

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y
Mecánica



Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

TESIS

**ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS
EN BAJA TENSIÓN DEL HOSPITAL ANTONIO LORENA DEL CUSCO**

Tesis presentado por los Bachilleres:

Br. Edwin Palacios Apaza

Br. Rubén Jalixto Condori

Para optar a Título Profesional de

INGENIERO ELECTRICISTA

ASESOR:

Ing. Mary Elisa Barrionuevo Prado

Cusco – Perú

2016

Dedicatoria

Agradezco primeramente a Dios, y con eterna gratitud a mis padres Valentín y Justina por darme la vida y ejemplo de trabajo, honradez y perseverancia.

A mis hermanas Haydee, Hermelinda y Sonia por el apoyo incondicional que me brindaron, a mi esposa Marseny por su amor y comprensión y a mi pequeño hijo Valentino que llena de luz mis días, y a toda mi familia que siempre me brida su aliento y apoyo moral, a mis amigos de toda la vida por su amistad incondicional.

Edwin Palacios Apaza

Mis padres Clemente J. y Valentina C. por su amor y apoyo incondicional, mi Esposa Yulisa y mi hija Melodhy por compartir esta meta alcanzada en mi vida, mis hermanos por su solidaridad en ese tiempo mi abuela por sus apoyos y palabras de aliento, mi familia por muestra de interés y apoyo, mis amigos por todo los buenos momento, su ayuda incondicional y los mejores recuerdos que quedaron en mi mente y mis maestros por sus aportes a lo largo de mi vida.

Rubén Jalixto Condori

PRESENTACIÓN

Señor decano de la facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Distinguidos ingenieros docente, miembros del jurado.

Al termino de nuestro estudio profesionales y en el cumplimiento de las normas establecidas para optar el título profesional de Ingeniero Electricista, ponemos a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: “**ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN DEL HOSPITAL ANTONIO LORENA DEL CUSCO**”. Con el objetivo de optar al título profesional de ingeniero electricista, y poder desempeñarnos en el ámbito laboral y contribuir con el desarrollo de nuestro país.

Esperamos que los señores dictaminantes y miembros del jurado nos hagan llegar sus observaciones, sugerencias y críticas del presente trabajo, que por supuesto servirá para adquirir nuevos conocimientos y experiencias.

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis titulado “**ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN DEL HOSPITAL ANTONIO LORENA DEL CUSCO**”, se trata de realizar un análisis de la coordinación de los dispositivos de protección en las instalaciones eléctricas de baja tensión, para lo cual se toma como datos de inicio para el estudio la información recopilada de expediente técnico de instalaciones eléctricas de Hospital Antonio Lorena del Cusco, los datos tomados son principalmente la máxima demanda de los tableros de distribución eléctrica así como las longitudes de los circuitos, con estos datos se realiza la evaluación, para luego poder determinar los cálculos de coordinación y selección de equipos de protección empleando el software Ecodial Advance Calculation 4.8.

Debido a las características de las instalaciones, es de suma importancia realizar el estudio para poder tener un sistema más seguro y confiable.

Cada uno de los capítulos se desarrolla de la siguiente manera:

CAPÍTULO I. En este capítulo se da a conocer los aspectos generales del presente trabajo de tesis, como planteamiento del problema, objetivos, justificaciones, hipótesis y otros aspectos generales.

CAPÍTULO II. En este capítulo se explica principalmente la normatividad necesaria para el estudio, así como también el fundamento teórico para los diferentes cálculos.

CAPÍTULO III. En este capítulo se selecciona un esquema y diagrama para realizar el estudio, se realiza una descripción técnica de las características de del diagrama seleccionado a estudiar.

CAPÍTULO IV. En este capítulo se realiza los cálculos para el estudio de coordinación, también se muestran cuadros de los diferentes resultados obtenidos, para luego realizar un cuadro comparativo entre los resultados analíticos y los obtenidos por el programa.

CAPÍTULO V. En este capítulo se realiza la coordinación de los equipos de protección, teniendo como conceptos fundamentales la selectividad y filiación de los dispositivos, con ayuda con el programa Ecodial Avance v 4.8, así como también se realiza una descripción breve del funcionamiento del programa.

CAPÍTULO VI. En este capítulo se realiza un planteamiento de un sistema de coordinación seguro y confiable del sistema, se realiza también un cuadro comparativo de los resultados propuesto por el proyectista y los contenidos mediante el programa Ecodial Advance V4.8, así como las conclusiones del estudio.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	i
RESUMEN	ii
CAPÍTULO I	1
1.ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ÁMBITO GEOGRÁFICO.....	1
1.3. EL PROBLEMA.....	3
1.3.1. SELECCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.4.1. PROBLEMA GENERAL.....	5
1.4.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	5
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	5
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.7. OBJETIVOS.....	6
1.7.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.8. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO.....	6
1.8.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	6
1.8.2. NORMATIVIDAD.....	6
1.9. HIPÓTESIS.....	6
1.9.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	6
1.9.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	7
1.10. VARIABLES E INDICADORES.....	7
1.10.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	7
1.10.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	7
1.10.3. VARIABLES INTERVINIENTES.....	7
1.11. METODOLOGÍA.....	8
1.11.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.11.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.11.3. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	8
1.11.4. VERIFICACIÓN DE DATOS NECESARIOS PARA EL ESTUDIO.....	8
1.11.5. ANÁLISIS DE DATOS.....	8
1.12. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	10
CAPÍTULO II	11
2.1. NORMAS APLICABLES.....	11
2.1.1. CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD 2006 – UTILIZACIÓN.....	11
2.1.2. NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP).....	12
2.1.3. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE).....	12
2.1.4. REGLAMENTO DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO CON ELECTRICIDAD.....	12
2.1.5. NORMA TÉCNICA DE SALUD INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO.....	13
2.1.6. NORMA IEC (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMISIÓN).....	14
2.1.6.1. CATEGORÍA DE INTERRUPTORES.....	15
2.1.6.2. COORDINACIÓN ENTRE INTERRUPTORES.....	18
2.2. ESQUEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA.....	19
2.2.1. REGIMEN TT.....	21
2.2.2. REGIMEN TN.....	24
2.2.2.1. REGIMEN TN-C.....	24
2.2.2.2. REGIMEN TN-S.....	25
2.2.3. REGIMEN IT.....	28
2.2.3.1. EL PRIMER DEFECTO DE AISLAMINETO EN EL ESQUEMA IT.....	29
2.2.3.2. SEGUNDO DEFECTO DE AISLAMIENTO EN EL ESQUEMA IT.....	31
2.2.4. CUADRO COMPARATIVO DE ESQUEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA.....	32
2.3. CONSECUENCIAS DE LOS CORTOS CIRCUITOS.....	33
2.4. CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.....	34
2.5. MÉTODOS DE CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.....	36
2.5.1. EL MÉTODO DE IMPEDANCIAS.....	36
2.5.2. EL MÉTODO DE COMPOSICIONES.....	36
2.5.3. EL MÉTODO CONVENCIONAL.....	36
2.5.4. EL MÉTODO LLAMADO SIMPLIFICADO.....	36

2.6.	<i>CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MÉTODO DE IMPEDANCIAS...</i>	37
2.6.1.	CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO (ICC3)	37
2.6.2.	CORTOCIRCUITO BIFÁSICO AISLADO (ICC2)	38
2.6.3.	CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO AISLADO (ICC1).....	39
2.6.4.	CORTOCIRCUITO A TIERRA (ICCH)	40
2.7.	<i>DETERMINACIÓN DE LAS DIVERSAS IMPEDANCIAS DE CORTOCIRCUITO.....</i>	40
2.7.1.	IMPEDANCIAS DE LA RED AGUAS ARRIBA	40
2.7.2.	IMPEDANCIA INTERNA DEL TRANSFORMADOR	41
2.7.3.	IMPEDANCIA DE LAS CONEXIONES	41
2.7.3.1.	LA RESISTENCIA UNITARIA RL DE LAS LÍNEAS.	42
2.7.4.	OTRAS IMPEDANCIAS	43
2.8.	<i>FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS.....</i>	43
2.8.1.	RIESGOS ELÉCTRICOS MÁS COMUNES EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS	44
2.8.2.	SOBRE CARGA	45
2.8.3.	CORTOCIRCUITO	45
2.8.4.	PERDIDA DE AISLAMIENTO	46
2.8.5.	USO INADECUADO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN.....	46
2.8.6.	UBICACIÓN INADECUADA DE ARTEFACTOS ELÉCTRICOS QUE TRASMITEN CALOR	46
2.8.7.	ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE MALA CALIDAD	46
2.8.8.	CONDUCTORES ELÉCTRICOS SIN CANALIZACIONES	46
2.8.9.	CONDUCTORES ELÉCTRICOS CERCA DE CABLES DE COMUNICACIÓN	47
2.8.10.	TABLEROS ELÉCTRICOS CERCA DE MATERIALES INFLAMABLES.....	47
2.8.11.	SOBRE TENSIÓN.....	47
2.9.	<i>SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.....</i>	48
2.10.	<i>DEFINICIÓN DE PARÁMETROS A UTILIZAR</i>	50
2.10.1.	CORRIENTE DE CARGA MÁXIMA IB	50
2.10.2.	CORRIENTE MÁXIMA PERMITIDA IZ.....	51
2.10.3.	PRINCIPIO DE PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBREINTENSIDADES	51
2.11.	<i>INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE BAJA TENSIÓN.....</i>	53
2.11.1.	COMPONENTES DE UN INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	54
2.11.2.	CURVAS DE PROTECCIÓN.....	57
2.12.	<i>CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....</i>	58
2.12.1.	TACTER NOMINAL DE FUNCIONAMIENTO UE (V)	58
2.12.2.	TENSIÓN DE AISLAMIENTO UI (V)	58
2.12.3.	TENSIÓN DE IMPULSO UIMP (V).....	58
2.12.4.	INTENSIDAD NOMINAL IN (A).....	58
2.12.5.	PODER DE CORTE DE UN INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	58
2.12.6.	PODER DE RUPTURA ÚLTIMO ICU (KA).....	59
2.12.7.	PODER DE RUPTURA DE SERVICIO ICS (%).....	59
2.13.	<i>CLASE DE CURVAS.....</i>	60
2.14.	<i>SELECCIÓN DE PROTECCIÓN.....</i>	61
2.15.	<i>CONCEPTO DE SELECTIVIDAD</i>	62
2.15.1.	TÉCNICAS DE SELECTIVIDAD	63
2.15.2.	SELECTIVIDAD AMPERIMÉTRICA	63
2.15.3.	SELECTIVIDAD CRONOMÉTRICA	64
2.15.4.	SELECTIVIDAD PSEUDOCRONOMÉTRICA	65
2.15.5.	SELECTIVIDAD ENERGÉTICA	65
2.15.6.	SELECTIVIDAD LÓGICA	66
2.16.	<i>CONCEPTO DE FILIACIÓN</i>	67
2.17.	<i>DISPOSITIVOS DIFERENCIALES DE CORRIENTE RESIDUAL EN BAJA TENSIÓN.....</i>	69
2.17.1.	CLASES DE INTERRUPTORES DIFERENCIALES DE CORRIENTE RESIDUAL	69
2.17.2.	SELECTIVIDAD DE INTERRUPTORES DIFERENCIALES.....	70

CAPÍTULO III 72

3.1.	<i>SELECCIÓN DE ESQUEMAS Y DIAGRAMAS</i>	72
3.2.	<i>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DEL HOSPITAL ANTONIO LORENA DEL CUSCO</i>	72
3.2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE BAJA TENSIÓN DEL HOSPITAL	73
3.2.2.	CUADRO DE MÁXIMA DEMANDA.....	74
3.3.	<i>UBICACIÓN DE LOS TABLEROS GENERALES EN LA EDIFICACIÓN.....</i>	75
3.4.	<i>DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DE BAJA TENSIÓN DEL HOSPITAL</i>	77
3.4.1.	TABLERO TGN-1.....	77
3.4.2.	TABLERO TGN-2.....	77
3.4.3.	TABLERO TGE-1.....	78
3.4.4.	TABLERO TGE-2.....	78
3.4.5.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE MEDIA TENSIÓN DEL HOSPITAL.....	79

CAPÍTULO IV.....	83
4. CÁLCULO DE ALIMENTADORES E INTERRUPTORES	83
4.1. GENERALIDADES.....	83
4.2. CÁLCULO DE LA CORRIENTE.....	83
4.2.1. RESULTADOS DE CÁLCULO POR AMPACIDAD	86
4.3. CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN.....	90
4.3.1. RESULTADOS DE CAÍDA DE TENSIÓN	92
4.4. CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO	96
4.4.1. RESULTADOS DE CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO	98
4.5. PROTECCIÓN DEL CONDUCTOR CONTRA CORTOCIRCUITO	106
4.5.1. RESULTADOS DE CÁLCULO DE SECCIÓN POR CORTO CIRCUITO	107
4.6. SELECCIÓN DE LOS INTERRUPTORES.....	110
4.6.1. RESULTADOS SELECCIÓN DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	112
4.6.2. RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES	116
CAPÍTULO V.....	120
5. SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS DE PROTECCIÓN.....	120
5.1. INTRODUCCIÓN	120
5.2. MÉTODOS DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN.....	120
5.2.1. SELECTIVIDAD	120
5.2.2. TÉCNICAS DE SELECTIVIDAD	120
5.2.3. MÉTODO DE COORDINACIÓN SELECCIONADO	121
5.2.4. SELECTIVIDAD APERIMÉTRICA.....	121
5.2.5. SELECTIVIDAD CRONOMÉTRICA.....	122
5.2.6. REFORFAMIENTO DE LA SELECTIVIDAD POR FILIACIÓN.....	122
5.3. SELECTIVIDAD DE LAS PROTECCIONES DIFERENCIALES.....	123
5.3.1. SELECTIVIDAD DIFERENCIAL VERTICAL	123
5.3.2. SELECTIVIDAD DIFERENCIAL HORIZONTAL.....	124
5.4. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	125
5.5. DATOS INGRESADOS AL PROGRAMA.....	129
5.6. RESULTADOS DEL ESQUEMA GENERAL	130
5.7. SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN	130
5.8. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TL-S1. PB....	144
5.8.1. CÁLCULO MÉTODO ANALÍTICO.....	145
5.8.2. CÁLCULO MEDIANTE ECODIAL ADVANCE	147
5.8.3. CONCLUSIONES.....	148
5.9. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TN-S1. PB...	148
5.9.1. CÁLCULO MÉTODO ANALÍTICO.....	149
5.9.2. CÁLCULO MEDIANTE ECODIAL ADVANCE	150
5.9.3. CONCLUSIONES.....	151
5.10. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	151
5.10.1. CÁLCULO MÉTODO ANALÍTICO	152
5.10.2. CÁLCULO MEDIANTE ECODIAL ADVANCE	153
5.10.3. CONCLUSIONES.....	154
5.11. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN TABLERO DE FUERZA.....	154
5.11.1. CÁLCULO MÉTODO ANALÍTICO.....	156
5.11.2. ARRANQUE ESTADO SOLIDO CON VARIADOR DE VELOCIDAD	159
5.11.3. ESQUEMA TÍPICO CON VARIADOR DE VELOCIDAD	160
CAPÍTULO VI.....	161
6. PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA EFICIENTE	161
6.1. INTRODUCCIÓN	161
6.2. PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA EFICIENTE.....	162
6.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	162
6.3.1. TABLERO AUTOSOPORTADO.....	162
6.3.2. INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS GENERALES	162
6.3.3. INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS GENERALES DE SUBTABLEROS	163
6.3.4. INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DE CIRCUITOS DERIVADOS	164
6.3.5. INTERRUPTORES DIFERENCIALES	165
6.3.6. INTERRUPTORES DIFERENCIALES SUPERINMUNIFADOS.....	166
6.4. CUADRO COMPARATIVO Y CAMBIOS REALIZADOS EN LA COORDINACIÓN.	167
6.5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.....	171
6.6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES.....	175

CONCLUSIONES.....	179
RECOMENDACIONES	180
BIBLIOGRAFÍA.....	181
ANEXO 1	182
ANEXO 2.....	187
ANEXO 3.....	188

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del estudio es realizar la coordinación de protecciones de las instalaciones eléctricas en baja tensión del hospital Antonio Lorena del Cusco, debido a la magnitud de la infraestructura y a la importancia de las instalaciones es de suma importancia realizar un estudio de coordinación de sus protecciones en sus instalaciones.

Una mala selección de los dispositivos de protección conllevaría a la interrupción del servicio eléctrico y la falta de energía en los ambientes críticos como son sala de operaciones, sala de cuidados intensivos, etc. Donde la mayoría de los equipos médicos funcionan con energía eléctrica y esto tendría como consecuencia, pérdida de vida humana.

Para tener continuidad de servicio se cumple diferentes aspectos importantes como son el uso adecuado de materiales de buena calidad y una selección adecuada de los dispositivos de protección, en el presente estudio trataremos más al detalle la coordinación de los dispositivos de protección y los conceptos de selectividad y filiación con el cual lograremos realizar una selección óptima de los dispositivos y garantizar la continuidad de servicio eléctrico.

1.2. ÁMBITO GEOGRÁFICO

El presente estudio tiene como escenario la nueva construcción del hospital Antonio Lorena del cusco ubicado en el departamento del Cusco, provincia del Cusco, distrito de Santiago, en la Plaza de Belén.

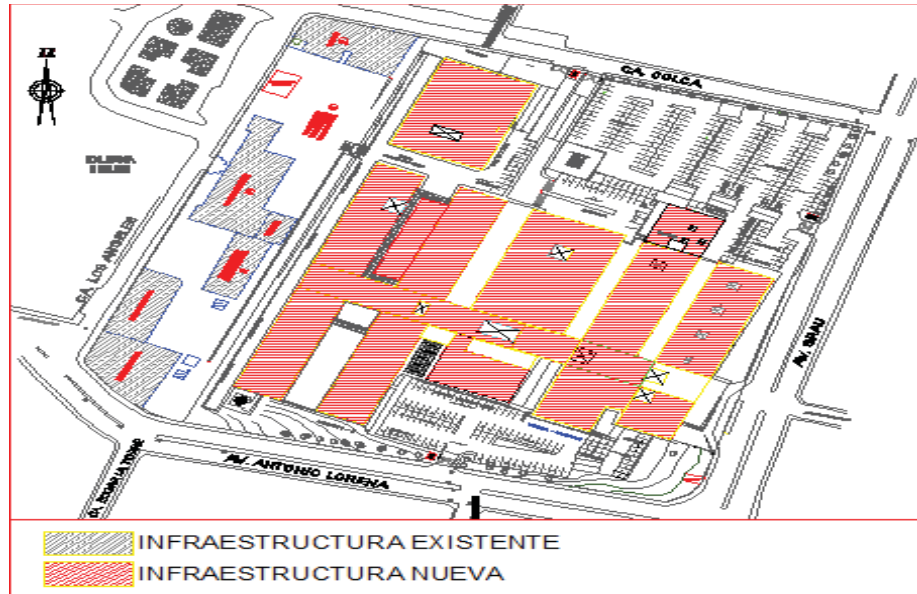


FIGURA 1.1: Plano de Ubicación de Hospital Antonio Lorena del Cusco
FUENTE: Expediente técnico Hospital Antonio Lorena del Cusco



FIGURA 1.2: Vista de la Calle Colca del Hospital Antonio Lorena del Cusco
FUENTE: Expediente técnico Hospital Antonio Lorena del Cusco



FIGURA 1.3: Vista de av. Antonio Lorena del Hospital Antonio Lorena del Cusco
FUENTE: Expediente técnico Hospital Antonio Lorena del Cusco

1.3. EL PROBLEMA

1.3.1. Selección del Problema

En el hospital Antonio Lorena se encuentra en plena construcción, y cuenta con una infraestructura que cuenta con diferentes áreas como son:

1er Nivel	4,801.13 m ²
2do Nivel	14,892.73 m ²
3er Nivel	10,526.50 m ²
4to Nivel	7,726.96 m ²
5to Nivel	5,355.82 m ²
6to Nivel	110.37 m ²

Área del terreno:	38,063.94 m ²
Área libre:	23,065.15 m ²
Área construida:	43,414.51 m ²

La nueva infraestructura del hospital Antonio Lorena del Cusco contará con:

- 315 camas de hospitalización
- 48 consultorios externos
- Salas rayos x
- Playa de estacionamiento
- Y otros lugares

La concurrencia promedio entre pacientes e internos y personal que trabaja de un promedio aproximado de 4,509 personas.

AFORO TOTAL		
NIVEL	PACIENTES Y PERSONAL QUE LABORA EN EL HOSPITAL	PÚBLICO
PRIMER PISO	154	754
SEGUNDO PISO	1860	1,607
TERCER PISO	834	684
CUARTO PISO	637	459
QUINTO PISO	425	265
TOTAL	4,509	3,769

TABLA 1.1: Aforo por Niveles del Hospital Antonio Lorena del Cusco
FUENTE: Expediente técnico Hospital Antonio Lorena del Cusco

Debido a la cantidad de pacientes que atenderá el hospital se requerirá que sus instalaciones trabajen eficientemente, por tanto una falla eléctrica conllevaría a diferentes problemas, como son en la atención de pacientes como también en la salud y bienestar de los pacientes internos.

El hospital cuenta con diferentes equipos médicos los cuales casi en un su totalidad son equipos eléctricos, estos equipos están en uso constante como por ejemplo las incubadoras en el área de neonatología donde está en observación los recién nacidos e incluso permanecen varios días hasta que el recién nacido esté preparado para nuestro medio ambiente, por lo cual una falla eléctrica podría perjudicar en la salud y bienestar del recién nacido, salas de operaciones, salas o unidades de cuidados intensivos, entre otros.

De acuerdo a la magnitud de la infraestructura el hospital Antonio Lorena contara con equipos de última generación que serán instalados en las diferentes áreas.

La demanda máxima del hospital es de 2422KW (2849KVA) por lo que es necesario dos transformadores de 2000KVA cada uno para trabajo en paralelo.

El hospital Antonio Lorena del cusco, cuenta con diferentes sistemas como son:

- Sistema normal.
- Sistema de emergencia.
- Sistema estabilizado de equipos de cómputo.
- Sistema estabilizado de equipos médicos.
- Sistema de fuerza de equipos aire acondicionado

El sistema de montante contara con una Sub Estación y tableros principales auto soportado y 195 tableros de distribución y de fuerza, los cuales contienen interruptores y tienen la función de enfrentar la corriente de cortocircuito y sobre corrientes en base a sus características técnicas.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. Problema General

¿Es adecuado el sistema de coordinación de protecciones en las instalaciones eléctricas de baja tensión del hospital Antonio Lorena del Cusco?

1.4.2. Problemas Específicos

- 1) ¿Qué se verificará para realizar el análisis?
- 2) ¿Qué cálculo se realizará para la coordinar las protecciones en las instalaciones eléctricas?
- 3) ¿Cómo se analizará las protecciones?
- 4) ¿Qué lograremos al concluir el análisis?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El hospital Antonio Lorena tendrá como demanda de energía aproximadamente de 2422KW, y está constituido por dos subestaciones y un tablero principal autosoportado y 195 tableros de distribución entre normales, de emergencia, estabilizado y de fuerza y otros, por lo cual es importante realizar un **estudio de coordinación de protecciones**, para la respuesta de actuación de los dispositivos de protección como son interruptores termomagnéticos y diferenciales.

De esta manera se garantiza un funcionamiento en la operación de las instalaciones eléctricas en baja tensión del hospital Antonio Lorena.

- El estudio comprenderá el análisis de coordinación de protecciones en las instalaciones eléctricas de baja tensión en el hospital Antonio Lorena del cusco.
- También se propondrá un sistema de coordinación y protección adecuado para las cargas eléctricas del hospital Antonio Lorena del cusco.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- El estudio se basará en la nueva infraestructura del hospital Antonio Lorena del cusco.
- El estudio no contemplará modificaciones físicas a las instalaciones eléctricas del hospital Antonio Lorena.
- Para el estudio se recopiló información del expediente técnico de instalaciones eléctricas.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo General

Desarrollar el **estudio de coordinación de protecciones de las instalaciones eléctricas en baja tensión del hospital Antonio Lorena del Cusco.**

1.7.2. Objetivos Específicos

1. Verificar y seleccionar los esquemas y diagramas unifilares para realizar el estudio
2. Calcular las corrientes de corto circuito en el diagrama unifilar seleccionado.
3. Analizar y coordinar los equipos de protección mediante el software Ecodial Advance Calculation 4.8.
4. Plantear un sistema eficiente y seguro.

1.8. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVO

1.8.1. Antecedentes del Problema

El hospital Antonio Lorena no cuenta con un estudio de protección y coordinación en sus instalaciones eléctricas de baja tensión.

1.8.2. Normatividad

- Código Nacional de Electricidad 2006, Utilización
- Norma Técnica Peruana **NTP**
- Norma Técnica de Salud Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud N° 110 MINSA /DGIEM-V01
- Reglamento Nacional de Edificaciones **RNE**
- Reglamento de Seguridad en el trabajo con Electricidad RM N° 111-2013 MEM/DM
- International Electrotechnical Commission **IEC**

1.9. HIPÓTESIS

1.9.1. Hipótesis General

El estudio de la coordinación el equipo de protección del sistema garantizará una buena eficiencia de las instalaciones eléctricas, permitiendo comprobar el buen funcionamiento.

1.9.2. Hipótesis Específicas

- 1) Al verificar y al seleccionar los esquemas tendremos una visualización de la distribución de la instalación.
- 2) Con los valores obtenidos de la corriente de cortocircuito se elegirá la capacidad de ruptura de los dispositivos de protección.
- 3) Se verificará los resultados obtenidos por el software, empleando selectividad y filiación.
- 4) Se seleccionará los equipos de protección de acuerdo a sus curvas de operación.

1.10. VARIABLES E INDICADORES

1.10.1. Variables Independientes

VARIABLES	INDICADORES
Tensión	U (Voltios), V
Máxima demanda	W(watts), W
Potencia de Cortocircuito	Pcc (watts), KW

1.10.2. Variables Dependientes

VARIABLES	INDICADORES
Corriente nominal	In (Amperios),A
Corrientes de cortocircuito en punto de carga	Icc (Amperios),KA

1.10.3. Variables Intervinientes

VARIABLES	INDICADORES
Tiempo	t (segundos), s
Características de los conductores y equipos de protección.	tablas

1.11. METODOLOGÍA

1.11.1. Método de la Investigación

Será el siguiente:

Será con toma de conocimiento acerca de los diagramas unifilares del proyecto, como son máxima demanda, y longitudes de circuitos.

Se realizará un cálculo de verificación de los diferentes circuitos principales como son el cálculo de corriente de diseño, cálculo de caída de tensión, cálculo de la sección adecuada de circuito.

Seguidamente realizaremos los cálculos en el programa Ecodial Advance Calculation 4.8, para la verificación del sistema en conjunto.

Seguidamente realizaremos la coordinación de los dispositivos de protección con la ayuda del programa y algunos cálculos analíticos y obtendremos un diagrama unifilar con los dispositivos de protección coordinados.

1.11.2. Tipo de la Investigación

El tipo de la investigación a desarrollar será analítico sintético, ya que el objetivo es reunir datos y organizarlos y analizarlos para poder comprenderlos, para ello se utilizará una hipótesis, es decir que se plantea una suposición sobre un determinado echo como es un cortocircuito y explicar los datos obtenidos y corroborar el análisis en el estudio realizado.

1.11.3. Técnica de Recolección de Datos

Revisión del expediente de instalaciones eléctricas del proyectista, como son máximas demandas, longitudes de los circuitos, características de los circuitos.

1.11.4. Verificación de datos necesarios para el estudio.

Interpretación de los resultados obtenidos y aplicación de soluciones para el estudio

1.11.5. Análisis de Datos

Realizar la evaluación y análisis del diagrama unifilar, para determinar los resultados obtenidos por el proyectista.

Realizar un análisis de los datos a analizar para el estudio.

Con los resultados obtenidos plantear un diagrama unifilar adecuado.

Datos existentes.

El enfoque será aprovechar las facilidades que nos proporciona el avance de la tecnología.

El software que utilizaremos en esta parte serán:

- Ecodial Advance Calculation 4.8
- Microsoft Office Excel 2010
- Microsoft Office Word 2010

1.12. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	CONCLUSIONES
<p>Formulación del</p> <p>¿Es adecuado el sistema de coordinación de protecciones en las instalaciones eléctricas de baja tensión del hospital Antonio Lorena del Cusco?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Desarrollar el estudio del sistema de coordinación de protecciones de las instalaciones eléctricas en baja tensión del Hospital Antonio Lorena del Cusco.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El Estudio de la Coordinación de los equipos de protección del sistema garantiza una buena eficiencia de las instalaciones eléctricas, permitiendo comprobar el buen funcionamiento.</p>	<p>Independientes</p> <ul style="list-style-type: none"> Tensión Máxima demanda potencia de cortocircuito impedancia de las líneas y de la carga 	<p>1. Para la selección del diagrama unifilar a estudiar se realizó la verificación de los diseños hecho por el proyectista en la determinación de los alimentadores y equipos de protección de las instalaciones eléctricas en baja tensión.</p> <p>Hecho la evaluación, se tiene que algunos alimentadores obtenidos por el proyectista no cumplen con los criterios de diseño y normas, razón por lo cual, son sustituidos por los valores calculados correctamente. El diagrama propuesto por el proyectista es considerado para los cálculos que se detallaron en el presente trabajo.</p>
<p>Problemas Especifico</p> <p>1. ¿Qué se verificará para realizar el análisis?</p> <p>2. ¿Qué cálculo se realizará para la coordinar las protecciones en las instalaciones eléctricas?</p> <p>3. ¿Cómo se analizará las protecciones?</p> <p>4. ¿Qué logramos al concluir el análisis?</p>	<p>Objetivo Especificos</p> <p>1. Verificar y seleccionar un esquema y diagrama de alimentadores.</p> <p>2. Calcular las corrientes de cortocircuito en el diagrama seleccionado.</p> <p>3. Analizar y coordinar los equipos de protección mediante el Software Ecodial</p>	<p>Hipótesis Especificas</p> <p>1. Con los esquemas y diagramas nos facilita a visualizar de mejor manera para nuestro estudio.</p> <p>2. Con los valores obtenidos de la corriente de ruptura de los dispositivos de protección.</p> <p>3. Se verificará los resultados obtenidos por el software.</p> <p>4. Se logra obtener un sistema de protección eficiente, garantizando el correcto funcionamiento en caso de que ocurra fallas eléctricas.</p>	<p>Variables e Indicadores dependientes</p> <ul style="list-style-type: none"> corriente nominal corrientes de cortocircuito en punto de falla y simulación. Coordinación de protección. 	<p>2. Con respecto a los alimentadores, utilizando el método de las impedancias se calculó las corrientes de cortocircuito trifásico de forma analítica y se realizó una comparación con los valores obtenidos con el programa Ecodial, se observa que la diferencia es mínima y cumplen con la norma internacional IEC y la normativa peruana.</p> <p>La lcc3 dado por la concesionaria es de 4.34 KA en el lado de media tensión y las lcc3 calculado en el lado de baja tensión es de 51.17 KA en la barra común y de 49.65 KA en la barra de cada TGN,1 y 2. Por consiguiente el poder de corte de los ITM principales seleccionados serán de 70 KA, que es mucho mayor que la corriente trifásica calculada, con lo cual se concluye que el programa es confiable.</p>
<p>Selección del Problema</p> <p>El hospital Antonio Lorena del cusco se encuentra en plena ejecución y cuenta una gran infraestructura y equipos de hospitalarios de última generación que en su mayoría son eléctricos, y es de suma importancia realizar el estudio de coordinación en sus instalaciones.</p>	<p>Avance Calculation 4.8 de Schneider Electric.</p> <p>4. Plantear un sistema eficiente y seguro</p>	<p>Metodología</p> <p>Será el siguiente: se iniciará con la información proporcionada por el consultor del proyecto instalaciones eléctricas del hospital Antonio Lorena del cusco, la cual se tomarán los datos de máxima demanda y la topología del sistema, para luego realizar el cálculo de las corrientes y corrientes de corto circuito, con estos datos realizaremos la selección de dispositivos de protección utilizando conceptos como selectividad y filiación.</p> <p>Para finalmente determinar los dispositivos adecuados de acuerdo en la ubicación y función que cumpla en la topología del sistema y tener como resultado un sistema seguro y confiable.</p>	<p>3. La coordinación mediante el software ha sido muy importante para determinar los ajustes adecuados para que las curvas de operación de los ITM no se interseccionen.</p> <p>En base a la coordinación se seleccionó los ITM del tipo abierto para los interruptores principales y de caja moldeada para los sub tableros, una de las características de los ITM es la regulación de los siguientes parámetros Ir, Tr, Isd y Tsd para garantizar la correcta selectividad.</p> <p>Como ejemplo se logra la coordinación entre ITM de TGE-1 Y TGN-1 con los siguientes ajustes: Ir=1800 A E Ir=3200 A, Tr=4seg y Tr=12seg, Isd=7200 A y Isd=25600 A, Tsd=0.2seg y Tsd=0.5seg. la coordinación de todos los ITM se muestran en el Anexo C1 al C4.</p>	<p>3. La coordinación mediante el software ha sido muy importante para determinar los ajustes adecuados para que las curvas de operación de los ITM no se interseccionen.</p> <p>En base a la coordinación se seleccionó los ITM del tipo abierto para los interruptores principales y de caja moldeada para los sub tableros, una de las características de los ITM es la regulación de los siguientes parámetros Ir, Tr, Isd y Tsd para garantizar la correcta selectividad.</p> <p>Como ejemplo se logra la coordinación entre ITM de TGE-1 Y TGN-1 con los siguientes ajustes: Ir=1800 A E Ir=3200 A, Tr=4seg y Tr=12seg, Isd=7200 A y Isd=25600 A, Tsd=0.2seg y Tsd=0.5seg. la coordinación de todos los ITM se muestran en el Anexo C1 al C4.</p>
			<p>4. El presente estudio se ha cumplido con la coordinación entre los ITM principales con los ITM de los subtableros, que garantizará el correcto funcionamiento de las protecciones, de esta manera se ha logrado cumplir satisfactoriamente, obtener un sistema de protección eficiente y seguro.</p>	<p>4. El presente estudio se ha cumplido con la coordinación entre los ITM principales con los ITM de los subtableros, que garantizará el correcto funcionamiento de las protecciones, de esta manera se ha logrado cumplir satisfactoriamente, obtener un sistema de protección eficiente y seguro.</p>

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. NORMAS APLICABLES

INTRODUCCIÓN

Actualmente la normativa en el Perú está basada en el código nacional de electricidad sistema de utilización (CNE-U), Norma Técnica Peruana (NPT), Reglamento Nacional de Edificaciones, las normas peruanas se basan en normativa internacionales como IEC para normar lo correspondiente a protección en sistemas de baja tensión esta será desarrollada a continuación.

2.1.1. CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD 2006 – UTILIZACIÓN

El código nacional de electricidad CNE- utilización en la normativa para los proyectos de instalaciones eléctricas en interiores, en sus diferentes secciones.

En nuestro estudio es exclusivo al sistema de coordinación de protecciones en baja tensión, donde en el código nacional de electricidad sección 080 protección y control es la sección donde se desarrolla el tema en estudio.

2.1.2. NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP)

La norma técnica peruana está basada fundamentalmente en la norma internacional IEC en sus diferentes secciones donde abordaremos principalmente las secciones a continuación.

- NTP-IEC 60898-1 “interruptores automáticos para protección contra sobre corrientes en instalaciones domésticas y similares”
- NTP-IEC 370.308 “interruptores automáticos en caja moldeada”
- NTP-IEC 370.309 “interruptores en caja moldeada”
- NTP-IEC 60947-2 “aparatos de conexión y de mando de baja tensión
(Aparamenta en baja tensión).
- NTP-IEC 61008-1 “interruptores automáticos para actuar con corriente residual (interruptor diferencial) sin dispositivo de protección contra sobrecorriente incorporado”
- NTP-IEC 61009-1 “interruptores automáticos para actuar con corriente residual (interruptor diferencial) con dispositivo de protección contra sobrecorriente incorporado”

2.1.3. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE)

El ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, es el ente rector nacional de los asuntos de vivienda, urbanismo, desarrollo urbano, de construcción de infraestructura, su misión es mejorar las condiciones de vida de la población nacional, y entre sus funciones generales esta las de actualizar el marco normativo relacionado con su ámbito de competencia, en concordancia con el avance tecnológico y las características socioculturales de la población, fiscalizando el cumplimiento del reglamento.

Es una norma general en todas las áreas de la construcción y en la especialidad de las instalaciones eléctricas desarrollado en:

- III.4 Instalaciones Eléctricas y Mecánicas

2.1.4. REGLAMENTO DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO CON ELECTRICIDAD

El presente reglamento de conformidad con lo previsto en la Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su Reglamento, aprobado por decreto supremo N° 005-2012-TR; tiene como objetivo establecer normas de carácter general y específicos con el fin de:

- Proteger, preservar y mejorar continuamente la integridad psicofísica de las personas que participan en el desarrollo de las

- actividades relacionadas en general con la electricidad.
- Proteger a los usuarios y público en general contra los peligros de las instalaciones eléctricas y actividades inherentes a la actividad con la electricidad.
- Que el trabajo se desarrolle en un ambiente seguro y saludable.
- Establecer lineamientos para la formulación de los planes y programas de control, eliminación y reducción de riesgos.
- Promover y mantener una cultura de prevención de riesgos laborales en el desarrollo de las actividades en lugares de las instalaciones eléctricas y/o uso de la electricidad.
- Permitir la participación eficiente de los trabajadores en el sistema de la seguridad y salud en el trabajo.

2.1.5. NORMA TÉCNICA DE SALUD INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD

El ministerio de salud en su NORMA TÉCNICA DE SALUD INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD NTS N° 110 MINSA /DGIEM-V01 da condiciones generales del diseño de las instalaciones eléctricas en hospitales dados a continuación:

- Del diseño de las instalaciones eléctrica
- Condiciones generales
- Sistema eléctrico
- Subestaciones
- Tablero general de baja tensión
- Cuarto técnico
- Tableros eléctricos
- Alimentadores y circuitos
- Tomacorrientes
- Sistema ininterrumpido de potencia eléctrica
- Salidas especiales
- Alumbrado
- Sistema de tierra
- Pararrayos
- Cuadros de carga eléctrica
- Calentadores eléctricos
- Grupos electrógenos
- Medición y control
- Seguridad eléctrica

La norma establece parámetros para el diseño de las instalaciones eléctricas en hospitales, basándose fundamentalmente en el código nacional de electricidad CNE y en las normas técnicas peruanas NTP.

2.1.6. NORMA IEC (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMISIÓN)

La comisión electrotécnica internacional (CEI), más conocida por sus siglas en inglés IEC (international electrotechnical comisión), es una organización de normalización en los campos eléctricos, electrónicos y tecnología relacionada.

La IEC es una norma internacional donde se desarrolla diferentes normas en la parte eléctrica, es una norma que toma de referencia la norma técnica peruana para temas como la coordinación de protecciones en baja tensión donde a continuación aremos referencia de las secciones de interés para nuestro estudio mostradas a continuación:

- IEC 60898-1 “interruptores automáticos para protección contra sobrecorrientes en instalaciones domésticas y similares”
- IEC 370.308 “interruptores automáticos en caja moldeada”
- IEC 370.309 “interruptores en caja moldeada”
- IEC 60947-2 “aparatos de conexión y de mando de baja tensión (Aparata en baja tensión).
- IEC 61008-1 “interruptores automáticos para actuar con corriente residual (interruptor diferencial) sin dispositivo de protección contra sobrecorriente incorporado”
- IEC 61009-1 “interruptores automáticos para actuar con corriente residual (interruptor diferencial) con dispositivo de protección contra sobrecorriente incorporado”

La evolución de las medidas de seguridad y de la tecnología ha conllevado un incremento significativo en las exigencias de los interruptores industriales. El cumplimiento de la norma IEC 947-2 renombrada IEC 60947-2 después de 1997, puede considerarse como una seguridad total en el empleo de los interruptores. Esta norma ha sido aprobada en todos los países.

Los principios:

La norma IEC 60947-2 es parte de una serie de normas que definen la prescripción del producto eléctrico de Baja Tensión:

- Las reglas generales IEC 60947-1, agrupan las definiciones, las prescripciones y los tests comunes a todo el material eléctrico industrial en baja tensión.
- Las normas de productos IEC 60947-2 à 7, tratan las prescripciones y tests específicos del producto.
- La norma IEC 60947-2 se aplica a los interruptores y a sus unidades de control. Las características de funcionamiento de los interruptores dependen de las unidades de control o de los relés que comandan la apertura en las condiciones definidas

Esta norma define las características esenciales de los interruptores industriales:

- Su clasificación: modo de empleo, aptitudes al seccionamiento, etc.
- Las características eléctricas de regulación.
- Información del modo de empleo.
- Las cotas de diseño.
- La coordinación entre protecciones industriales

La norma establece así una serie de tests de conformidad que deben pasar los interruptores. Estos tests son muy completos y muy cercanos a las condiciones reales de trabajo. El cumplimiento de estos tests con la norma IEC 60947-2 es verificado por los laboratorios acreditados.

Tabla de las principales características (anexo K IEC 60947-2)

Características de tensión	Ue Ui Uimp	Tensión asignada de empleo Tensión asignada de aislamiento Tensión asignada de resistencia a los choques
Características de intensidad	In Ith Ithe Icu	Intensidad nominal Intensidad térmica convencional al aire libre Intensidad térmica convencional en envolvente Intensidad nominal interrumpida
Característica de cortocircuito	Icm Icu Ics Icw	Poder de cierre Poder de corte último Poder de corte de servicio Intensidad asignada de corta duración admisible
Característica de la unidad de control	Ir 1,05 x Ir 1,30 x Ir Ii Isd	Intensidad de regulación de sobrecarga ajustable Intensidad convencional de no disparo Intensidad convencional de disparo Intensidad de regulación de disparo instantáneo Intensidad de disparo de corto retardo

TABLA. 2.1: Características eléctricas de los interruptores
FUENTE: IEC

2.1.6.1. CATEGORÍA DE INTERRUPTORES

La norma IEC 60947-2 define dos categorías de interruptores:

- interruptores de categoría A, para los cuales no hay retardo de disparo previsto. Estos generalmente son interruptores de caja moldeada, capaces de realizar una selectividad amperimétrica.
- interruptores de categoría B, para los cuales, es viable realizar una selectividad cronométrica, siendo posible retardar el disparo (hasta 1s) para todo cortocircuito de valor inferior a la intensidad Icw.

Es generalmente el caso de interruptores de potencia de caja moldeada de alto calibre. Para los interruptores instalados en los tableros de distribución, es importante tener un I_{cw} igual al I_{cu} con el fin de asegurar naturalmente la selectividad a pleno poder de corte último I_{cu} .

RECORDATORIO DE LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Las características de reglaje son dadas por las curvas de disparo. Estas curvas contienen distintas zonas delimitadas por las siguientes corrientes (definidas en el anexo K de la norma IEC 60947-2).

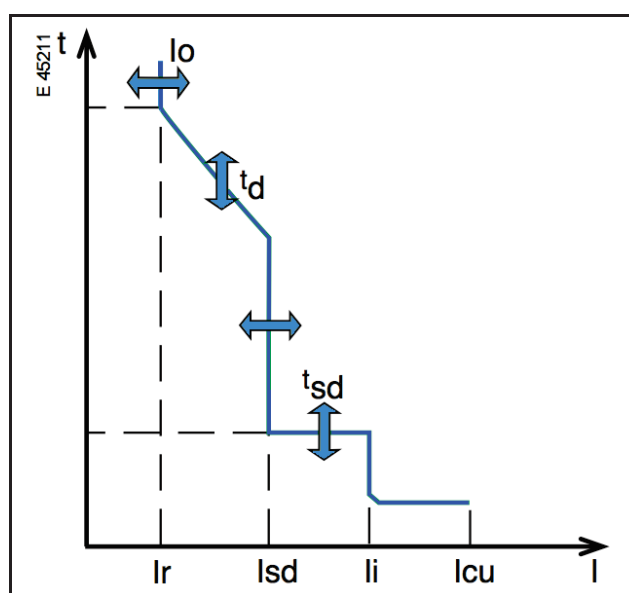


FIGURA 2.1: Características eléctricas de los interruptores
FUENTE: IEC

- I_n Intensidad nominal I_n (A) = intensidad ininterrumpida máxima soportada a temperatura ambiente sin sobrecalentamiento anormal. Ej. : 125 A a 40 °C.
- Intensidad de regulación de sobrecarga ajustable I_r (A) está en función de I_n . I_r caracteriza la protección contra las sobrecargas. Para el funcionamiento en sobrecarga, las intensidades convencionales de no disparo I_{nd} y de disparo I_d son:

$$I_{nd} = 1,05 I_r$$
$$I_d = 1,30 I_r$$

I_d está dada por un tiempo convencional de disparo. Para una intensidad superior a I_d , el disparo por defecto térmico se hará según la curva a tiempo inverso. I_r el nombre de Protección Largo Retardo (PLR).

- Intensidad de regulación de disparo corto retardo I_{sd} (kA) está en función de I_r , I_{sd} caracteriza la protección contra los cortos circuitos. La apertura del interruptor se hace según la curva de disparo por corto retardo:
 - con una temporización t_{sd} ,
 - con I^2t constante,
 - instantáneamente análoga a la protección instantánea). I_{sd} recibe el nombre de Protección Corto Retardo o (PCR).

- Intensidad de regulación de disparo instantáneo I_i (kA) está en función de I_n , I_i caracteriza la protección contra los cortos circuitos para todas las categorías de interruptores. Para las sobre intensidades importantes (los corto circuitos) superiores al valor I_i , el interruptor debe cortar instantáneamente la intensidad de defecto. Esta protección puede ser deshabilitada según la tecnología y el tipo de interruptor (en particular los interruptores de categoría B).
 - Poder asignado de cierre en cortocircuito (I_{cm})
 I_{cm} (kA pico) es el valor máximo de intensidad de cortocircuito asimétrico que el interruptor puede establecer y cortar. Para un interruptor, el esfuerzo generado es máximo en un cierre por cortocircuito.
 - Poder asignado de corte último (I_{cu})
 I_{cu} (kA) es el valor máximo de intensidad de cortocircuito que el interruptor puede cortar. Está verificado siguiendo una secuencia de ensayos normalizados. Después de esta secuencia, el interruptor no puede ser peligroso. Esta característica está definida por una tensión de empleo U_e determinada.
 - Poder asignado de corte en servicio (I_{cs})
 I_{cs} (kA eff.) valor dado por el constructor. Se expresa en % de I_{cu} . Esta relación es muy importante ya que nos muestra la aptitud del interruptor a asegurar un normal servicio, después de haber cortado tres veces la corriente de cortocircuito. Cuanto más alto sea el valor I_{cs} , más efectivo será.
 - intensidad asignada de corta duración admisible (I_{cw})
Definida por los interruptores de categoría B.
 I_{cw} (kA eff.) es la intensidad de cortocircuito máxima que puede soportar el interruptor durante una breve duración (de 0,05 a 1 s) sin alteración de sus características. Este valor se verifica durante la secuencia de ensayos normalizados.

Estas características están definidas por una tensión de empleo U_e determinada.

2.1.6.2. COORDINACIÓN ENTRE INTERRUPTORES

El concepto de coordinación concierne al comportamiento de dos aparatos instalados en serie en una distribución eléctrica en presencia de un cortocircuito.

- La filiación, “cascading” o protección de acompañamiento
Consiste en instalar un interruptor aguas arriba D1 para ayudar a un interruptor instalado aguas abajo D2 a cortar las intensidades de cortocircuito superiores a su poder de corte último I_{cuD2} . Este valor se marca como $I_{cuD2+D1}$.
La IEC 60947-2 reconoce la filiación entre dos interruptores Para los puntos críticos, donde las curvas de disparo se sobrepone, la filiación debe ser verificada mediante ensayos.
- La selectividad
Consiste en asegurar la coordinación entre las características de funcionamiento en serie de tal manera que en caso de defecto aguas abajo, sólo el interruptor situado inmediatamente encima del defecto abre.

La IEC 60947-2 define un valor de intensidad I_s cuyo nombre es límite de selectividad, tal que:

- Si la intensidad de defecto es inferior a este valor I_s , sólo el interruptor D2 abre,
- Si la intensidad de defecto es superior a este valor I_s , los interruptores D1 y D2 abren.

Como para la filiación, la selectividad debe ser verificada por ensayos en los puntos críticos.

La selectividad y la filiación sólo pueden ser garantizadas por el fabricante que recoja sus ensayos en tablas.

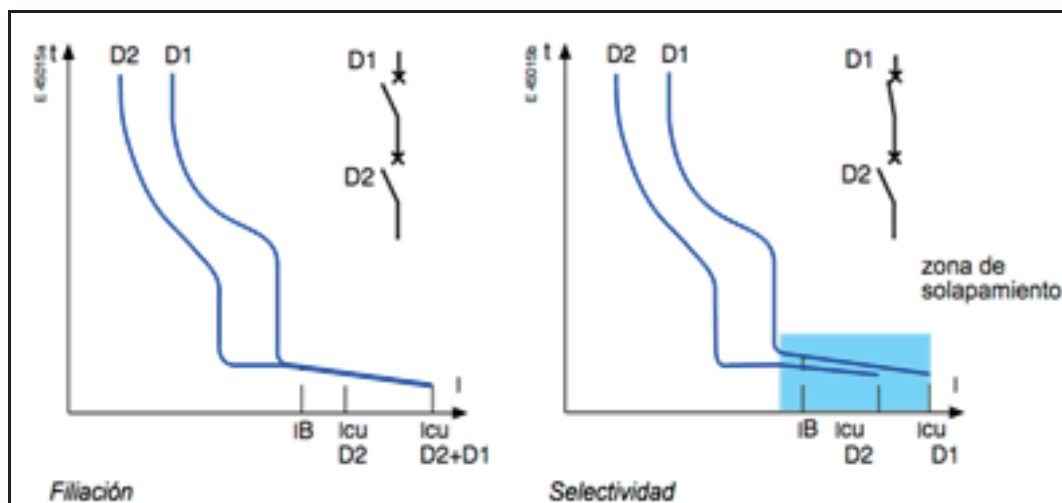


FIGURA. 2.2: Filialción y Selectividad
FUENTE: IEC

2.2. ESQUEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA

El llamado régimen de neutro es un aspecto fundamental a tener en cuenta, puesto que indica, según la norma IEC 60364, la forma en que se ha de conectar a tierra el punto neutro de la alimentación y la forma de puesta a tierra de las masas.

Ello condiciona la elección de las medidas de protección para las personas contra contactos indirectos.

Se distinguen tres tipos de régimen de neutro, identificados por dos letras, la primera de las cuales indica cómo queda conectado el neutro a tierra y la segunda como se conectan las masas a tierra.

TT: indica que el neutro y masa están conectados a tierra.

TN: indica neutro conectado a tierra y masas conectadas a neutro.

IT: indica neutro aislado o “impedante” y masa conectadas a tierra.

CAUSA

Para asegurar la protección de las personas y la continuidad del servicio, los conductores y las masas con tensión de una instalación eléctrica están aislados respecto las masas conectadas a tierra.

El aislamiento se consigue mediante:

- La utilización de materiales aislantes
- Con una separación adecuada
- Tensión de aislamiento
- El mantenimiento de la instalación

Son objeto de exigencias cada vez mayores en las fábricas, centros públicos. Los defectos a la instalación sufren diversas agresiones que originan fallas de aislamiento.

Como son:

- Durante la instalación
El deterioro mecánico de los aislantes de los cables
- Durante la utilización
El polvo, más o menos conductor, el envejecimiento térmico de los aislantes debido a una temperatura excesiva que es causada por:
 - El clima
 - El número excesivo de cables en la canalización.
 - Armarios mal ventilados
 - Los armónicos
 - Las sobre intensidades de maniobra o de un rayo
 - Las sobre tensiones de retorno como resultado de un defecto de aislación en MT

DEFECTOS DEBIDO A UN DEFECTO DE AISLACIÓN

Un defecto de aislamiento, sea cual sea su causa, presenta riesgos para:

- La vida de las personas
- La conservación de los bienes
- La disponibilidad de la energía eléctrica

RIESGOS DE ELECTRIZACIÓN DE LAS PERSONAS

Una persona sometida a una tensión eléctrica se electriza según la importancia de la electrización esta persona puede sufrir:

- Una molestia o dolor
- Una contractura muscular
- Una quemadura
- Un paro cardiaco

Proteger a una persona de los efectos peligrosos de la corriente eléctrica es prioritario, el riesgo de electrocución es por tanto lo primero a tener en cuenta.

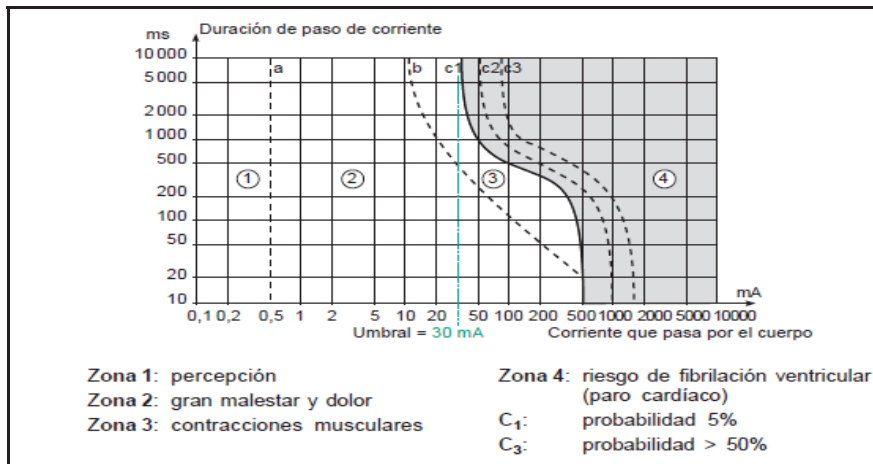


FIGURA. 2.3: efectos de la corriente sobre las personas

FUENTE: Los esquemas de conexión a tierra en BT - Bernard Lacroix pag.07

Los esquemas de conexión a tierra determinan los riesgos de electrificación y hasta de electrocución para cada uno de los diferentes esquemas tal como los define la Comisión Electrotécnica Internacional en la norma IEC 60364.

El esquema de conexión a tierra en baja tensión determina la forma de conectar a tierra el secundario del transformador y las diversas maneras de poner a tierra las masas de la instalación.

A continuación, se desarrollarán los diferentes esquemas de conexión a tierra.

2.2.1. REGIMEN TT

Se usa en caso de defecto a tierra (contacto entre alguna de las masas y el conductor activo), el circuito de defecto queda formado por el conductor de fase, el conductor de protección que conecta la masa a tierra, la toma de tierra de las masas, la toma de tierra del neutro y el devanado secundario del transformador de alimentación.

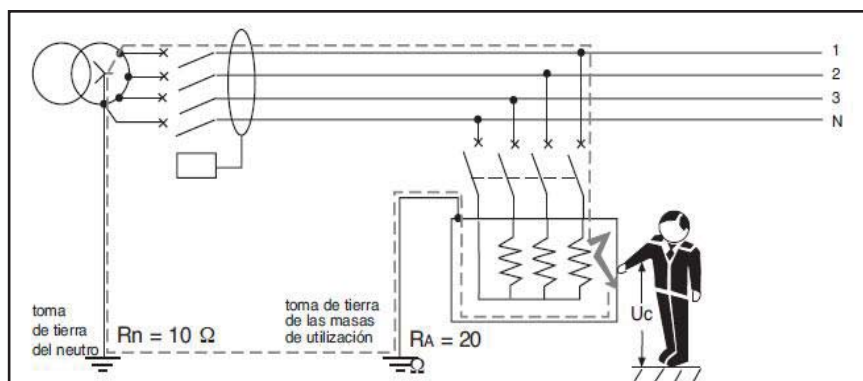


FIGURA. 2.4: corriente y tensión de defecto en el esquema TT

FUENTE: Los esquemas de conexión a tierra en BT - Bernard Lacroix pag.13

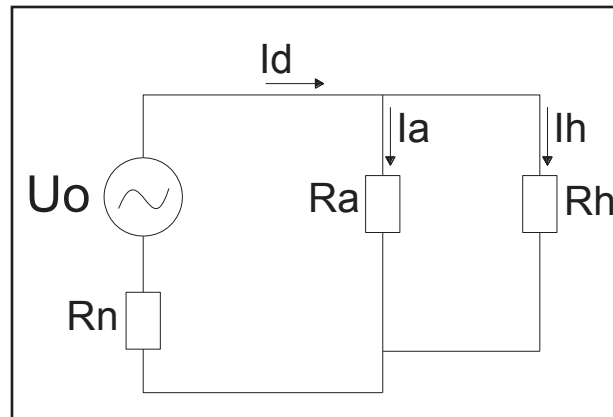


FIGURA 2.5: circuito equivalente esquema TT
FUENTE: diseño propio

Ante un fallo de aislamiento, la corriente de defecto I_d (figura 01) queda limitada, sobre todo, por las resistencias de tierra (si la conexión a tierra de las masas y la conexión a tierra del neutro no son la misma).

Siempre con la hipótesis de que la resistencia de la tierra $R_d=0$, y que la resistencia $R_h \gg R_a$ y R_n , la corriente de defecto es:

Donde:

- U_o : tensión. U_o : 220V
- R_n : resistencia PAT del neutro R_n : 10 ohm
- R_a : resistencia PAT de servicio R_a : 20 ohm
- R_h : resistencia del hombre R_h : 2000 ohm
- U_c : tensión de contacto
- U_L : tensión de contacto máxima admisible (50V)

$$I_d \approx \frac{U_o}{R_a + R_d} = 7.3A$$

$$V_c = V_o \frac{R_a}{R_a + R_b} = 146.67A$$

$U_c > U_L$: PELIGRO

En este caso, los dispositivos de protección contra las intensidades de defecto son interruptores diferenciales. En los sistemas TT es importante realizar puestas a tierra distintas para las masas y el neutro, ya que si estas masas se interconectan, la corriente de defecto sería una corriente

de cortocircuito y eso obligaría a la utilización de un interruptor automático.

El diferencial cortara la instalación cuando la corriente llegue a un valor específico $I\Delta n$.

$$U_c = R_a \times I\Delta n$$

$$U_c = 7 \times 0.5 \text{ (para } I\Delta n = 500 \text{ mA)}$$

$$U_c = 3.5V$$

$I\Delta n \leq \frac{U_L}{R_a}$	resistencia máxima Ω de la toma de tierra R_a para $U_L =$	
	50 V	25 V
3 A	16	8
1 A	50	25
500 mA	100	50
300 mA	166	83
30 mA	1660	833

FIGURA 2.6: límite superior de la tensión límite
FUENTE: Los esquemas de conexión a tierra en BT - Bernard Lacroix pag.13

Corte Específico

El tiempo de corte depende de la tensión de la red.

■ Locales o emplazamientos secos o húmedos: $U_L \leq 50$ V											
Tensión de contacto prevista (V)	< 50	50	75	90	120	150	220	280	350	500	
Tiempo de corte máximo	ca	5	5	0,60	0,45	0,34	0,27	0,17	0,12	0,08	0,04
del dispositivo de protección (s)	cc	5	5	5	5	5	1	0,40	0,30	0,20	0,10
■ Locales o emplazamientos mojados: $U_L \leq 25$ V											
Tensión de contacto prevista (V)	25	50	75	90	110	150	220	280			
Tiempo de corte máximo	ca	5	0,48	0,30	0,25	0,18	0,10	0,05	0,02		
del dispositivo de protección (s)	cc	5	5	2	0,80	0,50	0,25	0,06	0,02		

FIGURA.2.7: Duración máxima de la tensión de contacto U_L según la norma IEC 60364
FUENTE: Los esquemas de conexión a tierra en BT - Bernard Lacroix pag.08

El dispositivo diferencial actúa en el tiempo suficientemente corto en función de la corriente de defecto para asegurar la protección de las personas.

