividad y coordinación de los dispositivos de protección y otros cálculos como caída de tensión, dimensionamiento de conductores del circuito, etc. El fabricante de equipos eléctricos brinda un software de diseño de diagramas unifilares denominado Simaris Design advanced v.11,0 (Simaris Suit) de Siemens ver Fig. 29. En el cual se configura los parámetros del sistema, como tipo de tensión tanto de media como de baja tensión. Después de determinar dichos parámetros, se realiza el diseño o el dibujo correcto del sistema de distribución de todo el proyecto mediante la instalación de dispositivos de protección, conexiones o salidas (ya sean transformadores, barras de los tableros o cables) y la última es la potencia del receptor (podemos suponer que es la máxima demanda). Gracias a su biblioteca, el programa puede configurar diferentes tipos de dispositivos según el requerido (interruptores automáticos, fusibles, guardamotores) y, con la ayuda de las curvas de actuación con sus regulaciones, ajustar los valores de corriente, así lograr y garantizar la selectividad a través de las curvas de actuación sin solapamiento. En primer lugar, permite visualizar en la misma gráfica los valores máximos y mínimos de cortocircuito de los tableros, así como los parámetros del dispositivo, caída de tensión y corriente de corto en la barra. Lo más fundamental de este software es los informes que genera, como ejemplo, genera un informe de corrientes de cortocircuito de cada tablero y circuito en una hoja Excel, así

como también la lista de dispositivos, clasificado para distribución, la caída de tensión, planos de diagrama unifilar en los formatos (DWG Y PDF) y por último genera un documento en formato Word que muestra un informe detallado de la selectividad, las curva de actuación entre el interruptor definido aguas arriba y aguas abajo, con las regulaciones relacionadas (térmica, magnético, neutro, LSI, esto permite verificar la selectividad total).

El software es de uso común para empresas que desarrollan expedientes de proyectos de instalaciones eléctricas con gran envergadura, donde es necesario emplear la selectividad, planificadores e instaladores de tableros deben familiarizarse con la selectividad y coordinación de protecciones. El software está libre en el sitio web, solo requiere registrarse para una descarga gratuita con una licencia.

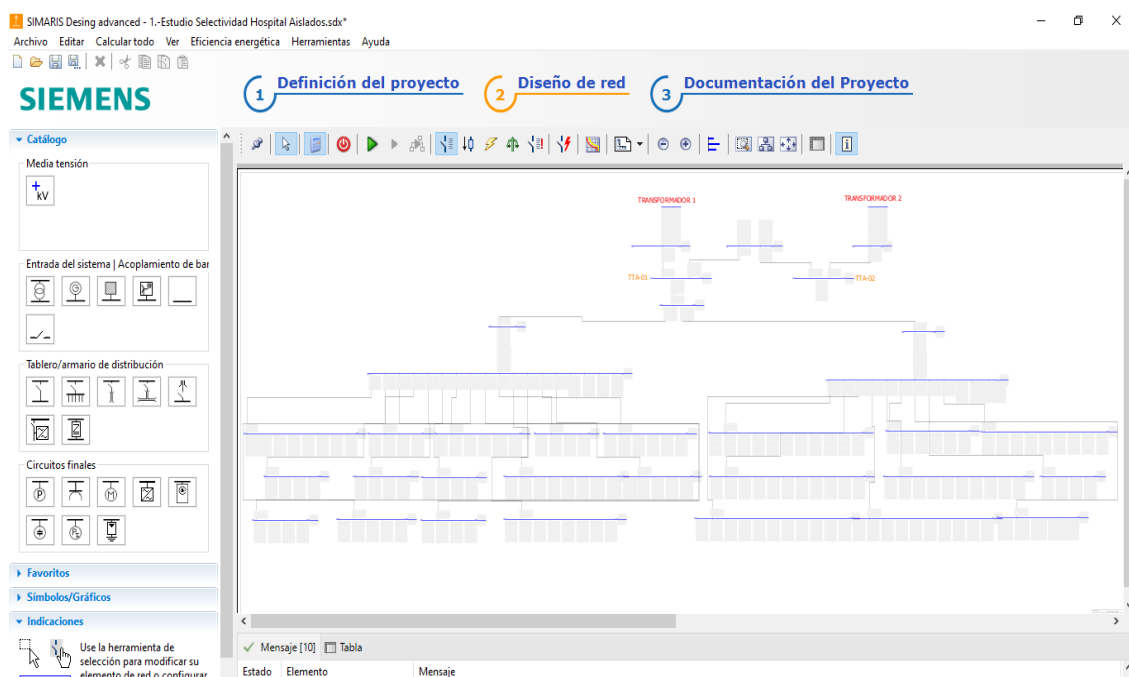


Figura 29: Software de estudio - Simaris Design advanced v.11.0

Fuente: <https://www.siemens.com/global/en/products/energy/medium-voltage/simaris.html>

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

3.1.1 Ubicación geográfica

El presente estudio de selectividad y coordinación de protecciones en sistemas aislados en baja tensión, se realizó en la nueva construcción del hospital Regional Hipólito Unanue, en la intersección de las calles Daniel a. Carrión y Blondel, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna y Departamento de Tacna, con las coordenadas de universal transversal de Mercader - UTM, 19L, 367119.83 m E, 8007660.62 m S con una altitud de 552 msnm.



Figura 30: Ubicación geográfica del hospital Hipólito Unanue de Tacna.

Elaboración propia

Nota: Ubicación geográfica del proyecto en Google Earth Pro.



3.2 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Tipo de investigación

La presente tesis, es tipo de investigación descriptivo-comparativo de corte transversal, ya que se enfoca en recopilar datos, organizarlos y analizarlos con software para poder comprenderlos, para ello se utiliza una hipótesis, es decir, que se plantea una suposición sobre un determinado hecho como es un corriente de cortocircuito, el cual se usa técnicas estadísticas para dicho contrastación, luego interpretar los datos obtenidos y corroborar el análisis en el estudio realizado (Huaire, 2019).

A su vez, corresponde a una investigación cuantitativa porque realiza con los datos como cálculos justificativos y diagrama unifilar del expediente saldo de obra. De acuerdo (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018) indica que estos estudios explican las características de elementos, objetos o cualquier fenómeno es doblegado a un análisis.

3.2.2 Metodología de investigación

La presente investigación es no experimental, de método hipotético deductivo – observacional, teniendo conocimiento de diagramas unilares del expediente saldo de obra instalaciones eléctricas sistemas aislados, cálculos justificativos, y especificaciones técnicas. En este método, las hipótesis son puntos de partida para nuevas deducciones (Behar, 2010).

Se llevan a cabo cálculos de verificación de varios circuitos principales correspondientes al sistema, por ejemplo, el cálculo de las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas. Seguidamente se efectúa los cálculos en el programa Simaris Design advanced v.11.0, para la comprobación general del sistema.

Finalmente, se realiza la selectividad y coordinación de los dispositivos de protección con la ayuda del software, tomando las consideraciones de cálculos analíticos y se obtiene un el selectivo total.



3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 Población y muestra

Población:

Veintinueve tableros de distribución emergencia de equipo médico (sistemas aislados) del expediente saldo de obra de instalaciones del hospital Hipólito Unanue - Tacna.

Muestra:

La muestra tomada para esta investigación son tableros en áreas de suma importancia y críticas en el hospital; unidad de cuidados intensivos, quirófanos y hospitalización.

Tomando el criterio que, en estas áreas se encuentran diferentes equipos biomédicos, los mismos que merecen especial atención y contante funcionamiento para su implementación, ya que requieren condiciones específicas que ayuden a un continuo servicio de funcionamiento de servicio eléctrico.

3.4 LIMITACIONES DE ESTUDIO

3.4.1 Alcances

En el ANEXO 21 ilustra el diagrama unifilar simplificado de los tableros donde precisa las limitaciones del estudio de selectividad y coordinación de protecciones en sistemas aislados de baja tensión, del expediente saldo de obra del hospital Regional Hipólito Unanue – Tacna, para realizar la ensayo de simulación y selección de dispositivos de protección, teniendo en cuenta que el sistema aislado en estudio se encuentra interconectada con los diferentes sistemas de instalaciones eléctricas del hospital

3.4.2 Limitaciones

En este estudio de selectividad y coordinación de protecciones, se obvian los otros tableros de distribución, subtableros del diagrama unifilar general del hospital, solo se considera los tableros que corresponden al sistema aislado (ambientes de unidad de cuidados intensivos, quirófanos y hospitalización), para realizar los análisis de selectividad total, ya que se trata de un estudio de investigación no experimental.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1 Procedimiento de recolección de datos

Se describe el procedimiento que se optó para realizar el estudio de selectividad y para coordinación de protección de los dispositivos de baja tensión, para ello se consideró los siguientes pasos:

- **Recopilación y verificación de la información**, en la cual se revisó las especificaciones técnicas de los dispositivos de protección, determinación de diagramas unifilares para la lista de tableros y memoria de cálculo del expediente técnico de saldo de obra del hospital Hipólito Unanue de Tacna.
- **Cálculo de corrientes de cortocircuito**, en el cual, se realizó el cálculo de valores de cortocircuito analítico (manualmente) considerando la norma IEC 60909 método de impedancias, y el resultado obtenido del software Simaris Design advanced 11.0 y los valores de cortocircuito definidas en el plano de diagrama unifilar del expediente. Posteriormente, se efectuó la comparación entre estos tres.
- **Diseño optimizado**, en donde se verificó la selección de equipamiento eléctricos con Tablas de selectividad de la marca siemens, luego se efectúa el análisis y coordinación de la selectividad total de los dispositivos de protección, considerando el software Simaris Design advanced v.11.0 profesional de Siemens, y finalmente se determina la lista de equipamiento final.

- **Rentabilidad económica**, en donde se determinarán según los resultados obtenidos del equipamiento final del diseño optimizado y con la selección de interruptores automáticos definidos en el plano de diagrama unifilar del expediente.

El cálculo del nivel de corriente de cortocircuito tiene por objeto determinar las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas para la topología de red establecida para el funcionamiento normal del área de impacto del proyecto. Los resultados le permiten configurar dispositivos de protección y evaluar la capacidad del corte en los interruptores automáticos.

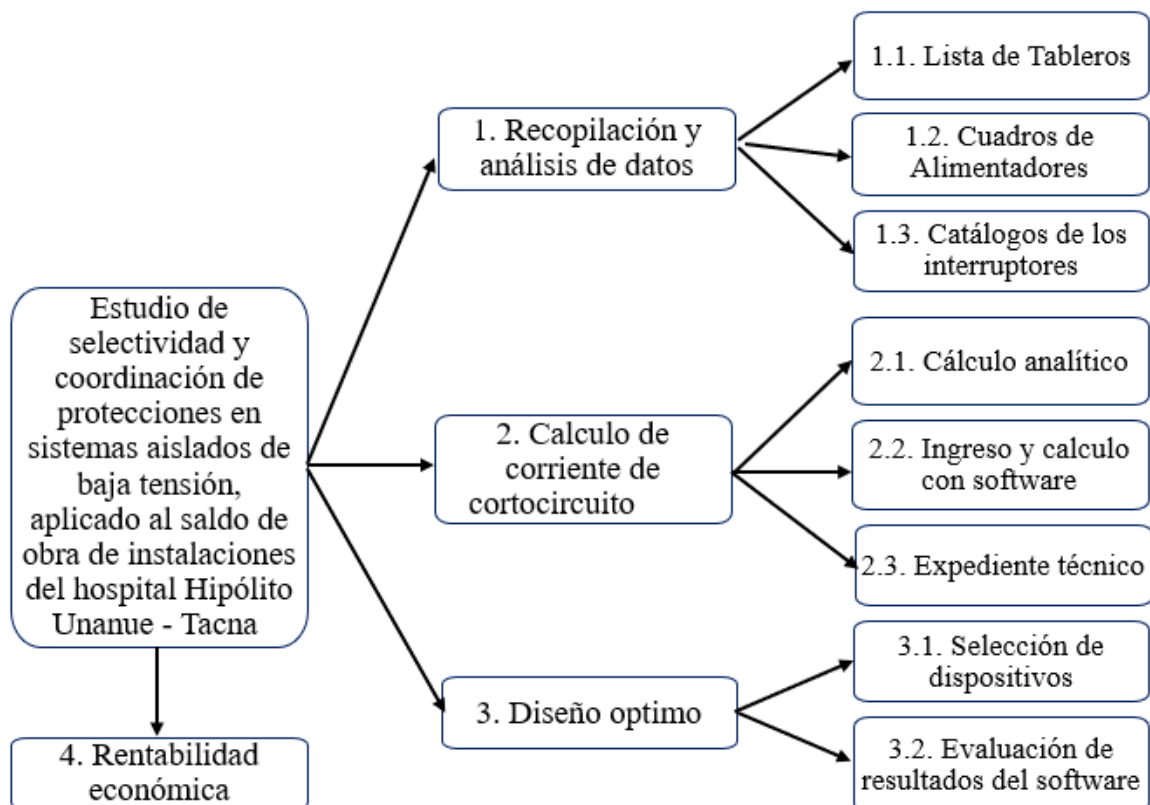


Figura 31: Procedimiento de recolección de datos

Elaboración propia

Nota: Diseño metodológico de la investigación para el desarrollo del estudio

3.5.2 Procesamiento y análisis de datos

El análisis de la información consiste en observar cada parte de un proyecto, donde se tiene en cuenta la información proporcionada por diseñador del expediente, tanto los

diagramas unifilares como cálculos justificativos y especificaciones técnicas. Así como también los catálogos de Siemens para la posterior selección de los interruptores automáticos adecuados en función de la corriente de cortocircuito de cada barra, incluyendo las curvas de actuación para la actuación ante este tipo de defecto.

Los siguientes paquetes informáticos se utilizaron para procesamiento y análisis de datos:

- Expediente técnico de saldo de obra del hospital Hipólito Unanue de Tacna.
- SIMARIS Desing advanced v.11.0.1
- Software Autodesk (AutoCAD 2018)
- Google Earth Pro
- Hoja de cálculo de Microsoft office Excel 2016
- Microsoft office Word 2016
- Software Minitab Statistical
- Otros.

3.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 6: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Selectividad	La selectividad es la correcta coordinación de dispositivos de protección, de modo que, ante un efecto eléctrico, la protección inmediata aguas arriba proteja su instalación eléctrica, manteniéndose la continuidad de servicio.	El ajuste del interruptor automático depende de la fuente de alimentación y del comportamiento de los dispositivos y equipos de la aparamenta en todas las condiciones de funcionamiento, temporales o permanentes.	Corriente permanente nominal Selección de dispositivo	corriente: (mA, A)	Numérico

(Continuación...)	Un nivel de cortocircuito es un aumento repentino de la intensidad de corriente en una instalación eléctrica, provocando la cancelación parcial o total de la resistencia en el circuito.	Se pretende determinar el poder de corte de los interruptores necesarios en diferentes partes de la instalación de aislamiento del sistema, por lo que frecuentemente se realizan cálculos de cortocircuito.	Poder de ruptura		
Niveles de corto circuito			Cortocircuito máximo	Corriente de falla: (kA,)	Numérico
			Corriente de corta duración admisible		

Elaboración propia

Nota: Operalización de variables selectividad y niveles de cortocircuito

3.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.7.1 Recopilación y verificación de la información

Para recopilación y verificación de la información incluye el cotejo y la verificación de cada porción del proyecto, por lo que se cuestiona la información proporcionada por diseñador del proyecto, tanto los diagramas unifilares como los cálculos justificativos y especificaciones técnicas, así como el catálogo del fabricante Siemens. En cuenta, para luego seleccionar el interruptor automático adecuado de acuerdo con la corriente de cortocircuito de cada barra y el interruptor a operar en caso de falla.

3.7.1.1 Tableros con valores de cortocircuito del diagrama unifilar

Al evaluar el esquema de un diagrama unifilar del sistema aislado, se consideró todos los tableros en las que necesitamos aplicar selectividad más allá de los valores de cortocircuito requeridos en un diagrama unifilar.

Luego representamos a los tableros ordenados por plano y su cantidad en los planos, previamente se informa que en la selectividad no se consideró los tableros de sistema de fuerza, tableros de sistemas informáticos, tableros de tensión normal. Solo se



tomó en cuenta los tableros correspondientes a los sistemas aislados (sala de cuidados intensivos, quirófanos y hospitalización) se observa en el ANEXO 4.

3.7.1.2 Cuadro de alimentadores

El cuadro de alimentadores de los tableros TGN, TGE, STGE.EM-S.1, STGE.EM-S.2, TE.EM.2P.1, Y TE.EM.2P.1. Estos tableros podemos apreciar en los ANEXOS 5,6,7,8,9 y 10, se aprecia datos necesarios para el estudio como la demanda máxima, longitud del conductor, la sección del cable o del conductor, la corriente nominal, estos datos fueron muy importantes para determinar el nivel de error verdadero que tendrá cada barra tanto en el interruptor general como en el derivado. Finalmente, se evaluó la caída de voltaje de cada línea. Como decisión final, se informa que la longitud hasta el final de la carga o Tabla típica como longitud de referencia es de 20 metros.

Estos datos de longitud de cable se ingresaron como un parámetro de cálculo en el software de diseño Simaris para así determinar el nivel de error en cada nivel de configuración.

3.7.1.3 Catálogos de los interruptores

Se presentó una lista de dispositivos a utilizar en el proyecto de instalación eléctrica, en particular se dividió en tres grupos:

- Interruptores de bastidor abierto (ACB)
- Interruptor de caja moldeada (MCCB)
- Interruptor Riel DIN (MCB)

Por lo tanto, más adelante se obtiene la lista inicial de interruptores automáticos, teniendo en cuenta el dispositivo óptimo y los valores sugeridos de los niveles de cortocircuito y luego se evaluó la selectividad según el catálogo del fabricante Siemens.



3.7.1.3.1 Interruptores de bastidor abierto (ACB)

Se utilizó principalmente como interruptor general para corrientes grandes de 800A a 6300A; y con altísima capacidad de cortocircuito 65, 85, 100 y 150 kA. El interruptor automático dispone de relé electrónico con protección LSIG, así como protección diferencial con toroidal externo adicional. Estos interruptores están equipados con relés electrónicos que permiten la selección de zona y la selección de zona direccional. En este tipo de disyuntor tendremos disyuntor de 3WA bastidor abierto con diferentes tamaños, desde el tipo I hasta el tipo III, de 630 hasta 6300 amperios. Como se muestra en el ANEXO 11, la capacidad de disparo puede variar de 55 kA a 150 kA a 380/220 V.

Podemos usarlo como interruptor de potencia, Split, conexión y bypass en instalaciones eléctricas. También para maniobrar e inmovilizar equipos quirúrgicos, motores, capacitores, transformadores, embarrados y cables.

Características principales

- Tienen tamaños compactos.
- Son modulares.
- Módulos para unidades de disparo.
- Funciones de comunicación.

3.7.1.3.2 Interruptores de caja moldeada (MCCB)

También hay disyuntores de caja moldeada (MCCB) que se sabe que se utilizan como disyuntor principal o auxiliar del tablero principal o disyuntor principal del tablero secundario con corriente nominal de 16 hasta 1600 A y capacidad de cortocircuito. El intermedio es 15, 25, 36, 55, 65, 85, 100 kA. Interruptor automático de caja moldeada

MCCB con protección termomagnética y protección de polarización con toroidal externo adicional.

Interruptor de caja moldeada. Marca: Siemens, modelo: 3VA

Para este interruptor automático de caja moldeada, se seleccionó las series 3VA1 con protección térmica y 3VA2 con protección electrónica. Más adelante, se ve las características comunes de estas dos familias de interruptores. La serie 3VA incluye dos MCCB en cinco tamaños, dependiendo de la intensidad de su uso.

3.7.1.3.2.1 Interruptores automáticos de caja moldeada 3VA1

Los interruptores automáticos de MCCB de 3VA1 realizan todas las funciones necesarias para proteger las líneas de forma fiable, se fabrican según el tamaño de 1 a 4 polos y están diseñados para corrientes nominales de 16 a 630 A y capacidad de corte de hasta 70 kA. Todos tienen calentadores de liberación magnética fijos y ajustables contra sobrecargas y cortocircuitos para protección. Se observa en ANEXO 12 sus características.

Particularidades principales:

- Diseño extremadamente compacto
- Capacidad de corte de 16 kA a 70 kA a 415 V para interruptores automáticos de 3 o 4 polos.
- Conservan sus propiedades a una temperatura de operación hasta 50 °C
- Disponer accesorios modulares en su interior de fácil instalación.

3.7.1.3.2.2 Interruptores automáticos de caja moldeada 3VA2

Los interruptores automáticos de MCCB de 3VA2 brindan una protección de línea confiable y una disponibilidad óptima del sistema en infraestructuras industriales, hospitales, aplicaciones que requieren un mayor rendimiento, como una capacidad de disparo superior a 150 kA a 415 V y tiene un rendimiento muy bueno. Para la protección



selectiva disponen de relés electrónicos. Además, tienen funciones de medición incorporadas y están conectados a sistemas de comunicación para varios protocolos (consulte el ANEXO 13 y 14).

Particularidades principales:

- Diseño extremadamente compacto
- Capacidad de ruptura de 55 hasta 150 kA de 415 V para interruptores automáticos de 3 o 4 polos.
- Utilizar protección selectiva con un factor de 1 a 2,5.
- Hay una aplicación de monitoreo de fallas a tierra.
- Con funciones integradas de medida y comunicación, configurable para ETUs Serie 5 y 8.
- Conservan sus propiedades a una temperatura de funcionamiento de 50 °C.
- Equipado con un interruptor electrónico para protección selectiva del MCCB combinado con otros dispositivos de seguridad como fusibles de baja tensión.

3.7.1.3.3 Interruptores riel DIN (MCB)

Disyuntor de riel DIN (MCB) también llamado interrupto de miniatura, se utilizó como disyuntor secundario de distribución con corriente nominal de 1 hasta 125 amperios y con capacidades intermedias de cortocircuito de 6, 10, 15, 25 kA. Estos garantizan la seguridad eléctrica en edificios o infraestructuras, así como aplicaciones industriales para proteger de sobrecargas y cortocircuitos, por lo cual, como resultado, protegen de manera confiable los sistemas y equipos eléctricos contra deterioro. Los interruptores de riel DIN son total o parcialmente selectivos, mientras que los interruptores de caja moldeada se montan en pisos más altos. Se observa en ANEXO 15.



Unidad de protección termomagnética

- Relé térmico fijo.
- Relé termomagnético fijo.
- Los dispositivos de clase B están diseñados para corrientes de cortocircuito de 3 a 5 veces la intensidad nominal (I_n). Por ejemplo, apagar 10A antes de un error disparará 30-50 A.
- El equipo de clase C está clasificado para 5 a 10 operaciones (ante un cortocircuito se disparará en 50-100 A para un dispositivo de 10 A).
- El equipo clase D está diseñado para disparar a 10-20 veces en (ante un cortocircuito se dispara en 100-200 A para un dispositivo de 10 A).

Para nuestro estudio en diseño preliminar, se utilizó las series 5SL4 y 5SL6, según lo que vemos en el diagrama unifilar, que requiere un acabado a 18 kA a 415 VAC requeridos por este proyecto, las corrientes de 16 A, 20 A, 25 A, 32 A y 40 A utilizó el interruptor 5SL4.

3.7.2 Comparación de corrientes de cortocircuito

3.7.2.1 Cálculo de corrientes de cortocircuito analítico

En esta etapa, se utilizó las fórmulas de la norma IEC 60909 para calcular la corriente de cortocircuito aplicable al proyecto, en las barras del tablero general de emergencia y subtableros. Cálculo de la corriente de cortocircuito en barras de los subtableros o tableros derivados se obtienen considerando la impedancia del cable como se describe en este ejemplo de cálculo.

3.7.2.1.1 Impedancias para la corriente máxima de cortocircuito

Impedancia del alimentador de la red

Conforme con la ecuación (3) y con $c = c_{max} = 1.1$ (ver Tabla 4) y el dato de corriente $I''_{kQ} = S_{nQmax} / \sqrt{3U_{nQ}} = (300 / (\sqrt{3} * 10)) = 17.32 \text{ kA}$, a continuación:

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$Z_{Qt} = \frac{1.1 * 10kV}{\sqrt{3} * 17.32kA} * \left(\frac{0.38kV}{10kV}\right)^2 = 0.5295 \text{ m}\Omega$	$Z_{Qt} = \frac{cU_{nQ}}{\sqrt{3I''_{kQ}}} \cdot \frac{1}{t_r^2}$	(3)
$X_{Qt} = 0.9806 * 0.5295 = 0.5192 \text{ m}\Omega$	$X_{Qt} = 0.9806Z_{Qt}$	(4)
$R_{Qt} = 0.2 * 0.5192 = 0.1038 \text{ m}\Omega$	$R_{Qt} = 0.2X_{Qt}$	
$Z_{Qt} = 0.1038 + j0.5192 \text{ m}\Omega$	$Z_{Qt} = R_{Qt} + jX_{Qt}$	

Impedancia del transformador de distribución

Conforme con las ecuaciones (5) a (7) se sigue:

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$Z_T = \frac{6\%}{100\%} * \frac{(380V)^2}{1600kVA} = 5.4150 \text{ m}\Omega$	$Z_T = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}$	(5)
$R_T = 12.6kW * \frac{(380V)^2}{(1600kVA)^2} = 0.7107 \text{ m}\Omega$	$R_T = P_{krT} \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}^2}$	(6)
$X_T = \sqrt{(5.4150)^2 - (0.7107)^2} = 5.3682 \text{ m}\Omega$	$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$	(7)
$Z_T = 0.7107 + j5.3682 \text{ m}\Omega$	$Z_T = R_T + jX_T$	

Teniendo en cuenta los factores de ajuste de la impedancia del transformador,

conforme la ecuación (8) obtenemos

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$x_T = 5.3682 * \frac{1000kVA}{(380V)^2} = 0.0595$	$x_T = X_T \frac{S_{rT}}{U_{rT}^2}$	(8)
$K_T = 0.95 * \frac{1.10}{1 + 0.6 * 0.0595} = 1.0090$	$K_T = 0.95 \frac{c_{max}}{1 + 0.6x_T}$	(8)
$Z_{TK} = 0.7171 + j5.4164$	$Z_{TK} = K_T Z_T$	

Impedancia de los conductores o cables

El cable de salida del transformador en el lado de BT está conformado por cinco ternas de cuatro hilos en paralelo con una sección de 240 mm² y una longitud de 15 m.

Usando las ecuaciones (9) y (10) obtenemos un valor aproximado para cada cable de BT. La temperatura normal de funcionamiento que tiene en cuenta el software es de 45 °C, que empleamos para ajustar el valor de la resistencia.

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$R'_L = \frac{1}{57} * \frac{1}{240} = 0.0731m\Omega/m$	$R'_L = \frac{\rho}{q_n}$	(9)
$R'_{Lt} = [1 + 0.004(55 - 20^\circ C)] * 0.0731 = 0.0833m\Omega/m$	$R'_{Lt} = [1 + \alpha (\theta_e - 20^\circ C)]. R'_L$	(10)
$X'_L = 0.070m\Omega/Km$	$X'_L = 0.070m\Omega/Km$	

Para 15 m y 5 cables paralelos obtenemos:

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$R_{Lt} = 0.0833 * \frac{15}{5} = 0.2500m\Omega/m$	$R_{Lt} = R'_L * \frac{\ell}{n}$	(x)
$X_L = 0.070 * \frac{15}{5} = 0.2100m\Omega/m$	$X_L = X'_{Lt} * \frac{\ell}{n}$	(x)
$Z_L = 0.2500 + j0.2100m\Omega$	$Z_L = R_L + jX_L$	

3.7.2.1.2 Impedancias para la corriente mínima de cortocircuito

Impedancia del alimentador de red

Conforme la ecuación (3) (3) y con $c = c_{min} = 1.10$ (ver Tabla 4) y el valor de intensidad $I''_{kQmin} = S_{nQmin}/\sqrt{3U_{nQ}} = (50/(\sqrt{3} * 10)) = 2.89 kA$, a continuación:

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$Z_{Qt} = \frac{1.1 * 10kV}{\sqrt{3} * 2.89kA} * \left(\frac{0.38kV}{10kV}\right)^2 = 2.8880 m\Omega$	$Z_{Qt} = \frac{cU_{nQ}}{\sqrt{3I''_{kQ}}} \cdot \frac{1}{t_r^2}$	(3)
$X_{Qt} = 0.9806 * 2.8880 = 2.8320 m\Omega$	$X_{Qt} = 0.9806Z_{Qt}$	(4)
$R_{Qt} = 0.2 * 2.8320 = 0.5664 m\Omega$	$R_{Qt} = 0.2X_{Qt}$	
$Z_{Qt} = 0.5664 + j2.8320 m\Omega$	$Z_{Qt} = R_{Qt} + jX_{Qt}$	

Impedancia del transformador

Conforme con las ecuaciones (5) a (7) se continua:

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$Z_T = \frac{6\%}{100\%} * \frac{(380V)^2}{1600kVA} = 5.4150m\Omega$	$Z_T = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}$	(5)
$R_T = 12.6kW * \frac{(380V)^2}{(1600kVA)^2} = 0.7107 m\Omega$	$R_T = P_{krT} \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}^2}$	(6)
$X_T = \sqrt{(5.4150)^2 - (0.7107)^2} = 5.3682 m\Omega$	$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$	(7)

$$Z_T = 0.7107 + j5.3682m\Omega$$

$$Z_T = R_T + jX_T$$

Teniendo en cuenta los factores de ajuste de la impedancia del transformador,

según la ecuación (8) obtenemos

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$x_T = 5.3682 * \frac{1600kVA}{(380V)^2} = 0.0595$	$x_T = X_T \frac{S_{rT}}{U_{rT}^2}$	(8)
$K_T = 0.95 * \frac{0.95}{1 + 0.6 * 0.0595} = 0.8714$	$K_T = 0.95 \frac{C_{max}}{1 + 0.6x_T}$	(8)
$Z_{TK} = 0.6193 + j4.6778$	$Z_{TK} = K_T Z_T$	

Impedancia de los conductores o cables

El conductor de salida del transformador en el lado de BT están formados por un conjunto de cinco cables paralelos de 240 mm² de sección y 15 m de longitud. Según ecuación (9), (10) y el valor aproximado para cada cable de BT.