Cuando la sección del neutro es igual a la de las fases, no es necesario prever una protección de sobrecorriente en el neutro.

En caso de que la sección del neutro sea inferior a la de las fases, se debe contar con la protección contra sobrecorrientes adecuada a la sección.

La desconexión del neutro no se dará nunca antes que de las fases, y su conexión deberá ser anticipada o simultánea a la de las fases.

En cualquier caso, debe asegurarse el seccionamiento de todos los conductores activos del sistema, incluido el neutro.

DISTRIBUCION TT

- Técnica de explotación
- Desconexión al primer defecto
- Técnica de protección.
- Interconexión y puesta a tierra de las masas metálicas
- Desconexión por interruptor diferencial
- Seccionamiento del neutro obligatorio
- Uso
- Redes de distribución pública
- Uso general

2.2.2. REGIMEN TN

El régimen TN tiene dos sub regímenes el TN-C y TN-S.

En estos sistemas se conecta a tierra el punto neutro del equipo de alimentación y las masas no se conectan a tierra sino al neutro. En estos casos, cuando se produce un defecto se trata en realidad de un corto circuito.

2.2.2.1. REGIMEN TN-C

En el que el conductor del neutro puede servir a su vez de conductor de protección. En este caso está prohibido el corte del neutro ya que si se corta no es posible que se establezca el cortocircuito, por lo que el interruptor no dispararía y las personas no quedarían protegidas.

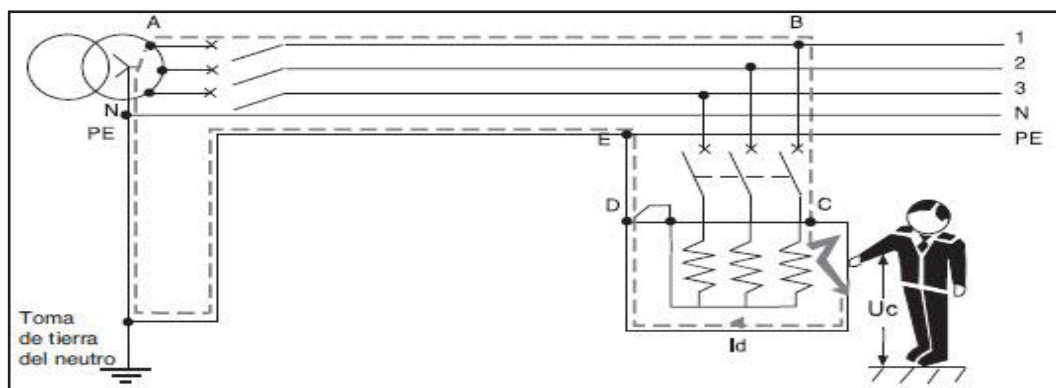


FIGURA 2.8: corriente y tensión de defecto en el esquema TN-C

FUENTE: Los esquemas de conexión a tierra en BT - Bernard Lacroix pag.12

VENTAJAS

No es necesario asociar equipos adicionales; distribución con cuatro conductores en lugar que de cinco. La protección se realiza directamente a través de los dispositivos de protección.

El seccionamiento del neutro está no autorizado por el mismo motivo que el corte, ello obliga a una puesta a tierra sistemática y múltiple del conductor PEN para asegurar de que se conserve la equipotencialidad.

El conductor PEN debe tener una resistencia mecánica para evitar rupturas, su sección es de al menos de 10mm² en Cu y 16mm² en Alu. Según la IEC 60364.

2.2.2.2. REGIMEN TN-S

En el que la distribución del conductor del neutro está separada de la del conductor de protección.

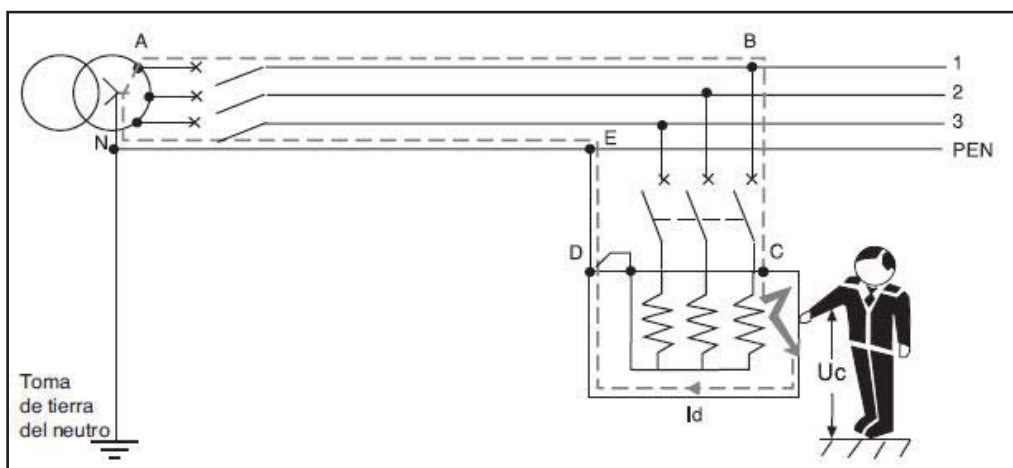


FIGURA 2.9: corriente y tensión de defecto en el esquema TN-S

FUENTE: Los esquemas de conexión a tierra en BT - Bernard Lacroix pag.12

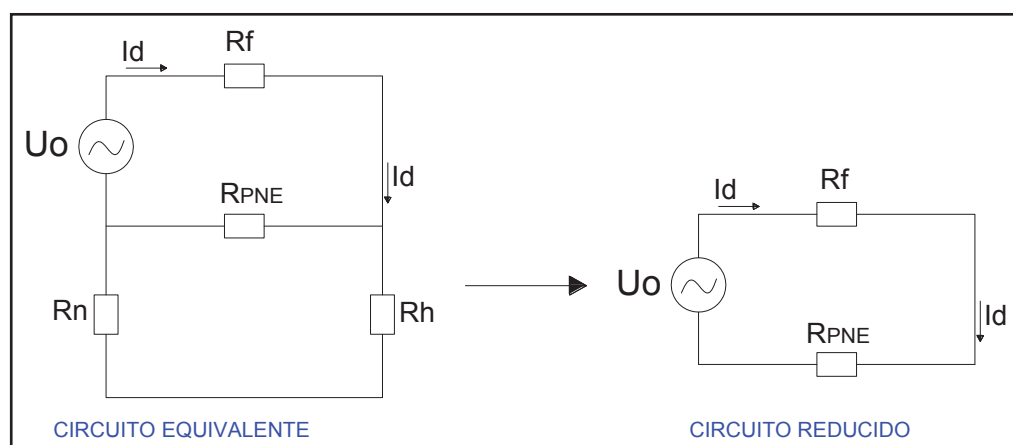


FIGURA 2.10: circuito equivalente esquema TN-S

FUENTE: diseño propio

Ante un fallo de aislamiento, la corriente de defecto I_d no está limitada, más que por la impedancia de los conductores del defecto.

En efecto, durante un cortocircuito, se admite que las impedancias aguas arriba de la salida considerada provocan una caída de tensión del orden del 20% sobre la tensión de U_o , que es la tensión nominal entre fase y tierra; de ahí el coeficiente 0.8.

Entonces I_d provoca la aparición de una tensión de defecto, respecto a tierra.

Siempre con la hipótesis de que la resistencia de la tierra $R_d=0$, $R_{pne}=R_f$, y que la resistencia $R_h \gg R_f$, R_{pne} y R_n la corriente de defecto es:

Donde:

U_o : tensión. U_o : 220V

R_n : resistencia PAT del neutro R_n : 10 ohm

R_a : resistencia PAT de servicio R_a : 20 ohm

R_h : resistencia del hombre R_h : 2000 ohm

R_f : resistencia de conductor Fase

R_{pne} : resistencia de conductor neutro

U_c : tensión de contacto

U_L : tensión de contacto máxima admisible (50V)

$$I_d = 0.8 \left(\frac{U_o}{R_f + R_{pne}} \right)$$

$$I_d = \left(\frac{0.8U_o}{2} \right)$$

$U_c > U_L$: PELIGRO

La corriente de defecto I_d es muy elevada en orden de KA debido a que las impedancias son pequeñas.

El corte se lleva a cabo a través de un dispositivo de protección contra cortocircuito.

Para asegura la protección de las personas, se debe verificar que la corriente de defecto haga funcionar los dispositivos con la suficiente rapidez.

Para ello hay dos métodos:

EL MÉTODO TEÓRICO

Consiste en calcular el valor real de la corriente de defecto I_d teniendo en cuenta la impedancia total de defecto Z_s , desde la fuente de alimentación hasta el aparato a proteger.

A continuación, es necesario verificar si esta corriente hace funcionar el dispositivo de protección del circuito en un tiempo no superior al tiempo máximo impuesto según la norma IEC 60364.

U _o (voltios) tensión fase/neutro	tiempos de corte (segundos) U _L = 50 V	tiempos de corte (segundos) U _L = 25 V
127	0,8	0,35
230	0,4	0,2
400	0,2	0,05
> 400	0,1	0,02

FIGURA 2.11: tiempos de corte en el ECT TN (IEC 60364)

FUENTE: Los esquemas de conexión a tierra en BT - Bernard Lacroix pag.12

Este método será desarrollado en el siguiente capítulo.

EL MÉTODO PRÁCTICO

Tiene en cuenta únicamente el circuito terminal para el cálculo del bucle de defecto.

Consiste en comparar la longitud del circuito considerado con la longitud máxima teórica protegida con el dispositivo de protección correspondiente, en función del tiempo máximo de corte. Se supondrá que la tensión en el origen del circuito es igual al 80% de la tensión nominal de la instalación.

Se podría decir que la longitud máxima protegida contra los contactos indirectos es igual a:

$$L_{\max} = \frac{0.8U_o * S_{ph}}{\rho(1 + m)I_m}$$

Donde:

U_o: tensión entre fases

S_{ph}: sección del conductor neutro

m: cociente entre la sección del conductor neutro y fase

ρ: resistividad del conductor Cu

I_m: corriente de funcionamiento del dispositivo de protección.

2.2.3. REGIMEN IT

En este régimen el neutro está aislado de tierra en teoría. De hecho esta naturalmente conectado a tierra a través de las capacidades parasitas de los cables de la red, no conectado a la tierra o conectado a ella a través de una impedancia muy elevada de valor aproximadamente unos 1500Ω (neutro impedante).

Las masas de los receptores eléctricos están conectadas a tierra.

FUNCIONAMIENTO

- Si en caso de producirse un defecto de aislamiento en un conductor activo, la intensidad de defecto será una pequeña corriente debido a las capacidades parasitas de la red la tensión de contacto que aparece en la toma de tierra de las masas es más o menos de algunos voltios y no representan ningún peligro.

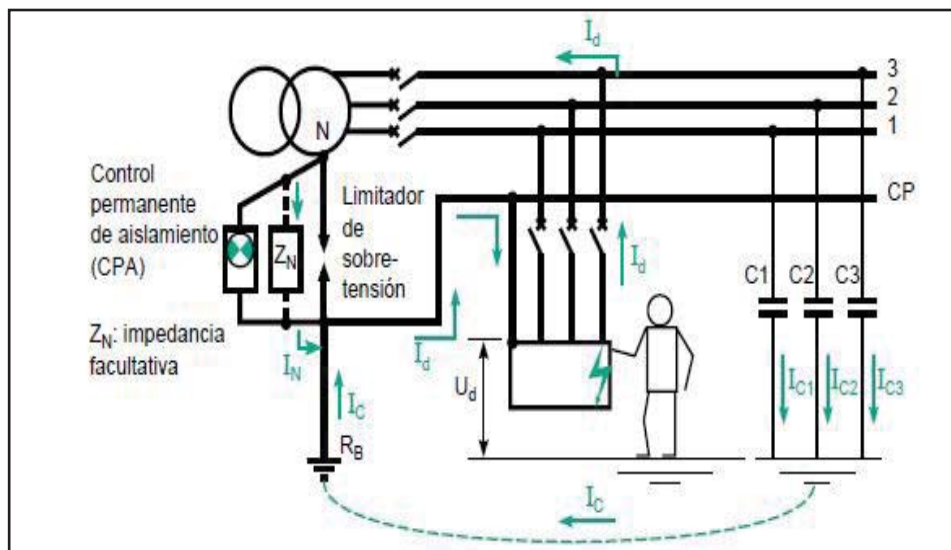


FIGURA 2.12: corriente y tensión de defecto en el esquema IT primer defecto
 FUENTE: Los esquemas de conexión a tierra en BT - Bernard Lacroix pag.15

- Si se presenta un segundo defecto de aislamiento en otra fase, cuando todavía no ha sido eliminado el primero, las masas de los receptores afectados pasan al potencial producido por la corriente de defecto en los conductores de protección que los interconecta. La protección queda asegurada por los dispositivos de protección o por los interruptores diferenciales (caso de masas que tengan tomas de tierra distinta).

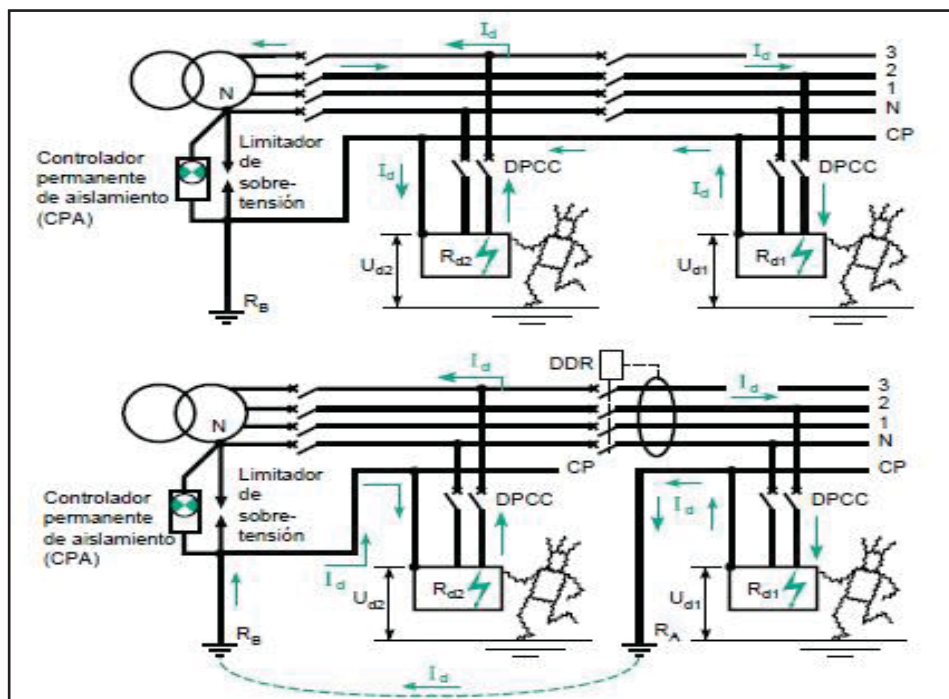


FIGURA 2.13: corriente y tensión de defecto en el esquema IT segundo defecto
 FUNTE: Los esquemas de conexión a tierra en BT - Bernard Lacroix pag.16

2.2.3.1. EL PRIMER DEFECTO DE AISLAMINETO EN EL ESQUEMA IT

En condiciones normales de explotación la seguridad de las personas queda asegurada cuando la tensión de contacto es inferior a 50V según la norma IEC 60364 cuando se sobrepasa de esta tensión de contacto, esta misma norma obligan a que el circuito abra automáticamente.

CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE DEFECTO Y DE LA TENSIÓN DE CONTACTO CON UN PRIMER DEFECTO

Cuando se produce un defecto de valor resistivo R_d entre las fases y tierra, circula una corriente de defecto I_d a través de la impedancia del neutro y de las capacidades C_1 , C_2 y C_3 con la hipótesis que las capacidades estén equilibradas la corriente de defecto tiene un valor.

$$I_d = U_o \frac{1 + 3j\omega Z_n}{R_d + 3j\omega Z_n R_d}$$

En los casos siguientes, estudiaremos para:

$Z=1\text{K}\Omega$ (neutro impedante)

$U_0=230\text{V}$

$R_a=0$ a $10\text{k}\Omega$

Caso 1º: red muy poco capacitiva (por ejemplo limitada a un quirófano)

$C_1=C_2=C_3=C= 0.3\mu\text{F}$ por fase

Caso 2º: red de potencia con

$C_1=C_2=C_3=C=1.6\mu\text{F}$ por fase

Caso 3º: red extensa de potencia con (40Km de Cable)

$C_1=C_2=C_3=C=10\mu\text{F}$ por fase

Resultados:

R_d (k Ω)			0	0,5	1	10	
Caso 1	$Z_N = \infty$	U_C (V)	0,72	0,71	0,69	0,22	
		I_d (A)	0,07	0,07	0,07	0,02	
	$C_R = 1 \mu\text{F}$	$Z_N = 1\text{k}\Omega$	U_C (V)	2,41	1,6	1,19	0,21
			I_d (A)	0,24	0,16	0,12	0,02
Caso 2	$Z_N = \infty$	U_C (V)	3,61	2,84	1,94	0,23	
		I_d (A)	0,36	0,28	0,19	0,02	
	$C_R = 5 \mu\text{F}$	$Z_N = 1\text{k}\Omega$	U_C (V)	4,28	2,53	1,68	0,22
			I_d (A)	0,43	0,25	0,17	0,02
Caso 3	$Z_N = \infty$	U_C (V)	21,7	4,5	2,29	0,23	
		I_d (A)	2,17	0,45	0,23	0,02	
	$C_R = 30 \mu\text{F}$	$Z_N = 1\text{k}\Omega$	U_C (V)	21,8	4,41	2,26	0,23
			I_d (A)	2,18	0,44	0,23	0,02

FIGURA 2.14: corriente y tensión de defecto en el esquema IT primer defecto
FUENTE: El esquemas IT de conexión a tierra en BT - François Jullien pag.12

CONTROLADORES PERMANENTES DE AISLAMIENTO CPA

Los CPA están destinados a supervisar de forma continua, independientemente de su principio de medida, la resistencia de aislamiento respecto a tierra, tanto de las redes con esquemas de conexión a tierra y especial mente el esquema IT.

Este dispositivo es utilizado para determinar la falla de un primer defecto y poder reparar y evitar un segundo defecto.

2.2.3.2. SEGUNDO DEFECTO DE AISLAMIENTO EN EL ESQUEMA IT

La gran ventaja de explotar una red con el esquema IT consiste en la posibilidad de mantener la distribución eléctrica cuando se produce un defecto de aislamiento que afecta a un circuito.

Esta ventaja ha sido perfectamente valorada por las normas para mantener alto nivel de disponibilidad de la energía.

ANÁLISIS DEL DOBLE DEFECTO DE AISLAMIENTO

Las corrientes de defecto y las tensiones de contacto se calculan considerando dos defectos francos de aislamiento sobre dos conductores activos diferentes de dos circuitos de sección y longitud idénticas.

Desde el momento en que se establece una corriente de defecto entre dos masas con defecto, circula una corriente por el conductor de fase y por el conductor de protección CP que es el que establece la interconexión de las masas.

Esta corriente no está limitada más que por la impedancia de defecto que es igual a la impedancia de los conductores activos afectados.

I_d : corriente de defecto

U_o : tensión entre fases

S_a : sección del conductor activo

m : cociente entre la sección del conductor activo y conductor de protección

ρ : resistividad del conductor Cu

L : longitud de los circuitos con defecto.

Considerando que los conductores activos y el conductor de protección de las dos derivaciones defectuosas tienen secciones y longitudes idénticas y despreciando su reactancia, se tiene.

$$I_d = 0.8\sqrt{3}U_o \frac{S_a}{2\rho(1+m)L}$$

2.2.4. CUADRO COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES ESQUEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA

	Id	Ud	Lmáx	continuidad del servicio	
TN	$\frac{0,8 U_0 S_{fase}}{\rho(1+m)L}$	$\frac{0,8 U_0}{1+m}$	$\frac{0,8 U_0 S_{fase}}{\rho(1+m)I_a}$	selectividad vertical	
TT	$\frac{U_0}{R_a + R_b}$	$\frac{U_0 R_a}{R_a + R_b}$	sin limitaciones	selectividad vertical	
IT	1 ^{er} defecto	< 1 A	<< U _L	no actúan las protecciones	
	Defecto doble con neutro distribuido (fase-neutro)	$\leq \frac{1}{2} \frac{0,8 U_0 S_{fase}}{\rho(1+m)L}$	$\leq \frac{m}{2} \frac{0,8 U_0}{1+m}$	$\frac{1}{2} \frac{0,8 U_0 S_{fase}}{\rho(1+m)I_a}$	selectividad vertical y posibilidad de selectividad horizontal en beneficio de las salidas de gran intensidad
	Defecto doble con neutro no distribuido (entre fases)	$\leq \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{0,8 U_0 S_{fase}}{\rho(1+m)L}$	$\leq \frac{m \sqrt{3}}{2} \frac{0,8 U_0}{1+m}$	$\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{0,8 U_0 S_{fase}}{\rho(1+m)I_a}$	

Recordemos que:

- $\rho = 22 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ para Cu (36 para Al) ;
- $m = \frac{S_{fase}}{S_{PE}}$
- la sección del PE, generalmente igual a la sección de las fases, puede ser igual a la mitad de la sección de las fases cuando sobrepasan los 35 mm²... lo que aumenta Ud en TN y IT.

FIGURA 2.15: cuadro comparativo de los esquemas de conexión
FUENTE: Los esquemas de conexión a tierra en BT - Bernard Lacroix pag.17

	TN-C	TN-S	TT	IT(1)	IT(2)	Observaciones
Seguridad						
■ de personas	+	+	+	++	-	Uc # 0 al 1 ^{er} defecto en IT
■ incendio	--	-	+	++	-	TN-C desaconsejado
■ explosiones	--	-	+	++	-	TN-C prohibido
Disponibilidad (tras 1 ^{er} defecto)	+	+	+	++	+	función de la selectividad de DPCC o de DDR (más fácil de aplicar)
Mantenibilidad	-	-	+	++	-	IT permite el mantenimiento preventivo, ver predictivo
Fiabilidad	-	+	++	++	+	ventaja a Id bajas (averías de la instalación - esfuerzos electrodinámicos)
Perturbaciones						
■ emisión de radiación EM	-	-	+	++	-	ventaja a Id bajas
■ equipotencialidad del PE	--	+	++	+	+	atención a los armónicos en TN-C

(1): 1^{er} defecto de aislamiento
(2): 2^o defecto

FIGURA 2.16: cuadro comparativo de los esquemas de conexión
FUENTES: Los esquemas de conexión a tierra en BT - Bernard Lacroix pag.18

2.3. CONSECUENCIAS DE LOS CORTOS CIRCUITOS

Depende de la naturaleza y duración de los defectos, del punto de la intensidad:

Según el lugar del defecto, la presencia de un arco puede:

- Degradar los aislantes
- Fundir los conductores
- Provocar un incendio

Según el circuito afectado, pueden presentarse:

- Sobreesfuerzos electrodinámicos, con:
Deformación de los juegos de barras en el tablero
Arrancado o desprendimiento de cables
- Sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de aislantes.
- Para los circuitos próximos al defecto
- Bajadas de tensión durante el tiempo de la eliminación del defecto como son milisegundos o centenas de segundos
- Desconexión de una parte, producto del defecto
- Inestabilidad dinámica y/o pérdida de sincronismo de las maquinas
- Perturbación en los circuitos de mando y control

Establecimiento de la intensidad de cortocircuito

Una red simplificada se reduce a una fuente de tensión alterna constante, un interruptor, una impedancia Z_{cc} , que representa todas las impedancias situadas aguas arriba del interruptor, y una impedancia Z_s de la carga.

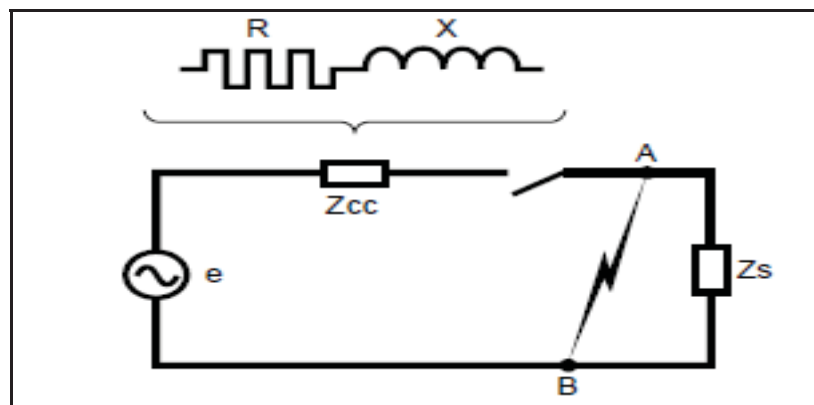


Fig. 2.17: esquema simplificado de una red
Fuente: Cálculo de corriente de cortocircuito – Metz Noblast pag.9

En realidad, la impedancia del generador está compuesta de todo lo que hay aguas arriba del cortocircuito.

Cuando se produce defecto despreciable entre los puntos A y B, aparece una intensidad de corto circuito I_{cc} muy elevada limitada únicamente por la Z_{cc} .

La intensidad de I_{cc} se establece siguiendo un régimen transitorio en función de las reactancias X y de las resistencias R que son las componentes de la impedancia de Z_{cc} .

$$Z_{cc} = \sqrt{(R^2 + X^2)}$$

En una distribución de potencia, la reactancia $X=L\omega$ es generalmente mucho mayor que la resistencia R , y la razón R/X esta entre 0.10 y 0.3. Este valor sigue siendo prácticamente igual para valores bajos de $\cos\phi_{cc}$ (factor de potencia durante el corto circuito) o sea:

$$\cos\phi_{cc} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

Sin embargo, el régimen transitorio de transitorio de establecimiento de una corriente de cortocircuito depende normalmente de la distancia del punto de defecto a los alternadores.

Los casos más frecuentes son los defectos alejados de los alternadores y el que tendremos como tema de estudio.

2.4. CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

Cualquier instalación eléctrica debe estar protegida contra los cortocircuitos, cada vez que se presenta una discontinuidad eléctrica es generalmente producto de una falla en las instalaciones debido a un cortocircuito, la intensidad de corriente de corto circuito debe calcularse para cada uno de los diversos niveles de la instalación para poder determinar las características de los componentes que deberán soportar a cortar la corriente de defecto.

Principales defectos de cortocircuito

En las instalaciones eléctricas pueden producirse diferentes tipos de cortocircuitos.

A. Las principales características de los cortocircuitos son:

- Su duración:
 - Auto extingible

- Fugas
 - Permanente
 - Su Origen:
 - Originados por factores mecánicos
Rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño como herramientas o animales.
 - Debido a sobretensiones eléctricas de origen interno, externo o atmosférico
 - Causado por la degradación del aislamiento provocada por el calor, la humedad o un ambiente corrosivo.
 - Su localización:
 - Dentro o fuera de una maquina o un tablero eléctrico
- B. Desde otro punto de vista los cortocircuitos pueden ser
- Monofásicos:
 - Son el 80% de los casos, son los más comunes en una instalación eléctrica (Fase - Neutro)
 - Bifásicas:
 - Son el 15% de los casos (Fase – Fase)
 - Trifásicas:
 - Son el 5% de los casos (Fase – Fase - Fase)

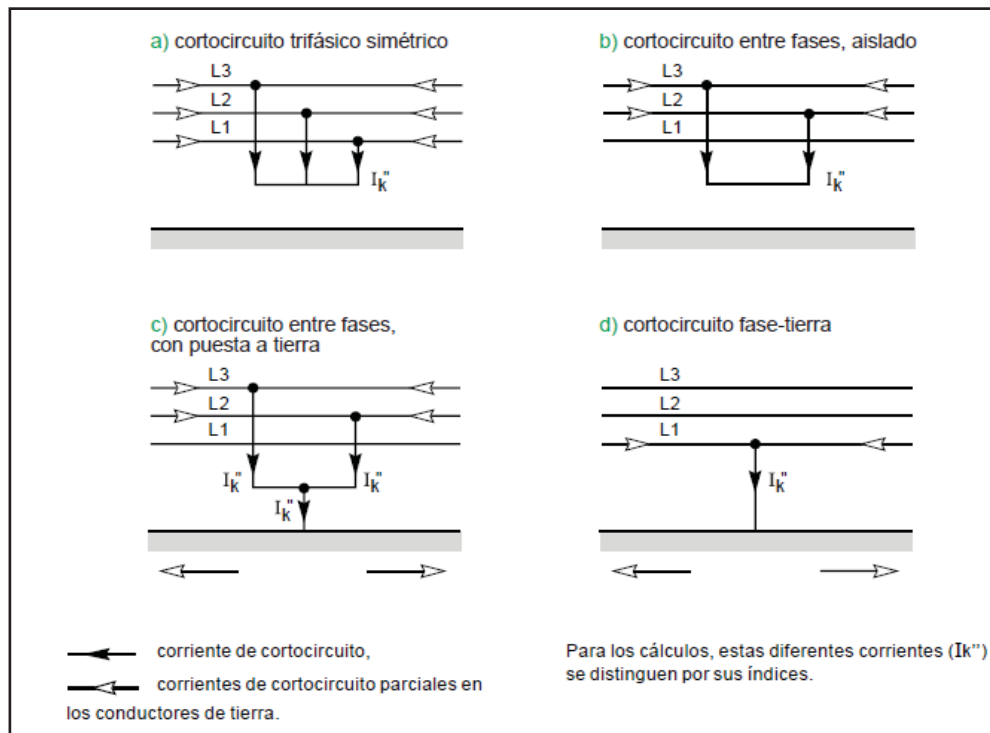


FIGURA 2.18: diferentes cortocircuitos y sus corrientes
FUENTE: Cálculo de corriente de cortocircuito – Metz Noblast pag.8

2.5. MÉTODOS DE CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Normas referidas a la corriente de cortocircuito I_{cc} y las normas internacionales proponen diversos métodos.

2.5.1. EL MÉTODO DE IMPEDANCIAS.

Este método permite calcular las corrientes de defecto en cualquier punto, de una instalación con una precisión aceptable. Consiste en sumar separadamente las diferentes resistencias y reactancias del defecto, añadiendo después también los generadores, hasta el punto considerado, calculando también la impedancia correspondiente. La I_{cc} se obtiene aplicando la ley de Ohm.

$$I_{cc} = U_n / \sum (Z)$$

Para aplicar este método es indispensable conocer todas las características de los diferentes elementos (fuentes y elementos).

2.5.2. EL MÉTODO DE COMPOSICIONES

Que se puede usar cuando no se conoce las características de la alimentación la impedancia aguas arriba del circuito considerado se calcula a partir de una estimación de corriente de cortocircuito en su origen.

2.5.3. EL MÉTODO CONVENCIONAL

Permite calcular las corrientes de cortocircuito mínimas y las corrientes de defecto en el extremo de una red, sin conocer las impedancias o la I_{cc} de la instalación aguas arriba del circuito considerado.

Se basa en la hipótesis que la tensión en el origen del circuito, durante el tiempo de cortocircuito o de defecto, es igual al 80% de la tensión nominal.

Este método se usa sobre todo para los circuitos finales suficientemente alejados de las fuentes de alimentación

2.5.4. EL MÉTODO LLAMADO SIMPLIFICADO

Se utiliza unas tablas con diversas hipótesis simplificadas, dadas directamente, para cada sección de conductor.

- La corriente asignada del dispositivo, que asegura la protección contra las sobrecargas.
- Las longitudes máximas del conductor protegido contra contactos indirectos.

- Las longitudes admisibles teniendo en cuenta las caídas de tensión.

En realidad, este método se basa en las tablas confeccionadas con los resultados de los cálculos obtenidos al aplicar los métodos de composición y convencional.

Este método permite además determinar las características de un circuito que forma parte de una instalación ya existente cuyas características no se conocen suficientemente.

Se aplica directamente a las instalaciones en baja tensión y con coeficientes correctores.

2.6. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO ICC MÉTODO DE IMPEDANCIAS

Para nuestro tema de estudio utilizaremos el método de impedancias para el cálculo de corriente de cortocircuito.

Este método permite calcular las corrientes de defecto en cualquier punto de la instalación y tomaremos algunas hipótesis a continuación:

HIPÓTESIS PARA EL CÁLCULO

- A. La corriente de cortocircuito, al producirse un cortocircuito trifásico, se supone que entran en contacto simultáneamente las tres fases.
- B. Durante el cortocircuito el número de fases afectadas no se modifica, un defecto trifásico sigue siendo trifásico.
- C. Durante todo el tiempo de cortocircuito tanto las tensiones que han provocado la circulación de corriente como la impedancia de cortocircuito no varía de forma significativa.
- D. No se toma en cuenta las resistencias de arco.
- E. Se desprecia todas las capacidades de las líneas
- F. Se desprecian las corrientes de carga
- G. Se tienen en cuenta todas las impedancias homopolares.

Consideraremos para nuestro estudio los siguientes tipos de cortocircuito que son:

- A. Cortocircuito trifásico (I_{cc3})
- B. Cortocircuito bifásico (I_{cc2})
- C. Cortocircuito monofásico (I_{cc1})
- D. Cortocircuito a tierra (I_{cch})

2.6.1. CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO (I_{cc3})

En el defecto que corresponde a la unión de las tres fases. La intensidad de cortocircuito es I_{cc3} es:

Siendo:

U: tensión compuesta entre fases

Z_{cc}: impedancia equivalente a todas las impedancias (de la fuente y las líneas)

ΣR: suma de todas las resistencias

ΣX: suma de todas las reactancias

$$I_{cc3} = \frac{U}{\sqrt{3} * Z_{cc}}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}$$

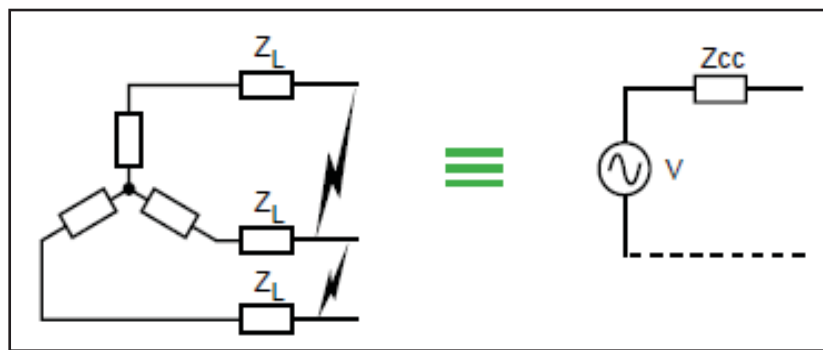


FIGURA 2.19: defecto trifásico

FUENTE: Cálculo de corriente de cortocircuito – Metz Noblast pag.16

Se considera normalmente que el defecto trifásico es el que provoca las corrientes más elevadas. En efecto, la corriente de defecto, en el esquema equivalente a un sistema polifásico, solo está limitada por la impedancia de una fase bajo la tensión simple de la red.

El cálculo de la corriente I_{cc3} es pues indispensable para elegir los materiales como son intensidades y esfuerzos electrodinámicos máximos a soportar.

2.6.2. CORTOCIRCUITO BIFÁSICO AISLADO (I_{cc2})

Corresponde a un defecto entre dos fases alimentado por una tensión compuesta U. La intensidad I_{cc2} que circula es inferior a la provocada por un defecto trifásico.

Siendo:

U: tensión compuesta entre fases

Z_{cc}: impedancia equivalente a todas las impedancias (de la fuente y las líneas)

$$I_{cc2} = \frac{U}{2 * Z_{cc}} = \frac{\sqrt{3} * I_{cc3}}{2} = 0.86 I_{cc3}$$

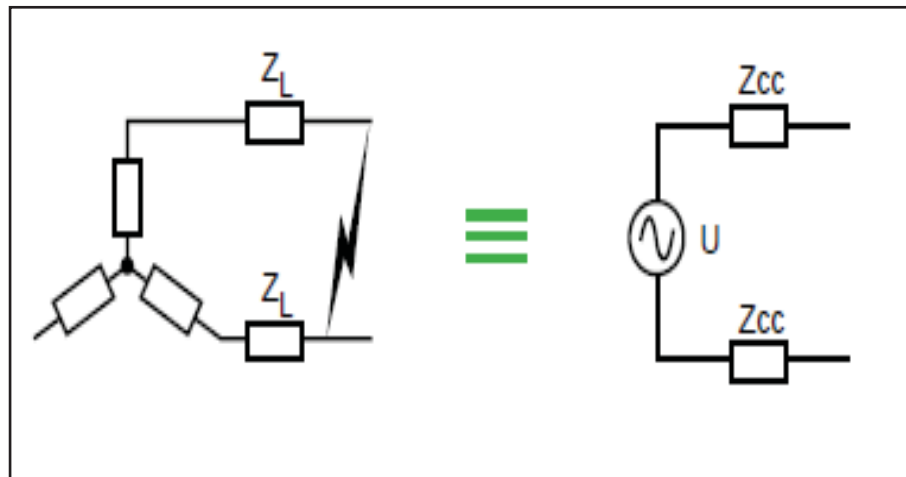


FIGURA 2.20: defecto bifásico
 FUENTE: Cálculo de corriente de cortocircuito – Metz Noblast pag.16

2.6.3. CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO AISLADO (I_{cc1})

Corresponde un defecto entre una fase y el neutro, alimentado por una tensión simple

Siendo:

U: tensión compuesta entre fases

V: tensión simple monofásica

Z_{cc}: impedancia equivalente a todas las impedancias (de la fuente y las líneas)

$$V = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

$$I_{cc1} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_{cc} + Z_{LN}}$$

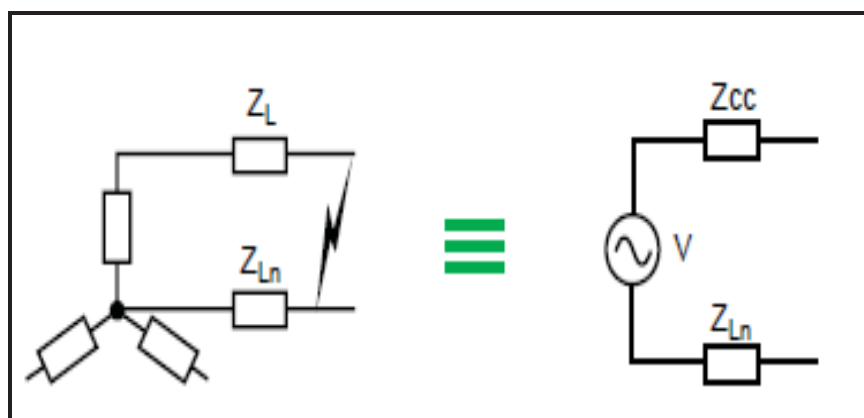


FIGURA 2.21: defecto monofásico
 FUENTE: Cálculo de corriente de cortocircuito – Metz Noblast pag.16

En algunos casos concretos de defecto monofásico, la impedancia homopolar del generador es menor que Z_{cc} por ejemplo, en los bornes de un transformador en conexión estrella-zigzag. En este caso, la intensidad monofásica puede llegar a ser mayor que la del defecto trifásico.

2.6.4. CORTOCIRCUITO A TIERRA (I_{cch})

Este tipo de defecto provoca la intervención de la impedancia homopolar Z_0 .

La intensidad I_{cch} es simplemente inferior a la del defecto trifásico.

El cálculo de esta intensidad puede ser necesario según el régimen de neutro (esquema de conexión a tierra)

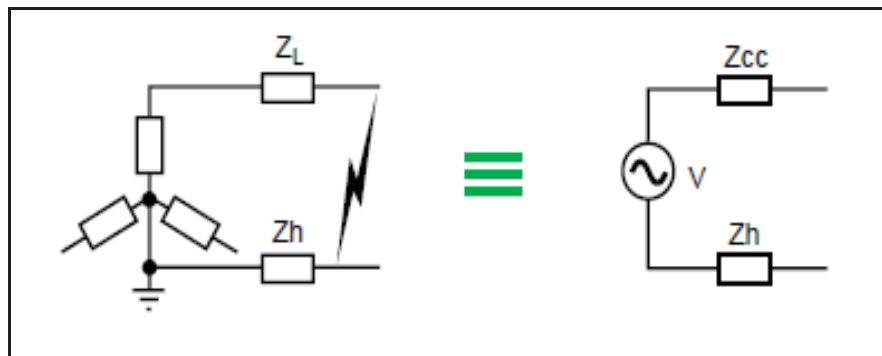


FIGURA 2.22: defecto a tierra
FUENTE: Cálculo de corriente de cortocircuito – Metz Noblast pag.16

2.7. DETERMINACIÓN DE LAS DIVERSAS IMPEDANCIAS DE CORTOCIRCUITO

El principio de este método está basado en determinar las corrientes de cortocircuito a partir de la impedancia que representa el circuito. Esta impedancia calcula una vez ya totalizado separadamente las diferentes resistencias y reactancias del circuito de defecto, incluida la fuente de alimentación, hasta el punto de defecto.

2.7.1. IMPEDANCIAS DE LA RED AGUAS ARRIBA

En mayor parte de los cálculos no se va más allá del punto de suministro de energía. El conocimiento de la red aguas arriba se limita generalmente a las indicaciones facilitadas por la empresa concesionaria, es decir únicamente la potencia de cortocircuito S_{cc} en MVA en el punto de conexión o punto de diseño otorgado por la misma.

La impedancia de la red aguas arriba es:

Siendo:

U: tensión compuesta entre fases

S_{cc}: potencia de cortocircuito

Facilitado por la empresa

Concesionaria.

$$Z_a = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

$$X_a = \sqrt{(Z_a^2 + R_a^2)}$$

$$X_a = 0.98Z_a$$

2.7.2. IMPEDANCIA INTERNA DEL TRANSFORMADOR

Esta impedancia se calcula a partir de la tensión de cortocircuito U_{cc} expresada en %.

Siendo:

U: tensión compuesta entre fases (En vacío)

S_n: potencia aparente del Transformador

U_{cc}: tensión de cortocircuito

$$Z_T = U_{cc} \frac{U^2}{S_n}$$

Para los transformadores de MT/BT las normas fijan los valores, cabe señalar que este dato es proporcionado en la placa de características de los transformadores calculado y según el fabricante.

Tensión de cortocircuito U_{cc} normalizados para los transformadores MT/BT de distribución pública.

Potencia del transformador MT/BT (en kVA)	≤ 630	800	1000	1250	1600	2000
Tensión de cortocircuito u _{cc} (en %)	4	4,5	5	5,5	6	7

FIGURA 2.23: tensión de cortocircuito U_{cc} normalizado para transformadores MT/BT

FUENTE: Cálculo de corriente de cortocircuito – Metz Noblast pag.18

2.7.3. IMPEDANCIA DE LAS CONEXIONES

La impedancia de las conexiones Z_L depende de sus componentes, resistencia y reactancia unitarias, y de su longitud.

2.7.3.1. LA RESISTENCIA UNITARIA RL DE LAS LÍNEAS.

Siendo:

S : sección del conductor $R_L = \frac{\rho}{S}$

ρ : resistividad

RL : resistencia de la línea

Regla	Resistividad (*)	Valor de la resistividad (Ω mm ² /m)		Conductores afectados
		Cobre	Aluminio	
Corriente máxima de cortocircuito	$\rho_1 = 1,25 \rho_{20}$	0,0225	0,036	FASE-N
Corriente mínima de cortocircuito	$\rho_1 = 1,5 \rho_{20}$	0,027	0,043	FASE-N
Corriente de defecto en los esquemas TN e IT	$\rho_1 = 1,25 \rho_{20}$	0,0225	0,036	FASE-N (**) PE-PEN
Caída de tensión	$\rho_1 = 1,25 \rho_{20}$	0,0225	0,036	FASE-N (*)
Corriente de sobreintensidad para la verificación de las solicitudes térmicas de los conductores	$\rho_1 = 1,5 \rho_{20}$	0,027	0,043	Fase-Neuro PEN-PE si incorporado en un mismo cable multiconductores
	$\rho_1 = 1,5 \rho_{20}$	0,0225	0,036	PE separado

(*) ρ_{20} resistividad de los conductores a 20 °C: 0,018 Ω mm²/m para el cobre y 0,029 Ω mm²/m aluminio.
 (**) N la sección del conductor de neutro es inferior a la de los conductores de fase.

FIGURA 2.24: valores de resistividad de los conductores según la corriente de cortocircuito

FUENTE: Cálculo de corriente de cortocircuito – Metz Noblast pag.19

2.7.1 LA REACTANCIA UNITARIA XL EN LAS LÍNEAS

Siendo:

XL: Reactancia inductiva m Ω /km

L: Longitud

ω : frecuencia angular

f: frecuencia

$$X_L = L\omega = 2\pi fL$$

Para los cables según su sistema de instalación.






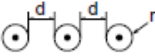
Tipo de instalación	Juego de barras	Cable trifásico	Cables unipolares separados	Cables unipolares colocados en triángulo	3 cables en línea juntos	3 cables en línea separados «d»: d = 2r d = 4r
Esquema						
Reactancia unitaria valores extremos en mΩ/m	0,15	0,08	0,15	0,085	0,095	0,145 0,19
Reactancia unitaria valores extremos en mΩ/m	0,12-0,18	0,06-01	0,1-0,2	0,08-0,09	0,09-01	0,14-0,15 0,18-0,20

FIGURA 2.25: valores de la reactancia de los cables según tipo de instalación
FUENTE: Cálculo de corriente de cortocircuito – Metz Noblast pag.20

2.7.4. OTRAS IMPEDANCIAS

A. CONDENSADORES.

Una batería de condensadores, en paralelo situada en la proximidad del punto de defecto se descarga incrementando también la corriente de cortocircuito

B. APARAMENTA.

Ciertos aparatos como los dispositivos de protección como son interruptores automáticos, contadores, relés, etc. Presentan una impedancia que puede tener su importancia.

C. ARCO DE DEFECTO

La corriente de cortocircuito atraviesa normalmente un arco en el punto de defecto cuya resistencia es apreciable y muy variable, de hecho, la caída de tensión en un arco varía de (100 a 300) V.

D. FILTROS ANTIARMONICOS

Se debe tener en cuenta para el diseño correcto de un proyecto.

2.8. FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS

Causas por las que una instalación o sistema eléctrico puede fallar.

Un sistema eléctrico puede fallar, debido principalmente a:

- A. Diseño inadecuado
- B. Instalación inadecuada
- C. Uso inadecuado de la instalación

A. Diseño inadecuado

Ocasionado principalmente a una equivocada interpretación de las normas vigentes, por el diseñador eléctrico o cuando el proyecto fue desarrollado por personas no especializadas.

B. Instalaciones inadecuadas

El proyectista puede haber diseñado adecuadamente una instalación eléctrica, pero el instalador lo ejecuta incorrectamente.

C. Uso inadecuado de la instalación

Esto se manifiesta en la mala utilización de los equipos eléctricos.

Ejemplos:

- Hacer funcionar una máquina de soldar en un tomacorriente
- Cuando se realiza el diseño para un uso (de Deposito) y se le utiliza
Como, una Oficina, cambios que normalmente se dan en el transcurso de funcionamiento del local.
- Falta de mantenimiento en las instalaciones, como son cambio de Equipos deteriorados por el uso.
En una instalación eléctrica en interior tiene que cumplir estrictamente con las prescripciones den CNE-U (Código Nacional de Electricidad – Utilización) y otras normas de seguridad vigentes en nuestro país, pero no todas las instalaciones eléctricas realizadas en el país las cumple, es más la gran mayoría de estas incumplen con las normas fijadas en el CNE debido a que dichas instalaciones fueron realizadas sin la preparación adecuada.

2.8.1. RIESGOS ELÉCTRICOS MÁS COMUNES EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Los riesgos eléctricos más comunes en instalaciones eléctricas interiores y factores que originan un riesgo eléctrico son:

- Sobrecarga
- Corto circuito
- Perdidas de aislamiento
- Uso de sistema de protección inadecuados
- Ubicación inadecuada de artefactos eléctricos que transmiten calor
- Elementos eléctricos de mala calidad
- Conductores eléctricos sin canalizaciones

- Conductores en contacto o muy cerca de cables de comunicaciones
- Mala ubicación de los tableros de distribución eléctrica

2.8.2. SOBRE CARGA

Los circuitos eléctricos son diseñados para soportar una carga previamente diseñada. El diseño de un circuito implica que solo por este debe circular una corriente máxima determinada. Esto lo define el calibre del conductor y las máximas corrientes que puede soportar los tomacorrientes y su circuito de protección diseñados para esta carga,

Existirá sobrecarga en una instalación eléctrica cuando:

- se añade cargas que no están previstas para que el sistema les pueda suministra la corriente que necesita para su funcionamiento, por ejemplo un tomacorriente su carga aproximada es de 220W y hacen uso de extensiones donde conecta varios artefacto sobrepasando su carga aproximada y generando una sobrecarga.
- Se cambien un equipo por otro de diferentes características, si inicialmente estaba instalado un equipo de 1.2kw, y luego se cambia por otros equipos de 2.4kw, se produce una sobrecarga y el equipo no está protegido por los dispositivos de protección.
- Una instalación de un uso para el cual fue diseñado le dan otro uso como por ejemplo Una instalación que fue diseñado para vivienda se convierta en un centro comercial.

2.8.3. CORTOCIRCUITO

Este se produce cuando existe un cambio de baja resistencia por donde puede circular la corriente. Al ser la resistencia baja, existe un aumento dramático de la corriente eléctrica esta relación se puede confirmar directamente por la ley de Ohm.

El corto circuito se produce cuando entran en contacto dos o más de las líneas de alimentación de un circuito, pueden ser forma directa o indirecta.

- Directa cuando entran en contacto dos o más líneas de alimentació.
- Indirecta cuando entran en contacto dos o más líneas de alimentación por medio de un objeto conducto como puede ser una carcasa, etc.

2.8.4. PERDIDA DE AISLAMIENTO

Las fallas de aislamiento no necesariamente provocan un cortocircuito en el sistema, en muchos casos solo se energiza la carcasa del equipo. Esta falla pone en peligro la vida de las personas.

Para este tipo de fallas se tiene que prever en la instalación el uso de interruptores diferenciales y sistemas de puesta a tierra.

2.8.5. USO INADECUADO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Un elemento de protección muy utilizado en las instalaciones eléctricas es el interruptor termomagnético el cual es utilizado para proteger de las sobrecargas y los cortos circuitos.

Una sobrecarga de corriente o un cortocircuito origina un aumento considerable de la temperatura del conductor.

Constituyen riesgos eléctricos:

- No seleccionar adecuadamente los dispositivos de protección
- Reemplazar un dispositivo de protección por otro de diferentes características
- No utilizar adecuadamente los dispositivos de protección

2.8.6. UBICACIÓN INADECUADA DE ARTEFACTOS ELÉCTRICOS QUE TRASMITEN CALOR

Los artefactos eléctricos que transmiten calor como los hornos microondas, planchas cocina eléctrica, etc. Así como luminarias que transmiten calor, no se ubican correctamente y con las debidas protecciones del caso puede ser causal de algún accidente eléctrico e inclusive incendio.

2.8.7. ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE MALA CALIDAD

Es muy común en nuestro país la adquisición de elementos eléctricos tales como interruptores, tomacorrientes, cables, etc. Que no tienen marca o son marcas adulteradas, que es fácilmente reconocible por su bajo precio, estos elementos constituyen un factor de riesgo eléctrico ya que están hechos de materiales que no cumplen con las respectivas normas de seguridad.

2.8.8. CONDUCTORES ELÉCTRICOS SIN CANALIZACIONES

Las canalizaciones eléctricas son dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener los conductores de manera que estos queden protegidos en lo posible contra deterioros mecánicos, contaminación, y a su vez protegen a la instalación contra incendios por

los arcos eléctricos que se puede presentar durante un corto circuito. Por lo tanto, la existencia de conductores eléctricos sin canalización constituye un factor de riesgo eléctrico.

2.8.9. CONDUCTORES ELÉCTRICOS EN CONTACTO O CERCA DE CABLES DE COMUNICACIÓN

Si los conductores eléctricos se encuentran en contacto o cerca de conductores de comunicación, estos producen una tensión inducida en los conductores de comunicación por consiguiente también inducen una corriente lo cual es un peligro.

2.8.10. TABLEROS ELÉCTRICOS CERCA DE MATERIALES INFLAMABLES

Las acciones de un interruptor termomagnético ubicado dentro del tableros de distribución eléctrica, como es cerrar y abrir el circuito produce una chispa debido a la súbita puesta en funcionamiento de una carga, si dicho tablero se encuentra ubicada cerca de materiales inflamables podría originar un incendio.

2.8.11. SOBRE TENSIÓN

Las redes de distribución eléctrica están sometidas continuamente a un número elevado de sobretensiones transitorias.

Una sobretensión es una onda o impulso de tensión que se superpone a la tensión nominal de la red produciendo un gran aumento de valor eficaz de la tensión de la línea durante un tiempo muy corto en el orden de microsegundos.

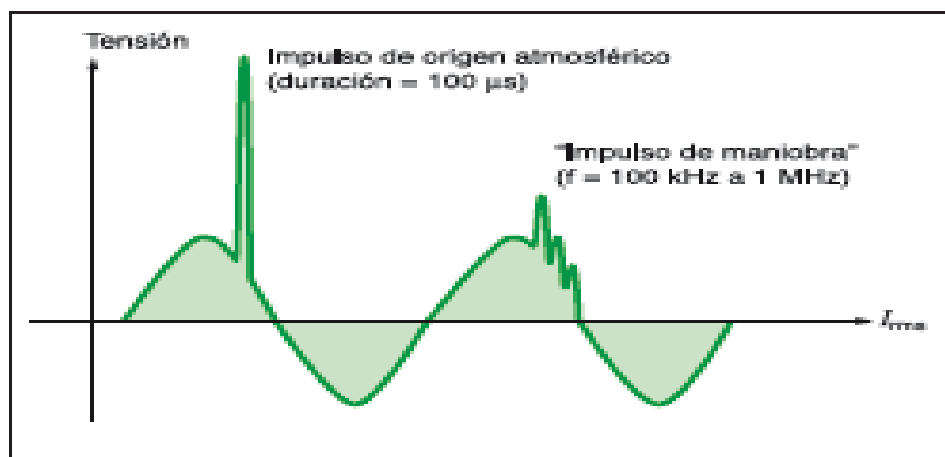


FIGURA 2.26: Sobre Tensiones

FUENTE: Protección contra sobretensiones BT – Schneider Electric pag.09

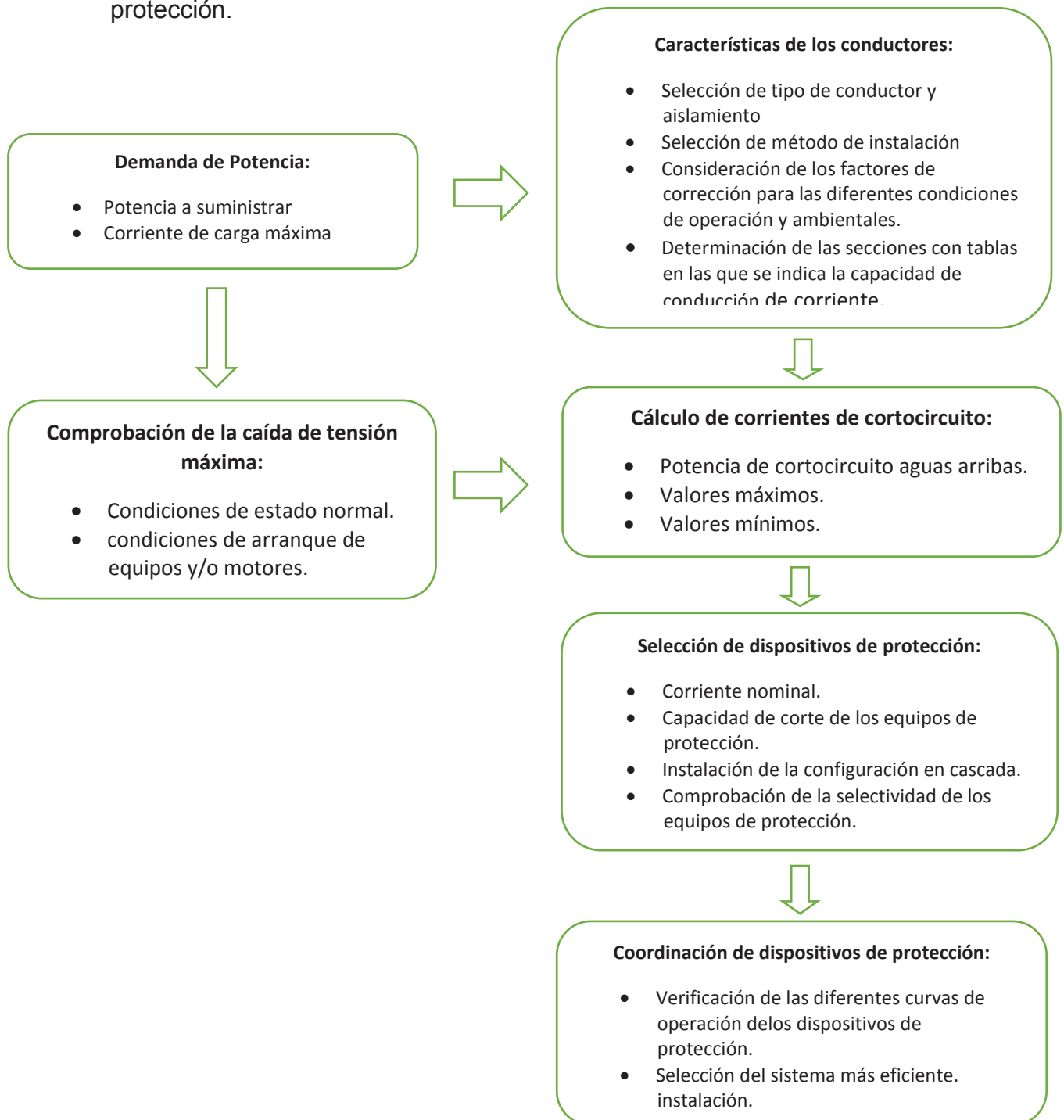
Estas sobretensiones transitorias pueden tener tres orígenes bien diferenciados

- Sobretensiones debido a descargas atmosféricas
 - Sobretensiones debidas a maniobra en la red
 - Sobretensiones debidas a descarga electrostáticas
-
- Las sobretensiones atmosféricas
Se deben a la caída directa o indirecta de rayos, son menos habituales que las de maniobra, pero mucho más peligrosa pues poseen valores de cresta mucho más elevados y una alta energía, provocando la destrucción de los receptores como el envejecimiento prematuro y el mal funcionamiento de los mismos.
 - Las sobretensiones de maniobra
Estas son causadas principalmente por conexiones y desconexiones de cargas en la red eléctrica, como son accionamiento de motores de gran potencia que es la más habitual, la sobretensión no es muy elevada, y produce en la mayoría de los casos un envejecimiento prematuro o un mal funcionamiento.
 - Las sobretensiones electrostáticas
Se producen en un medio seco donde las cargas se acumulan creando un campo electrostático elevado. Estas sobretensiones son especialmente peligrosas para los equipos electrónicos.

2.9. SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Se debe realizar un análisis preliminar de los requisitos de alimentación para la instalación se debe tener en cuenta diferentes aspectos de la instalación mostrados a continuación.

Para nuestro estudio nos centraremos en la selección de dispositivos de protección.



El cableado y su protección en cada nivel deben cumplir varias condiciones simultáneamente, para garantizar una instalación segura y fiable, es decir, deben:

- Soportar la corriente a plena carga permanente y las sobre intensidades normales de corte duración.
- No provocar caídas de tensión que pudieran perjudicar el rendimiento.

Teniendo en cuenta que se ha realizado una correcta selección de cable proseguiremos a la definición de parámetros para la selección de dispositivos de protección.

2.10. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS A UTILIZAR

2.10.1. CORRIENTE DE CARGA MÁXIMA I_B

Es la corriente correspondiente a la máxima demanda, en el caso de un arranque de un motor se deben tener en cuenta los efectos térmicos y sobre intensidades, tanto en los cables como los dispositivos de protección.

Esta corriente se debe suministrar teniendo en cuenta los factores de simultaneidad K_s , y factor de demanda o de utilización K_u .

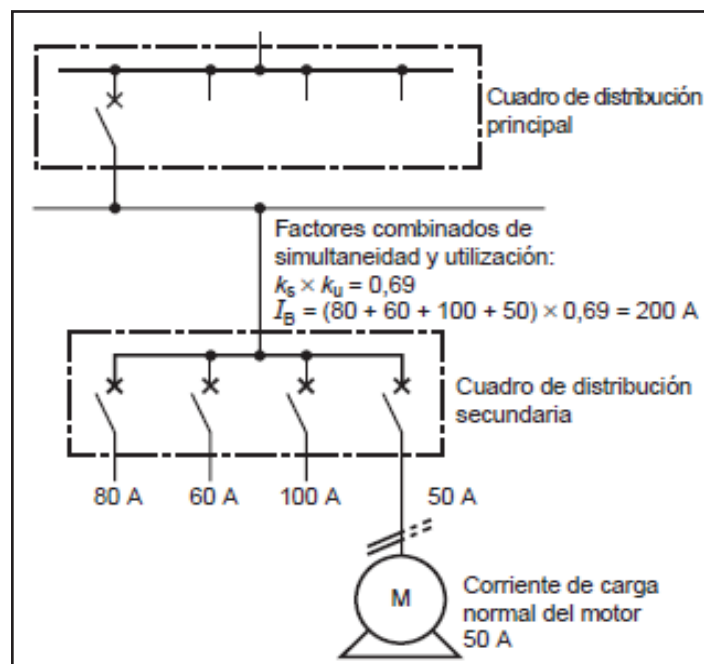


FIGURA 2.27: corriente de carga máxima

FUENTE: protección de los circuitos schneider electric Pag.G1

2.10.2. CORRIENTE MÁXIMA PERMITIDA I_z

Es valor máximo de corriente que el cable del circuito puede llevar indefinidamente, sin reducir su vida útil estimada.

La corriente depende de varios parámetros para una sección correcta de los conductores:

- Composición del cable, tipo de cableado y aislamiento
- Temperatura de ambiente
- Método de instalación
- Influencia de circuitos vecinos

Se produce una sobre intensidad cada vez que el valor de la corriente sobrepasa la corriente de carga máxima I_B para la carga en cuestión.

Se debe cortar esta corriente tan rápida como permita la magnitud, para evitar daños permanentes en el cableado.

2.10.3. PRINCIPIO DE PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBREENTENSIDADES CORTOCIRCUITO

El principio de protección de sobreenintensidades prevé unos dispositivos de protección en el origen del circuito en cuestión, según se muestra en las siguientes figuras.

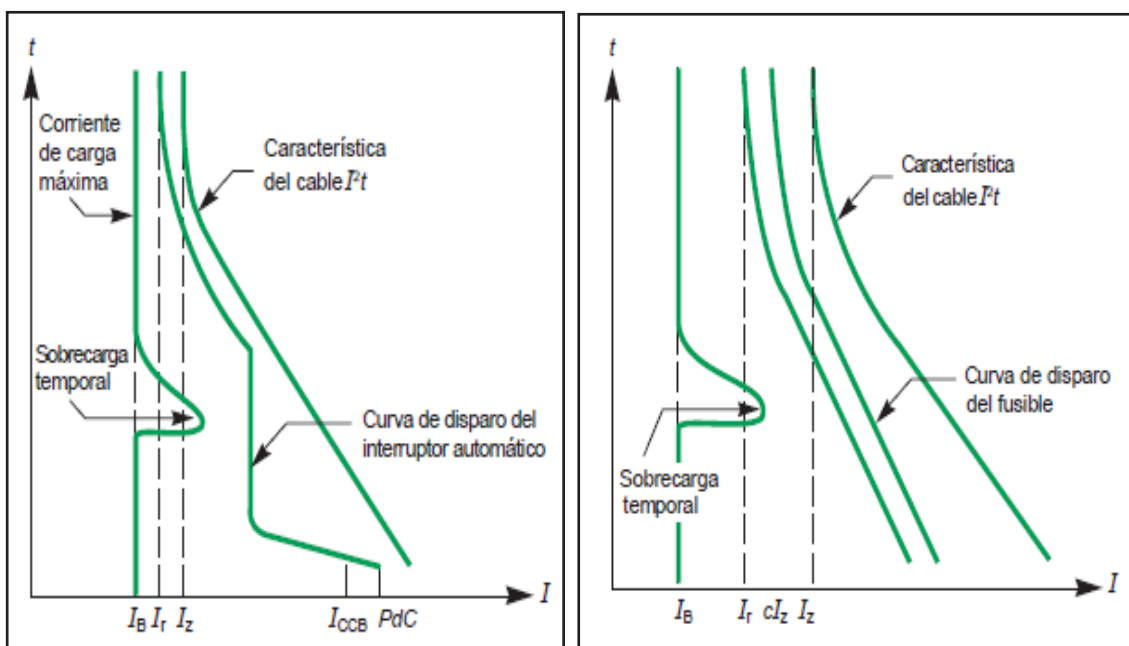


FIGURA 2.28: protección mediante interruptor automático, protección mediante fusible
FUENTE: protección de los circuitos schneider electric Pag.G4

Un elemento de protección (interruptor automático o fusible) funciona adecuadamente si:

- Su corriente nominal o corriente de ajuste I_n es superior a la corriente de carga máxima I_B pero inferior a la corriente máxima permitida I_Z es decir.

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

- El ajuste de la corriente de disparo de máxima convencional I_2 es inferior a $1.45 I_Z$ que corresponde a la zona "b".

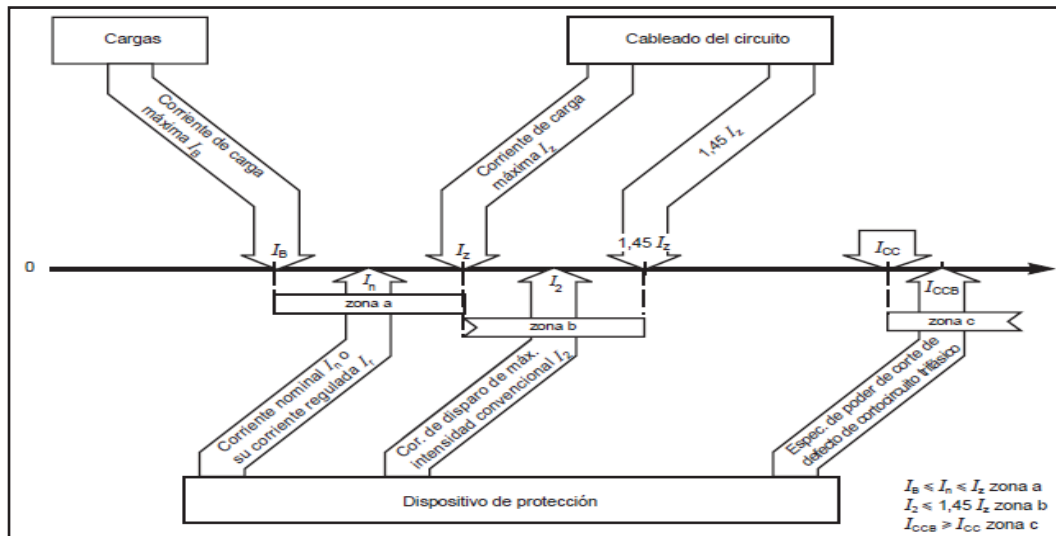


FIGURA 2.29: Niveles de corriente para determinar las características del interruptor automático o del fusible

FUENTE: protección de los circuitos schneider electric Pag.G6

El calibre de corte de la corriente de defecto de cortocircuito trifásico es superior a la corriente de cortocircuito trifásica existente en el punto de la instalación, esto corresponde a la zona "c".

- Protección mediante interruptor automático

Donde:

I_n : corriente nominal

I_r : corriente regulada

I_{CC} : corriente de cortocircuito

I_{CCB} : corriente cortocircuito trifásico

$$I_B \leq I_n \text{ (o } I_r \leq I_Z$$

$$I_{CCB} \geq I_{CC}$$

- Protección mediante fusible

Donde:

I_n : corriente nominal

I_r : corriente regulada

I_{CCF} : corriente de cortocircuito fusible

I_{CCB} : corriente cortocircuito trifásico

K_2 : nivel de fusión de fusible

(k_2 oscila 1.6 a 1.9)

$$I_B \leq I_n \times k_2 \leq I_Z$$

$$I_{CCF} \geq I_{CC}$$

2.11. INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE BAJA TENSIÓN

Un interruptor automático es un aparato capaz de cerrar e interrumpir un circuito ante cualquier valor de la corriente hasta su poder de ruptura último I_{cu} (norma IEC-60947-2). Aunque su función básica es la interrupción de las corrientes de cortocircuito y sobrecarga por acción reflejante, que permite también, mediante una acción exterior voluntaria, el corte de corriente de sobrecarga y normales, además una vez abierto asegura un aislamiento en tensión del circuito interrumpido.

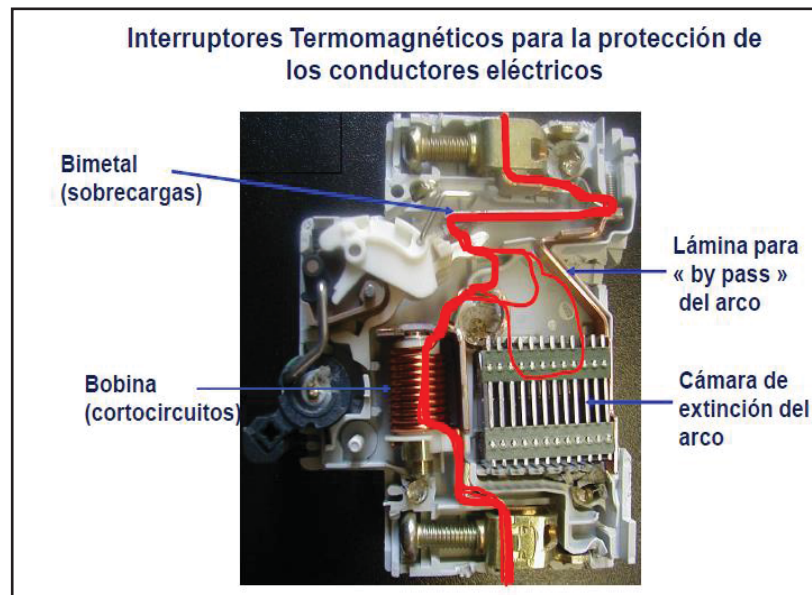


FIGURA 2.30: Interruptor automático

FUENTE: interruptor termomagnetico schneider electricic catálogo

El diseño de un interruptor automático que reúna en una misma caja todas estas funciones ha hecho adoptar soluciones específicas en cuanto a mecanismos de cierre y apertura, relés, circuito eléctrico, elementos de corte y de más componentes.

La misión principal asignada a un interruptor automático es proteger contra condiciones anormales de funcionamiento como es sobrecarga y cortocircuito la instalación eléctrica y los conductores situados aguas abajo para asegurar eficazmente esta función, el relé del interruptor automático debe tener en cuenta la evolución de los receptores, esta evolución se caracteriza por:

- El desarrollo de la electrónica de potencia y por tanto de las cargas no lineales (máquinas de procesos de datos, rectificadores, reguladores, etc) y a la evolución de la tecnología de los receptores han aumentado la intensidad de las corrientes armónicas en las redes de distribución.
- Corrientes transitorias más frecuentes debidas tanto a las cargas clásicas como a las nuevas que generan corrientes de arranque importantes como condensadores para la compensación del factor de potencia (cuyo valor de referencia ha aumentado), transformadores BT/BT, pero también rectificadores con entrada a condensadores cada vez más utilizados (lámparas con encendido electrónico, ordenadores, equipos médicos, etc.).
- Receptores automatizados con funcionamiento cíclico debido a la creciente automatización ya que implica maniobras cada vez más repetitivas ejemplo los que son utilizados en el control de motores.

La exigencia de una mayor continuidad y calidad del servicio aumenta con el fin de evitar los cortes de tensión y mejorar la continuidad del servicio obligando a instalar fuente de alimentación de emergencia como los grupos electrógenos, estos tienen características especiales que la protección deberá integrar, por ejemplo, una impedancia mucho mayor de la fuente, lo cual se debe realizar un estudio adecuado cuando entre en operación los grupos de emergencia.

2.11.1. COMPONENTES DE UN INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

La sobre intensidades son detectadas por tres dispositivos diferentes.

- Térmicos: en el caso de sobrecargas
- Magnético: en el caso de cortocircuito
- Electrónicos: para ambos casos

Los relés térmicos y magnéticos que generalmente se combinan usan tecnología económica y de probada calidad.

RELE TÉRMICO

Este consiste en una pletina bimetálica que al calentarse más allá de los valores de funcionamiento normales se deforma, abriendo el circuito.

El tiempo de reacción de una pletina bimetálica es inversamente proporcional a la intensidad de la corriente. Como resultado de su inercia térmica, la pletina bimetálica reacciona con mayor rapidez cuando una segunda sobrecarga sigue a la primera en rápida sucesión. Esto mejora la protección de los cables, cuya temperatura ya es alta.

RELÉ MAGNÉTICO

Este consiste en una bobina magnética cuyo objeto abre el bloqueo que mantiene los contactos unidos, disparando de esta forma el corte en el caso de que exista sobreintensidades. El tiempo de respuesta es muy corto (alrededor de una centésima de segundo).

Los interruptores automáticos actuales tienen una regulación I_n ($10 \times I_r$) que se puede usar para fijar el valor de disparo a las condiciones de protección de la instalación, además esta regulación al combinarse con un retardo de tiempo, se puede usar para encontrar las mejores condiciones de selectividad entre los dispositivos.

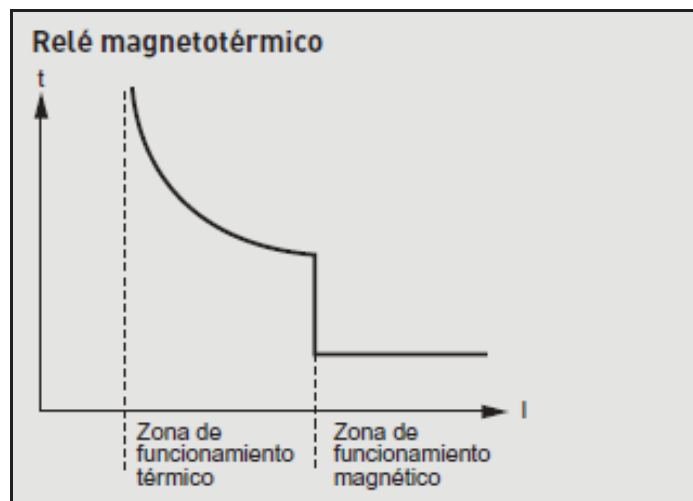


FIGURA 2.31: relé magnetotérmico Interruptor automático
FUENTE: dispositivos de corte y protección Legrand pag.05

RELÉ ELECTRÓNICO

Un toroidal, puesto en cada polo, mide permanentemente la corriente en cada uno de ellos.

Esta información es procesada por un módulo electrónico que controla el disparo del automático cuando se exceden los valores de regulación, la curva del interruptor muestra tres zonas de funcionamiento.

- Zona de funcionamiento “instantáneo”
Proporciona protección contra cortocircuito de alta intensidad, viene fijado de fábrica o puede ser ajustado según el dispositivo.
- Zona de funcionamiento con “retardo corto”
Proporciona protección contra cortocircuitos de intensidad menor, lo que generalmente tiene lugar al final de la línea, generalmente el umbral de activación es ajustable. El periodo de retardo puede ser aumentado en pasos de hasta un segundo para asegurar la selectividad con los dispositivos colocados aguas abajo.
- Zona de funcionamiento con “retardo largo”
Es similar a las características de un relé térmico. Protege a los conductores contra sobrecargas, mejora la discriminación y permite la comunicación entre los dispositivos.

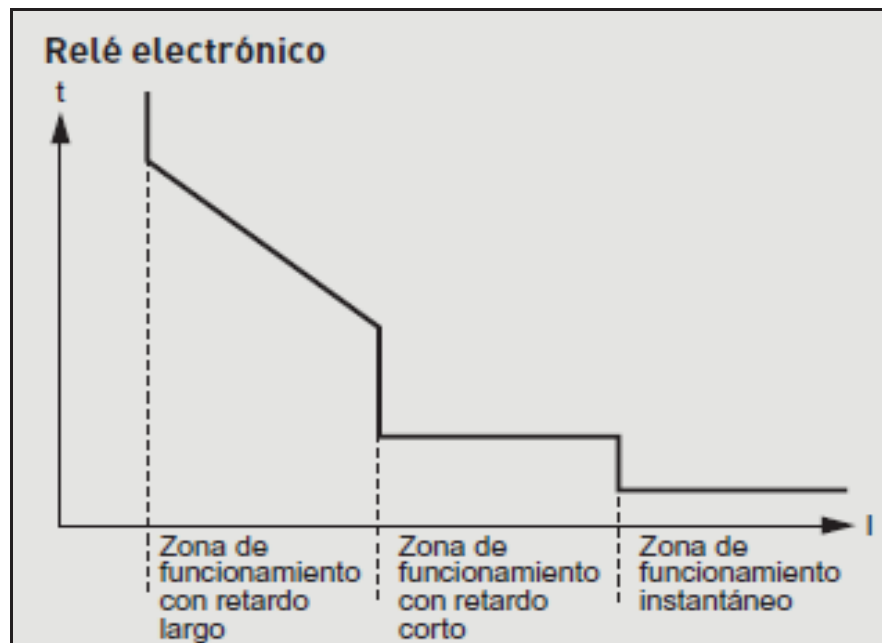


FIGURA 2.32: relé electrónico Interruptor automático
FUENTE: dispositivos de corte y protección Legrand pag.05

2.11.2. CURVAS DE PROTECCIÓN

La curva de protección de los interruptores automáticos en general está compuesta por un ajuste térmico, ajuste magnético y poder de corte.

Mostrado a continuación:

Una sobrecarga caracterizada por un incremento paulatino de la corriente por encima de la I_n , puede deberse a una anomalía permanente que se empieza a manifestar como es una falla de aislamiento, también pueden ser transitorias como es el arranque de un motor.

Todos los componentes de la instalación como son cables deben estar dimensionados para admitir una superior a la normal durante un tiempo determinado sin poner en riesgo sus características eléctricas.

Cuando la sobrecarga se manifiesta de manera violenta (varias veces la I_n) de manera instantánea estamos frente a un corto circuito, el cual deberá aislarse rápidamente para salvaguardar a las persona y bienes.

Un interruptor automático contiene dos protecciones independientes para garantizar los cuales son:

- Protección contra sobrecarga
Su característica de disparo es tiempo independiente o inverso, es decir que a mayor valor de corriente en menor el tiempo de actuación.
- Protección contra cortocircuito
Su característica de disparo es a tiempo independiente, es decir que a partir de cierto valor de corriente de falla la protección actúa, siempre en el mismo tiempo.

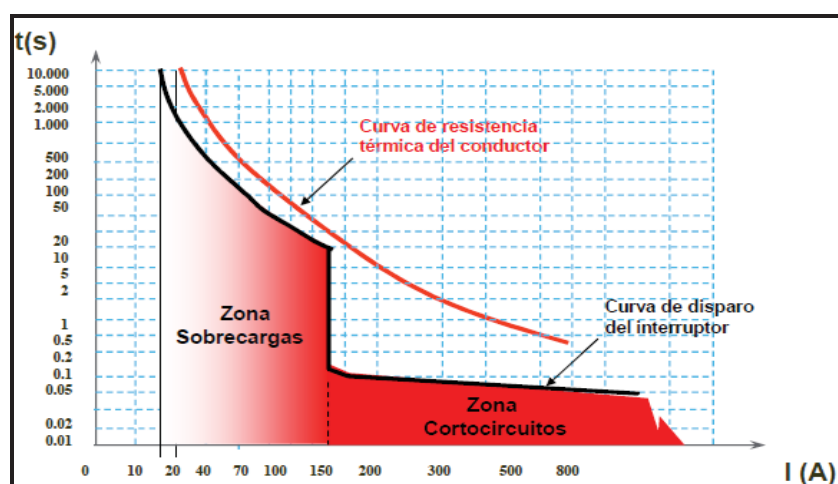


FIGURA 2.33: Interruptor automático
FUENTE: interruptor termomagnético schneider electric catalogo

2.12. CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Las características propias de un interruptor automático son:

2.12.1. TENSIÓN NOMINAL DE FUNCIONAMIENTO U_e (V)

Tensión en la que se puede usar el interruptor automático. El valor indicado es habitualmente el valor máximo. A tensiones menores, ciertas características pueden diferir o incluso mejorar, como ejemplo el poder de corte.

2.12.2. TENSIÓN DE AISLAMIENTO U_i (V)

Este valor actúa como referencia para las características de aislamiento del dispositivo. Las tensiones de prueba de aislamiento o impulsos, frecuencia industrial, etc. Se determinan en base a este valor.

2.12.3. TENSIÓN DE IMPULSO U_{imp} (V)

Este valor caracteriza la capacidad del dispositivo para soportar sobretensiones transitorias como rayos y sobretensiones producidos en la red eléctrica fuera de la instalación red externa.

2.12.4. INTENSIDAD NOMINAL I_n (A)

Este es el valor máximo de corriente que el interruptor puede soportar de manera permanente.

Este valor se da siempre para una temperatura de ambiente de 40°C alrededor del dispositivo, si esta temperatura es mayor se tendrá que reducir la corriente de utilización.

2.12.5. PODER DE CORTE DE UN INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

El poder de corte de un interruptor automático, define la capacidad de este para abrir un circuito automáticamente al establecerse una corriente de cortocircuito, manteniendo el aparato su aptitud de seccionamiento y capacidades funcional de restablecer el circuito de acuerdo a la tecnología de fabricación, existe dos tipos de interruptores automáticos:

- Rápidos
- Limitadores

La diferencia entre un interruptor rápido y un limitador está dada por la capacidad de este último a dejar pasar en un cortocircuito una corriente inferior a la corriente de defecto presunta.

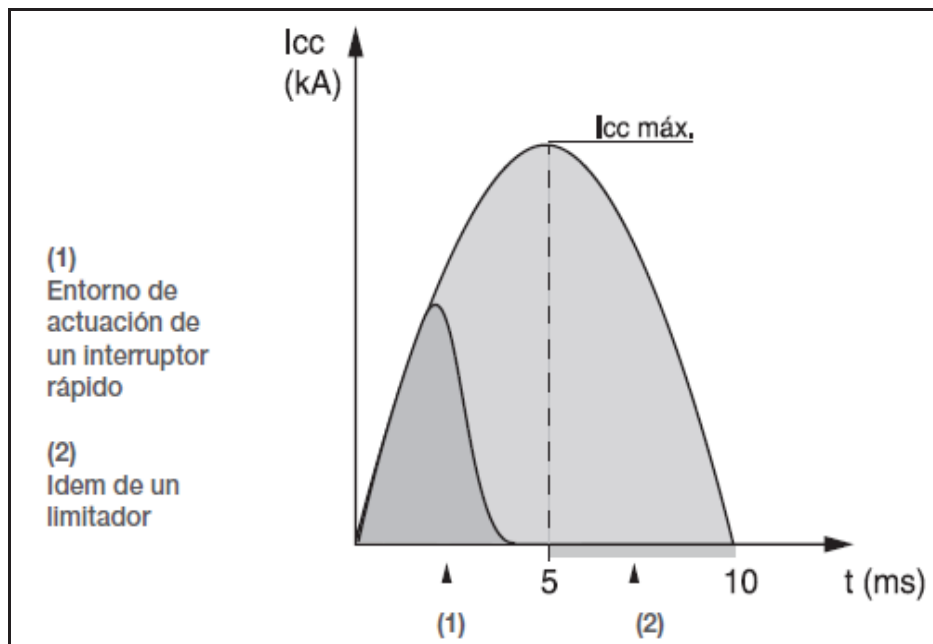


FIGURA 2.34: Actuación de Interruptor automático
FUENTE: Interruptor Termomagnético schneider Electric Catálogo

La velocidad de apertura de un limitador es siempre inferior a 5ms.
El interruptor automático según IEC 60947-2

Tiene definidos dos poderes de corte:

- Poder de ruptura último (I_{cu})
- Poder de ruptura de servicio (I_{cs})

2.12.6. PODER DE RUPTURA ÚLTIMO I_{cu} (KA)

La I_{cu} del interruptor es la máxima corriente de cortocircuito que puede interrumpir a una tensión y ángulo de fase determinados, luego de la apertura de esta corriente máxima dos veces, especialista a la tensión nominal del interruptor el arco se debe cortar en forma segura sin ningún daño para la instalaciones. Puede ser necesario revisar contactos del interruptor.

2.12.7. PODER DE RUPTURA DE SERVICIO I_{cs} (%)

Este es el valor expresado como porcentaje de I_{cu} , El interruptor automático debe ser capaz de operar normalmente después de interrumpir la corriente de I_{cs} varias veces.

El cálculo de la I_{cc} presunta, como lo hemos vistos, se realizar siempre bajo hipótesis maximalistas encaminadas hacia la seguridad, pero de hecho, cuando se produce un cortocircuito, el valor de la corrientes es inferior a la I_{cc} de cálculo. Son estas corrientes de mayor probabilidad de ocurrencias, las que debe ser interrumpida en condiciones de asegurar el retorno al servicio, de manera inmediata y segura, una vez eliminada la causa del defecto.

La I_{cs} es la que garantiza que un interruptor automático, luego de realizar tres aperturas sucesivas a esa corriente, mantiene sus características principales y puede continuar en servicio.

Los criterios para elegir un interruptor en base a su capacidad o poder de ruptura son:

$I_{cu} = I_{cc}$

Seguridad del operador y la instalación.

$I_{cs} = I_{cc}$

Seguridad del operador y de la instalación y continuidad operativa del interruptor.

Un interruptor que tenga una $I_{cs} = 100\%$ de I_{cu} tiene ventajas operativas desde el punto de vista de la continuidad del servicio.

2.13. CLASE DE CURVAS

La clase de curvas de disparo están en función de su capacidad así varié su curva de disparo de acuerdo al circuito o instalación que se quiera proteger.

Para los interruptores automáticos, debe tener lugar el disparo en el caso de cortocircuito.

➤ Curvas B:

Para circuitos resistivos con influencia de transitorios de arranque o con gran longitud de cables hasta el receptor.

De 3 a 5 I_n

➤ Curvas C:

Especialmente para cargas mixtas normales en el ámbito doméstico, residencial.

De 5 a 10 I_n

➤ Curva D:

Circuitos con transitorios fuertes como son transformadores, capacitores, etc.

DE 10 a 20 I_n

➤ **Curva Z**

De alta sensibilidad generalmente de uso para la protección de circuitos que alimenta equipos electrónicos.

De 2.4 a 3.6 I_n

➤ **Curva MA**

Uso principalmente para protección de motores, transformadores cuenta solo con la protección magnética.

De 12 a 14 I_n

La correcta elección de una curva de protección debe contemplar que a la corriente transitoria de arranque, el interruptor no dispare y al mismo tiempo la curva de disparo del mismo este siempre por debajo de la curva limite térmica Z de las cargas a proteger en el gráfico Tiempo – Corriente.

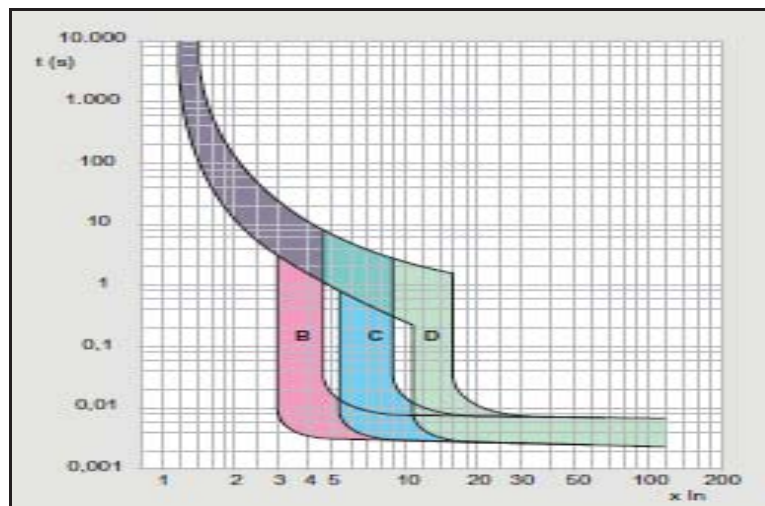


FIGURA 2.35: curva de disparo Interruptor automático
FUENTE: dispositivos de corte y protección Legrand pag.10

2.14. SELECCIÓN DE PROTECCIÓN

La continuidad de servicio es una exigencia en una instalación de uso público como son los hospitales. La falta de una adecuada selectividad puede provocar la apertura simultanea de más de un elemento de protección situado aguas arriba de la falla, por lo que la selectividad es un concepto esencial que se debe tener en cuenta desde el inicio del diseño eléctrico de una instalación. Dos conceptos importantes como son:

- Selectividad
- Filiación

2.15. CONCEPTO DE SELECTIVIDAD

Es la coordinación de los dispositivos de corte, para que un defecto proveniente de un punto cualquiera de la red sea eliminado por la protección ubicada inmediatamente aguas arriba del defecto, y solo por ella. Para todos los valores de defecto, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, la coordinación es totalmente selectiva si el dispositivo de protección D2 abre y D1 permanece cerrado.

Si la condición anterior no es respetada la selectividad es parcial o nula.

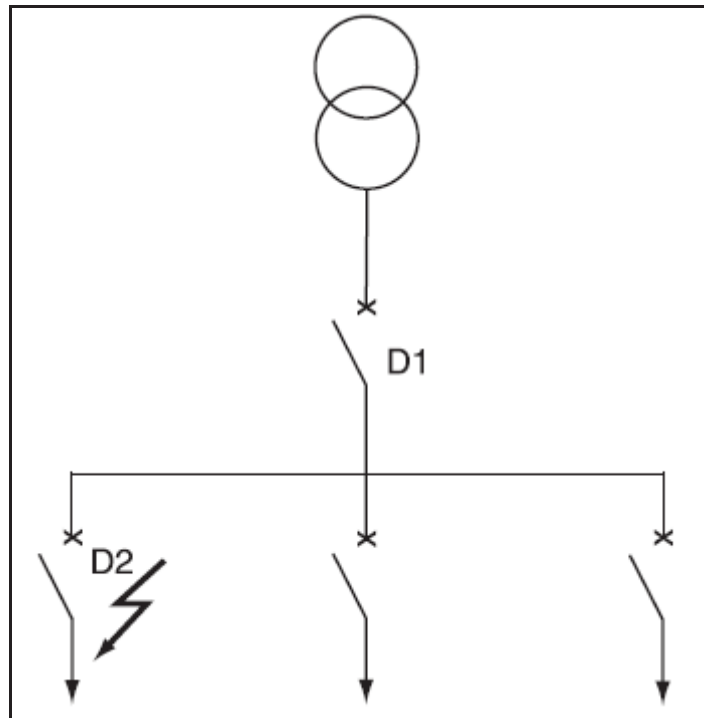


FIGURA 2.36: ejemplo
FUENTE: diseño propio

La selectividad es total cuando sus curvas de operación de los dispositivos no se cruzan, y es parcial cuando en un parte se intersectan.

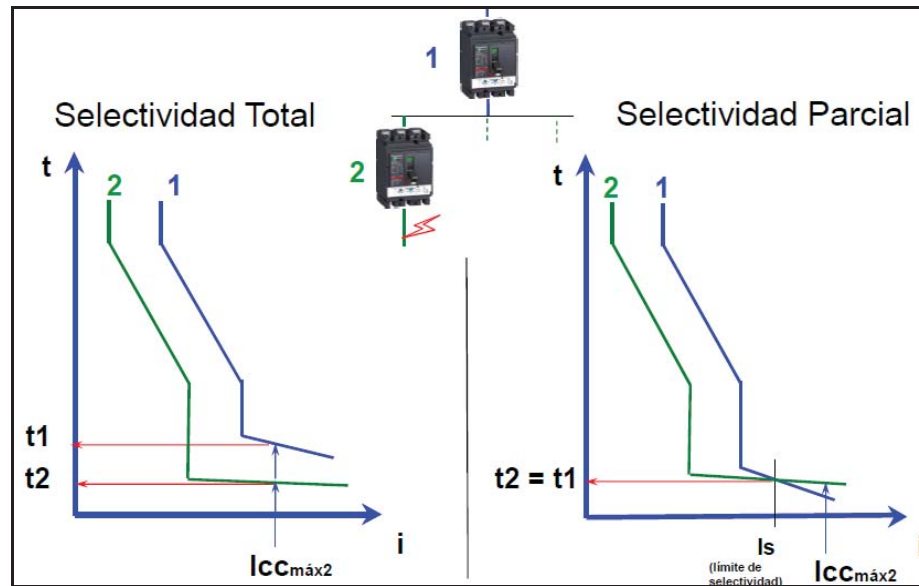


FIGURA 2.37: Tipos de selectividad
FUENTE: Rober Morel schneider electric Pag.08

2.15.1. TÉCNICAS DE SELECTIVIDAD

Las técnicas de selectividad están basadas en la utilización de los parámetros de funcionamiento de los equipos de protección como son:

- I_m : corriente de disparo – selectividad amperimétrica
- T_d : tiempo de disparo – selectividad cronométrica

Tipos de selectividad

El avance de las técnicas de disparo y tecnología de los materiales posibilitan realizar diferentes tipos de selectividad.

- Selectividad amperimétrica
- Selectividad cronométrica
- Selectividad energética

2.15.2. SELECTIVIDAD AMPERIMÉTRICA

Es el resultado de la separación entre los umbrales de los relés instantáneos o de corto retardo de los interruptores automático sucesivos.

La zona de selectividad es tanto más importante cuando mayor es la separación entre los umbrales de los dispositivos de protección instantáneos D_1 y D_2 y cuando mayor sea la distancia entre el punto de defecto.

Se usa sobretodo en distribución terminal.

Se aplica a los casos de cortocircuito y conduce generalmente a una selectividad parcial.

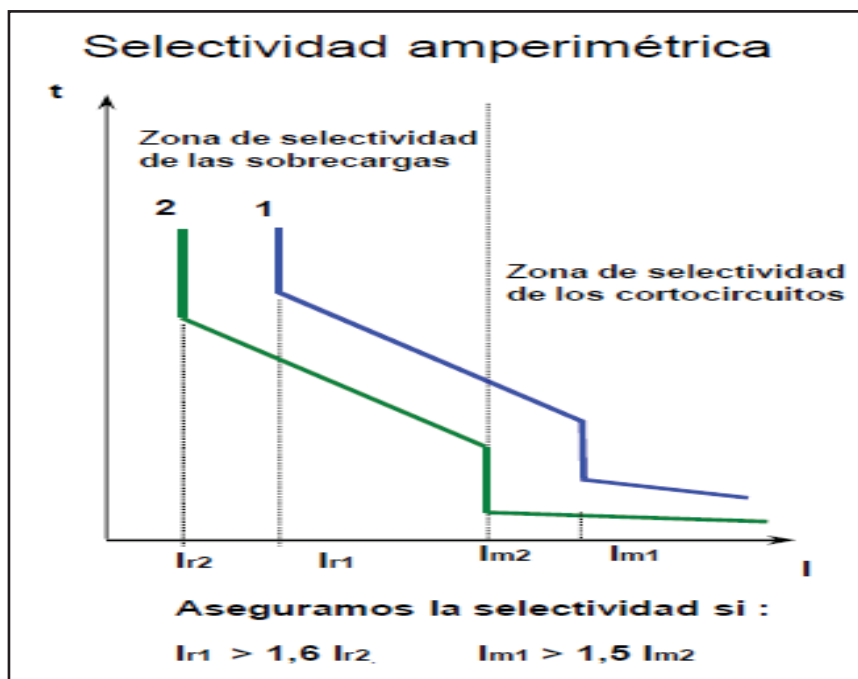


FIGURA 2.38: Selectividad Amperimétrica
FUENTE: Rober Morel schneider electricic Pag.10

2.15.3. SELECTIVIDAD CRONOMÉTRICA

Para garantizar una selectividad total, las curvas de disparo de los dos interruptores automáticos no deben superponerse en ningún punto, cualquiera que sea el valor de la corriente presunta. Esto se obtiene por el escalonamiento de tiempos de funcionamiento de los interruptores equipados con relés de disparo de corto retardo.

Esta selectividad le impone al interruptor D1 una resistencia electrodinámica compatible con la corriente de corta duración admisible que el debe soportar durante la temporización del corto retardo.

Esta temporización puede ser:

- A tiempo inverso
- A tiempo constante (1)
- A una o varias etapas selectivas entre ellas. (2-3)
- Utilizable a un valor inferior a la resistencia electrodinámica.

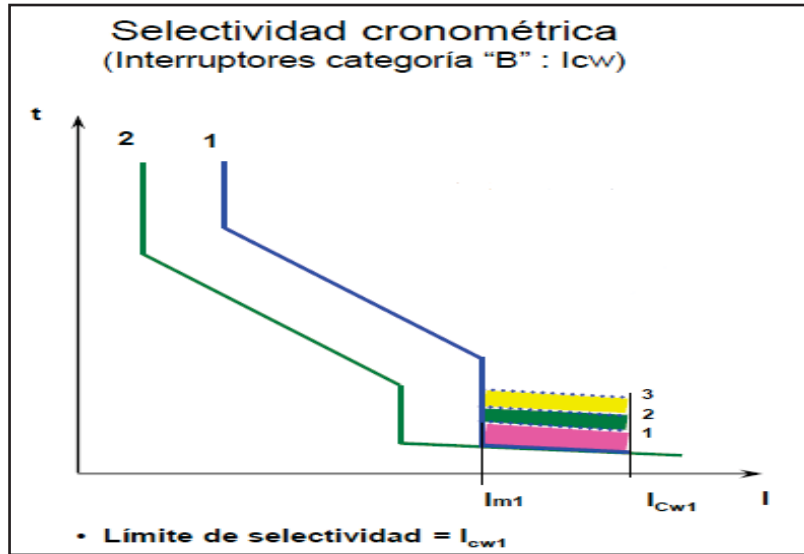


FIGURA 2.39: Selectividad Cronométrica
FUENTE: Rober Morel schneider electric Pag.14

2.15.4. SELECTIVIDAD PSEUDOCRONOMÉTRICA

Es una selectividad mixta ya que es cronométrica para valores débiles de cortocircuito, y amperimétrica para los valores fuertes.

2.15.5. SELECTIVIDAD ENERGÉTICA

Es una mejora y una generalización de la selectividad Pseudocronométrica. La selectividad es total si para cualquier valor de la corriente presunta de cortocircuito la energía que deja pasar el interruptor situado aguas abajo es inferior a la energía necesaria para hacer entrar en acción al relé del interruptor situado aguas arriba.

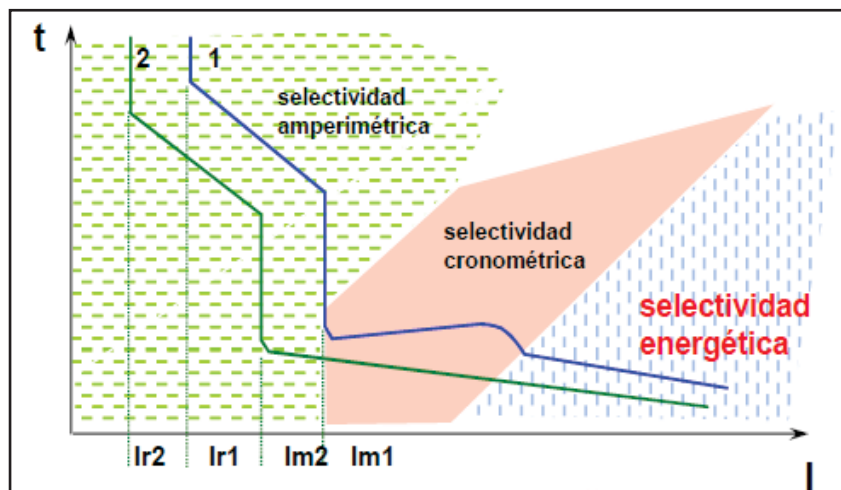


FIGURA 2.40: Selectividad Energética
FUENTE: Rober Morel schneider electric Pag.11

2.15.6. SELECTIVIDAD LÓGICA

Este sistema necesita de una transferencia de información entre los relés de los interruptores automáticos de los diferentes niveles de la distribución radial. Su principio de funcionamiento es:

- Todos los relés que ven una corriente superior a su umbral de funcionamiento envía una orden de espera lógica al que esta justamente agua arriba.
- El relé del interruptor situado aguas arriba, que normalmente es instantáneo, recibe una orden de espera que le significa prepararse para intervenir. Le relé del interruptor A constituye una seguridad en el caso de que el B no actué.

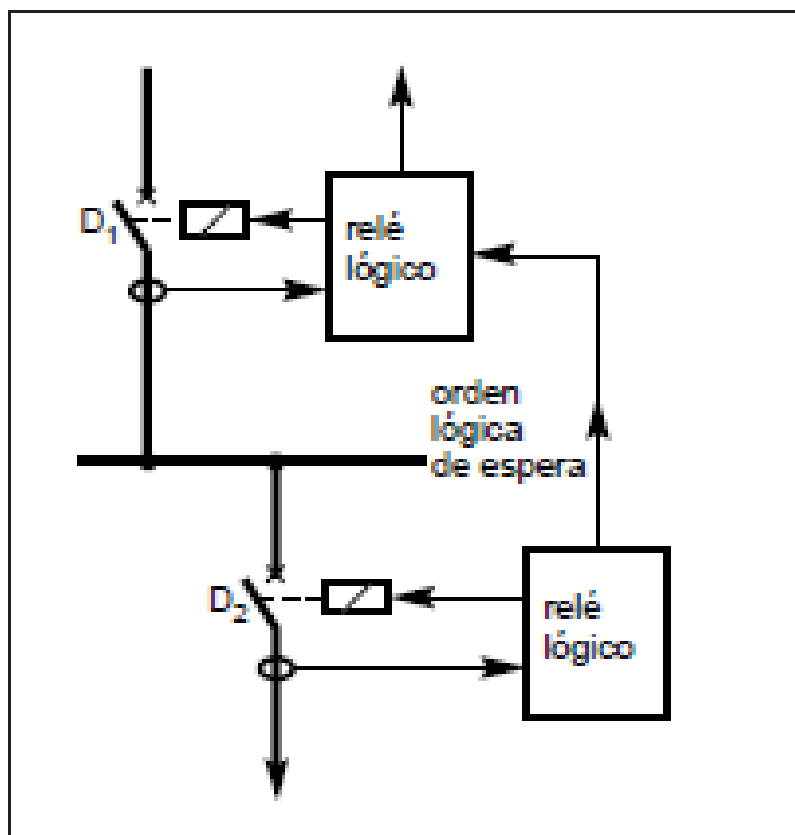


FIGURA 2.41: Selectividad Lógica
FUENTE: Rober Morel schneider electricic Pag.09

2.16. CONCEPTO DE FILIACIÓN

La filiación es la utilización del poder de limitación de los interruptores. Esta limitación ofrece la posibilidad de instalar aguas abajo aparatos de menor poder de corte.

Los interruptores limitadores instalados aguas arriba asumen un rol de barrera para las fuertes corrientes de cortocircuito.

Ellos permiten a los interruptores de poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito presunta en el punto de la instalación.

La limitación de la corriente de ser hace a todos lo largo del circuito controlado por el interruptor limitador situado aguas arriba, y la filiación concierne a todos los aparatos ubicados dentro del mismo tablero.

Desde luego, el poder de corte del interruptor de aguas arriba debe ser superior o igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto donde se está instalado.

La filiación debe ser verificada por ensayos en laboratorio y las asociaciones posibles entre interruptores deberán ser dadas por los constructores.

La filiación o protección de respaldo es elegir un interruptor con menor poder de corte, Mediante la limitación del valor máximo de corriente de cortocircuito que pasa a través del mismo, un interruptor automático con limitación de corriente permite utilizar en todos los circuitos con capacidades de corte de cortocircuito y capacidades de resistencia térmica.

Ventajas de la filiación

La limitación de corriente beneficia a todos los circuitos aguas abajo controladas por el interruptor automático con limitación de corriente.

Este principio no es resistivo, es decir, se puede instalar interruptores automáticos con limitadores de corriente en cualquier punto de una instalación donde las especificaciones de los circuitos aguas abajo serian de otro modo inadecuadas.

Las ventajas son:

- Cálculo simplificado de la corriente de corto circuito
- Simplificación, es decir mayor elección de aparamenta y dispositivos aguas abajo.

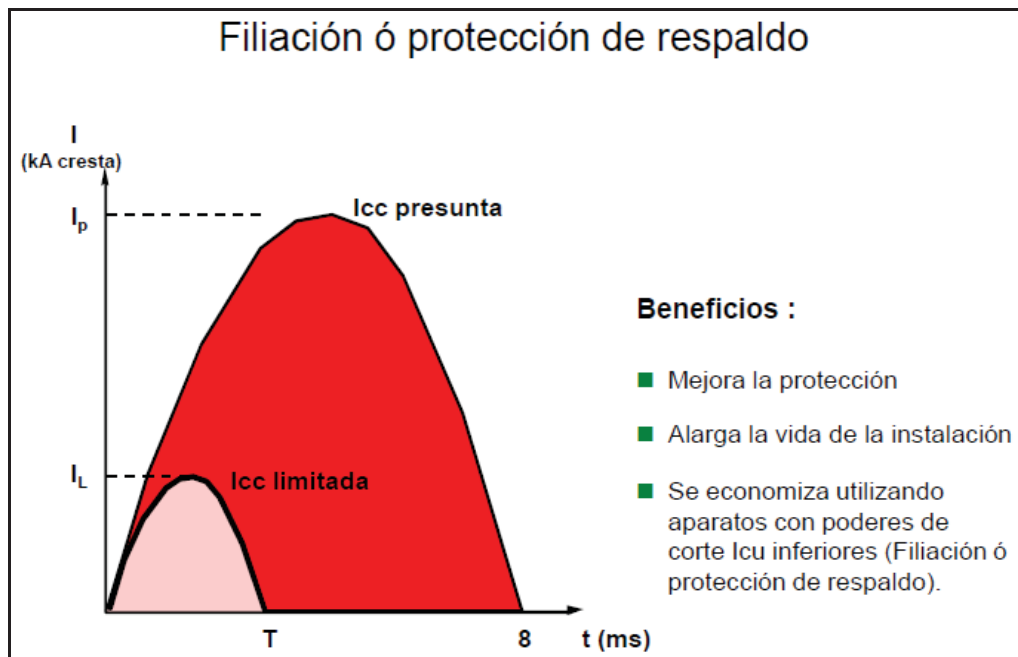


FIGURA 2.42: Filiación
FUENTE: Rober Morel schneider electric Pag.16

Para entender el concepto de cómo actúa un interruptor automático se debe considerar las siguientes características independientes del interruptor automático.

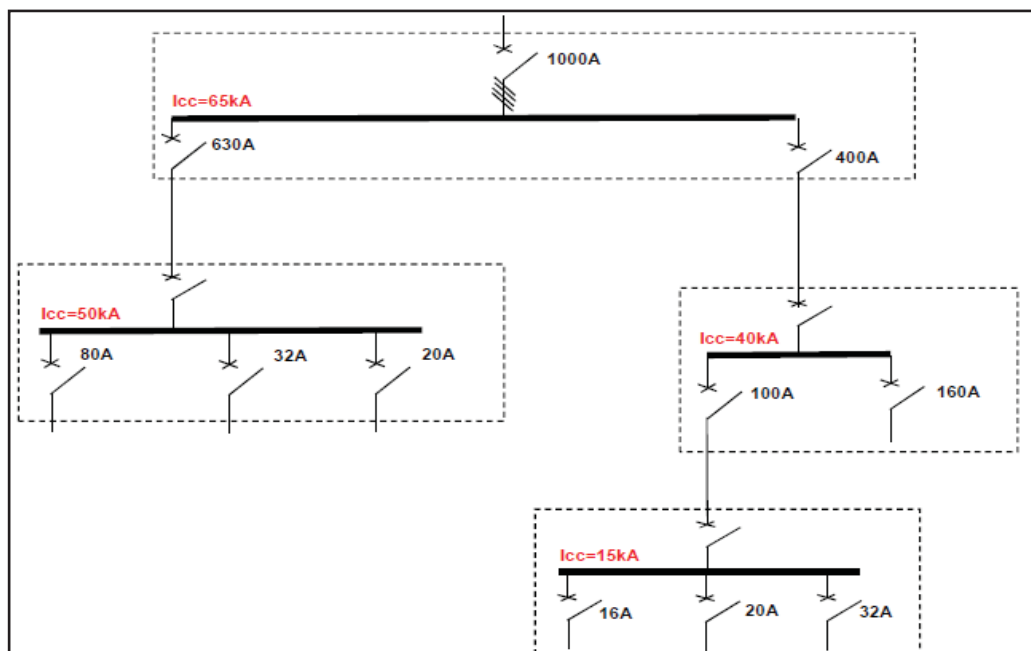


FIGURA 2.43: ejemplo de filiación
FUENTE: schneider electric

2.17. DISPOSITIVOS DIFERENCIALES DE CORRIENTE RESIDUAL EN BAJA TENSIÓN

El dispositivo diferencial esta reconocido actualmente en todo el mundo como un medio eficaz para asegurar, en baja tensión, la protección de personas contra los riesgos eléctricos debido a contactos directos o indirectos.

Su perfecta elección y utilización requieren un buen conocimiento de las instalaciones eléctricas, especialmente en los esquemas de conexión a tierra, de las tecnologías que se utilizan y de sus posibilidades.

2.17.1. CLASES DE INTERRUPTORES DIFERENCIALES DE CORRIENTE RESIDUAL

Sensibilidad al valor de la corriente diferencial de defecto $I_{\Delta n}$ (sensibilidad), se clásica a los interruptores diferenciales de la siguiente manera:

- Baja sensibilidad $I_{\Delta n} > 30 \text{ mA}$
- Alta sensibilidad $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$

La norma IEC 61008, IEC 61009 establecen los valores de sensibilidad normalizadas:

6 mA, 10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA, 500 mA, 1 A, 3 A, 10 A, 30 A.

Los más utilizados son:

10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA, 500 mA

Clases de interruptores diferenciales.

- Clase A

El disparo se garantiza para corrientes alternas sinusoidales diferenciales residuales, en presencia de corrientes continuas diferenciales residuales especificadas.

- Clase Así

El disparo se garantiza para corrientes alternas sinusoidales diferenciales residuales, en presencia de corrientes continuas diferenciales residuales especificadas.

SI (súper-inmunizadas) cuya inmunidad a los disparos intespectivos en las redes contaminadas esta reforzada

- Clase AC

El disparo se garantiza para corrientes alternas sinusoidales diferenciales residuales, sin componente continuo.
- Clase B

El disparo se garantiza para corrientes idénticas de tipo A, para corrientes continuas diferenciales residuales que pueden resultar de una rectificación trifásica.

Clase de los interruptores diferenciales				
ID Clase AC	ID Clase A	ID Clase B	ID Clase A "si" Superinmunizado	ID Clase A SIE
ID Clase AC	Esta clase de protección asegura la desconexión del circuito para corrientes diferenciales residuales, AC senoidales, que puedan aparecer tanto progresivamente como de forma brusca			
ID Clase A	aseguran la desconexión del circuito ante corrientes diferenciales residuales, AC senoidales y corrientes rectificadas con o sin componente continua, que pueden aparecer tanto progresivamente como de forma brusca			
ID Clase B	asegura la desconexión del circuito ante la presencia de corrientes diferenciales residuales tanto de corriente alterna como de corriente continua, que pueden aparecer tanto progresivamente como de forma brusca			
ID Clase A Superinmunizado "si"	es una evolución muy importante de la Clase A, incorpora una electrónica interna de autoinmunización mucho más avanzada, que permite anular los efectos que provocan sobre un ID clase AC y clase A estándar			
ID Clase A Superinmunizado influenciado Externas SIE	Este modelo es una evolución importante del Clase A Superinmunizado "si".			

FIGURA 2.44: Clases de los interruptores diferenciales
FUENTE: schneider electric

2.17.2. SELECTIVIDAD DE INTERRUPTORES DIFERENCIALES

La selectividad impide la desconexión del interruptor aguas arriba porque el de aguas abajo mas (próximo) ha eliminado el defecto.

La selectividad se puede realizar de la siguiente manera:

- 1er. Nivel; tablero general
- 2do. Nivel; tableros secundarios
- 3er. Nivel; tableros terminales

General mente encontramos, a nivel de los cuadros terminales, la protección contra los contactos indirectos y las protecciones contra los contactos directos.

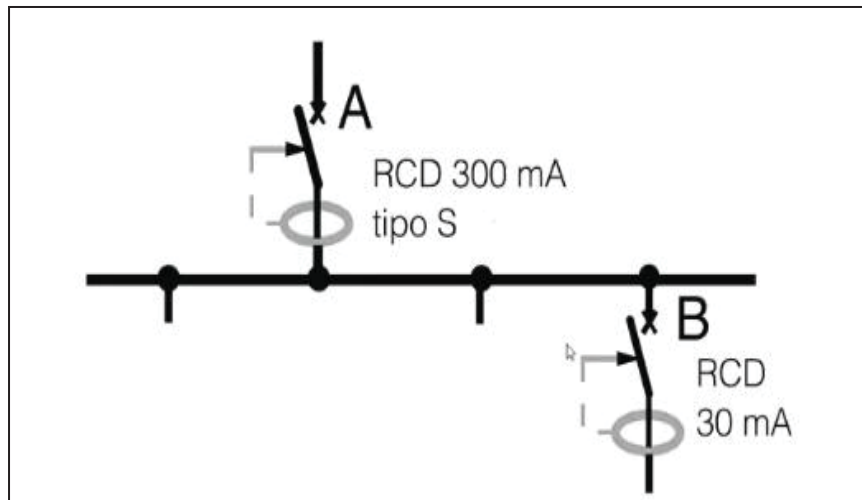


FIGURA 2.45: Ejemplo de selectividad interruptores diferenciales
FUENTE: schneider electric

CAPÍTULO III

3. ESQUEMAS Y DIAGRAMAS UNIFILARES

3.1. SELECCIÓN DE ESQUEMAS Y DIAGRAMAS

Se seleccionó el diagrama unifilar general se detalla en el anexo 01, para lo cual se realizará una descripción del proyecto, y la descripción del diagrama unifilar a detalle con las consideraciones técnicas de los dispositivos de protección que considero el proyectista.

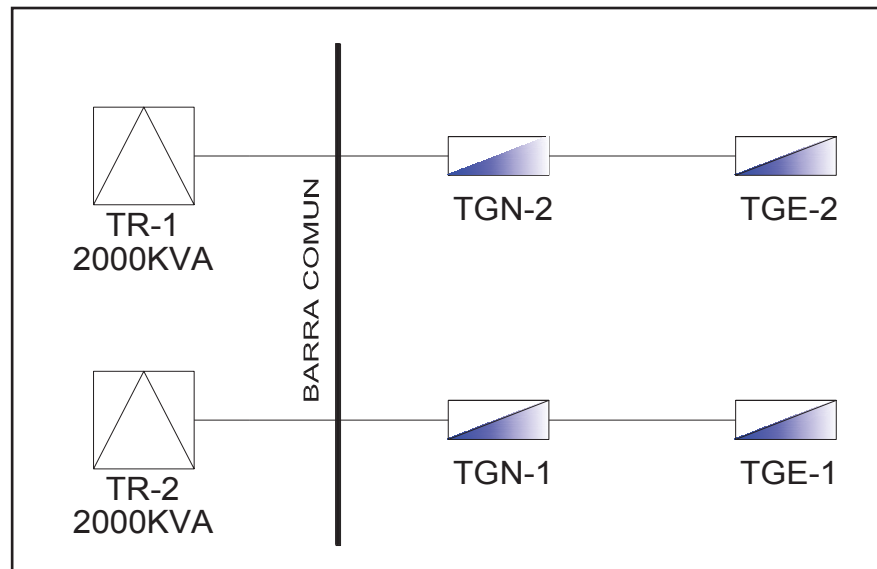


FIGURA 3.1: Esquema
FUENTE: Elaboración Propia

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DEL HOSPITAL ANTONIO LORENA DEL CUSCO

Se realizó una descripción de las instalaciones eléctricas en baja tensión así como en media tensión del hospital Antonio Lorena del cusco.

3.2.1. Descripción del Proyecto de Baja Tensión del Hospital Antonio Lorena del Cusco

Para nuestro estudio se considera datos de la elaboración del proyecto realizado por el proyectista.

El proyecto está provisto de alimentadores eléctricos en baja tensión con todos sus accesorios de soporte, etc. en su recorrido desde la parte baja de los transformadores T1 y T2 hasta los tableros generales TGN1 y TGN2. Y desde estos tableros generales hasta los subtableros de distribución respectivamente.

El suministro eléctrico en BT es en 380 V, trifásico, sistema TT y comienza en la parte baja de los transformadores que operan en paralelo, hasta alimentar a una barra común (tres fases + neutro) y de esta barra se continua hasta los tableros generales TGN-1 y TGN-2 ubicados en el cuarto de tableros principal, contiguo a la subestación y protegidos por sus interruptores automáticos respectivamente.

Desde el tablero general normal TGN-1 se alimentarán a todos los subtableros generales de cada piso los cuales se encuentran ubicados en cuartos de tableros de piso respectivamente, y de este a los tableros de distribución de alumbrado y tomacorrientes; además alimentará al tablero general de emergencia TGE-1.

De igual modo, desde el tablero general normal TGN-2 se alimentarán a todos los subtableros generales de cada piso y cada sector y de este a los tableros de distribución de fuerza, ascensores, etc.; además alimentará al tablero general de emergencia TGE-2.

A. Operación del Sistema Normal

En condiciones normales el Hospital se alimenta de un suministro de la concesionaria en 10KV, por medio de dos transformadores de 2000 KVA cada uno que operarán en paralelo, alimentando ambos a una barra común y de esta barra a los tableros generales normales TGN-1 y TGN-2.

B. Operación del Sistema de Emergencia

El sistema de emergencia está constituido por 2 grupos electrógenos de 850 kW cada uno, conectados a los tableros generales de emergencia TGE1 y TGE2 vía el tablero de sincronización automático con opción de operación manual y los tableros automáticos de transferencia TTA1 y TTA2 respectivamente.

Los grupos podrán trabajar en forma individual o en paralelo, según el requerimiento de la carga de emergencia, la forma de operación será definida por el sistema de control y monitoreo procesando la información enviada por los instrumentos de multifunción correspondientes.