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$R'_L = \frac{1}{57} * \frac{1}{240} = 0.0731m\Omega/m$	$R'_L = \frac{\rho}{q_n}$	(9)
$R'_{Lt} = [1 + 0.004(80 - 20^\circ C)] * 0.0731 = 0.0906m\Omega/m$	$R'_{Lt} = [1 + \alpha (\theta_e - 20^\circ C)]. R'_L$	(10)
$X'_L = 0.1m\Omega/Km$	$X'_L = 0.1m\Omega/Km$	

Para 15 m y 5 cables paralelos obtenemos:

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$R_{Lt} = 0.0906 * \frac{15}{5} = 0.2719m\Omega/m$	$R_{Lt} = R'_L * \frac{\ell}{n}$	(x)
$X_L = 0.1 * \frac{15}{5} = 0.3000m\Omega/m$	$X_L = X'_{Lt} * \frac{\ell}{n}$	(x)
$z_L = 0.2719 + j0.3000m\Omega$	$Z_L = R_L + jX_L$	

3.7.2.1.3 Corrientes de cortocircuito

Corriente de cortocircuito trifásico (corriente máxima de cortocircuito)

Utilizando las ecuaciones (12) y (13), se calculó la impedancia de cortocircuito de la fuente hasta la falla. Dicho corriente es la corriente máxima de cortocircuito, por lo que se utiliza el valor $C = C_{max}$

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$R_k = 0.1038 + 0.7171 + 0.2500$ $= 1.0710 m\Omega$	$R_k = R_{Qt} + R_{Tk} + R_{Lt}$	(12)
$X_k = 0.5192 + 5.4164 + 0.2100$ $= 6.1456 m\Omega$	$X_k = X_{Qt} + X_{Tk} + X_{Lt}$	(13)

Por lo cual, aplicando la ecuación (14) la corriente de cortocircuito trifásica está dada por:

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$I_k'' = \frac{1.10 * 380}{\sqrt{3}\sqrt{(1.0710)^2 + (6.1456)^2}} = 38.686 \text{ kA}$	$I_k'' = \frac{cU_n}{\sqrt{3}\sqrt{R_k^2 + X_k^2}}$	(14)

Corriente de cortocircuito línea a línea (corriente mínima de cortocircuito)

Utilizando las ecuaciones (12) y (13), se calculó la impedancia de cortocircuito de la fuente hasta la falla. Esta corriente es falla mínima de cortocircuito, por lo que se utiliza este valor $C = C_{max}$

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$R_k = 0.5664 + 0.6193 + 0.2719$ $= 1.4576 m\Omega$	$R_k = R_{Qt} + R_{Tk} + R_{Lt}$	(12)
$X_k = 2.8320 + 4.6778 + 0.3000$ $= 7.8098 m\Omega$	$X_k = X_{Qt} + X_{Tk} + X_{Lt}$	(13)

Por lo cual, utilizando las ecuaciones (14) y (15) para calcular la corriente de cortocircuito trifásico y corriente de cortocircuito línea – línea, respectivamente.

DESARROLLO	ECUACIÓN	N°
$I_k'' = \frac{0.95 * 380}{\sqrt{3}\sqrt{(1.4576)^2 + (7.8098)^2}} = 26.234 \text{ kA}$	$I_k'' = \frac{cU_n}{\sqrt{3}\sqrt{R_k^2 + X_k^2}}$	(14)
$I_{k2}'' = \frac{\sqrt{3}}{2} * 26.236 = 22.7197 \text{ kA}$	$I_{k2}'' = \frac{\sqrt{3}}{2} I_k''$	(15)

Se realizó los cálculos de corriente de cortocircuito para los tableros indicados usando las fórmulas anteriores, podemos señalar la siguiente Tabla donde necesitamos calcular los valores de cortocircuito máximo y mínimo. La Tabla 7 también indica los datos considerados en el diseño de cada tablero analizado, correspondientes a los 29 tableros, tales como diámetro del cable o tamaño de cable, números de ternas, longitud

de la fuente de alimentación, así como la impedancia a medir, calculada mediante las fórmulas anteriores.

Tabla 7: Valores de cortocircuitos calculados manualmente IEC 60909

N°	Tablero	Cable Sección	Ternas	Longitud	Impedancia Calculada R1 máx. (mΩ)	X1 máx. (mΩ)	Z1 máx. (mΩ)	Ik3 máx. (kA)	Ik3 min (kA)
1	TG	240	5	15	1.0710	6.1456	7.8098	38.686	23.197
2	TGE	185	4	6	0.9831	6.0406	7.6598	33.433	20.201
3	STGE.EM-S.1	240	2	65	3.5293	8.2106	10.7598	15.004	10.961
4	TE.EM.2P.1	120	1	10	2.4876	6.6356	8.5098	8.055	3.005
5	STEA-CIG.1	25	1	14	11.5441	7.2361	8.7698	1.255	804
6	STEA-CIG.2	16	1	16	20.3441	7.4161	8.9498	1.320	804
7	STEA-CIG.3	16	1	16	20.3441	7.4161	8.9498	1.320	804
8	STEA-CIG.4	16	1	16	20.3441	7.4161	8.9498	2.659	1.244
9	STEA-CIG.5	16	1	16	20.3441	7.4161	8.9498	2.659	1.244
10	STEA-CIG.6	16	1	16	20.3441	7.4161	8.9498	2.659	1.244
11	STEA-CIN.1	50	1	53	21.5441	10.7461	12.2798	2.803	1.244
12	STEA-CIN.2	35	1	53	30.6299	10.7461	12.2798	2.829	1.244
13	STEA-CIN.3	35	1	50	28.9156	10.4761	12.0098	2.848	1.244
14	STEA-CIN.4	35	1	50	28.9156	10.4761	12.0098	2.848	1.244
15	STEA-CINN.A	50	1	55	22.3441	10.9261	12.4598	2.617	1.244
16	STEA-CINN.B	35	1	55	31.7727	10.9261	12.4598	2.843	1.244
17	STEA-CINN.C	35	1	62	35.7727	11.5561	13.0898	2.662	1.244
18	STEA-SP	35	1	56	32.3441	11.0161	12.5498	2.831	1.244
19	STGE.EM-S.2	240	2	120	5.8210	10.1356	13.5098	12.163	7.178
20	TE.EM.2P.2	120	1	10	2.4876	6.6356	8.5098	8.055	3.523
21	STEA-SO.1	35	1	25	14.6299	8.2261	9.7598	1.125	707
22	STEA-SO.2	25	1	20	16.3441	7.7761	9.3098	1.094	707
23	STEA-SO.3	35	1	24	14.0584	8.1361	9.6698	1.078	707
24	STEA-SO.4	35	1	23	13.4870	8.0461	9.5798	1.130	707
25	STEA-SO.5	25	1	24	19.5441	8.1361	9.6698	1.698	1.007
26	STEA-LC	6	1	22	73.6775	7.9561	9.4898	1.159	707
27	STE.EM-SR	35	1	40	23.2013	9.5761	11.1098	1.157	707
28	STEA-SO.6	95	1	80	17.1862	13.1761	14.7098	1.145	707
29	STE.EM-2P.2A	70	1	75	21.7727	12.7261	14.2598	1.154	707

Elaboración propia

Nota: Corrientes de cortocircuito calculados de acuerdo IEC de los tableros en mención.

3.7.2.2 Ingreso y evaluación de resultados del software

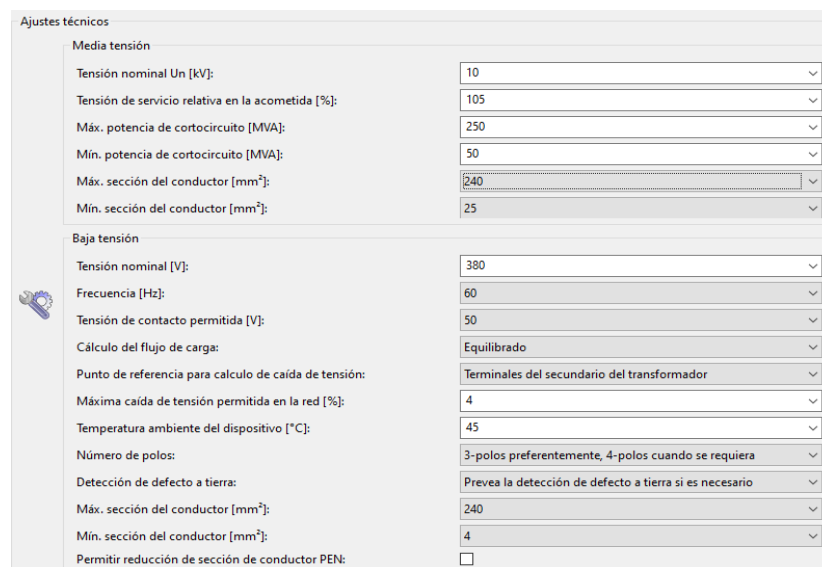
Para optimizar el resultado y verificar los datos de falla, ejecutó el software e ingresó los datos, luego realizó una ejecución selectiva donde indicamos la relación

valores de cortocircuito de los resultados del software y luego un análisis de los resultados para cada uno de los 10 tableros previamente evaluados en el apartado 3.7.3.

3.7.2.2.1 Ingreso de datos al software

Para optimizar el resultado y comprobar los datos de cortocircuito es necesario introducir todos los circuitos del sistema aislado del proyecto, como esto se hace de forma cuidadosa indicaremos los pasos más importantes que se debe seguir para introducirlos en el software.

Primero, todos los parámetros de la red fueron ingresados en la ventana de definición del proyecto en software Simaris Design advanced, como los datos de la red de MT y BT proporcionados por el proyectista, como, la tensión de servicio en MT, en este caso 10 kV, la potencia de cortocircuito máxima y mínima en MVA, 250 y 50 MVA respectivamente, el nivel de voltaje de BT (380 V), temperatura ambiente (45 °C), frecuencia de red 60 Hz, además, requieren el número de polos, el diámetros máximos y mínimos de conductor utilizado, todos estos parámetros se pueden visualizar en la Figura 32.



Ajustes técnicos	
Media tensión	
Tensión nominal Un [kV]:	10
Tensión de servicio relativa en la acometida [%]:	105
Máx. potencia de cortocircuito [MVA]:	250
Mín. potencia de cortocircuito [MVA]:	50
Máx. sección del conductor [mm ²]:	240
Mín. sección del conductor [mm ²]:	25
Baja tensión	
Tensión nominal [V]:	380
Frecuencia [Hz]:	60
Tensión de contacto permitida [V]:	50
Cálculo del flujo de carga:	Equilibrado
Punto de referencia para calculo de caída de tensión:	Terminales del secundario del transformador
Máxima caída de tensión permitida en la red [%]:	4
Temperatura ambiente del dispositivo [°C]:	45
Número de polos:	3-polos preferentemente, 4-polos cuando se requiera
Detección de defecto a tierra:	Prevea la detección de defecto a tierra si es necesario
Máx. sección del conductor [mm ²]:	240
Mín. sección del conductor [mm ²]:	4
Permitir reducción de sección de conductor PEN:	<input type="checkbox"/>

Figura 32: Vista de datos para configuración de la red en Simaris
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

Segundo, en la ventana de diseño de red en el software Simaris Desing, se diseñó todo el diagrama unifilar y en el mismo se realizó el estudio de selectividad regulando las curvas de actuación de cada uno de los interruptores. Inicialmente, se configuró el transformador de distribución en la siguiente pantalla, la capacidad del transformador (1600 kVA), la tensión normal de cortocircuito (6%) y las pérdidas de cortocircuito sin carga (en kW). El ducto de barra en metros de material aluminio LIA, longitud del ducto y configuración de la red esquema TN-S como se muestra en la Fig. 33.

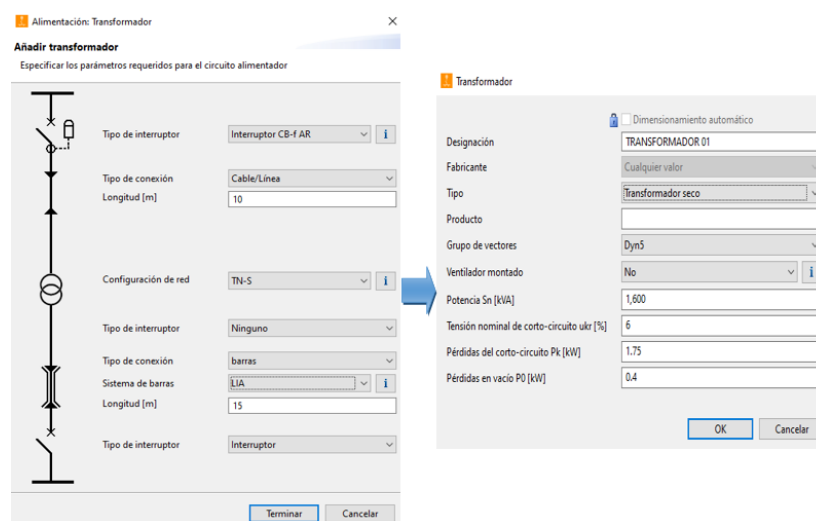


Figura 33: Ventana de datos del transformador
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

Tercero, se procedió introducir tableros y circuitos del sistema aislado con las cargas correspondientes, donde se especifica el tipo de dispositivo (ya sea interruptor, fusible o un seccionador). Se ingresó los valores del interruptor manualmente, entrando al catálogo del equipo Siemens (ver fig. 35) o también utilizando el dimensionamiento automático (ver fig. 34).

Interrupción, BT

Dimensionamiento automático

Designación: IA 127.3b

Detección de defecto a tierra: Prevea la detección de defecto a tierra si es necesario

Interrupción

Referencia: 3VA22255HN420AA0

In / Icu: 250 A / 55 kA

Característica de protección: LSIN

Diferencial

Referencia: _____

In / Δn: ____ / ____

Tipo: _____

OK Cancelar

Figura 34: Datos del disyuntor de forma automática
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

Catálogo

Producto de catálogo Favoritos

Buscar:

Grupo de productos

- Interrupción IEC (ACB/MCCB/MSP) / Interrupción modulares (MCB)
- Interrupción automática abiertos (ACB)
 - Interrupción automática abiertos 3WT (In hasta 4000A, Icu hasta 66kA)
 - Interrupción automática abierto Sentron 3WA (In hasta 6300A, Icu hasta 150kA)
 - Interrupción de bastidor abierto 3WA**
 - Interrupción automática abierto Sentron 3WL (In hasta 6300A, Icu hasta 150kA)
- Interrupción automática en caja moldeada (MCCB/CM)
- Interrupción Termomagnéticos/PIA (MCB)
- Interrupción para protección de motor (MSP)
- Diferenciales+Interrupción Termomagnético (RCBO)
- Detector de arco MCB, combinación de aparatos (AFBO)

Producto

Interrupción de bastidor abierto 3WA
3WA11252FE110AA0

Atributos

Tensión de servicio [V]	415
Número de polos	4
Intensidad asignada In [A]	2,500
Corriente nominal máxima In ...	2,500
Tamaño del bastidor	I
Disparador de sobreintensidad	ETU600
Disparador de Sobrecorriente / ...	LSIN
Metering function	PMF-II
Poder de corte último Icu [kA]	55 @ 415V
Clase de funcionamiento	N
Temperatura ambiente [°C]	45
Carga max. [A]	2,500

Tipo: 3WA11252FE110AA0

Como favorito OK Cancelar

Figura 35: Datos del interruptor del producto de catálogo
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

Cuatro, se ingresó los datos del transformador de aislamiento proporcionados por el proyectista, como la potencia del transformador 100 KVA, nivel de tensión 380/230 V. En cuanto a UPS, generalmente en un estudio de selectividad se excluye, porque se considera como byps de manual externo se tomó como el peor escenario. (ver figura 36).

Entrada de la red	
Impedancia equivalente Definir los valores para el circuito alimentador, basado en el modelo de impedancias equivalentes	
Corriente nominal [A]	144
Potencia aparente Sn [kVA]	100
Lazo	
Impedancia equivalente [mΩ]	50
φ [°]	10
Lazo	
Cociente R0/ R1	7
Cociente X0/ X1	4
Cociente Ikmax/ Ikmin	1
Atrás Siguiente Terminar Cancelar	

Figura 36: Datos del transformador de aislamiento
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

Quinto, se configuró la carga estacionaria ingresando la potencia en kW, longitud del circuito en metros, número de polos, cantidad de cargas iguales (ver figura 37).

Añadir circuito tomas corriente	
Especificar los parámetros requeridos para el circuito de carga	
Configuración de red	IT
Tipo de interruptor	Interruptor
Tipo de conexión	Cable/Línea
Sistema de barras	
Longitud [m]	50
Tipo de interruptor	Ninguno
Número de polos (tipo de red)	1+N
Corriente nominal [A]	12.5
Potencia activa [kW]	2.194
Cantidad	1
Punto de instalación	Interior
Terminar Cancelar	

Figura 37: Datos de la carga y/o tomacorriente
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

Sexto, se configuró los datos de cables de cada circuito y alimentadores (ver Fig. 38), generalmente se recomienda ingresar el dato de longitud de los conductores de fase, neutro y tierra, el número de ternas, el tipo de cable, el material conductores y aislamiento, tipo de tendido, factor y caída de tensión máxima permitida (4%). Todos estos procedimientos se deben realizar para cada circuito que se ingresa en el circuito de programación.

Dimensionamiento automático	<input checked="" type="checkbox"/>
Designación	STGEEM-S.1
Resistencia funcional	nada
Tipo de cable	Cable unifilar
Material del conductor	Cu
Material aislante	XLPE
Configuración de cables	ejemplo. N2XY, N2X2Y
Tipo de tendido	C
Factor de reducción f tot	1
Caída de tensión permitida / sección [%]	1.5
Temperaturas [°C]	ΔU: 55; Ikmin: 80
Cantidad	1
Longitud [m]	65
Área de fuego mayor [m]	0
Sección del conductor de fase [mm²]	240
Sección del conductor N [mm²]	240
Sección del conductor PE [mm²]	240

Figura 38: Datos de los conductores del alimentador
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

Sexto, se ingresó los datos de generador o grupo electrógeno, en este caso tenemos dos grupos de 1600 kVA, 380-220 V para sistemas de emergencia previamente dimensionados por el proyectista. Uno de stand by y/o backup, se observa en la fig. 39.

Dimensionamiento automático	<input type="checkbox"/>
Designación	GRUPO ELECTROGENO 01
Fabricante	Cualquier valor
Potencia aparente Sn [kVA]	1,600
cos(φ)	0.85
xd'' [%]	13.8
r1 [%]	2.07
x0 [%]	4.6
Ik1D [kA]	13.491
Ik3D [kA]	7.292
Pmech [kW]	1,360
Factor de carga Max.	1
Defecto en operación en paralelo.	<input checked="" type="checkbox"/>
Potencia de la acometida S_LF [kVA]	1,600
cos(φ LF)	0.85
Tipo de acometida	Inductiva

Figura 39: Datos de grupo electrógeno
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

Finalmente, se configuró el escenario de modo operación del sistema, el funcionamiento de modo emergencia y modo normal, ver la figura 40. Se ajustó la posición de todos los interruptores automáticos, alimentadores y acopladores de barras.

En un sistema de suministro de energía de seguridad activa, el interruptor de acoplamiento está cerrado como la única conexión de ambas redes durante el funcionamiento normal. En el cuadro de distribución principal del hospital y en los cuadros de sub distribución, los interruptores de acoplamiento están abiertos y los interruptores automáticos de alimentación están conectados.

Operación en condiciones de falla:

- Si la fuente de alimentación normal falla debido a un corto, la fuente de alimentación de seguridad continúa alimentando de forma autónoma a sus consumidores de energía.
- Si ocurre una falla en el SPS, el interruptor de cambio más cercano a la ubicación de la falla garantiza el funcionamiento continuo de los consumidores del SPS a través del NPS.

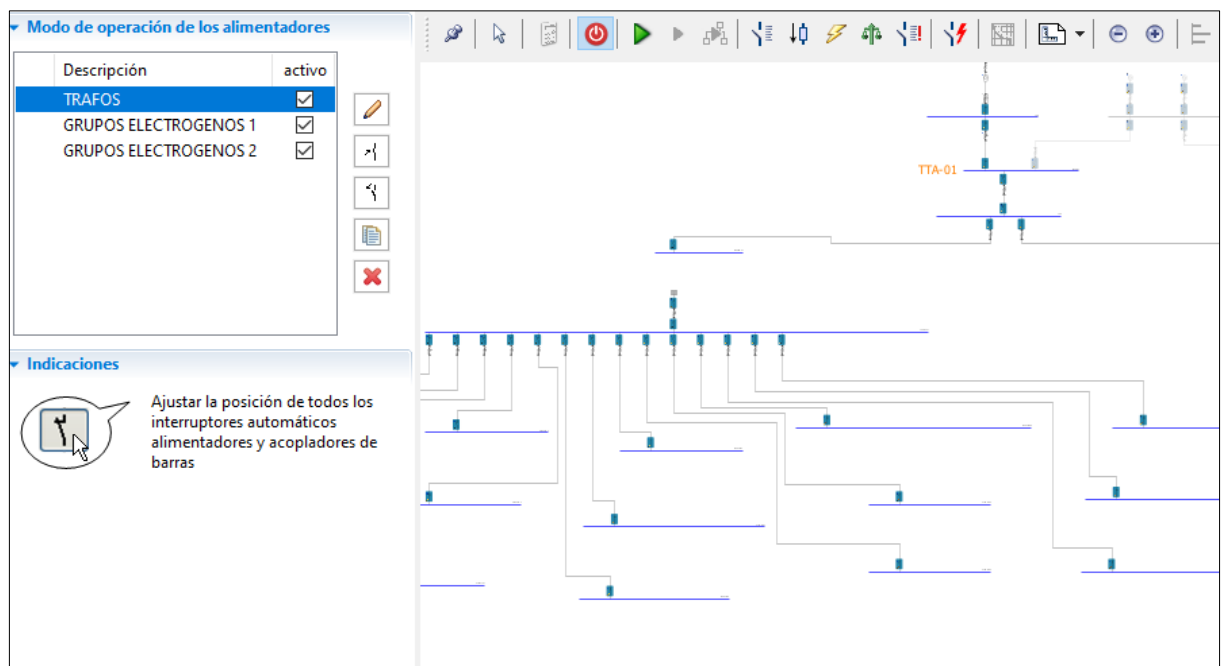


Figura 40: Modo de operación del sistema
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

3.7.2.2.2 valores de cortocircuito conforme software

En esta sección presenta los valores de las corrientes de cortocircuito conseguidos sobre la base de la información proporcionada por el concesionario y los datos del diseñador o proyectista, la longitud de líneas eléctricas alimentadores, la sección transversal de cables, según lo determine el operador, ingresados como datos en el programa.

Tabla 8: Valores de cortocircuito del software Simaris Design advanced

N°	TABLERO	I_{k3min} [A]	I_{k3max} [A]
1	STE.EM-2P.2A	734.947	1,169.27
2	STE.EM-SR	734.947	1,169.27
3	STE.A-CIG.1	853.744	1,373.07
4	STE.A-CIG.2	853.744	1,373.07
5	STE.A-CIG.3	853.744	1,373.07
6	STE.A-CIG.4	1,638.38	2,857.52
7	STE.A-CIG.5	1,638.38	2,857.52
8	STE.A-CIG.6	1,638.38	2,857.52
9	STE.A-CIN.1	1,638.38	2,857.52
10	STE.A-CIN.2	1,638.38	2,857.52
11	STE.A-CIN.3	1,638.38	2,857.52
12	STE.A-CIN.4	1,638.38	2,857.52
13	STE.A-CINN.A	1,638.38	2,857.52
14	STE.A-CINN.B	1,638.38	2,857.52
15	STE.A-CINN.C	1,638.38	2,857.52
16	STE.A-LC	734.947	1,169.27
17	STE.A-SO.1	734.947	1,169.27
18	STE.A-SO.2	734.947	1,169.27
19	STE.A-SO.3	734.947	1,169.27
20	STE.A-SO.4	734.947	1,169.27
21	STE.A-SO.5	1,094.06	1,800.24
22	STE.A-SO.6	734.947	1,169.27
23	STE.A-SP	1,638.38	2,857.52
24	STGE.EM-S.1	11,026.26	15,956.72
25	STGE.EM-S.2	7,788.15	13,245.25
26	TE.EM.2P.1	3,730.80	8,740.46
27	TE.EM.2P.2	3,730.80	8,740.46
28	TGE	20,878.88	33,855.96
29	TGN	23,472.11	39,498.76

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11



Los tableros pintados con color plomo son las que se analizó más adelante en los apartados siguientes para el análisis de cortocircuito y selectividad obtenido por el software, siguiendo los mismos tableros que se analizó en el apartado 3.8 del diseño optimizado, donde se interpreta los resultados del software.

3.7.2.3 Valores de cortocircuito del expediente

La corriente de cortocircuito especificada por el cliente y que se muestra en el diagrama unifilar se utilizó para seleccionar diferentes tipos de disyuntores. Después de seleccionar los interruptores automáticos, se realizó un análisis circuito por circuito tomando en consideración las Tablas de selectividad concedidas por el fabricante (Siemens). Se aprecia en el ANEXO 6.

3.7.3 Diseño optimizado

Para optimizar el diseño del proyecto, al principio se calculó los valores de cortocircuito, manualmente de acuerdo a la norma IEC 60909, luego procedió a introducir los circuitos de todo el sistema de aislado del diagrama unificar correspondientes a las instalaciones del sistema aislado del hospital para comparar los sistemas. El análisis de selectividad se hace mientras se ejecuta el software Simaris, por lo que el acápite 3.8.3 explica cómo explicar los resultados del software de selectividad usando las curvas de actuación presentadas en el análisis para la selectividad de cada tipo, de los 29 tableros que se muestran arriba. Se pueden ver en los acápites 3.8.3.1 a 3.8.3.10.

3.7.3.1 Verificación de la selección de dispositivos

Para comprobar la selección de dispositivos del expediente considerando la Tabla de selectividad del fabricante siemens, se definió la configuración:

- **Configuración 1:** Tablero general normal, TGN, TTA, TSC y TGE, nivel de corto circuito del expediente: 66 kA



- **Configuración 2:** Subtableros generales de emergencia STGE.EM-S.1 y STGE.EM. S.2, nivel de cortocircuito del expediente: 55 kA
- **Configuración 3:** Tableros de distribución de emergencia TE.EM.2P.1 y TE.EM.2P.2, nivel de cortocircuito del expediente: 55 kA
- **Configuración 4:** Subtableros de distribución emergencia aislados. Nivel de cortocircuito del expediente: 18 kA

Después de estudiar el catálogo del fabricante, se seleccionó un dispositivo de protección, es decir, un disyuntor, teniendo en cuenta el esquema de diseño de una sola línea y el tablero de selección de Siemens. Para ello, se consideró 10 tableros del proyecto específicamente los sistemas aislados generales y distribuciones para poder explicar cómo se hace la selección utilizando las Tablas para los niveles de cortocircuito especificados.

En la mayoría de los casos hay mayores cargas con diferentes clasificaciones de corriente, para la selectividad siempre se evalúa por su clasificación más alta para el interruptor principal superior. Cabe recordar que el objetivo de la selectividad es desconectar las perturbaciones o fallas en la red no afectada, si no a un punto específico del circuito eléctrico.

Por ejemplo, en esta Tabla (consulte la Tabla 9), la fila superior arriba se refiere al interruptor de MCCB de 3VA1 superior, mientras la de izquierda aquí se refiere al interruptor inferior. Se puede ver que cada columna muestra la clasificación actual de la carcasa del interruptor moldeado (3VA1) y, de manera similar, cada fila muestra la clasificación actual del interruptor del módulo (5SL4). Evaluando cada intersección nos guía al valor de selectividad, por ejemplo, si se especifica (T) significa selectividad completa o total y el número se refiere al límite de selectividad, de lo cual se llamará selectividad parcial.

Tabla 9: Tablas de selectividad 3VA1 vs. 5SL4

SIEMENS AG Limit current with selectivity Is [kA] for 230/400 resp. 240/415 V AC acc. to IEC 60947-2 Edition 11/2020			upstream molded case circuit breaker 3VA1 J1																
			line protection																
			Trip Unit		TM210 / TM220 / TM240														
			Frame size		100 A				160 A										
I _{cu} [kA]		16 / 25 / 36				25 / 36 / 55 / 70													
downstream miniature circuit breaker 5SL4 J2 (except 5SL40)	line protection	Characterisit	I _n [A]	40	50	63	100	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	
		I _{cn} [kA]																	
C	B	10	40	0.8				1.7				0.8				1.4	1.7	3.2	4
		50	1.5												1.2	1.5	2.6	3.1	
		63													1.4		2.5	3	
	C	10	0.3	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
			0.5	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
			1	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
			1.6	3.6	T	T	T	1.7	1.7	1.7	1.7	3.6	T	T	T	T	T	T	
			2	1.5	2.3	3.3	T	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5	2.3	3.3	8.6	T	T	T	
			3	1.1	1.5	2	6	0.8	0.8	0.8	0.8	1.1	1.5	2	4.5	6	T	T	
			4	0.9	1.4	1.8	4.2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	1.4	1.8	3.4	4.2	T	T	
			6	0.8	1.1	1.4	2.9	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	1.1	1.4	2.4	2.9	7.2	T	
			8	0.6	0.8	1	2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	1	1.6	2	4.7	6.1	
			10	0.6	0.8	1	2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	1	1.6	2	4.7	6.1	
13	0.6	0.8	1	2					0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	1	1.6	2	3.6	4.5	

Fuente: Elaborado por Siemens, Tablas de selectividad.2020

De la Tabla podemos ver que para MCCB 3VA1 con marco o de frame de 160A y corriente nominal de 160A, hay selectividad total (T), ya que el interruptor riel Din de curva C 5SL4 tiene una clasificación de 6A, con clasificación de 8A, la selectividad es solo de 6,1 kA como máximo con un valor de 160A Un magnetotérmico 3VA1, por lo que se dice que alcanzar este valor (6,1 kA) es parcialmente selectivo.

3.7.3.1.1 Tablero STEA-CIG.1

En este Subtablero de emergencia aislado de cuidados intensivos general 1 apreciamos en el diagrama unifilar, según fig. 41, se especifica el nivel de cortocircuito o corriente de corto que es de 18 kA, con los siguientes dispositivos:

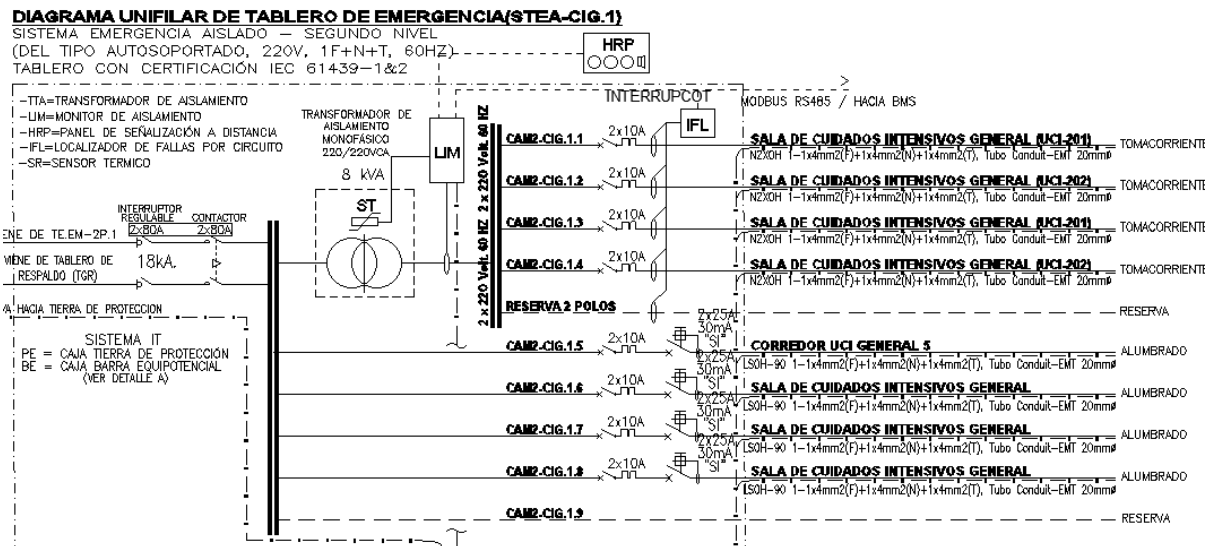


Figura 41: Diagrama unifilar del tablero de emergencia aislado STEA-CIG.1

Fuente: Elaborado por proyectista, planos de diagrama unifilar

- **Interruptor en la cabecera:**

Interruptor de MCCB de 80A, 2 polos, 55 kA/415 VAC

- **Interruptores derivados aguas abajo:**

Interruptore riel Din de 10 A, 2 polos, 10 kA / 415 VAC

Sección 3.7.1.3.2.2, se utilizó el tipo 3VA2 para los interruptores MCCB electrónico, tomando el criterio de que es un área muy crítica del hospital y de 5SL4 para los interruptores automáticos riel Din, ya que a 10 A, los cuales tienen un poder de corto 10 kA.

En referencia a la Tabla de selectividad entre el interruptor de MCCB electrónico 3VA2 y el interruptor de riel DIN 5SL4 (Tabla 10), se observó que el interruptor aguas abajo de 10 A solo conserva la selectividad total mientras el interruptor aguas arriba esté encendido, por lo que en este caso tendrá que usar 25A 3VA2 no 80 A, el valor más cercano a 80 A como se indica. En la Tabla nos indica que es selectivo hasta 5.6 A, y el nivel de corte en el tablero es 1.4 A, por lo tanto, es selectivo total.

Tabla 10: Tablas de selectividad 3VA2 VS 5SL4 para STEA-CIG.1

SIEMENS AG Limit current with selectivity Is [kA] for 230/400 resp. 240/415 V AC acc. to IEC 60947-2 Edition 11/2020				upstream molded case circuit breaker 3VA2							
				line protection							
				Trip Unit		ETU320 / ETU330 / ETU340 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860					
				Frame size		160 A				250 A	
		I _{cu} [kA]									
				55 / 85 / 110							
		Characteristi c	I _{cn} [kA]	I _n [A]	25	40	63	100	160	160	250
downstream miniature circuit breaker 5SL4 /2 (except 5SL40)	line protection	B	10	1	T	T	T	T	T	T	T
				2	T	T	T	T	T	T	T
				3	T	T	T	T	T	T	T
				4	T	T	T	T	T	T	T
				6	T	T	T	T	T	T	T
				8	T	T	T	T	T	T	T
				10	T	T	T	T	T	T	T
				13	5.9	T	T	T	T	T	T
				16	4.9	T	T	T	T	T	T
				20		T	T	T	T	T	T
		25		T	T	T	T	T	T		
		C	10	0.3	T	T	T	T	T	T	T
				2	T	T	T	T	T	T	T
				3	T	T	T	T	T	T	T
				4	T	T	T	T	T	T	T
				6	T	T	T	T	T	T	T
				8	5.6	T	T	T	T	T	T
				10	5.6	T	T	T	T	T	T
				13	4	T	T	T	T	T	T

Fuente: Elaborado por Siemens, Tablas de selectividad.2020

Por lo cual, la selección del dispositivo se vio así:

Interrupción en la cabecera:

Interrupción MCCB de 3VA2, 25 A, 3 polos, 55 kA / 415 VAC.

Interrupción para nivel inferior

Interrupción de riel Din 3SL4, 10 A, 2 polos, 10 kA /415 VAC.

Interrupción de riel Din 3SL4, 6 A, 2 polos, 10 kA /415 VAC.

3.7.3.1.2 Tablero STEA-CIN.1

En este Subtablero de distribución de emergencia aislado de cuidados intensivos neonatal 1, apreciamos en el diagrama unifilar, de acuerdo fig. 42, se especifica el nivel de cortocircuito o corriente de corto que es de 18 kA, con los siguientes dispositivos:

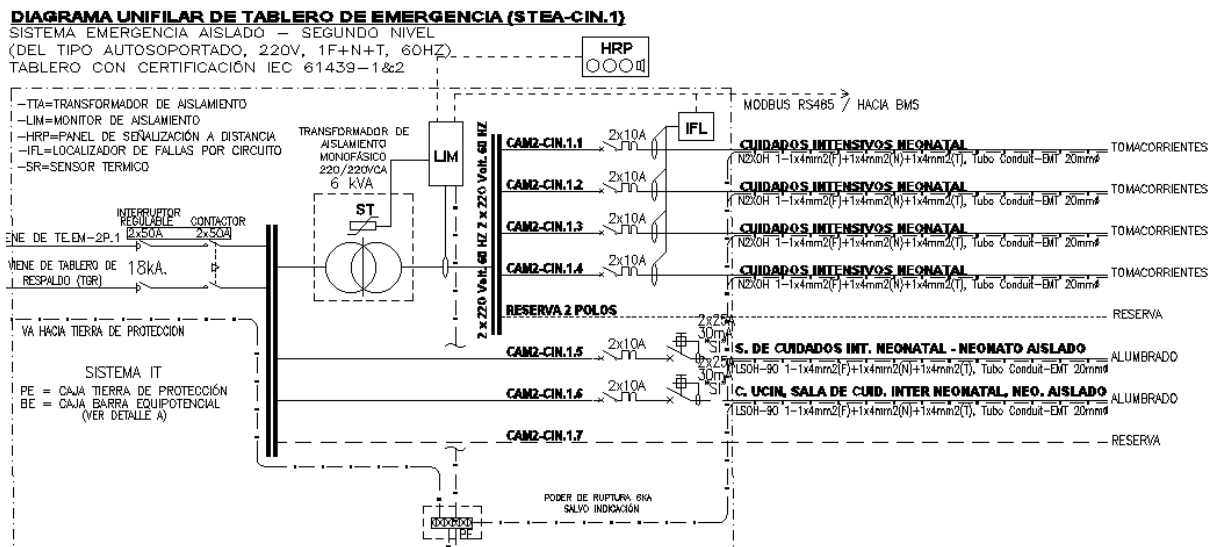


Figura 42: Diagrama unifilar del tablero de emergencia STEA-CIN.1

Fuente: Elaborado por proyectista, planos de diagrama unifilar

- **Interruptor en la cabecera:**

Interruptor MCCB de 50 A, 2 polos, 18 kA/400 VAC

- **Interruptores de nivel inferior:**

Interruptores de riel Din 10 A, 2 polos, 10 kA / 400 VAC

Sección 3.7.1.3.2.2, se utilizó de 3VA2 para los interruptores MCCB y de 5SL4 para los interruptores automáticos riel Din, ya que a 10 A, los cuales poseen un poder de corto de 10 kA.

En referencia a la Tabla de selectividad, el interruptor de MCCB electrónico 3VA2 y el interruptor de carril DIN 5SL4 (Tabla 11), se vio que el interruptor aguas abajo de 10 A solo conserva la selectividad total mientras el interruptor aguas arriba esté encendido, por lo que en este caso se seleccionó 25 A de 3VA2 no 50 A, el valor más cercano a 50 A como se muestra en la imagen.

Tabla 11: Tablas de selectividad 3VA2 VS 5SL4 para STEA-CIN.1

SIEMENS AG Limit current with selectivity Is [kA] for 230/400 resp. 240/415 V AC acc. to IEC 60947-2 Edition 11/2020				upstream molded case circuit breaker 3VA2								
				line protection								
				Trip Unit	ETU320 / ETU330 / ETU340 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860							
				Frame size	160 A				250 A			
				I _{cu} [kA]	55 / 85 / 110							
		Characteristi c	I _{cn} [kA]	I _n [A]	25	40	63	100	160	160	250	
downstream miniature circuit breaker 5SL4 /2 (except 5SL40)	line protection	B	10	1	T	T	T	T	T	T	T	
				2	T	T	T	T	T	T	T	
				3	T	T	T	T	T	T	T	
				4	T	T	T	T	T	T	T	
				6	T	T	T	T	T	T	T	
				8	T	T	T	T	T	T	T	
				10	T	T	T	T	T	T	T	
				13	5.9	T	T	T	T	T	T	
				16	4.9	T	T	T	T	T	T	
				20		T	T	T	T	T	T	
		25		T	T	T	T	T	T			
		C	10	0.3	T	T	T	T	T	T	T	
				2	T	T	T	T	T	T	T	
				3	T	T	T	T	T	T	T	
				4	T	T	T	T	T	T	T	
				6	T	T	T	T	T	T	T	
				8	5.6	T	T	T	T	T	T	
				10	5.6	T	T	T	T	T	T	
				13	4	T	T	T	T	T	T	

Fuente: Elaborado por Siemens, Tablas de selectividad.2020

De lo cual, la selección del dispositivo se vio así:

- **Interruptor de la cabecera:**

Interruptor de MCCB 3VA2, 25 A, 3 polos, 55 kA / 415 VAC.

- **Interruptores derivados**

Interruptor de MCCB 3SL4, 8A, 2 polos, 10 kA /415 VAC.

3.7.3.1.3 Tablero STEA-SO.1

En este subtablero de distribución de emergencia aislado cuidado intensivos general 1, apreciamos en el diagrama unifilar, según fig. 43, se especifica el nivel de cortocircuito o corriente de corto que es de 18 kA, con los siguientes dispositivos:

cercano a 80 A como se ve en la imagen. En la Tabla nos indica que es selectivo hasta 5.6 A, y el nivel de corte en el tablero es 1.16 A, por lo tanto, es selectivo total.

Tabla 12: Tablas de selectividad 3VA2 VS 5SL4 para STEA-SO.1

SIEMENS AG Limit current with selectivity Is [kA] for 230/400 resp. 240/415 V AC acc. to IEC 60947-2 Edition 11/2020				upstream molded case circuit breaker 3VA2									
				line protection									
				Trip Unit		ETU320 / ETU330 / ETU340 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860							
				Frame size		160 A				250 A			
		I _{cu} [kA]		55 / 85 / 110									
downstream miniature circuit breaker 5SL4)2 (except 5SL40)	line protection	Characteristi	I _{en} [kA]	I _n [A]	25	40	63	100	160	160	250		
		c											
B	10	1		T	T	T	T	T	T	T	T		
		2		T	T	T	T	T	T	T	T		
		3		T	T	T	T	T	T	T	T		
		4		T	T	T	T	T	T	T	T		
		6		T	T	T	T	T	T	T	T		
		8		T	T	T	T	T	T	T	T		
		10		T	T	T	T	T	T	T	T		
		13		5.9	T	T	T	T	T	T	T		
		16		4.9	T	T	T	T	T	T	T		
		20			T	T	T	T	T	T	T		
		25			T	T	T	T	T	T	T		
		C	10	0.3		T	T	T	T	T	T	T	T
				2		T	T	T	T	T	T	T	
3				T	T	T	T	T	T	T			
4				T	T	T	T	T	T	T			
6				T	T	T	T	T	T	T			
8				5.6	T	T	T	T	T	T			
10				5.6	T	T	T	T	T	T			
13		4	T	T	T	T	T	T					

Fuente: Elaborado por Siemens, Tablas de selectividad.2020

De lo cual, la selección del se vio así:

- **Interruptor de la cabecera:**

Interruptor de MCCB 3VA2, 25 A, 3 polos, 55 kA / 415VAC.

- **Interruptores de nivel inferior**

Interruptor riel Din de 3SL4, 10 A, 2 polos, 10 kA /415 VAC.

Interruptor riel Din de 3SL4, 8 A, 2 polos, 10 kA /415 VAC.

Interruptor riel Din de 3SL4, 6 A, 2 polos, 10 kA /415 VAC.

3.7.3.1.4 Tablero STEA-SO.6

En este tablero de distribución emergencia aislado cuidado intensivos general 6, apreciamos en el diagrama unifilar, según fig. 44, se especifica el nivel de cortocircuito que es de 18 kA, con los siguientes dispositivos:

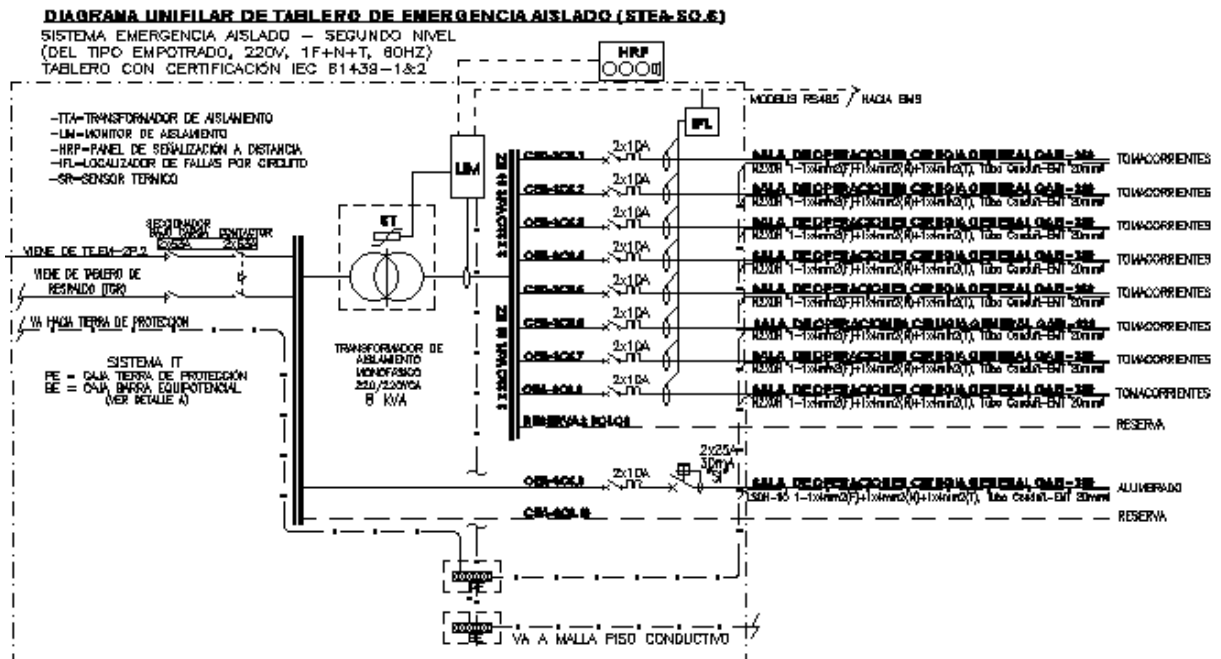


Figura 44: Diagrama unifilar del tablero de emergencia STEA-SO.6

Fuente: Elaborado por proyectista, planos de diagrama unifilar

- **Interruptor en la cabecera:**

Interruptor de MCCB 63 A, 2 polos, 18 kA/400 VAC

- **Interruptores derivados:**

Interruptores riel Din de 10 A, 2 polos, 10 kA / 400VAC

Considerando Sección 3.7.1.3.2.2, se utilizó la serie 3VA2 para los interruptores MCCB y la serie 5SL4 para los interruptores automáticos modulares, ya que a 10 A, los cuales poseen un poder de corte de 10 kA.

En referencia la Tabla de selectividad, el interruptor de MCCB 3VA2 y el interruptor de Riel DIN 5SL4 (Tabla 13), se vio que el interruptor aguas abajo de 10 A solo conserva la selectividad total mientras el interruptor aguas arriba esté encendido, por

lo que en este caso se seleccionó 25A de 3VA2 no 63 A, el valor más cercano a 30 A como se muestra en la Tabla.

Tabla 13: Tablas de selectividad 3VA2 VS 5SL4 para STEA-SO.6

SIEMENS AG Limit current with selectivity Is [kA] for 230/400 resp. 240/415 V AC acc. to IEC 60947-2 Edition 11/2020				upstream molded case circuit breaker 3VA2							
				line protection							
				Trip Unit	ETU320 / ETU330 / ETU340 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860						
				Frame size	160 A				250 A		
		I _{cu} [kA]		55 / 85 / 110							
		Characteristi c	I _{en} [kA]	I _n [A]	25	40	63	100	160	160	250
downstream miniature circuit breaker 5SL4)2 (except 5SL40)	line protection	B	10	1	T	T	T	T	T	T	T
				2	T	T	T	T	T	T	T
				3	T	T	T	T	T	T	T
				4	T	T	T	T	T	T	T
				6	T	T	T	T	T	T	T
				8	T	T	T	T	T	T	T
				10	T	T	T	T	T	T	T
				13	5.9	T	T	T	T	T	T
				16	4.9	T	T	T	T	T	T
				20		T	T	T	T	T	T
	25		T	T	T	T	T	T			
	C	10	0.3	T	T	T	T	T	T	T	
			2	T	T	T	T	T	T	T	
			3	T	T	T	T	T	T	T	
			4	T	T	T	T	T	T	T	
			6	T	T	T	T	T	T	T	
			8	5.6	T	T	T	T	T	T	
			10	5.6	T	T	T	T	T	T	
	13	4	T	T	T	T	T	T			

Fuente: Elaborado por Siemens, Tablas de selectividad.2020

Por lo cual, la selección del dispositivo fue:

- **Interruptor de la cabecera:**

Interruptor de MCCB 3VA1, 25 A, 3 polos, 55 kA / 400 VAC.

- **Interruptores de nivel inferior**

Interruptor riel Din de 3SL4, 10 A, 2 polos, 10 kA /415 VAC.

Interruptor riel Din de 3SL4, 8 A, 2 polos, 10 kA /415 VAC.



3.7.3.1.5 Tablero TE.EM-2P.1

En este tablero de emergencia aislado de equipamiento médico TE.EM-2P.1, se visualiza que el diagrama unifilar realizado por el proyectista (ver la figura 45) nos indica que, el nivel de cortocircuito es de 55 kA, con los siguientes dispositivos:

- **Interruptor en la cabecera:**

Interruptor de MCCB 320A, 3 polos, 55 kA/400 VAC

- **Interruptores de nivel inferior o derivados:**

Interruptores de MCCB de 80 A, 2 polos, 55 kA / 400 VAC

Interruptores de MCCB de 63 A, 2 polos, 10 kA / 400 VAC

Interruptores de MCCB de 50 A, 2 polos, 10 kA / 400 VAC

Interruptores de MCCB de 40 A, 2 polos, 10 kA / 400 VAC

Interruptores de MCCB de 32 A, 2 polos, 10 kA / 400 VAC

Interruptores de MCCB de 10 A, 2 polos, 10 kA / 400 VAC

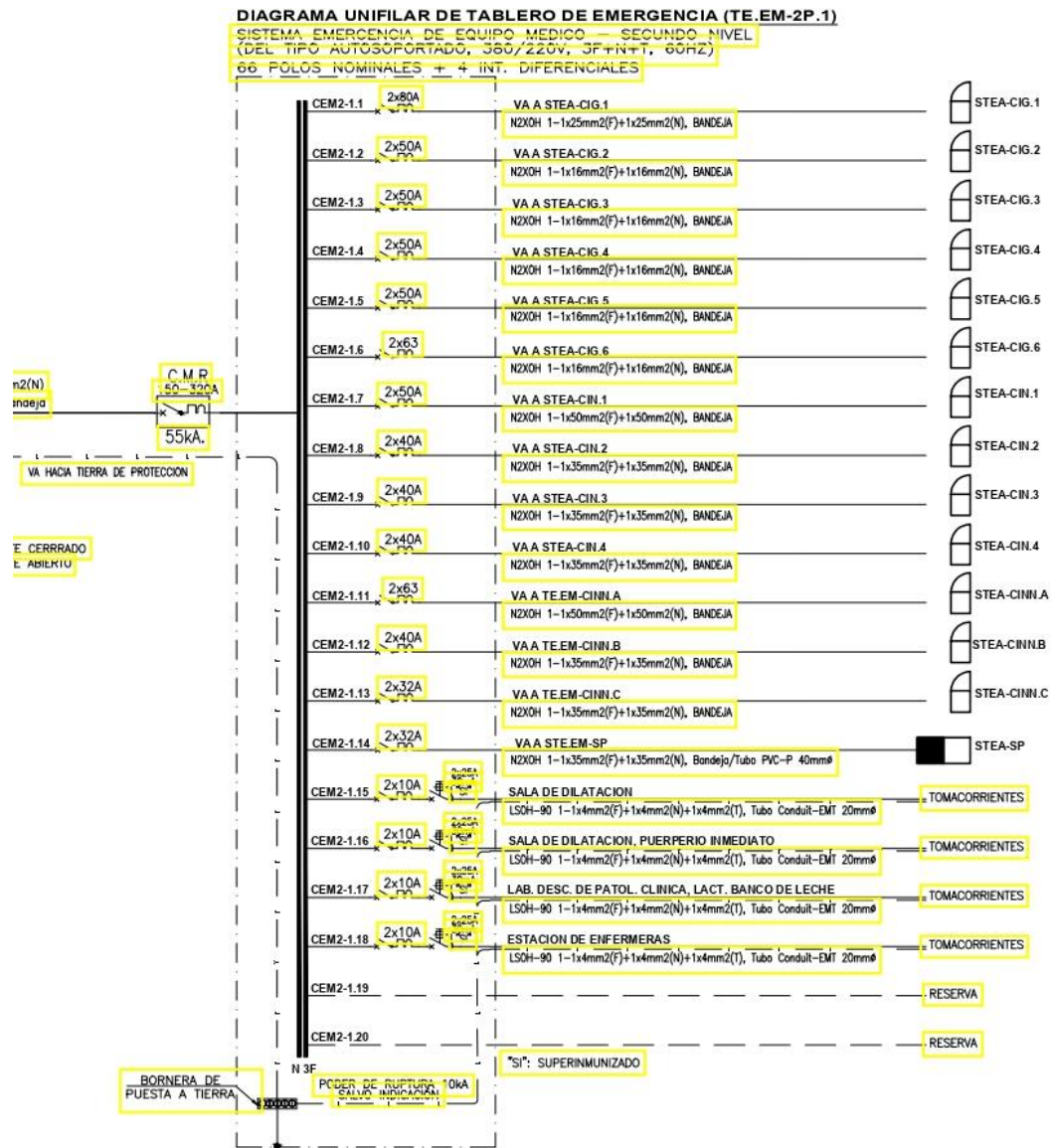


Figura 45: Diagrama unifilar del tablero TE.EM-2P.1
 Fuente: Elaborado por proyectista, “planos de diagrama unifilar”

Luego se vio la selectividad entre los MCCB, en este acontecimiento se seleccionó de serie 3VA2 (nivel superior) y 3VA2 (nivel inferior). En la Tabla 14 podemos ver que el interruptor aguas abajo de 25 A solo conserva la selectividad total mientras el interruptor aguas arriba esté encendido, por lo que en este caso se seleccionó 250A 3VA2 no 320A.

Tabla 14: Tablas de selectividad 3VA2 VS 3VA2 para TE.EM-2P.1

SIEMENS AG Limit current with selectivity Is [kA] for 230/400 resp. 240/415 V AC acc. to IEC 60947-2 Edition 11/2020				upstream molded case circuit breaker 3VA2)1														
				line protection														
				trip unit	ETU320 / ETU330 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860													
				Frame size	250 A		400 A		630 A		1000 A							
				Icu [kA]	55 / 85 / 110													
downstream molded case circuit breaker 3VA2	line protection	ETU320 / ETU330 / ETU340 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860	100 A	Icu [kA] 55 85 110 150	I _n [A]	160	250	250	400	400	500	630	630	800	1000			
					25	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
					40	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
					63	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
		ETU320 / ETU330 / ETU340 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860	160 A	Icu [kA] 55 85 110 150	I _n [A]	160	250	250	400	400	500	630	630	800	1000			
					25	5,7	6	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
		40	5,7	6	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			

Fuente: Elaborado por Siemens, Tablas de selectividad.2020

Entonces en este acontecimiento se consideró que existe selectividad total en este tablero, se consideró que, los interruptores derivados o nivel inferior de este tablero deben ser de al menos 25 A, siempre que los interruptores el límite sea del tipo 3VA2.

Por lo cual, la selección del dispositivo fue:

- **Interruptor en la cabecera:**

Interruptor de MCCB 3VA2, 250 A, frame 400 A, 3 polos, 55 kA. /400 VAC.

- **Interruptores derivados:**

Interruptores de MCCB 3VA2, 25 A, 3 polos, 55 kA /400 VAC.

Interruptores de MCCB 3VA1, 63 A, 3 polos, 55 kA /400 VAC.

3.7.3.1.6 Tablero TE.EM-2P.2

En este tablero de emergencia aislado de equipamiento médico TE.EM-2P.2, se visualiza que el diagrama unifilar realizado por el proyectista (ver la figura 46) nos indica que el nivel de cortocircuito es de 55 kA, con siguientes dispositivos:

- **Interruptor en la cabecera:**

Interruptor de MCCB 250A, 3 polos, 55 kA/400 VAC

- **Interruptores de nivel inferior o derivados:**

Interruptores de MCCB de 80 A, 2 polos, 55 kA / 400 VAC

Interruptores de MCCB de 63 A, 2 polos, 55 kA / 400 VAC

Interruptores de MCCB de 40 A, 2 polos, 55 kA / 400 VAC

Interruptores de MCCB de 25 A, 2 polos, 55 kA / 400 VAC

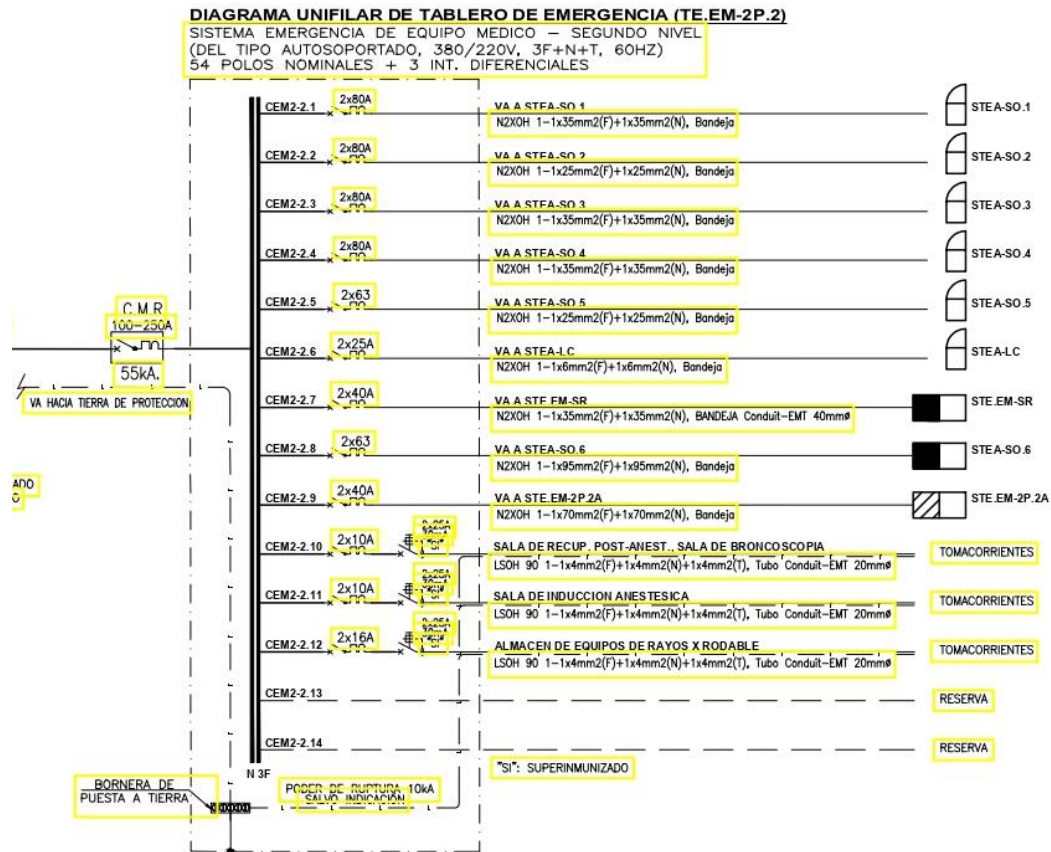


Figura 46: Diagrama unifilar del tablero TE.EM-2P.2

Fuente: Elaborado por proyectista, “planos de diagrama unifilar”

Luego se verificó la selectividad entre los MCCB, en este acontecimiento se seleccionó 3VA2 (nivel superior) y 3VA1 (nivel inferior). En la Tabla 15 muestra que, para 3VA2 de 250 A y 3VA1 que tenga frame de tamaño 160A (es decir, 20, 40, 63, 100 y 160 A) por lo tanto, se prevaleció el interruptor y podemos decir que cumple con la selectividad total (T).

Tabla 15: Tablas de selectividad 3VA2 VS 3VA1 para TE.EM-2P.2

SIEMENS AG Limit current with selectivity Is [kA] for 230/400 resp. 240/415 V AC acc. to IEC 60947-2 Edition 11/2020				upstream molded case circuit breaker 3VA2)1									
				line protection									
				trip unit	ETU320 / ETU330 / ETU340 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860								
				Frame size	160 A		250 A		400 A		630 A		
				I _{cu} [kA]	55 / 85 / 110								
				I _n [A]	100	160	160	250	250	400	400	500	
downstream molded case circuit breaker 3VA1	line protection	TM210 / TM220 / TM240	100 A	16 / 25 / 36	16	T	T	T	T	T	T	T	T
					20	T	T	T	T	T	T	T	T
					25	T	T	T	T	T	T	T	T
					32	T	T	T	T	T	T	T	T
					40	2.9	4.4	T	T	T	T	T	T
					50	2.9	4.4	T	T	T	T	T	T
					63	2.9	4.4	T	T	T	T	T	T
					80		4.4	T	T	T	T	T	T
					100		4.4	T	T	T	T	T	T
		160 A	25 / 36 / 55 / 70	16	36	36	36	36	T	T	T	T	
				20	36	36	36	36	T	T	T	T	
				25	36	36	36	36	T	T	T	T	
				32	36	36	36	36	T	T	T	T	
				40	2.9	4.4	36	36	T	T	T	T	
				50	2.9	4.4	36	36	T	T	T	T	
				63	2.9	4.4	36	36	T	T	T	T	
				80		4.4	36	36	T	T	T	T	
				100		4.4	36	36	T	T	T	T	

Fuente: Elaborado por Siemens, Tablas de selectividad.2020

Entonces en este acontecimiento se consideró que existe selectividad total en este tablero, los interruptores derivados o nivel inferior de este tablero deben ser de al menos 25 A, siempre que los interruptores el límite sea del tipo 3VA1

Por lo cual, la selección del dispositivo fue:

- **Interruptor en la cabecera:**

Interruptor de MCCB 3VA2, 250 A, frame 400 A, 3 polos, 55 kA. /415 VAC.

- **Interruptores de nivel inferior derivados:**

Interruptores de MCCB 3VA2, 25 A, 2 polos, 55 kA /400 VAC.

Interruptores de MCCB 3VA1, 63 A, 2 polos, 55 kA /400 VAC.