3.2.2. Cuadro de Máxima Demanda

Asumido como dato para el estudio.

CUADRO DE CARGAS Y CÁLCULO DE POTENCIA INSTALADA Y MÁXIMA DEMANDA DEL HOSPITAL ANTONIO LORENA DEL CUSCO		
ÁREAS CONSIDERADAS		
Área total edificada	43413.51	m2
Área techada de alta intensidad	4030	m2
Tipo de suministro	380/220, 3Ø, 4 hilos	
PARÁMETROS DE CARGAS		
Carga básica	20	w/m2
Cargas de alta intensidad	100	w/m2
FACTORES DE DEMANDA (F.D.)		
Carga básica	100	%
Cargas críticas (quirófanos, etc.)	100	%
aire acondicionado	100	%
Para los primeros 900m2	80	%
Para área restante	65	%

TABLA 3.1: cuadro de máxima demanda
FUENTE: memoria de cálculo del proyectista

Determinación de la potencia instalada y máxima demanda integral considerando cargas unitarias y factores de demanda estipuladas por el CNE –Utilización vigente y señaladas en el primer cuadro.

Máxima demanda.

DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA Y MÁXIMA DEMANDA INTEGRAL				
	DESCRIPCIÓN DE CARGAS	P.I (KW)	F.D.	M.D. (KW)
1	Carga básica del área total del hospital	868.27	1.00	868.27
2	Cargas de la áreas de alta intensidad	403.00	1.00	403.00
3	Otras cargas del Hospital			
	Calefacción ambiental (No considera aire acondicionado)	684.00	1.00	684.00
	Cargas potenciales	1313.90		1313.90
4	Carga total del edificio hospitalario			3269.17
5	Carga total del hospital menos cualquier carga de confort			2585.17
	CÁLCULO DE LA CARGA por m2			
	Carga total/área total	59.55	w/m2	
6	Aplicación de los factores de demanda			
6.1	CALEFACCIÓN	684.00	0.75	513.00
6.2	CÁLCULO DE LA CARGA PARA LOS PRIMEROS 900m2	53.59	0.80	42.87
6.3	CÁLCULO DE LA CARGA PARA ÁREA RESTANTE	2531.58	0.65	1645.53
	TOTALES	3269.17		2201.40
	TOTAL			2201.40

TABLA 3.2: cuadro de máxima demanda
FUENTE: memoria de cálculo del proyectista

3.3. UBICACIÓN DE LOS TABLEROS GENERALES EN LA EDIFICACIÓN

Los tableros generales normales y de emergencia se encuentra ubicados en el ambiente casa de fuerza en el primer nivel, desde esta ubicación se realiza un tendido en ductos enterrados a todos los demás subtableros ubicados en los diferentes pabellones.

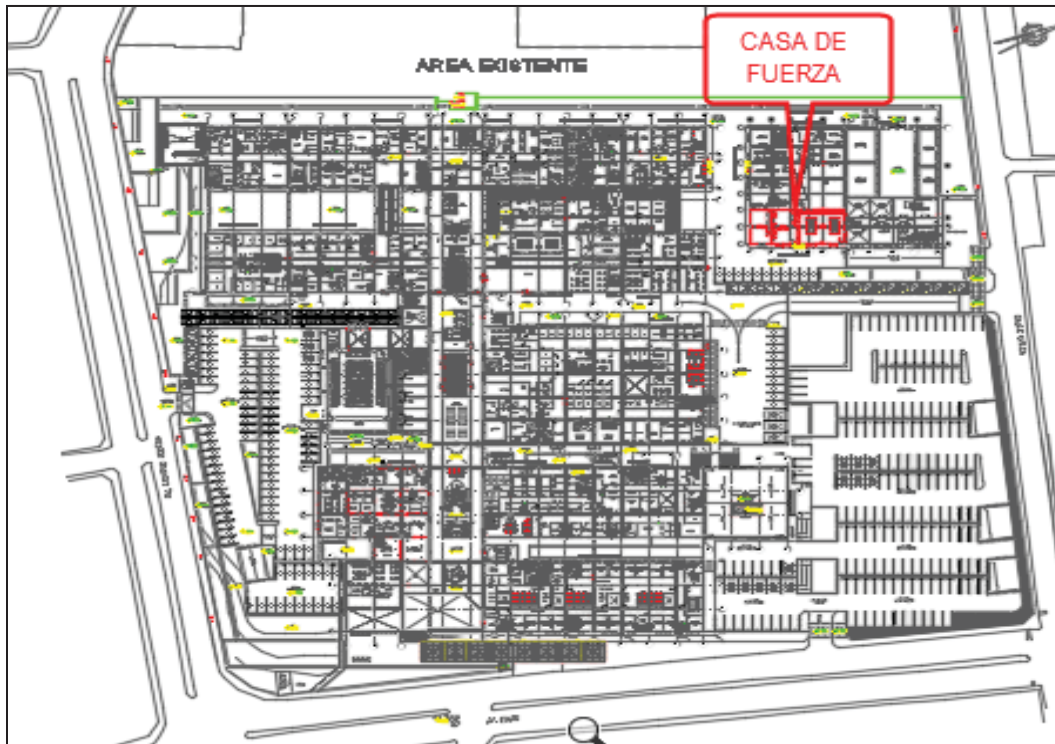


FIGURA 3.2: Ubicación de Casa de Fuerza
FUENTE: Expediente técnico Hospital Antonio Lorena del Cusco

La ubicación de los transformadores así como de los grupos electrógenos se encuentra también en la casa de fuerza como se aprecia en la figura.

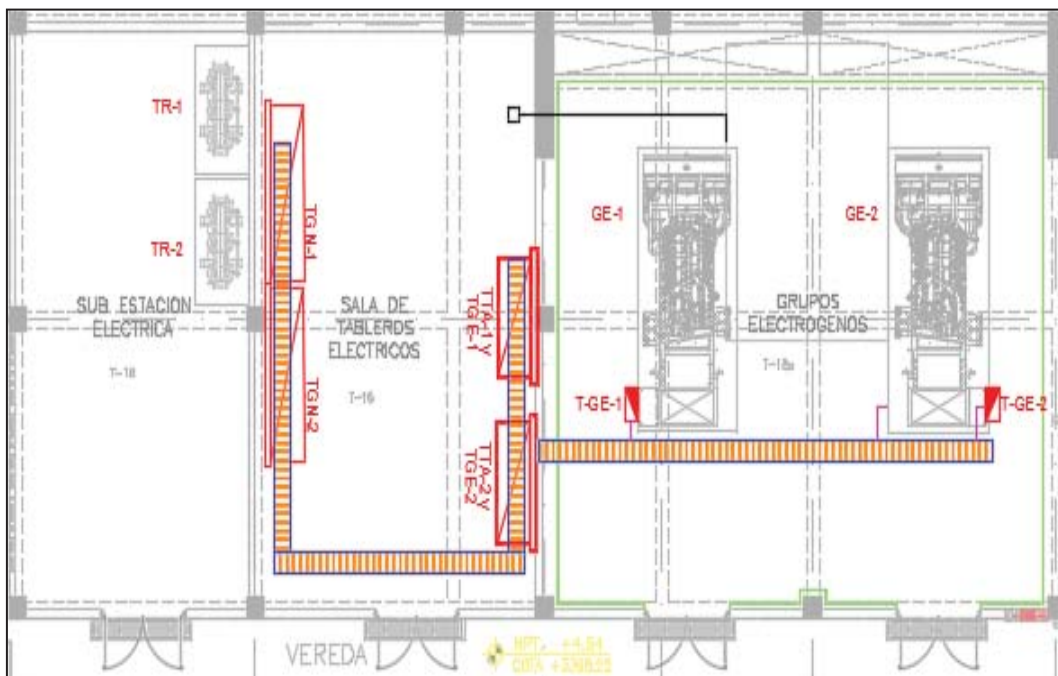


FIGURA 3.3: Ubicación de Tableros generales
FUENTE: Expediente técnico Hospital Antonio Lorena del Cusco

3.4. DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DE BAJA TENSIÓN DEL HOSPITAL ANTONIO LORENA DEL CUSCO A ESTUDIAR

El diagrama unifilar general de baja tensión del hospital Antonio Lorena está constituido de la siguiente manera.

cuenta con:

- 02 tableros generales
 - TGN-1 alimenta cargas generales
 - TGN-2 alimenta cargas especiales
- 02 tableros generales de emergencia
 - TGE-1 alimenta cargas generales
 - TGE-2 alimenta cargas especiales
- tableros de circuitos derivados

3.4.1. TABLERO TGN-1

Este tablero tiene como carga general como son alumbrado y tomacorrientes alimenta en un total de 22 sub-tableros.

Características técnicas interruptor general

- Instalado en Tablero Autosoportado
- Interruptor genera del tipo abierto

Características:

• Corriente nominal	In = 3200 A
• Poder de ruptura	Icu = 150 kA
• Tensión de aislamiento	Ui = 1000 V
• Tensión de resistencia a los choques	Uimp = 8 kV
• Tensión de uso	Ue = 690 V
• Tiempo de corte	25 a 30 ms
• Tiempo de cierre	< a 80 s
• Número de polos	4

3.4.2. TABLERO TGN-2

Este tablero tiene como carga general circuitos de aire acondicionado y circuitos especiales como son salidas de fuerza, alimenta en un total de 16 subtableros.

Características técnicas interruptor general

- Instalado en Tablero Autosoportado
- Interruptor general del tipo abierto

Características:

• Corriente nominal	In = 3200 A
• Poder de ruptura	Icu = 150 kA
• Tensión de aislamiento	Ui = 1000 V
• Tensión de resistencia a los choques	Uimp = 8 kV
• Tensión de uso	Ue = 690 V
• Tiempo de corte	25 a 30 ms
• Tiempo de cierre	< a 80 s
• Número de polos	4

3.4.3. TABLERO TGE-1

Este tablero tiene como carga general circuitos alumbrado y tomacorrientes, alimenta en un total de 24 subtableros.

Características técnicas interruptor general

- Instalado en Tablero Autosoportado
- Interruptor general del tipo abierto

Características:

• Corriente nominal	In = 2500 A
• Poder de ruptura	Icu = 100 kA
• Tensión de aislamiento	Ui = 1000 V
• Tensión de resistencia a los choques	Uimp = 8 kV
• Tensión de uso	Ue = 690 V
• Tiempo de corte	25 a 30 ms
• Tiempo de cierre	< a 80 s
• Número de polos	4

3.4.4. TABLERO TGE-2

Este tablero tiene como carga general circuitos de cargas especiales como son equipos de aire acondicionado, alimenta en un total de 10 subtableros.

Características técnicas interruptor general

- Instalados en Tablero Autosoportado
- Interruptor genera del tipo caja moldeada

Características:

• Corriente nominal	$I_n = 1250 \text{ A}$
• Poder de ruptura	$I_{cu} = 100 \text{ kA}$
• Tensión de aislamiento	$U_i = 1000 \text{ V}$
• Tensión de resistencia a los choques	$U_{imp} = 8 \text{ kV}$
• Tensión de uso	$U_e = 690 \text{ V}$
• Tiempo de corte	25 a 30 ms
• Tiempo de cierre	< a 80 s
• Número de polos	4

3.3.5. Características técnicas interruptor de circuitos derivados

- Interruptor del tipo caja moldeada.

Características:

• Corriente nominal	$I_n = (30 \text{ hasta } 500) \text{ A}$
• Poder de ruptura	$I_{cu} = (18 \text{ hasta } 85) \text{ kA}$
• Tensión de aislamiento	$U_i = 420 \text{ V}$
• Tensión de resistencia a los choques	$U_{imp} = 4 \text{ kV}$
• Tensión de uso	$U_e = 400 \text{ V}$
• Tiempo de corte	25 a 30 ms
• Tipo de curva	C ($I_m = 3 \text{ a } 5 I_n$)
• Número de polos	3, 4

Diagrama Unifilar de Baja Tensión Plano IE-01

Se adjunta diagrama general donde se indica a detalle las características del esquema.

3.4.5. Descripción del Proyecto de Media Tensión del Hospital Antonio Lorena del Cusco

Para nuestro estudio se considera datos de la elaboración del proyecto realizado por el proyectista.

Del punto de derivación y punto de diseño, otorgado con carta I-1290-2012 de fecha 18 de diciembre del 2012, emitido por Electro Sur Este S.A.A.

Subsistema	SET	Alimentador	Demanda proyectada (kW)	Punto de diseño
Mejoramiento integral de la capacidad resolutive del hospital Antonio Lorena nivel III-1	DO	DO 09	1633	EST.SED. N°0010186

TABLA 3.3: Características del Alimentador en Media Tensión
FUENTE: Expediente Técnico del Hospital Antonio Lorena del Cusco

Parámetros de diseño requeridos para el proyecto otorgado por electro sur este S.A.A.

- Potencia de cortocircuito 75.114 MVA
- Tiempo de apertura de protección 0.04 seg.

A. Condiciones de Operación

Los equipos serán utilizados en un sistema de distribución de media tensión de tres conductores con el neutro aislado y con las siguientes características de utilización:

- Tensión nominal del sistema 10 kV
- Tensión máxima de operación 12 kV
- Regulación de voltaje máximo 5%
- Frecuencia 60 Hz

B. Subestación de Distribución Particular

Estará ubicado en el primer nivel, albergará equipos eléctricos como celdas y transformadores. Las celdas serán del tipo modular en aire con seccionamiento en SF6, previstas para su instalación en interiores.

El equipamiento de la subestación particular será según lo siguiente:

- **Una celda de Remonte – R1**, tipo modular, prefabricada, con barras 12 kV y conexión de cables a barras.
- **Una celda de Salida y Protección Principal y Maniobra**, tipo modular, prefabricada, con Interruptor automático en SF6, 12 kV, 630 A, 25 kA, con sus respectivos accesorios. Estará equipado con un relé de fallas a tierra, transformador toroidal y banco de baterías 24 VDC.
- **Una celda de Remonte – R2**, tipo modular, prefabricada, con barra de 12 kV y conexión de cables a barras.

- **Una celda de Salida y Protección y Maniobra** del transformador TR-1 tipo modular, prefabricada, con seccionador de potencia en SF6, 12 kV, 630 A, 16 kA, con sus respectivos accesorios.
- **Una celda de Salida y Protección y Maniobra** del transformador TR-2 tipo modular, prefabricada, con seccionador de potencia en SF6, 12 kV, 630 A, 16 kA, con sus respectivos accesorios.
- **Un Transformador de Potencia (TR-1) 2000 kVA, 10/0.40-0.23 kV.** Los bornes de AT y BT del transformador están encapsulados, evitando el acceso a los mismos.
- **Un Transformador de Potencia (TR-2) 2000 kVA, 10/0.40-0.23 kV.** Los bornes de AT y BT del transformador están encapsulados, evitando el acceso a los mismos.

La interconexión entre las celdas de protección y los transformadores de potencia de 2000 kVA, será con cable seco 3-1x70 mm² N2XSY 8.7/15 kV.

C. Base de Cálculo

Caída de tensión máxima permisible de la red	: 5%
Tensión nominal	: 10kV
Frecuencia nominal	: 60 Hz
Potencia de cortocircuito Pcc Icc, (dato ELECTRO SUR ESTE)	: 75.114 MVA
Tiempo de actuación de protección (dato ELECTRO SURESTE)	: 0.04 Seg.
Demanda máxima	: 1633 kW
Potencia de diseño	: 4000 KVA
Factor de potencia, Cos Ø	: 0.85
Longitud del cable subterráneo N2XSY, 8.7/15 kV, 50 mm ²	: 280 m

D. Potencia de los Transformadores

Según la máxima demanda total obtenida, el transformador deberá tener la capacidad siguiente:

$$\text{Potencia del transformador} = 1633/0.85 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia del transformador} = 1921 \text{ kVA,}$$

Por razones de seguridad en el suministro de energía, se deberá considerar dos transformadores con el 75% cada uno de la Máxima Demanda calculada.

El 75% para cada transformador es $0.75 \times 1921 = 1441$ kVA

Se puede utilizar transformadores normalizados de 1600 y 2,000 kVA

El presente Proyecto considera la instalación de dos transformadores de 2000 kVA c/u para trabajo en paralelo.

CAPÍTULO IV CÁLCULO DE ALIMENTADORES E INTERRUPTORES

4.1. GENERALIDADES

En este capítulo se realizó la verificación del dimensionamiento de los conductores e ITM realizando los cálculos siguientes:

- Cálculo de corriente
- Cálculo de caída de tensión
- Cálculo de corriente de corto circuito
- Cálculo de protección del conductor contra cortocircuito

Fueron obtenidos los valores con el apoyo de una hoja de cálculo Excel que nos ha servido posteriormente para su comparación con los valores obtenidos por el Software Ecodial.

4.2. CÁLCULO DE LA CORRIENTE

Cálculo de la corriente de empleo (corriente para el cual el circuito ha sido diseñado):

La corriente de empleo I_b en un sistema trifásico se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$I_b = \frac{P_t}{K \cdot U_r \cdot \cos \varphi}$$

Donde:

- Pt : es la suma total de las potencias activas de las cargas instaladas en (W): MD
- Ur : es la tensión de funcionamiento 380 V
- CosØ : es el factor de potencia medio de las cargas 0.95 (corregido)
- K : Para éste caso monofásico =1 y trifásico = 1.73

La capacidad de corriente admisible de un cable enterrado se obtiene a través de la siguiente relación:

$$I_z = I_o K_1 K_2 K_3 = I_o K_{tot}$$

Donde:

- I_o : es la capacidad de corriente admisible ordinaria de cada conductor para instalación en el terreno a 20 °C
- K₁ : es el factor de corrección que debe aplicarse si la temperatura del terreno es diferente a 20°C
- K₂ : es el factor de corrección para los cables adyacentes
- K₃ : es el factor de corrección que debe aplicarse si la resistividad térmica del terreno es diferente del valor de referencia de 2.5 k.m / W

FACTOR DE CORRECCIÓN K1

Tabla 5A (Ver las Reglas 030-004(8) y 070-2212 y Tablas 1, 2, 57 y 58) Factores de corrección para temperatura ambiente distinta de 30 °C para cables al aire y distinta a 20 °C para cables en ductos enterrados Aplicables a las columnas de la 2 a la 16 de las Tablas 1 y 2						
Temperatura ambiente [°C]	PVC		XLPE o EPR		MI - Mineral * (al aire)	
	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cubierta de PVC o desnudo y expuesto al contacto 70°C	Desnudo no expuesto al contacto 105 °C
10	1,22	1,10	1,15	1,07	1,26	1,14
15	1,17	1,05	1,12	1,04	1,20	1,11
20	1,12	1,00	1,08	1,00	1,14	1,07

FIGURA 4.1: Tabla 5A
FUENTE: Código Nacional de Electricidad 2006

De acuerdo a la tabla utilizaremos el valor de 1,04 a la temperatura promedio de 15°C de la ciudad del cusco.

FACTOR DE CORRECCIÓN K2

Tabla 5D (Continuación)				
Cable multipolar en ductos de una vía - enterrado (Método de instalación D en la Tabla 2)				
Número de cables	Separación entre ductos (a) *			
	Ninguna (ductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

FIGURA 4.2: Tabla 5D
FUENTE: Código Nacional de Electricidad 2006

De acuerdo a la tabla utilizaremos el valor de 0.55 por la cantidad de circuitos en paralelo de 5.

FACTOR DE CORRECCIÓN K3

Tabla 5B					
Factores de corrección para cables embutidos en ductos					
para resistividades térmicas de suelo distintas de 2,5 K.m/W					
A ser aplicados a la capacidad de corriente nominal para el método de referencia D					
Resistividad térmica [K.m/W]	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección	1,18	1,1	1,05	1	0,96

FIGURA 4.3: Tabla 5B
FUENTE: Código Nacional de Electricidad 2006

De acuerdo a la tabla utilizaremos el valor de 0.96 considerando una resistividad del terreno de 3K.m/W.

CÁLCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL CABLE CORREGIDO

$$I_z = I_o K1K2K3 = I_o K_{tot}$$

$$I_z = I_o \times 1.04 \times 0.65 \times 0.96 = I_o \times 0.65$$

$$K_{tot} = 0.65$$

El valor de 0.65 será el factor de corrección que utilizamos para el cálculo de capacidad admisible de cable.

4.2.1. RESULTADOS DE CÁLCULO POR AMPACIDAD

TABLERO TGN-1

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALIMENTADORES POR AMPACIDAD TABLERO GENERAL NORMAL (TGN-1)						
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR		380V		CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN		
ALIMENTADOR DE TABLERO	M.D. (KW)	Corriente de carga lb (A)	Factor Corr. Ktot	Corriente aparente a transportar I'b = lb / ktot (A)	Corriente admisible del cable por ampacidad (A)	Sección de cable por ampacidad (mm2)
TGN-1	2239.36	3581	1.000	3581	4977	7(3 - 1 x 300)
TL-S1.PB	13.47	22	0.65	33	65	6
TN-S1.PB	25.50	41	0.65	63	90	10
TL-S2.PB	9.50	15	0.65	23	65	6
TN-S2.PB	23.70	38	0.65	58	65	6
TL-S3.PB	3.60	6	0.65	9	65	6
TN-S3.PB	12.90	24	0.65	37	65	6
TL-S4.PB	12.73	20	0.65	31	65	6
TN-S4.PB	44.60	71	0.65	110	125	16
TL-S11.1P	5.90	9	0.65	15	65	6
TN-S11.1P	35.20	37	0.65	57	65	6
TL-S9.1P	5.70	9	0.65	14	65	6
TN-S9.1P	9.60	15	0.65	24	65	6
TL-S8.1P	5.20	8	0.65	13	65	6
TN-S8.1P	16.40	13	0.65	21	65	6
TL-S7.1P	37.20	59	0.65	92	125	16
TN-S7.1P	122.30	186	0.65	286	305	70
TL-S10.1P	49.61	79	0.65	122	160	25
TN-S10.1P	187.20	299	0.65	461	510	150
TL-S16.1P	1.20	2	0.65	3	65	6
TN-S16.1P	1.50	2	0.65	4	65	6
TL-S15.1P	3.00	5	0.65	7	65	6
TN-S15.1P	2.40	4	0.65	6	65	6

TABLA 4.1: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores Por Ampacidad (TGN-1)
FUENTE: Elaboración propia

TABLERO TGN-2

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALIMENTADORES POR AMPACIDAD TABLERO GENERAL NORMAL 2 (TGN-2)						
CABLE TIPO N2XY UNIPOLAR				380V	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN	
ALIMENTADOR DE TABLERO	M.D. (KW)	Corriente de carga Ib (A)	Factor Corr. Ktot	Corriente aparente a transportar I'b = Ib / ktot (A)	Corriente admisible del cable por ampacidad (A)	Sección de cable por ampacidad (mm2)
TGN-2	1855.12	2967	1.000	2967	4977	7(3 - 1 x 300)
TFN-S1.PB	68.45	109	0.65	168	200	35
TFN-S2.PB	41.72	67	0.65	103	125	16
TFN-S3.PB	14.15	23	0.65	35	65	6
TFN-S4.PB	67.70	108	0.65	167	200	35
TFN-S11.1P	52.59	84	0.65	129	160	25
TFN-S9.1P	16.86	27	0.65	41	65	6
TFN-S8.1P	16.82	27	0.65	41	65	6
TFN-S7.1P	100.53	161	0.65	247	305	70
TFN-S10.1P	249.57	399	0.65	614	690	240
TFN-S15.1P	5.78	9	0.65	14	65	6
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°1	100.00	160	0.65	246	305	70
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°2	100.00	160	0.65	246	305	70
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°3	100.00	160	0.65	246	305	70
TOMOGRAFO	85.00	136	0.65	209	240	50
RESONADOR MAGNÉTICO	90.00	144	0.65	221	240	50
ACELERADOR LINEAL	200.00	320	0.65	492	510	150

TABLA 4.2: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores Por Ampacidad (TGN-2)
FUENTE: Elaboración propia

TABLERO TGE-1

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALIMENTADORES POR AMPACIDAD TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA (TGE-1)						
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR		380V		CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN		
ALIMENTADOR DE TABLERO	M.D. (KW)	Corriente de carga Ib (A)	Factor Corr. Ktot	Corriente aparente a transportar I'b = Ib / ktot (A)	Corriente admisible de cable por ampacidad (A)	Sección de cable por ampacidad (mm ²)
TGN-1	2239.36	3581	1.000	3581	4977	7(3 - 1 x 300)
TGE-1	1634.76	2614	1.000	2614	3555	5(3 - 1 x 300)
TLE-S1.PB	11.50	18	0.65	28	65	6
TE-S1.PB	14.13	23	0.65	35	65	6
TLE-S2.PB	6.10	10	0.65	15	65	6
TE-S2.PB	34.80	56	0.65	86	90	10
TLE-S3.PB	3.10	5	0.65	8	65	6
TE-S3.PB	13.00	21	0.65	32	65	6
TLE-S4.PB	9.32	15	0.65	23	65	6
TE-S4.PB	10.07	16	0.65	25	65	6
TLE-S11.1P	13.20	21	0.65	32	65	6
TE-S11.1P	56.85	91	0.65	140	160	25
TLE-S9.1P	3.17	5	0.65	8	65	6
TE-S9.1P	49.75	80	0.65	122	160	25
TLE-S8.1P	3.50	6	0.65	9	65	6
TE-S8.1P	27.36	44	0.65	67	90	10
TLE-S7.1P	44.17	71	0.65	109	125	16
TE-S7.1P	75.70	121	0.65	186	200	35
TLE-S10.1P	78.08	125	0.65	192	200	35
TE-S10.1P	315.40	504	0.65	776	790	300
TLE-S16.1P	1.00	2	0.65	2	65	6
TLE-S15.1P	2.75	4	0.65	7	65	6
TE-S15.1P	45.96	74	0.65	113	125	16
TE-S40.4P	195.50	313	0.65	481	510	150
TE-S33.3P	250.70	401	0.65	617	690	240
TE-S38.4P	127.75	204	0.65	314	375	95
TGES-EI-1P	29.80	48	0.65	73	90	10
TGES-EI-2P	89.00	142	0.65	219	240	50
TGES-EM-1P	72.90	117	0.65	179	200	35
TGES-EM-3P	50.20	80	0.65	124	160	25

TABLA 4.3: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores Por Ampacidad (TGE-1)
FUENTE: Elaboración propia

TABLERO TGE-2

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALIMENTADORES POR AMPACIDAD TABLERO GENERAL EMERGENCIA 2 (TGE-2)						
CABLE TIPO N2XY UNIPOLAR 380V					CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN	
ALIMENTADOR POR TABLERO	M.D. (KW)	Corriente de carga lb (A)	Factor Corr. Ktot	Corriente aparente a transportar l'b = lb / ktot (A)	Corriente admisible de cable por Ampacidad (A)	Sección de cable por ampacidad (mm ²)
TGN-2	1855.12	2967	1.000	2967	4298	7(3 - 1 x 300)
TGE-2	545.95	873	1.000	873	1242	2(3 - 1 x 240)
TFE-S13.1P	12.18	19	0.65	30	65	6
TFE-S26.2P	10.82	17	0.65	27	65	6
TFE-S10.1P	99.59	159	0.65	245	305	70
TFE-S7.1P	71.62	115	0.65	176	200	35
TFE-S16.1P	2.46	4	0.65	6	65	6
TFE-S15.1P	5.33	8	0.65	13	65	6
TGF-ASC	66.00	106	0.65	162	200	35
TGF-SM	39.63	52	0.65	80	90	10
TGF-CHILLER	229.78	367	0.65	565	690	240
TFE-S41.AZ	15.67	25	0.65	39	65	6

TABLA 4.4: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores Por Ampacidad (TGE-2)
FUENTE: Elaboración propia

4.3. CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN

Exige que la sección del cable sea tal que la caída de tensión en él sea menor que la máxima admisible según el CNE. La caída de tensión de un cable es proporcional a su longitud y resistividad e inversamente proporcional a su sección.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3}LI}{n}(r \cos \phi + X \text{sen} \phi)$$

L : longitud de la línea km

r : resistencia de cada cable por unidad de longitud Ω/km

x : reactancia de cada cable por unidad de longitud Ω/km

Sen Φ : 0.312 (dato de catálogo del conductor N2XOH marca Indeco)

Cos Φ : 0.95 (dato de catálogo de conductor N2XOH marca indeco)

n : es el número de los conductores en paralelo por fase

Máxima caída de tensión permitida es de 5% según el código Nacional de Electricidad Utilización 2006.

Porcentajes considera para el cálculo de caída de tensión.

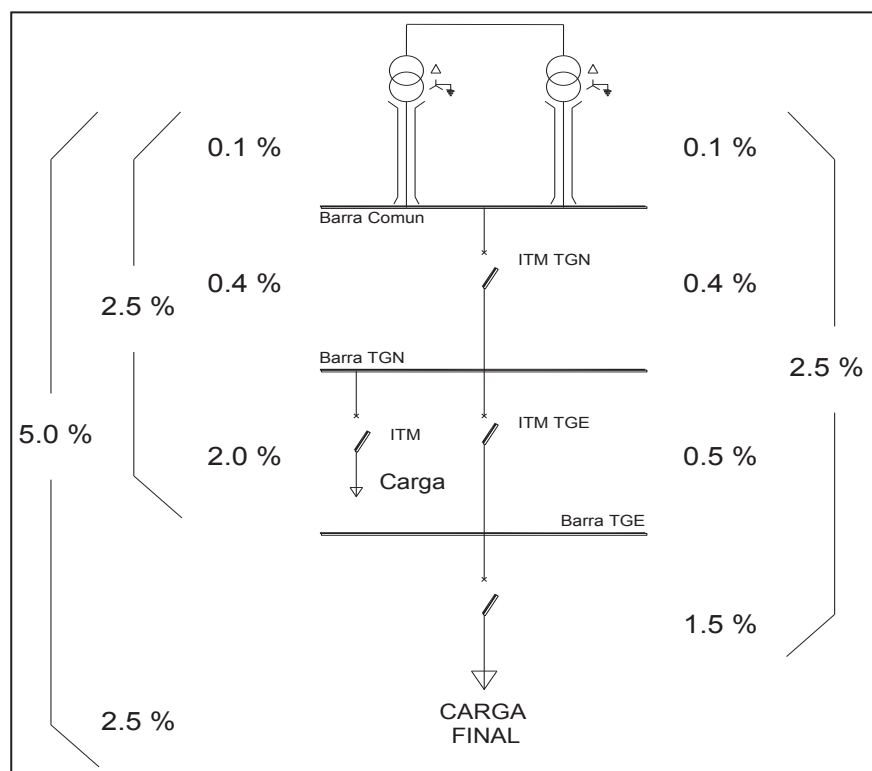


FIGURA 4.4: Porcentaje de caída de tensión propuesto
FUENTE: Diseño propio

El cálculo de caída de tensión obtenido en la alimentación de los tableros principales es:

Alimentador del Tablero	Sección cable Caída de Tensión (mm2)	FCT (para $\cos\phi = 0.95$)	DV Max. Admitida (V)	DV Max. Admitida (%)	DV Max. Calculado (V)	Σ D V Max. Calculado (V)	Σ DV Max. Calculado (%)
Barra Común	Busbar	0.000001	0.38	0.10	0.03	0.03	0.01
TGN-1	7(3 - 1 x 300)	0.00003	1.52	0.40	1.10	1.13	0.30
TGN-2	7(3 - 1 x 300)	0.00003	1.52	0.40	0.91	0.95	0.25
TGE-1	5(3 - 1 x 300)	0.00004	3.80	1.00	2.25	3.39	0.89
TGE-2	2(3 - 1 x 240)	0.00012	3.80	1.00	2.71	3.66	0.96

TABLA 4.5: cálculo de caída de tensión obtenido en la alimentación de los tableros principales
FUENTE: Diseño propio

En la figura se muestra la caída de tensión total obtenida realizando la suma de las caídas de tensión aguas arriba de cada tablero. Se muestra en porcentajes.

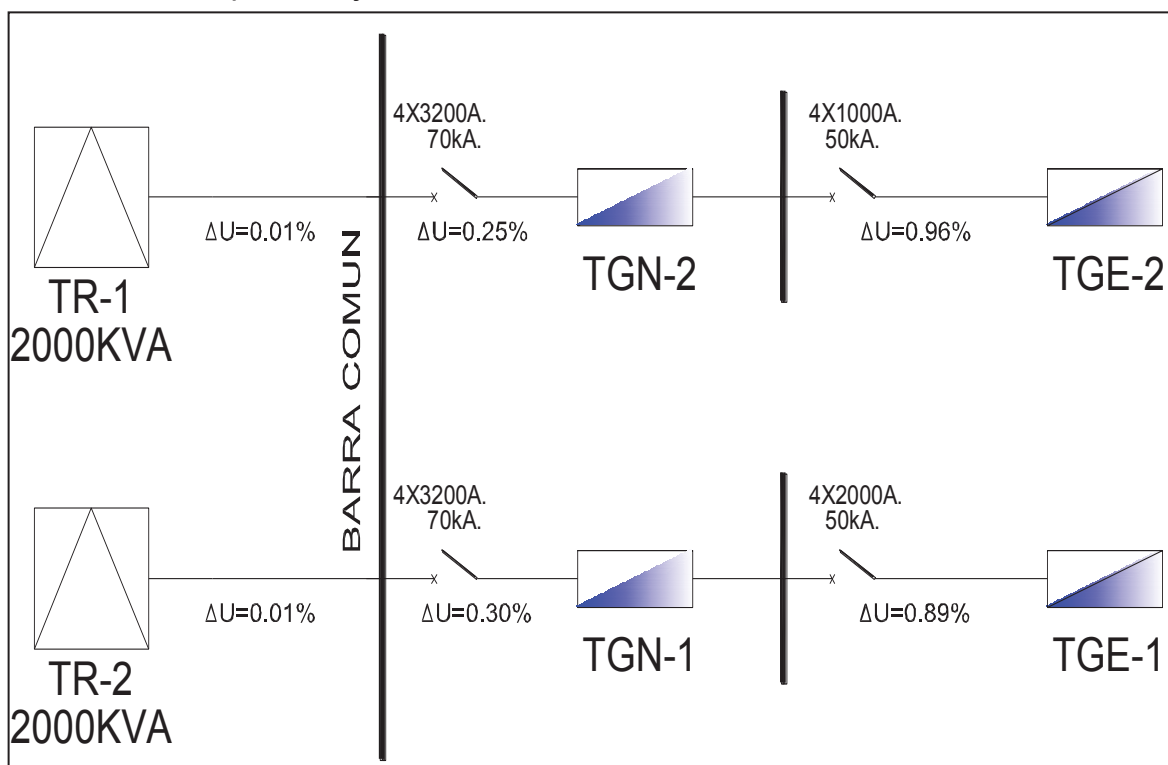


FIGURA 4.5: Porcentaje de caída de Cálculo en tableros principales
FUENTE: Diseño propio.

4.3.1. RESULTADOS DE CAÍDA DE TENSIÓN

TABLERO TGN-1

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALIMENTADORES POR CAÍDA DE TENSIÓN TABLERO GENERAL NORMAL (TGN-1)									
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR					380 V	CAÍDA DE TENSIÓN			
ALIMENTADOR DE TABLERO	LONGITUD (m)	SECCIÓN POR AMPACIDAD	SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN	FCT (para $\cos\phi = 0.95$)	DV Max. Admitida (V)	DV Max. Admitida (%)	DV Max. Cálculad o (V)	Σ D V Max. Cálculad o (V)	Σ DV Max. Cálculado (%)
TGN-1	10.00	7(3 - 1 x 300)	7(3 - 1 x 300)	0.00003	1.52	0.40	1.10	1.13	0.30
TL-S1.PB	246.00	6	35	0.00120	9.50	2.50	6.35	7.49	1.97
TN-S1.PB	246.00	10	95	0.00050	9.50	2.50	5.00	6.13	1.61
TL-S2.PB	232.00	6	25	0.00163	9.50	2.50	5.73	6.86	1.81
TN-S2.PB	231.00	6	70	0.00066	9.50	2.50	5.75	6.88	1.81
TL-S3.PB	166.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	6.29	7.42	1.95
TN-S3.PB	167.00	6	25	0.00163	9.50	2.50	6.56	7.69	2.02
TL-S4.PB	215.00	6	25	0.00163	9.50	2.50	7.12	8.25	2.17
TN-S4.PB	217.00	16	120	0.00041	9.50	2.50	6.39	7.53	1.98
TL-S11.1P	137.00	6	10	0.00395	9.50	2.50	5.11	6.24	1.64
TN-S11.1P	139.00	6	50	0.00091	9.50	2.50	4.68	5.82	1.53
TL-S9.1P	68.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	4.08	5.21	1.37
TN-S9.1P	66.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	6.67	7.80	2.05
TL-S8.1P	80.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	4.38	5.51	1.45
TN-S8.1P	82.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	7.25	8.38	2.21
TL-S7.1P	134.00	16	95	0.00050	9.50	2.50	3.97	5.10	1.34
TN-S7.1P	135.00	70	2(3 - 1 x 185)	0.00015	9.50	2.50	3.76	4.89	1.29
TL-S10.1P	148.00	25	185	0.00030	9.50	2.50	3.51	4.65	1.22
TN-S10.1P	149.00	150	3(3 - 1 x 300)	0.00007	9.50	2.50	3.20	4.34	1.14
TL-S16.1P	55.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	0.69	1.83	0.48
TN-S16.1P	55.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	0.87	2.00	0.53
TL-S15.1P	45.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	1.42	2.55	0.67
TN-S15.1P	44.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	1.11	2.25	0.59

TABLA 4.6: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores Por Caída de Tensión (TGN-1)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO TGN-2

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALIMENTADORES EN CIRCUITOS POR CAÍDA DE TENSIÓN: TABLERO GENERAL NORMAL 2 (TGN-2)										
CABLE TIPO N2XY UNIPOLAR					380 V	CAÍDA DE TENSIÓN				
ALIMENTADOR DE TABLERO	LONGIT UD (m)	SECCIÓN POR AMPACIDAD	SECCIÓN POR CAIDA DE TENSIÓN	FCT (para $\cos\phi = 0.95$)	DV Max. Admitida (V)	DV Max. Admitida (%)	DV Max. Calculado (V)	Σ D V Max. Calculado (V)	Σ DV Max. Calculado (%)	
TGN-2	10.00	7(3 - 1 x 300)	7(3 - 1 x 300)	0.00003	1.52	0.40	0.91	0.95	0.25	
TFN-S1.PB	246.00	35	240	0.00025	9.50	2.50	6.69	7.64	2.01	
TFN-S2.PB	232.00	16	120	0.00041	9.50	2.50	6.39	7.34	1.93	
TFN-S3.PB	167.00	6	25	0.00163	9.50	2.50	6.14	7.09	1.86	
TFN-S4.PB	217.00	35	185	0.00030	9.50	2.50	7.03	7.98	2.10	
TFN-S11.1P	139.00	25	95	0.00050	9.50	2.50	5.82	6.77	1.78	
TFN-S9.1P	66.00	6	10	0.00395	9.50	2.50	7.03	7.98	2.10	
TFN-S8.1P	82.00	6	16	0.00252	9.50	2.50	5.55	6.50	1.71	
TFN-S7.1P	135.00	70	2(3 - 1 x 120)	0.00021	9.50	2.50	4.48	5.43	1.43	
TFN-S10.1P	149.00	240	3(3 - 1 x 300)	0.00007	9.50	2.50	4.27	5.21	1.37	
TFN-S15.1P	44.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	2.68	3.62	0.95	
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°1	166.00	70	240	0.00025	9.50	2.50	6.60	7.54	1.99	
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°2	156.00	70	185	0.00030	9.50	2.50	7.47	8.41	2.21	
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°3	156.00	70	185	0.00030	9.50	2.50	7.47	8.41	2.21	
TOMOGRACO	155.00	50	150	0.00035	9.50	2.50	7.41	8.35	2.20	
RESONADOR MAGNÉTICO	155.00	50	240	0.00025	9.50	2.50	5.54	6.49	1.71	
ACELERADOR LINEAL	194.00	150	2(3 - 1 x 300)	0.00011	9.50	2.50	6.68	7.63	2.01	

TABLA 4.7: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores Por Caída de Tensión (TGN-2)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO TGE-1

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALIMENTADORES EN CIRCUITOS POR CAÍDA DE TENSIÓN: TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA (TGE-1)										
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR					380 V	CAÍDA DE TENSIÓN				
ALIMENTADOR DE TABLERO	LONGITUD (m)	SECCIÓN POR AMPACIDAD	SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN	FCT (para $\cos\phi = 0.95$)	DV Max. Admitida (V)	DV Max. Admitida (%)	DV Max. Calculado (V)	Σ D V Max. Calculado (V)	Σ DV Max. Calculado (%)	
TGN-1	10.00	7(3 - 1 x 300)	7(3 - 1 x 300)	0.00003	1.52	0.40	1.10	1.13	0.30	
TGE-1	20.00	5(3 - 1 x 300)	5(3 - 1 x 300)	0.00004	3.80	1.00	2.25	3.39	0.89	
TLE-S1.PB	246.00	6	50	0.00091	9.50	2.50	4.11	7.50	1.97	
TE-S1.PB	246.00	6	50	0.00091	9.50	2.50	5.05	8.44	2.22	
TLE-S2.PB	232.00	6	25	0.00163	9.50	2.50	3.68	7.07	1.86	
TE-S2.PB	231.00	10	120	0.00041	9.50	2.50	5.31	8.70	2.29	
TLE-S3.PB	166.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	5.41	8.80	2.32	
TE-S3.PB	167.00	6	35	0.00120	9.50	2.50	4.16	7.55	1.99	
TLE-S4.PB	215.00	6	25	0.00163	9.50	2.50	5.21	8.60	2.26	
TE-S4.PB	217.00	6	35	0.00120	9.50	2.50	4.19	7.58	1.99	
TLE-S11.1P	137.00	6	25	0.00163	9.50	2.50	4.70	8.09	2.13	
TE-S11.1P	139.00	25	185	0.00030	9.50	2.50	3.78	7.17	1.89	
TLE-S9.1P	68.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	2.27	5.66	1.49	
TE-S9.1P	66.00	25	50	0.00091	9.50	2.50	4.77	8.16	2.15	
TLE-S8.1P	80.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	2.95	6.33	1.67	
TE-S8.1P	82.00	10	35	0.00120	9.50	2.50	4.30	7.69	2.02	
TLE-S7.1P	134.00	16	120	0.00041	9.50	2.50	3.91	7.30	1.92	
TE-S7.1P	135.00	35	2(3 - 1 x 240)	0.00012	9.50	2.50	2.03	5.42	1.43	
TLE-S10.1P	148.00	35	2(3 - 1 x 300)	0.00011	9.50	2.50	1.99	5.38	1.41	
TE-S10.1P	149.00	300	5(3 - 1 x 500)	0.00004	9.50	2.50	2.82	6.20	1.63	
TLE-S16.1P	55.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	0.58	3.97	1.04	
TLE-S15.1P	45.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	1.30	4.69	1.23	
TE-S15.1P	44.00	16	25	0.00163	9.50	2.50	5.26	8.64	2.27	
TE-S40.4P	203.00	150	3(3 - 1 x 240)	0.00008	9.50	2.50	5.26	8.64	2.27	
TE-S33.3P	122.00	240	3(3 - 1 x 240)	0.00008	9.50	2.50	4.05	7.44	1.96	
TE-S38.4P	180.00	95	2(3 - 1 x 300)	0.00011	9.50	2.50	3.96	7.35	1.93	
TGES-EI-1P	120.00	10	70	0.00066	9.50	2.50	3.75	7.14	1.88	
TGES-EI-2P	150.00	50	2(3 - 1 x 240)	0.00012	9.50	2.50	2.65	6.04	1.59	
TGES-EM-1P	125.00	35	2(3 - 1 x 120)	0.00021	9.50	2.50	3.01	6.40	1.68	
TGES-EM-3P	165.00	25	150	0.00035	9.50	2.50	4.66	8.04	2.12	

TABLA 4.8: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores Por Caída de Tensión (TGE-1)

FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO TGE-2

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALIMENTADORES EN CIRCUITOS POR CAÍDA DE TENSIÓN TABLERO GENERAL EMERGENCIA 2 (TGE-2)										
CABLE TIPO N2XY UNIPOLAR					380 V	CAÍDA DE TENSIÓN				
ALIMENTADOR DE TABLERO	LONGITUD (m)	SECCIÓN POR AMPACIDAD	SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN	FCT (para $\cos\phi = 0.95$)	DV Max. Admitida (V)	DV Max. Admitida (%)	DV Max. Calculado (V)	Σ D V Max. Calculado (V)	Σ DV Max. Calculado (%)	
TGN-2	10.00	7(3 - 1 x 300)	7(3 - 1 x 300)	0.00003	1.52	0.40	0.98	1.01	0.27	
TGE-2	25.00	2(3 - 1 x 240)	2(3 - 1 x 240)	0.00012	3.80	1.00	2.71	3.73	0.98	
TFE-S13.1P	240.00	6	50	0.00091	9.50	2.50	4.24	7.97	2.10	
TFE-S26.2P	231.00	6	35	0.00120	9.50	2.50	4.79	8.52	2.24	
TFE-S10.1P	146.00	70	2(3 - 1 x 240)	0.00012	9.50	2.50	2.89	6.62	1.74	
TFE-S7.1P	135.00	35	240	0.00025	9.50	2.50	3.84	7.57	1.99	
TFE-S16.1P	55.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	1.42	5.15	1.36	
TFE-S15.1P	45.00	6	6	0.00658	9.50	2.50	2.51	6.24	1.64	
TGF-ASC	130.00	35	185	0.00030	9.50	2.50	4.11	7.83	2.06	
TGF-SM	75.00	10	35	0.00120	9.50	2.50	4.68	8.41	2.21	
TGF-CHILLER	148.00	240	4(3 - 1 x 300)	0.00005	9.50	2.50	2.93	6.66	1.75	
TFE-S41.AZ	153.00	6	35	0.00120	9.50	2.50	4.60	8.32	2.19	

TABLA 4.9: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores Por Caida de Tensión (TGE-2)
FUENTE: Elaboración Propia

4.4. CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

Para nuestro estudio utilizaremos la corriente cortocircuito trifásico, ya que esta corriente es mayor en comparación con la corriente de bifásica, monofásica. Para realizar el cálculo se empleó la siguiente normativa.

- Código Nacional de electricidad - Utilización 2006, anexo B sección 080 protección y control
- Norma internacional IEC – 60909.

La intensidad de cortocircuito es I_{cc3} es:

Siendo:

U: 380V

Z_{cc} : impedancia equivalente a todas las impedancias (de la fuente y las líneas)

ΣR : suma de todas las resistencias

ΣX : suma de todas las reactancias

$$I_{cc3} = \frac{U}{\sqrt{3} * Z_{cc}} \quad Z_{cc} = \sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2}$$

IMPEDANCIAS DE LA RED AGUAS ARRIBA

Siendo:

$$U: 380V \quad X_a = \sqrt{Z_a^2 + R_a^2} \quad X_a = 0.98Z_a$$

S_{cc} : 75.114MVA

$$Z_a = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

IMPEDANCIA INTERNA DEL TRANSFORMADOR

$$Z_T = U_{cc} \frac{U^2}{S_n}$$

Siendo:

U: 380V S_n : 2000KVA

U_{cc} : 6%

U_{cc} : 6

LA RESISTENCIA UNITARIA R_L DE LAS LÍNEAS.

$$R_L = \frac{\rho L}{S}$$

Siendo:

S : sección del conductor

ρ : resistividad

R_L : resistencia de la línea

LA REACTANCIA UNITARIA X_L EN LAS LÍNEAS

Siendo:

$$X_L = L\omega = 2\pi fL$$

X_L : Reactancia inductiva m Ω /km

L: Longitud

ω : frecuencia angular

f: frecuencia

4.4.1. CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

TABLERO GENERAL NORMAL TGN-1

Empleando el método de la impedancia, que permite calcular las corrientes de cortocircuito trifásico en cualquier punto del sistema, con una precisión aceptable. Consiste en sumar separadamente las diferentes resistencias, hasta el punto considerado, calculando también la impedancia correspondiente. La I_{cc} se obtiene aplicando las formulas ya mencionadas:

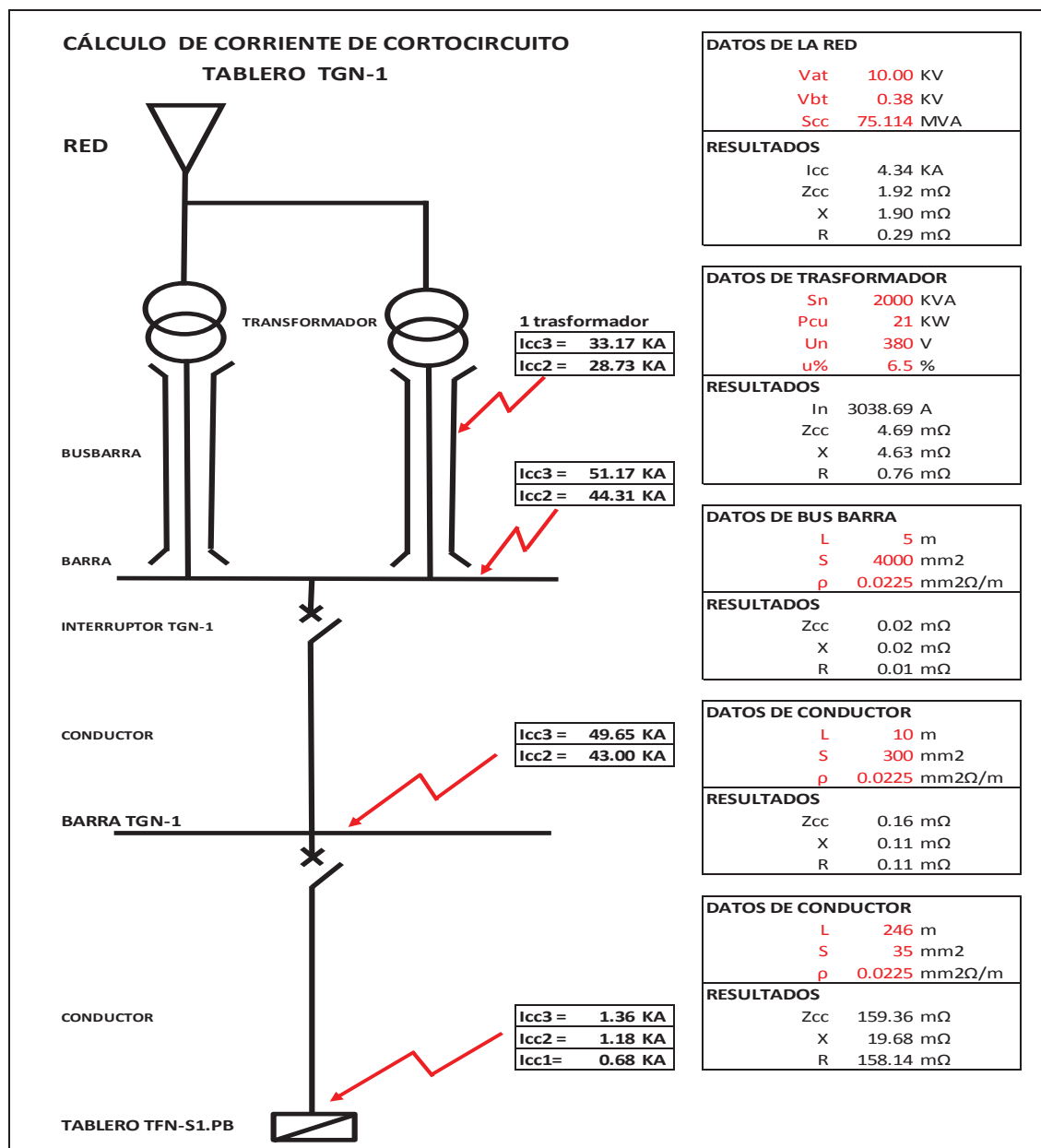


FIGURA 4.6: Cálculo de Corriente de Cortocircuito Trifásico (TGN-1)
FUENTE: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos del cálculo de corriente de cortocircuito se obtiene los siguientes resultados:

- La corriente de cortocircuito trifásico en bus barra de los transformadores en paralelo es $I_{cc3} = 33.17$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en la barra común es $I_{cc3} = 51.17$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en la barra del TGN-1 es $I_{cc3} = 48.57$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en el conductor TL-S1.PB es $I_{cc3} = 1.36$ KA

DATOS GENERALES DE ALIMENTADORES DEL TABLERO TGN-1

RESULTADOS DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO TRIFÁSICO DEL TABLERO GENERAL NORMAL (TGN-1)				
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR			CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN	
ALIMENTADOR POR TABLERO	M.D. (KW)	CORRIENTE DE CARGA Ib (A)	SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN (MM2)	I_{cc3} (KA)
TGN-1	2239.36	3581	7(3 - 1 x 300)	49.65
TL-S1.PB	13.47	22	6	1.36
TN-S1.PB	25.50	41	10	3.44
TL-S2.PB	9.50	15	6	1.04
TN-S2.PB	23.70	38	6	3.65
TL-S3.PB	3.60	6	6	0.35
TN-S3.PB	12.90	24	6	1.44
TL-S4.PB	12.73	20	6	1.56
TN-S4.PB	44.60	71	16	6.29
TL-S11.1P	5.90	9	6	0.71
TN-S11.1P	35.20	37	6	3.36
TL-S9.1P	5.70	9	6	2.07
TN-S9.1P	9.60	15	6	1.47
TL-S8.1P	5.20	8	6	0.73
TN-S8.1P	16.40	13	6	1.18
TL-S7.1P	37.20	59	16	4.72
TN-S7.1P	122.30	186	70	9.52
TL-S10.1P	49.61	79	25	5.56
TN-S10.1P	187.20	299	150	21.82
TL-S16.1P	1.20	2	6	3.14
TN-S16.1P	1.50	2	6	3.14
TL-S15.1P	3.00	5	6	3.82
TN-S15.1P	10.00	4	6	3.91

TABLA 4.10: Resultados de Corriente de Corto Circuito Trifásico (TGN-1)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL NORMAL TGN-2

Empleando el método de la impedancia.

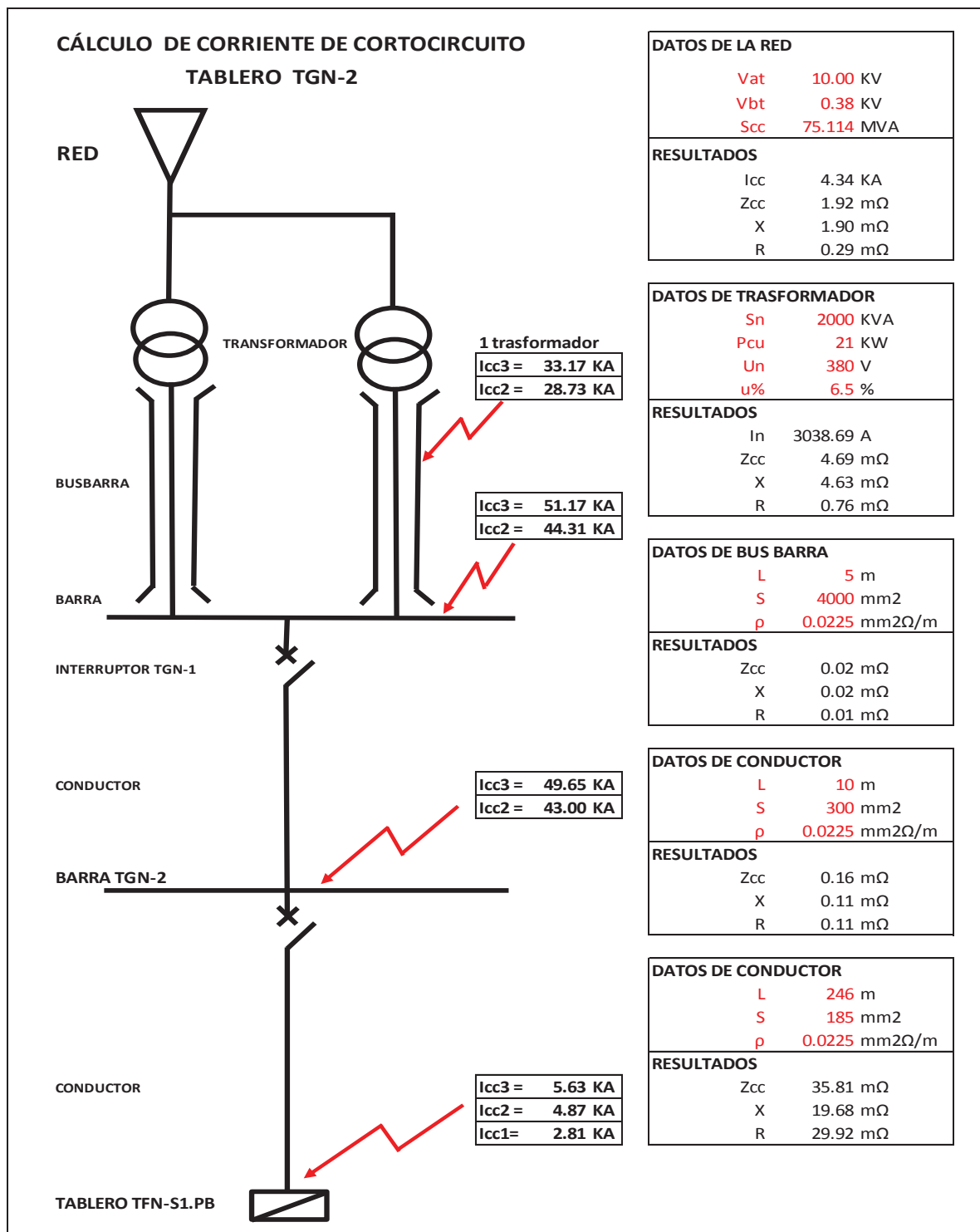


FIGURA 4.7: Cálculo de Corriente de Cortocircuito Trifásico (TGN-2)
FUENTE: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV CÁLCULO DE ALIMENTADORES E INTERRUPTORES

Con los resultados obtenidos del cálculo de corriente de cortocircuito se obtiene los siguientes resultados:

- La corriente de cortocircuito trifásico en bus barra de los transformadores en paralelo es $I_{cc3} = 33.17$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en la barra común es $I_{cc3} = 51.17$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en la barra del tablero TGN-1 es $I_{cc3} = 49.65$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en el tablero de fuerza TFN-S1.PB es $I_{cc3} = 3.12$ KA

DATOS GENERALES DE LOS ALIMENTADORES DEL TABLERO TGN-2

RESULTADOS DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO DEL TABLERO GENERAL NORMAL 2 (TGN-2)				
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR			CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN	
ALIMENTADOR DE TABLERO	M.D. (KW)	CORRIENTE DE CARGA Ib (A)	SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN (mm ²)	I_{cc3} (KA)
TGN-2	1855.12	2967	7(3 - 1 x 300)	49.65
TFN-S1.PB	68.45	109	240	5.63
TFN-S2.PB	41.72	67	120	9.7
TFN-S3.PB	14.15	23	25	1.81
TFN-S4.PB	67.70	108	185	10.3
TFN-S11.1P	52.59	84	95	5.9
TFN-S9.1P	16.86	27	10	1.95
TFN-S8.1P	16.82	27	16	2.48
TFN-S7.1P	100.53	161	2(3 - 1 x 120)	10.2
TFN-S10.1P	249.57	399	3(3 - 1 x 300)	22.9
TFN-S15.1P	5.78	9	6	0.74
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°1	100.00	160	240	13.2
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°2	100.00	160	185	13.5
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°3	100.00	160	185	13.5
TOMOGRAFO	85.00	136	150	16
RESONADOR MAGNÉTICO	90.00	144	240	9.1
ACELERADOR LINEAL	200.00	320	2(3 - 1 x 300)	15.5

TABLA 4.11: Resultados de Corriente de Corto Circuito Trifásico (TGN-2)

FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO TGE-1

Empleando el método de la impedancia.