3.7.3.1.7 Tablero STGE.EM-S.1

En esta Subtablero general emergencia equipo médico observamos que, en el diagrama unifilar (ver Fig. 47), tiene un nivel de cortocircuito de 55 kA con el siguiente dispositivo:

- **Interrupor en la cabecera:**

Interrupor de MCCB 400 A, 4 polos, 55 kA/450 VAC

- **Interrupores de nivel inferior o derivados:**

Interrupor de MCCB 250 A, 4 polos, 55 kA/450 VAC

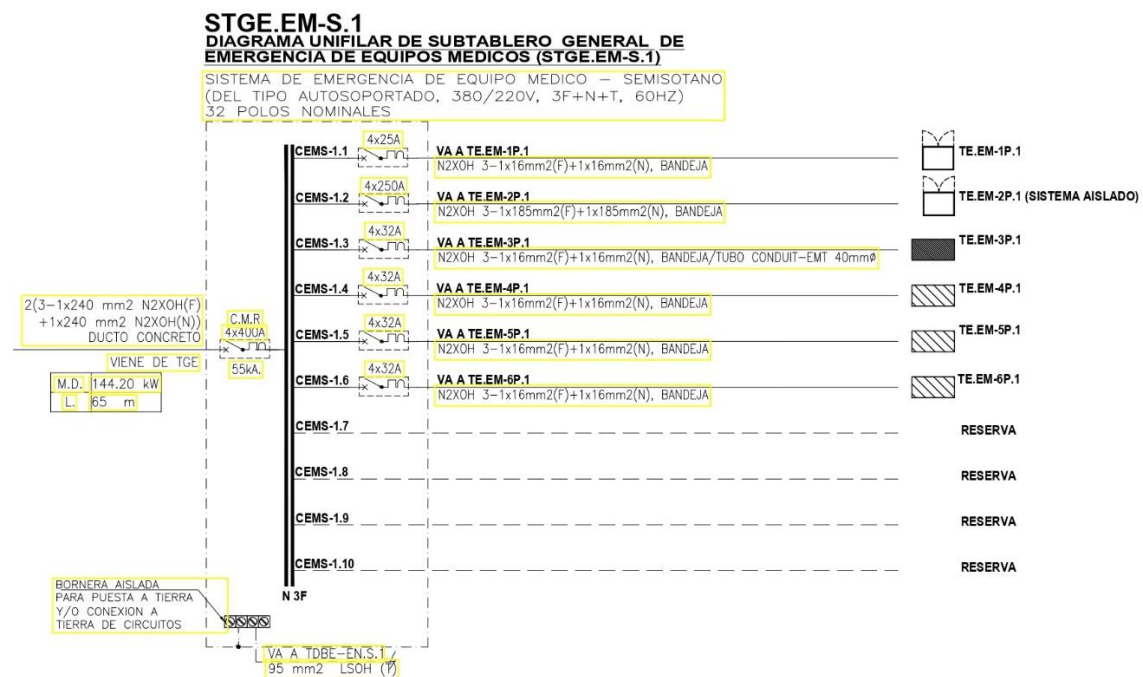


Figura 47: Diagrama unifilar del tablero STGE.EM-S.1

Fuente: Elaborado por proyectista, planos de diagrama unifilar

Para este acontecimiento utilizaremos el tipo 3VA2 para los interruptores de MCCB (aguas arriba) y de 3VA2 electrónico para los interruptores de MCCB (aguas abajo), para 250 A, estas tienen un poder de corto de 55 kA.

Luego se verificó la Tabla de selectividad los interruptores MCCB, en este caso se selecciona la serie 3VA2 (nivel superior) y 3VA2 (nivel inferior) ver Tabla 16, vemos que el interruptor de 250 A de nivel inferior solo cumple selectividad total siempre cuando

que podemos ver que el disyuntor de 250 A aguas abajo tiene selectividad total solo mientras el disyuntor de aguas arriba sea de 400 A y tenga un tamaño de FRAME de 630 A, por lo que, en este caso se cambió del tamaño para umbral de cabecera y 80 a 250 A para interruptores de aguas abajo.

Tabla 16: Tablas de selectividad interruptores 3VA2 – 3VA2, STGE.EM-S.1

SIEMENS AG Limit current with selectivity Is [kA] for 230/400 resp. 240/415 V AC acc. to IEC 60947-2 Edition 11/2020				upstream molded case circuit breaker 3VA2)1											
				line protection											
				trip unit ETU320 / ETU330 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860											
				Frame size		250 A		400 A		630 A		1000 A			
				I _{cu} [kA] 55 / 85 / 110											
		Trip unit	Frame Size	I _{cu} [kA]	I _n [A]	160	250	250	400	400	500	630	630	800	1000
downstream molded case circuit breaker 3VA2	line protection	ETU320 / ETU330 / ETU340 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860	100 A	55 85 110 150	25	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T
				40	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T	
				63	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T	
				100	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T	
				25	5,7	6	T	T	T	T	T	T	T	T	
				40	5,7	6	T	T	T	T	T	T	T	T	
			160 A	63	5,7	6	T	T	T	T	T	T	T	T	T
				100	5,7	6	T	T	T	T	T	T	T	T	
				160	6	T	T	T	T	T	T	T	T	T	
				160	3.2	T	T	T	T	T	T	T	T		
				250		4.8	T	T	T	T	T	T			

Fuente: Elaborado por Siemens, Tablas de selectividad.2020

Por lo cual, la selección del equipamiento fue:

- **Interruptor en la cabecera:**

Interruptor de MCCB electrónico 3VA2, 400A, 4 polos, 55 kA / 415 VAC.

- **Interruptores de nivel inferior o derivado:**

Interruptor de MCCB electrónico 3VA2, 250 A, 4 polos, 55 kA / 415 VAC

3.7.3.1.8 Tablero STGE.EM-S.2

En este Subtablero general emergencia equipo médico STGE.EM-S.2, observamos que el diagrama unifilar (ver Fig. 48) muestra un nivel cortocircuito de 55 kA con los siguientes dispositivos:

- **Interruptor en la cabecera:**

Interruptor de MCCB 320 A, 4 polos, 55 kA. /400 VAC.

- **Interruptores de nivel inferior o derivados:**

Interruptor de MCCB 200 A, 4 polos, 55 kA /400 VAC.

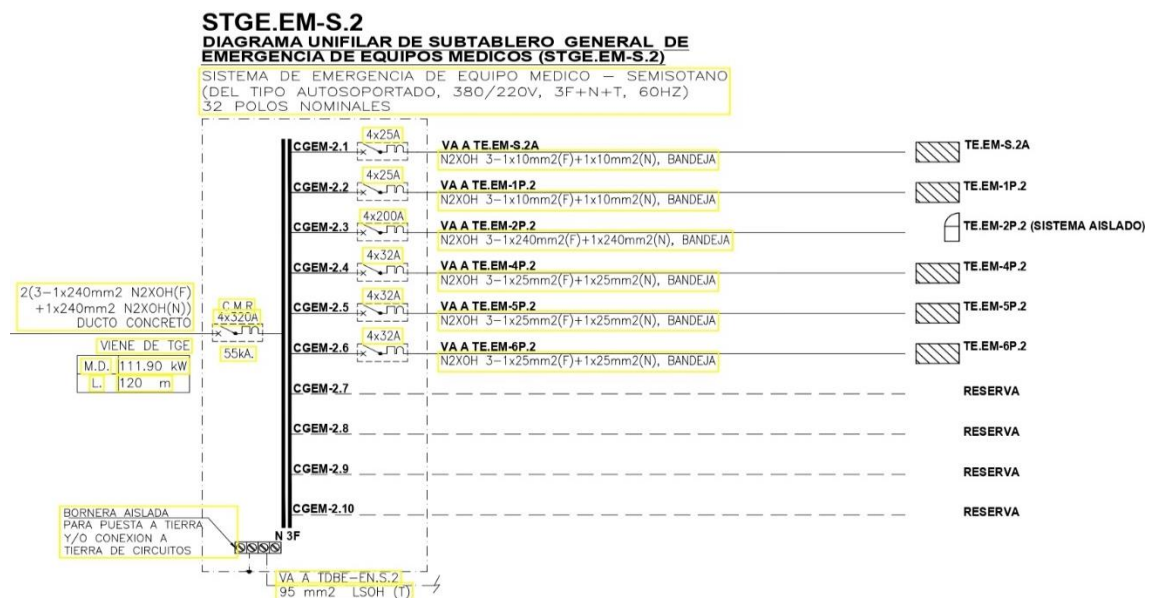


Figura 48: Diagrama unifilar del tablero STGE.EM-S.2

Fuente: Elaborado por proyectista, planos de diagrama unifilar

Para este caso se utilizó la de 3VA2 para los interruptores de MCCB (aguas arriba) y la de 3VA2 para los interruptores de caja moldeada (aguas abajo), de modo que para 200, 320 A, estos tienen un poder de ruptura de 55 kA.

Luego se verificó la Tabla de selectividad, los interruptores MCCB de 3VA2 (nivel superior) y 3VA2 (nivel inferior) ver Tabla 17, se vio que, el interruptor aguas abajo de 200 A es completamente selectivo solo cuando el interruptor aguas arriba es de 400 A, que tengan frame de tamaño 630A por lo que, en este caso debemos se cambió el

interruptor de 320 a 400 A para umbral de cabecera y 200 a 250 A para interruptores de aguas abajo.

Tabla 17: Tablas de selectividad 3VA2 - 3VA2, STGE.EM-S.2

SIEMENS AG Limit current with selectivity Is [kA] for 230/400 resp. 240/415 V AC acc. to IEC 60947-2 Edition 11/2020				upstream molded case circuit breaker 3VA2)1											
				line protection											
				trip unit	ETU320 / ETU330 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860										
				Frame size	250 A		400 A		630 A		1000 A				
				I _{cu} [kA]											
				55 / 85 / 110											
		Trip unit	Frame Size	I _{cu} [kA]	I _n [A]	160	250	250	400	400	500	630	630	800	1000
downstream molded case circuit breaker 3VA2	line protection	ETU320 / ETU330 / ETU340 / ETU350 / ETU550 / ETU560 / ETU850 / ETU860	100 A	55	25	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T
				85	40	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T
				110	63	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T
				150	100	55	55	T	T	T	T	T	T	T	T
					25	5,7	6	T	T	T	T	T	T	T	T
					40	5,7	6	T	T	T	T	T	T	T	T
			63	5,7	6	T	T	T	T	T	T	T	T		
			100	5,7	6	T	T	T	T	T	T	T	T		
			160		6	T	T	T	T	T	T	T	T		
			160		3.2	T	T	T	T	T	T	T	T		
			250			4.8	T	T	T	T	T	T	T		

Fuente: Elaborado por Siemens, Tablas de selectividad.2020

Por lo cual, la selección del dispositivo fue:

- **Interruptor en la cabecera:**

Interruptor de MCCB 3VA2, 400 A, 4 polos, 55 kA / 400 VAC.

- **Interruptores derivados:**

Interruptor de MCCB 3VA2, 250 A, 4 polos, 55 kA / 400VAC.

3.7.3.1.9 Tablero TGE

En este Tablero general de la emergencia TGE observamos que el diagrama unifilar (ver Fig. 49) muestra un nivel cortocircuito de 65 kA con los siguientes dispositivos:

- **Interruptor en la cabecera:**

Interruptor de MCB bastidor abierto 1600 A, 4 polos, 55 kA. /400VAC.

- **Interruptores de nivel inferior o derivados:**

Interruptores de MCCB 400 A, 4 polos, 55 kA /400VAC.

Interruptores de MCCB 320 A, 4 polos, 55 kA /400VAC.



Figura 49: Diagrama unifilar del tablero TGE

Fuente: Elaborado por proyectista, planos de diagrama unifilar

Luego, se observó la selectividad con el interruptor automático de MCB bastidor abierto 3WA1 (aguas arriba) y el interruptor automático de MCCB 3VA2 (aguas abajo). En la Tabla 18 observamos que, el interruptor automático de bastidor abierto 3WA1 1600 A y el interruptor automático de MCCB 3VA2 400 A tienen selectividad total. En este caso prevalece 1600 A para umbral de cabecera y se cambió de 320 a 400A para interruptores de aguas abajo.

Tabla 18: Tablas de selectividad 3WA1 vs 3VA2 para TGE

SIEMENS AG Limit current with selectivity Is [kA] for 230/400 resp. 240/415 V AC acc. to IEC 60947-2 Edition 11/2020				upstream air-circuit breaker 3WA1)1													
				line protection													
				Frame size I to III													
				trip unit	ETU600												
I _{cu} [kA]	I _h [kA]	55						66									
		630	800	1000	1250	1600	2000	2500	630	800	1000	1250	1600	2000			
downstream molded-case circuit breaker 3VA2 line protection	ETU320 / ETU330 / ETU340 / ETU350 / ETU560 / ETU660 / ETU860	100 A	55 / 85 / 110 / 160	25	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
		160 A		25													
		160 A		40													
		250 A		63	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
		400 A		100													
		400 A		160	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
		630 A		250	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
		630 A		400	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
		630 A		400	400	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
		630 A		500	500	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

Fuente: Elaborado por Siemens, Tablas de selectividad.2020

Por la que se nuestra selección de dispositivos de acuerdo a la Tabla de selectividad fue:

- **Interruptor a la cabecera:**

Interruptor de bastidor abierto 1600 A, 4 polos, 55 kA. /415 VAC.

- **Interruptores derivados:**

Interruptores de caja moldeada 400 A, 4 polos, 55 kA /415VAC.

3.7.3.1.10 Tablero TGN

En el tablero general de normal (TGN) (consulte la Figura 50) muestra un cortocircuito de 66 kA en la barra, al seleccionar se verificó la capacidad de ruptura, de lo cual se debe considerar los siguientes dispositivos en el diagrama:

- **Interruptor general:**

Interruptor de MCB bastidor abierto 3200 A, 4 polos, 55 kA. /400VAC.

- **Interruptores de nivel inferior o derivado:**

Interruptores de MCCB 1600A, 4 polos, 55 kA /400 VAC.

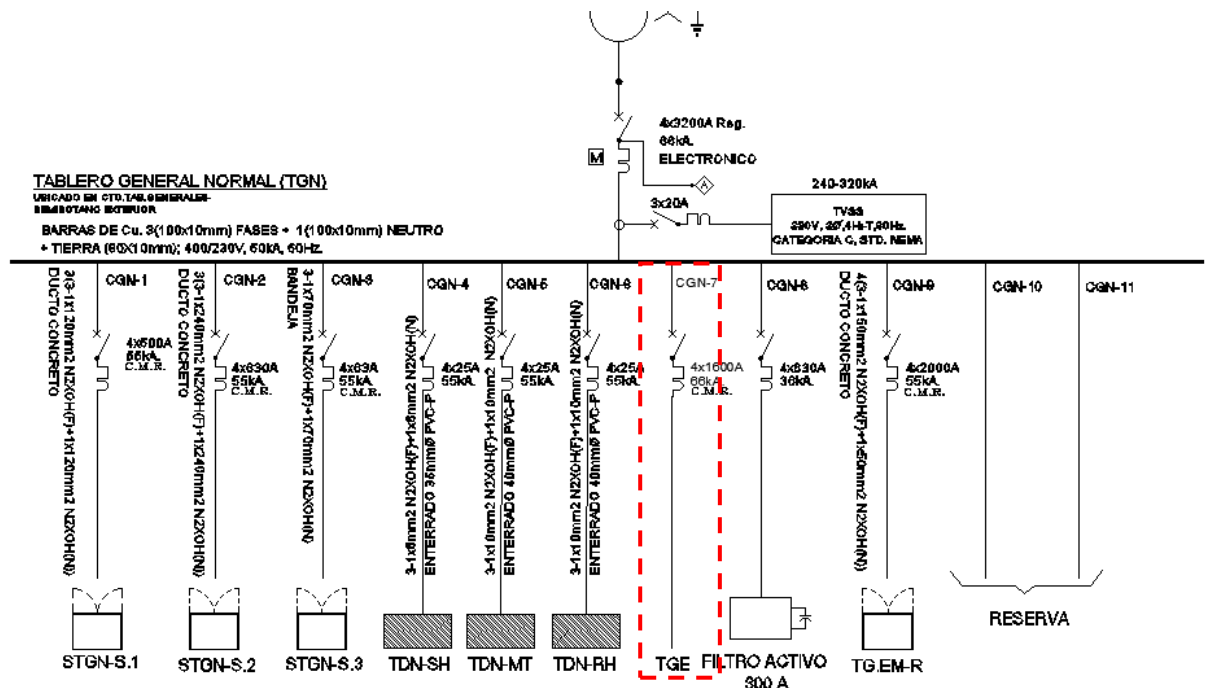


Figura 50: Diagrama unifilar del tablero TGN

Fuente: Elaborado por proyectista, planos de diagrama unifilar

Para los dos primeros interruptores 1600A y 2500A se consideró como de bastidores abiertos (MCB), de acuerdo el análisis anterior fue 2500A. Desafortunadamente, no se realiza ensayos en ninguna de las marcas del fabricante. Por lo cual, el fabricante no brinda una Tabla de selectividad cuando se presentan estos casos, pero se utilizó la curva de actuación, así como el concepto de selectividad de tiempo y amperaje para poder coordinar la protección. Solo tenemos que demostrarlo en software. Entonces la elección de dispositivos se seleccionó así:

- **Interruptor general:**

Interruptor de MCB 2500 A, 4 polos, 55 kA. /415VAC.

- **Interruptores de nivel inferior o derivados:**

Interruptores de MCB 1600A, 4 polos, 55 kA /415VAC.

3.7.3.2 Lista de dispositivos del expediente

Finalmente, se señala la relación de tipo interruptores con sus características, utilizados en su diagrama unifilar, esto nos ayudó a estimar el costo de total de los interruptores que cuanto es rentable económicamente viable a comparación de la selectividad de optimización utilizando el software avanzado Simaris Design. advanced v.11.0 profesional.

Tabla 19: Cuadro de equipamiento sin la selectividad

Código	Descripción	Tipo	Cantidad
5SL42327	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x32 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	1
5SL42207	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x20 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	1
5SL42137	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x16 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	4
5SL42107	Interruptor miniatura r Siemens 5SL4, 2x10 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	34
5SL42087	Interruptor miniatura r Siemens 5SL4, 2x10 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	51
5SL42067	Interruptor miniatura r Siemens 5SL4, 2x10 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	10
5SL42047	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x10 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	33
5SL42027	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x10A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	12
3WA11252FE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,3x3200 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn, 4NA+4NC	Interruptor	2
3WA11163AE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,4x3200 A, tamaño 1, Icu=66kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	Interruptor	4
3WA11162AE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,4x1600 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	Interruptor	6
3VA24635HN420AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,4x630 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	Interruptor	2
3VA24405HL320AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA24, 3x400 A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	4

(Continuación...) 3VA23255HL320AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA23, 3x250A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	4
3VA21635HL360AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA21, 3x80A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	4
3VA21255HL360AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA21, 3x63A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	14
3VA21255HL360AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA21, 3x40A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	17
3VA11635EE360AA0	Interruptor de caja moldeada termomagnético Siemens 3VA11, 3x32 A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/400V	Interruptor	23

Fuente: Lista de interruptores automáticos seleccionados del proyectista

3.7.3.3 Evaluación de resultados del software

Para el análisis de selectividad se realizó desde el nivel inferior del gráfico, porque a partir de este nivel se evaluó si el cambio obtenido debajo es selectivo al de arriba. En algunos casos, hubo casos que no podamos utilizar un interruptor automático con la corriente nominal requerida como en circuitos de una sola línea, por lo cual, según las Tablas de selectividad, se aumentó el valor de la corriente nominal eléctrica. Veremos algunos ejemplos para cada nivel para que no tome mucho tiempo durante esta fase final de diseño.

3.7.3.3.1 Análisis del tablero STEA-CIG.1

Del subtablero de emergencia aislado de cuidados intensivos general 1, analizando la curva de actuación, la regla que debe cumplir para proteger ante un defecto eléctrico como sobrecarga. La corriente de carga menor o igual que corriente regulada en el interruptor, menor o igual a la capacidad de conducción del conductor ($I_b \leq I_R \leq I_z$), la zona de cortocircuito que cumpla regla; la capacidad de ruptura es mayor o igual que el corriente de cortocircuito ($I_{cu} \geq I_{ccm\acute{a}x}$), y verificando con Tablas de selectividad, como resultado que el interruptor automático de la cabecera aguas arriba, escogido fue

un MCCB electrónico de 3VA2 3x25 A, ya que el interruptor de circuito derivado aguas abajo es de riel DIN de 2x10 A de 5SL4; en este acontecimiento, el interruptor de la cabecera aguas arriba debe cambiarse de 80 A - 25 A y de frame de tamaño del disyuntor 160 así poder garantizar la selectividad total.

Tabla 20: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STEA-CIG.1

Distribución	Referencia	Tipo DI	Tipo	Cant.
STEA-CIG.1	3VA21255HL360AA0	3VA2M160 R25 ETU320 F/3P	Interruptor	1
STEA-CIG.1	5SL42037	5SL4 C3A /2P	Termomagnético (PIA)	1
STEA-CIG.1	5SL42067	5SL4 C6A /2P	Termomagnético (PIA)	3
STEA-CIG.1	5SL42107	5SL4 C10A /2P	Termomagnético (PIA)	4

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

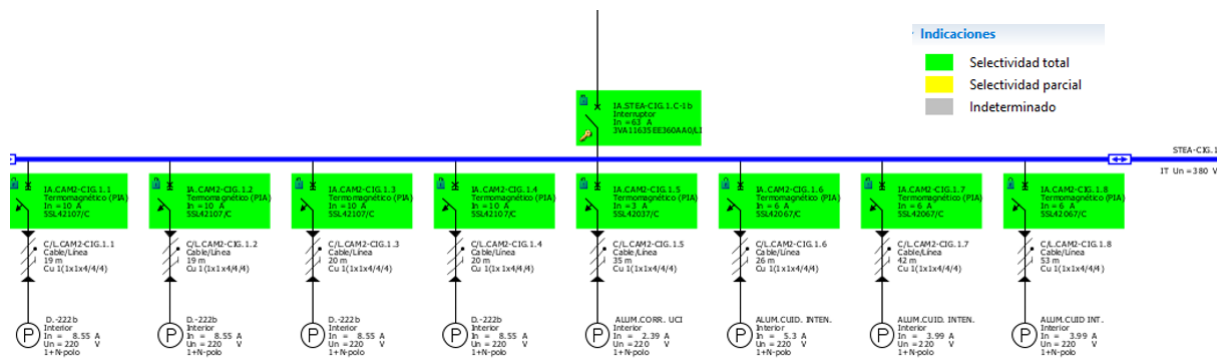
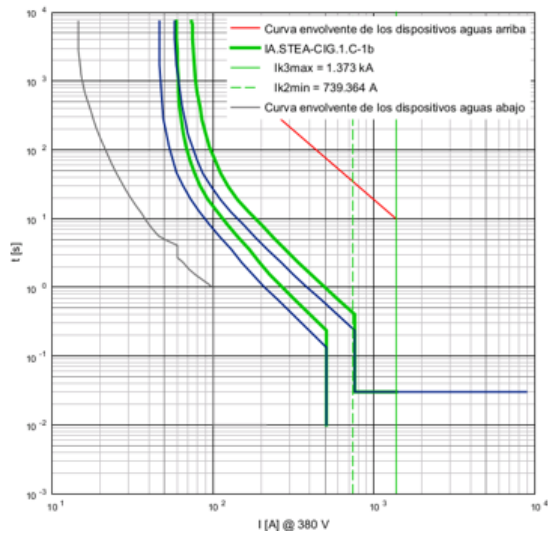


Figura 51: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STEA-CIG.1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

La Figura 52, muestra la selectividad y coordinación de un interruptor cabecera de caja MCCB electrónico 3VA2 de 25 A y un disyuntor de derivación riel DIN de 10 A 5SL4 donde se logró coordinar los interruptores mediante la regulación de curvas de actuación utilizando los métodos de selectividad, donde no se observa el solapamiento de las curvas de disparo, por lo que se determina la selectividad total (T) a partir de lo que muestra el software figura 51 pintados de color verde. Finalmente, la figura presenta corriente máxima de cortocircuito de este tablero STEA-CIG.1 es 1,373 kA.

Nombre del circuito: STEA-CIG.1
Designación: IA.STEA-CIG.1.C-1b
Modo de operación principal: TRAFOS
Corriente de corte: Ik3 / Ik2
Selectividad: Selectividad total



Ajustes del interruptor:

Designación: IA.STEA-CIG.1.C-1b
3VA11635EE380AA0
In 83 A
Protección L Encendido x In corresponde 56.7 A
Ir 0.9
Protección I Encendido x In corresponde 830 A
Ii 10

Figura 52: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STEA-CIG.1
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

3.7.3.3.2 Análisis del tablero STEA-CIN.1

Del subtablero de emergencia aislado de cuidados intensivos neonatal, el disyuntor automático de la cabecera aguas arriba, obtenido, es un tipo de MCCB electrónico 3VA2 3x25A, ya que un disyuntor de circuito derivado aguas debajo de una capacidad máxima presenta un tipo riel DIN de 2x10 A 5SL4; en ocasiones como este, el interruptor de la cabecera aguas arriba se cambió de 50A a 25A y de frame de tamaño del interruptor 160 que se garantiza una selectividad total.

Tabla 21: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STEA-CIN.1

Distribución	Referencia	Tipo DI	Tipo	Cant.
STEA-CIN.1	3VA21255HL360AA0	3VA2M160 R25 ETU320 F/3P	Interruptor	1
STEA-CIN.1	5SL42047	5SL4 C4A /2P	Termomagnético (PIA)	1
STEA-CIN.1	5SL42087	5SL4 C8A /2P	Termomagnético (PIA)	5

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

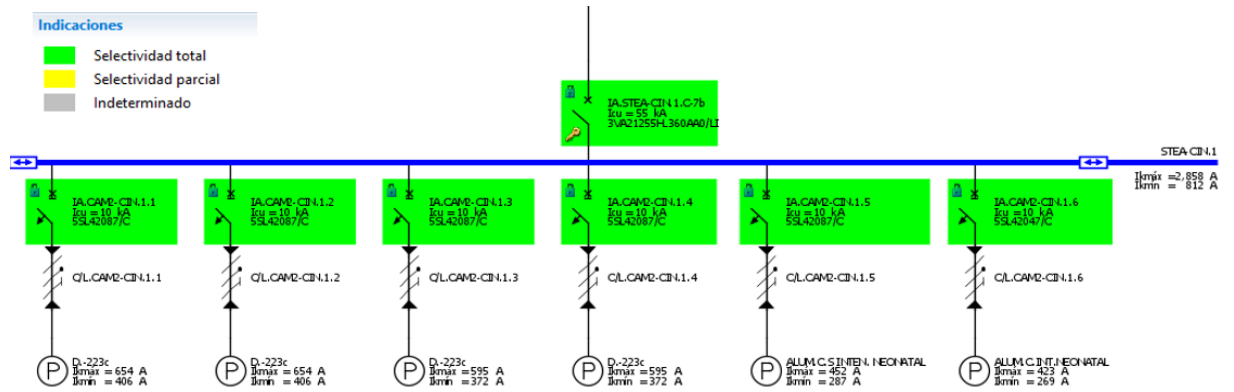


Figura 53: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STEA-CIN.1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

La Figura 54, muestra la selectividad y coordinación de un interruptor cabecera de caja MCCB electrónico 3VA2 de 25 A y un disyuntor de derivación riel DIN de 10 A 5SL4 donde se logró coordinar los interruptores mediante la regulación de curvas de actuación utilizando los métodos de selectividad, donde no se observa el solapamiento de las curvas de disparo, por lo que se determina la selectividad total (T) a partir de lo que muestra el software figura 53 pintados de color verde. Finalmente, la figura presenta corriente máximo de cortocircuito de este tablero STEA-CIN.1 es 2,858 kA.

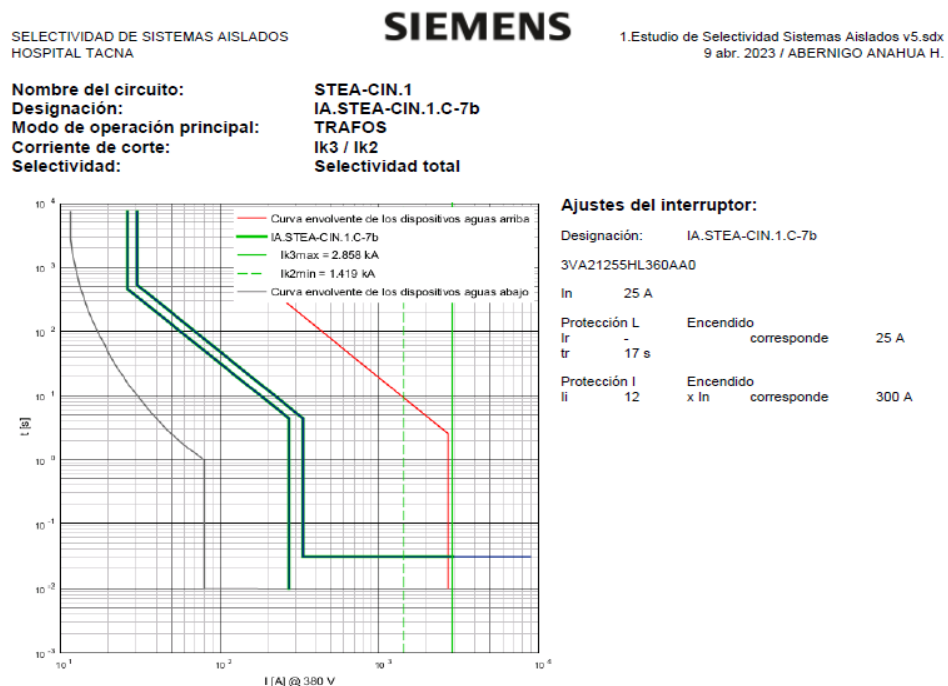


Figura 54: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STEA-CIN.1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

3.7.3.3.3 Análisis del tablero STEA-SO.1

Del subtablero de emergencia aislado de cuidados intensivos general 1 (STEA-SO.1), analizando la zona de sobrecarga que cumple la regla; corriente de carga menor o igual que corriente regulada en el interruptor, menor o igual posibilidad de conducción del conductor ($I_b \leq I_R \leq I_z$), la zona de cortocircuito que cumpla regla; la capacidad de ruptura es mayor o igual que el corriente de cortocircuito ($I_{cu} \geq I_{cm\acute{a}x}$), y verificando con Tablas de selectividad, como resultado que el interruptor automático de la cabecera aguas arriba, obtenido es un tipo de MCCB termomagnético 3VA1 3x63 A, ya que un disyuntor o el interruptor de circuito derivado aguas abajo con capacidad máxima va a ser de tipo de riel DIN 2x10A 5SL4; en situaciones similares, el interruptor de la cabecera aguas arriba debe cambiarse de 80 A - 63 A y de frame de tamaño del disyuntor 160 que garantizar una selectividad total.

Tabla 22: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STEA-SO.1

Distribución	Referencia	Tipo DI	Tipo	Cant.
STEA-SO.1	3VA21255HL360AA0	3VA2M160 R25 ETU320 F/3P	Interruptor	1
STEA-SO.1	5SL42027	5SL4 C2A /2P	Termomagnético (PIA)	2
STEA-SO.1	5SL42047	5SL4 C4A /2P	Termomagnético (PIA)	4
STEA-SO.1	5SL42087	5SL4 C8A /2P	Termomagnético (PIA)	4
STEA-SO.1	5SL42107	5SL4 C10A /2P	Termomagnético (PIA)	1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

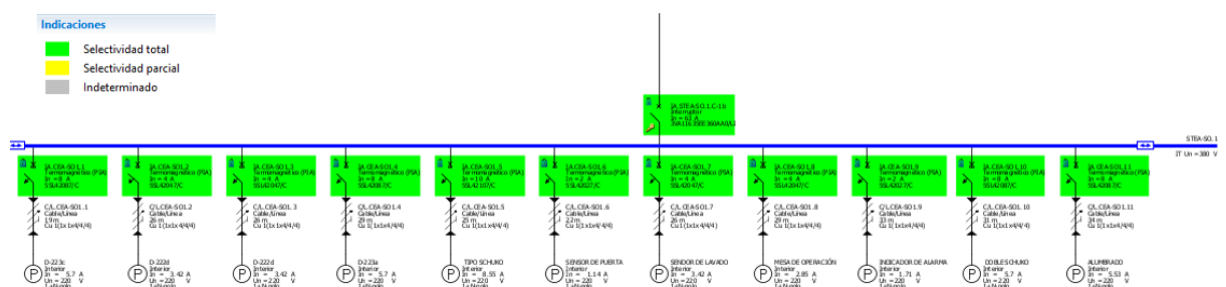


Figura 55: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STEA-SO.1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

La Figura 56, muestra la selectividad y coordinación de un interruptor cabecera de caja MCCB electrónico 3VA2 de 25 A y un disyuntor de derivación riel DIN de 10 A

5SL4 donde se logró coordinar los interruptores regulando de curvas de actuación utilizando los métodos de selectividad, donde no se observa el solapamiento de las curvas de disparo, por lo que se determina la selectividad total (T) a partir de lo que muestra el software figura 55 pintados de color verde. Finalmente, la figura presenta corriente máximo de cortocircuito de este tablero STEA-SO.1 de 1.169 kA.

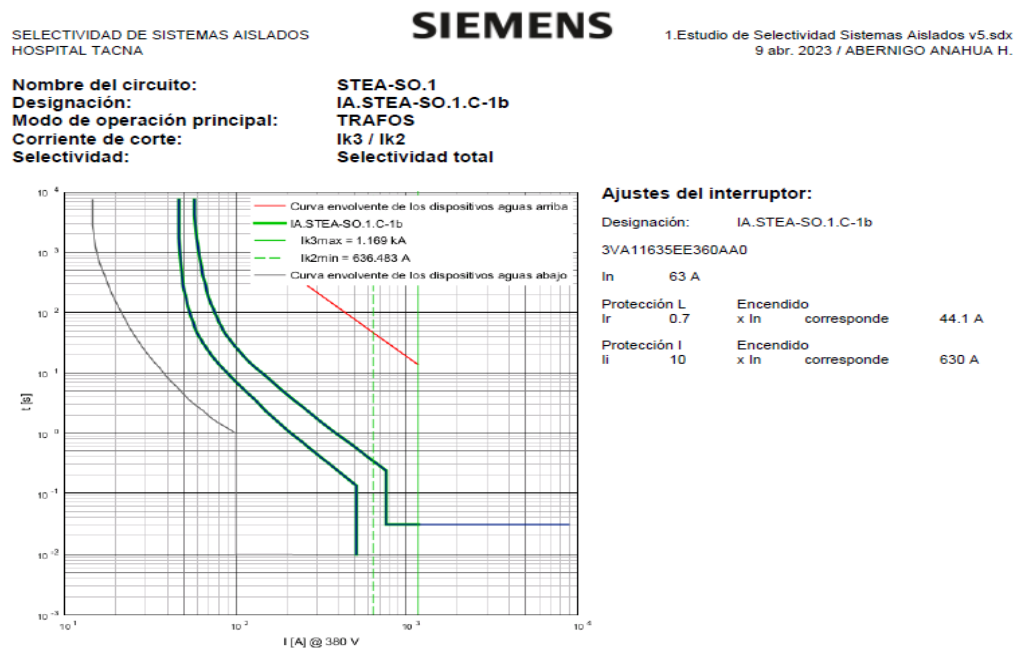


Figura 56: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STEA-SO.1
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

3.7.3.3.4 Análisis del tablero STEA-SO.6

Del Subtablero de emergencia aislado de cuidados intensivos general 6(STEA-SO.6), el disyuntor automático de la cabecera aguas arriba, obtenido tipo de MCCB termomagnético 3VA2 3x25 A, ya que un disyuntor o el interruptor de circuito derivado aguas abajo de una capacidad óptima tipo de riel DIN 2x10 A 5SL4; en situaciones como este, el interruptor de la cabecera aguas arriba se cambió de 63 A - 25 A y de frame de tamaño del interruptor 160 que pueda facilitar a llegar a la selectividad total.

Tabla 23: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STEA.EM-SR

Distribución	Referencia	Tipo DI	Tipo	Cant.
STEA-SO.6	3VA21255HL360AA0	3VA2M160 R25 ETU320 F/3P	Interruptor	1
STEA-SO.6	5SL42027	5SL4 C2A /2P	Termomagnético (PIA)	1
STEA-SO.6	5SL42047	5SL4 C4A /2P	Termomagnético (PIA)	3
STEA-SO.6	5SL42067	5SL4 C6A /2P	Termomagnético (PIA)	1
STEA-SO.6	5SL42087	5SL4 C8A /2P	Termomagnético (PIA)	4

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

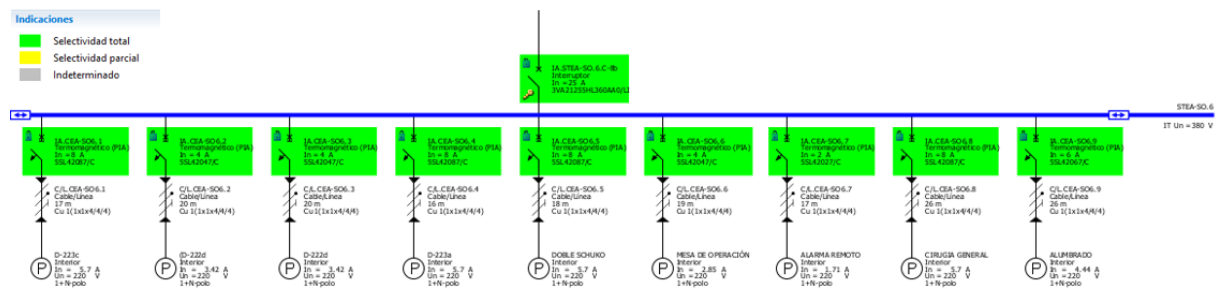
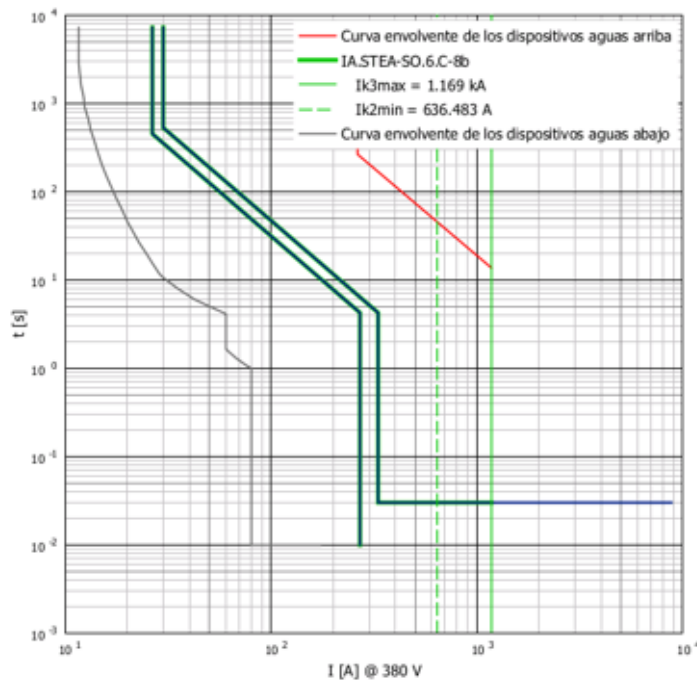


Figura 57: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STEA-SO.6

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

Figura 58, muestra la selectividad y coordinación de un interruptor cabecera de caja MCCB electrónico 3VA2 de 25 A y un disyuntor de derivación riel DIN de 10 A 5SL4 donde se logró coordinar los interruptores regulando de curvas de actuación utilizando los métodos de selectividad, donde no se observa el solapamiento de las curvas de disparo, por lo que se determina la selectividad total (T) a partir de lo que muestra el software figura 57 pintados de color verde. Finalmente, la figura presenta corriente máximo de cortocircuito de este tablero STEA-SO.6 es de 1.169 kA.

Nombre del circuito: STEA-SO.6
Designación: IA.STEA-SO.6.C-8b
Modo de operación principal: TRAFOS
Corriente de corte: Ik3 / Ik2
Selectividad: Selectividad total



Ajustes del interruptor:

Designación: IA.STEA-SO.6.C-8b
 3VA21255HL380AA0
 In 25 A
 Protección L Encendido
 Ir - corresponde 25 A
 tr 17 s
 Protección I Encendido
 li 12 x In corresponde 300 A

Figura 58: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STEA-SO.6
 Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

3.7.3.3.5 Análisis del tablero TE.EM-2P.1

Del tablero de emergencia aislado de equipamiento médico (TE.EM-2P.1), analizando la zona de sobrecarga que cumple la regla; corriente de carga menor o igual que corriente regulada en el interruptor, menor o igual a la posibilidad de conducción del conductor ($I_b \leq I_R \leq I_z$), la zona de cortocircuito que cumpla regla; la capacidad de ruptura es mayor o igual que el corriente de cortocircuito ($I_{cu} \geq I_{ccm\acute{a}x}$), y verificando con Tablas de selectividad, como resultado que el interruptor automático de la cabecera aguas arriba, obtenido con tipo de MCCB electrónico 3VA2 3x250 A, ya que un disyuntor o el interruptor de circuito derivado aguas abajo de máxima es un tipo MCCB electrónico 3x63 A 3VA2; en este caso, el interruptor de la cabecera aguas arriba debe cambiarse de 320 A - 250 A y de frame de tamaño del disyuntor 400 que garantice la selectividad total.

Tabla 24: Dispositivos clasificados para distribución del tablero TE.EM-2P.1

Distribución	Referencia	Tipo DI	Tipo	Cant.
TE.EM.2P.1	3VA11635EE360AA0	3VA1M160 R63 TM220 F/3P	Interruptor	3
TE.EM.2P.1	3VA21255HL360AA0	3VA2M160 R25 ETU320 F/3P	Interruptor	11
TE.EM.2P.1	3VA23255HL320AA0	3VA2M400 R250 ETU320 F/3P	Interruptor	1
TE.EM.2P.1	5SL42087	5SL4 C8A /2P	Termomagnético (PIA)	2
TE.EM.2P.1	5SL42137	5SL34C13A /2P	Termomagnético (PIA)	2

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

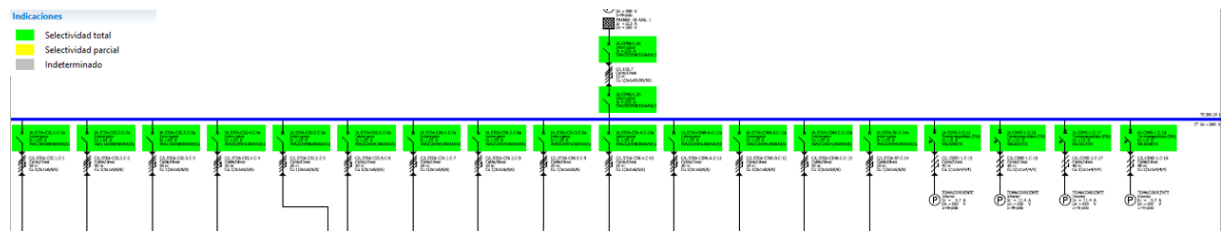
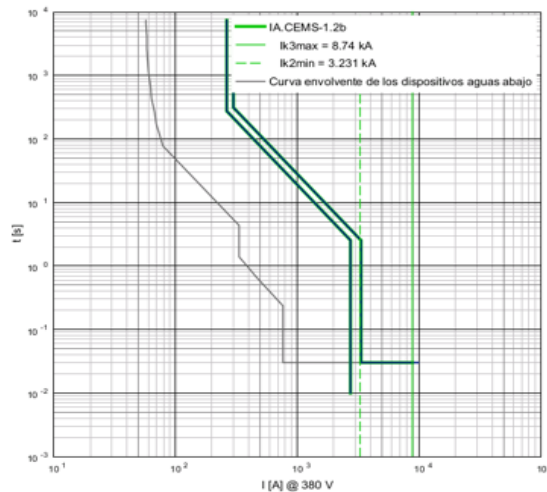


Figura 59: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero TE.EM-2P.1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

En la fig. 60, se visualiza la selectividad y el interruptor principal aguas arriba de MCCB electrónico 3VA2 de 250 A y el disyuntor derivado de MCCB electrónico, 3VA2, de 63A, en donde se visualiza que no hay solapamiento ninguna curva de actuación. Esto gracias a la regulación de las curvas de los interruptores automáticos. Entonces, se afirma según lo que indica el software, figura 59 pintados de color verde, que el tablero es totalmente selectiva. Finalmente, este gráfico nos dice que el valor máximo de venta corta de este tablero es TE.EM-2P.1 es de 8.74 kA

Nombre del circuito: TE.EM-2P.1
Designación: IA.CEMS-1.2b
Modo de operación principal: TRAFOS
Corriente de corte: Ik3 / Ik2
Selectividad: Selectividad total



Ajustes del interruptor:

Designación: IA.CEMS-1.2b
3VA23255HL320AA0
In 250 A
Protección L Encoendido corresponde 250 A
Ir -
tr 10 s
Protección I Encoendido corresponde 3,000 A
Ii 12 x In

Figura 60: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado TE.EM-2P.1
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

3.7.3.3.6 Análisis del tablero TE.EM-2P.2

Del tablero de emergencia aislado de equipamiento médico (TE.EM-2P.2), analizando la zona de sobrecarga que cumple la regla; corriente de carga menor o igual que corriente regulada en el interruptor, menor o igual a la posibilidad de conducción del conductor ($I_b \leq I_R \leq I_z$), la zona de cortocircuito que cumpla regla; la capacidad de ruptura es mayor o igual que el corriente de cortocircuito ($I_{cu} \geq I_{ccm\acute{a}x}$), y verificando con Tablas de selectividad, como resultado que el interruptor automático de la cabecera aguas arriba, clasificado el tipo de MCCB electrónico 3VA2 3x250 A, ya que un disyuntor o el interruptor de circuito derivado aguas abajo con máxima durabilidad de tipo MCCB electrónico 3x63 A 3VA2; en este caso, el interruptor de la cabecera aguas arriba debe cambiarse de 200 A - 250 A y de frame de tamaño del disyuntor 400 que garantice una selectividad total.

Tabla 25: Dispositivos clasificados para distribución del tablero TE.EM-2P.2

Distribución	Referencia	Tipo DI	Tipo	Cant.
TE.EM.2P.2	3VA11635EE360AA0	3VA1M160 R63 TM220 F/3P	Interruptor	8
TE.EM.2P.2	3VA21255HL360AA0	3VA2M160 R25 ETU320 F/3P	Interruptor	1
TE.EM.2P.2	3VA21635HL360AA0	3VA2M160 R63 ETU320 F/3P	Interruptor	1
TE.EM.2P.2	3VA23255HL320AA0	3VA2M400 R250 ETU320 F/3P	Interruptor	1
TE.EM.2P.2	5SL42106	5SL4 C10A /2P	Termomagnético (PIA)	3

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

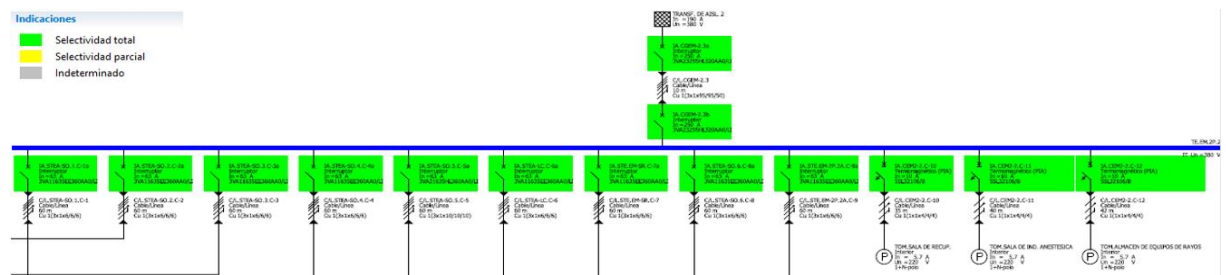
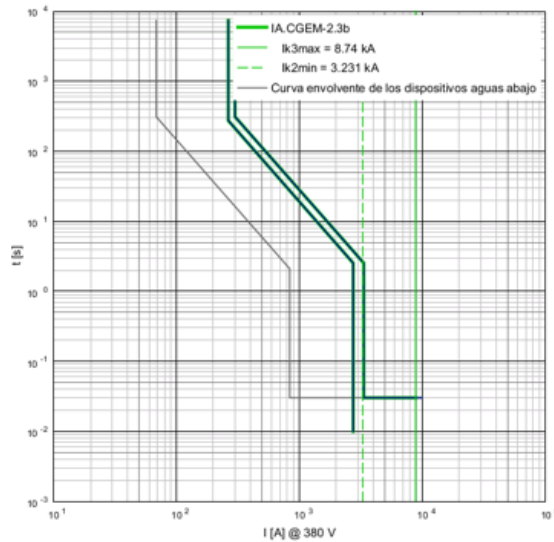


Figura 61: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero TE.EM-2P.2

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

La fig. 62, presenta la selectividad y el disyuntor objetivo, aguas arriba de MCCB electrónico 3VA2 de 250 A el disyuntor enviado de MCCB electrónico, 3VA2, de 63 A, en donde se comprueba que no presenta solapamiento ni una curva de actuación. Esto se logró coordinar los interruptores regulando de curvas de actuación utilizando los métodos de selectividad amperimétrica y cronométrica, se afirma existe selectividad total entre los interruptores. El software figura 61 pintados de color verde, que el tablero es totalmente selectivo. Finalmente, este gráfico nos dice que el valor máximo de venta corta de este tablero TE.EM-2P.2 es de 8.74 kA

Nombre del circuito: TE.EM-2P.2
Designación: IA.CGEM-2.3b
Modo de operación principal: TRAFOS
Corriente de corte: Ik3 / Ik2
Selectividad: Selectividad total



Ajustes del interruptor:

Designación: IA.CGEM-2.3b
3VA23255HL320AA0
In 250 A
Protección L Encendido corresponde 250 A
lr -
tr 10 s
Protección I Encendido corresponde 3,000 A
li 12 x In

Figura 62: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado TE.EM-2P.2
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

3.7.3.3.7 Análisis del tablero STGE.EM-S.1

Del subtablero general emergencia equipo médico seccion1 (STGE.EM-S.1), el interruptor automático de la cabecera aguas arriba, escogido de tipo MCCB electrónico 3VA2 4x400 A, ya que un disyuntor o el interruptor de circuito derivado aguas abajo tiene máxima durabilidad y presenta a tipo MCCB electrónico 3x250 A 3VA2; en este caso, el interruptor de la cabecera aguas arriba debe prevalecer con 400 A y se cambió de frame de tamaño del interruptor a 400 a 630 para poder garantizar la selectividad total.

Tabla 26: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STGE.EM-S.1

Distribución	Referencia	Tipo DI	Tipo	Cant.
STGE.EM-S.1	3VA23255HL320AA0	3VA2M400 R250 ETU320 F/3P	Interruptor	1
STGE.EM-S.1	3VA24405HL320AA0	3VA2M630 R400 ETU320 F/4P	Interruptor	1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

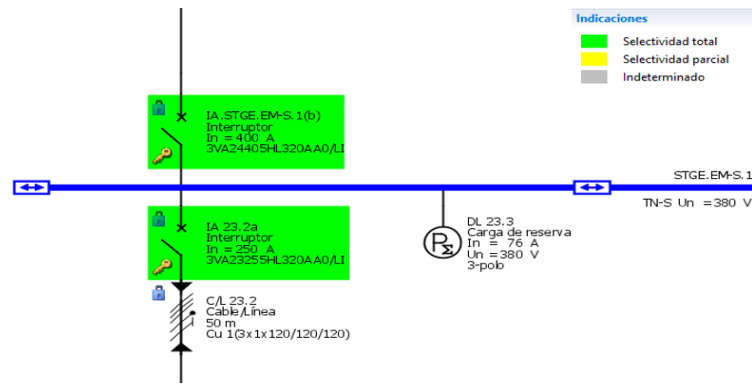


Figura 63: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STGE.EM-S.1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

La Figura 64, muestra la selectividad y un disyuntor mejor o de cabecera de MCCB electrónico 3VA2 de 400A y un disyuntor de derivación de caja moldeada electrónico de 250A 3VA2 donde no se observa el solapamiento de las curvas de actuación o de disparo, por lo que se determina selectividad total (T) a partir de lo que muestra el software figura 63 pintados de color verde. Finalmente, en la figura se representa el corriente máximo de cortocircuito de este tablero STGE.EM-S.1 es de 15.957 kA.

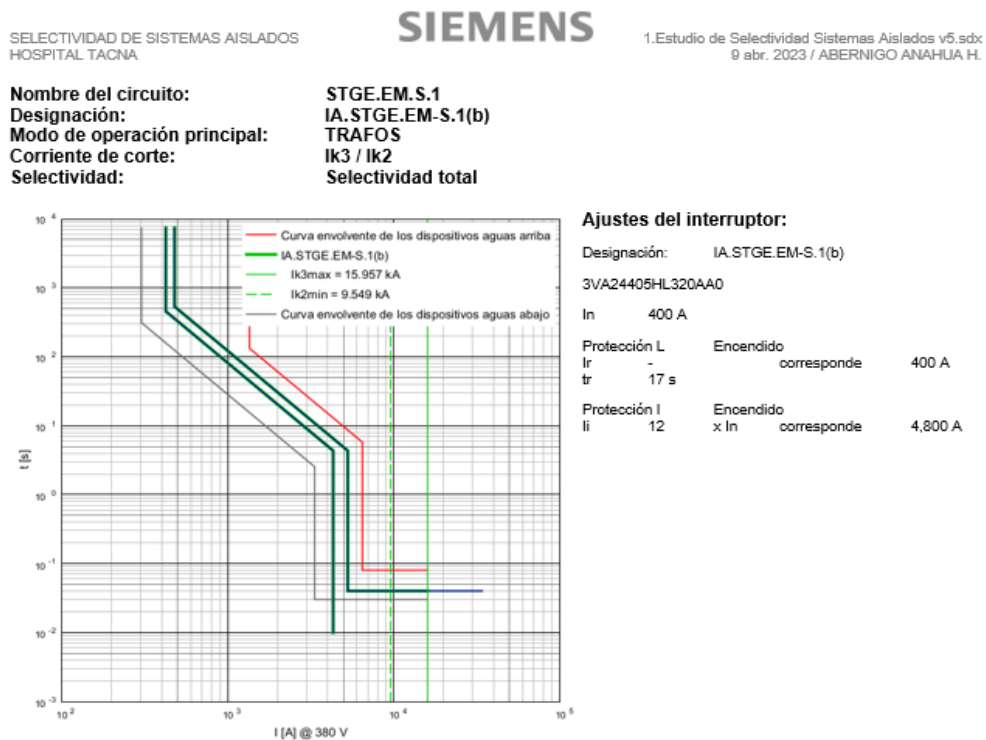


Figura 64: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STGE.EM-S.1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

3.7.3.3.8 Análisis del tablero STGE.EM-S.2

Del subtablero general emergencia equipo médico sección 2 (STGE.EM-S.1), el interruptor automático de la cabecera aguas arriba, escogido, presenta tipo de MCCB electrónico 3VA2 4x400 A, ya que un disyuntor o el interruptor de circuito derivado aguas abajo tiene máxima cabida de tipo de MCCB electrónico 3x250 A 3VA2; en este caso, el interruptor de la cabecera aguas arriba se cambió de 320A a 400A y de frame de tamaño del interruptor 630 se afirma que garantiza la selectividad total.

Tabla 27: Dispositivos clasificados para distribución del tablero STGE.EM-S.2

Distribución	Referencia	Tipo DI	Tipo	Cant.
STGE.EM-S.2	3VA23255HL320AA0	3VA2M400 R250 ETU320 F/3P	Interruptor	1
STGE.EM-S.2	3VA24405HL320AA0	3VA2M630 R400 ETU320 F/3P	Interruptor	1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

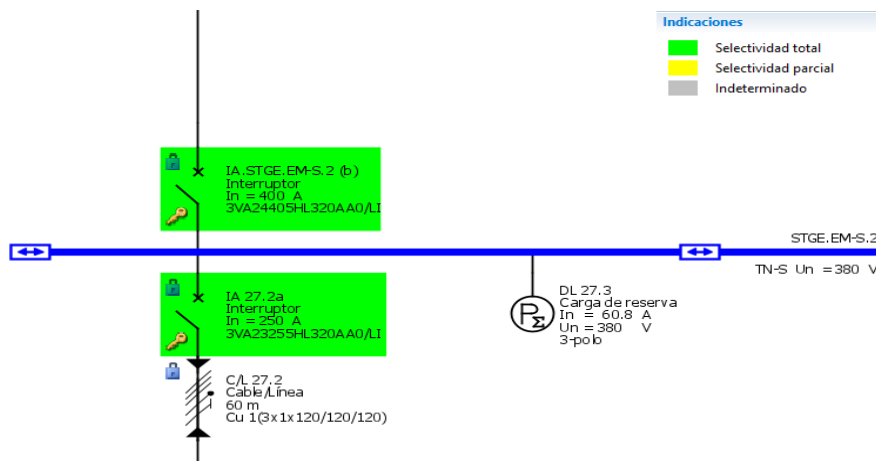


Figura 65: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero STGE.EM-S.2

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

La Figura 66, muestra la selectividad y un disyuntor o cabecera de MCCB electrónico 3VA2 de 400 A, el disyuntor de derivación de MCCB electrónico de 250A 3VA2 donde se logra el no el solapamiento de las curvas de actuación o de disparo, aplicando criterio de la regulación del método de corriente y tiempo. Por lo que se afirma

existe la selectividad total (T) a partir de lo que muestra el software figura 65 pintados de color verde. Finalmente, la figura se observa el corriente máximo de cortocircuito de este tablero STGE.EM-S.2 es de 11.184 kA.

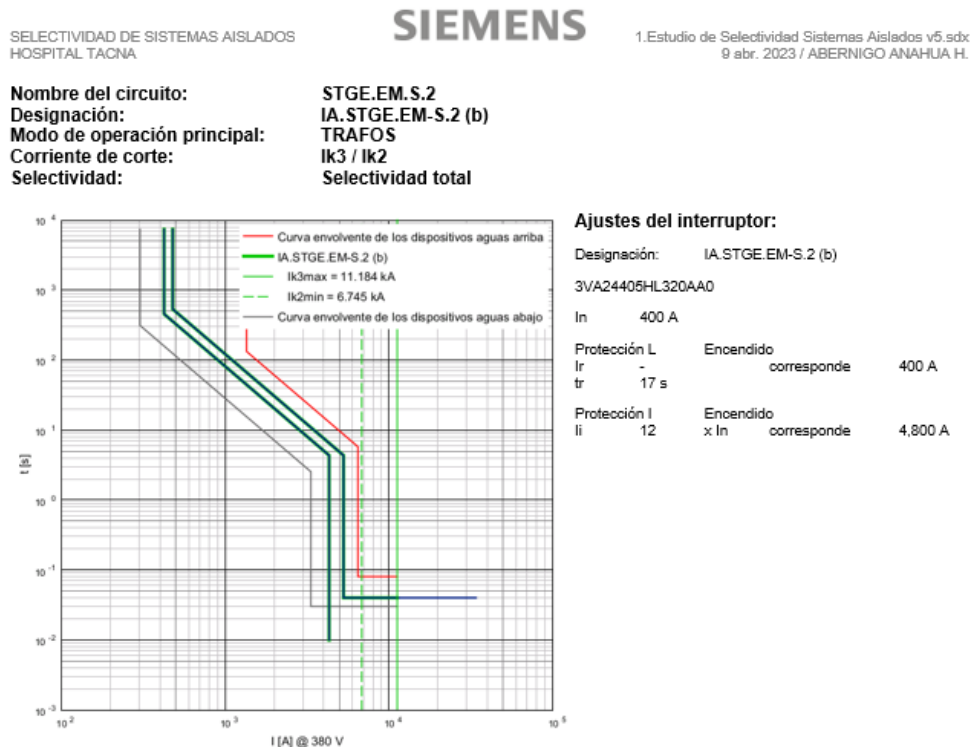


Figura 66: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado STGE.EM-S.2
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

3.7.3.3.9 Análisis del tablero TGE

Analizando la zona de sobrecarga que cumple la regla; corriente de carga menor o igual que corriente regulada en el interruptor, menor o igual a la capacidad de conducción del conductor ($I_b \leq I_R \leq I_z$), la zona de cortocircuito que cumpla regla; la capacidad de ruptura es mayor o igual que el corriente de cortocircuito ($I_{cu} \geq I_{ccm\acute{a}x}$), y verificando con Tablas de selectividad, como resultado que el interruptor principal o en la cabecera aguas arriba escogido se conoce tipo bastidor abierto 3WA1 de 3x1,600 A el disyuntor derivado aguas abajo con cabida máxima es tipo MCCB electrónico 3VA2 de 400 A; del tablero STGE.EM-S.1, El segundo disyuntor originalmente tenía una caja moldeada no electrónica de 320 A, pero cuando suministró a los otros tableros un

disyuntor de hasta 200 A, tuvo que cambiarse a 400 A para garantizar una funcionalidad completa selectiva.

Tabla 28: Dispositivos clasificados para distribución del tablero TGE

Distribución	Referencia	Tipo DI	Tipo	Cant
TGE	3VA24405HL320AA0	3VA2M630 R400 ETU320 F/3P	Interruptor	2
TGE	3WA11162AE110AA0	3WA11162AE110AA0	Interruptor	1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

Basándonos en el análisis por software con datos del expediente, información del transformador también su distancia al tablero TGE, dio de resultado la máxima corriente de cortocircuito en las barras del tablero general TGE con promedio 33,856 kA, como se observa en la fig. 68.

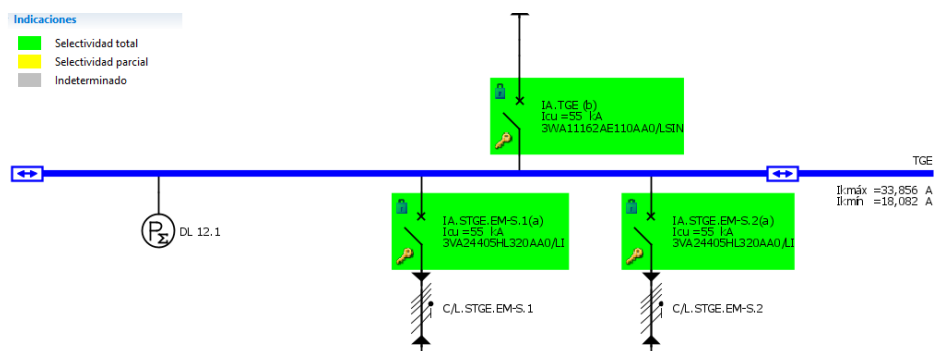


Figura 67: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero TGE

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

La Figura 68, muestra la selectividad y un interruptor principal o de cabecera de bastidor abierto 3WA1 de 1600A con un disyuntor de derivación de MCCB electrónico de 400A 3VA2 donde no se observa el solapamiento de las curvas de actuación o de disparo, por lo que podemos determinar la selectividad total (T) a partir de lo que muestra el software figura 67 pintados de color verde.