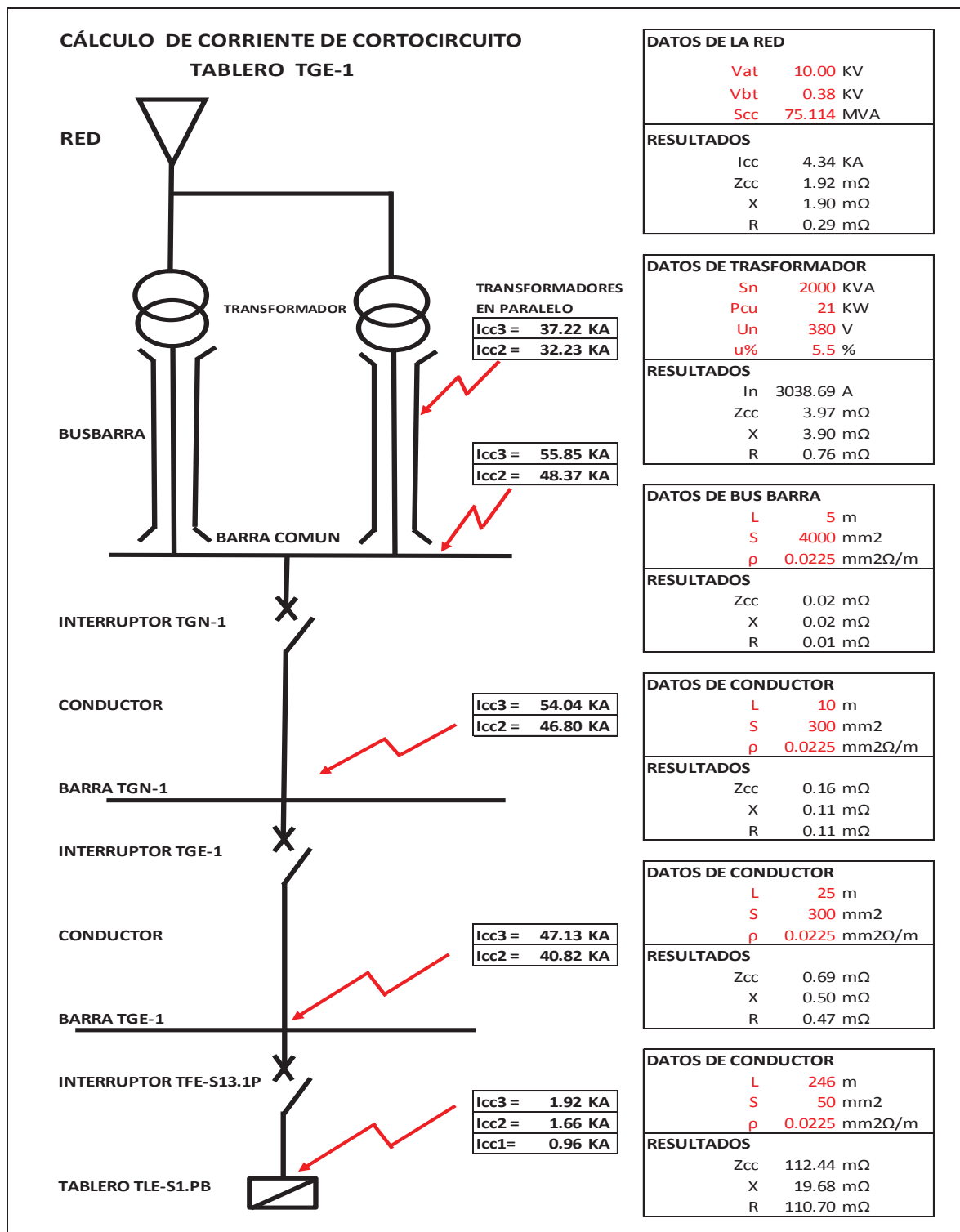


FIGURA 4.8: Cálculo de Corriente de Cortocircuito Trifásico (TGE-1)
FUENTE: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos del cálculo de corriente de cortocircuito se obtiene los siguientes resultados:

- La corriente de cortocircuito trifásico en bus barra de los transformadores en paralelo es $I_{cc3} = 33.17$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en la barra común es $I_{cc3} = 51.17$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en la barra del tablero general normal TGN-1 es $I_{cc3} = 49.65$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en el tablero TLE-S1.PB es $I_{cc3} = 1.92$ KA

DATOS GENERALES DE LOS ALIMENTADORES DEL TABLERO TGE-1

RESULTADOS DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO DEL TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA (TGE-1)				
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR			CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN	
ALIMENTADOR DE TABLERO	M.D. (KW)	CORRIENTE DE CARGA Ib (A)	SECCIÓN DEL CABLE POR CAÍDA DE TENSIÓN (MM2)	I_{cc3} (KA)
TGN-1	2239.36	3581	7(3 - 1 x 300)	49.65
TGE-1	1634.76	2614	5(3 - 1 x 300)	45.78
TLE-S1.PB	11.50	18	50	1.92
TE-S1.PB	14.13	23	50	2.62
TLE-S2.PB	6.10	10	25	0.67
TE-S2.PB	34.80	56	120	4.39
TLE-S3.PB	3.10	5	6	0.35
TE-S3.PB	13.00	21	35	2.00
TLE-S4.PB	9.32	15	25	1.12
TE-S4.PB	10.07	16	35	1.54
TLE-S11.1P	13.20	21	25	1.75
TE-S11.1P	56.85	91	185	7.00
TLE-S9.1P	3.17	5	6	0.86
TE-S9.1P	49.75	80	50	9.00
TLE-S8.1P	3.50	6	6	0.67
TE-S8.1P	27.36	44	35	0.73
TLE-S7.1P	44.17	71	120	6.06
TE-S7.1P	75.70	121	2(3 - 1 x 240)	9.41
TLE-S10.1P	78.08	125	2(3 - 1 x 300)	8.71
TE-S10.1P	315.40	504	5(3 - 1 x 500)	28.32
TLE-S16.1P	1.00	2	6	1.06
TLE-S15.1P	2.75	4	6	1.29
TE-S15.1P	45.96	74	25	9.80
TE-S40.4P	195.50	313	3(3 - 1 x 240)	17.59
TE-S33.3P	250.70	401	3(3 - 1 x 240)	23.68
TE-S38.4P	127.75	204	2(3 - 1 x 300)	14.47

TABLA 4.12: Resultados de Corriente de Corto Circuito Trifásico (TGE-1)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA TGE-2

Empleando el método de la impedancia.

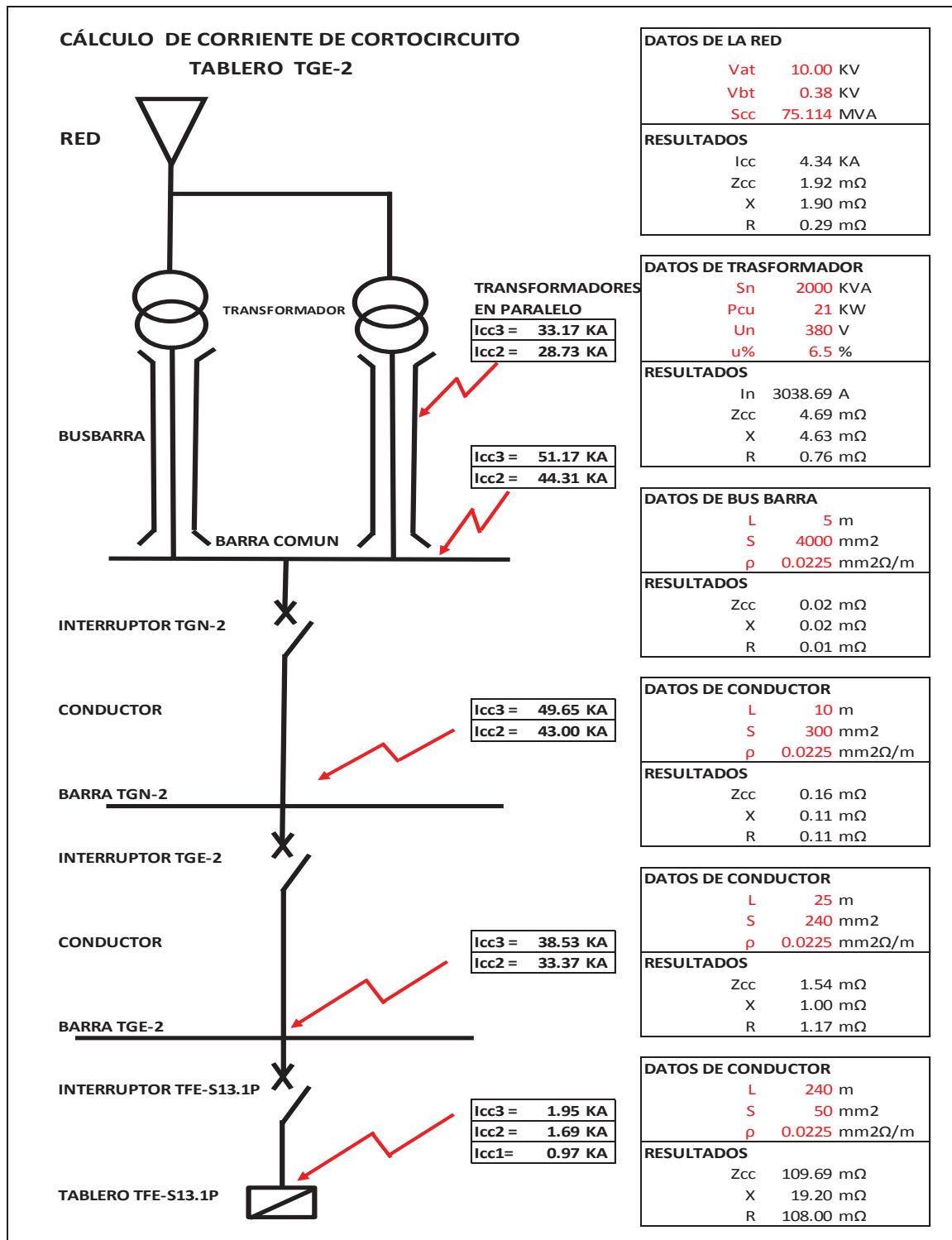


FIGURA 4.9: Cálculo de Corriente de Cortocircuito Trifásico (TGE-2)
FUENTE: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos del cálculo de corriente de cortocircuito se obtiene los siguientes resultados:

- La corriente de cortocircuito trifásico en bus barra de los transformadores en paralelo es $I_{cc3} = 33.17$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en la barra común es $I_{cc3} = 51.17$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en la barra del tablero TGN-1 es $I_{cc3} = 46.18$ KA
- La corriente de cortocircuito trifásico en el tablero TFE-S13.1P es $I_{cc3} = 1.97$ KA

DATOS GENERALES DE LOS ALIMENTADORES DEL TABLERO TGE-2

RESULTADOS DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO DEL TABLERO GENERAL EMERGENCIA 2 (TGE-2)				
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR			CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN	
ALIMENTADOR DE CAÍDA DE TENSIÓN	M.D. (KW)	CORRIENTE DE CARGA Ib (A)	SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN (mm ²)	I _{cc3} (KA)
TGN-2	1855.12	2967	7(3 - 1 x 300)	49.65
TGE-2	545.95	873	2(3 - 1 x 240)	38.53
TFE-S13.1P	12.18	19	50	1.95
TFE-S26.2P	10.82	17	35	1.91
TFE-S10.1P	99.59	159	2(3 - 1 x 240)	17.2
TFE-S7.1P	71.62	115	240	14.7
TFE-S16.1P	2.46	4	6	0.59
TFE-S15.1P	2.09	8	6	1.15
TGF-ASC	5.33	106	185	8.62
TGF-SM	66.00	52	35	4.11
TGF-CHILLER	39.63	367	4(3 - 1 x 300)	22.7
TFE-S41.AZ	229.78	25	35	2.87

TABLA 4.13: Resultados de Corriente de Corto Circuito Trifásico (TGE-2)
FUENTE: Elaboración Propia

4.5. PROTECCIÓN DEL CONDUCTOR CONTRA CORTOCIRCUITO

La protección del conductor contra la corriente de cortocircuito esta en función del tiempo de duración del que dure el defecto, con un tiempo no mayor 5 s, la cual se calculó en la siguiente fórmula:

$$\sqrt{t} = k \frac{S}{I_{cc3}} \quad S = \frac{I_{cc3} x \sqrt{t}}{k}$$

Representación en forma práctica:

$$(I_{cc3}^2 t)_{calculado} \leq (I_{cc3}^2 t)_{CABLE} = k^2 S^2$$

Donde:

t : duración de cortocircuito

S : es la sección del cable en (mm²)

I_{cc3} : corriente de cortocircuito en amperios

K : factor que depende del material aislante del conductor del cable.

Valores de K

	Aislamiento de los conductores							
	PVC 70°C ≤ 300 mm ²	PVC 70°C > 300 mm ²	PVC 90°C ≤ 300 mm ²	PVC 90°C > 300 mm ²	PR/EPR	Goma 60 °C	Mineral Con PVC	Mineral Desnudo
Temperatura inicial °C	70	70	90	90	90	60	70	105
Temperatura final °C	160	140	160	140	250	200	160	250
Material del conductor								
Cobre	115	103	100	86	143	141	115 *	135
Aluminio	76	68	66	57	94	93	-	-
Conexiones soldadas con estaño para conductores de cobre	115	-	-	-	-	-	-	-

FIGURA 4.10: Valores de la constante K
FUENTE: IEC 60949

Los conductores utilizados tienen cubierta termoestable XLPE (polietileno reticulado) y EPR (etileno-propileno)

El valor utilizado es de 143 para cobre.

4.5.1. RESULTADOS DE CÁLCULO DE SECCIÓN POR CORTO CIRCUITO

TABLERO TGN-1

RESULTADOS DE CÁLCULO DE SECCIÓN POR CORTOCIRCUITO TRIFASICO DEL ALIMENTADOR TGN-1 Y SUB ALIMENTADORES					
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR		CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN			
ALIMENTADOR DE TABLERO	Corriente aparente a transportar $I'b = I_b / \text{ktot}$ (A)	Corriente admisible del cable (A)	Sección por caída de tensión (mm ²)	Icc3 analítico (KA)	Sección mínima de cable por Icc3 (mm ²)
TGN-1	3581	4977	7(3 - 1 x 300)	49.65	601
TL-S1.PB	33	65	35	1.36	16
TN-S1.PB	63	90	95	3.44	51
TL-S2.PB	23	65	25	1.04	15
TN-S2.PB	58	65	70	3.65	54
TL-S3.PB	9	65	6	0.35	6
TN-S3.PB	37	65	25	1.44	22
TL-S4.PB	31	65	25	1.56	25
TN-S4.PB	110	125	120	6.29	82
TL-S11.1P	15	65	10	0.71	11
TN-S11.1P	57	65	50	3.36	53
TL-S9.1P	14	65	6	2.07	14
TN-S9.1P	24	65	6	1.47	24
TL-S8.1P	13	65	6	0.73	8
TN-S8.1P	21	65	6	1.18	19
TL-S7.1P	92	125	95	4.72	72
TN-S7.1P	286	305	2(3 - 1 x 185)	9.52	214
TL-S10.1P	122	160	185	5.56	82
TN-S10.1P	461	510	3(3 - 1 x 300)	21.82	277
TL-S16.1P	3	65	6	3.14	7
TN-S16.1P	4	65	6	3.14	7
TL-S15.1P	7	65	6	3.82	9
TN-S15.1P	6	65	6	3.91	9

TABLA 4.14: Resultados de Cálculo de Sección Por Cortocircuito Trifásico del Alimentador TGN-1 y Sub Alimentadores

FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO TGN-2

RESULTADOS DE CÁLCULO DE SECCIÓN POR CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO DEL ALIMENTADOR TGN-2 Y SUB ALIMENTADORES					
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR		CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN			
ALIMENTADOR DE TABLERO	Corriente aparente a transportar $I'b = I_b / \text{ktot}$ (A)	Corriente admisible del cable (A)	Sección por caída de tensión (mm ²)	Icc3 (KA)	Sección mínima de cable por Icc3 (mm ²)
TGN-2	2967	4977	7(3 - 1 x 300)	49.65	601
TFN-S1.PB	168	200	240	5.63	68.19
TFN-S2.PB	103	125	120	9.7	117.49
TFN-S3.PB	35	65	25	1.81	21.92
TFN-S4.PB	167	200	185	10.3	124.76
TFN-S11.1P	129	160	95	5.9	71.46
TFN-S9.1P	41	65	10	1.95	23.62
TFN-S8.1P	41	65	16	2.48	30.04
TFN-S7.1P	247	305	2(3 - 1 x 120)	10.2	123.54
TFN-S10.1P	614	690	3(3 - 1 x 300)	22.9	277.37
TFN-S15.1P	14	65	6	0.74	8.96
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°1	246	305	240	13.2	159.88
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°2	246	305	185	13.5	163.52
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°3	246	305	185	13.5	163.52
TOMOGRFO	209	240	150	16	193.80
RESONADOR MAGNÉTICO	221	240	240	9.1	110.22
ACELERADOR LINEAL	492	510	2(3 - 1 x 300)	15.5	187.74

TABLA 4.15: Resultados de Cálculo de Sección Por Cortocircuito Trifásico del Alimentador TGN-2 y Sub Alimentadores

FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO TGE-1

RESULTADOS DE CÁLCULO DE SECCIÓN POR CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO DEL ALIMENTADOR TGE-1 Y SUB ALIMENTADORES					
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR		CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN			
ALIMENTADOR DE TABLERO	Corriente aparente a transportar $I'b = I_b / k_{tot}$ (A)	Corriente admisible del cable (A)	Sección por caída de tensión (mm ²)	Icc3 (KA)	Sección de mínima de cable por Icc3 (mm ²)
TGN-1	3581	4977	7(3 - 1 x 300)	49.65	601
TGE-1	2614	3555	5(3 - 1 x 300)	45.78	554
TLE-S1.PB	28	65	50	1.92	23
TE-S1.PB	35	65	50	3.32	40
TLE-S2.PB	15	65	25	0.86	10
TE-S2.PB	86	90	120	5.17	63
TLE-S3.PB	8	65	6	0.47	6
TE-S3.PB	32	65	35	2.63	32
TLE-S4.PB	23	65	25	1.32	16
TE-S4.PB	25	65	35	2.03	25
TLE-S11.1P	32	65	25	2.32	28
TE-S11.1P	140	160	185	8.21	99
TLE-S9.1P	8	65	6	0.48	6
TE-S9.1P	122	160	50	10.40	126
TLE-S8.1P	9	65	6	0.97	12
TE-S8.1P	67	90	35	1.43	64
TLE-S7.1P	109	125	120	7.37	89
TE-S7.1P	186	200	2(3 - 1 x 240)	10.20	124
TLE-S10.1P	192	200	2(3 - 1 x 300)	9.40	114
TE-S10.1P	776	790	5(3 - 1 x 500)	30.10	365
TLE-S16.1P	2	65	6	0.59	7
TLE-S15.1P	7	65	6	1.73	21
TE-S15.1P	113	125	25	11.90	144
TE-S40.4P	481	510	3(3 - 1 x 240)	18.40	223
TE-S33.3P	617	690	3(3 - 1 x 240)	25.20	305
TE-S38.4P	314	375	2(3 - 1 x 300)	15.10	183

TABLA 4.16: Resultados de Cálculo de Sección Por Cortocircuito Trifásico del Alimentador TGE-1 y Sub Alimentadores
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO TGE-2

RESULTADOS DE CÁLCULO DE SECCIÓN POR CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO DEL ALIMENTADOR TGE-2 Y SUB ALIMENTADORES					
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR		CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN			
ALIMENTADOR DE TABLERO	Corriente aparente a transportar $I_b = I_b / k_{tot}$ (A)	Corriente admisible del cable (A)	Sección por caída de tensión S1: (mm ²)	I _{cc3} (KA)	Sección mínima de cable por I _{cc3} (mm ²)
TGN-2	2967	4977	7(3 - 1 x 300)	49.65	601
TGE-2	873	1242	2(3 - 1 x 240)	38.53	467
TFE-S13.1P	30	65	50	1.95	24
TFE-S26.2P	27	65	35	1.53	23
TFE-S10.1P	245	305	2(3 - 1 x 240)	15.53	208
TFE-S7.1P	176	200	240	13.25	178
TFE-S16.1P	6	65	6	0.35	7
TFE-S15.1P	13	65	6	1.22	14
TGF-ASC	162	200	185	7.41	104
TGF-SM	80	90	35	3.98	50
TGF-CHILLER	565	690	4(3 - 1 x 300)	19.57	275
TFE-S41.AZ	39	65	35	2.22	35

TABLA 4.17: Resultados de Cálculo de Sección Por Cortocircuito Trifásico del Alimentador TGE-2 y Sub Alimentadores

FUENTE: Elaboración Propia

4.6. SELECCIÓN DE LOS INTERRUPTORES

A. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

La Norma IEC 60364-4-43 específica que se realice la coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección contra sobrecargas

(generalmente puestos al inicio de la conducción que debe protegerse), de modo que se cumplen las dos siguientes condiciones:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (1)$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z \quad (2)$$

Donde:

I_b : es la corriente para la cual el circuito ha sido dimensionado

I_z : es la capacidad en condiciones de régimen permanente de la conducción

I_n : es la corriente asignada del dispositivo de protección, para los dispositivos de protección regulable, la corriente I_n es la corriente regulada.

I_2 : es la corriente que garantiza el funcionamiento efectivo del dispositivo de protección en el tiempo convencional de actuación.



Para elegir correctamente el dispositivo de protección, en base a la condición (1), se deberá controlar que el interruptor automático tenga una corriente asignada (o regulada) que sea:

Superior a la corriente de empleo de la instalación para evitar disparos intempestivos.

Inferior a la capacidad de conducción para evitar la sobrecarga de la misma.

La norma permite la circulación de una corriente de sobrecarga que puede ser de hasta un 45% superior a la capacidad del cable, pero solo por un tiempo limitado (tiempo de actuación convencional de protección).

En el caso de interruptores automáticos no hace falta que se realice la comprobación de la condición (2), ya que el dispositivo de protección actúa automáticamente si:

$I_2 = 1.3 I_n$ para interruptores automáticos conforme a la norma IEC 60947-2 (interruptores automáticos para uso industrial)

$I_2 = 1.45 I_n$ para interruptores automáticos conformes a la norma IEC 60898 (interruptores automáticos para uso doméstico o similar). En consecuencia, si para los interruptores automáticos resulta $I_n \leq 1.45 I_z$, con toda seguridad se cumplirá también la condición $I_2 \leq 1.45 I_z$

4.6.1. RESULTADOS SELECCIÓN DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

TABLERO TGN-1

RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE CAPACIDAD DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DEL TABLERO GENERAL NORMAL 1 (TGN-1)							
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR		CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN					
ALIMENTADOR POR TABLERO	Corriente de carga Ib (A)	Corriente aparente a transportar I'b = Ib / ktot (A)	Corriente admisible del cable (A)	In= corriente asignada por el dispositivo de proteccion	Corriente de corto circuito trifásico Icc (KA)	Poder de Ruptura (KA)	Tipo de Interruptor Termomagnetico
TGN-1	3581	3581	4977	3200	57.2	70	ABIERTO
TL-S1.PB	22	33	65	40	1.68	10	CAJA MOLDEADA
TN-S1.PB	41	63	90	60	4.2	10	CAJA MOLDEADA
TL-S2.PB	15	23	65	30	1.27	10	CAJA MOLDEADA
TN-S2.PB	38	58	65	50	3.54	10	CAJA MOLDEADA
TL-S3.PB	6	9	65	20	0.469	10	CAJA MOLDEADA
TN-S3.PB	24	37	65	30	1.84	10	CAJA MOLDEADA
TL-S4.PB	20	31	65	30	2.05	10	CAJA MOLDEADA
TN-S4.PB	71	110	125	100	6.2	10	CAJA MOLDEADA
TL-S11.1P	9	15	65	30	0.947	10	CAJA MOLDEADA
TN-S11.1P	37	57	65	50	4.35	10	CAJA MOLDEADA
TL-S9.1P	9	14	65	30	2.77	10	CAJA MOLDEADA
TN-S9.1P	15	24	65	30	1.96	10	CAJA MOLDEADA
TL-S8.1P	8	13	65	30	0.975	10	CAJA MOLDEADA
TN-S8.1P	13	21	65	30	1.58	10	CAJA MOLDEADA
TL-S7.1P	59	92	125	80	7.41	10	CAJA MOLDEADA
TN-S7.1P	186	286	305	250	17.6	10	CAJA MOLDEADA
TL-S10.1P	79	122	160	100	9.5	10	CAJA MOLDEADA
TN-S10.1P	299	461	510	400	23.3	25	CAJA MOLDEADA
TL-S16.1P	2	3	65	20	1.42	10	CAJA MOLDEADA
TN-S16.1P	2	4	65	20	1.42	10	CAJA MOLDEADA
TL-S15.1P	5	7	65	20	1.73	10	CAJA MOLDEADA
TN-S15.1P	4	6	65	20	1.77	10	CAJA MOLDEADA

TABLA 4.18: Resultados de la Selección de Capacidad de los Interruptores Termomagneticos del (TGN-1)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO TGN-2

RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE CAPACIDAD DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DEL TABLERO GENERAL NORMAL 2 (TGN-2)							
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR		CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN					
ALIMENTADOR POR TABLERO	Corriente de carga Ib (A)	Corriente aparente a transportar I'b = Ib / ktot (A)	Corriente admisible del cable (A)	In= corriente asignada por el dispositivo de proteccion	Corriente de corto circuito trifásico Icc (KA)	Poder de Ruptura Icu(KA)	Tipo de Interruptor Termomagnetico
TGN-2	2967	2967	4298	3,200	57.2	70	ABIERTO
TFN-S1.PB	109	168	200	125	6.61	15	CAJA MOLDEADA
TFN-S2.PB	67	103	125	100	8.44	15	CAJA MOLDEADA
TFN-S3.PB	23	35	65	30	1.81	15	CAJA MOLDEADA
TFN-S4.PB	108	167	200	125	7.38	15	CAJA MOLDEADA
TFN-S11.1P	84	129	160	100	5.89	15	CAJA MOLDEADA
TFN-S9.1P	27	41	65	40	3.11	15	CAJA MOLDEADA
TFN-S8.1P	27	41	65	40	2.51	15	CAJA MOLDEADA
TFN-S7.1P	161	247	305	200	14	15	CAJA MOLDEADA
TFN-S10.1P	399	614	690	450	23.3	25	CAJA MOLDEADA
TFN-S15.1P	9	14	65	20	1.77	15	CAJA MOLDEADA
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°1	160	246	305	200	9.6	15	CAJA MOLDEADA
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°2	160	246	305	200	9.8	15	CAJA MOLDEADA
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°3	160	246	305	200	9.8	15	CAJA MOLDEADA
TOMOGRAFO	136	209	240	200	9.1	15	CAJA MOLDEADA
RESONADOR MAGNÉTICO	144	221	240	200	9.9	15	CAJA MOLDEADA
ACELERADOR LINEAL	320	492	510	400	14.9	25	CAJA MOLDEADA

TABLA 4.19: Resultados de la Selección de Capacidad de los Interruptores Termomagneticos del (TGN-2)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO TGE-1

RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE CAPACIDAD DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DEL TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA (TGE-1)							
ALIMENTADOR POR CABLE	Corriente de carga lb (A)	Corriente aparente a transportar l'b = lb / ktot (A)	Corriente admisible del cable (A)	In= corriente asignada por el dispositivo de protección	Corriente de corto circuito trifásico lcc (KA)	Poder de Ruptura lcu(KA)	Tipo de Interruptor Termomagnético
TGN-1	3581	4977	4977	3,200	57.2	70	ABIERTO
TGE-1	2614	3555	3555	2,000	55.1	70	ABIERTO
TLE-S1.PB	18	65	240	30	2.49	10	CAJA MOLDEADA
TE-S1.PB	23	65	240	50	3.31	10	CAJA MOLDEADA
TLE-S2.PB	10	65	160	30	1.38	10	CAJA MOLDEADA
TE-S2.PB	56	90	435	70	10.5	10	CAJA MOLDEADA
TLE-S3.PB	5	65	65	20	0.781	10	CAJA MOLDEADA
TE-S3.PB	21	65	200	30	2.62	10	CAJA MOLDEADA
TLE-S4.PB	15	65	160	30	2.05	10	CAJA MOLDEADA
TE-S4.PB	16	65	200	30	2.03	10	CAJA MOLDEADA
TLE-S11.1P	21	65	160	30	3.18	10	CAJA MOLDEADA
TE-S11.1P	91	160	575	150	15.6	10	CAJA MOLDEADA
TLE-S9.1P	5	65	65	20	1.14	10	CAJA MOLDEADA
TE-S9.1P	80	160	240	100	10.2	15	CAJA MOLDEADA
TLE-S8.1P	6	65	65	20	0.973	10	CAJA MOLDEADA
TE-S8.1P	44	90	200	60	7.1	10	CAJA MOLDEADA
TLE-S7.1P	71	125	435	100	8.36	10	CAJA MOLDEADA
TE-S7.1P	121	200	1242	150	17.8	15	CAJA MOLDEADA
TLE-S10.1P	125	200	1422	150	17.4	10	CAJA MOLDEADA
TE-S10.1P	504	790	4298	800	29.2	25	CAJA MOLDEADA
TLE-S16.1P	2	65	65	20	1.41	10	CAJA MOLDEADA
TLE-S15.1P	4	65	65	20	1.72	10	CAJA MOLDEADA
TE-S15.1P	74	125	160	30	14.2	15	CAJA MOLDEADA
TE-S40.4P	313	510	1863	400	21.3	20	CAJA MOLDEADA
TE-S33.3P	401	690	1863	500	24.6	36	CAJA MOLDEADA
TE-S38.4P	204	375	1422	300	19.2	20	CAJA MOLDEADA
TGES-EI-1P	48	90	305	100	6.51	10	CAJA MOLDEADA
TGES-EI-2P	142	240	1242	200	16.6	10	CAJA MOLDEADA
TGES-EM-1P	117	200	783	250	15.5	15	CAJA MOLDEADA
TGES-EM-3P	80	160	510	100	7.79	10	CAJA MOLDEADA

TABLA 4.120: Resultados de la Selección de Capacidad de los Interruptores Termomagnéticos del (TGE-1)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO TGE-2

RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE CAPACIDAD DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DEL TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA 2 (TGE-2)							
CABLE TIPO N2XOH UNIPOLAR				CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN			
ALIMENTADO R POR TABLERO	Corriente de carga lb (A)	Corriente aparente a transportar $I'b = lb / ktot$ (A)	Corriente admisible del cable (A)	In= corriente asignada por el dispositivo de proteccion	Corriente de corto circuito trifásico lcc (KA)	Poder de Ruptura lcu(KA)	Tipo de Interruptor Termomagnetico
TGN-2	2967	2967	4977	3,200	55.1	70	ABIERTO
TGE-2	873	873	1242	1,000	55.1	50	ABIERTO
TFE-S13.1P	19	30	65	30	3.35	15	CAJA MOLDEADA
TFE-S26.2P	17	27	65	30	2.62	20	CAJA MOLDEADA
TFE-S10.1P	159	245	305	200	16.4	15	CAJA MOLDEADA
TFE-S7.1P	115	176	200	150	17.2	15	CAJA MOLDEADA
TFE-S16.1P	4	6	65	20	1.41	15	CAJA MOLDEADA
TFE-S15.1P	8	13	65	20	1.72	15	CAJA MOLDEADA
TGF-ASC	106	162	200	150	16.2	15	CAJA MOLDEADA
TGF-SM	52	80	90	70	7.49	15	CAJA MOLDEADA
TGF-CHILLER	367	565	690	500	23.5	20	CAJA MOLDEADA
TFE-S41.AZ	25	39	65	40	3.92	15	CAJA MOLDEADA

TABLA 4.21: Resultados de la Selección de Capacidad de los Interruptores Termomagneticos del (TGE-2)
FUENTE: Elaboración Propia

4.6.2. RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES

TABLERO GENERAL NORMAL (TGN-1)

RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE CAPACIDAD DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES DEL (TGN-1)							
Alimentador del Tablero	Corriente de carga lb (A)	Corriente aparente a transportar l'b = lb / ktot (A)	Corriente admisible del cable (A)	Corriente de Corto Circuito Trifásico (Icc): KA	Poder de Corte Ultimo (Icu): KA	Sensibilidad (mA)	CLASE
TGN-1	3581	3581	4977	-	-	-	-
TL-S1.PB	22	33	65	1.68	10	300	A
TN-S1.PB	41	63	90	4.2	10	300	A
TL-S2.PB	15	23	65	1.27	10	300	A
TN-S2.PB	38	58	65	3.54	10	300	A
TL-S3.PB	6	9	65	0.469	10	300	A
TN-S3.PB	24	37	65	1.84	10	300	A
TL-S4.PB	20	31	65	2.05	10	300	A
TN-S4.PB	71	110	125	6.2	10	300	A
TL-S11.1P	9	15	65	0.947	10	300	A
TN-S11.1P	37	57	65	4.35	10	300	A
TL-S9.1P	9	14	65	2.77	10	300	A
TN-S9.1P	15	24	65	1.96	10	300	A
TL-S8.1P	8	13	65	0.975	10	300	A
TN-S8.1P	13	21	65	1.58	10	300	A
TL-S7.1P	59	92	125	7.41	10	300	A
TN-S7.1P	186	286	305	17.6	10	300	A
TL-S10.1P	79	122	160	9.5	10	300	A
TN-S10.1P	299	461	510	23.3	25	300	A
TL-S16.1P	2	3	65	1.42	10	300	A
TN-S16.1P	2	4	65	1.42	10	300	A
TL-S15.1P	5	7	65	1.73	10	300	A
TN-S15.1P	4	6	65	1.77	10	300	A

TABLA 4.22: Resultados de La Selección de Capacidad de Los Interruptores Diferenciales del (TGN-1)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL NORMAL TGN-2

RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE CAPACIDAD DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES DEL (TGN-2)							
Alimentador del Tablero	Corriente de carga Ib (A)	Corriente aparente a transportar I'b = Ib / ktot (A)	Corriente admisible del cable (A)	Corriente de Corto Circuito Trifásico (Icc): KA	Poder de Corte Ultimo (Icu): KA	Sensibilidad (mA)	CLASE
TGN-2	2967	2967	4298	57.2	70	-	-
TFN-S1.PB	109	168	200	6.61	15	500	A
TFN-S2.PB	67	103	125	8.44	15	500	A
TFN-S3.PB	23	35	65	1.81	15	500	A
TFN-S4.PB	108	167	200	7.38	15	500	A
TFN-S11.1P	84	129	160	5.89	15	500	A
TFN-S9.1P	27	41	65	3.11	15	500	A
TFN-S8.1P	27	41	65	2.51	15	500	A
TFN-S7.1P	161	247	305	14	15	500	A
TFN-S10.1P	399	614	690	23.3	25	500	A
TFN-S15.1P	9	14	65	1.77	15	500	A
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°1	160	246	305	9.6	15	500	A
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°2	160	246	305	9.8	15	500	A
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°3	160	246	305	9.8	15	500	A
TOMÓGRAFO	136	209	240	9.1	15	500	A
RESONADOR MAGNÉTICO	144	221	240	9.9	15	500	A
ACELERADOR LINEAL	320	492	510	14.9	25	500	A

TABLA 4.23: Resultados de La Selección de Capacidad de Los Interruptores Diferenciales del (TGN-2)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA TGE-1

RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE CAPACIDAD DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES DEL (TGE-1)							
Alimentador del Tablero	Corriente de carga Ib (A)	Corriente aparente a transportar I'b = Ib / ktot (A)	Corriente admisible del cable (A)	Corriente de Corto Circuito Trifásico (Icc): KA	Poder de Corte Ultimo (Icu): KA	Sensibilidad (mA)	CLASE
TGN-1	3581	4977	4977	-	-	-	-
TGE-1	2614	3555	3555	-	-	-	-
TLE-S1.PB	18	65	240	2.49	10	100	A
TE-S1.PB	23	65	240	3.31	10	100	A
TLE-S2.PB	10	65	160	1.38	10	100	A
TE-S2.PB	56	90	435	10.5	15	100	A
TLE-S3.PB	5	65	65	0.781	10	100	A
TE-S3.PB	21	65	200	2.62	10	100	A
TLE-S4.PB	15	65	160	2.05	10	100	A
TE-S4.PB	16	65	200	2.03	10	100	A
TLE-S11.1P	21	65	160	3.18	10	100	A
TE-S11.1P	91	160	575	15.6	20	100	A
TLE-S9.1P	5	65	65	1.14	10	100	A
TE-S9.1P	80	160	240	10.2	15	100	A
TLE-S8.1P	6	65	65	0.973	10	100	A
TE-S8.1P	44	90	200	7.1	10	100	A
TLE-S7.1P	71	125	435	8.36	10	100	A
TE-S7.1P	121	200	1242	17.8	20	100	A
TLE-S10.1P	125	200	1422	17.4	20	100	A
TE-S10.1P	504	790	4298	29.2	25	100	A
TLE-S16.1P	2	65	65	1.41	10	100	A
TLE-S15.1P	4	65	65	1.72	10	100	A
TE-S15.1P	74	125	160	14.2	15	100	A
TE-S40.4P	313	510	1863	21.3	20	100	A
TE-S33.3P	401	690	1863	24.6	36	100	A
TE-S38.4P	204	375	1422	19.2	20	100	A
TGES-EI.1P	48	90	305	6.51	10	100	A
TGES-EI.2P	142	240	1242	16.6	20	100	A
TGES-EM.1P	117	200	783	15.5	15	100	A
TGES-EM.3P	80	160	510	7.79	10	100	A

TABLA 4.24: Resultados de La Selección de Capacidad de Los Interruptores Diferenciales del (TGE-1)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA TGE-2

RESULTADOS DE LA SELECCIÓN DE CAPACIDAD DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES DEL (TGE-2)							
Alimentador del Tablero	Corriente de carga Ib (A)	Corriente aparente a transportar I'b = Ib / ktot (A)	Corriente admisible del cable (A)	Corriente de Corto Circuito Trifásico (Icc): KA	Poder de Corte Ultimo (Icu): KA	Sensibilidad (mA)	CLASE
TGN-2	2967	2967	4977	-	-	-	-
TGE-2	873	873	1242	-	-	-	-
TFE-S13.1P	19	30	65	3.35	20	300	A
TFE-S26.2P	17	27	65	2.62	15	300	A
TFE-S10.1P	159	245	305	16.4	15	300	A
TFE-S7.1P	115	176	200	17.2	20	300	A
TFE-S16.1P	4	6	65	1.41	15	300	A
TFE-S15.1P	8	13	65	1.72	15	300	A
TGF-ASC	106	162	200	16.2	20	300	A
TGF-SM	52	80	90	7.49	15	300	A
TGF-CHILLER	367	565	690	23.5	25	300	A
TFE-S41.AZ	25	39	65	3.92	15	300	A

TABLA 4.25: Resultados de La Selección de Capacidad de Los Interruptores Diferenciales del (TGE-2)
FUENTE: Elaboración Propia

NOTA: los interruptores termomagneticos su voltaje nominal es: Vn=380V

CAPÍTULO V SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS DE PROTECCIÓN

5.1. INTRODUCCIÓN

El siguiente capítulo hace referencia al método de coordinación de protecciones empleado y la elección de los dispositivos de protección utilizando el programan Ecodial Advance Calculation V 4.8.

El programa Ecodial perteneciente al Scheneider Electric la cual es una empresa internacional dedicada a la fabricación de diferentes productos de protección en la industria eléctrica.

5.2. MÉTODOS DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN

5.2.1. SELECTIVIDAD

La selectividad es la coordinación entre las características de funcionamiento de los interruptores automáticos, de tal manera que en caso de defecto aguas abajo solo dispara el aparato situado inmediatamente aguas arriba del defecto.

5.2.2. TÉCNICAS DE SELECTIVIDAD

Existen diferentes técnicas de selectividad como son los siguientes:

1. Selectividad amperimétrica
2. Selectividad cromométrica
3. Selectividad lógica

4. Selectividad energética

Todas estas técnicas de selectividad fueron desarrolladas ampliamente en el capítulo II ítem. 2.15.1 al 2.15.6.

5.2.3. MÉTODO DE COORDINACIÓN SELECCIONADO

Par el estudio se selección dos métodos de selectividad los cuales son los más utilizados en la coordinación de las protecciones en baja tensión, son los siguientes:

- Selectividad amperimétrica.
- Selectividad cronométrica.

5.2.4. SELECTIVIDAD APERIMÉTRICA

Esta técnica esta directamente ligada a la parametrización de las curvas de disparo largo retardo, de los interruptores automáticos en serie. Esta clase de selectividad esta referido a la protección contra sobre cargas.

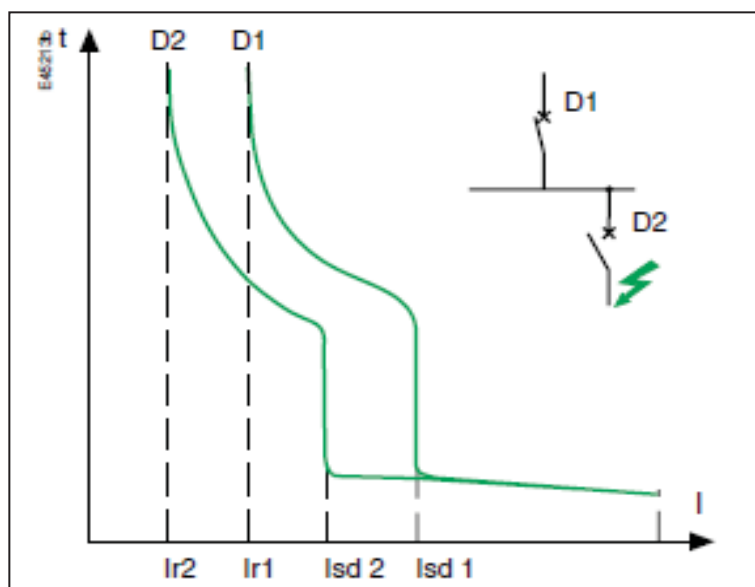


FIGURA 5.1: selectividad amperimétrica
FUENTE: coordinación de las protecciones BT Schneider Electric

Límite de selectividad I_s es:

- $I_s = I_{sd2}$ si los umbrales I_{sd1} y I_{sd2} están demasiado próximos o mezclados.
- $I_s = I_{sd1}$ si los umbrales I_{sd1} y I_{sd2} están suficientemente separados.

- La selectividad amperimétrica se obtiene
 - $I_{r1}/I_{r2} < 2$
 - $I_{sd1}/I_{sd2} > 2$
 - Limite de selectividad $I_s = I_{sd1}$

5.2.5. SELECTIVIDAD CRONOMÉTRICA

Esta es la continuación de la selectividad amperimétrica, se obtiene por el escalonamiento en el tiempo de las curvas de disparo, esta técnica consiste en temporizar Δt por corto retardo. Esta clase de selectividad está referida a la protección contra corto circuitos.

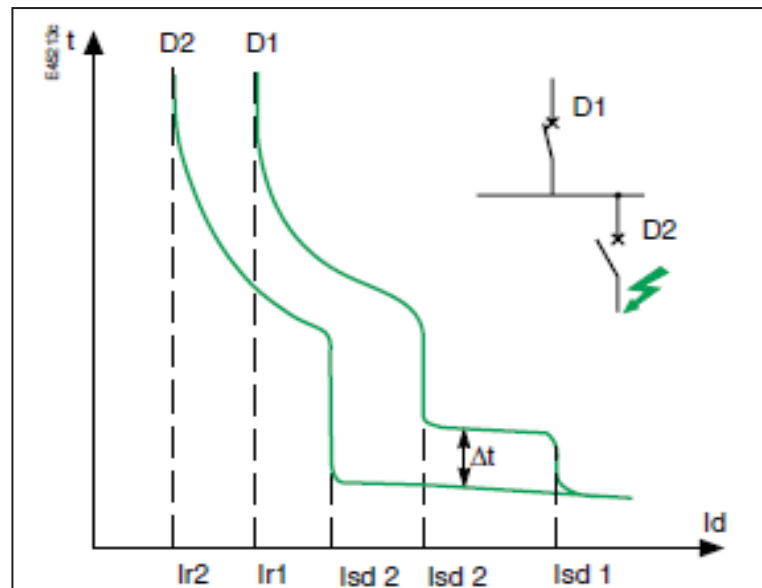


FIGURA 5.2: selectividad cronométrica
FUENTE: coordinación de las protecciones BT Schneider Electric

Los umbrales I_{r1} , I_{sd1} de D1 y I_{r2} , I_{sd2} de D2 respetan las reglas de escalonamiento de selectividad amperimétrica.

El límite de selectividad I_s de la asociación es con mínimo igual a I_{i1} , en el umbral instantáneo de D1.

5.2.6. REFORFAMIENTO DE LA SELECTIVIDAD POR FILIACIÓN

La filiación refuerza la selectividad por medio del poder de corte de los interruptores situados aguas debajo de un interruptor limitador de fuertes corrientes de cortocircuito.

El interruptor limitador ayuda al interruptor situado aguas abajo limitando fuertes corrientes de corto circuito, la filiación permite utilizar un interruptor de poder de corte inferior de cortocircuito calculado en ese punto de la instalación.

5.3. SELECTIVIDAD DE LAS PROTECCIONES DIFERENCIALES

Según el esquema de conexión a tierra (ECT), para el estudio se considera el esquema de conexión a tierra TT, la selectividad solo requiere la coordinación de las protecciones contra las sobrecorrientes, cuando el defecto de aislamiento se trata específicamente para las protecciones diferenciales, es necesario asegurar la selectividad de los dispositivos diferenciales entre ellos.

La selectividad de las protecciones diferenciales debe permitir que, en caso de defecto de aislamiento, solo la salida afectada por el defecto sea puesta fuera de tensión.

Existen dos tipos de selectividad diferencial.

- Selectividad diferencial vertical
- Selectividad diferencial horizontal

5.3.1. SELECTIVIDAD DIFERENCIAL VERTICAL

Es la selectividad empleada de forma vertical, debe responder simultáneamente a las condiciones amperimétricas y cronométricas.

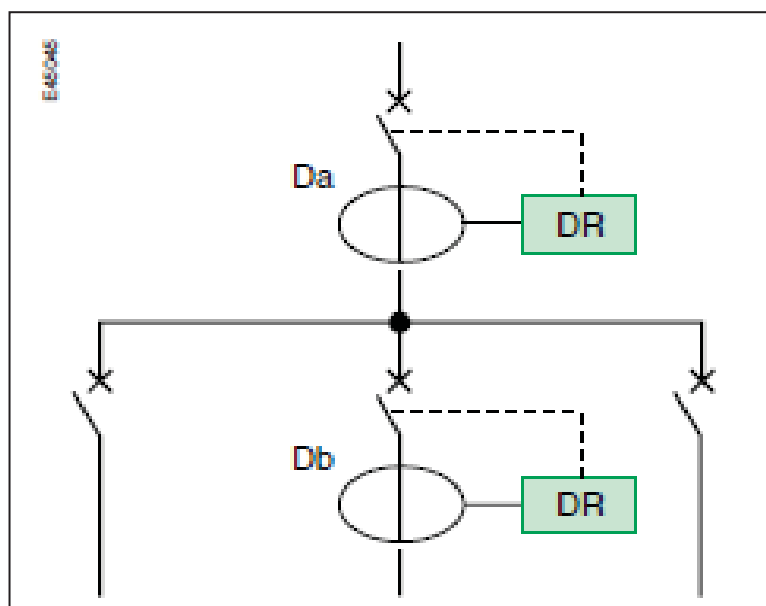


FIGURA 5.3: selectividad diferencial vertical
FUENTE: coordinación de las protecciones BT Schneider Electric

➤ **Condición amperimétrica**

Debe de existir una relación mínima de 2 entre la sensibilidad del dispositivo aguas arriba y el de aguas abajo.

➤ **Condición cronométrica**

El tiempo mínimo de no disparo del dispositivo aguas arriba debe ser superior al tiempo máximo de disparo del dispositivo aguas abajo.

5.3.2. SELECTIVIDAD DIFERENCIAL HORIZONTAL

Es la selectividad horizontal que permite el ahorro en cabecera de un dispositivo diferencial situado en el tablero si todas las salidas están protegidas por interruptores diferenciales.

Solo la salida con defecto se pone fuera de tensión, los dispositivos situados en las otras salidas no ven el defecto.

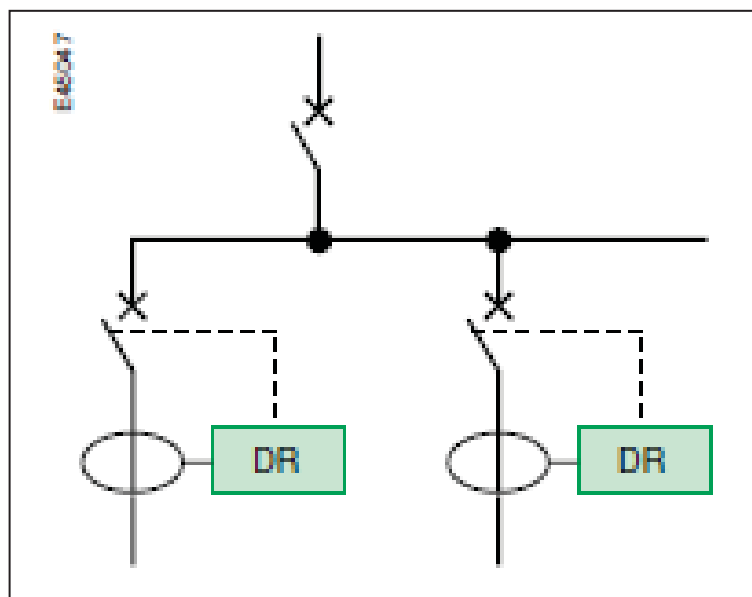


FIGURA 5.4: selectividad diferencial horizontal
FUENTE: coordinación de las protecciones BT Schneider Electric

5.4. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

Ecodial Advance Calculation V 4.8 es un programa de cuarta generación que destaca por sus prestaciones técnicas, su ergonomía y por el rigor normativo.

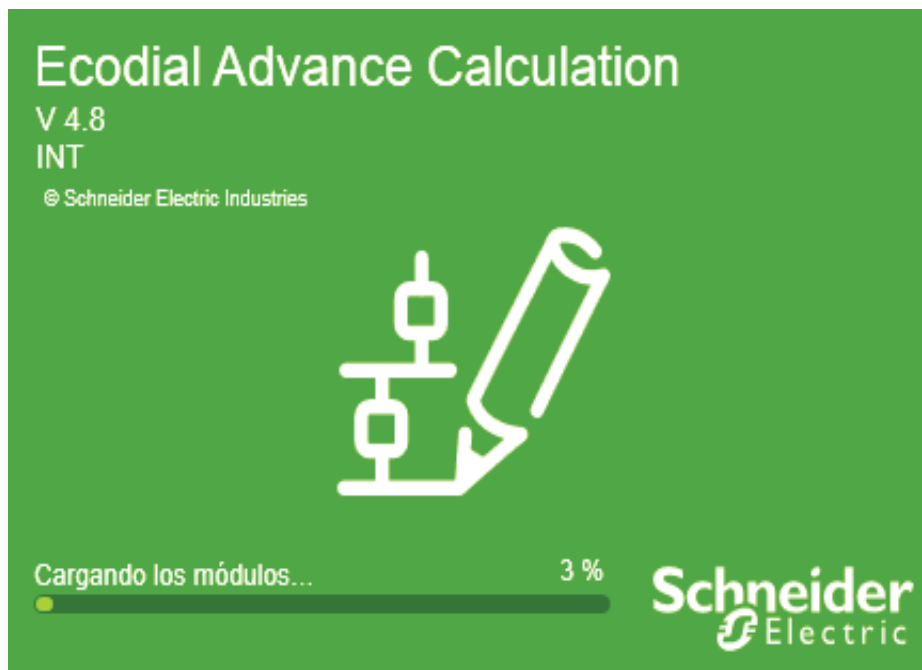


FIGURA 5.5: Presentación
FUENTE: Ecodial Advance Calculation V 4.8

Ecodial se organiza mediante espacios e trabajo y cada uno corresponde a las etapas estratégicas del estudio:

- Diseño
- Cálculo
- Diagnostico
- Informe técnico

El software ayuda en el diseño y cálculo de la coordinación de acuerdo a la normativa internacional IEC, nos permite realizar la coordinación de todos los componentes de una red eléctrica.

Verificando la coherencia entre los dispositivos antes de dar una solución.

Al iniciar con un proyecto en el software se introducen datos preliminares para el diseño como son:

- Frecuencia de la instalación
- Valores permitidos de caída de tensión
- Factor de potencia que se requiere alcanzar en el diseño

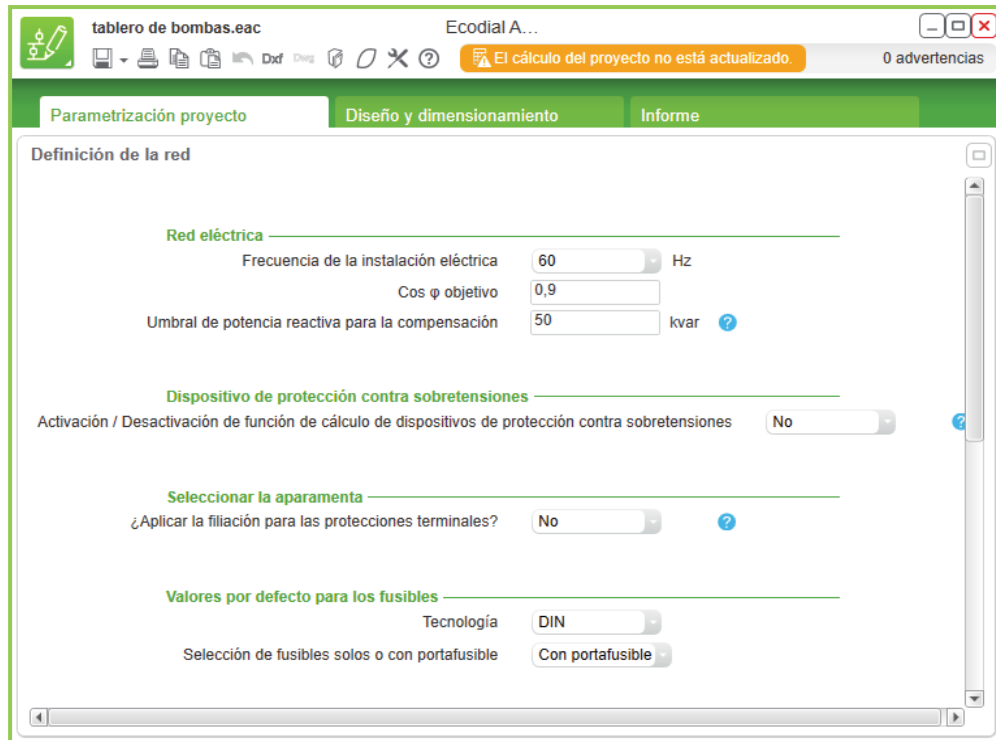


FIGURA 5.6: Parámetros del Proyecto
FUENTE: Ecodial Advance Calculation V 4.8

Además, señala y localiza errores en el esquema unifilar.



FIGURA 5.7: Errores del Cálculo
FUENTE: Ecodial Advance Calculation V 4.8

CAPÍTULO V SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS DE PROTECCIÓN

Considerando los esquemas de conexión a tierra y las necesidades de continuidad del servicio.

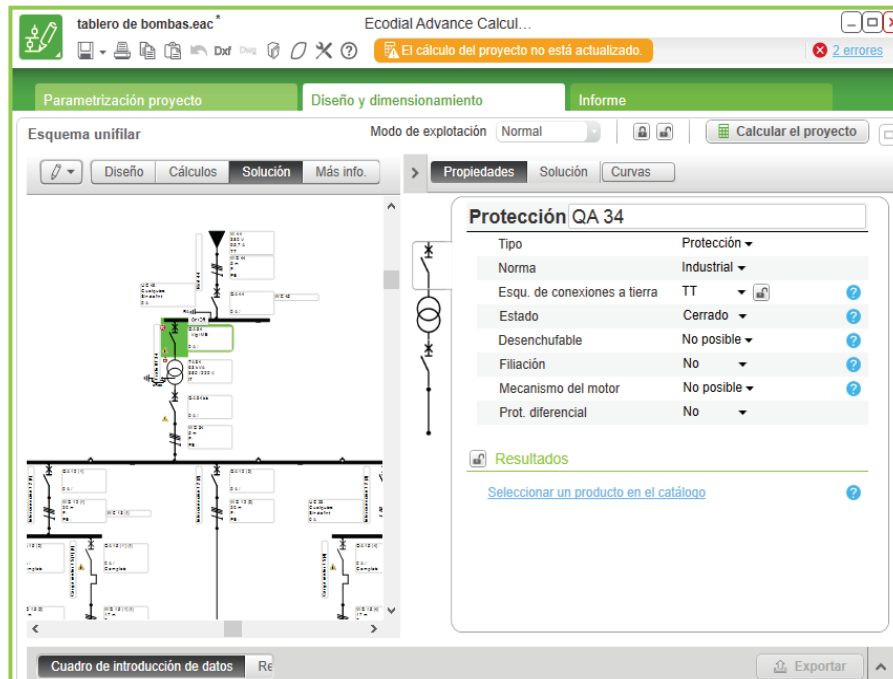


FIGURA 5.8: Ubicación de Errores del Cálculo
FUENTE: Ecodial Advance Calculation V 4.8

Selección de los dispositivos de protección empleando las curvas características de operación.

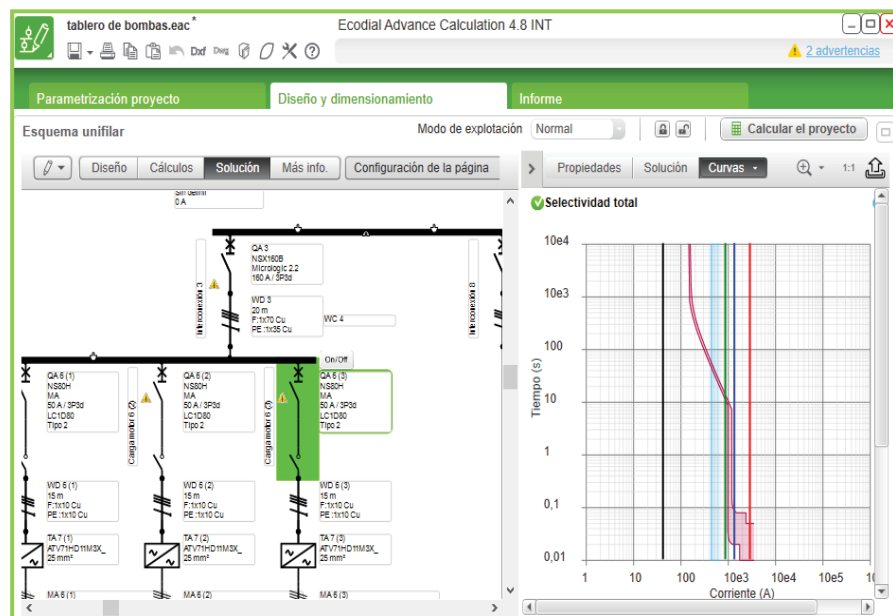


FIGURA 5.9: Selectividad Total
FUENTE: Ecodial Advance Calculation V 4.8

CAPÍTULO V SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS DE PROTECCIÓN

El software para realizar el cálculo utiliza los dispositivos de protección propios de la marca como son los interruptores termomagnéticos, interruptores diferenciales y además dispositivos utilizados en una instalación eléctrica.

Seleccionar un interruptor automático para la tensión 220 V

1. Selección

Productos calculados Catálogo de productos

Norma Industrial Doméstico o similar	Gama Acti9 IC80 Acti9 DT40 Integral Acti9 DT60 Acti9 IC80a Multi 9 C80a Acti9 C40a Acti9 C40 Acti9 C120	Designación NS80H	Calibre 80	Polos 3P3d
Protección MA	Calibre relé (A) 1,5 2,5 6,3 12,5 25 50 80			

2. Producto

Norma	Industrial	Gama	Compact NS80
Designación	NS80H	Calibre	80
Polos	3P3d	Protección	MA
Calibre relé (A)	50	Poder de corte (kA) - 220 V	100

FIGURA 5.10: Selección de Interruptor Termomagnético
FUENTE: Ecodial Advance Calculation V 4.8

Proporciona un informe detallado en unos documentos de Word.

tablero de bombas.eac* Ecodial Advance C... 2 advertencias

Parametrización proyecto Diseño y dimensionamiento Informe

Informe

Idioma del informe:
Español

Generar

Exportar el informe

Elegir tipo de informe

Infor. total
 Informe cascada
 Informe discriminación

Selec. una opción

Informe completo
 Informe en varias partes

Completo
Tiempo transcurrido: 00:00:01

Puse una viñeta para mostrar el informe correspondiente.

Informe cascada disyuntor
tablero de bombas
Completo

FIGURA 5.11: Selección de Interruptor Termomagnético
FUENTE: Ecodial Advance Calculation V 4.8

Proporciona un informe en formato DWG.

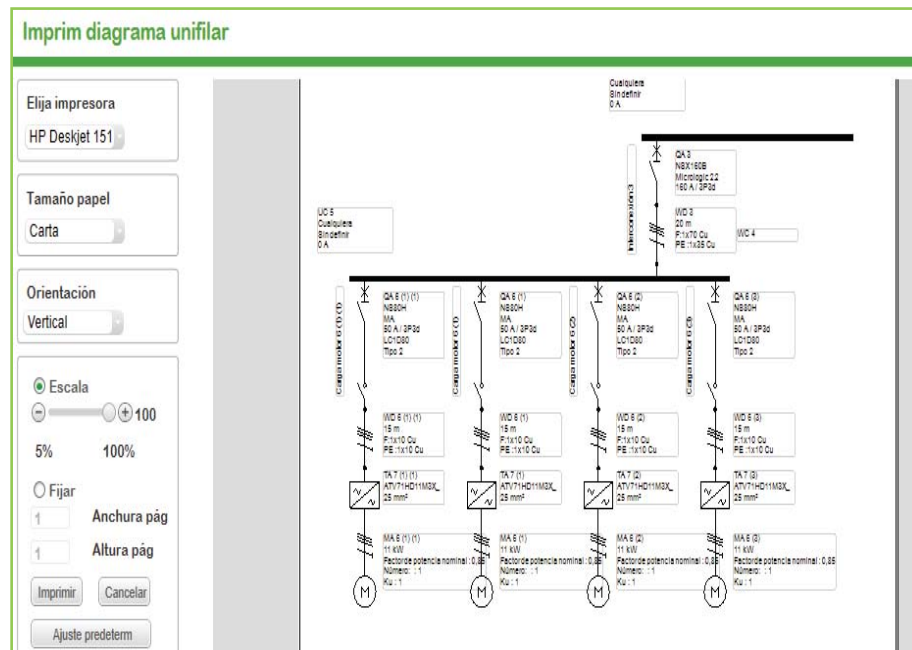


FIGURA 5.12: Selección de Interruptor Termomagnético
FUENTE: Ecodial Advance Calculation V 4.8

5.5. DATOS INGRESADOS AL PROGRAMA

- Se ingresa carga en (KW)
- Tipo de tendido del conductor
- Longitud del conductor (m)
- Tipo de esquema de puesta a tierra (TT)

5.6. RESULTADOS DEL ESQUEMA GENERAL

Con los datos ingresados al programa ecodial avance se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la siguiente figura:

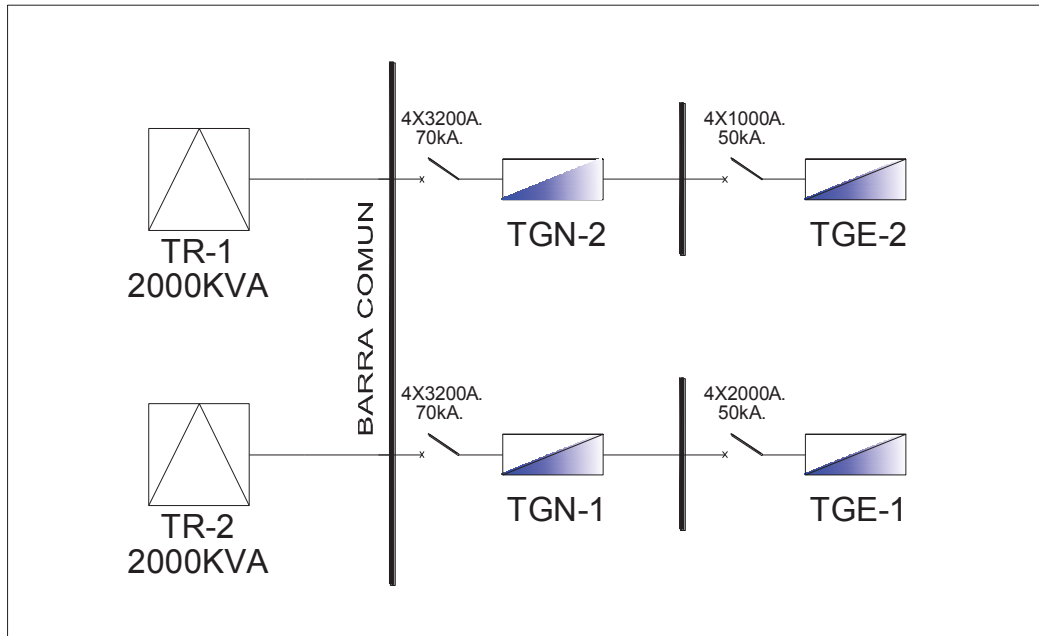


FIGURA 5.13: resultados del esquema general
FUENTE: Elaboración propia.

5.7. SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO EN BAJA TENSIÓN

La coordinación de los dispositivos de protección se da cuando se apertura el equipo de protección más cercana a la fuente, es más lenta en comparación con el equipo de protección más lejano de la misma, para toda corriente igual o menor al nivel de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deben garantizar la continuidad de servicio y la protección de las personas, cuando ocurre una falla en la instalación el dispositivo debe ser capaz de eliminar la falla sin perjudicar al normal funcionamiento del resto de la instalación.

La norma reconoce dos conceptos de coordinación.

- Selectividad
- Filiación

Concepto desarrollado en el capítulo II.

Un sistema eléctrico debe optimizar la distribución con tres acciones durante la coordinación de protecciones.

- Selectividad: para garantizar la continuidad de servicio
- Limitación para reducir los esfuerzos
- Filiación para optimizar el rendimiento

La coordinación de los dispositivos de protección se realiza mediante su curva de operación de los diferentes dispositivos y la combinación de estos.

Para la coordinación de los diferentes dispositivos realizaremos una coordinación previa de cada circuito derivado en el diagrama general se tiene diferentes tableros los cuales están codificados de acuerdo a la carga que alimentan y descritos de la siguiente manera:

1. Tablero de Distribución Eléctrica para circuitos netamente de alumbrado.
 - TLN : Tablero de Alumbrado de uso General
 - TLE : Tablero de Alumbrado de Emergencia
2. Tablero de Distribución Eléctrica para salida normal como tomacorrientes y cargas generales.
 - TN : Tablero de Distribución para salidas normales
 - TE : Tablero de Distribución para salidas de Emergencia
3. Tablero de Distribución Eléctrica para salidas de Emergencia Sistema Estabilizado, Equipos Médicos e Informático.
 - TES.EM : Tablero Estabilizado Equipo Medico
 - TES.EI : Tablero Estabilizado Equipo Informático
4. Tablero de Distribución Eléctrica para Sistema de Fuerza de aire acondicionado, electrobombas y sistemas especiales de gran potencia.
 - TFN : Tablero de Distribución de Fuerza Normal
 - TFE : Tablero de Distribución de Fuerza Emergencia

Los dispositivos de protección de acuerdo a la carga que alimenta cada uno de los diferentes tableros.

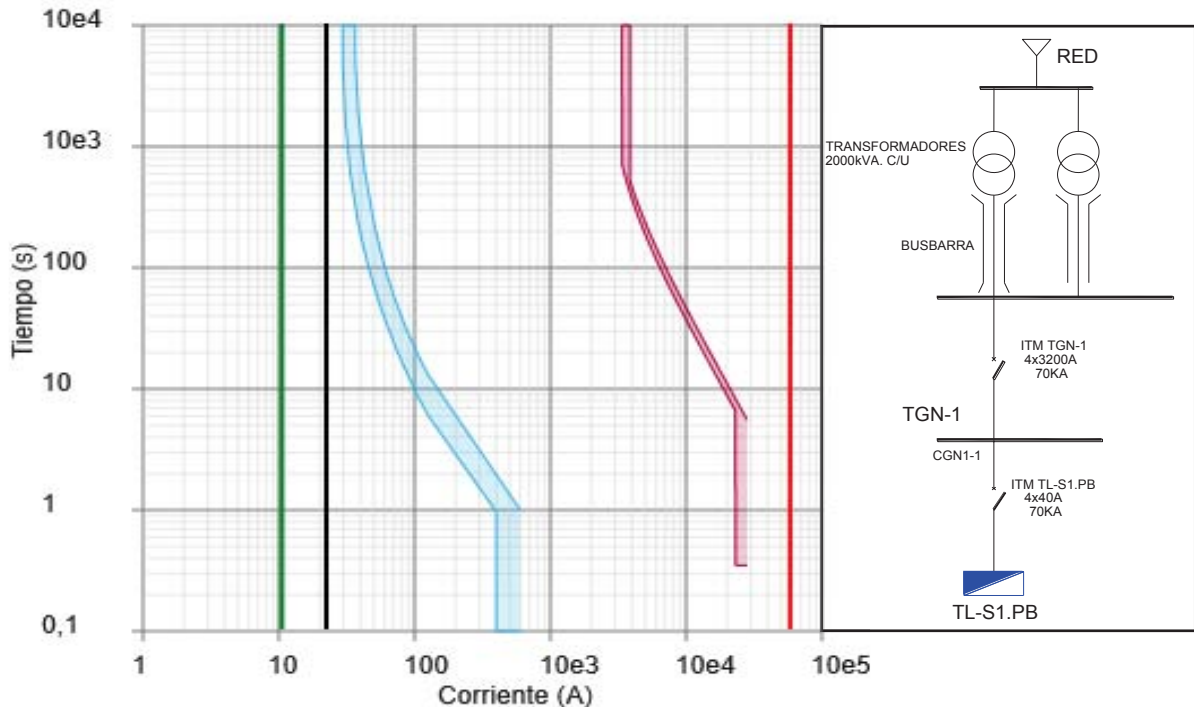
Se realizó un estudio de coordinación generalizado tomando como dato un tablero en particular.

5.7.1. SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE INTERRUPTORES PRINCIPALES DEL TABLERO GENERAL TGN-1 Y EL SUB TABLERO TL-S1. PB

Se realizó la selección y coordinación de los interruptores termomagnéticos (ITM) principales del tablero general TGN-1 y el subtablero TL-S1.PB.

A continuación, se muestra las curvas obtenidas por el programa ECODIAL.

DIAGRAMA DE SELECTIVIDAD PARA ITM TL-S1. PB Y ITM TGN-1
ITM TL-S1.PB : NSX100H - TM-D - 40 A
ITM TGN-1 : NS3200N - MICROLOGIC 7.0 A - 3200 A
ESTADO DE LA DISCRIMINACIÓN: SELECTIVIDAD TOTAL



I_b 21A $I_{k3Máx}$ 55,90 kA $I_{k1mín}$ 0,59 kA I_{ef} 0,01 kA

	ITM TL-S1.PB	TGN-1
Gama	Compact NSX	Compact NS630b-3200
Tecnología	NSX100H	NS3200N
Unidad de disparo	TM-D	Micrologic 7.0 A
In de los Equipos	40	3200
Ajustes de retardo largo		
I_r (A)	40	3200
T_r (s)	0	12
Ajustes de retardo corto		
I_{sd} (A)	500	25600 (ajuste: 8)
T_{sd} (s)	0	0,5
disparo instantáneo		
I_i (A)	OFF	48000 (ajuste: 15)

Para obtener una coordinación entre dos interruptores termomagnéticos se debe cumplir las siguientes condiciones.

- las curvas no deben intersectarse.
- Deben cumplir que ambas curvas respeten las razones de $I_{r1}/I_{r2} \geq 1.3$ lo que significa que las curvas no deben tocarse, y $I_{i1}/I_{i2} \geq 1.5$

Como se aprecia en las curvas obtenidas mediante el software, se verifica la coordinación entre los interruptores termomagnéticos (ITM) de ambos tableros.

1. como se visualiza las curvas no se intersectan
2. la relación entre intensidad de regulación I_r

TGN-1 : $I_r = 3200 \text{ A}$

TL-S1.PB : $I_r = 40 \text{ A}$

La relación es $3200/40 = 80$ que es mucho mayor a 1.3

3. como se visualiza la corriente de carga I_b es de 21 A para TL-S1.PB y la corriente de corto circuito trifásico I_{k3} en la barra del tablero general TGN-1 es de 55.9KA, ambas curvas de los ITM se ubican en el medio de ambas corrientes con lo que garantiza que ambos ITM abrirán el circuito antes que la corriente de cortocircuito trifásico llegue a su valor máximo que es de $I_{k3} 55.9\text{KA}$.
4. en la tabla se observa lo siguiente:
 - gama: es una característica propia de cada ITM propio de la marca.
 - Unidad de disparo: es una característica de cada uno de los ITM.
 - I_n : es la corriente nominal de los dispositivos de protección.
 - Ajuste de retardo largo: es el ajuste realizado en la zona de sobrecorriente de cada ITM.
 - I_r . Es la intensidad regulable que se puede variar de acuerdo a la corriente de carga I_b , en algunos casos la corriente nominal del dispositivo se aleja demasiado de la corriente de carga así que se debe regular de acuerdo a la corriente de carga.
 - T_r : es la temporización del disparo por sobrecarga, es el tiempo que se ajusta de acuerdo al tipo de carga, el TL-S1.PB es un tablero que alimenta circuitos de alumbrado por tal razón no es necesario realizar un ajuste para este parámetro, debemos tener en cuenta que el ITM TL-S1.PB es del tipo caja moldeada y por ser

una corriente baja este ITM no cuenta con el ajuste para T_r , en cambio el ITM TGN-1 es un interruptor tipo abierto y se puede modificar una variedad de parámetros, se realizó el ajuste de $T_r = 12s$ esto quiere decir que cuando haya una sobrecarga en el ITM TG-S1.PB tardara en abrir el circuito un tiempo de 12 s.

- Ajuste de retardo corto: es el ajuste que se realiza en los ITM para las corrientes de corto circuito.
- I_{sd} : umbral de disparo de corto circuito, para el ITM TL-S1.PB el I_{sd} es de 500 A, nos indica que el ITM abrirá el circuito instantáneamente cuando se produzcan corriente mayores a 500 A, para el ITM TGN-1 el I_{sd} es de 25.6KA.
- T_{sd} : temporizador de corto retardo, para el ITM TL-S1.PB de $I_{sd} = 0$, nos indica que cuando se produzca una corriente mayor a 500 A el ITM abrirá el circuito de manera instantánea en un $T_{sd} = 0seg$, mientras que para ITM TGN-1 de $I_{sd} = 25.6KA$ este abrirá el circuito cuando se produzca una corriente mayor a esta en un tiempo de $T_{sd} = 0.5 s$.
- Disparo instantáneo: es el ajuste que se realiza a los ITM para que realicen la apertura de un circuito instantáneamente $t = 0 s$, solo algunos ITM cuentan con este ajuste.
- I_i : umbral de disparo instantáneo, el ITM TL-S1.PB no se puede ajustar ya que el ITM no cuenta con esta característica, sin embargo el ITM TGN-1 es de 48.0KA, quiere decir que cuando se produzca una corriente igual o mayor a 48.0KA el ITM abrirá el circuito instantáneamente en un tiempo de $t = 0 s$.
- Para ambos ITM el poder corte nominal de I_{cu} es de 70 KA que es mayor la corriente de corto circuito trifásica de I_{k3} de 55.9 KA.

Realizado los ajustes de

$T_r = 12 s$. Y $T_{sd} = 0,5 s$. Para el ITM TGN-1, Se determinó que el ITM TL-S1.PB e ITM TGN-1 están coordinados adecuadamente.

5.7.2. SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE INTERRUPTORES PRINCIPALES DEL TABLERO GENERAL TGN-1 Y EL SUBTABLERO TGE-1

Se realizó la selección y coordinación de los interruptores termomagnéticos (ITM) principales del tablero general TGN-1 y el subtablero TGE-1

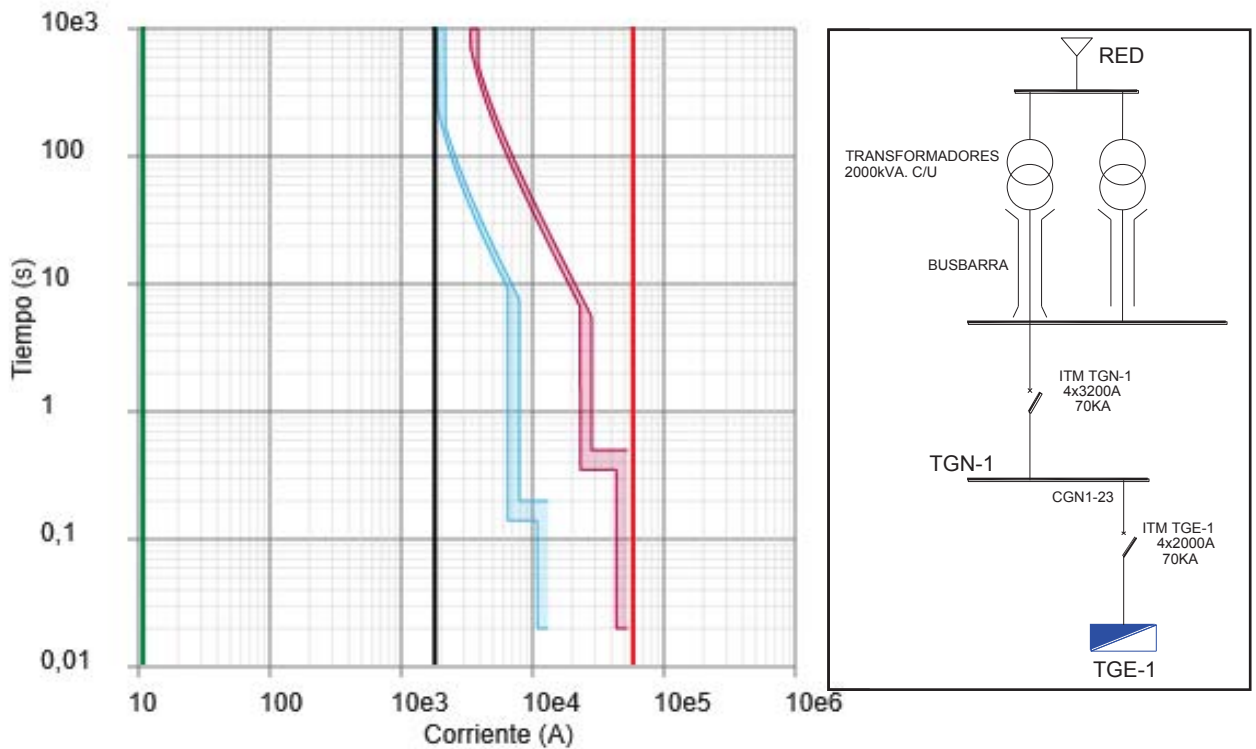
A continuación, se muestra las curvas obtenidas por el programa ECODIAL.

DIAGRAMA DE SELECTIVIDAD PARA TGE-1 Y TGN 1

TGE-1 : NS2000N - MICROLOGIC 7.0 A - 2000 A

TGN 1 : NS3200N - MICROLOGIC 7.0 A - 3200 A

ESTADO DE LA DISCRIMINACIÓN : LIMITE DE SELECTIVIDAD = 48000 A



— I_b 1733A
 — $I_{k3Máx}$ 55,90 kA
 — $I_{k1mín}$ 33,38 kA
 — I_{ef} 0,01 kA

	TGE-1	TGN 1
Gama	Compact NS 2000	Compact NS-3200
Tecnología	NS2000N	NS3200N
Unidad de disparo	Micrologic 7.0 A	Micrologic 7.0 A
In de los Equipos	2000	3200
Ajustes de retardo largo		
I_r (A)	1800 (ajuste : 0,9)	3200 (ajuste : 1)
T_r (s)	4	12
Ajustes de retardo corto		
I_{sd} (A)	7200 (ajuste : 4)	25600 (ajuste : 8)
T_{sd} (s)	0,2	0,5
disparo instantáneo		
I_i (A)	12000 (ajuste : 6) A	48000 (ajuste : 15)

Como se aprecia en las curvas obtenidas mediante el software se verifica la coordinación entre los interruptores termomagnéticos (ITM) de ambos tableros.

1. como se visualiza las curvas no se intersectan
2. la relación entre intensidad de regulación I_r

TGN-1 : $I_r = 3200 \text{ A}$

TGE-1 : $I_r = 2000 \text{ A}$

La relación es $3200/2000 = 1.6$ que es mucho mayor a 1.3

3. como se visualiza la corriente de carga I_b es de 1733 A para ITM TGE-1 y la corriente de corto circuito trifásico I_{k3} en la barra del tablero general TGN-1 es de 55.9KA, ambas curvas de los ITM se ubican en el medio de ambas corrientes con lo que garantiza que ambos ITM abrirán el circuito antes que la corriente de corto circuito trifásico llegue a su valor máximo que es de $I_{k3} 55.9\text{KA}$.
4. en la tabla se observa lo siguiente:
 - gama: es una característica propia de cada ITM propio de la marca.
 - Unidad de disparo: es una característica de cada uno de los ITM.
 - I_n : es la corriente nominal de los dispositivos de protección.
 - Ajuste de retardo largo: es el ajuste realizado en la zona de sobrecorriente de cada ITM.
 - I_r . Es la intensidad regulable que se puede variar de acuerdo a la corriente de carga I_b , para ITM TGE-1 $I_r=1800 \text{ A}$, y para ITM TGN-1 $I_r=3200 \text{ A}$.
 - T_r : es la temporización del disparo por sobrecarga, es el tiempo que se ajusta de acuerdo al tipo de carga, el TGE-1 es un tablero que alimenta circuitos de emergencia por tal razón es necesario realizar un ajuste para este parámetro $T_r= 4 \text{ s}$ y para ITM TGN-1 es un interruptor tipo abierto y se puede modificar una variedad de parámetros, y se realizó el ajuste de $T_r = 12 \text{ s}$ esto quiere decir que cuando haya una sobrecarga en el ITM TGE-1 tardará en abrir el circuito un $T_r=4 \text{ s}$, y el ITM TGN-1 esta aguas arriba abrirá el circuito para $T_r=12 \text{ s}$.
 - Ajuste de retardo corto: es el ajuste que se realiza en los ITM para las corrientes de corto circuito.

- I_{sd} : umbral de disparo de corto circuito, para el ITM TGE-1 el I_{sd} es de 7200 A, nos indica que el ITM abrirá el circuito instantáneamente cuando se produzcan corrientes mayores a 7200 A, para el ITM TGN-1 el I_{sd} es de 25.6KA.
- T_{sd} : temporizador de corto retardo, para el ITM TGE-1 de $I_{sd} = 0,2$ s y nos indica que cuando se produzca una corriente mayor a 7200 A el ITM abrirá el circuito de manera instantánea en un $T_{sd} = 0,2$ s, mientras que para ITM TGN-1 de $I_{sd} = 25.6KA$ este abrirá el circuito cuando se produzca una corriente mayor a esta en un tiempo de $T_{sd} = 0.5$ s.
- Disparo instantáneo: es el ajuste que se realiza a los ITM para que realicen la apertura de un circuito instantáneamente $t=0$ s.
- I_i : umbral de disparo instantáneo, en el ITM TGE-1 el $I_i = 12KA$ y en el ITM TGN-1 es de 48.0KA, quiere decir que cuando se produzca una corriente igual o mayor a 12KA el ITM TGE-1 abrirá el circuito instantáneamente y el ITM TGN-1 abrirá para una corriente igual o mayor a 48.0KA de forma instantánea.
- Para ambos ITM el poder corte nominal de I_{cu} es de 70 KA que es mayor a la corriente de I_{k3} de 55.9 KA.

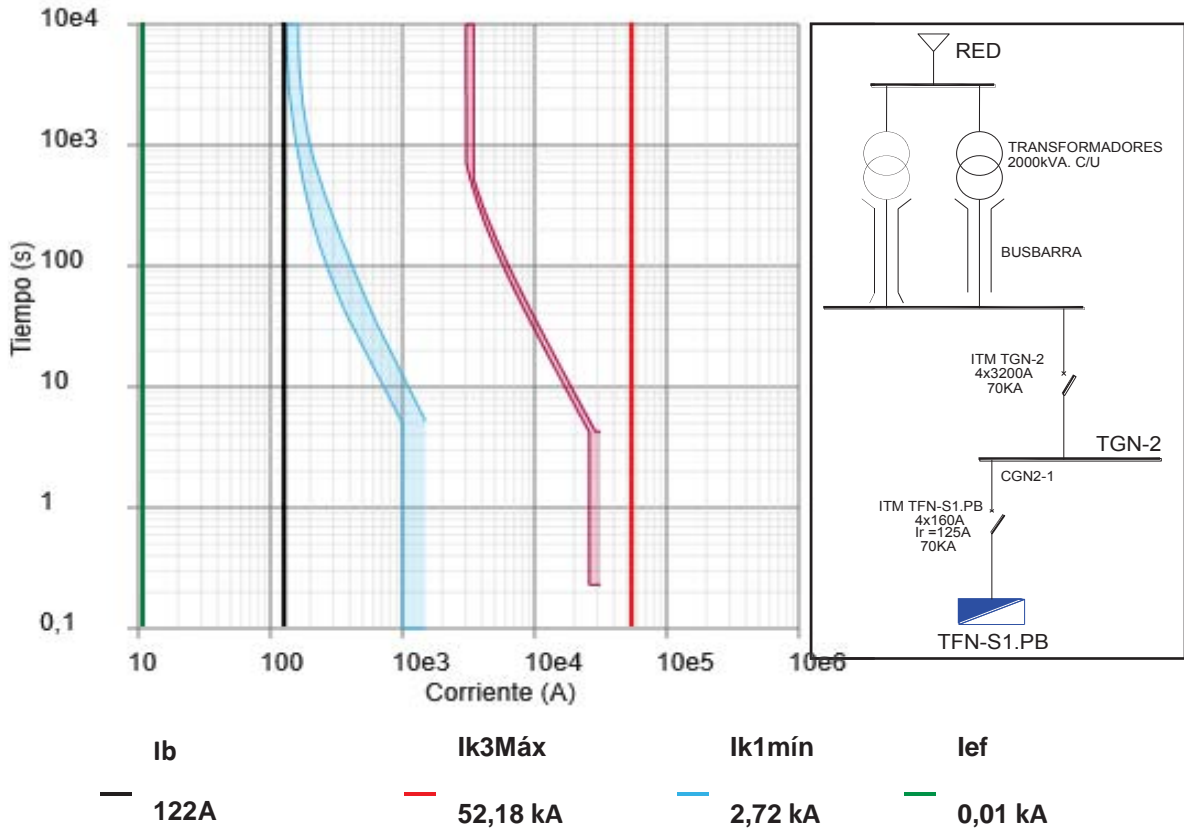
Realizado los ajustes de $T_r = 12$ s y $T_{sd} = 0.5$ s Para el ITM TGN-1, se determinó que el ITM TGE-1 e ITM TGN-1 están coordinados adecuadamente.

5.7.3. SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE INTERRUPTORES PRINCIPALES DEL TABLERO GENERAL TGN-2 Y EL SUB TABLERO TFN-S1.PB

Se realizó la selección y coordinación de los interruptores termomagnéticos (ITM) principales del tablero general TGN-2 y el subtablero TFN-S1.PB.

A continuación, se muestra las curvas obtenidas por el programa ECODIAL.

DIAGRAMA DE SELECTIVIDAD PARA TFN-S1.PB Y TGN 2
TFN-S1.PB : NSX160H - TM-D - 125 A
TGN 2 : NS3200N - MICROLOGIC 7.0 A - 3200 A
ESTADO DE LA DISCRIMINACIÓN: SELECTIVIDAD TOTAL



	TFN-S1.PB	TGN 2
Gama	Compact NSX	Compact NS630b-3200
Tecnología	NSX160H	NS3200N
Unidad de disparo	TM-D	Micrologic 7.0 A
In de los Equipos	160	3200
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	125	2880 (ajuste : 0,9)
Tr (s)	0	12
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	1250	28800 (ajuste : 10)
Tsd (s)	0	0,32
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	OFF

Como se aprecia en las curvas obtenidas mediante el software, se verifica la coordinación entre los interruptores termomagnéticos (ITM) de ambos tableros.

1. como se visualiza las curvas no se intersectan
2. la relación entre intensidad de regulación I_r

TGN-2 : $I_r = 3200 \text{ A}$

TFN-S1.PB : $I_r = 125 \text{ A}$

La relación es $3200/125 = 25.6$ que es mucho mayor a 1.3

3. como se visualiza la corriente de carga I_b es de 122 A para ITM TFN-S1.PB y la corriente de corto circuito trifásico I_{k3} en la barra del tablero general TGN-2 es de 52.18KA, ambas curvas de los ITM se ubican en el medio de ambas corrientes con lo que garantiza que ambos ITM abrirán el circuito antes que la corriente de corto circuito trifásico llegue a su valor máximo que es de $I_{k3} 52.18\text{KA}$.
4. en la tabla se observa lo siguiente:
 - gama: es una característica propia de cada ITM propio de la marca.
 - Unidad de disparo: es una característica de cada uno de los ITM.
 - I_n : es la corriente nominal de los dispositivos de protección.
 - Ajuste de retardo largo: es el ajuste realizado en la zona de sobrecorriente de cada ITM.
 - I_r . Es la intensidad regulable que se puede variar de acuerdo a la corriente de carga I_b , para ITM TFN-S1.PB $I_r=125 \text{ A}$, y para ITM TGN-1 $I_r=3200 \text{ A}$.
 - T_r : es la temporización del disparo por sobrecarga, es el tiempo que se ajusta de acuerdo al tipo de carga, el TFN-S1.PB es un tablero que alimenta circuitos de fuerza por tal razón no es necesario realizar un ajuste para este parámetro $T_r= 0 \text{ s}$ y para ITM TGN-2 es un interruptor tipo abierto y se puede modificar una variedad de parámetros, se realizó el ajuste de $T_r = 12 \text{ s}$ esto quiere decir que cuando haya una sobrecarga en el ITM TGN-2 esta aguas arriba abrirá el circuito para $T_r=12 \text{ s}$.
 - Ajuste de retardo corto: es el ajuste que se realiza en los ITM para las corrientes de corto circuito.
 - I_{sd} : umbral de disparo de corto circuito, para el ITM TFN-S1.PB el I_{sd} es de 1250A, nos indica que el ITM abrirá el circuito

instantáneamente cuando se produzcan corrientes mayores a 1250 A, para el ITM TGN-2 el I_{sd} es de 28.8KA.

- Tsd: temporizador de corto retardo, para el ITM TFN-S1.PB de $I_{sd} = 0$ s y nos indica que cuando se produzca una corriente mayor a 1250 A el ITM abrirá el circuito de manera instantánea en un $T_{sd} = 0$ s, mientras que para ITM TGN-2 de $I_{sd} = 28.8$ KA este abrirá el circuito cuando se produzca una corriente mayor a esta en un tiempo de $T_{sd} = 0.32$ s.
- Disparo instantáneo: es el ajuste que se realiza a los ITM para que realicen la apertura de un circuito instantáneamente $t = 0$ s.
- I_i : umbral de disparo instantáneo, en el ITM TFN-S1.PB no está disponible, y en el ITM TGN-2 no está disponible ya que es un interruptor principal de carga de fuerza.
- Para ambos ITM el poder corte nominal de I_{cu} es de 70 KA que es mayor a la corriente de I_{k3} de 52.18 KA.

Realizado los ajustes de $T_r = 12$ s y $T_{sd} = 0.32$ s Para el ITM TGN-2 se determinó que el ITM TFN-S1.PB e ITM TGN-2 están coordinados adecuadamente.

5.7.4. SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE INTERRUPTORES PRINCIPALES DEL TABLERO GENERAL TGN-2 Y EL SUB TABLERO TGE-2

Se realizó la selección y coordinación de los interruptores termomagnéticos (ITM) principales del tablero general TGN-2 y el subtablero TGE-2.

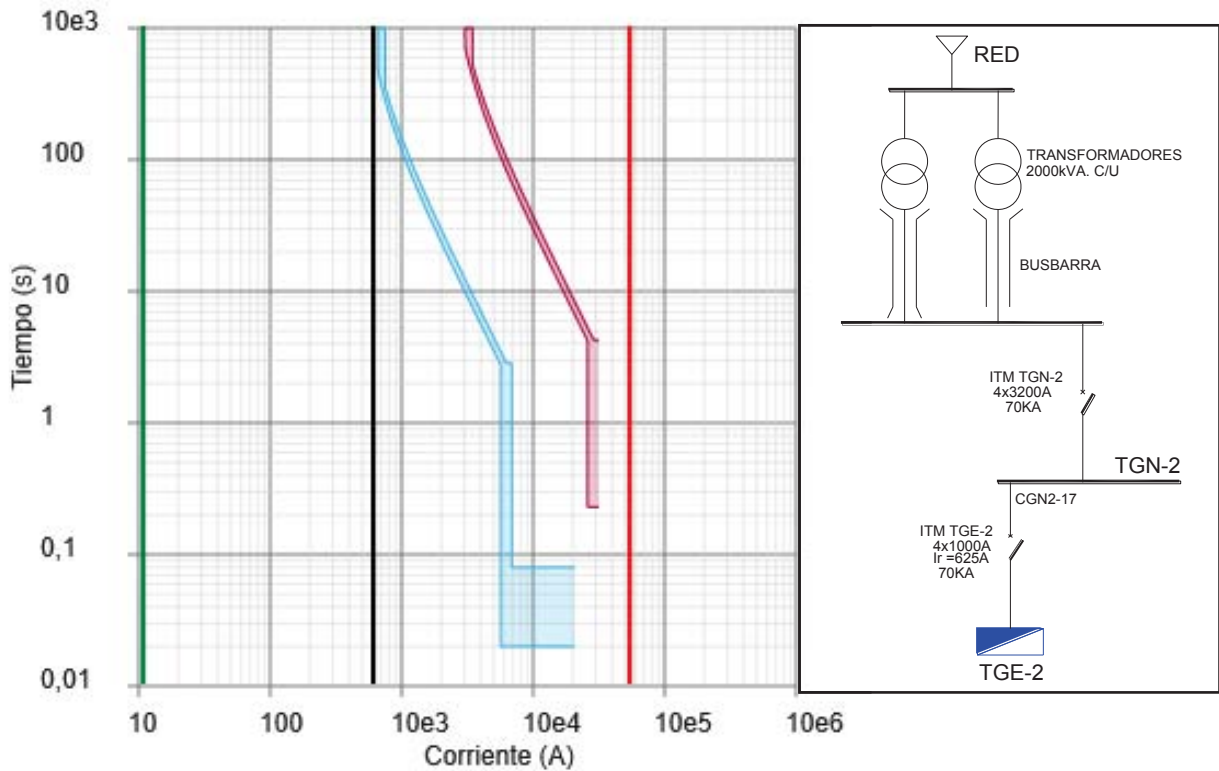
A continuación, se muestra las curvas obtenidas por el programa ECODIAL.

DIAGRAMA DE SELECTIVIDAD PARA TGE 2 Y TGN 2

TGE 2 : NS1250H - MICROLOGIC 7.0 A - 1250 A

TGN 2 : NS3200N - MICROLOGIC 7.0 A - 3200 A

ESTADO DE LA DISCRIMINACIÓN : SELECTIVIDAD TOTAL



— Ib 586A — Ik3Máx 52,18 kA — Ik1mín 16,76 kA — Ief 0,01 kA

	TGE 2	TGN 2
Gama	Compact NS630b-3200	Compact NS630b-3200
Tecnología	NS1250H	NS3200N
Unidad de disparo	Micrologic 7.0 A	Micrologic 7.0 A
In de los Equipos	1000	3200
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	625 (ajuste : 0,5)	2880 (ajuste : 0,9)
Tr (s)	8	12
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	6250 (ajuste : 10)	28800 (ajuste : 10)
Tsd (s)	0,08	0,32
disparo instantáneo		
Ii (A)	18750 (ajuste : 15) A	OFF

Como se aprecia en las curvas obtenidas mediante el software se verifica la coordinación entre los interruptores termomagnéticos (ITM) de ambos tableros.

1. como se visualiza las curvas no se intersectan
2. la relación entre intensidad de regulación I_r

TGN-2 : $I_r = 3200 \text{ A}$

TGE-2 : $I_r = 625 \text{ A}$

La relación es $3200/625 = 5.12$ que es mucho mayor a 1.3

3. como se visualiza la corriente de carga I_b es de 586 A para ITM TGE-2 y la corriente de corto circuito trifásico I_{k3} en la barra del tablero general TGN-2 es de 52.18KA, ambas curvas de los ITM se ubican en el medio de ambas corrientes con lo que garantiza que ambos ITM abrirán el circuito antes que la corriente de corto circuito trifásico llegue a su valor máximo que es de I_{k3} 52.18KA.
4. en la tabla se observa lo siguiente:
 - gama: es una característica propia de cada ITM propio de la marca.
 - Unidad de disparo: es una característica de cada uno de los ITM.
 - I_n : es la corriente nominal de los dispositivos de protección.
 - Ajuste de retardo largo: es el ajuste realizado en la zona de sobrecorriente de cada ITM.
 - I_r . Es la intensidad regulable que se puede variar de acuerdo a la corriente de carga I_b , para ITM TGE-2 $I_r=625 \text{ A}$, y para ITM TGN-1 $I_r=3200 \text{ A}$.
 - T_r : es la temporización del disparo por sobrecarga, es el tiempo que se ajusta de acuerdo al tipo de carga, el TGE-2 es un tablero que alimenta subtableros de fuerza por tal razón es necesario realizar un ajuste para este parámetro $T_r= 8 \text{ s}$ y para ITM TGN-2 es un interruptor tipo abierto y se puede modificar una variedad de parámetros, se realizó el ajuste de $T_r = 12 \text{ s}$ esto quiere decir que cuando haya una sobrecarga en el ITM TGE-2 abrirá el circuito para un tiempo de $T_r=8 \text{ s}$, y el TGN-2 que está aguas arriba abrirá el circuito para $T_r=12 \text{ s}$.
 - Ajuste de retardo corto: es el ajuste que se realiza en los ITM para las corrientes de corto circuito.

- Isd: umbral de disparo de corto circuito, para el ITM TGE-2 el Isd es de 5250A, nos indica que el ITM abrirá el circuito instantáneamente cuando se produzcan corrientes mayores a 6250 A, para el ITM TGN-2 el Isd es de 28.8KA.
- Tsd: temporizador de corto retardo, para el ITM TGE-2 de Isd = 0.08 s y nos indica que cuando se produzca una corriente mayor a 6250 A el ITM abrirá el circuito de manera instantánea en un Tsd = 0,08 s, mientras que para ITM TGN-2 de Ids= 28.8KA este abrirá el circuito cuando se produzca una corriente mayor a esta, en un tiempo de Tsd= 0.32 s.
- Disparo instantáneo: es el ajuste que se realiza a los ITM para que realicen la apertura de un circuito instantáneamente.
- Ii: umbral de disparo instantáneo, en el ITM ITM TGE-2 T=0 seg. Para una corriente 18.75KA, y en el ITM TGN-2 no está disponible ya que es un interruptor principal de fuerza.
- Para ambos ITM el poder corte nominal de Icu es de 70 KA que es mayor a la corriente de Ik3 de 52.18 KA.

Realizado los ajustes de $T_r=12$ s y $T_{sd}= 0.32$ s. Se determinó que el ITM TGE-2 e ITM TGN-2 están coordinados adecuadamente.

5.8. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TL-S1. PB

Este tablero tiene como carga los circuitos de alumbrado del sistema general y de sistema de emergencia de acuerdo al tablero que lo alimenta.

Para nuestro análisis tomaremos el tablero TL-S1. PB, este tablero se ubica en la planta baja y tiene como distribución la siguiente carga.

Como se puede apreciar la carga de alumbrado es muy baja que podemos describir de la siguiente manera.

- | | |
|--|--------|
| 1. 08 luminarias de 2x18w que equivale a | : 288W |
| 2. 08 luminarias de 2x18w que equivale a | : 288W |
| 3. 09 luminarias de 3x18w que equivale a | : 486W |
| 4. 07 luminarias de 3x18w que equivale a | : 378W |
| 5. 06 luminarias de 3x18w que equivale a | : 324W |
| 6. 08 luminarias de 3x18w que equivale a | : 432W |
| 7. 09 luminarias de 3x18w que equivale a | : 486W |

8. 08 luminarias de 4x18w que equivale a	: 576W
9. 06 luminarias de 2x36w que equivale a	: 432W
10.06 luminarias de 2x36w que equivale a	: 432W
11.05 luminarias de 2x36w que equivale a	: 360W
12. Sub tablero TL-S13.1P	: 5600W
13. Sub tablero TL-S25.2P	: 3366W
14. TOTAL	: 13466W

CUADRO DE CARGAS TABLERO NORMAL (TL-S1.PB)				
	DESCRIPCION	P.I (W)	F.D (%)	M.D (W)
(TL-S1.PB)	ALUMBRADO NORMAL:	4,500	100	4,500
	TABLERO TL-S13.1P	5,600	100	5,600
	TABLERO TL-S25.2P	3,366	100	3,366
TOTAL		13,466		13,466

TABLA 5.1: Cuadro de Cargas del Tablero Normal (TL-S1.PB)
FUENTE: Elaboración Propia.

5.8.1. CÁLCULO MÉTODO ANALÍTICO

Desarrollaremos el análisis con 576w que es la de mayor valor en los circuitos de alumbrado.

Calculado la corriente

Donde:

$$I_b = \frac{P_t}{K \cdot U_r \cdot \cos \varphi}$$

- Pt : potencias activas de las cargas instaladas en (W)
- Ur : es la tensión de funcionamiento 220 V
- CosØ : es el factor de potencia medio de las cargas 0.95
- K : Para éste caso monofásico =1 y trifásico = 1.73

$$I_b = \frac{576}{220 \times 0.95} = 2.76A$$

Aplicando el factor para el cálculo de interruptor

$$I_n = 2.76 \times 1.25 = 3.45 A$$

La corriente obtenida es pequeña en comparación a la corriente de protección que es de 20 A.

Realizando el cálculo de cortocircuito tenemos:

Corriente de cortocircuito monofásico I_{cc1} : 1.18 KA

Que es un valor mucho menor al poder de corte del dispositivo de protección que es de 10 KA.

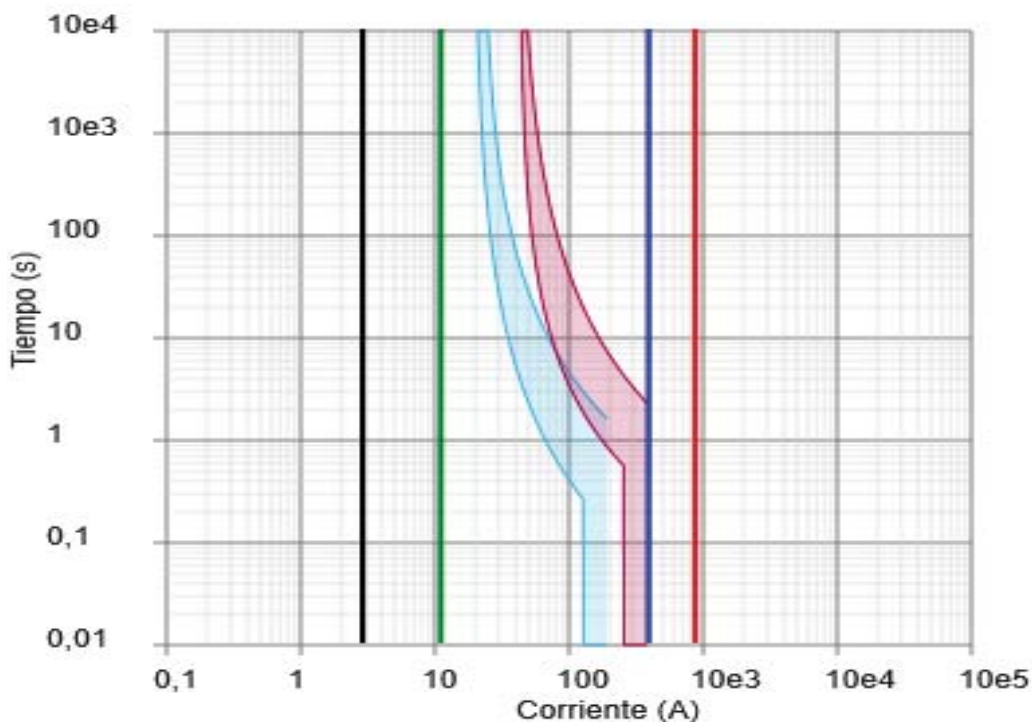
Teniendo como referencia la NTP que está basada en la norma IEC-60898 donde se prevé un poder de corte de 10 KA para interruptores de sistemas industriales o similares.

El interruptor termomagnético principal de tablero tiene las siguientes características.

- ITM Principal I_n :40 A
 I_{cc3} :24 KA
- ITM de circuito alumbrado I_n :20 A
 I_{cc1} :10 KA

5.8.2. CÁLCULO MEDIANTE ECODIAL ADVANCE

DIAGRAMA DE SELECTIVIDAD PARA C-1 ALUMBRADO Y TL-S1. PB
C-1 ALUMBRADO: IC60N - C - 20 A TL-S1. PB: NG125N - C - 40 A
ESTADO DE LA DISCRIMINACIÓN: LÍMITE DE SELECTIVIDAD = 3200 A



— lb 2A
 — lk1Máx 0,84 kA
 — lk1mín 0,37 kA
 — Ief 0,01 kA

	C-1 ALUMBRADO	TL-S1.PB
Gama	Acti9 iC60	Acti9 NG125
Tecnología Designación / fusible	iC60N	NG125N
Disyuntor / fusible del circuito	20	40
Unidad de disparo	C	C
Viaje de los aparatos	20	40
Ajustes de retardo largo		
I _r (A)	20	40
T _r (s)	0	0
Ajustes de retardo corto		
I _{sd} (A)	160	320
T _{sd} (s)	0	0
disparo instantáneo		
I _i (A)	OFF	OFF

5.8.3. CONCLUSIONES

- Realizado el análisis se ve que la corriente de carga de las luminarias es de 2.76 A una corriente baja y la corriente del dispositivo de protección es de 20 A, el conductor es de 4mm² la corriente que soporta el conductor es de 31 A, se podría concluir que tanto la protección como el conductor esta sobredimensionados. Pero cumplen con la selección del dispositivo de protección que es de 20 A que es menor a la corriente máxima del conductor que es de 31 A, el conductor está protegido y las personas también ya que cuenta con un interruptor diferencial.
- La corriente del dispositivo de la llave principal es de 40 A, la de un circuito final de alumbrado es de 20 A, cuando no hay mucha diferencia entre estos dispositivos no se llega a tener una selectividad total, se llega a tener un corriente límite de 3200 A que es 3.2KA y la corriente de corto circuito calculado es de 1.18 KA se deduce que hay una selectividad relativa y que un corto circuito difícilmente llega a alcanzar la corriente de 3.2 KA.
- La corriente del dispositivo de la llave principal es de 40 A, 24K A PDC y la de un circuito final de alumbrado es de 20 A, 10KA PDC, se concluye que tenemos filiación por 10KA es menor a 24KA.
- Llegar a selectividad total casi improbable ya que los interruptores que se tienen para cargas finales no se pueden modificar sus parámetros como en el caso de interruptores generales que están aguas arriba que se puede modificar sus parámetros de funcionamiento y llegar a tener selectividad total.

5.9. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TN-S1. PB

Este tablero tiene como carga los circuitos de tomacorrientes del sistema general y de sistema de emergencia de acuerdo al tablero que lo alimenta.

Para nuestro análisis tomaremos el tablero TN-S1. PB, este tablero se ubica en la planta baja y tiene como distribución la siguiente carga.

CUADRO DE CARGAS TABLERO NORMAL PARA TOMACORRIENTE Y USO GENERAL(TN-S1.PB)				
	DESCRIPCION	P.I (W)	F.D (%)	M.D (W)
(TN-S1.PB)	TOMACORRIENTE NORMAL: TOMACORRIENTE TIPO TRES EN LINEA: 155 UNDx200W/UND	31,000	50	15,500
	TN-S13.1P	21,000	—	10,500
	TN-S25.2P	8,900	—	4,700
TOTAL		50,500		25,500

TABLA 5.2: Cuadro de Cargas del Tablero Normal Para tomacorrientes y Uso General (TN-S1.PB)
FUENTE: Elaboración Propia.

5.9.1. CÁLCULO MÉTODO ANALÍTICO

Desarrollaremos el análisis con 10 tomacorrientes por circuito y factor de demanda de 50%:

Tenemos: $10 \times 200W = 2000W$

$2000W \times 0.5 = 1000W$

$$I_b = \frac{P_t}{K \cdot U_r \cdot \cos \varphi}$$

Calculado la corriente

Donde:

Pt : potencias activas de las cargas instaladas en (W)
Ur : es la tensión de funcionamiento 220 V
CosØ : es el factor de potencia medio de las cargas 0.95
K : Para éste caso monofásico =1 y trifásico = 1.73

$$I_b = \frac{1000}{220 \times 0.85} = 5.35A$$

Aplicando el factor para el cálculo de interruptor

$I_n = 5.35 \times 1.25 = 6.69 A$

La corriente obtenida es pequeña en comparación a la corriente de protección que es de 20 A.

Realizando el cálculo de cortocircuito tenemos:

Corriente de cortocircuito monofásico I_{cc1} : 1.72 KA

Que es un valor mucho menor al poder de corte del dispositivo de protección que es de 10 KA.

Teniendo como referencia la NTP que está basada en la norma IEC-60898 donde se prevé un poder de corte de 10 KA para interruptores de sistemas industriales o similares.

El interruptor termomagnético principal de tablero tiene las siguientes características.

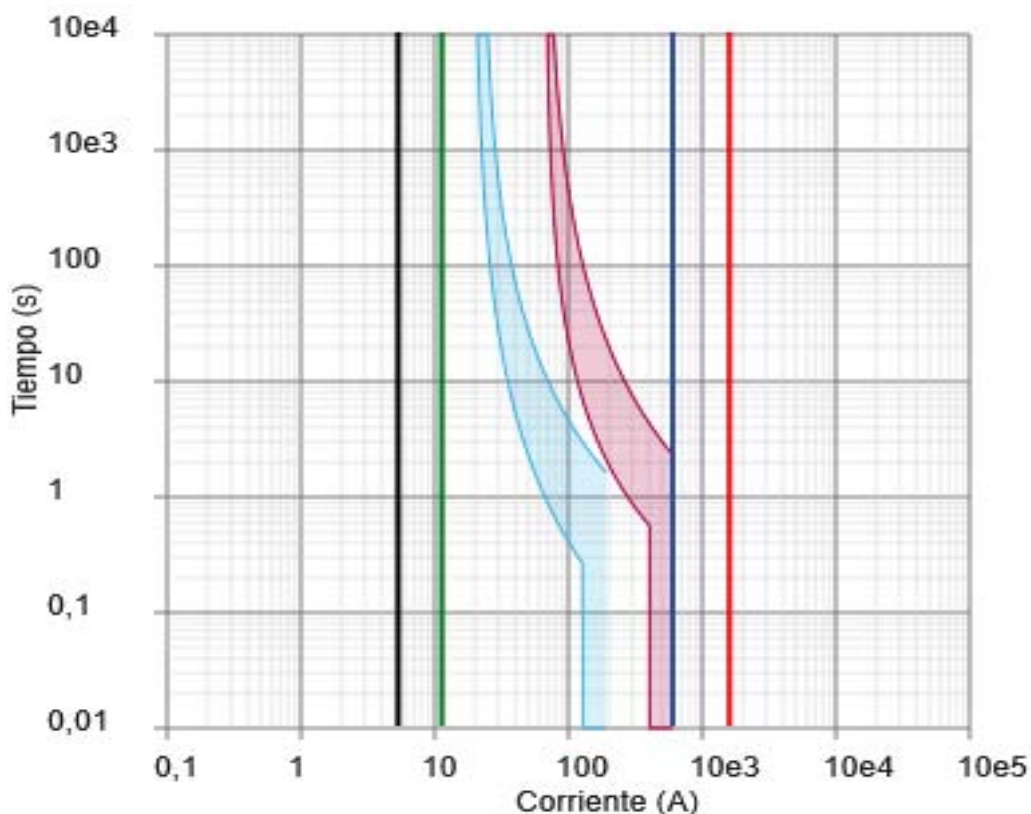
- ITM Principal I_n :60 A
 I_{cc3} :24 KA
- ITM de circuito alumbrado I_n :20 A
 I_{cc1} :10 KA

**5.9.2. CÁLCULO MEDIANTE ECODIAL ADVANCE
DIAGRAMA DE SELECTIVIDAD PARA C-1 TOMACORRIENTE-TN-S1.
PB**

C-1 TOMACORRIENTES: IC60N - C - 20 A

TN-S1. PB: NG125N - C - 63 A

ESTADO DE LA DISCRIMINACIÓN: LÍMITE DE SELECTIVIDAD = 850 A



— Ib 5A
 — Ik1Máx 1,53 kA
 — Ik1mín 0,58 kA
 — Ief 0,01 kA

	C-1 TOMACORRIENTES	TN-S1.PB
Gama	Acti9 iC60	Acti9 NG125
Tecnología Designación / fusible	iC60N	NG125N
Disyuntor / fusible del circuito	20	63
Unidad de disparo	C	C
Viaje de los aparatos	20	63
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	20	63
Tr (s)	0	0
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	160	504
Tsd (s)	0	0
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	OFF

5.9.3. CONCLUSIONES

- Realizado el análisis se ve que la corriente de carga de los tomacorrientes es de 5.35 A una corriente baja y la corriente del dispositivo de protección es de 20 A, el conductor es de 4mm² la corriente que soporta el conductor es de 31 A, se podría concluir que tanto la protección como el conductor esta sobredimensionados. Pero cumplen con la selección del dispositivo de protección que es de 20 A que es menor a la corriente máxima del conductor que es de 31 A, el conductor está protegido y las personas también ya que cuenta con un interruptor diferencial.
- La corriente del dispositivo de la llave principal es de 63 A, la de un circuito final de tomacorriente es de 20 A, cuando no hay mucha diferencia entre estos dispositivos no se llega a tener una selectividad total, se llega a tener un corriente límite de 850 A que es 0.85KA y la corriente de corto circuito calculado es de 1.72 KA se deduce que hay una selectividad relativa.
- La corriente del dispositivo de la llave principal es de 63 A, 24K A PDC y la de un circuito final de tomacorriente es de 20 A, 10KA PDC, se concluye que tenemos filiación por 10KA es menor a 24KA.
- Llegar a selectividad total casi improbable ya que los interruptores que se tienen para cargas finales no se pueden modificar sus parámetros como en el caso de interruptores generales que están aguas arriba que se puede modificar sus parámetros de funcionamiento y llegar a tener selectividad total.

5.10. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ESTABILIZADO TES.EI-S15.1P

Este tablero tiene como carga los circuitos de tomacorrientes del sistema estabilizado.

Para nuestro análisis tomaremos el tablero TES.EI-S15.1P, este tablero se ubica en la planta baja y tiene como distribución la siguiente carga.

CUADRO DE CARGAS TABLERO ESTABILIZADO (TES-EI.S15.1P)				
	DESCRIPCION	P.I (W)	F.D (%)	M.D (W)
(TES-EI.S15.1P)	TOMACORRIENTE ESTABILIZADO:			
	TOMACORRIENTE TIPO TRES EN LINEA: 8 UNDx300W/UND	2,400	80	1,920
TOTAL		2,400		1,920

TABLA 5.3: Cuadro de Cargas del Tablero Estabilizado (TES-EI.S15.1P)
FUENTE: Elaboración Propia.

5.10.1. CÁLCULO MÉTODO ANALÍTICO

Desarrollaremos el análisis con 4 tomacorrientes por circuito y factor de demanda de 80%:

Tenemos: $4 \times 300W = 1200W$

$1200W \times 0.8 = 960W$

$$I_b = \frac{Pt.}{K.U_r.\cos \varphi}$$

Calculado la corriente

Donde:

- Pt : potencias activas de las cargas instaladas en (W)
- Ur : es la tensión de funcionamiento 220 V
- Cos \varnothing : es el factor de potencia medio de las cargas 0.95
- K : Para éste caso monofásico =1 y trifásico = 1.73

$$I_b = \frac{960}{220 \times 0.85} = 5.13A$$

Aplicando el factor para el cálculo de interruptor

$I_n = 5.13 \times 1.25 = 6.41 A$

La corriente obtenida es pequeña en comparación a la corriente de protección que es de 20 A.

Realizando el cálculo de cortocircuito tenemos:

Corriente de cortocircuito monofásico I_{cc1} : 1.71 KA

Que es un valor mucho menor al poder de corte del dispositivo de protección que es de 10 KA.

Teniendo como referencia la NTP que está basada en la norma IEC-60898 donde se prevé un poder de corte de 10 KA para interruptores de sistemas industriales o similares.

El interruptor termomagnético principal de tablero tiene las siguientes características.