Nombre del circuito: TGE
Designación: IA.TGE (b)
Modo de operación principal: TRAFOS
Corriente de corte: Ik3 / Ik2
Selectividad: Selectividad total

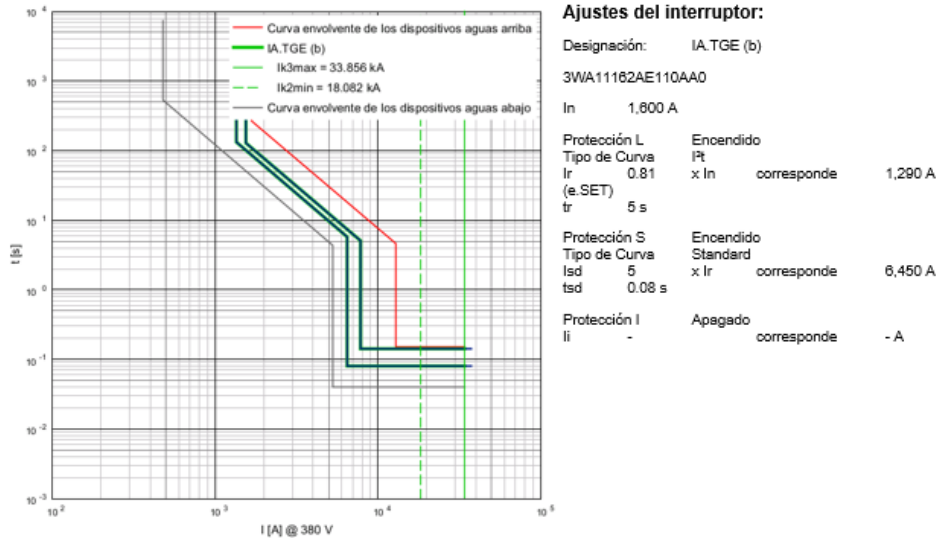


Figura 68: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado TGE
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

3.7.3.3.10 Análisis del tablero TGN

Analizando la zona de sobrecarga se cumple la regla; corriente de carga menor o igual que corriente regulada en el interruptor, menor o igual a la capacidad de conducción del conductor ($I_b \leq I_R \leq I_z$), la zona de cortocircuito que cumpla regla; la capacidad de ruptura es mayor o igual que el corriente de cortocircuito ($I_{cu} \geq I_{ccm\acute{a}x}$), y verificando con Tablas de selectividad. Por lo tanto, se seleccionó el disyuntor principal de tipo bastidor abierto 3WA1 3x2500 A y el disyuntor de ramal de mayor valor nominal se seleccionó para el tipo abierto 3WA1 de 1600 A; El segundo interruptor era originalmente una caja electrónica fundida a presión de 1600 amperios, pero como alimentaba un interruptor aguas abajo de 400 amperios, tuvo que cambiarse a un interruptor de marco abierto para lograr una selectividad total.

Tabla 29: Dispositivos clasificados para distribución del tablero TGN

Distribución	Referencia	Tipo DI	Tipo	Cant.
TGN	-Dyn5-1,600kVA-6%-1.75kW-0.4kW		Transformador	1
TGN	3WA11163AE110AA0	3WA11163AE110AA0	Interruptor	1
TGN	3WA11252FE110AA0	3WA11253FE110AA0	Interruptor	1

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

Basándonos en el análisis por software y datos del cliente, información del transformador y su distancia al tablero TGN, obtuvo la máxima valor de cortocircuito en las barras del tablero general TGN es de 39.499 kA, mostrada en la fig. 70.

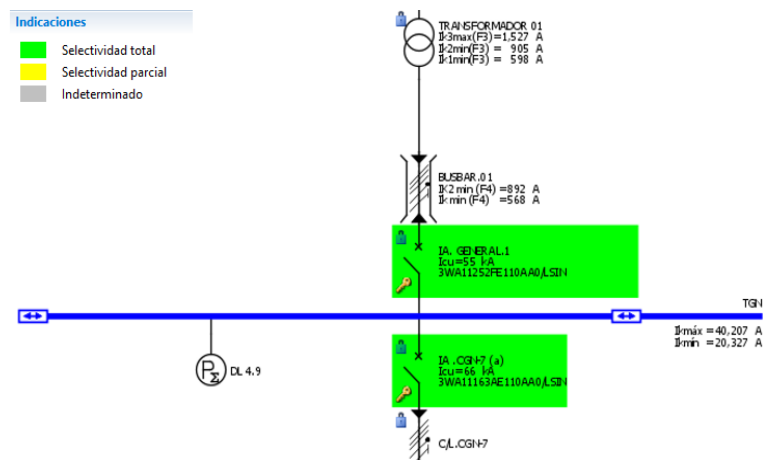
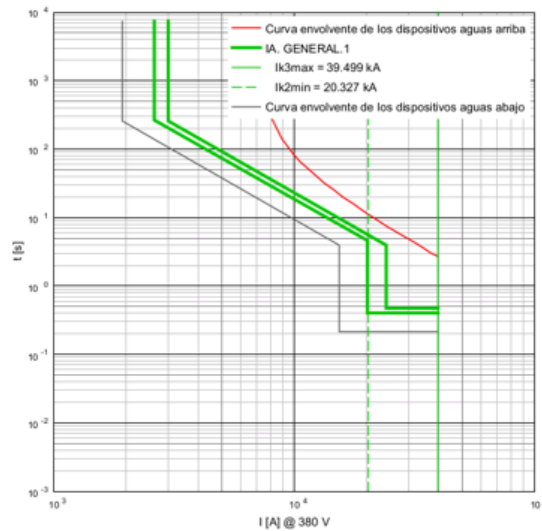


Figura 69: Diagrama unifilar con selectividad total del tablero TGN

Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

La Figura 70, muestra la selectividad entre un interruptor principal o de cabecera de bastidor abierto 3WA1 de 2500A y un interruptor de derivación de bastidor abierto de 1600A 3WA1 donde no se observa el solapamiento de las curvas de actuación o de disparo, por lo que se determina que garantiza la selectividad total (T) como lo indica el resultado del software fig. 69 pintados de color verde.

Nombre del circuito: TGN
Designación: IA. GENERAL.1
Modo de operación principal: TRAFOS
Corriente de corte: Ik3 / Ik2
Selectividad: Selectividad total



Ajustes del interruptor:

Designación: IA. GENERAL.1
3WA11252FE110AA0
In 2,500 A

Protección L	Encendido		
Tipo de Curva	It	x In	corresponde 2,500 A
Ir	1		
tr	10 s		
Protección S	Encendido		
Tipo de Curva	Standard	x Ir	corresponde 20,000 A
I _{sd}	8		
A	tsd	0.4 s	
Protección I	Apagado		
li	-		corresponde - A

Figura 70: Curvas de actuación del interruptor cabecera y derivado TGN
Fuente: Software Simaris Desing advanced V.11

3.7.3.4 Lista de dispositivos final

Al optimizar los resultados, se proporciona una lista final de dispositivos de protección del sistema seleccionados óptimamente y que cumplen con las condiciones de la selectividad total en todo el sistema aislado. Con estos todos se analizó rentabilidad económica viable.

Tabla 30: Cuadro de requerimiento final de dispositivos.

Código	Descripción	Tipo	Cantidad
5SL42327	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x32 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	1
5SL42207	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x20 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	1
5SL42137	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x13 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	3
5SL42107	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x10 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	34
5SL42087	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x8 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	51



(Continuación...) 5SL42067	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x6 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	10
5SL42047	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x4 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	34
5SL42037	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x3 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	5
5SL42027	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x2 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	19
3WA11252FE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,3x2500 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn, 4NA+4NC	Interruptor	4
3WA11163AE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,4x1600 A, tamaño 1, Icu=66kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	Interruptor	5
3WA11162AE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,4x1600 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	Interruptor	2
3VA24405HL320AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA24, 3x400 A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	4
3VA23255HL320AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA23, 3x250A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	6
3VA21635HL360AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA21, 3x63A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	2
3VA21255HL360AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA21, 3x25A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	27
3VA11635EE360AA0	Interruptor de caja moldeada termomagnético Siemens 3VA11, 3x63 A, TM220, 0.4-1xIn, 55kA/400V	Interruptor	17
3WA11253FE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,4x2500 A, tamaño 1, Icu=66kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn, 4NA+4NC	Interruptor	1

Elaboración propia

Nota: Lista de interruptores automáticos seleccionados por software Simaris Design advanced.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 COMPARACIÓN VALORES DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para determinar los niveles de cortocircuito se realizó mediante el método de impedancias.

El procedimiento que se utiliza para probar o calcular el nivel de cortocircuito:

- Para detectar corrientes de corta duración durante el funcionamiento normal, se representan las fallas trifásicas, bifásicas y monofásicas en las barras de los tableros principales del sistema de acuerdo con el funcionamiento normal del sistema eléctrico.
- Las corrientes de corta duración se calculan según el método IEC 60909, teniendo en cuenta la cantidad de corriente en las barreras del sistema analizado.

Resultado de corrientes de corto circuito máximo utilizando el software y cálculo analítico método de impedancias IEC 60909

En la Tabla 33 proporcionaremos una Tabla comparativa en la que se calcularon los valores teóricos de cortocircuito utilizando las fórmulas dadas en los capítulos anteriores y los valores obtenidos del análisis de cortocircuito del software Siemens Design advanced v.11.0. Cuando se efectúa la comparación, se verifica que los cálculos analíticos y los realizados por el software son relativamente similares, la diferencia es mínima y oscila entre 1-8.6% de diferencia del valor teórico o cálculo analítico de acuerdo a la norma IEC 60909.

Tabla 31: Tabla comparativa de valores de cortocircuito teóricos y de software

N°	Tablero	Valor de corriente Cortocircuito Ik3max		Diferencia	
		Teórico [kA]	Software [kA]	Valor	%
1	TG	38.686	39.499	0.813	2.1
2	TGE	33.433	33.856	0.423	1.3
3	STGE.EM-S.1	15.004	15.957	0.953	6.0
4	TE.EM.2P.1	8.055	8.740	0.686	7.8
5	STEA-CIG.1	1.255	1.373	0.118	8.6
6	STEA-CIG.2	1.320	1.373	0.053	3.9
7	STEA-CIG.3	1.320	1.373	0.053	3.9
8	STEA-CIG.4	2.659	2.858	0.198	6.9
9	STEA-CIG.5	2.659	2.858	0.198	6.9
10	STEA-CIG.6	2.659	2.858	0.198	6.9
11	STEA-CIN.1	2.803	2.858	0.054	1.9
12	STEA-CIN.2	2.829	2.858	0.028	1.0
13	STEA-CIN.3	2.848	2.858	0.009	0.3
14	STEA-CIN.4	2.848	2.858	0.009	0.3
15	STEA-CINN.A	2.617	2.858	0.240	8.4
16	STEA-CINN.B	2.843	2.858	0.014	0.5
17	STEA-CINN.C	2.662	2.858	0.196	6.8
18	STEA-SP	2.831	2.858	0.027	0.9
19	STGE.EM-S.2	12.163	13.245	1.082	8.2
20	TE.EM.2P.2	8.055	8.740	0.686	7.8
21	STEA-SO.1	1.125	1.169	0.045	3.8
22	STEA-SO.2	1.094	1.169	0.075	6.4
23	STEA-SO.3	1.078	1.169	0.092	7.8
24	STEA-SO.4	1.130	1.169	0.040	3.4
25	STEA-SO.5	1.698	1.800	0.102	5.7
26	STEA-LC	1.159	1.169	0.011	0.9
27	STE.EM-SR	1.157	1.169	0.013	1.1
28	STEA-SO.6	1.145	1.169	0.024	2.1
29	STE.EM-2P.2A	1.154	1.169	0.015	1.3

Elaboración propia

Nota: Valores de cortocircuito calculados mediante software y teórico IEC 60909

Resultado de corrientes de corto circuito máximo utilizando el software y expediente técnico

En la Tabla 34 presenta el cuadro comparativo de los valores del expediente técnico de cortocircuito con los valores arrojados por el software Siemens Design advanced v.11.0, para analizar la diferencia porcentual del valor sugerido y realmente

observar cuánto se exagera el valor del cortocircuito en los diseños eléctricos y puede comprender qué tan precisos somos en estos cálculos.

Tabla 32: Cuadro comparativo de cortocircuito del proyecto y análisis del software.

N°	Tablero	valor corriente de cortocircuito Ik3 (KA)		Diferencia	valor Ik3 del software respecto al expediente (%)
		Expediente	Software [kA]		
1	TG	66	39.499	26.501	59.8
2	TGE	55	33.856	21.144	61.6
3	STGE.EM-S.1	55	15.957	39.043	29.0
4	TE.EM.2P.1	55	8.740	46.260	15.9
5	STEА-CIG.1	18	1.373	16.627	7.6
6	STEА-CIG.2	18	1.373	16.627	7.6
7	STEА-CIG.3	18	1.373	16.627	7.6
8	STEА-CIG.4	18	2.858	15.142	15.9
9	STEА-CIG.5	18	2.858	15.142	15.9
10	STEА-CIG.6	18	2.858	15.142	15.9
11	STEА-CIN.1	18	2.858	15.142	15.9
12	STEА-CIN.2	18	2.858	15.142	15.9
13	STEА-CIN.3	18	2.858	15.142	15.9
14	STEА-CIN.4	18	2.858	15.142	15.9
15	STEА-CINN.A	18	2.858	15.142	15.9
16	STEА-CINN.B	18	2.858	15.142	15.9
17	STEА-CINN.C	18	2.858	15.142	15.9
18	STEА-SP	18	2.858	15.142	15.9
19	STGE.EM-S.2	55	13.245	41.755	24.1
20	TE.EM.2P.2	55	8.740	46.260	15.9
21	STEА-SO.1	18	1.169	16.831	6.5
22	STEА-SO.2	18	1.169	16.831	6.5
23	STEА-SO.3	18	1.169	16.831	6.5
24	STEА-SO.4	18	1.169	16.831	6.5
25	STEА-SO.5	18	1.800	16.200	10.0
26	STEА-LC	18	1.169	16.831	6.5
27	STE.EM-SR	18	1.169	16.831	6.5
28	STEА-SO.6	18	1.169	16.831	6.5
29	STE.EM-2P.2A	18	1.169	16.831	6.5
PROMEDIO					17.3

Elaboración propia

Nota: Valores de cortocircuito de software Simaris y del proyectista expediente

4.1.1 Contrastación de hipótesis

Planteamos la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alterna (H_1)

H_0 : Las corrientes promedio de cortocircuitos calculadas con el software Simaris Design advanced v.11.0 y verificadas analíticamente son iguales en comparación a lo obtenido en el expediente técnico.

H_1 : Las corrientes promedio de cortocircuitos calculadas con el software Simaris Design advanced v.11.0 y verificadas analíticamente tiene una diferencia significativa en comparación a lo obtenido en el expediente técnico.

Para contrastar la hipótesis, primeramente, haremos el Análisis de Varianza (ANOVA) mostrado en la Tabla 35.

Tabla 33: Análisis de varianza para las corrientes de cortocircuito

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	8043	4021.7	28.04	0.000
Error	84	12050	143.5		
Total	86	20093			

Fuente: Minitab Statistical, resumen estadístico descriptiva de varianza

Dado que el valor $p = 0.000 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna y se concluye que no todas las medias de las corrientes de cortocircuito son iguales; es decir, al menos dos medias de corrientes de cortocircuito no son iguales.

Para ver, donde existe diferencia entre corrientes de cortocircuito (I_{cc}) del expediente, con la corriente de cortocircuito realizado con el software Simaris Design advanced y el teórico de acuerdo a la norma IEC 60909 hacemos una prueba Tukey.

Tabla 34: Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
ICC teórico - ICC Software	0.22	3.15	(-7.27; 7.72)	0.07	0.997
ICC expedien - ICC Software	20.51	3.15	(13.01; 28.00)	6.52	0.000
ICC expedien - ICC teórico	20.28	3.15	(12.79; 27.78)	6.45	0.000

Fuente: Minitab Statistical, resumen estadístico Tukey de las diferencias.

Interpretación de la prueba estadística

La Tabla 36, evidencia que no existe diferencia significativa solamente entre la Icc teórico con la Icc del Software; es decir, las medias de las corrientes de cortocircuito entre estos dos casos son iguales. Para los otros casos, son diferentes. La Figura 71 compara las medias de las Icc, donde es significativamente diferente entre las Icc del expediente con el Icc del software Simaris Design advanced y de la Icc del expediente con la Icc teórico IEC 60909; e iguales entre las Icc teóricas IEC 60909 y la Icc del software Simaris.

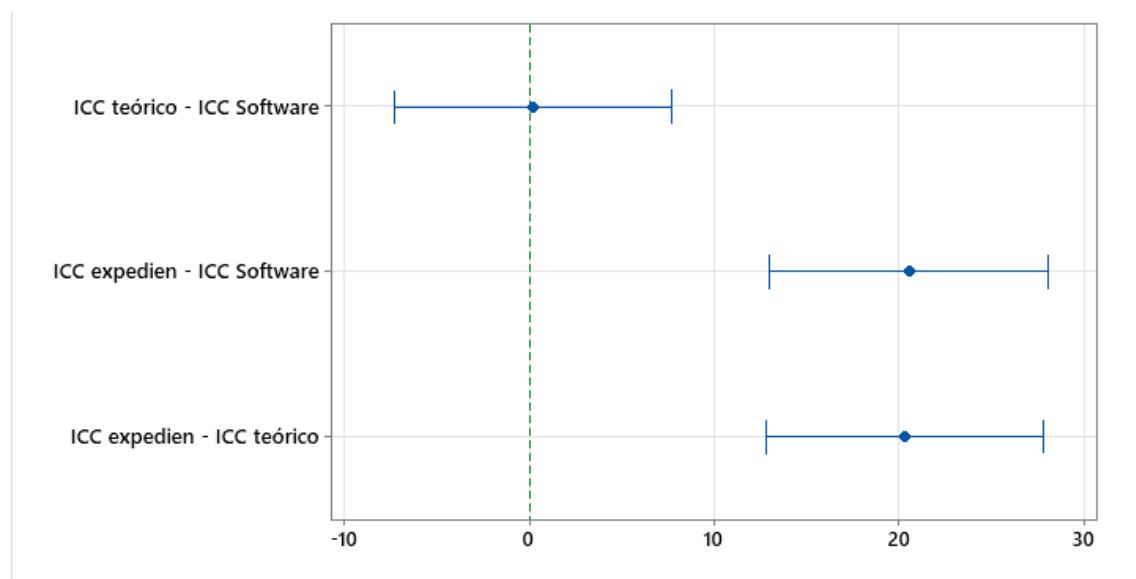


Figura 71: Intervalos de confianza al 95% de Tukey

Fuente: Minitab Statistical, comparación de corrientes de cortocircuito

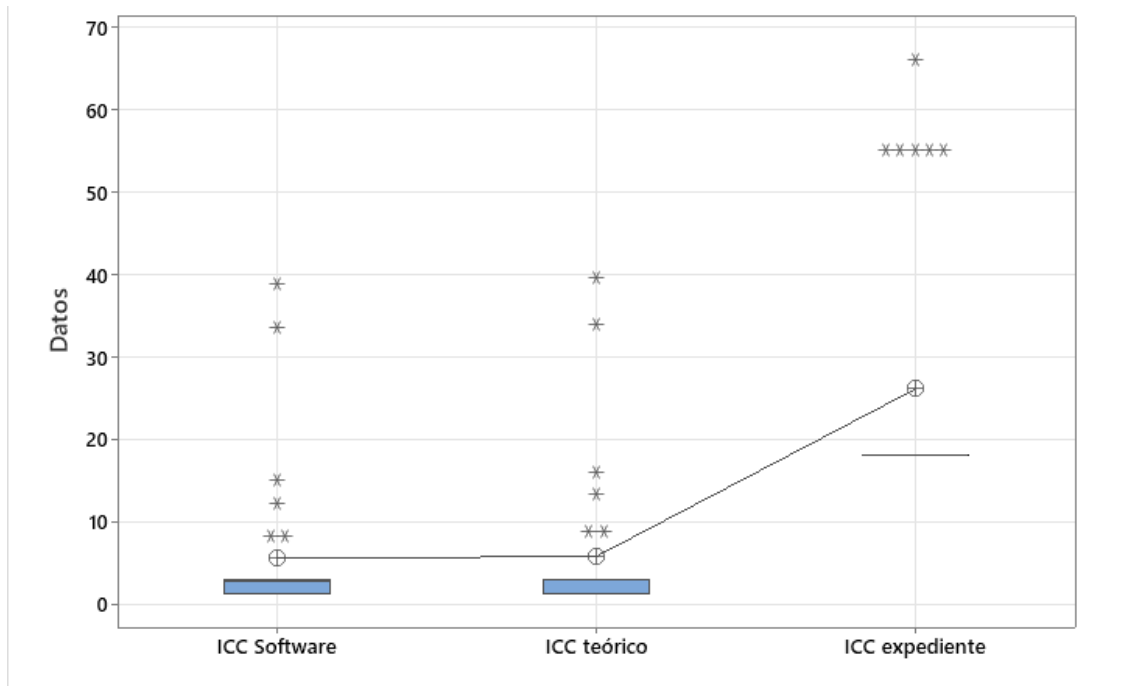


Figura 72: Gráfica de caja de Icc Software, Icc teórico e Icc expediente
Fuente: Minitab Statistical, gráfico de barras del diagrama caja

4.2 SELECTIVIDAD Y COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN QUE GARANTIZA LA CONTINUIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO.

4.2.1 Características de los interruptores seleccionados

Para lograr la selección y coordinación de equipos eléctricos de protección se realizó mediante el método de la selectividad energética usando las Tablas de selectividad brindadas por el fabricante siemens con los modelos (5SY, 5SL, 3VA1, 3VA21, 3VA22, 3VA23, 3WA, etc.) y tipo de relés de interruptores automáticos (TM220, ETU 320, ETU45B, etc.) que son necesarios para tener selectividad total en cada tablero según la necesidad del proyecto. Según ello, los códigos mostrados en estudio pueden ser reemplazables según el manejo de stock o viabilidad de adquisición, siempre y cuando cumplan o excedan las características de modelos y relés mencionados.

Tabla 35: Características de interruptores de protección seleccionados

CARACTERÍSTICAS	DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN		
	ACB	MCCB	MCB
Número de polos	1,2,3,4	1,2,3,4	3 y 4
Tipo	Termomagnético	Termomagnético (TM) y electrónico (ETU)	Electrónico (ETU)
FRAME (A)	ESTÁNDAR	160 hasta 1000A	
Corriente nominal (A)	Hasta 125	desde 16 A hasta 1600 A	Hasta 6300 A
Capacidad de ruptura (kA)	25 kA	150 kA	150 kA
Asignación de servicio	415 VAC	hasta 1000 VAC	hasta 1000 VAC
Disponibilidad de ejecución	enchufable y extraíble	fija, enchufable y extraíble	fija, enchufable y extraíble
Mantenimiento	no posible	no posible	posible

Elaboración propia

Nota: Características del interruptor automático para el proyecto

4.2.2 Dispositivos seleccionados del diseño optimizado

Luego de haber obtenido la selectividad total de los sistemas aislados diseñados y analizados la selectividad total y coordinación de los dispositivos en el software Simaris Design advanced v.11.0, aplicando el método de selectividad amperimétrica, cronométrica y energética, el interruptor garantiza la continuidad de servicio, es decir que puede soportar la corriente nominal sin afectar el servicio, como se puede visualizar en ANEXO 16. Con el equipamiento de interruptores automáticos seleccionado con estas corrientes calculadas, se consiguió lo óptimo seleccionar el interruptor de 250 A, en donde en diagramas unifilares del expediente tenía 320 A lo que significa un sobredimensionamiento del interruptor.

Tabla 36: Cuadro del resultado optimizado con software Simaris

Código	Descripción	Tipo	Cantidad
5SL42327	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x32 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	1
5SL42207	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x20 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	1
5SL42137	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x13 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	4
5SL42107	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x10 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	34
5SL42087	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x8 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	51
5SL42067	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x6 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	10
5SL42047	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x4 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	34
5SL42037	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x3 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	5
5SL42027	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x2 A, 10 kA a 400 V, curva C.	Termomagnético (PIA)	19
3WA11252FE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,3x2500 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn, 4NA+4NC	Interruptor	6
3WA11163AE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,4x1600 A, tamaño 1, Icu=66kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	Interruptor	8
3WA11162AE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,4x1600 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	Interruptor	2
3VA24405HL320AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA24, 3x400 A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	4
3VA23255HL320AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA23, 3x250A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	6
3VA21635HL360AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA21, 3x63A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	2
3VA21255HL360AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA21, 3x25A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	Interruptor	27
3VA11635EE360AA0	Interruptor de caja moldeada termomagnético Siemens 3VA11, 3x63 A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/400V	Interruptor	17

Elaboración propia

Nota: Lista de interruptores automáticos seleccionados por software Simaris Design advanced

Además de permitirnos seleccionar dispositivos de protección, el software también proporciona cálculos detallados para cada circuito, como cálculos de cortocircuito. Este valor es muy importante para determinar la sección del conductor, elegir el poder de corte del dispositivo y también reporta la caída de tensión en cada circuito. Esta información es muy relevante porque permite llegar al punto de uso final de cualquier carga con el nivel de caída de tensión permitido por el Código Eléctrico Nacional CNE. Para administrar el software, está destinado a personas con conocimientos en ingeniería eléctrica. Debido al empleo de términos técnicos y expresiones técnicas, también es fundamental que los términos utilizados en el software cumplan con las normas internacionales. Dado que IEC es esta norma común a todos los estados miembros, cabe señalar que nuestras normas técnicas peruanas se basan casi exclusivamente en las normas IEC.

4.2.3 Comparación de interruptores seleccionados por software con expediente

Con la herramienta software Simaris Design advanced v.11.0 se realizó el análisis detallado de todo el sistema, lo que permitió lograr una selectividad total en toda la instalación de sistemas aislados y, por lo tanto, lograr una coordinación en todo el sistema. Para lograr el objetivo de armonizar la “selectividad total” del sistema eléctrico, se analiza cada componente y se ajustan los dispositivos de protección.

Tabla 37: Selección de interruptores que cumplen la selectividad total

ITEM	TABLERO	Sistema 1Ø /3Ø	capacidad de conducción		INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS				
			lb = Corriente de carga (A)	Long. Línea (m)	lz = Capacidad de conducción del cable (A)	IR = Corriente regulada CB (A)	In= Corriente asignada (A) software	In= Corriente asignada (A) expediente	
1	TGN	3Ø	1523	15	2500	2500	4x 2500	4 x 3200	
	TTA	3Ø	1287	15	2000	1600	4x 1600	4x 1600	
2	TGE	3Ø	1287	6	1500	1290	4x 1600	4x 1600	
3	STGE.EM-S.1	3Ø	229	65	450	400	3x 400	4x 400	
4	TE.EM-2P.1	3Ø	210	10	278	250	3x 250	4x 250	



5	STEА - CIG.1	1Ø	21	14	52	25	3x	25	2x	80
6	STEА - CIG.2	1Ø	17	16	52	44	3x	63	2x	50
7	STEА - CIG.3	1Ø	17	16	52	44	3x	63	2x	50
8	STEА - CIG.4	1Ø	17	16	52	25	3x	25	2x	50
9	STEА - CIG.5	1Ø	17	16	52	25	3x	25	2x	50
10	STEА - CIG.6	1Ø	17	16	52	25	3x	25	2x	63
11	STEА - CIN.1	1Ø	13	53	52	25	3x	25	2x	50
12	STEА - CIN.2	1Ø	13	53	52	25	3x	25	2x	40
13	STEА - CIN.3	1Ø	8	50	52	25	3x	25	2x	40
14	STEА - CIN.4	1Ø	13	50	52	25	3x	25	2x	40
15	STEА-CINN.A	1Ø	22	55	52	25	3x	25	2x	63
16	STEА-CINN.B	1Ø	9	55	52	25	3x	25	2x	40
17	STEА-CINN.C	1Ø	6	62	52	25	3x	25	2x	32
18	STEА-SP	1Ø	9	56	52	25	3x	25	2x	32
19	STGE.EM-S.2	3Ø	183	120	556	400	3x	400	4x	320
20	TE.EM-2P.2	3Ø	181	10	278	250	3x	250	4x	200
21	STEА-SO.1	1Ø	21	55	52	25	3x	25	2x	80
22	STEА-SO.2	1Ø	23	20	52	44	3x	63	2x	80
23	STEА-SO.3	1Ø	21	24	52	44	3x	63	2x	80
24	STEА-SO.4	1Ø	24	23	52	44	3x	63	2x	80
25	STEА-SO.5	1Ø	42	24	72	57	3x	63	2x	63
26	STEА - LC	1Ø	2	22	52	44	3x	63	2x	25
27	STE-EM-SR	1Ø	15	40	52	44	3x	63	2x	40
28	STEА-SO.6	1Ø	21	80	52	25	3x	25	2x	63
29	STE.EM-2P.2A	1Ø	12	75	52	44	3x	63	2x	40

Elaboración propia

Nota: Interruptores automáticos de corriente nominal del software vs expediente

En la Tabla 37, se verifica que los valores de corriente nominal de los interruptores seleccionados son diferentes del expediente técnico y se efectuó el cambio en consecuencia, tenga en cuenta que el programa usa su propia base de datos para seleccionar interruptores según la norma IEC 60947-2 para uso general.

4.3 RENTABILIDAD ECONÓMICA Y VIABLE

4.3.1 La primera estimación antes de la actualización con software

En este caso, el presupuesto de recursos se presenta considerando los equipos seleccionados por el proyectista que se visualiza en los planos de diagramas unifilares, considerando los costos de las cotizaciones de dichos equipos eléctricos, es decir, sin considerar ninguna operación de optimización antes de simular en software.

Tabla 38: Costo inicial

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Total S/.
1	5SL42327	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x32 A, 10 kA a 400 V, curva C.	1	139.56	139.56
2	5SL42207	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x20 A, 10 kA a 400 V, curva C.	1	128.96	128.96
3	5SL42137	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x16 A, 10 kA a 400 V, curva C.	4	115.50	462.00
4	5SL42107	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x10 A, 10 kA a 400 V, curva C.	34	98.46	3,347.64
5	5SL42087	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x10 A, 10 kA a 400 V, curva C.	51	98.46	5,021.46
6	5SL42067	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x10 A, 10 kA a 400 V, curva C.	10	98.46	984.60
7	5SL42047	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x10 A, 10 kA a 400 V, curva C.	33	98.46	3,249.18
8	5SL42027	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x10A, 10 kA a 400 V, curva C.	12	98.46	1,181.52
9	3WA11252FE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1, 3x3200 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn, 4NA+4NC	2	19,387.80	38,775.60
10	3WA11163AE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1, 4x3200 A, tamaño 1, Icu=66kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	4	18,387.80	73,551.20
11	3WA11162AE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1, 4x1600 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	6	12,290.60	73,743.60
12	3VA24635HN420AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1, 4x630 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	2	3,212.30	6,424.60
13	3VA24405HL320AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA24, 3x400 A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	4	3,851.10	15,404.40
14	3VA23255HL320AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA23, 3x250A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	4	2,275.70	9,102.80



(Continuación...)	Interruptor de caja moldeada electrónico				
15	3VA21635HL360AA0 Siemens 3VA21, 3x80A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	4	1,409.40	5,637.60	
16	3VA21255HL360AA0 Siemens 3VA21, 3x63A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	14	820.90	11,492.60	
17	3VA21255HL360AA0 Siemens 3VA21, 3x40A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	17	793.80	13,494.60	
18	3VA11635EE360AA0 Siemens 3VA11, 3x32 A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/400V	23	793.80	18,257.40	
			Total, S/.	280,399.32	

Elaboración propia

Nota: Costo de los interruptores seleccionados de acuerdo a la cotización por el proyectista.

4.3.2 Evaluación final después de la optimización con software.

En este caso, el valor de la propiedad se establece para considerar el segundo caso, es decir, con los resultados del cálculo de método real del cortocircuito realizados con software Simaris Design advanced v.11.0, con lo cual, la selectividad quedará optimizada totalmente. Considerando la cotización de los interruptores.

Tabla 39: Costo final

Ítem	Código	Descripción	Cantid ad	Precio Unitario S/.	Precio Total S/.
1	5SL42327	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x32 A, 10 kA a 400 V, curva C.	1	139.56	139.56
2	5SL42207	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x20 A, 10 kA a 400 V, curva C.	1	128.96	128.96
3	5SL42137	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x13 A, 10 kA a 400 V, curva C.	3	98.46	295.38
4	5SL42107	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x10 A, 10 kA a 400 V, curva C.	34	85.85	2,918.90
5	5SL42087	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x8 A, 10 kA a 400 V, curva C.	51	85.85	4,378.35



(Continuación...)					
6	5SL42067	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x6 A, 10 kA a 400 V, curva C.	10	75.60	756.00
7	5SL42047	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x4 A, 10 kA a 400 V, curva C.	34	69.20	2,352.80
8	5SL42037	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x3 A, 10 kA a 400 V, curva C.	5	69.20	346.00
9	5SL42027	Interruptor miniatura Siemens 5SL4, 2x2 A, 10 kA a 400 V, curva C.	19	69.20	1,314.80
10	3WA11252FE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,3x2500 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn, 4NA+4NC	4	14,981.30	59,925.20
11	3WA11163AE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,4x1600 A, tamaño 1, Icu=66kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	5	13,830.60	69,153.00
12	3WA11162AE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,4x1600 A, tamaño 1, Icu=55kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn.	2	12,290.60	24,581.20
13	3VA24405HL320AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA24, 3x400 A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	4	3,251.10	13,004.40
14	3VA23255HL320AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA23, 3x250A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	6	2,275.70	13,654.20
15	3VA21635HL360AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA21, 3x63A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	2	820.90	1,641.80
16	3VA21255HL360AA0	Interruptor de caja moldeada electrónico Siemens 3VA21, 3x25A, ETU320, 0.4-1xIn, 55kA/415V.	27	760.80	20,541.60
17	3VA11635EE360AA0	Interruptor de caja moldeada termomagnético Siemens 3VA11, 3x63 A, TM220, 0.4-1xIn, 55kA/400V	17	350.20	5,953.40
18	3WA11253FE110AA0	Interruptor de bastidor abierto Siemens 3WA1 ,4x2500 A, tamaño 1, Icu=66kA a 415V, con unidad de disparo ETU600 LSIN, 0.4-1xIn, 4NA+4NC	1	15,981.30	15,981.30
				Total, S/.	237,066.85

Elaboración propia

Nota: Costo de los interruptores automáticos seleccionados por el software.

La diferencia entre propuesta inicial del expediente sin la selectividad y la propuesta final con software después de la optimización es: $S/280,399.32 - S/237,0.66.85 = S/43,332.47$.

En cuanto a esta diferencia, el valor inicial según el cálculo realizado representa:

$$\text{Valor \%} = (S/43,332.47 / S/280,399.32) \times 100\% = 15.45\%$$

Este valor representa un ahorro económico rentable del 15,45% de la solución con selectividad total optimizada sobre la solución original no optimizada.

4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según el objetivo específico, Comparar las corrientes de cortocircuito realizadas por el software Simaris Design advanced v.11.0, el teórico y del expediente, los resultados obtenidos en la Tabla 36 por la comparación de las medias de las corrientes de cortocircuito es significativamente diferente entre los resultados obtenidos del expediente con el software Simaris Design advanced y el teórico IEC 60909, Ante ello, Rodríguez (2021) “el estudio de selectividad en el sistema eléctrico de baja tensión del museo nacional de arqueología del Perú mediante uso del software XL PRO3 CALCUL”. Quien concluyó que en los diagramas unifilares del expediente los interruptores generales y derivados tienen una capacidad de cortocircuito de 90 kA y se determina que, de acuerdo a los resultados de estudio de selectividad con software, el valor es de 63,633 kA en consecuencia pueden utilizarse 65 kA. Con estos resultados se afirma que hay un sobredimensionamiento de corrientes de cortocircuito en los diagramas unifilares del expediente, además (Chae & Kim, 2022) indica que, el cálculo de cortocircuito se usa principalmente para estimar la capacidad del interruptor y la necesidad de reemplazar un interruptor existente en comparación con las clasificaciones de interrupción.

De acuerdo con objetivo específico 2, Analizar y coordinar los equipos de protección que permita garantizar la continuidad de servicio utilizando el software profesional, los resultados obtenidos en el anexo 16, cumple con la selectividad total entre



los interruptores de aguas arriba y aguas abajo mediante el análisis y coordinación de las curvas de actuación utilizando el software Simaris de Design advanced, que coinciden con las investigaciones autores Rúa (2022) y Palacios & Jalixto (2016) concluyen que, se ha conseguido la selectividad total y parcial de todo el sistema de protección asegurando la continuidad y fiabilidad de la instalación eléctrica en caso de cortocircuito y asegurando la integridad de la instalación eléctrica, personas y máquinas, empleando la herramienta como software ECODIAL facilita la obtención de las curvas de disparo de los interruptores automáticos y permite ajustar sus parámetros para obtener la coordinación de protección adecuada. Además (Valdunciel, 2019) Para todos los valores de efecto, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, la distribución es completamente selectiva.

Según el objetivo específico 3, determinar según los resultados obtenidos del análisis de ahorro económico y coordinación de equipos de protección, una rentabilidad viable como una propuesta de desarrollo de un sistema eficiente y seguro para sistemas aislados, los resultados obtenidos de las Tablas 38 y 39 comparando el costo de los interruptores automáticos del expediente con la de software Simaris de Design advanced. Este valor representa un ahorro económico rentable del 15,45% de la solución con selectividad total optimizada sobre la solución original no optimizada. Ante ello, Salazar (2020), en su investigación “Implementación y Optimización de la Selectividad de una Instalación Eléctrica de Baja Tensión en Hotel de 4 Estrellas” concluyó que, la solución optimizada de selectividad ha generado un ahorro de S/ 153,388.20, que representa un 23.75% del valor inicialmente propuesto con la selectividad no optimizada. Lo que nos indica que el uso de software denota un verdadero nivel de confiabilidad sin mucha diferencia en sus resultados en los diagramas unifilares del expediente donde se aplicó.



V. CONCLUSIONES

Primero: Los cálculos de cortocircuito obtenidos en la presente tesis se basan en el estándar internacional IEC 60909, los valores calculados para el nivel de cortocircuito son inferiores a los sugeridos por los diagramas unifilares; este valor varió en un promedio de 17.3% de esos valores. Los valores fluctúan entre 20% y 35% del valor mostrado en los diagramas unifilares en las Tableros generales. Donde es significativamente diferente entre las Icc del expediente con el Icc del software Simaris Design advanced y de la Icc del expediente con la Icc teórico IEC 60909; e iguales entre las Icc teóricas IEC 60909 y la Icc del software Simaris.

Segundo: En relación al objetivo específico 2 de la investigación, se logró analizar y coordinar los equipos de protección totalmente selectivos, mediante la regulación de curvas de actuación de cada interruptor, utilizando Simaris curve 7.1 y el software profesional Simaris Design advanced v 11.0. Que permite garantizar la continuidad de servicio eléctrico a fin de eliminar interrupciones no deseadas en las áreas críticas del hospital.

Tercero: En relación al objetivo específico 3, se logró determinar según los resultados obtenidos del análisis de ahorro económico y coordinación de equipos de protección. En este sentido, la selección mejorada resultó rentable económicamente de S/43,332.47, que corresponde al valor de 15.45% establecido por la selección no optimizada. Por ende, se determina rentabilidad económica viable para el desarrollo de un sistema eficiente seguro para sistemas aislados del hospital.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, siempre se debe determinarse los niveles de cortocircuito con el fin de obtener las máximas y mínimas corrientes de cortocircuito y seleccionar las unidades de disparo de los interruptores. Los valores de las corrientes de cortocircuito indicados en los documentos del proyecto no son fiables.
- Considere, si es posible, el uso del software del fabricante de interruptor a usar, para calcular el corriente de cortocircuito, verificar la selección en todo el sistema de instalación y realizar el estudio de selectividad de acuerdo con el método de la técnica amperimétrica, cronométrica, energética y lógica para así obtener selectividad total en la coordinación de interruptores automáticos. Además, se recomienda al proyectista que haga el estudio de selectividad al final del diseño de su proyecto de instalaciones eléctricas. Para realizar la selectividad se requiere que el profesional sea bien observador de las curvas de actuación y para la evaluación de selectividad se recomienda siempre realizar de abajo para arriba (del último circuito derivado hasta la cabecera principal)
- Evaluar no solamente económicamente la mejora del sistema, sino el impacto que tiene en la sociedad en cuanto a niveles de seguridad eléctrica. Una vez realizado el estudio de selectividad y coordinación, se recomienda al profesional tablerista a testear o regular los interruptores automáticos de acuerdo documento del estudio de selectividad (ANEXO 18), antes de poner en operación dichos equipos. Ya que los interruptores no vienen testeados desde la fábrica.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. (2017). Sistemas de distribución y protección contra contactos indirectos y defectos a tierra Sistemas de distribución y protección contra contactos indirectos y defectos a tierra.
- Ávila, A. J. M. (2020). «*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*». UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ FACULTAD.
- Barrantes, Q. J. C. (2014). «*Estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones en CVG ALUNASA*». 165.
- Behar, D. S. (2010). «Introducción a la Metodología de la Investigación». *Shalom*, 1(978-959-212-783-7), 1-94. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bender IPP, G. (2020). «*Guía de planeación de sistemas aislados*». 1-12.
- Burgos, D. J. C. (2018). “ *Instalación de Baja Tensión de un Centro Penitenciario ” Tetyana Ohurok*. Universidad Carlos III de Madrid.
- Bustamante, P. J., & Jiménez, P. B. (2022). «*Estudio de coordinación de protecciones para el sistema eléctrico de la empresa de balanceados a PROBALBEN CIA. LTDA.*» [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9263>
- Calderón, antana A. S. (2021). *Tesis “ análisis de calibración de los relés para mejorar el sistema de protección de configuración en anillo de la mina ”*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ FACULTAD - FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA.
- Chae, W., & Kim, W. (2022). «*Estrategia de control de sobrecarga de línea y corriente de cortocircuito de sistemas de distribución en red*».
- CNE Utilizacion, manual. (2008). *MANUAL DE SUSTENTACIÓN DEL CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD UTILIZACIÓN 2006*. 6.
- Córdoba, I. T. M. instalaciones electromecánicas. (2016). «*Cusas y efectos de Corrientes de cortocircuito en redes eléctricas*». 1-5.



- <http://www.uco.es/~el1bumad/docencia/minas/ie06t3.pdf>
- Cruz, G. A. P., & Salazar, D. X. S. (2019). Tesis «coordinación de elementos de protección para un caso de estudio en una red industrial» [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - ECUADOR]. En *Sistema Biodigestor*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>
- ESTEVA, A. J. L. O., & OLGUIN, M. J. A. (2009). «*Selección de protecciones del sistema eléctrico para una banda transportadora de una central carboeléctrica*». INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL - MEXICO.
- Fallas, R. J. E., & Rosales, E. J. M. (2021). «*Rediseño eléctrico, estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones en la industria pecuaria de Agroindustrial Proave S.A.*» UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL - COSTA RICA.
- FENCO, C. J. G. (2021). *COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN DE MT 22.9 KV PARA LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO EN LA RED ELÉCTRICA DEL SE PALLASCA AMT PAL002*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA - CHIMBOTE PERÚ.
- Frizzo, S. S., Couto, V. F., & Rodrigues, K. A. C. (2017). «Analysis of Coordination and Selectivity Between Protection Devices of Low Voltage System (440VAC)». *International Journal of Development Research*, 7(8), 14350-14358.
- Galván, H. R., Rosas, R. F., & García, S. J. (2009). Tesis «*Coordinación de protecciones para un sistema eléctrico industrial*» [INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL ESCUELA - MEXICO]. <https://1library.co/document/6zkk5x4y-coordinacion-de-protecciones-para-un-sistema-electrico-industrial.html>
- Gomez, M. (2012). *Análisis de contingencias eléctricas en centros comerciales-UNAM*. 123-147.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/801/A7.pdf?sequence=7>
- González, J. G. A. (2011). *Selección y coordinación de protecciones para baja tensión* (Vol. 1). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- González, R. G., Pertuz, Y., & Expósito, Concepción, M. Y. (2016). Gestión de la seguridad hospitalaria en unidades de atención pediátrica TT - Hospital safety management in children care facilities. *Rev Cubana Enferm*, 32(2), 207-217.



- http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192016000200007%0Ahttp://www.revenfermeria.sld.cu/index.php/enf/article/view/885
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación - Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. En *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. shorturl.at/mwS39
- Huaire, I. J. (2019). Método de investigación. Clasificación de los tipos de investigación. *Métodos de investigación*.
- IEC 90898, I. (2017). *Comisión Electrotécnica Internacional, "Norma IEC 60898"*. 1-60.
- Legrand. (2011). «Dispositivos de corte y protección», Guía de Potencia libro 05. *España*, 150.
- Legrand. (2016). «Guía Técnica, Coordinación entre dispositivos de protección». *Legrand Group España, S.L.*, 20. <https://www.legrand.es/documentos/Guia-Selectividad-Potencia-Legrand.pdf>
- LUJAN, S. M. X. L. (2008). «*Optimización de la selectividad mediante aterramiento de sistemas con neutro aislado en la SET ingenio*». Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Mardegan, C. (2012). «*Protección y Selectividad en Industria Sistemas eléctricos*».
- Meza, C. (2022). Diseño eléctrico de baja tensión para el área de formulación láctea en la empresa Laive Ate-Vitarte, 2020. 2, *γ787*(8.5.2017), 2003-2005.
- Miranda, M. D. A. (2021). «*Actualización del estudio cortocircuito con estudio de coordinación de protecciones y arco eléctrico en la instalación eléctrica de Laboratorios Stein, Cartago*».
- Mujal, R. M. (2014). «*Protección de Sistemas eléctricos de Potencia*» (J. Soldevila & J. Soldevila (eds.)). setiembre 2014. www.upc.edu/idp E-mail: info.idp@upc.edu%0ADL
- Negrão, D. (2015). «*Metodología para la Coordinación y Selectividad de Protección de Sobrecorriente Direccional en Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica*». 1, 82.



- Norma IEC 60909, I. (2001). «calculo de corrientes de cortocircuito». *Primera Edicion*.
<http://www.novapdf.com>
- Norma IEC 60947-1, I. S. (2007). International Electrotechnique Commission - «Equipos de maniobra y control de baja tensión», reglas renerales. En *61010-1 © Iec:2007: Vol. EDICION 5*.
- Norma IEC 60947-2, I. S. (2013). «International Standard International Standard». En *61010-1 © Iec:2001: Vol. Edicion 4*.
- Norma tecnica de salud 119, M. (2016). NORMA TÉCNICA DE SALUD N° 119-MINSA/DGIEM-V.01 “infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud del tercer nivel de atención”. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents, 135(4), 569*. <http://www.minsa.gob.pe>
- Norma Tecnica Peruana, N. 370. 30. (2002). *Comité Técnico de Normalización de Seguridad Eléctrica Subcomité de Instalaciones Eléctricas Interiores INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS. Selección e instalación de equipos eléctricos. Capacidad de corriente nominal de conductores en canalizaciones: Vol. 1º Edición* (Número Selección e instalación de equipos eléctricos. Capacidad de corriente nominal de conductores en canalizaciones., pp. 1-52).
- Palacios, A. E., & Jalixto, C. R. (2016). *ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN DEL HOSPITAL ANTONIO LORENA DEL CUSCO*.
- Pérez, P. A. (2003). «Relés Electromagnéticos Y Electrónicos». *Noviembre, 2003, 1-24*.
<http://www.ucm.es/info/vivataca/anteriores/n50/DATOSS50.htm>
- Pérez, S. M. F. J. (2021). «*Coordinación de protecciones de sistemas eléctricos de potencia mediante formulación de problema de optimización*».
- Perugachi, V. freddy. (2019). *ESTUDIO DE LA COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE LOS ALIMENTADORES DE LA SUBESTACIÓN ALPACHACA DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE S.A. EMELNORTE*.
- Quispe, A. S. W. (2020). *Coordinación del Sistema de Protección en Baja tensión de una Estación Remota Reductora de Presión S009A*. Universidad Tecnologica del Perú.



- Rodríguez, S. E. S. (2021). tesis "ESTUDIO DE SELECTIVIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN DEL MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA DEL PERÚ MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE XL PRO3 CALCUL DE LEGRAND.
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1130/1/lopez_gj.pdf
- Rúa, Á. santiago. (2022). «*Coordinación de protecciones en baja tensión de la subestación 14 de la empresa Compañía de Empaques S.A.*»
- Salazar, E. J. (2020). *Facultad de Ingeniería Ingeniería Eléctrica y de Potencia Programa Especial de Titulación: “ Implementación y Optimización de la Selectividad de una Instalación Eléctrica de Baja Tensión en Hotel de 4 Estrellas ” Autor : Enrique Joel Salazar Esquivel par.*
- Schneider electric, M. (2021). Manual y Catálogo del Electricista. *Control*, 0-3.
- Siemens. (2016). «*Dispositivos de protección Selectividad para interruptores automáticos de caja moldeada 3VA*». 1-23.
- Siemens, C. T. (2020). «*Manual Tecnico SIMARIS design SIMARIS project*».
- Sierra, D. M. (2018). «*Sistemas eléctricos aislados en hospitales*».
- Silva, S. (2011). «Proyecto de instalación eléctrica de un hospital». En *Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior. Departamento de Ingeniería Eléctrica. UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.*
- Torres, Y. (2019). «*Coordinación De Protecciones En Baja Tensión Por Selectividad Asistida*». 1-157. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3917>
- Valdunciel, A. (2019). «Diseño de instalaciones eléctricas con simaris design». *Escuela Tecnica superior de ingenieros industriales Universidad Politecnica de Madrid.*
- Vives, C. J., & Nuño, T. (2018). «*ACTUALIZACIÓN DE LAS NORMATIVAS RELACIONADAS CON EL ESQUEMA “IT” AISLADO DE TIERRA EN LAS ITC-BT38 Y ITC-BT24 Y SU EFECTO EN LAS INSPECCIONES REGLAMENTARIAS*». www.afeisa.es



ANEXOS

ANEXO 1: NORMA INTERNACIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION IEC 60909

NORME	CEI
INTERNATIONALE	IEC
INTERNATIONAL	60909-0
STANDARD	 Première édition First edition 2001-07

**Courants de court-circuit dans les réseaux
triphasés à courant alternatif –**

**Partie 0:
Calcul des courants**

**Short-circuit currents in three-phase
a.c. systems –**

**Part 0:
Calculation of currents**

© IEC 2001. Droits de reproduction réservés. — Copyright - all rights reserved.

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée dans quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'autorisation écrite de l'IEC.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and recording, without permission in writing from IEC.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé, Genève, Switzerland
Téléfax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site: <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международный Комитет по Стандартам в Электротехнике

CODE PRICE PRICE CODE XB

For sale, see catalogue or contact
IEC, see contact catalogue

You created this PDF from an application that is not licensed to print to novaPDF printer (<http://www.novapdf.com/>)

Fuente: Norma CEI/IEC 60909-0, cálculos de cortocircuito, 2001-07



**ANEXO 2: NORMA INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL
COMMISSION IEC 60947-1**



IEC 60947-1

Edition 5.0 2007-06

**INTERNATIONAL
STANDARD**

**NORME
INTERNATIONALE**

**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 1: General rules**

**Appareillage à basse tension –
Partie 1: Règles générales**

IEC 60947-1:2007

For full access, publications printed under IEC subscription agreement 2012–2014. This file is copyright of IEC, Geneva, Switzerland. All rights reserved.

Fuente: Norma IEC 60947-1; reglas generales, 2007-06, edición 5.0



**ANEXO 3: NORMA INTERNACIONAL ELECTROTECHNICAL
COMMISSION IEC 60947-2**



IEC 60947-2

Edition 4.2 2013-01

**INTERNATIONAL
STANDARD**

**NORME
INTERNATIONALE**



**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 2: Circuit-breakers**

**Appareillage à basse tension –
Partie 2: Disjoncteurs**

IEC 60947-2:2009+A1:2009+A2:2013

For All rights reserved. Publication provided under IEC subscription agreement 2012 - 2014. This file is copyright of IEC, Geneva, Switzerland. All rights reserved.

Fuente: Norma IEC 60947-1; interruptores automáticos, 2013-01, edición 4.2

ANEXO 4: Relación de tableros del expediente

Id.	Und	Tablero	Sistema	Ubicación	Tipo de Tablero	Valor de cortocircuito
1	1	Tablero de Emergencia (TE.EM-2P.1)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 380/220, 3F+N+T	65 kA
2	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CIG.1)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
3	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CIG.2)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
4	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CIG.3)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
5	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CIG.4)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
6	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CIG.5)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
7	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CIG.6)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
8	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CIN.1)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
9	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CIN.2)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
10	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CIN.3)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
11	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CIN.4)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
12	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CINN.A)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
13	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CINN.B)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
14	1	Tablero de Emergencia (STE.A-CINN.C)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
15	1	Tablero de Emergencia (STE.A-SP)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
16	1	Tablero de Emergencia (TE.EM-2P.2)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 380/220, 3F+N+T	65 kA
17	1	Tablero de Emergencia Aislado (STE.A-SO.1)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
18	1	Tablero de Emergencia Aislado (STE.A-SO.2)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
19	1	Tablero de Emergencia Aislado (STE.A-SO.3)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
20	1	Tablero de Emergencia Aislado (STE.A-SO.4)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
21	1	Tablero de Emergencia Aislado (STE.A-SO.5)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
22	1	Tablero de Emergencia Aislado (STE.A-LC)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
23	1	Tablero de Emergencia (STE.EM-SR)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
24	1	Tablero de Emergencia Aislado (STE.A-SO.6)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA
25	1	Tablero de Emergencia (STE.EM-2P.2A)	Aislado	Segundo Nivel	Autosoportado, 220, 1F+N+T	18 kA

Fuente: Elaborado por proyectista, "planos de diagrama unifilar"

ANEXO 5: Cálculo de alimentadores del tablero TGN

ALIMENTADOR	PTO. DE ALIMENTACION	I.D. (KW)	f.d.p. (cos φ)	TENSION (V)	DIMENSIONAMIENTO DE CABLES ALIMENTADORES EN CIRCUITOS EN AUSENCIA DE ARMONICOS: TABLERO GENERAL NORMAL (TGN)							Modo Instalacion	
					ΔV(2.5%)=	TENSION (V)	Factor Corr. Ktot	Sistema 1Ø /3Ø	Corriente aparente corregida $I_b = I_b / k_{tot}$ (A)	Corriente admisible del cable (A)	Long. Linea (m)		Seccion cable (mm ²)
					1.95	380	0.9	220	CAPACIDAD DE CONDUCCION			CAIDA DE TENSION	
SED	TGN	1468.2	2479	0.800	3Ø	3098	50000	15			0.10	0.03	Enterrado
TGN	STGN-S.1	198.73	335	0.720	3Ø	466	1422	65	3(3 - 1 x 120)	2.76	0.73	Ducto Concreto	
	STGN-S.2	227.49	384	0.720	3Ø	533	1863	120	3(3 - 1 x 240)	3.42	0.90	Ducto Concreto	
	STGN-S.3	18.27	31	0.680	3Ø	45	305	150	70	2.83	0.74	Bandeja	
	TDN-SH	1.75	3	0.800	3Ø	4	65	175	6	3.22	0.85	Enterrado	
	TDN-MT	4.39	7	0.800	3Ø	9	90	80	10	2.22	0.58	Enterrado	
	TDN-RH	7.67	13	0.800	3Ø	16	90	93	10	4.50	1.19	Enterrado	
	TTA-1 (TGE)	750.17	1266	0.800	3Ø	1583	2970	35	4(3 - 1 x 185)	3.01	0.79	Enterrado	
TGEM-R	755.39	1275	0.720	3Ø	1771	2970	20	4(3 - 1 x 150)	0.10	0.05	Ducto Concreto		

Fuente: Elaborador por proyectista, “memoria de cálculo”

ANEXO 6: Cálculo de alimentadores del tablero TGE

ALIMENTADOR	PTO. DE ALIMENTACION	M.D. (KW)	f.d.p. (cos φ)	TENSION (V)	DIMENSIONAMIENTO DE CABLES ALIMENTADORES EN CIRCUITOS EN AUSENCIA DE ARMONICOS: TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA (TGE)							Modo Instalacion	
					ΔV(2.5%)=	TENSION (V)	Factor Corr. Ktot	Sistema 1Ø /3Ø	Corriente aparente corregida $I_b = I_b / k_{tot}$ (A)	Corriente admisible del cable (A)	Long. Linea (m)		Seccion cable (mm ²)
					2.36	380	0.9	220	CAPACIDAD DE CONDUCCION			CAIDA DE TENSION	
TTA-1	TGE	750.17	1266	0.800	3Ø	1583	2970	6	4(3 - 1 x 185)	0.52	0.14	Enterrado	
TGE	STGE-S.1	104.25	176	0.720	3Ø	244	1035	65	2(3 - 1 x 185)	1.55	0.41	Ducto Concreto	
	STGE-S.2	98.31	166	0.720	3Ø	230	1035	120	2(3 - 1 x 185)	2.71	0.71	Ducto Concreto	
	STGE-S.3	12.52	21	0.680	3Ø	31	375	150	95	1.46	0.38	Bandeja	
	STGE.EM-S.1	144.20	243	0.720	3Ø	338	1242	65	2(3 - 1 x 240)	1.76	0.46	Ducto Concreto	
	STGE.EM-S.2	111.90	189	0.720	3Ø	262	1242	120	2(3 - 1 x 240)	2.53	0.66	Ducto Concreto	
	TDE-MT	4.15	7	0.800	3Ø	9	90	70	10	1.84	0.48	Enterrado	
	TDE-RH	1.43	2	0.800	3Ø	3	65	92	6	1.38	0.36	Enterrado	
	TBB-01	227.05	383	0.800	3Ø	479	1553	73	3(3 - 1 x 185)	2.53	0.67	Ducto Concreto	
	TBB-02	154.46	261	0.800	3Ø	326	1035	60	2(3 - 1 x 185)	2.13	0.56	Ducto Concreto	
	TE-AUX	2.78	5	0.800	3Ø	6	65	5	6	0.15	0.04	Enterrado	
	TEA-RX	20.13	34	0.680	3Ø	50	200	80	35	3.06	0.81	Bandeja	
	TDE-C4	6.31	11	0.800	3Ø	13	240	220	50	1.99	0.52	Enterrado	
	TBB-04	50.90	86	0.680	3Ø	126	510	83	150	2.29	0.60	Bandeja	
TBB-05	32.51	55	0.680	3Ø	81	435	120	120	2.50	0.66	Bandeja		

Fuente: Elaborador por proyectista, “memoria de cálculo”

ANEXO 7: Cálculo de alimentadores del tablero STGE.EM-S.1

ALIMENTADOR	PTO. DE ALIMENTACION	M.D. (KW)	Corriente de carga Ib (A)	Factor Corr. Ktot	Sistema 1Ø /3Ø	Corriente aparente corregida Ib = Ib / ktot (A)	Corriente admisible del cable (A)	Long. Línea (m)	Sección cable (mm2)	CAIDA DE TENSIÓN		Modo Instalacion
										ΔV Max. Calculado (V)	DV Max. Calculado (%)	
TGE	STGEEM-S.1	144.20	243	0.720	3Ø	338	1242	65	2(3 - 1 x 240)	1.76	0.46	Ducto Concreto
STGEEM-S.1	TEEM-1P.1	7.53	13	0.680	3Ø	19	125	5	16	0.15	0.04	Bandeja
	TBB-02A	88.36	149	0.700	3Ø	213	575	40	185	1.62	0.43	Bandeja/Ducto
	TEEM-2P.1	88.36	149	0.700	3Ø	213	435	10	120	0.57	0.15	Bandeja/Ducto
	TEEM-3P.1	13.08	22	0.700	3Ø	32	125	15	16	0.79	0.21	Bandeja/Ducto
	TEEM-4P.1	11.00	19	0.680	3Ø	27	125	20	16	0.88	0.23	Bandeja
	TEEM-5P.1	11.70	20	0.680	3Ø	29	125	25	16	1.17	0.31	Bandeja
	TEEM-6P.1	12.54	21	0.680	3Ø	31	125	30	16	1.51	0.40	Bandeja

Fuente: Elaborador por proyectista, “memoria de cálculo”

ANEXO 8: Cálculo de alimentadores del tablero STGE.EM-S.2

ALIMENTADOR	PTO. DE ALIMENTACION	M.D. (KW)	Corriente de carga Ib (A)	Factor Corr. Ktot	Sistema 1Ø /3Ø	Corriente aparente corregida Ib = Ib / ktot (A)	Corriente admisible del cable (A)	Long. Línea (m)	Sección cable (mm2)	CAIDA DE TENSIÓN		Modo Instalacion
										ΔV Max. Calculado (V)	DV Max. Calculado (%)	
TGE	STGEEM-S.2	111.9	189	0.720	3Ø	262	1242	120	2(3 - 1 x 240)	2.53	0.66	Ducto Concreto
STGEEM-S.2	TEEM-S.2A	9.66	16	0.680	3Ø	24	90	34	10	2.07	0.55	Bandeja
	TEEM-1P.2	3.48	6	0.680	3Ø	9	90	7	10	0.15	0.04	Bandeja
	TBB-03	66.66	113	0.700	3Ø	161	575	70	185	2.14	0.56	Bandeja/Ducto
	TEEM-2P.2	66.66	113	0.700	3Ø	161	435	10	120	0.43	0.11	Bandeja/Ducto
	TEEM-4P.2	10.80	18	0.680	3Ø	27	160	20	25	0.56	0.15	Bandeja
	TEEM-5P.2	11.10	19	0.680	3Ø	28	160	25	25	0.72	0.19	Bandeja
	TEEM-6P.2	10.20	17	0.680	3Ø	25	160	30	25	0.79	0.21	Bandeja

Fuente: Elaborador por proyectista, “memoria de cálculo”

ANEXO 9: Cálculo de alimentadores del tablero TE.EM-2P.1

ALIMENTADOR	PTO. DE ALIMENTACION	M.D. (KW)	Corriente de carga Ib (A)	Factor Corr. Ktot	Sistema 1Ø /3Ø	DIMENSIONAMIENTO DE CABLES ALIMENTADORES EN CIRCUITOS EN AUSENCIA DE ARMONICOS: TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA (TEEM-2P.1)						Modo Instalacion
						ΔV(2.5%)=	TENSION (V)	f.d.p. (cosφ)	TENSION (V)	CAPACIDAD DE CONDUCCION		
		2.36	380	0.9	220							
						Corriente aparente corregida Ib = Ib / ktot (A)	Corriente admisible del cable (A)	Long. Linea (m)	Seccion cable (mm2)	ΔV Max. Calculado (V)	DV Max. Calculado (%)	
STGE.EM-S.1	TE.EM-2P.1	88.36	149	0.700	3Ø	213	435	10	120	0.57	0.15	Bandeja/Ducto
TE.EM-2P.1	STEA - CIG.1	8.74	44	0.680	1Ø	65	160	14	25	0.95	0.43	Bandeja
	STEA - CIG.2	6.50	33	0.680	1Ø	48	125	16	16	1.25	0.57	Bandeja
	STEA - CIG.3	6.50	33	0.680	1Ø	48	125	16	16	1.25	0.57	Bandeja
	STEA - CIG.4	6.50	33	0.680	1Ø	48	125	16	16	1.25	0.57	Bandeja
	STEA - CIG.5	6.50	33	0.680	1Ø	48	125	16	16	1.25	0.57	Bandeja
	STEA - CIG.6	6.92	35	0.680	1Ø	51	125	16	16	1.33	0.60	Bandeja
	STEA - CIN.1	6.58	33	0.680	1Ø	49	240	53	50	1.50	0.68	Bandeja
	STEA - CIN.2	4.90	25	0.680	1Ø	36	200	53	35	1.48	0.67	Bandeja
	STEA - CIN.3	4.90	25	0.680	1Ø	36	200	50	35	1.39	0.63	Bandeja
	STEA - CIN.4	4.90	25	0.680	1Ø	36	200	50	35	1.39	0.63	Bandeja
	STEA-CINN.A	8.08	41	0.680	1Ø	60	240	55	50	1.91	0.87	Bandeja
	STEA-CINN.B	4.82	24	0.680	1Ø	36	200	55	35	1.51	0.69	Bandeja
	STEA-CINN.C	3.74	19	0.680	1Ø	28	200	62	35	1.32	0.60	Bandeja
STEA-SP	4.04	20	0.700	1Ø	29	200	56	35	1.29	0.58	Bandeja/Ducto	