- ITM Principal I_n : 4x20 A
 I_{cc3} : 18 KA
- ITM de circuito alumbrado I_n : 2x20 A
 I_{cc1} : 10 KA

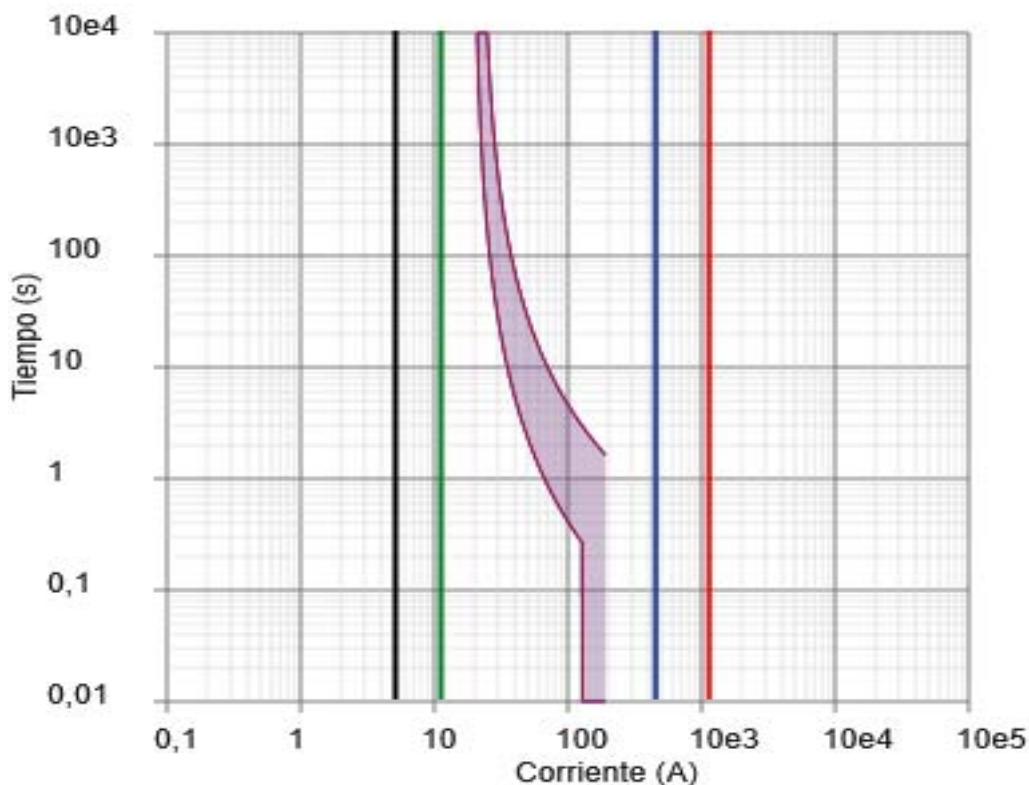
5.10.2. CÁLCULO MEDIANTE ECODIAL ADVANCE

DIAGRAMA DE SELECTIVIDAD PARA C-1 T. ESTABILIZADO Y QA 19

C-1 T. ESTABILIZADO: IC60N - C - 20 A

QA 19: IC60H - C - 20 A

ESTADO DE LA DISCRIMINACIÓN: SIN SELECTIVIDAD



— Ib
4A
— Ik1Máx
1,08 kA
— Ik1mín
0,43 kA
— Ief
0,01 kA

	C-1 T. ESTABILIZADO	QA 19
Gama	Acti9 iC60	Acti9 iC60
Tecnología Designación / fusible	iC60N	iC60H
Disyuntor / fusible del circuito	20	20
Unidad de disparo	C	C
Viaje de los aparatos	20	20
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	20	20
Tr (s)	0	0
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	160	160
Tsd (s)	0	0
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	OFF

5.10.3. CONCLUSIONES

- Realizado el análisis se ve que la corriente de carga de los tomacorrientes es de 5.13 A una corriente baja y la corriente del dispositivo de protección es de 20 A, el conductor es de 4mm² la corriente que soporta el conductor es de 31 A, se podría concluir que tanto la protección como el conductor esta sobredimensionados. Pero cumplen con la selección del dispositivo de protección que es de 20 A que es menor a la corriente máxima del conductor que es de 31 A, el conductor está protegido y las personas también ya que cuenta con un interruptor diferencial.
- La corriente del dispositivo de la llave principal es de 20 A, la de un circuito final de tomacorriente es de 20 A, cuando no diferencia entre estos dispositivos no se llega a tener una selectividad.
- La corriente del dispositivo de la llave principal es de 20 A, 18K A PDC y la de un circuito final de tomacorriente es de 20 A, 10KA PDC, se concluye que tenemos filiación por 10KA es menor a 18KA.
- Llegar a selectividad es improbable ya que los interruptores que se tienen para cargas finales no se pueden modificar sus parámetros como en el caso de interruptores generales que están aguas arriba que se puede modificar sus parámetros de funcionamiento y llegar a tener selectividad total.
- Cuando la carga final estabilizada y uso exclusivo para la alimentación de computadoras, impresoras, teléfonos, etc. Es obligatorio el uso de dispositivos de protección especiales como son los interruptores diferenciales súper inmunizados "SI", este dispositivo además de responder como los del tipo A, (que es usada en tomacorrientes normales) incorporan filtros de alta frecuencia, que le permite producir el disparo si el efecto es real o bloquear el disparo intempestivo debido a sobretensiones en la red producidos por arranque de motores, etc. Saben distinguir el fallo.

5.11. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN TABLERO DE FUERZA COMO ES DE CONTROL DE ELECTROBOMBAS TGF-SM

Los sistemas de para este tipo de tableros son una combinación de uno o más dispositivos de maniobra, asociados con equipos de control, medida, protección y regulación, completamente ensamblados, es decir con todas sus interconexiones eléctricas y mecánicas, así como su parte estructural.

Los tableros son denominados generalmente centros de control de motores CCM, estos están destinaos al control y protección centralizada de los motores, por tanto, comprende los aparatos relacionados con la operación coordinada de maniobra y protección y equipos auxiliares de control y señalización.

Los CCM ofrecen seguridad puesto que los centros emplean barreras entre secciones y unidades para una mejor contención de las fallas.

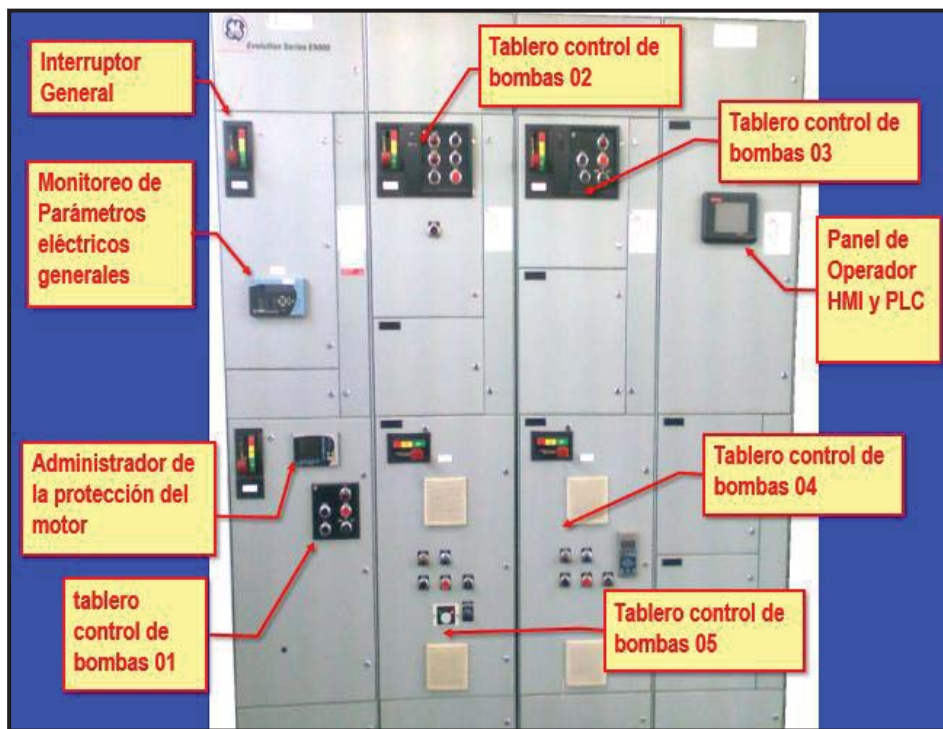


FIGURA 5.14: Características eléctricas de un centro de control de motores
FUENTE: Diseño propio

Los CCM reducen el tiempo muerto puesto que una unidad enchufable individual puede recibir mantenimiento mientras que las demás siguen con su operación.

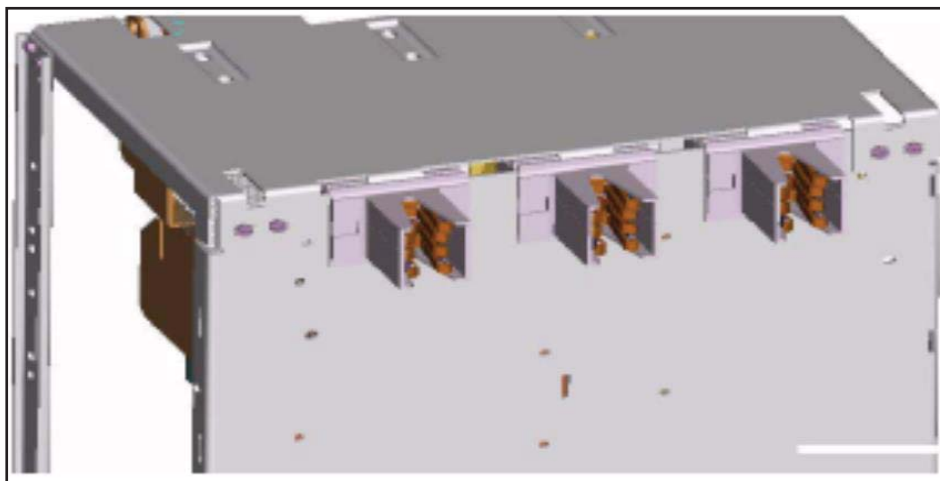


FIGURA 5.15: Características eléctricas de un centro de control de motores enchufes
FUENTE: Diseño propio

Un tablero de estas características tiene variedad de componentes las cuales deben estar interconectadas para su buen funcionamiento y

dependiendo del modo de operación que se seleccione en la instalación, como puede ser estacionaria o remota.

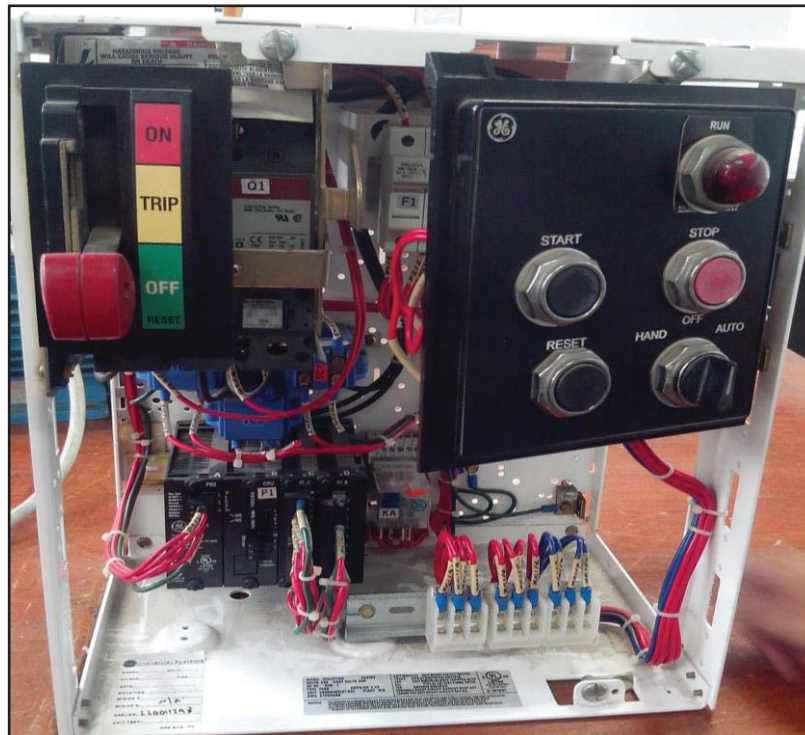


FIGURA 5.16: Características eléctricas de control de motores
FUENTE: Imagen propio

5.11.1. CÁLCULO MÉTODO ANALÍTICO

Para realizar el cálculo emplearemos dos criterios de diseño.

- Para un solo motor
- Para múltiples motores

Realizaremos los cálculos siguientes para el sub tablero TF-2 este tablero tiene como carga tres electrobombas de 3 hp de potencia cada uno, en un sistema de presión constante, este sistema nos evalúa el uso de las electrobombas desacuerdo a la presión dependiendo de la demanda en una tiempo de mínima demanda solo puede requerir el uso de una electrobomba y en máxima demanda de agua puede requerir el uso de las tres electro bombas, para nuestro estudio consideraremos en más crítico que es el uso de las tres electrobombas simultáneamente.

La función de las electrobombas es de ablandar el agua dura almacenada en las cisternas de agua.

Datos:

Electrobombas de 3hp : 03 unidades

Potencia de una electrobomba : $3 \times 746W = 2238W$

- Para una sola electrobomba
- Calculado la corriente

$$I_b = \frac{P_t}{K \cdot U_r \cdot \cos \varphi \cdot n}$$

Donde:

- Pt : potencias de electrobomba (W)
- Ur : es la tensión de funcionamiento 220 V
- CosØ : es el factor de potencia medio de las cargas 0.95
- K : Para éste caso monofásico =1 y trifásico = 1.73
- N : eficiencia del motor

$$I_b = \frac{2238}{220 \times 0.85 \times 0.9} = 13.3A$$

- Aplicando el factor para el cálculo del conductor
 $I_n = 13.3 \times 1.25 = 16.6 A$
- Aplicando el factor para el dispositivo de protección
 $I_d = 13.3 \times 1.3 = 17.29 A$ seleccionamos un ITM de 20A

	Arranque directo	Arranque estrella triángulo	Arranque por resistencias estáticas	Arranque con auto-transform.	Arranque rotórico
Corriente inicial de arranque	4 a 8 In	1,3 a 2,6 In	4,5 In	1,7 a 4 In	< 2,5 In
Par inicial de arranque	0,6 a 1,5 Cn	0,2 a 0,5 Cn	0,6 a 0,85 Cn	0,4 a 0,85 Cn	< 2,5 Cn
Duración media del arranque	2 a 3 s	3 a 7 s	7 a 12 s	7 a 12 s	3 tiempos: 2,5 s 4 y 5 tiempos: 5 s

FIGURA 5.17: Características eléctricas de arranque de motores
FUENTE: Tecsup

Para nuestro diseño se considera el arranque con un variador de velocidad el cual es un dispositivo que trabaja el par de arranque de acuerdo a la característica del funcionamiento, para las electrobombas consideraremos un arranque suave.

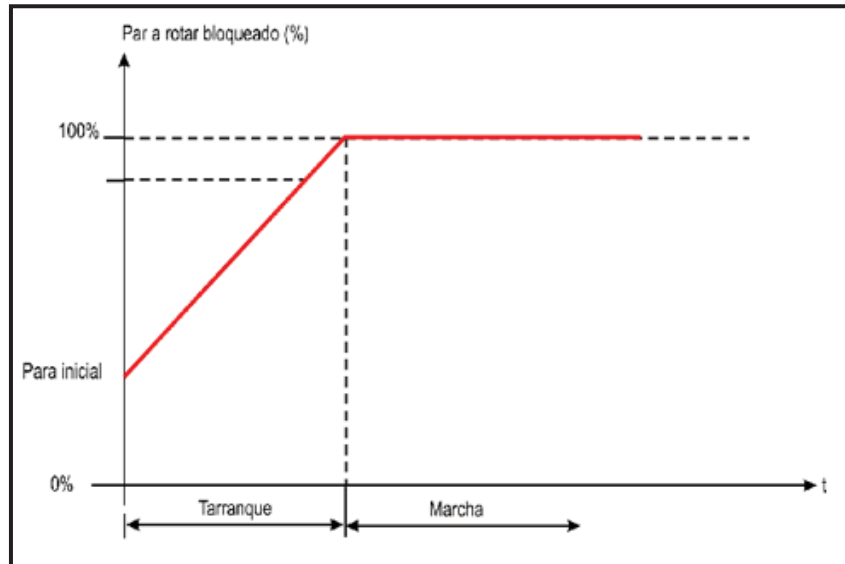


FIGURA 5.18: Características eléctricas de arranque de motores
FUENTE: Tecsup

El arranque suave es limitar el consumo de corriente abrupta al arranque de un motor proporcionándole un tiempo de arranque donde pasado el tiempo el motor alcanzara su corriente nominal.

➤ **Para las tres electrobombas**

Como las electrobombas son iguales

Tenemos:

Cálculo de la corriente para el alimentador principal

- Cálculo para el conducto

$$I_d = 1.25(I_1 + I_2 + I_3) \quad \text{Como} \quad I_1 = I_2 = I_3$$

$$I_d = 1.25 \times 13.3 + 13.3 + 13.3$$

$$I_n = 43.23 \text{ A}$$

- Cálculo de dispositivo de protección

$$I_d = 43.23 \times 1.3 = 56.2 \text{ A seleccionamos un ITM de } 60^{\text{a}}$$

5.11.2. ARRANQUE ESTADO SOLIDO CON VARIADOR DE VELOCIDAD

De trata de un dispositivo electrónico, que permite el control completo de motores eléctricos, este dispositivo trasforma la corriente alterna en continua donde realiza todas las variaciones de los parámetros como es frecuencia, y luego lo convierte en corriente alterna para la alimentación del motor.

Su instalación es compleja ya que es un dispositivo electrónico y también por la variedad de funciones que proporciona, un dato importante del variador de velocidad es la interfaz de comunicación remota como puede ser un sistema Scada u otro para la administración de redes y control remoto.



FIGURA 5.19: Variador de velocidad

FUENTE: Shneider

5.11.3. ESQUEMA TÍPICO CON VARIADOR DE VELOCIDAD PARA UN MOTOR ELÉCTRICO

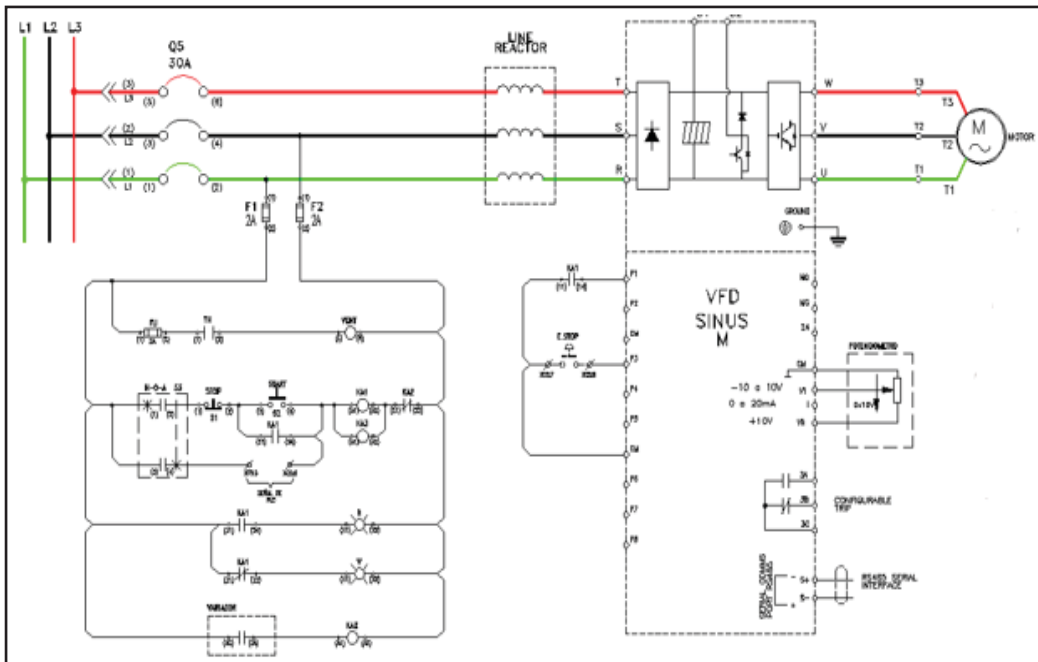


FIGURA 5.20: Esquema Eléctrico
FUENTE: Tecsup

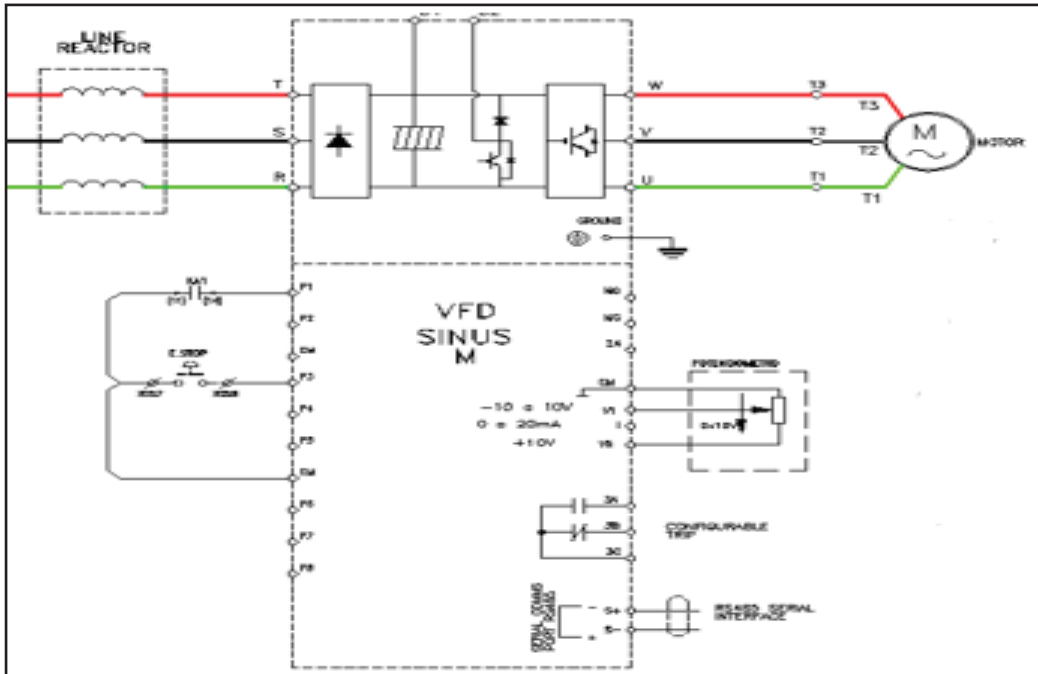


FIGURA 5.21: Esquema Eléctrico
FUENTE: Tecsup

CAPÍTULO VI PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA EFICIENTE

6.1. INTRODUCCIÓN

El planteamiento se realizó utilizando el software Ecodial Advance Calculation V 4.8, realizado la comparación previa de los resultados como son los cálculos analíticos, apoyándonos de una hoja de cálculo Excel, con estos resultados verificamos los resultados y realizamos una comparación con el software utilizando.

Los valores obtenidos tanto por el cálculo analítico son en relación un poco inferiores a los cálculos obtenidos por el software, en el cálculo analítico no se considera algunos factores como son los factores de agrupación de circuitos ya que solo se considera una instalación casi ideal, por ejemplo, no se considera la resistencia térmica del suelo.

En el software se realizó un análisis en conjunto de todo el sistema, este análisis nos permitió llegar a una selectividad total en todo el conjunto logrando así la coordinación de todo el sistema.

Para llegar al objetivo de coordinación del sistema eléctrico “selectividad total” se realizó un análisis de cada componente realizando ajustes en los dispositivos de protección, esto es un análisis fundamental porque el análisis se realiza con dispositivos reales y comerciales accesibles, sin duda que Schneider Electric los comercializa.

El software además de permitirnos realizar un selección de dispositivos de protección también nos proporciona un cálculo detallado en cada circuito como es el cálculo de cortocircuito, este valor es muy importante para la

determinación de la sección del conductor, la selección del poder de corte del dispositivo y también nos proporciona la caída de tensión en cada circuito esta información es de suma importancia ya que nos permite llegar al punto final de utilización de una carga cualquiera con los niveles de caída de tensión permitidos de acuerdo al código nacional de electricidad CNE.

Para el manejo del software es de uso exclusivos para personal con conocimiento de ingeniería eléctrica, ya que se utilizan conceptos y términos técnicos propios de la especialidad, es importante también que se revisen la normativa internacional ya que los conceptos utilizados por el software son de acuerdo a la norma internacional, como es la IEC, esta norma es una norma general para todos los países miembros, cabe señalar que nuestra norma Técnica Peruana se basa casi en su totalidad en la norma IEC.

6.2. PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA EFICIENTE

El planteamiento se presenta en formato de DWG en dos archivos que son los siguientes.

- Cálculos
- Solución

Los cuales se adjunta en los anexos 03.

6.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN PLANTEADOS

6.3.1. TABLERO AUTOSOPORTADO

El tablero deber ser del tipo autosoportado con el equipamiento eléctrico correspondiente.

La construcción del tablero deberá ser de acuerdo a la norma internacional IEC-61439.

6.3.2. INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS GENERALES

Los interruptores generales de los tableros principales como TGN, TGE, TGF, TGES-EI y TGES-EM serán de tipo Masterpact NW.

Interruptores de potencia, que incorpora la última tecnología para aumentar el rendimiento y la seguridad, ofrece funciones integradas de comunicación y medida.

Características técnicas Masterpact NW:

- | | |
|--|---------------------------|
| • Tensión de aislamiento | $U_i = 1000 \text{ V}$ |
| • Tensión de resistencia a los choques | $U_{imp} = 12 \text{ kV}$ |
| • Tensión de uso | $U_e = 690 \text{ V}$ |
| • Poder de corte de servicio I_{cs} | % I_{cu} |
| • Intensidad asignada de corta duración I_{cw} | 0.5s |
| • Número de polos | 4 |
| • Norma de fabricación seccionamiento | IEC 60947-2 |



FIGURA 6.1: Interruptor mastepact NW
FUENTE: Catálogo de Schneider Electric

6.3.3. INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS GENERALES DE SUBTABLEROS

Los interruptores principales de los tableros generales de los subtableros como TL, TLE, TN, TNE, TFN, TFE, TES.EI Y TES.EM serán de tipo Compact NSX.

Interruptores equipados con unidades de control magnética MA o termomagnético TM o con unidades de control electrónicas Micrologic para ofrecer protección contra cortocircuito y sobrecarga en:

- Sistemas de distribución alimentadores por transformadores
- Sistemas de distribución alimentados por generadores
- Cables de gran longitud.

Ofrece protección en:

- En sistemas de distribución
- Protección de motores
- Protección de aplicaciones especiales

Características técnicas Compact NSX

• Tensión de aislamiento	Ui = 800 V
• Tensión de resistencia a los choques	Uimp = 8 kV
• Tensión de uso	Ue = 690 V
• Frecuencia	60 Hz
• Número de polos	4
• Norma	IEC 60664-1



FIGURA 6.2: Interruptor Compact NSX
FUENTE: Catálogo de Schneider Electric

6.3.4. INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DE CIRCUITOS DERIVADOS

Los interruptores de los diferentes circuitos derivados serán del tipo Acti9. Son interruptores automáticos que combinan las siguientes funciones:

- Protección de circuitos contra corriente de cortocircuito
- Protección de circuitos contra corriente de sobrecarga
- Adecuados para aislamiento industrial según la Norma IEC 60947-2
- Distribución terminal terciario e industrial

Características técnicas Acti9

- | | |
|--|-------------|
| • Tensión de aislamiento | Ui = 500 V |
| • Tensión de resistencia a los choques | Uimp = 6 kV |
| • Tensión de uso | Ue = 230 V |
| • Frecuencia | 60 Hz |
| • Curva C | 4In/ 20% |
| • Número de polos | 2 |
| • Norma | IEC 60664-1 |



FIGURA 6.3: Interruptor Acti 9
FUENTE: Catálogo de Schneider Electric

6.3.5. INTERRUPTORES DIFERENCIALES

Los interruptores diferenciales del tipo Acti9. Son interruptores de sensibilidad 30mA:

Características técnicas

- | | |
|--|-------------|
| • Tensión de aislamiento | Ui = 440 V |
| • Tensión de resistencia a los choques | Uimp = 4 kV |
| • Tensión de uso | Ue = 230 V |
| • Frecuencia | 60 Hz |
| • Sensibilidad | 30mA |
| • Número de polos | 2 |
| • Norma | IEC 61008-1 |



FIGURA 6.4: Interruptor Diferencial Acti 9
FUENTE: Catalogo de Schneider Electric

6.3.6. INTERRUPTORES DIFERENCIALES SUPERINMUNIFADOS

Los interruptores diferenciales superinunizados Si permite asegurar la óptima protección y continuidad de servicio en instalaciones que presente:

- Riesgo de disparos intempestivos provocados por rayos.
- Presencia de armónico y altas frecuencias
- Presencia de componentes continuas
- Bajas temperaturas

Características técnicas

- | | |
|--|-------------|
| • Tensión de aislamiento | Ui = 500 V |
| • Tensión de resistencia a los choques | Uimp = 6 kV |
| • Tensión de uso | Ue = 230 V |
| • Resistencia a la onda de corriente de choque | 3KA |
| • Frecuencia | 60 Hz |
| • Sensibilidad | 30mA |
| • Número de polos | 2 |
| • Norma | IEC 60947 |

6.4. CUADRO COMPARATIVO Y CAMBIOS REALIZADOS EN LA COORDINACIÓN.

TABLERO GENERAL TGN-1

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALIMENTADORES EN CIRCUITOS EN TGN-1 Y SUS SUB ALIMENTADORES										
DATOS			CÁLCULO ANALÍTICO				CÁLCULOS ECODIAL			
ALIMENTADOR DEL TABLERO	M.D. (KW)	Corriente de carga lb (A)	Corriente aparente a transportar l'b = lb / ktot (A)	Sección cable (mm ²)	In= Corriente asignada del dispositivo de protección (A)	lcc3 (KA)	Sección cable (mm ²)	In= Corriente asignada del dispositivo de protección (A)	lcc3 (KA)	verificación
TGN-1	2239.36	3581	3581	7(3-1x300)	3200	49.65	7x300	3200	57.2	Correcto
TL-S1.PB	13.47	22	33	35	40	1.36	35	40	1.68	Correcto
TN-S1.PB	25.50	41	63	70	60	3.44	95	63	4.2	Cambiar
TL-S2.PB	9.50	15	23	25	30	1.04	25	32	1.27	Correcto
TN-S2.PB	23.70	38	58	70	50	3.65	50	50	3.54	Correcto
TL-S3.PB	3.60	6	9	6	20	0.35	6	25	0.469	Correcto
TN-S3.PB	12.90	21	37	25	30	1.44	25	32	1.84	Correcto
TL-S4.PB	12.73	20	31	25	30	1.56	35	32	2.05	Correcto
TN-S4.PB	44.60	71	110	120	100	6.29	150	100	6.2	Cambiar
TL-S11.1P	5.90	9	15	10	30	0.71	10	32	0.947	Cambiar
TN-S11.1P	35.20	56	57	50	50	3.36	50	50	4.35	Correcto
TL-S9.1P	5.70	9	14	6	30	2.07	6	32	2.77	Correcto
TN-S9.1P	9.60	15	24	6	30	1.47	10	32	1.96	Cambiar
TL-S8.1P	5.20	8	13	6	30	0.73	6	32	0.975	Correcto
TN-S8.1P	16.40	26	21	6	30	1.18	10	32	1.58	Cambiar
TL-S7.1P	37.20	59	92	95	80	4.72	95	80	7.41	Correcto
TN-S7.1P	122.30	196	286	2(3 - 1 x 185)	250	9.52	2(3 - 1 x 185)	250	17.6	Correcto
TL-S10.1P	49.61	79	122	185	100	5.56	185	100	9.5	Correcto
TN-S10.1P	187.20	299	461	3(3 - 1 x 300)	400	21.82	3(3 - 1 x 300)	400	23.3	Correcto
TL-S16.1P	1.20	2	3	6	20	3.14	6	25	1.42	Cambiar
TN-S16.1P	1.50	2	4	6	20	3.14	6	25	1.42	Cambiar
TL-S15.1P	3.00	5	7	6	20	3.82	6	25	1.73	Cambiar
TN-S15.1P	10.00	16	6	6	20	3.91	6	25	1.77	Cambiar

TABLA 6.1: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores en Circuitos del TGN-1 y Sus Sub Alimentadores

FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL TGN-2

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES ALIMENTADORES EN TGN-2 Y SUB ALIMENTADORES										
DATOS			CÁLCULO DEL PROYECTISTA				CÁLCULOS ECODIAL			
ALIMENTADOR DEL TABLERO	M.D. (KW)	Corriente de carga lb (A)	Corriente aparente a transportar l'b = lb / ktot (A)	Sección cable (mm2)	In= Corriente asignada del dispositivo de protección (A)	lcc3 (KA)	Sección cable (mm2)	In= Corriente asignada del dispositivo de protección (A)	lcc3 (KA)	verificación
TGN-2	1855.12	2967	2967	7(3-1x300)	3200	49.65	7x300	3200	55.1	Correcto
TFN-S1.PB	68.45	109	168	2x240	125	10.30	2(3 - 1 x 240)	125	6.61	Correcto
TFN-S2.PB	41.72	67	103	2x120	100	14.22	2(3 - 1 x 95)	80	8.44	Cambiar
TFN-S3.PB	14.15	23	35	25	30	1.95	25	32	1.81	Correcto
TFN-S4.PB	67.70	108	167	2x240	125	14.04	2(3 - 1 x 240)	125	7.38	Correcto
TFN-S11.1P	52.59	84	129	95	100	5.90	95	100	5.89	Correcto
TFN-S9.1P	16.86	27	48	10	40	1.47	16	40	3.11	Cambiar
TFN-S8.1P	16.82	27	48	16	40	1.22	16	40	2.51	Correcto
TFN-S7.1P	100.53	161	288	2(3 - 1 x 120)	200	10.34	2(3 - 1 x 120)	200	14	Correcto
TFN-S10.1P	249.57	399	714	3(3 - 1 x 300)	450	21.82	3(3 - 1 x 300)	630	23.3	Cambiar
TFN-S15.1P	5.78	9	17	6	20	1.32	6	25	1.77	Cambiar
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°1	100.00	160	286	2x240	200	11.42	2(3 - 1 x 240)	200	9.6	Correcto
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°2	100.00	160	286	2x240	200	11.67	2(3 - 1 x 240)	200	9.8	Correcto
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°3	100.00	160	286	2x240	200	11.67	2(3 - 1 x 240)	200	9.8	Correcto
TOMOGRFO	85.00	136	243	185	200	14.83	185	200	9.1	Correcto
RESONADOR MAGNÉTICO	90.00	144	257	185	200	9.99	185	200	9.9	Correcto
ACELERADOR LINEAL	200.00	320	572	2(3 - 1 x 240)	400	16.92	4(3 - 1 x 300)	400	14.9	Cambiar

TABLA 6.2: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores en Circuitos del TGN-2 y Sus Sub Alimentadores

FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA TGE-1

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALIMENTADORES TGE-1 Y SUS SUB ALIMENTADORES										
DATOS			CÁLCULO ANALÍTICO				CÁLCULOS ECODIAL			
ALIMENTADOR DEL TABLERO	M.D. (KW)	Corriente de carga lb (A)	Corriente aparente a transportar I'b = lb / k _{tot} (A)	Sección cable (mm ²)	In= Corriente asignada del dispositivo de protección (A)	Icc3 (KA)	Sección cable (mm ²)	In= Corriente asignada del dispositivo de protección (A)	Icc3 (KA)	verificación
TGN-1	2239.36	3581	3581	7(3-1x300)	3200	49.65	7x300	3200	55.1	Correcto
TGE-1	1634.76	2614	2614	5(3-1x300)	1250	45.78	5x300	2000	49.3	Correcto
TLE-S1.PB	11.50	18	28	50	30	1.36	50	32	2.49	Correcto
TE-S1.PB	14.13	23	35	50	50	2.62	50	50	3.31	Correcto
TLE-S2.PB	6.10	10	15	16	30	0.67	16	32	1.38	Correcto
TE-S2.PB	34.80	56	86	95	70	4.39	95	80	10.5	Cambiar
TLE-S3.PB	3.10	5	8	6	20	0.35	6	20	0.781	Correcto
TE-S3.PB	13.00	21	32	25	30	2.00	35	32	2.62	Cambiar
TLE-S4.PB	9.32	15	27	25	30	1.12	25	32	2.05	Correcto
TE-S4.PB	10.07	16	29	25	30	1.54	25	32	2.03	Correcto
TLE-S11.1P	13.20	21	38	16	30	1.75	35	32	3.18	Cambiar
TE-S11.1P	56.85	91	166	185	150	7.00	185	160	15.6	Correcto
TLE-S9.1P	3.17	5	9	6	20	0.86	6	20	1.14	Correcto
TE-S9.1P	49.75	80	145	35	100	9.00	50	100	10.2	Cambiar
TLE-S8.1P	3.50	6	10	6	20	0.67	6	20	0.973	Correcto
TE-S8.1P	27.36	44	80	25	60	0.73	50	50	7.1	Cambiar
TLE-S7.1P	44.17	71	129	120	100	6.06	120	100	8.36	Correcto
TE-S7.1P	75.70	121	221	2(3-1x240)	150	9.41	2x240	160	17.8	Correcto
TLE-S10.1P	78.08	125	227	2(3-1x300)	150	8.71	2x300	160	17.4	Correcto
TE-S10.1P	315.40	504	919	5(3-1x500)	800	28.32	5(3-1x500)	630	29.2	Cambiar
TLE-S16.1P	1.00	2	3	6	20	1.06	6	20	1.41	Correcto
TLE-S15.1P	2.75	4	8	6	20	1.29	6	20	1.72	Correcto
TE-S15.1P	45.96	74	134	10	30	9.80	10	20	14.2	Cambiar
TE-S40.4P	195.50	313	570	3(3-1x240)	400	17.59	3(3-1x240)	400	21.3	Correcto
TE-S33.3P	250.70	401	730	3(3-1x240)	500	23.68	3(3-1x240)	500	24.6	Correcto
TE-S38.4P	127.75	204	372	2(3-1x300)	300	14.47	2(3-1x240)	250	19.2	Cambiar

TABLA 6.3: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores en Circuitos del TGE-1 y Sus Sub Alimentadores
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA TGE-2

DIMENSIONAMIENTO DE CABLES DE ALIMENTADORES TGE-2 Y SUS SUB ALIMENTADORES										
DATOS			CÁLCULO ANALÍTICO				CÁLCULOS ECODIAL			
ALIMENTADOR DEL TABLERO	M.D. (KW)	Corriente de carga lb (A)	Corriente aparente a transportar l'b = lb / ktot (A)	Sección cable (mm2)	In= Corriente asignada del dispositivo de protección (A)	Icc3 (KA)	Sección cable (mm2)	In= Corriente asignada del dispositivo de protección (A)	Icc3 (KA)	verificación
TGN-2	1855.12	2967	2967	7(3-1x300)	3200	49.65	7x300	3200	55.1	Correcto
TGE-2	545.95	873	873	2(3-1x240)	1250	38.53	2x240	1000	42.1	Correcto
TFE-S13.1P	12.18	19	35	50	30	1.87	50	32	3.35	Correcto
TFE-S26.2P	10.82	17	31	35	30	1.53	35	32	2.62	Correcto
TFE-S10.1P	99.59	159	285	2(3 - 1 x 240)	200	15.53	2(3 - 1 x 240)	200	16.4	Correcto
TFE-S7.1P	71.62	115	205	240	150	13.25	240	160	17.2	Correcto
TFE-S16.1P	2.46	4	7	6	20	0.35	6	20	1.41	Correcto
TFE-S15.1P	5.33	9	15	6	20	1.22	10	25	1.72	Cambiar
TGF-ASC	66.00	106	189	185	150	7.41	185	160	16.2	Correcto
TGF-SM	32.50	52	93	35	70	3.98	35	70	7.49	Correcto
TGF-CHILLER	229.78	367	657	2(3 - 1 x 300)	500	19.57	3(3 - 1 x 300)	630	23.5	Cambiar
TFE-S41.AZ	15.67	25	45	35	40	2.22	35	40	3.92	Correcto

TABLA 6.4: Dimensionamiento de Cables de Alimentadores en Circuitos del TGE-2 y Sus Sub Alimentadores

FUENTE: Elaboración Propia

6.4.1 Conclusión

- Al realizar la comparación se verifica que los cálculos analíticos y los realizados por el programa son relativamente similares.
- también se verifica que los valores de algunos interruptores son diferentes y se realizó el cambio correspondiente, cabe señalar que el programa usa una base de datos propios para la seleccionar de los interruptores.

6.5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

Las características de los sub alimentadores de los tableros (TGN-1, TGN-2, TGE-1 y TGE-2), se muestran a continuación en las siguientes tablas.

TABLERO GENERAL NORMALES TGN-1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DEL (TGN-1)								
Alimentador del Tablero	Tensión de Aislamiento (Ui): V	Tensión de Resistencia a los Choques (Uimp): KV	Tensión de uso (Ue): V	Intensidad Asignada de Corta Duración (T): S	Número de Polos (N)	Norma de Fabricación de Seccionamiento	Corriente de Corto Circuito Trifásico (Icc): KA	Poder de Corte Ultimo (Icu): KA
TGN-1	-	-	-	-	-	-	-	-
TL-S1.PB	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	1.68	10
TN-S1.PB	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	4.2	10
TL-S2.PB	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	1.27	10
TN-S2.PB	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	3.54	10
TL-S3.PB	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	0.469	10
TN-S3.PB	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	1.84	10
TL-S4.PB	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	2.05	10
TN-S4.PB	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	6.2	10
TL-S11.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	0.947	10
TN-S11.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	4.35	10
TL-S9.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	2.77	10
TN-S9.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	1.96	10
TL-S8.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	0.975	10
TN-S8.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	1.58	10
TL-S7.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	7.41	10
TN-S7.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	17.6	10
TL-S10.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	9.5	10
TN-S10.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	23.3	25
TL-S16.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	1.42	10
TN-S16.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	1.42	10
TL-S15.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	1.73	10
TN-S15.1P	1000	12	690	12	4	IEC 60947-2	1.77	10

TABLA 6.5: Características Técnicas de los ITM de los Sub Alimentadores del (TGN-1)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL NORMAL (TGN-2)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DEL (TGN-2)								
Alimentador del Tablero	Tensión de Aislamiento (U): V	Tensión de Resistencia a los Choques (Imp.): KV	Tensión de uso (UE): V	Intensidad Asignada de Corta Duración (T): S	Número de Polos (N)	Norma de Fabricación de Seccionamiento	Corriente de Corto Circuito Trifásico (Icc): KA	Poder de Corte Ultimo (Icu): KA
TGN-2	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	57.2	70
TFN-S1.PB	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	6.61	15
TFN-S2.PB	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	8.44	15
TFN-S3.PB	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	1.81	15
TFN-S4.PB	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	7.38	15
TFN-S11.1P	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	5.89	15
TFN-S9.1P	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	3.11	15
TFN-S8.1P	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	2.51	15
TFN-S7.1P	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	14	15
TFN-S10.1P	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	23.3	25
TFN-S15.1P	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	1.77	15
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°1	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	9.6	15
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°2	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	9.8	15
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°3	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	9.8	15
TOMOGRAFO	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	9.1	15
RESONADOR MAGNÉTICO	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	9.9	15
ACELERADOR LINEAL	1000	12	690	0.5	4	IEC 60947-2	14.9	25

TABLA 6.6: Características Técnicas de los ITM de los Sub Alimentadores del (TGN-2)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA (TGE-1)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DEL (TGE-1)								
Alimentador del Tablero	Tensión de Aislamiento (Ui): V	Tensión de Resistencia a los Choques (Uimp): KV	Tensión de uso (Ue): V	Intensidad Asignada de Corta Duración (T): S	Número de Polos (N)	Norma de Fabricación de Seccionamiento	Corriente de Corto Circuito Trifásico (Icc): KA	Poder de Corte Último (Icu): KA
TGN-1	800	8	690	12	4	IEC 60664-1	57.2	70
TGE-1	800	8	690	12	4	IEC 60664-1	55.1	10
TLE-S1.PB	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	2.49	10
TE-S1.PB	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	3.31	10
TLE-S2.PB	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	1.38	10
TE-S2.PB	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	10.5	15
TLE-S3.PB	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	0.781	10
TE-S3.PB	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	2.62	10
TLE-S4.PB	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	2.05	10
TE-S4.PB	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	2.03	10
TLE-S11.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	3.18	10
TE-S11.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	15.6	20
TLE-S9.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	1.14	10
TE-S9.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	10.2	15
TLE-S8.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	0.973	10
TE-S8.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	7.1	10
TLE-S7.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	8.36	10
TE-S7.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	17.8	20
TLE-S10.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	17.4	20
TE-S10.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	29.2	25
TLE-S16.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	1.41	10
TLE-S15.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	1.72	10
TE-S15.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	14.2	15
TE-S40.4P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	21.3	20
TE-S33.3P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	24.6	36
TE-S38.4P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	19.2	20
TGES-EI.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	6.51	10
TGES-EI.2P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	16.6	20
TGES-EM.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	15.5	15
TGES-EM.3P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	7.79	10

TABLA 6.7: Características Técnicas de los ITM de los Sub Alimentadores del (TGE-1)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA TGE-2

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DEL (TGE-2)								
Alimentador del Tablero	Tensión de Aislamiento (Ui): V	Tensión de Resistencia a los Choques (Uimp): KV	Tensión de uso (Ue): V	Intensidad Asignada de Corta Duración (T): S	Número de Polos (N)	Norma de Fabricación de Seccionamiento	Corriente de Corto Circuito Trifásico (Icc): KA	Poder de Corte Ultimo (Icu): KA
TGN-2	800	8	690	12	4	IEC 60664-1	55.1	70
TGE-2	800	8	690	12	4	IEC 60664-1	55.1	50
TFE-S13.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	3.35	20
TFE-S26.2P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	2.62	15
TFE-S10.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	16.4	15
TFE-S7.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	17.2	20
TFE-S16.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	1.41	15
TFE-S15.1P	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	1.72	15
TGF-ASC	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	16.2	20
TGF-SM	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	7.49	15
TGF-CHILLER	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	23.5	25
TFE-S41.AZ	800	8	690	4	4	IEC 60664-1	3.92	15

TABLA 6.8: Características Técnicas de los ITM de los Sub Alimentadores del (TGE-2)
FUENTE: Elaboración Propia

6.6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES

Las características generales de los interruptores diferenciales de los sub alimentadores del tablero (TGN-1, TGN-2, TGE-1 y TGE-2), se muestran en las siguientes tablas.

TABLERO GENERAL NORMAL (TGN-1)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES DEL (TGN-1)								
Alimentador del Tablero	Tensión de Aislamiento (Ui): V	Tensión de Resistencia a los Choques (Uimp): KV	Tensión de uso (Ue): V	Frecuencia (F): Hz	Número de Polos (N)	Norma de Fabricación de Seccionamiento	Sensibilidad (mA)	Clase
TGN-1	-	-	-	-	-	-	-	-
TL-S1.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TN-S1.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TL-S2.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TN-S2.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TL-S3.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TN-S3.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TL-S4.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TN-S4.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TL-S11.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TN-S11.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TL-S9.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TN-S9.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TL-S8.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TN-S8.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TL-S7.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TN-S7.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TL-S10.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TN-S10.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TL-S16.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TN-S16.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TL-S15.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TN-S15.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A

TABLA 6.9: Características Técnicas de los Interruptores Diferenciales de los Sub Alimentadores del (TGN-1)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL NORMAL TGN-2

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES DEL (TGN-2)								
Alimentador del Tablero	Tensión de Aislamiento (Ui): V	Tensión de Resistencia a los Choques (Uimp): KV	Tensión de uso (Ue): V	Frecuencia (F): Hz	Número de Polos (N)	Norma de Fabricación de Seccionamiento	Sensibilidad (mA)	Clase
TGN-2	-	-	-	-	-	-	-	-
TFN-S1.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
TFN-S2.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
TFN-S3.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
TFN-S4.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
TFN-S11.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
TFN-S9.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
TFN-S8.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
TFN-S7.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
TFN-S10.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
TFN-S15.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°1	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°2	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
RAYOS"X" ESTACIONARIO N°3	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
TOMOGRAFO	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
RESONADOR MAGNÉTICO	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A
ACELERADOR LINEAL	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	500	A

TABLA 6.10: Características Técnicas de los Interruptores Diferenciales de los Sub Alimentadores del (TGN-2)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA TGE-1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES DEL (TGE-1)								
Alimentador del Tablero	Tensión de Aislamiento (Ui): V	Tensión de Resistencia a los Choques (Uimp): KV	Tensión de uso (Ue): V	Frecuencia (F): Hz	Número de Polos (N)	Norma de Fabricación de Seccionamiento	Sensibilidad (mA)	Clase
TGN-1	-	-	-	-	-	-	-	-
TGE-1	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TLE-S1.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S1.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TLE-S2.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S2.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TLE-S3.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S3.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TLE-S4.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S4.PB	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TLE-S11.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S11.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TLE-S9.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S9.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TLE-S8.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S8.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TLE-S7.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S7.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TLE-S10.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S10.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TLE-S16.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TLE-S15.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S15.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S40.4P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S33.3P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TE-S38.4P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TGES-EI.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TGES-EI.2P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TGES-EM.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A
TGES-EM.3P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	100	A

TABLA 6.11: Características Técnicas de los Interruptores Diferenciales de los Sub Alimentadores del (TGE-1)
FUENTE: Elaboración Propia

TABLERO GENERAL DE EMERGENCIA TGE-2

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES DEL (TGE-2)								
Alimentador del Tablero	Tensión de Aislamiento (Ui): V	Tensión de Resistencia a los Choques (Uimp): KV	Tensión de uso (Ue): V	Frecuencia (F): Hz	Número de Polos (N)	Norma de Fabricación de Seccionamiento	Sensibilidad (mA)	Clase
TGN-2	-	-	-	-	-	-	-	-
TGE-2	-	-	-	-	-	-	-	-
TFE-S13.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TFE-S26.2P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TFE-S10.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TFE-S7.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TFE-S16.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TFE-S15.1P	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TGF-ASC	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TGF-SM	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TGF-CHILLER	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A
TFE-S41.AZ	400	4	380	60	4	IEC 61008-1	300	A

TABLA 6.12: Características Técnicas de los Interruptores Diferenciales de los Sub Alimentadores del (TGE-2)
FUENTE: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

1. Para la selección del diagrama unifilar a estudiar se realizó la verificación de los diseños hecho por el proyectista en la determinación de los alimentadores y equipos de protección de las instalaciones eléctricas en baja tensión.

Hecho la evaluación, se tiene que algunos alimentadores obtenidos por el proyectista no cumplen con los criterios de diseño y normas, razón por lo cual, son sustituidos por los valores calculados correctamente. El diagrama propuesto por el proyectista es considerado para los cálculos que se determinaron en el presente trabajo.

2. Con respecto a los alimentadores, utilizando el método de las impedancias se calculó las corrientes de cortocircuito trifásico de forma analítica y se realizó una comparación con los valores obtenidos con el programa Ecodial, se observa que la diferencia es mínima y cumplen con la norma internacional IEC y la normativa peruana.

La I_{cc3} dado por la concesionaria es de 4.34 KA en el lado de media tensión y las I_{cc3} calculado en el lado de baja tensión es de 57.2 KA en la barra común y de 55.3 KA en la barra de cada TGN, 1 y 2, el poder de corte de los ITM principales seleccionados serán de 70 KA, que es mucho mayor que la corriente trifásica calculada, con lo cual se concluye que el programa es confiable.

3. La coordinación ha sido muy importante para determinar los ajustes adecuados para que la curva de operación de los interruptores termomagnéticos no se intersecten. Se concluye que las protecciones actúen en forma rápida y selectiva en caso de falla, protegiendo y garantizando la continuidad del servicio.

En base a la coordinación se seleccionó los ITM del tipo abierto, una la característica de este interruptor es la regulación de los siguientes parámetros I_r , T_r , I_{sd} , T_{sd} e I_i , para garantizar la correcta selectividad con los ITM tipo caja moldea de los subtableros.

4. El presente estudio se ha cumplido con la coordinación entre los ITM principales con los ITM de los subtableros, que garantizara el correcto funcionamiento de las protecciones, de esta manera se ha logrado cumplir satisfactoriamente, se obtiene un sistema de protección eficiente y seguro.

RECOMENDACIONES

1. En diseños de gran envergadura y compleja instalación es recomendable el uso de programas para llevar un control adecuado de todo el sistema en conjunto y realizar el análisis global, que nos permite obtener mejores resultados y mejor selección de dispositivos de protección.
2. En instalaciones de gran envergadura es recomendable la utilización de ductos de barra conocidos como Busbara en el mercado, debido a las altas corrientes que se obtienen y la necesidad de usar ternas de cables el cual hacen una dificultad la instalación por la magnitud que, de los conductores seleccionados, es por tal razón el uso del BUSBAR es recomendado por su fácil instalación y mayor capacidad de corriente que conducen.
3. Es recomendable la utilización de dispositivos de protección normalizados y que se encuentren en el mercado, destinadas específicamente para sector donde se instalaran, en nuestro caso se tiene que utilizar equipos de protección adecuados para el uso hospitalario.
4. La colocación de protecciones pensando en las normas de seguridad estrictas con el fin de tener una instalación segura y funcional, demuestra que el profesional encargado del proyecto presta una asesoría de calidad al cliente final y esto beneficia a ambas partes.

BIBLIOGRAFÍA

1. COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN BAJA TENSIÓN
Ing. Pedro A. Cediel Gomez Schneider Electric.
Publicado el mayo del 2009 en Colombia (barranquilla)
2. CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO
Ing. Beniot de Metz, Dr. Frederic Dumes Schneider Electric.
Publicado el 17 e marzo del 2013
3. SELECTIVIDAD EN BAJA TENSIÓN
Cuaderno de aplicaciones técnicas ABB
Publicado en Barsezona España en agosto del 2002
4. PROTECCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES Y
COMERCIALES
Ing. Enríquez Harper. 2da edición 2003 editorial limosa S.A México
5. Norma IEC 60947-2 COORDINACIÓN DE DISPOSITIVOS DE
PROTECCIÓN.
International Electrotechnical Commission Publicado en mayo de 2008
6. CÓDIGO NACIONAL DE ELÉCTRICIDAD 2006 UTILIZACIÓN
Dirección General de Electricidad Publicado en enero-2006 en el Perú.
7. NORMA TÉCNICA PERUANA NTP
Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Publicado en 03-05-2004 en el Perú.

ANEXO 1

PROCEDIMIENTO UTILIZADO PARA EL CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

Existen diferentes métodos para el cálculo de la corriente de cortocircuito, para el estudio utilizaremos el método de impedancias, este método es el método más utilizado y se recomienda para el análisis de coordinación de protecciones en baja tensión.

A. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO ICC MÉTODO DE IMPEDANCIAS

Este método permite calcular las corrientes de cortocircuito en cualquier punto de la instalación considerando las siguientes hipótesis:

HIPÓTESIS PARA EL CÁLCULO

- A. La corriente de cortocircuito, al producirse un cortocircuito trifásico, se supone que entran en contacto simultáneamente las tres fases.
- B. Durante el cortocircuito el número de fases afectadas no se modifica, un defecto trifásico sigue siendo trifásico.
- C. Durante todo el tiempo de cortocircuito tanto las tensiones que han provocado la circulación de corriente como la impedancia de cortocircuito no varía de forma significativa.
- D. No se toma en cuenta las resistencias de arco.
- E. Se desprecia todas las capacidades de las líneas
- F. Se desprecian las corrientes de carga
- G. Se tienen en cuenta todas las impedancias homopolares.

Se considero para el estudio la corriente de cortocircuito trifásico que es la mayor entre las demás fallas.

- Cortocircuito trifásico (I_{cc3})

B. CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO (I_{cc3})

En el defecto que corresponde a la unión de las tres fases. La intensidad de cortocircuito es I_{cc3} es:

Siendo:

U: tensión compuesta entre fases

Z_{cc} : impedancia equivalente a todas las impedancias (de la fuente y las líneas)

ΣR : suma de todas las resistencias

ΣX : suma de todas las reactancias

$$I_{cc3} = \frac{U}{\sqrt{3} * Z_{cc}}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}$$

Se considera normalmente que el defecto trifásico es el que provoca las corrientes más elevadas. En efecto, la corriente de defecto, en el esquema equivalente a un sistema polifásico, solo está limitada por la impedancia de una fase bajo la tensión simple de la red.

El cálculo de la corriente I_{cc3} es pues indispensable para elegir los materiales como son intensidades y esfuerzos electrodinámicos máximos a soportar.

C. DETERMINACIÓN DE LAS DIVERSAS IMPEDANCIAS DE CORTOCIRCUITO

El principio de este método está basado en determinar las corrientes de cortocircuito a partir de la impedancia que representa el circuito. Esta impedancia calcula una vez ya totalizado separadamente las diferentes resistencias y reactancias del circuito de defecto, incluida la fuente de alimentación, hasta el punto de defecto.

1. IMPEDANCIAS DE LA RED AGUAS ARRIBA

En mayor parte de los cálculos no se va más allá del punto de suministro de energía. El conocimiento de la red aguas arriba se limita generalmente a las indicaciones facilitadas por la empresa concesionaria, es decir únicamente la potencia de cortocircuito S_{cc} en MVA en el punto de conexión o punto de diseño otorgado por la misma.

La impedancia de la red aguas arriba es:

Siendo:

U: tensión compuesta entre fases

S_{cc} : potencia de cortocircuito

Facilitado por la empresa

Concesionaria.

$$Z_a = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

$$X_a = \sqrt{(Z_a)^2 + (R_a)^2}$$

$$X_a = 0.98Z_a$$

Datos:

- Tensión en media tensión V: 10KV
- Potencia de cortocircuito Pcc: 75.114MVA (concesionaria)

Resultados:

- Corriente de cortocircuito en el lado de media tensión Icc: 4.34KA

2. IMPEDANCIA INTERNA DEL TRANSFORMADOR

Esta impedancia se calcula a partir de la tensión de cortocircuito U_{cc} expresada en %.

Siendo:

U: tensión compuesta entre fases (En vacío)

S_n : potencia aparente del Transformador

U_{cc} : tensión de cortocircuito

$$Z_T = U_{CC} \frac{U^2}{S_n}$$

Para los transformadores de MT/BT las normas fijan los valores, cabe señalar que este dato es proporcionado en la placa de características de los transformadores calculado y según el fabricante.

Tensión de cortocircuito U_{cc} normalizados para los transformadores MT/BT de distribución pública.

Datos:

- Transformador de 200KVA

Resultados:

- Tensión de cortocircuito del transformador U_{cc} : 6.5%

3. IMPEDANCIA DE LAS CONEXIONES

La impedancia de las conexiones Z_L depende del alimentador que se determino para los diferentes tableros y subtablero, dependiendo de sus componentes, resistencia y reactancia unitarias, y de su longitud.

LA RESISTENCIA UNITARIA R_L DE LAS LÍNEAS.

Siendo:

S : sección del conductor

$R_L = \frac{\rho}{S}$

ρ : resistividad

R_L : resistencia de la línea

LA REACTANCIA UNITARIA X_L EN LAS LÍNEAS

Siendo:

X_L : Reactancia inductiva m Ω /km

L: Longitud

ω : frecuencia angular

f: frecuencia

$$X_L = L\omega = 2\pi fL$$

PROCEDIMIENTO UTILIZADO PARA LA SELECCIÓN DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

Se realizo la selección de acuerdo al tipo de interruptores según la norma IEC 60947-2.

Tipos:

- Abierto
- Caja Moldeada

➤ Mini interruptor

A. INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS TIPO ABIERTO

Son interruptores de gran capacidad de corriente, implementados con diferentes dispositivos para realizar una selectividad con los interruptores de aguas abajo.

Se seleccionó este interruptor como principal por la capacidad de corriente y es de categoría B, provisto para optimizar la selectividad ya que permiten un retardo intencional del disparo a determinado valor de corriente de cortocircuito.

B. INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS TIPO CAJA MOLDEADA

Son interruptores de mediana capacidad de corriente implementados con diferentes dispositivos para realizar una selectividad con los interruptores aguas abajo.

Se selecciono este interruptor para los subtableros por la capacidad de corriente y por que esta provisto de dispositivos de regulación.

C. INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS TIPO MINI INTERRUPTOR

Son interruptores de baja capacidad de corriente, utilizado para alimentar cargas finales como son alumbrado y tomacorrientes y cargas de pequeña potencia.

Son especialmente de categoría C para alimentación de cargas mixtas normales.

ANEXO 2

MANUAL DE SOFTWARE ECODIAL ADVANCE CALCULATION V 4.8

Ecodial Advance Calculation

Ayuda técnica





Contenido

- > Denominación de los componentes
- > Principales avances relacionados con el informe técnico Cenelec TR50480
- > Esquemas de conexión a tierra
- > Tipos de pérdidas de los transformadores
- > Coeficiente de simultaneidad K_s
- > Estado de la aparamenta y modos de explotación
- > Selectividad de las protecciones
- > Verificación del esfuerzo térmico de los cables
- > Selectividad de las protecciones diferenciales
- > Selectividad entre las protecciones de MT y BT
- > Instalación de la filiación
- > Interruptor automático e interruptor desenchufable
- > Motorización de los interruptores automáticos y de los interruptores
- > Apertura a distancia de los interruptores
- > Corte visible
- > Clase de protecciones diferenciales de corriente residual
- > Implantación de las protecciones diferenciales de corriente residual
- > Protección diferencial de alta sensibilidad
- > Protección diferencial de sensibilidad media
- > Caída de tensión máxima admisible por los receptores
- > Tolerancia de caída de tensión de un circuito
- > Modos de instalación de los cables
- > Sección máxima permitida (CSA – Cross Sectional Area)
- > Modificación de la sección del cable según el calibre o el ajuste del interruptor automático
- > Número de circuitos adicionales
- > Índice de distorsión armónica de rango 3
- > Elección manual y elección de alternativa
- > Coeficiente de decalaje complementario de las canalizaciones
- > Exención de protección contra las sobrecargas para los circuitos de seguridad
- > $\cos \varphi$ en cortocircuito de las redes de BT
- > Cálculo de impedancia de las fases de las redes de BT a partir de $I_{k3\text{máx}}$
- > Cálculo de impedancia del neutro de las redes de BT a partir de $I_{k1\text{mín}}$
- > Cálculo de impedancia del PE de las redes de BT a partir de I_{ef}
- > Cálculo de la impedancia del PE de las redes de BT a partir de $I_{ef2\text{mín}}$
- > Coherencia de los parámetros de entrada de las redes de BT
- > Baterías de condensadores BT
- > Tipo de baterías de condensadores BT



Denominación de los componentes

El código por defecto de los nombres de los componentes está definido acorde a la norma IEC 81346-2. Esta norma define las siguientes reglas en función del tipo de componente.

Código	Definición según IEC 81346-2	Ejemplos	Componente Ecodial
WD	Distribución de energía eléctrica en baja tensión ($\leq 1\ 000\ \text{V c.a.}$ o $\leq 1\ 500\ \text{V c.c.}$)	Cable, conductor	Cable BT, CEP de transporte
WC	Distribución de energía eléctrica en baja tensión ($\leq 1\ 000\ \text{V c.a.}$ o $\leq 1\ 500\ \text{V c.c.}$)	Juego de barras, cuadro control de motores, conjunto de aparamenta	Juego de barras, CEP de distribución
UC	Envolvente y soporte del material de energía eléctrica	Armario	Cuadro BT
TA	Conversión de la energía eléctrica conservando el tipo y la forma de energía	Convertidor c.a./c.c., convertidor de frecuencia, transformador de potencia, transformador	Transformadores HTAT/BT, Transformadores BT/BT
QA	Conmutación y variación de circuitos de energía eléctrica	Interruptor automático, contactor, arranque de motor, transistor de potencia, tiristor	Interruptor automático, Contactor
QB	Aislamiento de circuitos de energía eléctrica	Seccionador, interruptor-fusible, interruptor-seccionador-fusible, interruptor de aislamiento, interruptor de carga	Interruptor e interruptor fusible
MA	Test por fuerza electromagnética	Motor eléctrico	Motores asíncronos
GA	Producción de un flujo de energía eléctrica por uso de la energía mecánica	Dinamo, generador, grupo convertidor, grupo electrógeno	Generadores de emergencia
EA	Producción de radiación electromagnética para la iluminación utilizando la energía eléctrica	Lámpara fluorescente, tubo fluorescente, lámpara de incandescencia, lámpara resistiva, láser, lámpara LED, máser, horno de polimerización UV	Carga iluminación
CA	Almacenamiento capacitivo de la energía eléctrica	Condensador	Condensador
RB	Estabilización del flujo de energía eléctrica	Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)	SAI



Principales avances relacionados con el informe técnico Cenelec TR50480

Modificación del factor de tensión c

El cuadro 7 del informe técnico Cenelec TR50480 se deduce del cuadro 1 de la norma IEC 60909.

Tensión nominal	Factor de tensión	
100 V a 1.000 V	c _{max} 1.1	c _{min} 0.95

Supresión del factor de carga en vacío m

El factor de carga en vacío m presente en el informe técnico Cenelec R064-003 se suprime en todas las fórmulas del informe técnico Cenelec TR50480.

Cálculo de las corrientes de cortocircuito con transformadores en paralelo

El informe técnico Cenelec TR50480 especifica el método de las impedancias para el cálculo de las corrientes de cortocircuito en el caso de una instalación alimentada por transformadores en paralelo.

Alimentación por generador	Alimentación de BT	Alimentación de MT + transformadores de MT/BT en paralelo
<p>$\vec{Z}_{SUP} = \vec{Z}_C + \vec{Z}_G$</p>	<p>$\vec{Z}_{SUP} = \vec{Z}_Q + \vec{Z}_C$</p>	<p>Entrada: $\vec{Z}_{SUP} = \frac{\vec{Z}_Q(\vec{Z}_T + \vec{Z}_C)}{n_T - 1}$ Salida: $\vec{Z}_{SUP} = \frac{\vec{Z}_Q(\vec{Z}_T + \vec{Z}_C)}{n_T}$ n_T es el número total de transformadores que funcionan simultáneamente. Entrada: conductor entre el transformador y el cuadro principal. Salida: cualquier instalación situada aguas abajo del cuadro principal.</p>

Contribución de los motores asíncronos a las corrientes de cortocircuito

El informe técnico Cenelec TR50480 define el coeficiente K_M que debe aplicarse a la impedancia (R_{SUP}, X_{SUP}) para tener en cuenta la contribución de los motores.

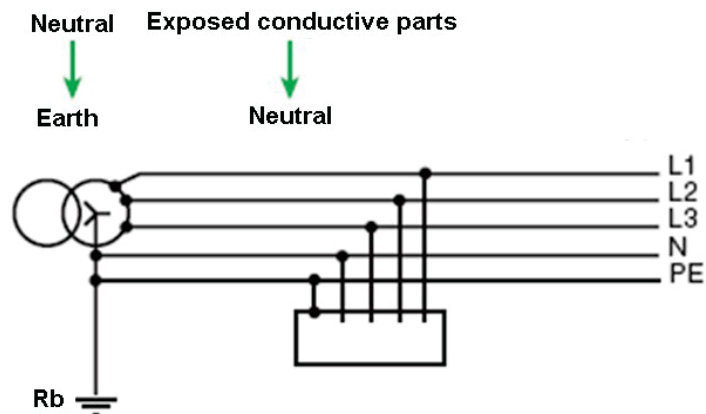
En el siguiente cuadro, se resumen las condiciones que conducen a considerar la contribución de los motores asíncronos a la corriente de cortocircuito.

Tipo de alimentación	Motor	Potencia total de los motores que funcionan simultáneamente (S _{rM})	Coeficiente KM
Alimentación mediante transformador(es) de MT/BT	Sin convertidor estático	> 25% de potencia total de los transformadores (S _{IT})	$\frac{5 \cdot \sum S_{IT}}{5 \cdot \sum S_{IT} + 1,1 \cdot S_{rM}}$



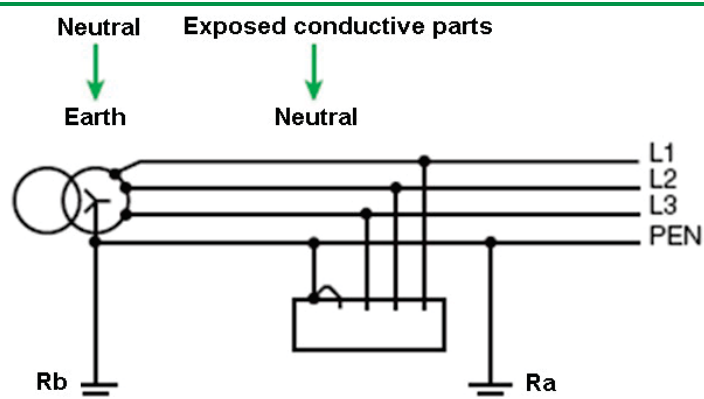
Esquemas de conexión a tierra

Esquema TN-S

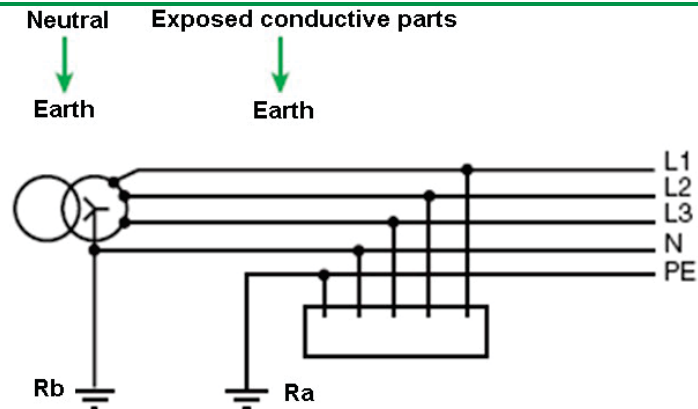


Esquema TN-C

No admitido en locales con riesgo de incendio o explosión.

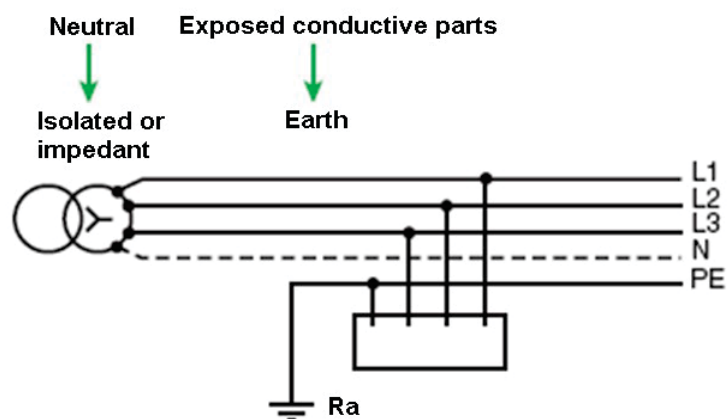


Esquema TT



Esquema IT

Si resulta posible, se evita la distribución del neutro.



Para obtener más información: > [Wiki de instalaciones eléctricas.](#)



Tipos de pérdidas de los transformadores

Transformadores sumergidos en aceite

La clasificación de las pérdidas de los transformadores de MT/BT sumergidos en aceite se define mediante la norma EN 50464-1 para:

- > por un lado, las pérdidas en vacío (P_0),
- > por otro lado, las pérdidas en carga (P_k).

Esta clasificación es común a los transformadores aislados en aceite mineral o en aceite vegetal.

Pérdidas en vacío (P_0)	Pérdidas en carga (P_k)
Rendimiento óptimo	Rendimiento óptimo
A₀	A_k
B₀	B_k
C₀	C_k
D₀	D_k
E₀	D_k
Rendimiento estándar	Rendimiento estándar

Transformadores secos

Los transformadores secos encapsulados se ofrecen con 2 tipos de pérdidas:

- > pérdidas normales,
- > pérdidas reducidas.



Coeficiente de simultaneidad Ks

La norma IEC 61439-1 define los valores del factor de simultaneidad que pueden utilizarse a falta de una información más precisa para los cuadros y las canalizaciones eléctricas prefabricadas.

Ecodial aplica por defecto estos valores para calcular las corrientes de empleo de las canalizaciones y de los juegos de barras.

Juego de barras de cuadro

Número de salidas	Ks
1	1
2-3	0,9
4-5	0,8
6 a 9	0,7
10 y más	0,6


Canalización eléctrica prefabricada de distribución

Número de salidas	Ks
1	1
2-3	0,9
4-5	0,8
6 a 9	0,7
10 a 40	0,6
Más de 40	0,5

Para obtener más información: [> Wiki de instalaciones eléctricas](#)

Coeficiente de simultaneidad y modo de explotación

Se pueden aplicar coeficientes de simultaneidad a los juegos de barras y las canalizaciones eléctricas prefabricadas de distribución para cada uno de los modos de explotación.

Para ello, seleccionar un modo de explotación y tomar directamente un valor entre 0 y 1 para la propiedad Ks. Este valor se bloqueará **para el modo de explotación normal** (el candado se cierra junto a la propiedad ) y ya no será modificado por Ecodial en función del número de salidas. En los demás modos de explotación, el valor de Ks seguirá siendo calculado por Ecodial siempre y cuando el valor no quede bloqueado por estos modos de explotación.

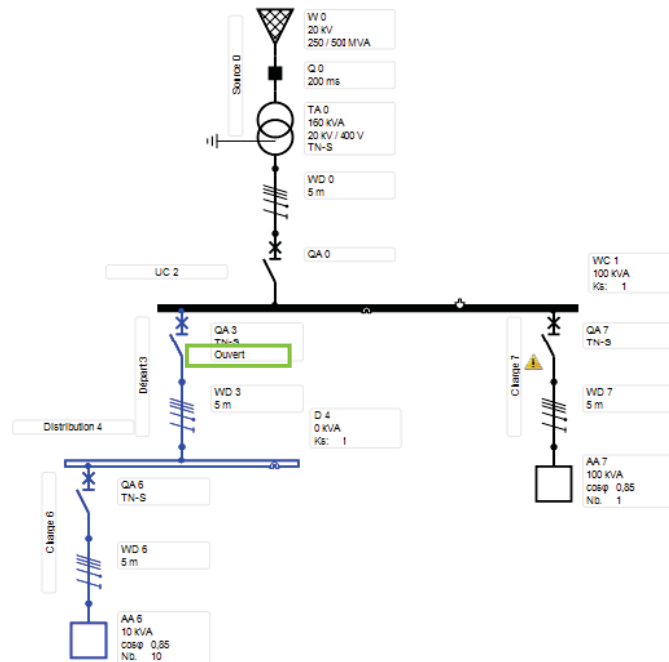


Estado de la aparamenta y modos de explotación

Esta propiedad permite definir la posición de los interruptores automáticos y los interruptores en los diferentes modos de explotación. En efecto, con Ecodial puede gestionar estados diferentes para las aparamentas en función de los modos de explotación. Esto permite tener en cuenta instalaciones alimentadas por varias fuentes, con deslastrado o que incluyen modos de explotación estacionales, por ejemplo.

En el estado cerrado, el circuito aguas abajo del interruptor automático (o del interruptor) se alimenta en el modo de explotación normal.

Cuando el interruptor automático o el interruptor están en el estado abierto, el circuito aguas abajo no se alimenta en el modo de explotación normal.

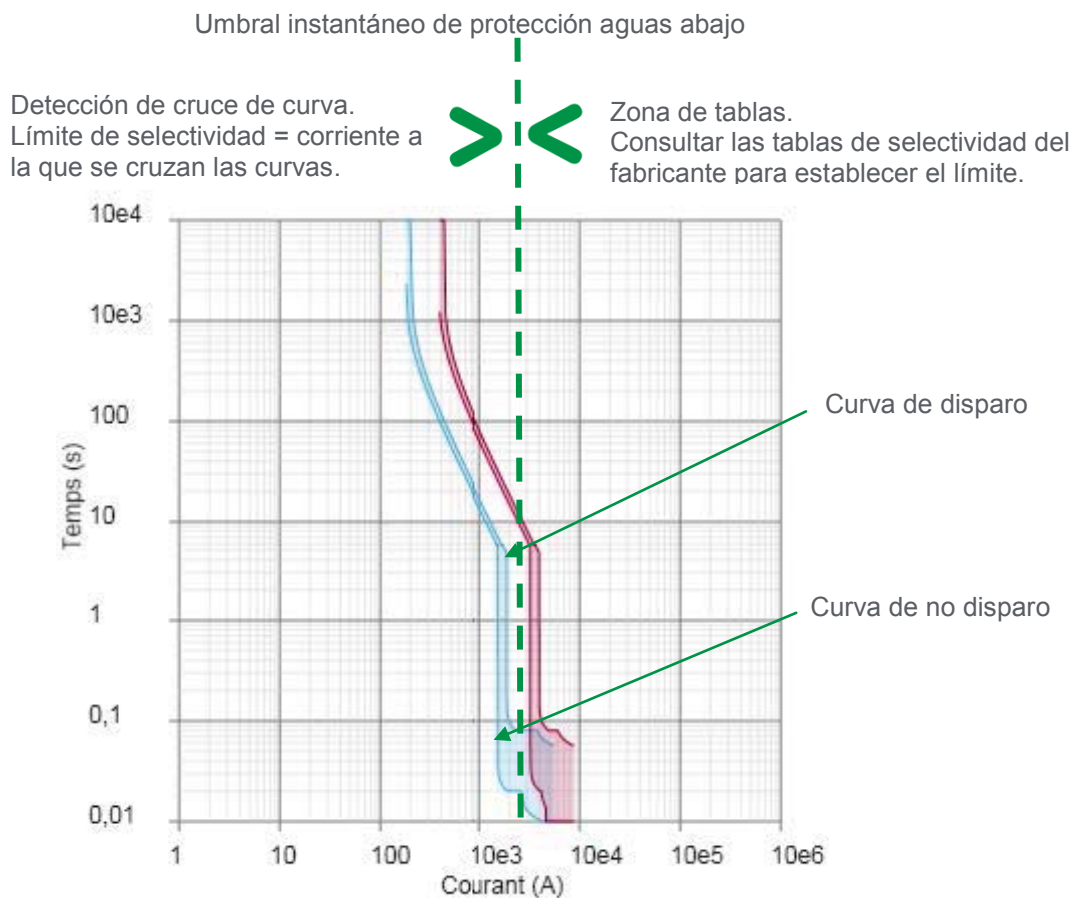


Cuando una parte de la red no se alimenta en un modo de explotación, se representa en azul en el esquema unifilar. Siendo el estado cerrado el más habitual en las instalaciones, en el esquema unifilar, sólo se indica el estado abierto.



Selectividad de las protecciones

Principio de verificación



Selectividad parcial – Selectividad total

Si la **curva de disparo** de la protección aguas abajo cruza la **curva de no disparo** de la protección aguas arriba, la selectividad se denomina parcial y la corriente a la que se cruzan las curvas se denomina límite de selectividad.

Si el límite de selectividad es inferior a las corrientes de cortocircuito que pueden producirse en el circuito protegido por la protección aguas abajo, la selectividad se denomina parcial.

Si el límite de selectividad es superior a la corriente de cortocircuito más elevada que puede producirse en el circuito protegido por la protección aguas abajo, la selectividad se denomina total en el contexto de la instalación.

Qué hacer para obtener la selectividad total

Si las curvas se cruzan en la zona de detección mediante cruce (es decir, delante del umbral instantáneo aguas abajo), la búsqueda de selectividad puede realizarse regulando los ajustes de las protecciones. El uso de un disparador temporizado facilita esta operación.

Si el límite de selectividad se sitúa en la zona de las tablas, deberá elegirse un calibre más elevado para el aparato aguas arriba. En este caso, Ecodial conservará no obstante la corriente I_b del circuito como referencia para el ajuste térmico de la protección para evitar el sobredimensionamiento del cable.

Para obtener más información: [> Wiki de instalaciones eléctricas.](#)



Verificación del esfuerzo térmico de los cables

Principio de verificación

Ecodial efectúa la verificación del esfuerzo térmico de los cables para todos los conductores del circuito:

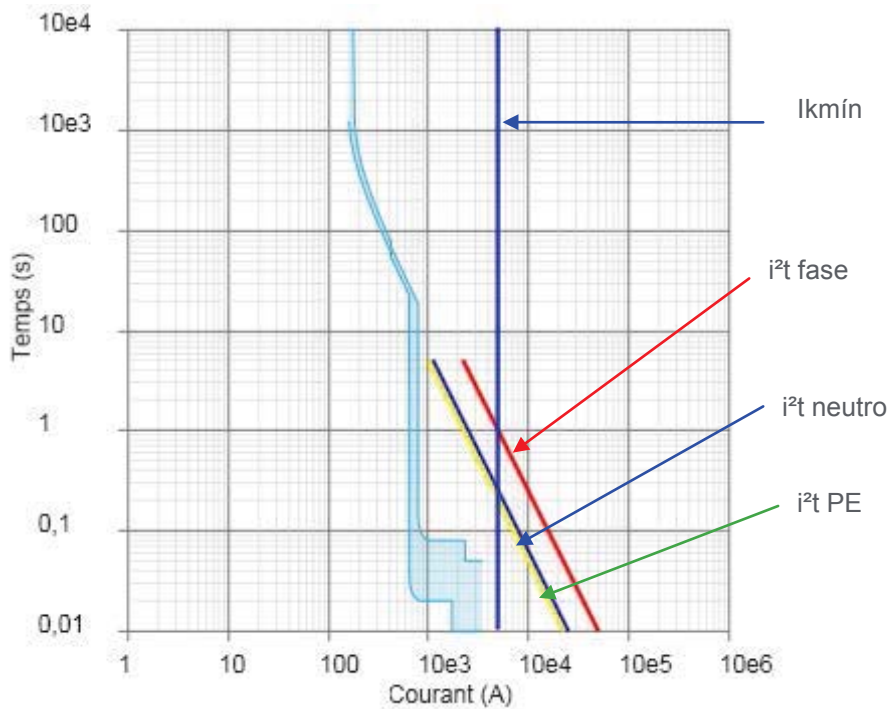
- > fase,
- > neutro,
- > PE o PEN.

El esfuerzo térmico se verifica si:

- > el umbral I_{sd} es inferior a la corriente de cortocircuito mínima del circuito (IEC 60364 § 533.3.2).

Si esta condición no se cumple, Ecodial verifica que:

- > los esfuerzos térmicos de los cables (i^2t) para cada uno de los conductores del circuito (fase, neutro, PE o PEN) no deben cruzar la curva $t(i)$ de la protección.



Qué hacer si el cable no está protegido con esfuerzo térmico

En caso de que las dos condiciones anteriores no se puedan verificar, existen dos medios para hacer que el circuito cumpla lo establecido:

- > instalar una protección ajustable que permita situar el umbral I_{sd} por debajo de $I_{kmín}$,
- > aumentar manualmente la sección del conductor(es) no protegido(s) con la protección normal.



Selectividad de las protecciones diferenciales

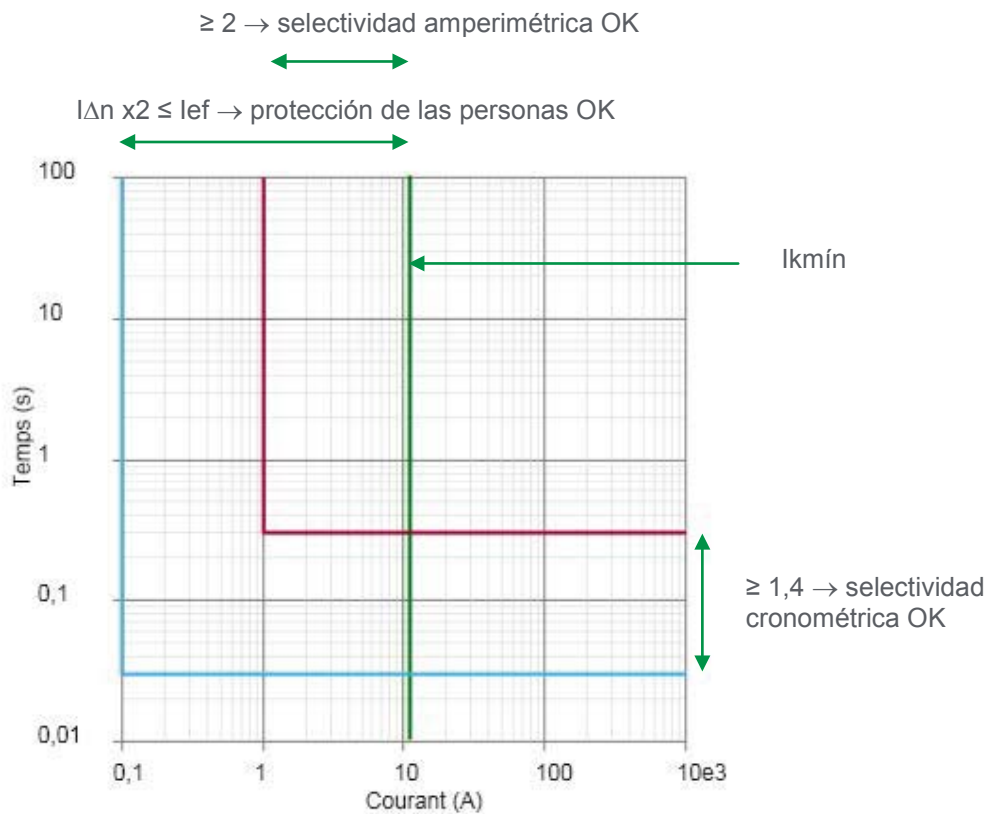
Principio de verificación

La selectividad entre las protecciones diferenciales se obtiene si se respetan las siguientes condiciones:

- > la sensibilidad de la protección aguas arriba es dos veces superior a la sensibilidad de la protección aguas abajo,
- > el tiempo de corte de la protección aguas arriba es 1,4 veces superior al de la protección aguas abajo.

Además, la protección aguas abajo debe tener una sensibilidad que respete la siguiente condición:

- > sensibilidad $(I\Delta n) \times 2 \leq$ corriente de fallo (I_{ef}).



Selectividad parcial

Cuando no se respeta el criterio de selectividad en la sensibilidad, la selectividad se denomina parcial.

En cambio, si no se respeta el criterio de selectividad en el tiempo de corte, no existirá selectividad entre las dos protecciones diferenciales (aunque se respete el criterio de selectividad en la sensibilidad).

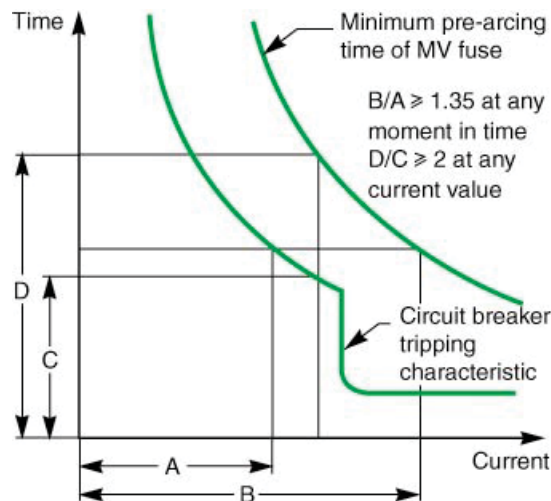


Selectividad entre las protecciones de MT y BT

Para comprobar la selectividad entre las protecciones de MT y BT, deben compararse las curvas de disparo en el mismo lado del transformador.

En Ecodial, la curva de disparo de la protección de MT se convierte en una curva equivalente de baja tensión para realizar el análisis de la selectividad.

En función de si se utiliza un fusible o un relé como protección de MT, las normas para garantizar la selectividad entre MT y BT serán ligeramente distintas.



Para fusible de MT:

- Todas las partes de la curva del fusible de pre-arco mínimo deben estar situadas a la derecha de la curva CB por un factor mínimo de 1,35 (por ejemplo, en el tiempo T, donde la curva CB atraviesa un punto correspondiente a 100 A, la curva del fusible en el mismo tiempo T pasará por un punto correspondiente a 135 A o más, y así sucesivamente).
- Y todas las partes de la curva del fusible deben estar por encima de la curva CB por un factor mínimo de 2 (por ejemplo, en el nivel de corriente I, donde la curva CB atraviesa un punto correspondiente a 1,5 segundos, la curva del fusible en el mismo nivel de corriente I pasará por un punto correspondiente a 3 segundos o más, etc.).

Los factores 1,35 y 2 se basan en las tolerancias máximas de fabricación para los fusibles de MT y los interruptores automáticos de BT.

Para los relés de MT asociados a los interruptores automáticos de MT:

- Todas las partes de la curva mínima CB de MT deben estar situadas a la derecha de la curva CB de BT por un factor mínimo de 1,35 (por ejemplo, en el tiempo T, donde la curva CB de BT atraviesa un punto correspondiente a 100 A, la curva CB de MT en el mismo tiempo T pasará por un punto correspondiente a 135 A o más, y así sucesivamente).
- Y todas las partes de la curva CB de MT deben estar por encima de la curva CB de BT (el tiempo de la curva CB de BT debe ser igual o inferior a las curvas CB de MT menos 0,3 segundos).

Los factores 1,35 y 0,3 segundos se basan en las tolerancias máximas de fabricación para los transformadores de corriente de MT, los relés de protección de MT y los interruptores automáticos de BT.

Allí donde se utilice un interruptor-fusible de BT, deberá respetarse la misma separación de las curvas características de la protección de MT y los fusibles de BT.

Para obtener más información: ➤ [Wiki de instalaciones eléctricas](#).



Instalación de la filiación

Parametrización por defecto y parametrización individual

En la pestaña "Parametrización del proyecto", en la zona destinada a la elección de aparata, una propiedad general permite solicitar la búsqueda de filiación para todas las protecciones denominadas "terminales", es decir, las protecciones que alimentan directamente cargas. En efecto, el mayor número de salidas se encuentra al nivel de los circuitos terminales y por ello, la aportación de la filiación resulta aún más beneficiosa.

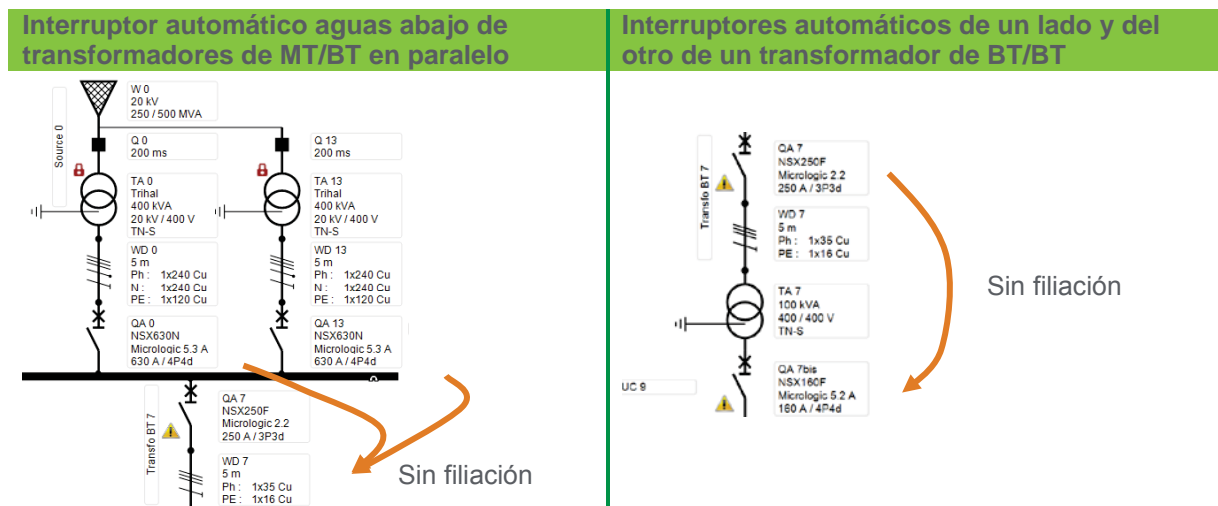
Como complemento, para cada uno de los interruptores automáticos de la instalación, en las propiedades de los interruptores automáticos, un parámetro individual también permite activar o desactivar caso por caso la búsqueda de filiación.

Búsqueda de filiación

Cuando se solicita la filiación para un interruptor automático, Ecodial busca para ese interruptor automático si existen soluciones que funcionen en filiación con el interruptor automático aguas arriba. En caso de que Ecodial no encuentre una solución de filiación con el interruptor automático aguas arriba, aparecerá un mensaje de advertencia en la ventana de las alarmas y se ofrecerán soluciones sin filiación.

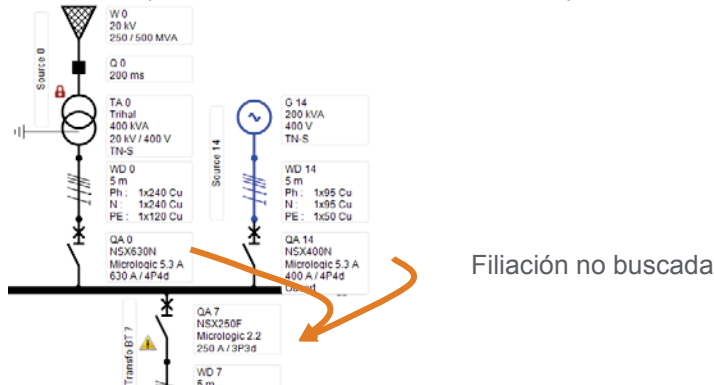
Limitación para la instalación de la filiación

Algunas configuraciones de instalaciones eléctricas no permiten la instalación de la filiación: el interruptor automático para el que se busca la filiación se alimenta mediante 2 circuitos en paralelo, el interruptor automático para el que se busca la filiación y el interruptor automático aguas arriba están cada uno a un lado del transformador de BT/BT.



Otras configuraciones para las que no se ha buscado la filiación

Cuando un interruptor automático se alimenta mediante interruptores automáticos diferentes según el modo de explotación, Ecodial no realiza la búsqueda de filiación.



Para obtener más información: [> Wiki de instalaciones eléctricas.](#)



Interruptor automático e interruptor desenchufable

Cuando se requiere un interruptor automático o un interruptor desenchufable, Ecodial busca únicamente aparatos que tengan la posibilidad de ser desenchufables en chasis o en zócalo, es decir, desenchufables independientemente del sistema de cuadro en el que se vayan a instalar.

Si no se requiere que sean desenchufables, Ecodial ofrece soluciones independientemente de este criterio.

En la zona de resultado, Ecodial indica para cada aparato si existe una versión desenchufable.

Ejemplos de interruptores automáticos desenchufables



Interruptor automático Masterpact NT desenchufable en chasis



Interruptor automático Compact NSX desenchufable en chasis



Interruptor automático Compact NSX desenchufable en zócalo



Clase de protecciones diferenciales de corriente residual

La norma IEC 60755 (exigencias generales para los dispositivos de protección de corriente diferencial residual) define tres clases de protección diferencial de corriente residual según la característica de la corriente de fallo:

clase AC

el disparo se garantiza para corrientes alternas sinusoidales diferenciales residuales, sin componente continuo.

clase A,

el disparo se garantiza para corrientes alternas sinusoidales diferenciales residuales, en presencia de corrientes continuas pulsatorias diferenciales residuales especificadas.

clase B,

el disparo se garantiza para corrientes idénticas a las de tipo A, para corrientes continuas diferenciales residuales que pueden resultar de una rectificación trifásica.

Como complemento, Schneider Electric dispone en su catálogo de protecciones diferenciales de corriente residual:

SI (super-inmunizadas) cuya inmunidad a los disparos intempestivos en las redes contaminadas está reforzada

SiE cuyo funcionamiento es compatible con los entornos severos.

El siguiente cuadro presenta la clase y el nivel de inmunidad recomendado en función del entorno externo y del nivel de polución de la red eléctrica.

Clase recomendada	Riesgo de disparo intempestivo Corriente de fuga AF	Riesgo de no disparo (en presencia de fallo)			
		Corriente de fallo con componentes pulsantes	Corriente de fallo con componente continua pura	Baja temperatura (hasta -25 °C)	Atmósfera corrosiva o presencia de polvo
AC	■			■	
A	■	■		■	
SI	■ ■ ■	■		■	
SiE	■ ■ ■	■		■	■
B	■ ■ ■	■	■	■	



Implantación de las protecciones diferenciales de corriente residual

Las protecciones diferenciales pueden:

- > integrarse en el aparato de corte,
- > aplicarse mediante un relé diferencial separado asociado a un toroidal separado y a un disparador voltimétrico (MN o MX).

Ecodial permite elegir entre estas dos posibilidades.

En ausencia de precisión (valor indiferente), las soluciones propuestas serán a la vez soluciones integradas y separadas compatibles con el aparato de corte.

Ejemplo de protecciones diferenciales Protecciones diferenciales integradas



Interruptor automático Masterpact equipado con la unidad de control Micrologic 7.0



Interruptor automático Vigicomact NSX



Interruptor automático iC60 con bloque Vigi

Relés diferenciales separados



Relé Vigirex de tipo M y P



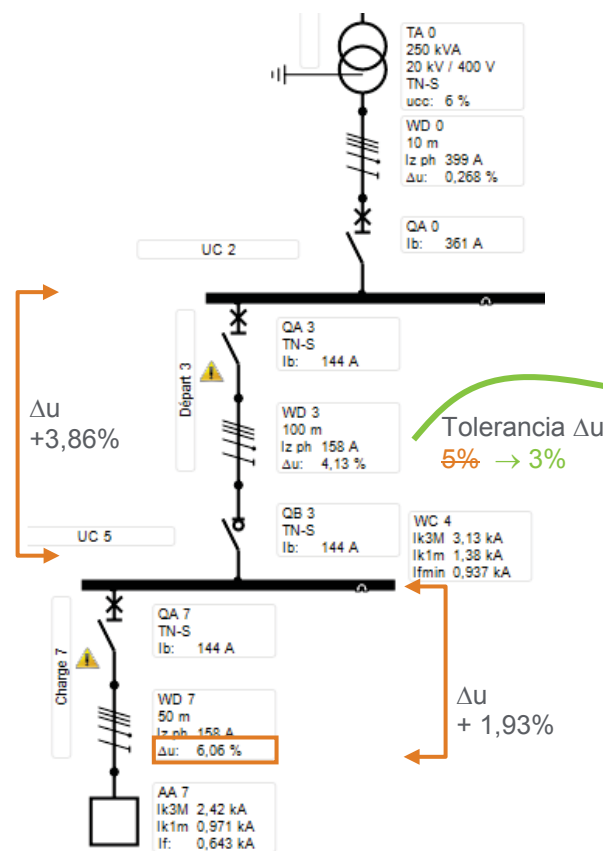
Tolerancia de caída de tensión de un circuito

El valor por defecto de la tolerancia de caída de tensión de los circuitos puede parametrizarse en la pestaña **Parametrización del proyecto** para:

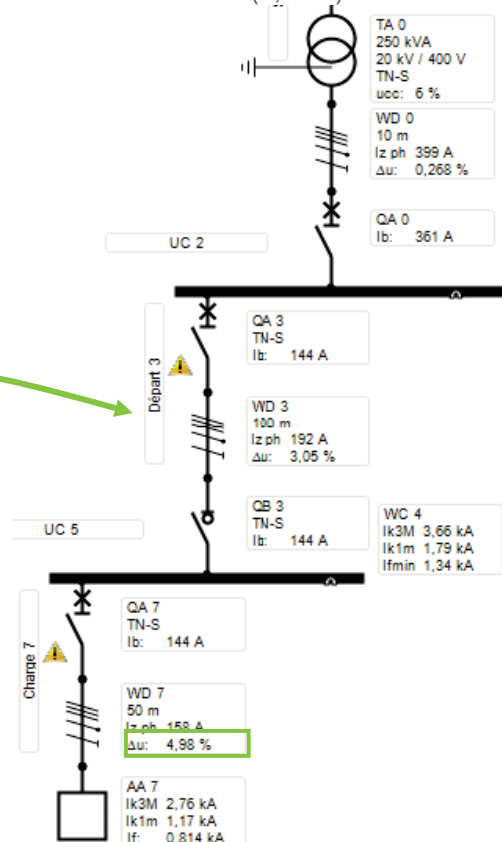
- > los cables,
- > las canalizaciones eléctricas prefabricadas.

La tolerancia de caída de tensión de un circuito también se puede parametrizar individualmente en cada uno de los cables y/o canalizaciones eléctricas prefabricadas. El ajuste de este parámetro permite personalizar la distribución de la caída de tensión entre los diferentes circuitos aguas arriba de un receptor.

En el siguiente ejemplo, la caída de tensión calculada en la carga AA7 es un 6,06% superior al valor máximo admisible de 6%. La tolerancia de caída de tensión de los circuitos es del 5%.



En este caso, se elige reducir la tolerancia de caída de tensión del cable WD3 al 3%. En el cálculo, Ecodial ha aumentado la sección de este cable y la caída de tensión en la carga AA7 es ahora inferior al 6% (4,98%).



Para conservar una caída de tensión máxima inferior al 6% para AA7, hay que reducir las caídas de tensión en los circuitos aguas arriba (WD3 y WD7). Para ello, basta con reducir la tolerancia de caída de tensión de estos circuitos.

Pueden darse varios casos:

- reducir la tolerancia para todos los circuitos aguas arriba, lo que conduce a un aumento de las secciones de todos los circuitos aguas arriba,
- reducir la tolerancia en el umbral de los circuitos aguas arriba en el que se desee concentrar el aumento de sección.



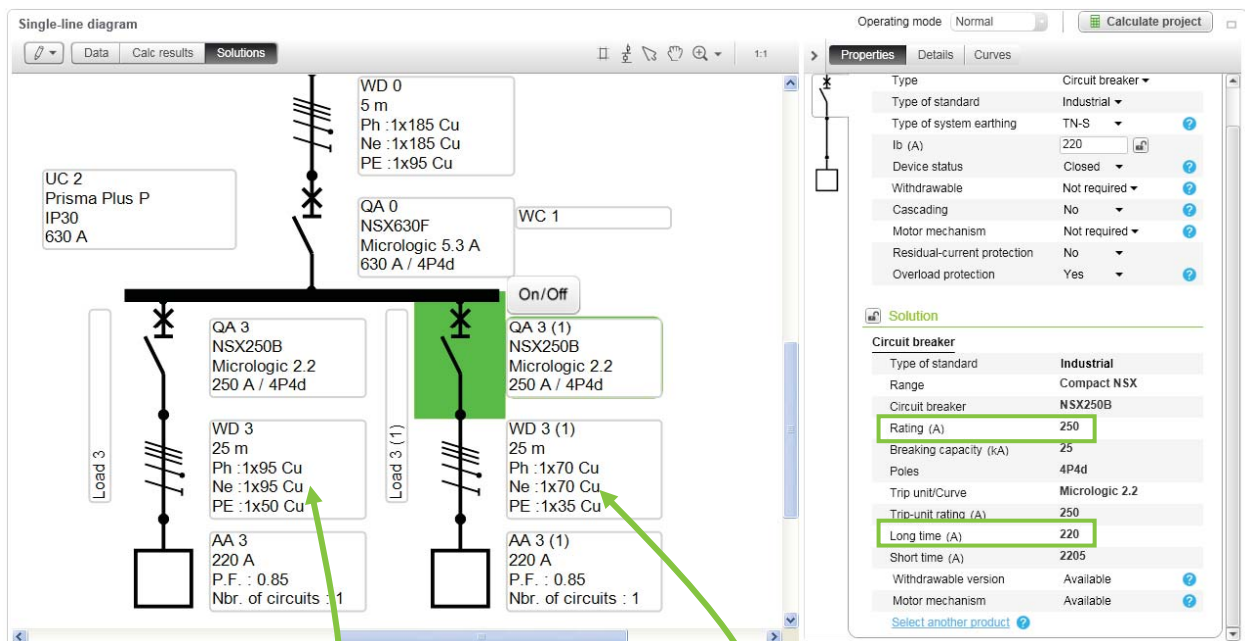
Modificación de la sección del cable según el calibre o el ajuste del interruptor automático

Ecodial ofrece dos formas de modificar la sección de los cables que se utilizan con corriente máxima:

- > con el ajuste del interruptor automático, I_r ,
- > con el calibre del interruptor automático, I_n .

Por ejemplo, en un circuito donde la corriente de diseño solicitada sea de 220 A, con la unidad de control del Compact NSX250 con Micrologic 2.2, es posible modificar la sección de los cables de la siguiente manera:

- > $I_n = 250$ A, la sección del cable cambia a 95 mm^2 ,
- > O $I_r = 220$ A, la sección del cable cambia a 70 mm^2 .



Tamaño de la sección de cable modificado con calibre del interruptor automático, I_n (250 A)

Tamaño de la sección de cable modificado con ajuste del interruptor automático, I_r (220 A)



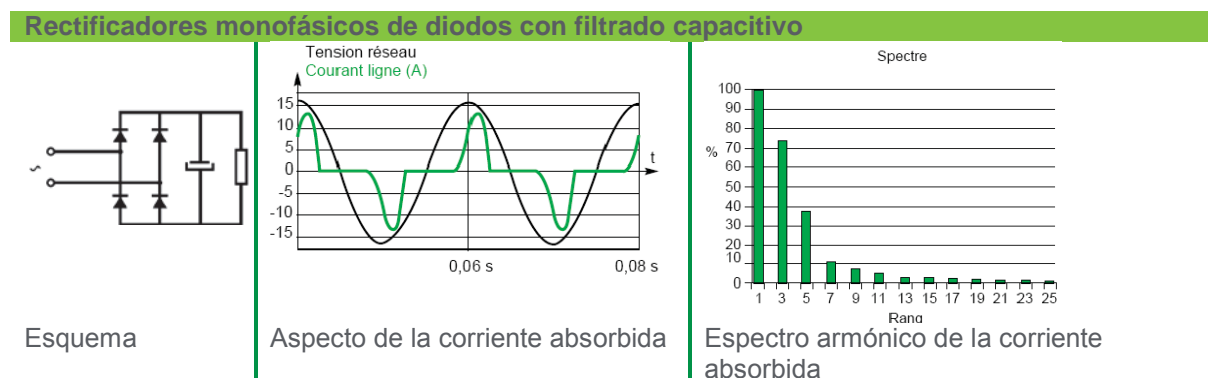
Índice de distorsión armónica de rango 3

Origen del fenómeno

Cuando el neutro es distribuido, las cargas no lineales pueden producir en este conductor sobrecargas importantes por la presencia del armónico de rango 3.

Las cargas trifásicas equilibradas no generan un armónico de rango 3 en el conductor de neutro. En cambio, el armónico de rango 3 puede alcanzar el 80% de la fundamental para cargas monofásicas no lineales, como los rectificadores monofásicos de diodos con filtrado capacitivo.

Si desea saber más sobre los efectos armónicos en un conductor neutro, consulte la [Wiki de instalaciones eléctricas](#).



Muchos aparatos, en todos los campos de actividad, incluyen un circuito de este tipo. Son los principales generadores de armónico de rango 3.

Campo de actividad	Aparatos
Residencial	TV, hi-fi, vídeo, horno microondas, lámparas fluorescentes, etc.
Terciario	Microordenadores, impresoras, fotocopiadoras, aparatos de fax, lámparas fluorescentes, etc.
Industrial	Redes de alimentación de corte, variadores de velocidad, lámparas fluorescentes, etc.

Impacto en la sección de los cables de la protección del neutro

En el cuadro de 52 D1 de la norma IEC 60364 (§523.5.3), se resumen las normas de protección del neutro, de la elección de secciones y el factor de reducción que se aplicará a las corrientes admisibles de los cables en presencia de armónico de rango 3.

THDI ≤ 15%	15% < THDI ≤ 33%	33% < THDI ≤ 45%	THDI > 45%
$S_{\text{neutro}} = S_{\text{fase}}/2$ admitido (1) Neutro protegido	$S_{\text{neutro}} = S_{\text{fase}}$ S_{fase} determinante Factor = 0,86	$S_{\text{fase}} = S_{\text{neutro}}$ S_{neutro} determinante $I_{\text{Bneutro}} = 3 \times \text{THDi} \times I_{\text{Bfase}}$ Factor = 0,86	$S_{\text{fase}} = S_{\text{neutro}}$ S_{neutro} determinante $I_{\text{Bneutro}} = 3 \times \text{THDi} \times I_{\text{Bfase}}$ Factor = 1

(1) Si $S_{\text{fase}} > 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ o $25 \text{ mm}^2 \text{ Alu}$

Impacto en la elección de los interruptores automáticos

En el caso de cables unipolares, sólo debe sobredimensionarse el conductor de neutro con la condición de utilizar un interruptor automático que permita proteger un neutro sobredimensionado. Cuando esto es posible, Ecodial ofrece un interruptor automático provisto de una unidad de control 4P3d+OSN que deberá verificar las 2 condiciones siguientes:

- > $I_{\text{rneutro}} \geq I_{\text{Bneutro}}$,
- > $I_{\text{rfase}} \geq I_{\text{Bfase}}$ es decir $I_{\text{rneutro}} \cdot 0,63 \geq I_{\text{Bfase}}$.

Para las unidad de contro 4P3d+OSN, la relación $I_{\text{rfase}}/I_{\text{rneutro}}$ es constante y tiene un valor de 0,63.



Cálculo de impedancia de las fases de las redes de BT a partir de $I_{k3m\acute{a}x}$

$I_{k3m\acute{a}x}$ permite calcular la impedancia de las fases para la red aguas arriba representada por la red BT.

$$Z_L = \frac{c_{max} \cdot U_r}{\sqrt{3} \cdot I_{k3m\acute{a}x}}$$

$$R_L = Z_L \cdot \text{PF}_{sc}$$

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

U_r : tensión entre fase de la red de BT (V),

$I_{k3m\acute{a}x}$: corriente de cortocircuito trifásica máxima (A),

c_{max} : factor de tensión ([► Principales avances relacionados con el informe técnico Cenelec TR50480](#)),

$\cos\varphi_{cc}$: [► Cos \$\varphi\$ en cortocircuito de las redes de BT](#),

Z_L : impedancia de las fases (Ω),

R_L : impedancia de las fases (Ω),

X_L : inductancia de las fases de 50 Hz (Ω).

En función de los esquemas de conexión a tierra, existen dependencias entre las diferentes corrientes de cortocircuito que se indican ($I_{k3m\acute{a}x}$, $I_{k1m\acute{i}n}$, I_{ef} , $I_{ef2m\acute{i}n}$).

Ecodial verifica la coherencia de estos parámetros ([► Coherencia de los parámetros de entrada de las redes de BT](#)).



Cálculo de impedancia del neutro de las redes de BT a partir de $I_{k1\text{mín}}$

$I_{k1\text{mín}}$ permite calcular la impedancia del neutro (si éste es distribuido) para la red aguas arriba representada por la red de BT:

$$Z_N = \frac{c_{\text{min}} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}}}{I_{k1\text{mín}}} - Z_L$$

$$R_N = Z_N \cdot \text{PF}_{sc}$$

$$X_N = \sqrt{Z_N^2 - R_N^2}$$

U_n : tensión entre fase de la red de BT (V),

c_{min} : factor de tensión (> [Principales avances relacionados con el informe técnico Cenelec TR50480](#)),

$I_{k1\text{mín}}$: corriente de cortocircuito monofásica mínima (A),

$\text{cos}\phi_{cc}$: > [Cos \$\phi\$ en cortocircuito de las redes de BT](#),

Z_L : impedancia de las fases (Ω),

Z_N : impedancia del neutro (Ω),

R_N : impedancia del neutro (Ω),

X_N : inductancia del neutro de 50 Hz (Ω).

Estas fórmulas también se aplican al cálculo de la impedancia del PEN en el esquema TN-C (con un neutro distribuido).

En función de los esquemas de conexión a tierra, existen dependencias entre las diferentes corrientes de cortocircuito que se indican ($I_{k3\text{máx}}$, $I_{k1\text{mín}}$, I_{ef} , $I_{ef2\text{mín}}$).

Ecodial verifica la coherencia de estos parámetros (> [Coherencia de los parámetros de entrada de las redes de BT](#)).



Cálculo de impedancia del PE de las redes de BT a partir de Ief

Ief permite calcular la impedancia del PE en los siguientes casos:

esquema de conexión a tierra TN-S y ausencia de conexión a tierra próxima al punto de conexión, esquema de conexión a tierra TN-C neutro no distribuido y ausencia de conexión a tierra próxima al punto de conexión.

En efecto, en caso de conexión equipotencial próxima al punto de conexión, la impedancia del PE aguas arriba se ignora, sea cual sea el esquema de conexión a tierra.

En TT, la impedancia del PE aguas arriba se ignora sistemáticamente.

$$Z_{PE} = \left(\frac{C_{min} \times \frac{U_r}{\sqrt{3}}}{I_{ef}} - \frac{C_{max} \times \frac{U_r}{\sqrt{3}}}{Ik3max} \right)$$

$$R_{PE} = \left(\frac{C_{min} \times \frac{U_r}{\sqrt{3}}}{I_{ef}} - \frac{C_{max} \times \frac{U_r}{\sqrt{3}}}{Ik3max} \right) \times PF_{sc}$$

$$X_{PE} = \sqrt{Z_{PE}^2 - R_{PE}^2}$$

Ur: tensión entre fase de la red de BT (V),

Cmax: factor de tensión (> [Principales avances relacionados con el informe técnico Cenelec TR50480](#)),

Cmin: factor de tensión (> [Principales avances relacionados con el informe técnico Cenelec TR50480](#)),

cosφcc: > [Cos φ en cortocircuito de las redes de BT](#),

Ik3máx: corriente de cortocircuito trifásica máxima (A),

Ief: corriente de fallo mínima fase/PE (A),

ZPE: impedancia del PE (Ω),

RPE: impedancia del PE (Ω),

XPE: inductancia del PE de 50 Hz (Ω).

En función de los esquemas de conexión a tierra, existen dependencias entre las diferentes corrientes de cortocircuito que se indican (Ik3máx, Ik1mín, Ief, Ief2mín).

Ecodial verifica la coherencia de estos parámetros (> [Coherencia de los parámetros de entrada de las redes de BT](#)).



Cálculo de la impedancia del PE de las redes de BT a partir de Ief2mín

Ief2mín permite calcular la impedancia del PE en el caso de un esquema de conexión a tierra IT con ausencia de conexión a tierra próxima al punto de conexión.

En efecto, en caso de conexión equipotencial próxima al punto de conexión, la impedancia del PE aguas arriba se ignora, sea cual sea el esquema de conexión a tierra.

$$Z_{PE} = \left(\frac{C_{min} \times \alpha \times \frac{U_r}{\sqrt{3}}}{2 \times I_{ef2min}} - \frac{C_{max} \times \frac{U_r}{\sqrt{3}}}{I_{k3max}} \right)$$

$$R_{PE} = \left(\frac{C_{min} \times \alpha \times \frac{U_r}{\sqrt{3}}}{2 \times I_{ef2min}} - \frac{C_{max} \times \frac{U_r}{\sqrt{3}}}{I_{k3max}} \right) \times PF_{sc}$$

$$X_{PE} = \sqrt{Z_{PE}^2 - R_{PE}^2}$$

$\alpha = \sqrt{3}$ en IT sin neutro,

$\alpha = 1$ en IT con neutro.

U_r : tensión entre fase de la red de BT (V),

C_{max} : factor de tensión (> [Principales avances relacionados con el informe técnico Cenelec TR50480](#)),

C_{min} : factor de tensión (> [Principales avances relacionados con el informe técnico Cenelec TR50480](#)),

$\cos\phi_{cc}$: > [Cos \$\phi\$ en cortocircuito de las redes de BT](#),

$I_{k3m\acute{a}x}$: corriente de cortocircuito trifásica máxima (A),

$I_{ef2m\acute{i}n}$: corriente de doble fallo mínima (A),

Z_{PE} : impedancia del PE (Ω),

R_{PE} : impedancia del PE (Ω),

X_{PE} : inductancia del PE de 50 Hz (Ω).

En función de los esquemas de conexión a tierra, existen dependencias entre las diferentes corrientes de cortocircuito que se indican ($I_{k3m\acute{a}x}$, $I_{k1m\acute{i}n}$, I_{ef} , $I_{ef2m\acute{i}n}$).

Ecodial verifica la coherencia de estos parámetros (> [Coherencia de los parámetros de entrada de las redes de BT](#)).



Coherencia de los parámetros de entrada de las redes de BT

En el siguiente cuadro, se resumen las verificaciones de coherencia realizadas por Ecodial entre los parámetros de entrada de las redes de BT.

Condiciones que deben respetarse	¿En qué caso?	Justificación
$I_{k1\text{mín}} \leq I_n$	Para todos los esquemas de conexión a tierra con neutro distribuido.	$I_{k1\text{mín}}$ no puede ser inferior a la corriente nominal.
$I_{k3\text{máx}} \times \frac{C_{\text{mín}}}{C_{\text{máx}}} < I_{k1\text{mín}}$	Para todos los esquemas de conexión a tierra con neutro distribuido.	La relación $I_{k3\text{máx}}/I_{k1\text{mín}}$ es demasiado débil. Esto conduce a un cálculo de la impedancia del neutro negativo.
$I_{\text{ef}} \leq I_n$	TN-S sin conexión equipotencial próxima a la conexión. TN-C.	El valor de la corriente de fallo no puede ser inferior a la corriente nominal.
$I_{k3\text{máx}} \times \frac{C_{\text{mín}}}{C_{\text{máx}}} < I_{\text{f}}$	TN-S sin conexión equipotencial próxima a la conexión. TN-C neutro no distribuido y sin conexión equipotencial próxima a la conexión.	La relación $I_{k3\text{máx}}/I_{\text{ef}}$ es demasiado débil. Esto conduce a un cálculo de la impedancia del PE(N) negativo.
$I_{\text{ef}2\text{mín}} \leq I_n$	IT sin conexión equipotencial próxima a la conexión.	El valor de la corriente de doble fallo no puede ser inferior a la corriente nominal.
$I_{k3\text{máx}} \times \frac{C_{\text{mín}}}{C_{\text{máx}}} \times 0.5 < I_{\text{ef}2\text{mín}}$	IT con neutro, sin conexión equipotencial próxima a la conexión.	La relación $I_{k3\text{máx}}/I_{\text{ef}2\text{mín}}$ es demasiado débil. Esto conduce a un cálculo de la impedancia del PE negativo.
$I_{k3\text{máx}} \times \frac{C_{\text{mín}}}{C_{\text{máx}}} \times \frac{\sqrt{3}}{2} < I_{\text{ef}2\text{mín}}$	IT, sin conexión equipotencial en la entrada cuando el neutro no es distribuido.	La relación $I_{k3\text{máx}}/I_{\text{ef}2\text{mín}}$ es demasiado débil. Esto conduce a un cálculo de la impedancia del PE negativo.

ANEXO 3**RELACIÓN DE PLANOS**

Ítem.	Descripción	Plano
1	Diagrama unifilar seleccionado	IE-01.
2	Diagrama unifilar Cálculo Ecodila Advance Calculatio 4.8v	IEC-01
3	Diagrama unifilar Cálculo Ecodila Advance Calculatio 4.8v	IEC-02
4	Diagrama unifilar Cálculo Ecodila Advance Calculatio 4.8v	IEC-03
5	Diagrama unifilar solución Ecodila Advance Calculatio 4.8v	IES-01
6	Diagrama unifilar solución Ecodila Advance Calculatio 4.8v	IES-02
7	Diagrama unifilar solución Ecodila Advance Calculatio 4.8v	IES-03