Fuente: Elaborador por proyectista, “memoria de cálculo”

ANEXO 10: Cálculo de alimentadores del tablero TE.EM-2P.2

ALIMENTADOR	PTO. DE ALIMENTACION	M.D. (KW)	Corriente de carga Ib (A)	Factor Corr. Ktot	Sistema 1Ø /3Ø	DIMENSIONAMIENTO DE CABLES ALIMENTADORES EN CIRCUITOS EN AUSENCIA DE ARMONICOS: TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA (TEEM-2P.2)						Modo Instalacion
						ΔV(2.5%)=	TENSION (V)	f.d.p. (cosφ)	TENSION (V)	CAPACIDAD DE CONDUCCION		
		2.36	380	0.9	220							
						Corriente aparente corregida Ib = Ib / ktot (A)	Corriente admisible del cable (A)	Long. Linea (m)	Seccion cable (mm2)	ΔV Max. Calculado (V)	DV Max. Calculado (%)	
STGE.EM-S.2	TE.EM-2P.2	66.66	113	0.700	3Ø	161	435	10	120	0.43	0.11	Bandeja/Ducto
TE.EM-2P.2	STEA-SO.1	8.58	43	0.680	1Ø	64	200	25	35	1.22	0.55	Bandeja
	STEA-SO.2	8.79	44	0.680	1Ø	65	160	20	25	1.36	0.62	Bandeja
	STEA-SO.3	8.79	44	0.680	1Ø	65	200	24	35	1.20	0.55	Bandeja
	STEA-SO.4	9.98	50	0.680	1Ø	74	200	23	35	1.31	0.59	Bandeja
	STEA-SO.5	7.48	38	0.680	1Ø	56	160	24	25	1.39	0.63	Bandeja
	STEA - LC	1.70	9	0.680	1Ø	13	65	22	6	1.18	0.54	Bandeja
	STB-EM-SR	5.00	25	0.700	1Ø	36	200	40	35	1.14	0.52	Bandeja/Ducto
	STEA-SO.6	7.08	36	0.680	1Ø	53	375	80	95	1.32	0.60	Bandeja
STE.EM-2P.2A	4.89	25	0.680	1Ø	36	305	75	70	1.13	0.52	Bandeja	

Fuente: Elaborador por proyectista, “memoria de cálculo”

ANEXO 11: Características de interruptores de bastidor abierto 3WA

Tamaño		II				III			
Tipo		3WA1220	3WA1225	3WA1232	3WA1240	3WA1340	3WA1350	3WA1363	
Número de polos		3 polos, 4 polos							
Corriente de operación nominal (In) a 50°C y 50/60 Hz									
Polos principales A		2000	2500	3200	4000	4000	5000	6300	
Polo N	A	1000	1200	3200	4000	4000	5000	6300	
(Sólo en versión de 4 polos)									
Tensión Nominal (Ue) a 50/60 Hz	V AC	690	690	690	690	690	690	690	
Tensión de aislamiento nominal Ui	V AC	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
Tensión de resistencia al impulso (Uimp)									
Recorrido de conducción principal	kV	12	12	12	12	12	12	12	
Circuitos Auxiliares	kV	4	4	4	4	4	4	4	
Circuitos de control	kV	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Capacidad de ruptura 3/4 polos		S	M	H	C	H	C	E	
Capacidad de cortocircuito									
Tensión de operación nominal Ue hasta 415 V AC									
Icu	kA	66	85	100	130	-	-	-	
Ics	kA	66	85	100	130	-	-	-	
Icm	kA	145	187	220	286	220	330/286	-	
Tensión de operación nominal Ue hasta 500 V AC									
Icu	kA	66	85	100	130	100	150/130	-	
Ics	kA	66	85	100	130	100	150/130	-	
Icm	kA	145	187	220	286	220	330/286	-	
Tensión de operación nominal Ue hasta 690 V AC									
Icu	kA	50	66	85	100	85	150/130	150/130	
Ics	kA	50	66	85	100	85	150/130	150/130	
Icm	kA	105	145	187	220	187	330/286	330/286	
Dimensiones 3/4 polos		II				III			
	Fijo/ extraible W mm	460/590				704/914			
	Montaje fijo	H mm	437/462				437/462		
		D mm	357				357		
	Extraible	H mm	468/518				468/518		
D mm		471				471			



Tamaño 1
(3WA11)










Tamaño 2
(3WA12)



Tamaño 3
(3WA13)







Fuente: Elaborador por catálogo siemens

ANEXO 12: PODER DE CORTE DE INTERRUPTORES 3VA1

							
Interruptor en caja moldeada 3VA1	100 A	160 A	160 A	160 A	250 A	400 A	630 A
Protección de líneas	■	■	■	■	■	■	■
Seccionador	–	–	–	■	■	■	■
Aplicaciones en DC	■	■	■	■	■	■	■
Número de polos	3 ó 4	1	2	3 ó 4	3 ó 4	3 ó 4	3 ó 4
Corriente asignada I_n 50 °C [A]	16 ... 100	16 ... 160	16 ... 160	16 ... 160	160... 250	250... 400	400... 630
Tensión asignada de operación U_e AC [V]	Hasta 690	Hasta 220	Hasta 220	Hasta 690	Hasta 690	Hasta 690	Hasta 690
Capacidad de ruptura última asignada I_{cu} AC [kA] 380 ... 415 V AC	16, 25, 36	25, 36*	25, 36	25, 36, 55, 70	36, 55, 70	36, 55, 70	36, 55, 70
Unidad de disparo Térmica	fija	fija	fija	fija / regulable	fija / regulable	Fija / regulable	Fija / regulable
Unidad de disparo Magnética	fija	fija	fija	fija / regulable	fija / regulable	Fija / regulable	Fija / regulable

Fuente: Elaborado por Catalogo Siemens

ANEXO 13: PODER DE CORTE DE INTERRUPTORES 3VA2

						
Interruptor en caja moldeada 3VA2	100 A	160 A	250 A	400 A	630 A	1000 A
Número de polos	3 ó 4	3 ó 4	3 ó 4	3 ó 4	3 ó 4	3 ó 4
Corriente asignada I_n 50 °C [A]	25 ... 100	25 ... 160	160 ... 250	250 ... 400	400 ... 630	630... 1000
Tensión asignada de operación U_e AC [V]	690	690	690	690	690	Hasta 690
Capacidad de ruptura última asignada I_{cu} AC [kA] 380 ... 415 V AC	55, 85, 110, 150	55, 85, 110, 150	55, 85, 110, 150	55, 85, 110, 150	55, 85, 110, 150	55, 85, 110, 150
Unidad de disparo (electrónica)						
Protección de líneas LI ETU320	■	■	■	■	■	■
LIG ETU330	■	■	■	■	■	■
LSI ETU350/550/850	■	■	■	■	■	■
LSIG ETU560/860	■	■	■	■	■	■
Capacidad de comunicación (opcional)	■	■	■	■	■	■
Adquisición de datos de energía	Disponible en las ETUs 8					

Fuente: Elaborado por Catalogo Siemens

ANEXO 14: Unidad de control con magnetotérmico 3VA2.

Protección	ETU320	ETU330	ETU340	ETU350	ETU550	ETU560	ETU850	ETU860	ETU310M	ETU350M	ETU860M
	LI	LIG	ELISA	LSI	LSI	LSIG	LSI	LSIG	I	LSI	LSIG
Protección de Línea	x	x	x	x	x	x	x	x	—	—	—
Protección de Motor	—	—	—	—	—	—	—	—	x	x	x
Versión disponible con											
3-polos sin transformador externo de protección del neutro	x	x	x	—	—	—	—	x	x	x	—
3-polos con transformador externo de protección del neutro	—	—	—	x	x	x	x	—	—	—	—
4-polos con protección del Neutro	x	x	x	x	x	x	x	—	—	Parámetros de protección	
Parámetros de protección Disponibles											
L	Curva característica de Tiempo Largo I^2t	x	x	I^2t	x	x	x	x	—	x	x
	I_L	x	x	x	x	x	x	x	—	x	x
	t_L	x	x	—	x	x	x	x	—	x	x
	Memoria Térmica	x	x	x	x	x	x	x	—	x	x
Memoria Térmica puede ser Habilitada o Desahabilitada, on / off											
S	I_{sd}	—	—	—	x	x	x	x	—	—	x
	t_{sd}	—	—	—	x	x	x	x	—	—	x
	Características de la Curva en Tiempo Corto S: I^2t_{sd}	—	—	—	x	x	x	x	—	—	x
	Características de la Curva en Tiempo Corto S Ajustable: I^2t_{sd} / t_{sd}	—	—	—	—	x	x	x	—	—	—
I	I Ajustable	x	x	—	—	x	x	x	x	—	x
	I No Ajustable	—	—	x	x	—	—	—	—	x	—
N	$I_N^{(1)}$	x	x	x	x	x	x	x	—	x	x
	I_N	—	x	—	—	—	x	—	x	—	x
G	t_g	—	x	—	—	—	x	—	x	—	x
	Características de la Protección G - Area: I^2t_g	—	—	—	—	—	x	—	x	—	x
	Características de la Protección G - Area: Ajustable I^2t_g / t_g	—	—	—	—	—	x	—	x	—	x
	Función de Alarma de la Falla a Tierra	—	—	—	—	—	x	—	x	—	—
I	Protección de asimetría de Fase I	—	—	—	—	—	—	—	—	x	x
	$t_{desbalance}$	—	—	—	—	—	—	—	—	x	x
I _b	Protección de Bloqueo I_b	—	—	—	—	—	—	—	—	—	x
	t_b	—	—	—	—	—	—	—	—	—	x
I<<	Protección de marcha en Vacío I<<	—	—	—	—	—	—	—	—	—	x
	t<<	—	—	—	—	—	—	—	—	—	x

Fuente: Elaborado por Catalogo Siemens

ANEXO 15: Datos técnicos de interruptores modulares 5SL4 Y 5SL6

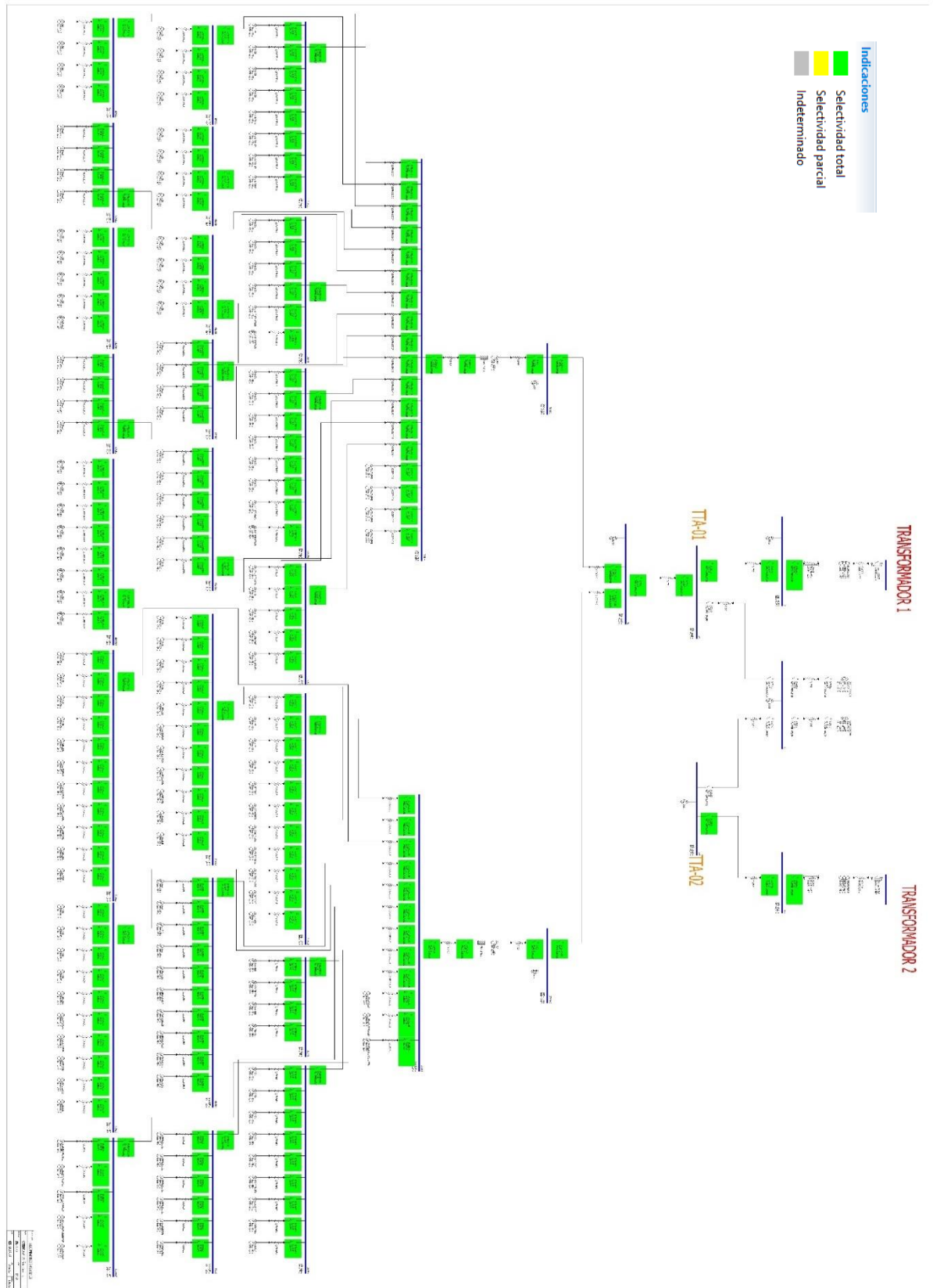
INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS RIEL DIN



Modelos	5SL6	5SL4
Normas	IEC 60898-1, IEC 60947-2	IEC 60898, IEC 60947-2
Tensión de Operación Máx.	440/250 Vac, 60Vdc por polo	440/250 Vac, 60Vdc por polo
Capacidades	0.3A ... 63A	0.3A ... 63A
I _{cn} (IEC 60898-1) , I _{cu} (IEC 60947-2)	10kA @220Vac (... 32A),	20kA @220Vac
	15kA @220Vac (... 63A),	10kA @400Vac
	6kA @400Vac	
Polos	1P, 2P, 3P, 4P, 1P+N, 3P+N	1P, 2P, 3P, 4P, 1P+N, 3P+N
Curvas de Disparo	B, C	B, C, D

Fuente: Elaborado por SENTRON, Dispositivos de protección y monitoreo de baja tensión.2022

ANEXO 16: RESULTADO DE SELECTIVIDAD TOTAL DE DIAGRAMA DE LA RED SISTEMAS AISLADOS



Fuente: Elaboración propia; Estudio de Selectividad total software Simaris Design advanced 11.0

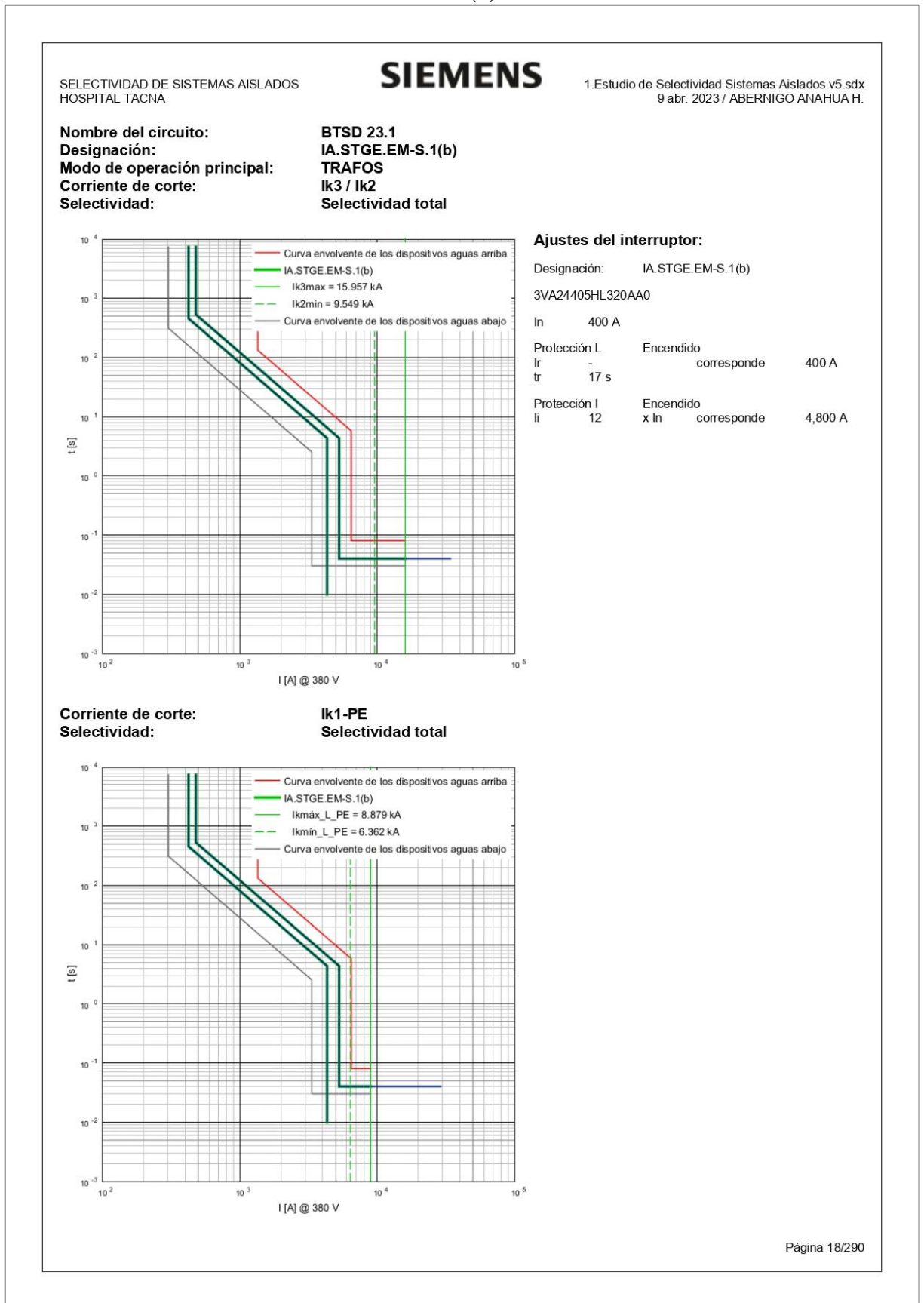


ANEXO 17: REPORTE DE RESULTADO DEL ESTUDIO DE SELECTIVIDAD

SELECTIVIDAD DE SISTEMAS AISLADOS HOSPITAL TACNA	SIEMENS	1.Estudio de Selectividad Sistemas Aislados v5.sdx 9 abr. 2023 / ABERNIGO ANAHUA H.
Evaluación de selectividad:		
Creado con		
SIMARIS Desing advanced		
Versión: 11.0.1 (2022-12-19) Sub-revisión: 0511		
© SIEMENS AG 2023. All rights reserved.		
http://www.siemens.com/simaris		
Datos maestros		
Nombre del proyecto:	SELECTIVIDAD DE SISTEMAS AISLADOS	
Descripción breve del proyecto:	SELECTIVIDAD	
Editor:	ABERNIGO ANAHUA H.	
Oficina técnica:	UNA - PUNO	
Creado el:	martes, 28 de marzo de 2023	
Modificado el:	domingo, 9 de abril de 2023	
Datos del cliente		
Ciudad:	TACNA	
Cliente:	HOSPITAL TACNA	
Comentarios:		
<p>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.</p>		
Página 1/290		

Fuente: Software Simaris Design advanced 11.0, “reporte evaluación de selectividad”

ANEXO 18: REPORTE DE RESULTADO DEL ESTUDIO DE SELECTIVIDAD STGE-S.1(b)



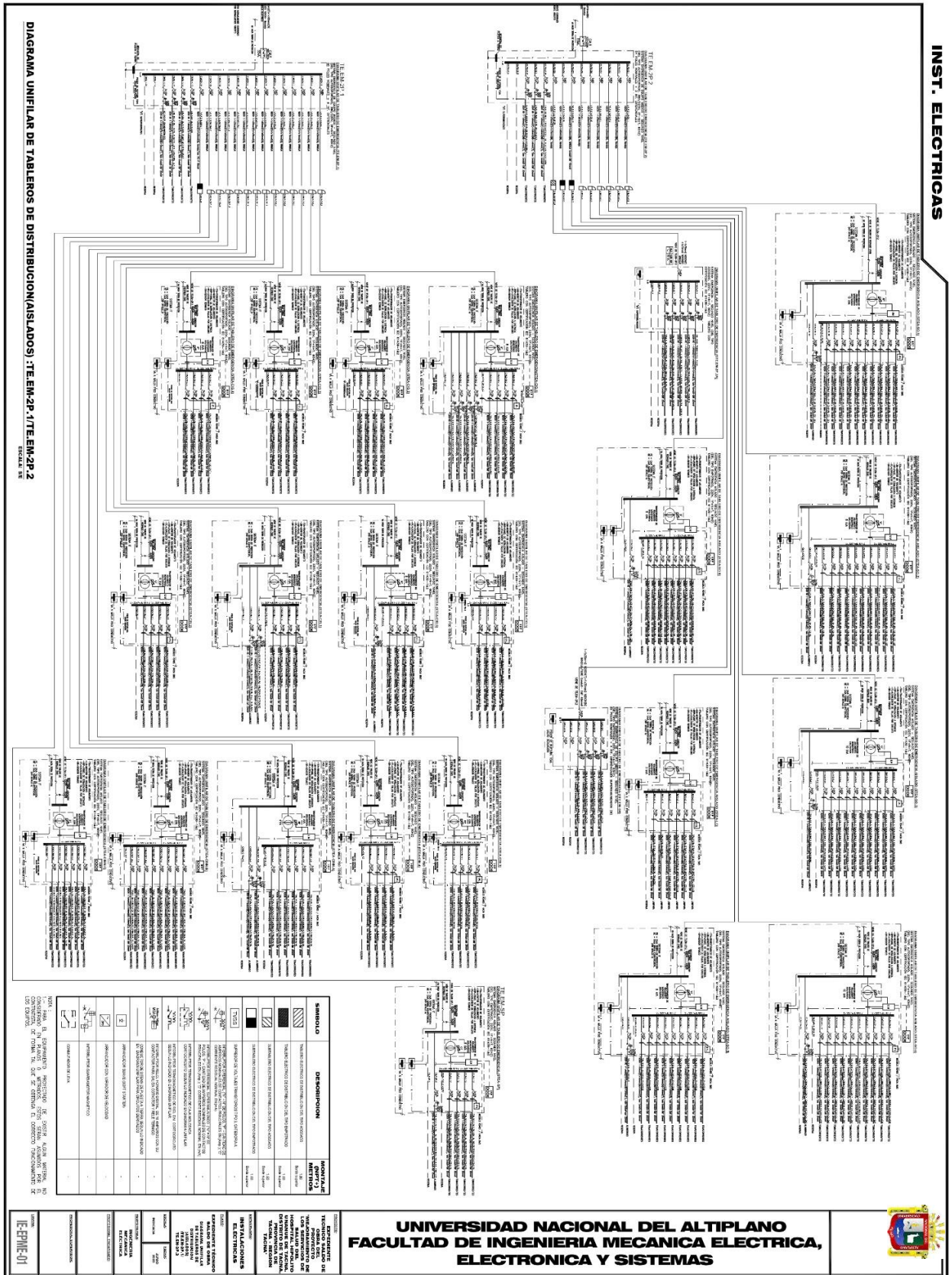


ANEXO 19: REPORTE DO DEL DOCUMENTO DE SELECTIVIDAD

SELECTIVIDAD DE SISTEMAS AISLADOS HOSPITAL TACNA	SIEMENS	1.Estudio de Selectividad Sistemas Aislados v5.sdx 21 may. 2023 / ABERNIGO ANAHUA H.
<h3>Documentación de proyecto</h3>		
Creado con		
SIMARIS Desing advanced		
Versión: 11.1.0 (2023-04-26) Sub-revisión: 0675		
© SIEMENS AG 2023. All rights reserved.		
http://www.siemens.com/simaris		
Datos maestros		
Nombre del proyecto:	SELECTIVIDAD DE SISTEMAS AISLADOS	
Descripción breve del proyecto:	SELECTIVIDAD	
Editor:	ABERNIGO ANAHUA H.	
Oficina técnica:	UNA - PUNO	
Creado el:	martes, 28 de marzo de 2023	
Modificado el:	domingo, 7 de mayo de 2023	
Datos del cliente		
Ciudad:	TACNA	
Cliente:	HOSPITAL TACNA	
Comentarios:		
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.		
Página 1/46		

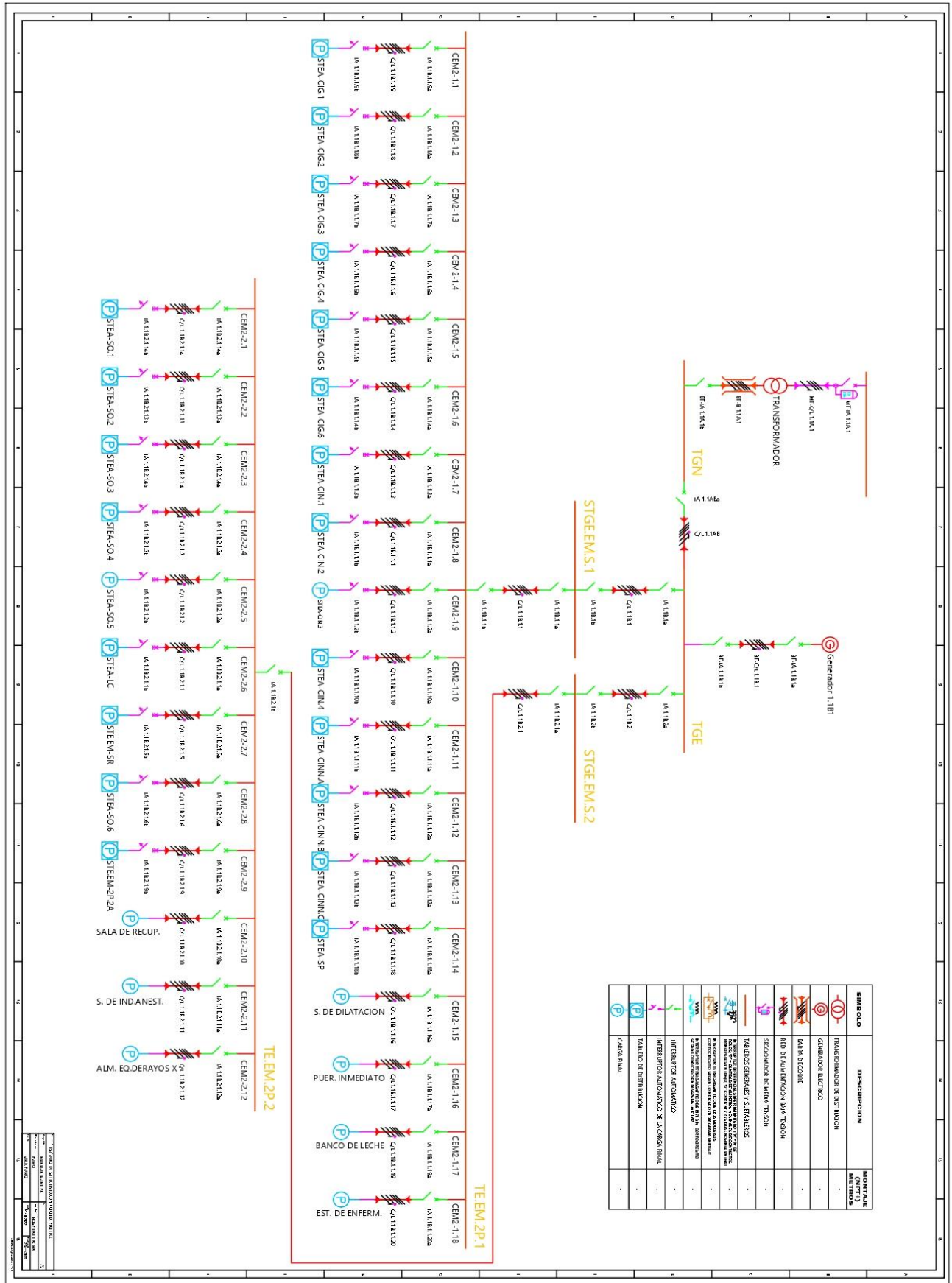
Fuente: Software Simaris Design advanced 11.0, “reporte documento de proyecto”

ANEXO 20: DIAGRAMA UNIFILAR DE LOS SISTEMAS AISLADOS HOSPITAL HIPÓLITO UNANUE DE TACNA



Fuente: Elaborador por: proyectista, diagramas unifilares

ANEXO 21: Diagrama unifilar simplificado del expediente técnico



Fuente: Proyectista, plano de diagrama unifilar

ANEXO 22: TABLAS DE SELECTIVIDAD SIEMENS

table of contents

selectivity tables - product lines with global marketing

1 air circuit breaker ACB -

in combination with molded case circuit breaker MCCB

1.10	3WA1 - 3VA2
1.11	3WA1 - 3VA1
1.12	3WL1 - 3VA2
1.13	3WL1 - 3VA1

in combination with motor starter protector MSP

1.20	3WA1 - 3RV
1.21	3WL1 - 3RV

in combination with miniature circuit breaker MCB

1.30	3WA1 - 5SY
1.31	3WA1 - 5SL
1.32	3WL1 - 5SY
1.33	3WL1 - 5SL

in combination with residual current protective device RCBO

1.40	3WA1 - 5SU1
1.41	3WA1 - 5SV1
1.42	3WL1 - 5SU1
1.43	3WL1 - 5SV1

in combination with fuse systems FUSES

1.50	3WA1 - 3NA / Neozed
1.51	3WL1 - 3NA / Neozed

2 molded case circuit breaker MCCB -

in combination with molded case circuit breaker MCCB

2.10	3VA2 - 3VA2
2.11	3VA2 - 3VA1
2.12	3VA1 - 3VA1

in combination with motor starter protector MSP

2.20	3VA2 - 3RV
2.21	3VA1 - 3RV

in combination with miniature circuit breaker MCB

2.30	3VA2 - 5SY/5SP
2.31	3VA2 - 5SL
2.32	3VA1 - 5SY/5SP
2.33	3VA1 - 5SL

in combination with residual current protective device RCBO

2.40	3VA2 - 5SU1
2.41	3VA1 - 5SU1
2.42	3VA2 - 5SV1
2.43	3VA1 - 5SV1

Fuente: Elaborador por: Siemens, 2020



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ABERNIGO ANAHUA HUALLPA,
identificado con DNI 46569646 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Mecánica Eléctrica

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ESTUDIO DE SELECTIVIDAD Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN SISTEMAS

AISLADOS DE BAJA TENSIÓN, APLICADO AL SALDO DE OBRA DE INSTALACIONES

HOSPITAL HIPÓLITO UNANUE -TACNA”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 02 de junio del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ABERNIGO ANAHUA HUALLPA
identificado con DNI 46569646 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Mecánica Eléctrica

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“ 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 ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 02 de junio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella