



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

TÍTULO:

ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE BALANCEADOS PROBALBEN CIA.LTDA

Proyecto de titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros en Electromecánica.

Autores:

Bustamante Pilco Jarlinton Alberto

Jiménez Poma Bryan Isaiás

Tutor Académico:

Ing. M.Sc. Cruz Panchi Luis Rolando

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2022



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Bustamante Pilco Jarlinton Alberto, con cédula de ciudadanía No.210068448-5; y, **Jiménez Poma Bryan Isafas**, con cédula de ciudadanía No.230042343-7; declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica titulado: **“ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE BALANCEADOS PROBALBEN CIA.LTDA”**, siendo el Ing. M.Sc Rolando Cruz Luis **Panchi**, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, marzo de 2021

Bustamante Pilco Jarlinton Alberto

Postulante 1

CC: 210068448-5

Jiménez Poma Bryan Isafas

Postulante 2

CC: 230042343-7



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “**ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE BALANCEADOS PROBALBEN CIA.LTDA**”, de **Bustamante Pilco Jarlinton Alberto**; y, **Jiménez Poma Bryan Isafas** de la carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el consejo directivo de la facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo de 2022

Firma

Ing. M.Sc. Cruz Panchi Luis Rolando

C.I 0502595176



AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica De Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: **Bustamante Pilco Jarlinton Alberto** portador del número de cédula **210068448-5**; y, **Jiménez Poma Bryan Isaías** portador del número de cédula **230042343-7** con el título de Proyecto de titulación: **“ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE BALANCEADOS PROBALBEN CIA.LTDA”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo de 2022

Lector 1 (presidente)

Ing. M.Sc Jefferson Alberto Porras Reyes

CC: 070440044-9

Lector 2

Ing. M.Sc Edwin Homero Moreano Martínez

CC: 050260750-0

Lector 3

Ing. M.Sc Segundo Ángel Cevallos Betún

CC: 0501782437



ALIMENTOS BALANCEADOS DE CALIDAD

COMPAÑÍA PROCESADORA DE ALIMENTO BALANCEADO BENITES. CIA. LTDA.

Latacunga, 7de marzo de 2022

Yo NANCY MARGOTH BENITES PANCHI con CI: 0502979461 certifico que los señores BUSTAMENTE PILCO JARLINTON ALBERTO y JIMÉNEZ POMA BRYAN ISAÍAS de la carrera de ingeniería electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi realizaron el proyecto de titulación en PROBALBEN CIA. LTDA con RUC 0591726498001 en la misma que soy la representante legal; cuyo título fue **“ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE BALANCEADOS PROBALBEN CIA. LTDA.”**, ubicada en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia San Buenaventura, Barrio Monja. El proyecto se aprobó de manera satisfactoria.

Atentamente



Sra. Nancy Benites

CI: 0502979461

Gerente

Dirección: Latacunga (Barrio Monjas)

Pedidos: (032)262-967/ 0987979695



AGRADECIMIENTO 1

Primeramente, agradecer a Dios por la vida y las bendiciones recibidas para poder seguir adelante, luego a mis queridos padres ya que han logrado ser el pilar fundamental en mi vida, gracias a sus consejos he logrado ser una mejor persona.

A mis tíos y abuelos por su cariño incondicional quienes me acogieron en su casa y me brindaron su apoyo incondicional cuando más lo necesitaba.

A Estefanía por ser mi apoyo moral y sentimental a lo largo de esta etapa.

A mi amigo Bryan, con el cual nos brindamos apoyo mutuamente para poder culminar esta meta y también como responsable de este proyecto a nuestro director quien nos ayudó en todo el tiempo, Ing. Luis Cruz.

Jarlinton Bustamante



DEDICATORIA 1

Dedico la presente tesis a Dios porque me brindó fuerza y la salud necesaria para seguir adelante y finalizar la carrera

Con mucho amor a mis padres: Santos Bustamante y Nora Pilco que con su apoyo pude llevar a cabo todo lo propuesto, por lo que siempre significarán un pilar fundamental en mi vida

A mi hermana Genesis, que siempre está apoyándome, gracias por confiar en mí.

A mis abuelos y en especial a Marcelo, aunque ya no esté a mi lado siempre lo llevo en el corazón.

Jarlinton Bustamante



AGRADECIMIENTO 2

En primera instancia, agradezco a Dios por darme salud y vida, por guiarme en este camino próspero y cumplir mis metas e ilusiones. A mis padres Catalina Poma y Pedro Jiménez, por enseñarme valores que inculcaron para mi formación profesional y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo. A mi hermana Karen Jiménez, por brindarme su ayuda y apoyo cuando lo necesite. A mi novia María Farías, por ser mi apoyo moral y sentimental durante todo este trayecto.

A toda mi familia que han estado muy pendiente de mí, durante este proceso de formación profesional. A mis amigos, con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas, aquellos que se convirtieron en amigos de vida, muchas gracias por esas risas que nunca faltaron.

Agradezco a nuestros docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, por compartir cada uno de sus conocimientos, y brindar la enseñanza de ser un buen profesional, también de manera muy especial, al Ing. Luis Cruz tutor de nuestro proyecto de investigación quien nos supo guiar con paciencia, para alcanzar nuestros objetivos y formarnos como Ingenieros Electromecánicos.

Y por último agradezco a la empresa PROBALBEN CIA.LTDA, por abrirme sus puertas y poder efectuar nuestro proyecto de titulación.

Bryan Jiménez.



DEDICATORIA 2

Esta Tesis va dedicada a mis padres Catalina Poma y Pedro Jiménez, a mi hermana Karen Jiménez, a mi novia María Farías y a toda mi familia, que siempre han estado pendiente de mi formación como profesional. A mi abuela materna Hilda Herrera por su apoyo incondicional, que siempre me brindo y en especial a mis abuelitos paternos Orfa Romero y Carlos Jiménez quien en su momento me brindaron sabiduría y felicidad, pero ahora me dan ánimos y me cuidan desde el cielo para seguir adelante.

Bryan Jiménez.



ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE LA EMPRESA.....	v
AGRADECIMIENTO 1	vi
DEDICATORIA 1	vii
AGRADECIMIENTO 2.....	viii
DEDICATORIA 2	ix
ÍNDICE	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xix
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xxiii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1 EL PROBLEMA	2
2.1.1 Situación Problemática.....	2
2.1.2 Formulación del problema.....	5
2.2 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	6
2.2.1 Objeto de estudio.....	6
2.2.2 Campo de acción	6
2.3 BENEFICIARIOS.....	6
2.3.1 Directos	6
2.3.2 Indirectos	6
2.4 JUSTIFICACIÓN	6



2.5	HIPÓTESIS.....	7
2.6	OBJETIVOS	7
2.6.1	General:	7
2.6.2	Específicos:	7
2.7	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	8
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
3.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
3.2	FALLAS ELÉCTRICAS	11
3.2.1	Corrientes de cortocircuito	11
3.2.2	Tipos de cortocircuitos	12
3.2.3	Sobrecarga.....	13
3.2.4	Falla a tierra.....	13
3.1	TIPOS DE SISTEMAS.....	13
3.1.1	Sistema radial	13
3.1.2	Sistema en anillo	14
3.1.3	Red Mallada	14
3.2	EQUIPOS A PROTEGER	15
3.2.1	Conductores.....	15
3.2.2	Motores eléctricos	18
3.2.3	Transformador	23
3.3	PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	25
3.3.1	Fusibles de media tensión.....	25
3.3.2	Fusibles de baja tensión.....	26
3.3.3	Interruptores (MCB).....	30
3.3.4	Interruptores (MCCB)	36
3.3.5	Relé Térmico	37
3.4	GENERALIDADES DE UN SISTEMA DE PROTECCIONES.....	40
3.4.1	Selectividad	40



3.4.2	Tipos de coordinación de protecciones	40
3.5	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE BALANCEADOS PROBALBEN CIA.LDTA	44
3.5.1	Empresa de Balanceado PROBALBEN CIA.LDTA	44
3.5.2	Descripción del proceso de producción de balanceado en la planta.....	44
4.	MATERIALES Y MÉTODOS:	46
4.1	MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN.....	46
4.1.1	Método Bibliográfico	46
4.1.2	Método Experimental	46
4.1.3	Método de campo	47
4.1.4	Método descriptivo.....	47
4.1.5	Método Cuantitativo.....	47
4.1.1	Método Cualitativo.....	48
4.2	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	48
4.2.1	Observación.....	48
4.2.2	Medición.....	48
4.2.3	Simulación.....	48
4.3	INSTRUMENTOS.....	48
4.3.1	Analizador de redes Fluke 435 Serie II	49
4.3.2	Pinza Amperimétrica Fluke 376 FC	49
4.3.3	Cámara termográfica SAIR PK80	49
4.3.4	Cinta Métrica.....	49
4.3.5	Software a utilizar	49
4.4	EJECUCIÓN DEL PROYECTO	50
4.4.1	Corriente de magnetización (INRUSH)	50
4.4.2	Corriente de rotor bloqueado (LRA)	50
4.4.3	Dimensionamiento de protecciones Interruptor Termomagnético	51
4.4.4	Ajuste del relevador de sobrecarga.....	52
4.4.5	Métodos para la coordinación de protecciones.....	52



4.5	DIAGNÓSTICO DE LA RED ELÉCTRICA DE LA PLANTA DE BALANCEADOS PROBALBEN CIA.LTDA.....	54
4.5.1	Estado actual de las instalaciones eléctricas.....	54
4.5.2	Transformador de la empresa PROBALBEN CIA.LTDA	55
4.5.3	Descripción de los Tableros eléctricos actual de la planta	56
4.5.4	Datos de motores eléctricos.....	56
4.5.5	Registro de protecciones eléctricas y conductores eléctricos.....	58
4.5.6	Diagrama Unifilar actual del circuito eléctrico de la planta	59
4.5.7	Análisis de flujo de carga	60
4.5.8	Corrientes de cortocircuito	61
4.5.9	Análisis del diagrama Unifilar.	63
4.5.10	Curvas de operación las protecciones eléctricas.....	65
4.5.11	Protecciones no coordinadas	69
4.5.12	Tiempos de actuación de corrientes de cortocircuito	70
4.5.13	Análisis de demanda de la energía	70
4.5.14	Análisis termográfico	80
4.5.15	Procedimiento para la toma de termogramas en un tablero eléctrico.....	81
4.5.16	Registro del análisis termográfico.....	83
4.6	PROPUESTA DE MEJORA REDISEÑO ELÉCTRICO DE LA PLANTA PROBALBEN CIA.LTDA	85
4.6.1	Topología de los nuevos tableros eléctricos.....	85
4.6.2	Diagrama Unifilar rediseño del circuito eléctrico de la planta.....	86
4.6.3	Dimensionamiento de conductores eléctricos	87
4.6.4	Dimensionamiento de protecciones eléctricas.....	89
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	89
5.1	ANÁLISIS DE FLUJOS DE CARGAS SISTEMA ACTUAL Y REDISEÑO ELÉCTRICO... ..	89
5.2	Coordinación de protecciones.....	92
5.2.1	Protecciones coordinadas	95
5.2.2	Tiempos de actuación de corriente cortocircuito.....	96
5.3	ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN	96



6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	98
6.1	COSTOS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	98
6.1.1	Costos de ingeniería	98
6.1.2	Costos Directos.....	99
6.1.3	Costos Indirectos	100
6.1.4	Rubro.....	100
6.2	ANÁLISIS DE IMPACTOS	100
6.2.1	Impacto ambiental	101
6.2.2	Impacto tecnológico	101
6.2.3	Impacto Económico.....	101
7.	CONCLUSIONES	103
8.	RECOMENDACIONES	104
9.	REFERENCIAS	105
10.	ANEXOS.....	109
10.1	ANEXO A. INSTRUMENTOS.....	109
10.2	ANEXO B. DATOS DE LA EMPRESA COMERCIALIZADORA ELEPCO S.A.	112
10.3	ANEXO C. DATOS DE CARGAS ELÉCTRICAS EN LA EMPRESA.	112
10.4	ANEXO D. HOJA DE DATOS COMPONENTES ELÉCTRICOS.	113
10.5	ANEXO E. DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA ACTUAL.....	116
10.6	ANEXO F. RESULTADOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO DE CADA PROCESO DE LA PLANTA.....	117
10.7	ANEXOS G. INFORME DEL ANALIZADOR DE REDES.....	120
10.8	ANEXO H. CALIBRACIÓN DE LA CÁMARA TERMOGRÁFICA.....	127
10.9	ANEXO I. RESULTADOS DEL ANÁLISIS TERMOGRÁFICO.....	129
10.10	ANEXO J. NUEVO REDISEÑO ELÉCTRICO PARA LA PLANTA PROBALBEN CIA.LTDA	136
10.11	ANEXO K. REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO	138
10.12	ANEXOS L. CURVAS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICAS COORDINADAS	141
10.13	ANEXO M. FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	155
10.14	ANEXO N. CATÁLOGOS	158



10.15 ANEXO Ñ. INFORME DE ANTIPLAGIO	161
10.16 ANEXO O. MEMORIA TÉCNICA	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Tipos de cortocircuitos.	12
Figura 3.2 Sistema Radial.	14
Figura 3.3 Sistema en Anillo.	14
Figura 3.4 Partes de cables con aislamientos THW Y THHN o THWN-2.	16
Figura 3.5 Curva de daño de los conductores.	17
Figura 3.6 Comportamiento de la corriente y del par para diversas modalidades de arranques.	18
Figura 3.7 Rotor de un motor asíncrono trifásico.	19
Figura 3.8 Curva típica de corriente en un motor de inducción.	21
Figura 3.9 Arranque de motor de inducción.	21
Figura 3.10 Curva de tiempo-corriente de operación del motor.	22
Figura 3.11 Curva de daño de los transformadores.	24
Figura 3.12 Curva de daño de los transformadores.	25
Figura 3.13 Parámetros característicos de un fusible gL/gG.	26
Figura 3.14 Zonas de accionamiento del fusible.	28
Figura 3.15 Curva tiempo corriente de un fusible.	29
Figura 3.16 Curvas características de los fusibles.	30
Figura 3.17 Curva característica de un disparo magnético.	31
Figura 3.18 Partes del interruptor.	31
Figura 3.19 Representación de la curva de disparo de un interruptor.	32
Figura 3.20 Representación de las curvas de disparo B, C y D.	33
Figura 3.21 Curvas de disparo Z, B, C, K, S, D.	34
Figura 3.22 Curva de disparo MA.	35
Figura 3.23 Curva característica ICP.	35
Figura 3.24 Curva de disparo de MCCB.	36
Figura 3.25 curva característica de un MCCB electrónico.	37
Figura 3.26 Características de un relé térmico.	38
Figura 3.27 Parte frontal de un relé térmico.	38
Figura 3.28 Curva característica de disparo.	39
Figura 3.29 Correcta selectividad.	40
Figura 3.30 Selectividad absoluta y parcial.	41
Figura 3.31 Coordinación interruptor-interruptor, selectividad absoluta.	41
Figura 3.32 Coordinación interruptora instantáneo-interruptor, selectividad parcial.	42
Figura 3.33 Coordinación Interruptor termomagnético-fusible.	42
Figura 3.34 Coordinación fusible-interruptor termomagnético.	43
Figura 3.35 Coordinación entre fusible-fusible.	43

Figura 3.36 Fotografía aérea de la empresa PORBALBEN CIA.LTDA.	44
Figura 3.37 Esquema del proceso industrial de la empresa PROBALBEN CIA.LDTA	45
Figura 4.1 Método de solución-cálculo de cortocircuito.....	52
Figura 4.2 Protección eléctrica obsoletas.....	54
Figura 4.3 Transformador ELEPCO T402 de 75 kVA.	55
Figura 4.4 Motores de los procesos Molino, Mezcladora, Paletizadora.	57
Figura 4.5 Corrientes de cargas inductivas.	58
Figura 4.6 Registro de protecciones eléctricas.....	59
Figura 4.7 Resumen del diagrama Unifilar de la empresa PROBALBEN CIA.LTDA.	60
Figura 4.8 Proceso 2 molino actuación del proceso.....	63
Figura 4.9 Circuito eléctrico	64
Figura 4.10 Motores eléctricos.....	65
Figura 4.11 Curva M1 Actual	66
Figura 4.12 Curva M3 Actual	67
Figura 4.13 Curva M6 Actual	68
Figura 4.14 Circuito no coordinado	69
Figura 4.15 Tiempo de actuación equipos de protección.....	70
Figura 4.16 Configuración del cableado en estrella.....	71
Figura 4.17 Conexión en configuración en estrella tablero principal.	71
Figura 4.18 Configuración de conexión en delta.	72
Figura 4.19 Conexión en delta motor de 50hp molino.....	72
Figura 4.20 Diagrama estadístico de potencias día 1.	73
Figura 4.21 Diagrama estadístico de potencias día 2.....	73
Figura 4.22 Diagrama estadístico de potencias día 3.....	74
Figura 4.23 Diagrama estadístico de potencias día 4.....	74
Figura 4.24 Diagrama estadístico de potencias día 5.....	75
Figura 4.25 Diagrama estadístico de potencias día 6.....	75
Figura 4.26 Diagrama estadístico de potencias día 7.....	76
Figura 4.27 Diagrama estadístico de potencias día 1.....	77
Figura 4.28 Diagrama estadístico de potencias día 2.....	77
Figura 4.29 Diagrama estadístico de potencias día 3.....	78
Figura 4.30 Diagrama estadístico de potencias día 4.....	78
Figura 4.31 Diagrama estadístico de potencias día 5.....	79
Figura 4.32 Diagrama estadístico de potencias día 6.....	79
Figura 4.33 Diagrama estadístico de potencias día 7.....	80
Figura 4.34 Tablero eléctrico principal.....	81
Figura 4.35 Parámetros de medición.....	82



Figura 4.36 Toma de imagen termográfica.	82
Figura 4.37 Toma de imagen termográfica a motores eléctricos.	83
Figura 4.38 Tablero 2.....	84
Figura 4.39 Tablero general alimentador	84
Figura 4.40 Topologías tableros eléctricos	86
Figura 4.41 Resumen del diagrama unifilar nuevo rediseño de la empresa PROBALBEN CIA.LTDA	86
Figura 5.1 Valores de tensiones en las barras proceso molino.....	90
Figura 5.2 Valores de tensiones en las barras proceso molino.....	91
Figura 5.3 Motor 1 Rediseño	92
Figura 5.4 Motor 3 Rediseño	93
Figura 5.5 Motor 6 Rediseño	94
Figura 5.6 Circuito Eléctrico coordinado.....	95
Figura 5.7 Tiempo de actuación equipos de protección.....	96
Figura 5.8 Representación porcentual de fallas en el sistema por meses laborales.	96
Figura 5.9 Representación porcentual de paradas por mantenimiento preventivo.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 El Diagrama de Ishikawa, Planteamiento del problema.....	5
Tabla 2.2 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	8
Tabla 3.1 Porcentaje de ocurrencia.	12
Tabla 3.2 Tipos de aislamiento de los conductores.....	15
Tabla 3.3 Aislamiento de los motores eléctricos.....	19
Tabla 3.4 Letras de código NEMA MG-1 que indica los <i>kVA/HP</i> de arranque nominales de un motor	20
Tabla 3.5 Criterios de corrientes del motor.	22
Tabla 3.6 Clasificación de los transformadores según la norma ANSI-IEEE C57.109-1993.....	23
Tabla 3.7 Tipos de refrigeración para transformadores según la norma NMX-J-116-ANCE-2005. ...	23
Tabla 3.8 Tipo de Fusibles	27
Tabla 4.1 Softwares coordinación de protecciones.	53
Tabla 4.2 Tabla de datos del transformador.	55
Tabla 4.3 Tablero eléctricos de la empresa.	56
Tabla 4.4 Registro de las corrientes de operación.....	57
Tabla 4.5 Proceso de accionamiento de motores.....	61
Tabla 4.6 Corrientes de cortocircuito	61
Tabla 4.7 Tablero Eléctricos actual Interruptores termomagnéticos.....	62
Tabla 4.8 Rediseño Tableros Eléctricos	85
Tabla 4.9 Dimensionamiento de conductores	87
Tabla 4.10 Conductores aceptables para los tramos Transformador y Tableros.....	88
Tabla 5.1 Proceso 2 Molino Actual Cargas.....	90
Tabla 5.2 Proceso 2 Molino Rediseño Cargas.....	91
Tabla 6.1 Costos de Ingeniería.	99
Tabla 6.2 Costos Directos.	99
Tabla 6.3 Costos Indirectos	100
Tabla 6.4 Rubro.....	100
Tabla 6.5 Costos de equipos.....	101
Tabla.1 Detalle de Ubicación	164
Tabla.2 Tabla de datos del transformador.	166
Tabla.3 Tablero eléctricos de la empresa.	167
Tabla.4 Corrientes de cortocircuito	171



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4.1 Corriente de magnetización.....	50
Ecuación 4.2 Corriente de rotor bloqueado.....	50
Ecuación 4.3 Rotor bloqueado por la IEC 60034-1265.....	51
Ecuación 4.4 Calculo admisible para el conductor.....	51
Ecuación 4.5 Corriente de sobrecarga.....	51
Ecuación 4.6 Ajuste del relevador de sobrecarga.....	52



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO: “ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE BALANCEADOS PROBALBEN CIA.LTDA”

Autores: Bustamante Pilco Jarlinton Alberto
Jiménez Poma Bryan Isaías

RESUMEN

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

Palabras clave: Coordinación de protecciones, tensión, selectividad, flujos de carga, cortocircuito.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
ELECTROMECHANICAL ENGINEERING

TITLE: “COORDINATION STUDY OF PROTECTIONS FOR THE ELECTRICAL SYSTEM OF THE BALANCING COMPANY PROBALBEN CIA.LTDA.”

Autohors: Bustamante Pilco Jarlinton Alberto

Jiménez Poma Bryan Isaías

ABSTRACT

The present technological proposal consisted in carrying out the electrical protection coordination study in the company PROBALBEN CIA.LTDA. The current electrical system was characterized by recording loads and field measurements in the factory, in order to tabulate technical data and model the current electrical circuit by using specialized software for industrial electrical systems, which allows simulations of short-circuit currents, load flows and generate the selectivity of coordination of protections. With the application of the software, minimum and maximum short-circuit current values were recorded to verify the performance of the protection equipment. In addition, voltage drops were recorded by processes in the manufacturing of the balance, identifying three critical processes that affect the electrical circuit. The behavior of the thermomagnetic protections, fuses and thermal relays was also analyzed in order to obtain the operation times in the performance during a fault. The results obtained showed that in some points of the network there are voltage drops that exceed the 5% established by the NEC/NFPA 70 standards, problems with the protections which should be replaced, given all these anomalies we proceeded to propose a new scheme of protections considering the established standards and criteria of selectivity of protections, reducing the voltage drops of the affected areas not exceeding the 5%, and it was possible to adjust the operating time to 0.03 seconds for each protection resulting in a reduction of the production downtime.

Key words: Protection coordination, voltage, selectivity, load flows, short circuit.

AVAL DE TRADUCCIÓN

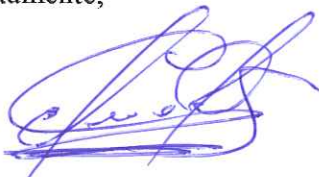
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE BALANCEADOS PROBALBEN CIA.LTDA.”** presentado por: **Bustamante Pilco Jarlinton Alberto** y **Jiménez Poma Bryan Isaías**, estudiantes de la Carrera de **Ingeniería en Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 22 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Estudio de coordinación de protecciones para el sistema eléctrico de la empresa de balanceados PROBALBEN CIA.LTDA.

Fecha de inicio

25 de octubre del 2021

Fecha de finalización

11 de febrero del 2022

Fecha de ejecución

22 de noviembre del 2021

Lugar de ejecución

Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia San Buenaventura, Barrio las Monjas

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias de la Ingeniería Y Aplicadas

Carrera que auspicia

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado

Equipo de Trabajo

- Ing.M.Sc. Cruz Panchi Luis Rolando
C.I 0502595176
Correo: luis.cruz@utc.edu.ec
- Bustamante Pilco Jarlinton Alberto
C.I 210068448-5
Correo: jarlinton.bustamante4485@utc.edu.ec
- Jiménez Poma Bryan Isaías
C.I 230042343-7
Correo: bryan.jimenez3437@utc.edu.ec

Área de Conocimiento

Según el código de la UNESCO Clasificación Internacional Normalizada de la Educación CINE para los campos de Ciencias y Tecnología. [1]

- Campo amplio:
 - 07 ingeniería, Industria y construcción
- Campo específico:
 - 071 ingeniería y profesiones afines
- Campo detallado
 - 0713 electricidad y energía

Línea(s) y Sublíneas de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi y de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

- **Línea de investigación:**
 - **Procesos Industriales**

Esta línea de investigación está enfocada a promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. Así como diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, con el fin de contribuir al desarrollo socio económico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona.
 - **Sublíneas de investigación**
 - Sub línea 2.** Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 EL PROBLEMA

2.1.1 Situación Problemática

Según los autores [2] en su proyecto titulado “Estudio de coordinación de protecciones en la empresa Tecnoglass S.A.” en la ciudad de Barranquilla-Colombia ,hace mención que se tiene que evaluar el nivel de cortocircuito con la simulación del sistema eléctrico de la empresa, con los datos y características reales de operación de cada uno de los elementos, para esta evaluación, se realizan simulaciones con distintos escenarios en los diferentes tipos de falla

para así observar en cual es más vulnerable y en cual la corriente de cortocircuito es mayor, con el resultado obtenido se llega al nodo más crítico que está determinado por el aumento considerable de la corriente de cortocircuito.

Según el autor [3] en su proyecto titulado “Estudio de flujos de carga, arranque de motores, fallas y coordinación de protecciones del campo petrolero VHR, usando el programa ETAP” en la ciudad de Quito-Ecuador, determinan que las instalaciones existentes dentro del campo petrolero se encuentran trabajando con diferentes normativas, siendo relevante la normativa IEC en equipos de protección. Por otro lado, para su operación se ha solicitado la implementación de las nuevas facilidades bajo la normativa ANSI/IEEE.

Según los autores [4] en su proyecto titulado “Estudio del sistema eléctrico para determinar la capacidad del sistema e implementar nuevas cargas en la empresa INPLASTICO” en la ciudad de Latacunga-Ecuador, determinan para la actualización del diagrama unifilar se efectúa el levantamiento de las cargas actuales del transformador y de igual manera de la nueva carga, para esto se manejó el software CAD en el cual se ejecutó el dibujo de los circuito eléctrico con su respectivas protecciones.

La empresa PROBALBEN CIA. LTDA, en la actualidad dispone de un transformador trifásicos, con la capacidad de 75 *kVA* que alimenta a toda la planta industrial, que abastece a todo su equipamiento instalado.

En los últimos 5 años, la industria ha tenido un crecimiento significativo del aumento de su capacidad productiva con un margen del 50 %, lo que ha derivado en la implementación de nuevos equipos para la fabricación y elaboración del balanceado para su comercialización, ha provocado el aumento de nuevas cargas en la red, produciendo frecuentes paradas en la producción por fallas del sistema eléctrico, siendo necesario la aplicabilidad de un estudio del sistema eléctrico de la planta, el mismo que permitirá conocer las fallas o anomalías en el suministro energético.

Por tal motivo, se requiere indagar sobre las protecciones eléctricas que existen en la industria, con el fin de obtener un criterio para su selección y obtener una correcta instalación o sistema eléctrico, mediante la coordinación de protecciones; cuya propiedad es proporcionar mayor confiabilidad y garantizar continuidad, por medio del arreglo y combinación de dispositivos de protección para detectar y liberar la falla en un periodo de tiempo más corto, tomando el presente nivel de tensión eléctrica. Otros de los puntos destacables que se propone con la propuesta es de proporcionar información de los equipos de protecciones eléctricas para la correcta selección de equipos eléctricos y como apoyo se adjunta a metodologías para realizar

la selección y coordinación de las protecciones que se requieran instalar en el sistema eléctrico, con el fin de poder evitar una condición anormal.

Se recalca que existen normas las cuales se van a utilizar, mencionadas a continuación la IEEE 242 enfocada a la coordinación de protecciones y la IEEE 551 dedicada al cálculo de corrientes cortocircuito y por último el código eléctrico NEC/NFPA 70 que se utilizara para el rediseño respectivo.

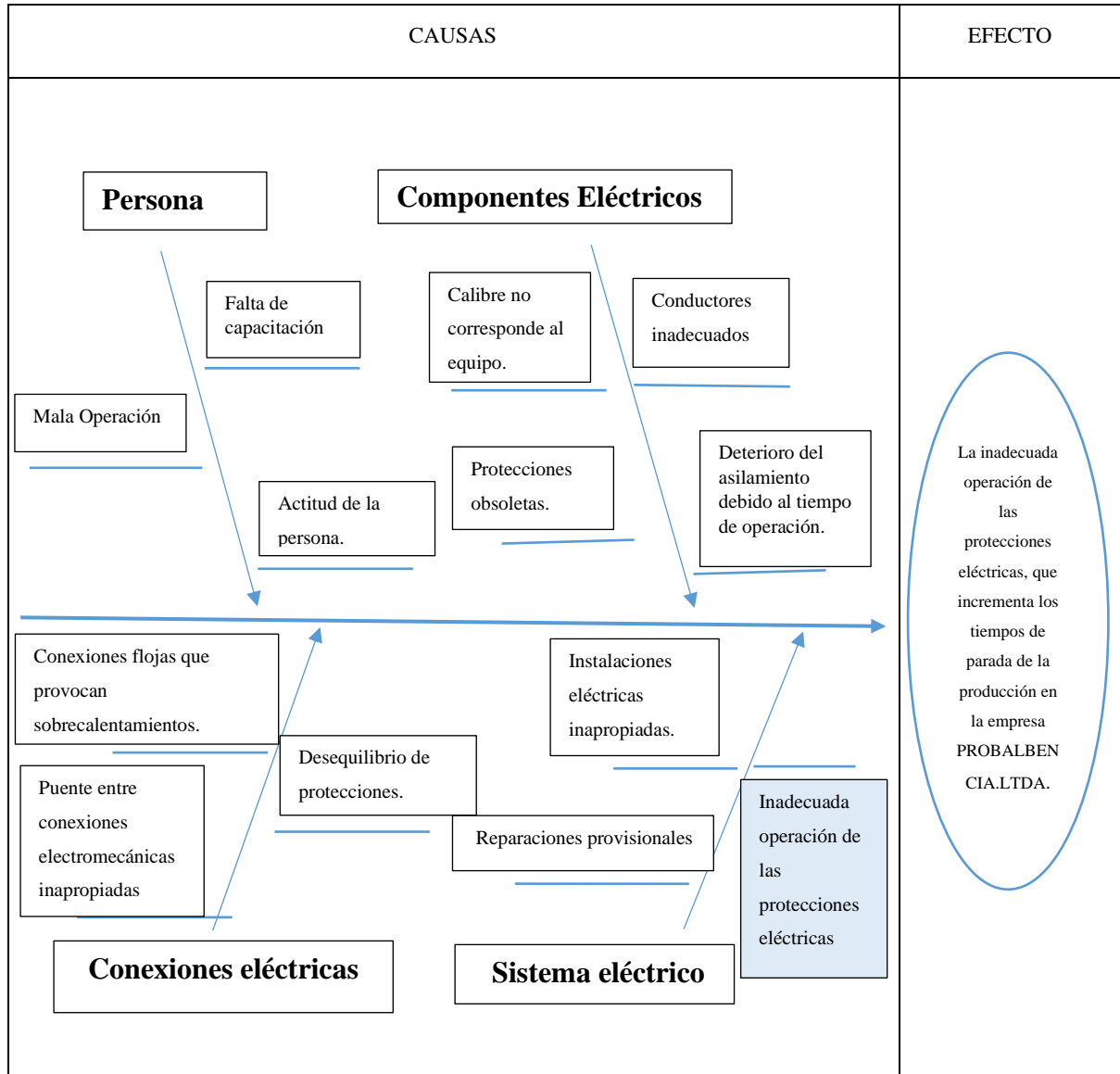
Empleando una entrevista al personal encargado del manejo de maquinaria de la planta, se registran hechos importantes en el funcionamiento del sistema eléctrico al realizar sus actividades de labor, existiendo fallas importantes en determinados tiempos y procesos. Estas se mencionan a continuación.

- La empresa presentó dos interrupciones de energía; estas se presentaron en el tablero principal alimentador de toda la red actual. Estos acontecimientos provocaron el paro total de los procesos de fabricación del balanceado para animales durante dos días en distinto lapso de tiempo.
- En la planta existen tres procesos fundamentales que son el molino, el mezclado y paletizado, estos procesos requieren grandes cargas de energía en los motores de inducción, estableciendo que al realizar dos de estos procesos ya mencionados sea molienda y paletizado no se los puede accionar al mismo tiempo, porque existe una interrupción de energía total de la planta.
- Hace 2 a 3 años la planta sufrió un daño en el transformador, se encontró expuesto a carga completa y hubo fallas en los fusibles de media como baja tensión por el efecto de sobrecarga.

2.1.2 Formulación del problema

2.1.2.1 Diagrama de Ishikawa

Tabla 2.1 El Diagrama de Ishikawa, Planteamiento del problema.



2.1.2.2 Variable independiente:

La inadecuada operación (tiempo) de las protecciones eléctricas.

2.1.2.3 Variable dependiente:

Los tiempos de parada de la producción.

2.1.2.4 Planteamiento del problema

La inadecuada operación de las protecciones eléctricas, que incrementa los tiempos de parada de la producción en la empresa PROBALBEN CIA.LTDA.

2.2 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1 Objeto de estudio

- Coordinación de protecciones.

2.2.2 Campo de acción

- Protecciones Eléctricas

2.3 BENEFICIARIOS

2.3.1 Directos

- **Gerente de la empresa**
Sra. Benites Panchi Nancy Margoth
- **Los postulantes**
Bustamante Pilco Jarlinton Alberto
Jiménez Poma Bryan Isaías

2.3.2 Indirectos

El personal encargado del manejo de toda la planta para la producción de balanceados y el área de administración conformado un total de 7 personas.

2.4 JUSTIFICACIÓN

La siguiente propuesta presenta un estudio de protecciones eléctricas, mediante la utilización de software que es un método exacto y específico, determinando buenos resultados, como se lo desarrollo en la investigación de la industria Pecuaria de Agroindustrial PROAVE S.A [5], utilizan este método permitiendo una acertada coordinación para reducir efectos de fallo o anomalías en todo el sistema eléctrico industrial mejorando la calidad del servicio y garantizando la continuidad del suministro energético.

En la siguiente investigación también mencionan la utilidad de un software porque se puede efectuar el análisis de flujos de potencia para verificar los niveles de tensión si están dentro de los estándares establecidos y poder realizar las respectivas correcciones, en el circuito eléctrico. Lo afirma el trabajo de investigación titulado “Estudio de la coordinación de protecciones del sistema eléctrico en 22,9 kV para la planta procesadora en SHENANGO, BELLAVISTA, JAÉN” [6].

Además, en algunas investigaciones determinan para una mayor confiabilidad y seguridad en el suministro energético de la empresa, se debe efectuar la coordinación de protecciones, con

la aplicación de distintos métodos mediante el cálculo de corrientes de cortocircuito, utilizando el método de impedancias y mediante software permitiendo obtener criterios para la selectividad de protecciones [7]. Por lo tanto, en esta propuesta se pretende aplicar los procedimientos descritos en las referencias anteriores con la finalidad de realizar un diseño para la nueva alternativa de protecciones eléctricas de la empresa de balanceados PROBALBEN CIA.LTDA, que permitirá mejorar la confiabilidad del circuito eléctrico que actualmente existe en planta.

Para poder generar el diseño se debe obtener una correcta selectividad de las protecciones eléctricas estas deben contar con las características técnicas que posee los equipos de las cargas inductivas que se hace referencia a los motores trifásicos que existen en la planta, por ende, se registran las intensidades nominales de cada motor, considerando que elegimos el peor de los casos que es cuando según el fabricante del equipo proporcione la misma.

Los estudios de cortocircuito, coordinación de protecciones, flujos de potencia y el rediseño a nivel de potencias, estarán basados en normativas y estándares como IEEE 242, IEEE 551, la NEC/NFPA 70 y bibliografía consultada, las cuales adjuntan las disposiciones necesarias para la elaboración de un sistema eléctrico seguro.

2.5 HIPÓTESIS

La actualización de la coordinación selectiva de protecciones del circuito eléctrico de la planta PROBALBEN CIA.LTDA reducirá los tiempos de paradas de la producción en la empresa.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 General:

Realizar el estudio de coordinación selectiva de protecciones eléctricas en la empresa PROBALBEN CIA.LTDA mediante el registro de cargas y medidas de campo para disminuir los tiempos de parada en la producción.

2.6.2 Específicos:

- Caracterizar el sistema eléctrico industrial actual que posee la empresa, para obtener la información requerida en los diagramas y realizar el posterior análisis.
- Modelar el sistema eléctrico actual, para obtener los flujos de carga, corrientes de cortocircuitos en las barras y curvas de las protecciones.
- Proponer un esquema de protección del sistema eléctrico industrial, considerando criterios de selectividad, para la obtención de las recomendaciones que garanticen la confiabilidad y seguridad de la planta.

2.7 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 2.2 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
a) Caracterizar el sistema eléctrico industrial actual que posee la empresa, para obtener la información requerida en los diagramas y realizar el posterior análisis.	Determinar las características técnicas de cada uno de los equipos eléctricos.	Tabla de datos.	Visualizar cada una de las placas o manuales que poseen los equipos eléctricos.
	Medir distancias y conductores eléctricos.	Diagrama Unifilar	Con una cinta métrica medimos distancias de los conductores y observamos el calibre del conductor.
	Medir corrientes de operación a cada uno de los equipos.	Hoja de datos.	Se utiliza el equipo pinza amperimétrica, para el registro de la medición.
b) Modelar el sistema eléctrico actual, para obtener los flujos de carga, corrientes de cortocircuitos en las barras y curvas de las protecciones	Adquirir datos proporcionados por la empresa comercializadora ELEPCO.	Potencia de cortocircuito y equivalente de la red.	Se envía una solicitud de formalidad institucional a la empresa comercializadora de energía, requiriendo estos datos y adjuntado el Acta de aprobación del proyecto de titulación.
	Modelar el sistema real de la planta para poder simular su comportamiento en diversas condiciones de falla.	Flujos de cargas y Corrientes de cortocircuito	Se desarrollará la simulación correspondiente del modelo eléctrico actual que existe dentro de la industria.
	Analizar el comportamiento de cada una de las cargas simuladas.	Fallas e imperfecciones en el sistema.	Mediante la simulación del software.

c) Proponer un esquema de protección del sistema eléctrico industrial, considerando criterios de selectividad, para la obtención de las recomendaciones que garanticen la confiabilidad y seguridad de la planta.	Realizar propuestas de mejora al sistema de protecciones actual.	Nueva alternativa de topología y disposición de equipos.	Con la utilización de un sistema computacional, permitirá modelar la alternativa en coordinación de protección.
	Identificar las características interruptoras apropiadas y como referencia sus curvas de tiempo-corriente.	Tipo de capacidades para la protección en equipos.	Se desarrolla mediante la obtención de curvas de las protecciones.
	Determinar los equipos de protección necesarios para el sistema eléctrico de la industria, tomando referencia a equipos existentes en el mercado.	Equipos nuevos a reemplazar.	Tomar alternativas en precios y capacidades para garantizar la seguridad del sistema eléctrico industrial.
	Análisis económico de equipos VAN y TIR; Retorno de la inversión.	Precio total del proyecto.	Se efectuará mediante catálogos, equipos de protecciones y calibres de conductores de las distintas marcas, para analizar precios accesibles.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La empresa PROBALBEN CIA.LTDA está enfocada al cambio en la planificación y proyección del rediseño eléctrico de su instalación por el crecimiento de la planta, por tal razón, se ha determinado que la planta PROBALBEN no cuenta con el estudio de ingeniería para el sistema eléctrico. Notando que en esta área se necesita el mejoramiento correctivo de sus instalaciones, el grupo de la propuesta tecnológica procede a realizar el estudio de la planta PROBALBEN, elaborando los respectivos análisis requeridos para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas y a continuación, se presentan investigaciones realizadas para la coordinación de protecciones, aplicando los distintos métodos y técnicas para tener óptimos resultados.

Según los autores [8] en su proyecto titulado “Coordinación de protecciones en centros industriales”, se refiere a analizar y evaluar las técnicas recomendadas por las normas internacionales para llevar a cabo la coordinación de protecciones y mostrar estrategias para hacer utilización de las mismas. Hacer esta clase de implementaciones luego de construido un sistema eléctrico industrial suele requerir inversiones de tiempo y dinero considerables gracias a las múltiples modificaciones de tipo eléctrico y también civil que se tienen que llevar a cabo a las instalaciones. No obstante, las industrias no pueden desconocer la reglamentación vigente que las ordena a la custodia del personal, el medio ambiente y a sus instalaciones, además las empresas del sector industrial tienen que tomar en cuenta que los fallos de energía que interfieren con su producción les desarrollan muchas pérdidas e incumplimientos que tienen la posibilidad de ser penalizados por sus clientes.

Según los autores [9] en su proyecto titulado “Coordinación de protecciones para un sistema eléctrico industrial” se refiere a la metodología en relación a las propiedades con las cuales se debe contar un dispositivo de protección, además muestra el estudio de cortocircuito para el cual es requisito tener el diagrama unifilar, cuando se obtiene se calculan las corrientes de cortocircuito en todos los puntos que se va a proteger. Menciona sobre la selectividad una vez conocido los valores de corriente de cortocircuito los dispositivos de protección deben ser seleccionados de tal forma que sean capaces de librar la falla de cortocircuito y al final se procede a la coordinación por medio del empleo de las curvas tiempo-corriente de los equipos de protección y conocimiento las curvas de daño de los equipos a proteger.

Según los autores [7] en su proyecto de diploma “Bases técnicas para la coordinación de dispositivos de protección en sistemas industriales de potencia.”, se refiere a modificaciones de protección de sobreintensidad de fase que asegurará la selectividad de garantía, y eficacia de las protecciones eléctricas, frente a fallas o sobrecargas de algún equipo o máquina rotatoria que se encuentra en el sistema.

Según los autores [10] se refiere a el análisis de la demanda eléctrica con el objetivo de saber la eficacia del suministro eléctrico bajo la incidencia de las cargas. En tal virtud se conecta el analizador FLUKE 435 serie 2, con lo que se obtiene mediciones de voltaje, potencia activa reactiva y aparente. Más adelante se descarga ordena y filtra los datos por medio del software Excel, aparte del uso de la metodología de histogramas de frecuencia para saber los datos que se repiten en un intervalo de medición de 10 minutos de acuerdo con la regulación 004/01 emitido por el ARCONEL, que recibe la curva diaria de los transformadores trifásicos de 100 *kVA* de lunes a viernes en los que trabaja la industria.

3.2 FALLAS ELÉCTRICAS

3.2.1 Corrientes de cortocircuito

La ANSI/IEEE 551 define la corriente de cortocircuito como una conexión anormal (inclusive un arco) con una baja impedancia realizada accidental o intencionalmente, entre dos puntos con diferencia de potencial [11].

La corriente de cortocircuito se identifica por inducir grandes intensidades de corrientes transportadas hasta el punto de falla. Se considera que el cortocircuito presenta valores de corrientes mayores que la corriente nominal, en operaciones normales.

Retomar que instalaciones eléctricas seguras no están fuera de presentar estas condiciones, porque puede ser generada por accidentes ajenos al mal dimensionamiento del sistema eléctrico. La ANSI/IEEE 551 explica algunas de las posibles causas de esta falla.

La presencia de animales en los equipos, la pérdida de conexiones sueltas que provocan sobrecalentamiento en los equipos, sobretensiones, el deterioro del aislamiento debido al tiempo de utilidad, tensiones aplicadas a los equipos, contacto accidental con herramientas metálicas o de materiales conductores.

Una vez mencionadas las causas de fallas también pueden estar ligadas a fallas externas que provocan la creación de escenarios para esta condición.

Las corrientes de cortocircuito pueden ser muy elevadas, importando una cantidad significativa de energía en la falla, en esta falla se pueden producir arcos y el daño de los equipos por quemaduras, además es un peligro de quemador por arco eléctrico para el personal que trabajó con el equipo. También las corrientes de cortocircuitos pueden inducir en las máquinas giratorias en el sistema de distribución eléctrica hasta la ubicación de la falla, es decir todos los componentes que transportan las corrientes de cortocircuito estarán adjuntadas a tensiones térmicas y mecánicas debido al flujo de corriente. Entonces esta tensión cambia en función de la cantidad de corriente al cuadrado y la duración del flujo de corriente ($I^2 * t$) y esta puede dañar componentes. Además, los niveles de voltaje del sistema caen en proporción a la magnitud de las corrientes de cortocircuito que fluyen a través de los elementos del sistema.

Considerar que el análisis de las I_{CC} están las fuentes de energía porque determinarán los valores máximos y mínimos, así como el tiempo de duración de la falla. La IEEE 551 menciona la relación de estas fuentes como: “La corriente de cortocircuito disponible está directamente relacionada con el tamaño y la capacidad de las fuentes de energía (servicios públicos,

generadores y motores) que alimentan el sistema y generalmente es independiente de la corriente de carga del circuito [11]. Tomando en cuenta a lo mencionado el valor de la corriente de cortocircuito crecerá proporcionalmente con respecto a los valores de las fuentes de energía, en otra definición simple, cuando mayor sea el aporte de las fuentes mayor será la corriente de cortocircuito.

3.2.2 Tipos de cortocircuitos

Los tipos de cortocircuitos más frecuentes, A continuación, se detalla de manera gráfica en la **Figura 3.1**.

- a) Cortocircuito trifásico equilibrado.
- b) Cortocircuito entre dos fases aislado (no posee conexión a tierra).
- c) Cortocircuito monofásico fase-tierra y fase-neutro.

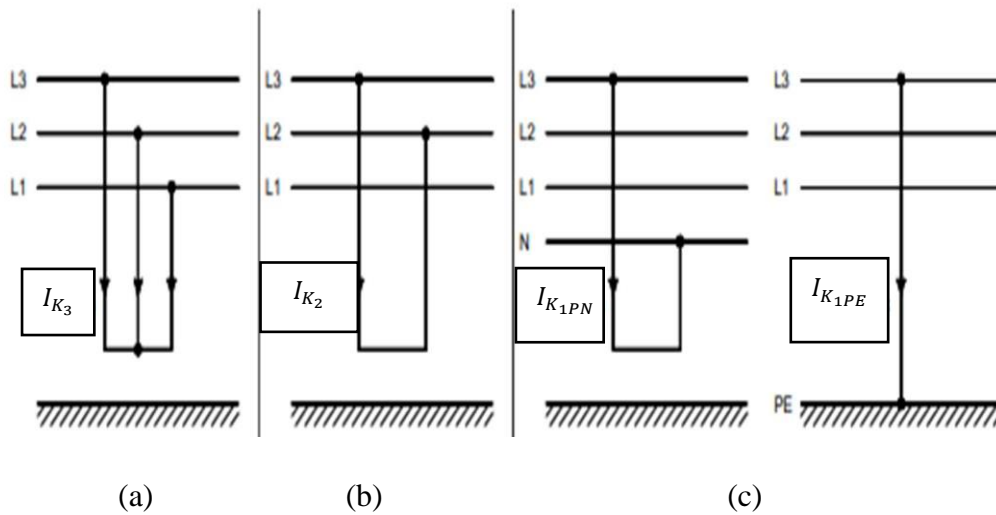


Figura 3.1 Tipos de cortocircuitos [12].

Los porcentajes de ocurrencia de los cortocircuitos se da en la **Tabla 3.1**:

Tabla 3.1 Porcentaje de ocurrencia.

Tipos de cortocircuito	Incidencia (%)
Monofásicos	80%
Bifásicos	15%
Trifásicos	5%

3.2.3 Sobrecarga

La naturaleza de una sobrecarga se presenta cuando un equipo está superando la capacidad nominal para la cual está diseñado, provocando que los equipos experimenten un sobreesfuerzo y por tanto el desgaste prematuro.

La NEC/NFPA 70 define a la sobrecarga como:” Operatividad de un equipo sobre su capacidad nominal de plena carga, o de un conductor por encima de su amperaje nominal, que si se estiran lo suficiente pueden causar daños o un sobrecalentamiento peligroso. Una falla de cortocircuito a tierra no es una sobrecarga” [13].

Entonces se recalca que los equipos sometidos a operar en estas condiciones pueden generar fallas en el sistema eléctrico, además es una de las causas de provocation de incendio o realizar un sobrecalentamiento excesivo produciendo la pérdida de aislamientos en los conductores. Según datos estadísticos del informe de investigación de Bomberos en Cotopaxi [14], mencionan las causas de por incendio estructural del 22% de las cuáles existen fallas del sistema eléctrico son correspondientes al 19% y seguidos el 3 % por falla de aparatos y dispositivos eléctricos.

3.2.4 Falla a tierra

Se puede definir a la falla a tierra como la condición en por la cual un conductor energizado entra en contacto con partes o piezas de equipos que no están diseñados para ser conductores de electricidad, como la carcasa de los motores entre otros. Considerar que esta falla puede provocar daños a los equipos o personas al tener contacto.

La NFPA 70 la define como: “Conexión eléctricamente conductora, no intencional entre un conductor no puesto a tierra de un circuito eléctrico y los conductores normalmente no obtenedores de corriente, envolventes metálicas, canalizaciones metálicas, equipos metálicos o la tierra” [13].

3.1 TIPOS DE SISTEMAS

3.1.1 Sistema radial

Un sistema radial es un sistema con una sola línea de alimentación para la carga. Esta configuración de red es muy utilizada en los sistemas de distribución de energía debido a su facilidad de construcción y bajo costo económico. suficiente tiempo de inactividad su principal desventaja con el mantenimiento adecuado es que si solo hay un punto de alimentación en caso

de falla del transformador o de la regleta desconectará el resto del sistema [2]. El sistema se lo representa en la **Figura 3.2**.

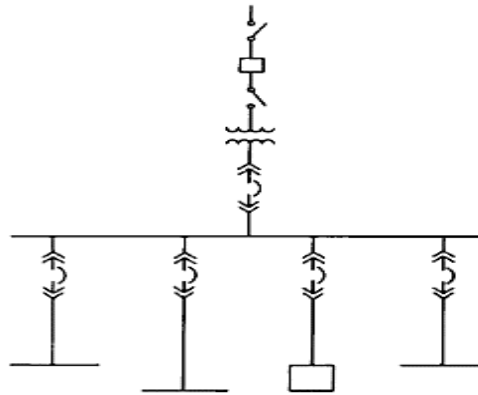


Figura 3.2 Sistema Radial [2].

3.1.2 Sistema en anillo

En una red anillo la alimentación es suministrada continuamente de dos fuentes en los extremos del anillo, el cual provee dos trayectorias paralelas desde la subestación que distribuye la carga, los interruptores están organizados en forma de anillo, con los circuitos conectados entre cada dos de ellos, asegurando la continuidad del suministro de energía ante alguna falla de las fuentes de alimentación [2]. El sistema se lo representa en la **Figura 3.3**.

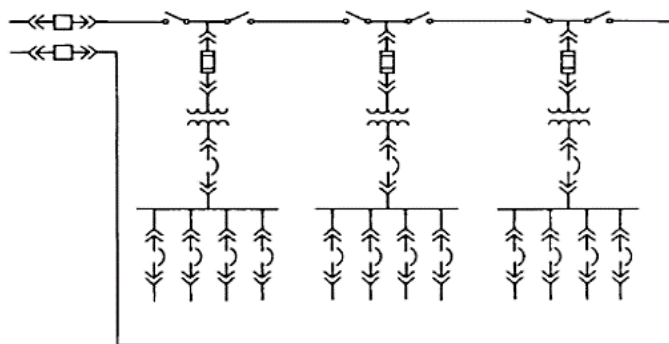


Figura 3.3 Sistema en Anillo [2].

3.1.3 Red Mallada

Esta es la más compleja, tiene las mismas ventajas que la red en anillo, pero llama más la atención porque es la más costosa y proporciona el mayor nivel de seguridad. Cuando exista una alta densidad de carga en la red eléctrica, y por tanto la seguridad del suministro también deba ser alta, cubriendo zonas de alta capacidad, la elección será siempre la rejilla radial entrando en la rejilla anular y la última malla misma [2].

3.2 EQUIPOS A PROTEGER

3.2.1 Conductores

Alambre o cable utilizado para conducir electricidad o una señal diseñada para conducir electricidad a un dispositivo o ubicación específica. Para ello se dispone de un conductor suficiente para transportar la corriente forzada, que junto con el conductor eléctrico (dieléctrico) contribuye a la transportación de corriente por conductores y no por otros caminos o superficies por los que pueda circular la corriente, por lo que se puede decir que cualquier conductor utilizado para transmitir señales eléctricas o potencia es un conductor aislado, a este grupo de cables se le denomina cables. estos dos [15].

3.2.1.1 Tipos de aislamientos

Los aislantes para los conductores son numerosos en la **Tabla 3.2**, se registrarán ejemplos con las características utilizadas en la industria.

Tabla 3.2 Tipos de aislamiento de los conductores

TIPO DE AISLAMIENTO	INFORMACIÓN
PE (Polietileno de baja densidad)	Bajas pérdidas dieléctricas
	Sensible a la humedad bajo estrés de tensión
XLPE (Polietileno reticulado)	Pérdidas dieléctricas un poco más altas que PE
	Menos sensible a la humedad, envejece mejor que PE
EP (EPR/EPD;)	Pérdidas dieléctricas más altas frente a XLPE o TRXLPE
	Más flexible y menos sensible a la humedad de XLPE o PE
TR-XLPE	Requiere carga inorgánica
	Similar a XLPE, pero presenta un poco más de pérdidas
	Debido a los aditivos las pérdidas son menores en comparación con el EPR.
PILC PVC	Envejece mejor que el XLPE y menos sensible a la humedad
	Alta fiabilidad
	Posee cubierta de plomo
	Debe contener un plastificante para flexibilidad
	Pérdidas dieléctricas más altas
	No arde, pero produce gases tóxicos

Por otra parte, también tenemos cada letra de los cables THHN O THWN/THWN-2 los mismos que tienen el siguiente significado:

- T (THERMOPLASTIC): aislamiento termoplástico
- H (HEAT RESISTANT): resistente al calor hasta 75° centígrados (167° f)
- HH (HEAT RESISTANT): resistente al calor hasta 90° centígrados (194° f).
- W (WATER RESISTANT): resistente al agua y a la humedad.



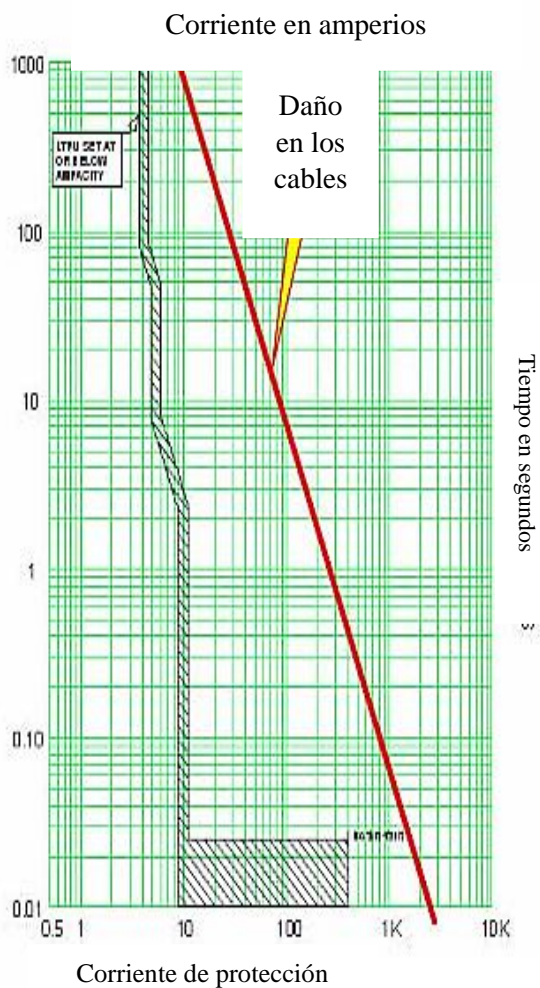
Figura 3.4 Partes de cables con aislamientos THW Y THHN o THWN-2 [15].

La norma ANSI/ICEA P-32-382-2007, ofrece determinar la permeabilidad del cable bajo condiciones de cortocircuitos y esta puede ser de gran utilidad para:

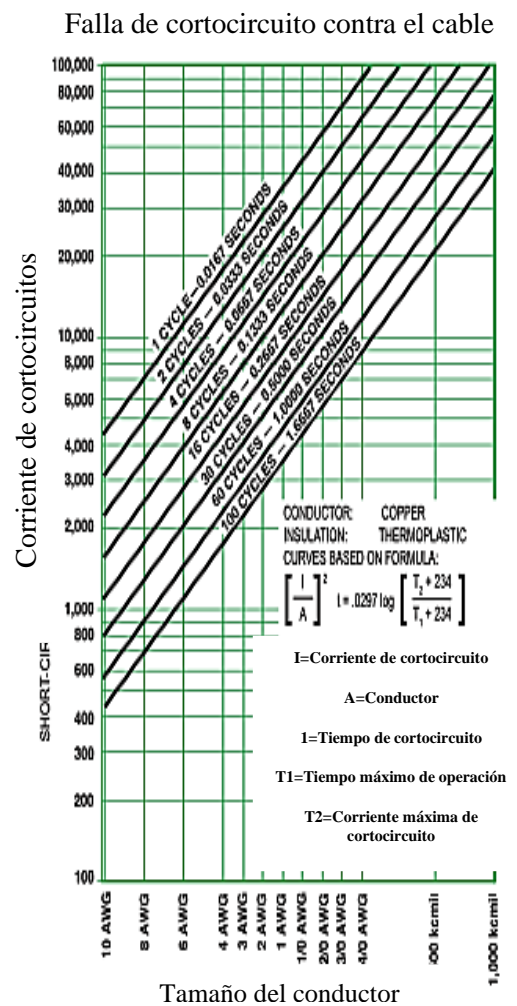
- Determine la corriente de cortocircuito máxima permitida del cable.
- Especifique el tamaño de cable requerido para manejar la carga de cortocircuito especificada.
- Especifique el tiempo máximo que el cable puede soportar una carga de cortocircuito específica sin romper el aislamiento.

3.2.1.2 Curvas de daño

En la **Figura 3.5.** se representan las curvas de daño de los conductores en base a la corriente de cortocircuito que se genere en el ámbito de su diferente uso.



(a) Curva de daño



(b) Falla ante corrientes de cortocircuito

Figura 3.5 Curva de daño de los conductores [16].

Una de las características a tomar en cuenta es la ampacidad del conductor la cual es la capacidad nominal del conductor a una temperatura ambiente referenciada y un aumento de temperatura permisible, si un conductor se carga continuamente por encima de su ampacidad nominal, se excederán los límites de diseño de la temperatura de aislamiento esto producirá la pérdida de vida del conductor.

3.2.1.3 Cálculo de los conductores por caída de Voltaje

Los voltajes en los terminales de las cargas por lo general son menores que el voltaje de alimentación, esta diferencia entre los dos puntos se la conoce como “la caída de voltaje”. En normativas técnicas para instalaciones eléctricas se recomiendan que la máxima caída de voltaje, desde el alimentador hasta la carga no debe superar el 5% y el 3% se permite a los circuitos derivados en tableros o interruptores a la salida para su utilización y el otro 2% se lo permite al alimentador de la alimentación al tablero principal [13].

Una caída de voltaje excesiva (mayor del 5%) conduce a resultados indeseables debido a que el voltaje en la carga se reduce. No es suficiente calcular los conductores por corriente, es decir seleccionar el calibre de un conductor de acuerdo con la corriente que circula por él.

También es necesario que las caídas de voltaje en el conductor no excedan los valores establecidos por el Reglamento del comité de ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción (que son 3% de caída de voltaje en instalaciones residenciales y un máximo de 5% en instalaciones industriales, desde el punto de alimentación hasta el último punto) [17].

3.2.2 Motores eléctricos

Un motor eléctrico es un equipo que convierte la energía eléctrica absorbida por los terminales en energía mecánica. La constitución y el principal funcionamiento se han expuesto en los párrafos anteriores. Son motores en los que el devanado de inducción del estator está formado por tres devanados independientes, separados eléctricamente a 120° y alimentados por un sistema de corriente alterna trifásica [18]. En la **Figura 3.6** se representa de manera grafica el comportamiento de la corriente de arranque y el Par del motor.

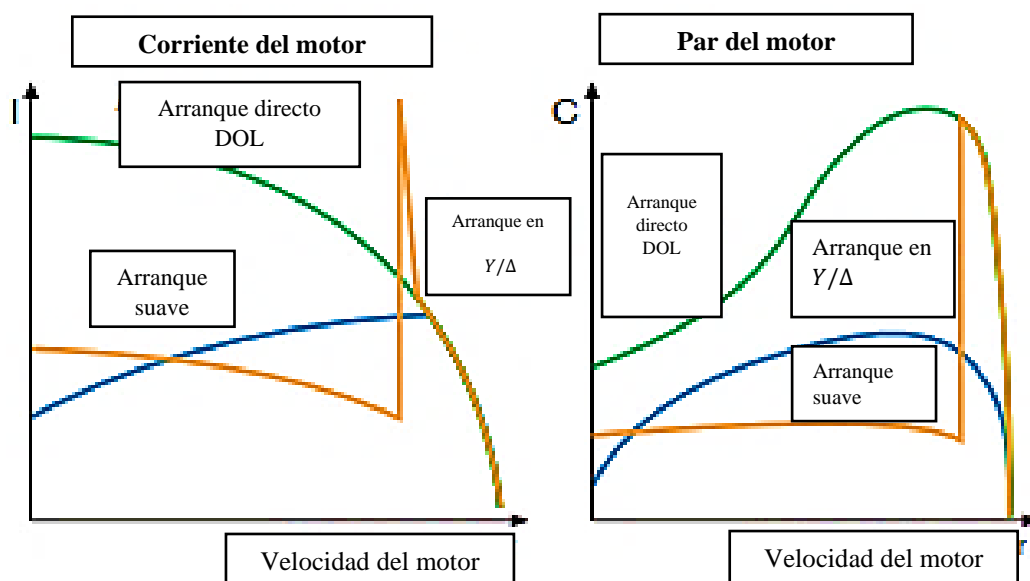


Figura 3.6 Comportamiento de la corriente y del par para diversas modalidades de arranques [18].

La temperatura de la parte más caliente del serpentín se mantendrá por debajo del límite de clase. La temperatura total es igual a la suma de la temperatura ambiente más el aumento de temperatura más la diferencia entre la temperatura media del devanado y la temperatura del punto más caliente. Las normas de motores establecen la máxima elevación de temperatura de modo que la temperatura del punto más caliente queda limitada, basada en las siguientes consideraciones:

a) La temperatura es de un máximo de 40 °C, por normativa. Por encima de tal, las condiciones de trabajo son consideradas especiales y no tan dañinas.

b) La diferencia entre la temperatura media y la del punto más caliente no varía mucho entre los motores y en la práctica los valores estándar se dan como 5 °C para las clases A y E, 10 °C para los grados B y F, y 10°C para clase H 15°C.

Por lo tanto, los estándares de motores definen la temperatura ambiente máxima y el aumento máximo de temperatura para cada capa de aislamiento. Esto limita indirectamente la temperatura de la parte más caliente del motor. El valor y la composición de la temperatura permisible del lugar más caliente en la **Tabla 3.3**.

Tabla 3.3 Aislamiento de los motores eléctricos.

Clase de aislamiento		A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
Δt = elevación de temperatura (método de la resistencia)	°C	60	75	80	105	125
Diferencia entre el punto más caliente y la temperatura media	°C	5	5	10	10	15
Total: temperatura del ponto más caliente	°C	105	120	130	155	180

3.2.2.1 Motores Asíncronos

Los motores asíncronos o motores de inducción, son las máquinas de impulsión eléctrica más utilizadas, pues son sencillas, seguras y baratas. Los motores asíncronos se clasifican según el tipo de rotor, en motores de rotor en jaula de ardilla (o motores con inducido en cortocircuito) y en motores de rotor bobinado o de anillos rozantes [19].

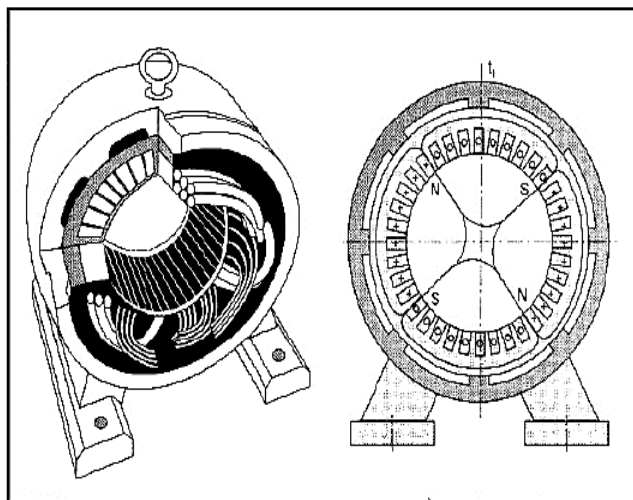


Figura 3.7 Rotor de un motor asíncrono trifásico [19].

3.2.2.2 Arranque de los motores asíncronos.

Los motores de inducción no tienen la misma problemática de arranque que los motores síncronos. En muchos casos, basta simplemente con conectar el motor de inducción al cable de alimentación para ponerlo en marcha. Sin embargo, en algunos otros casos, hay buenas razones para no hacerlo. Por ejemplo, la corriente de irrupción requerida puede reducir el voltaje del sistema de servicios públicos, haciendo que el arranque cruzado sea inaceptable [20]. En la **Figura 3.4**, se especificarán los códigos de arranque correspondiente.

Tabla 3.4 Letras de código NEMA MG-1 que indica los kVA/HP de arranque nominales de un motor [20].

Letra de código nominal	Rotor Bloqueado, kVA/hp	Letra de código nominal	Rotor Bloqueado, kVA/hp
A	0-3.15	L	9,00-10.00
B	3.15-3.55	M	10.00-11.00
C	3.55-4.00	N	11.20-12.50
D	4.00-4.50	P	12.50-14.00
E	4.50-5.00	R	14.00-16.00
F	5.00-5.60	S	16.00-18.00
G	5.60-6.30	T	18.00-20.00
H	6.30-7.10	U	20.00-22.40
J	7.10-8.00	V	22.40 y más.
K	8.00-9.00		

3.2.2.3 Análisis de las curvas de daño térmico para los motores de inducción

Una vez identificado los datos de cada uno de los motores, se procede a conocer su comportamiento al momento del encendido de cada motor, se refiere al poner en marcha el motor (arranque), es necesario que el par (torque) de arranque sea superior al par resistente de la carga, de esta forma el motor acelera hasta la condición permanente. La **Figura 3.8** describe el comportamiento típico de la corriente en un motor de inducción.

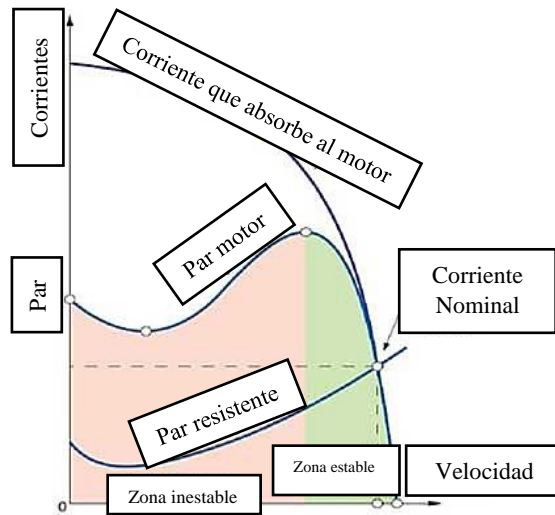


Figura 3.8 Curva típica de corriente en un motor de inducción [3].

En la **Figura 3.8**, se especifican los comportamientos mencionados, dadas las curvas par-velocidad del motor y la carga, la velocidad en la que queda funcionando el motor de inducción que arrastra dicha carga es la intersección entre ambas.

Para el arranque directo de un motor de inducción adquiere 3 momentos, en la **Figura 3.9** se detallarán las corrientes de arranque.

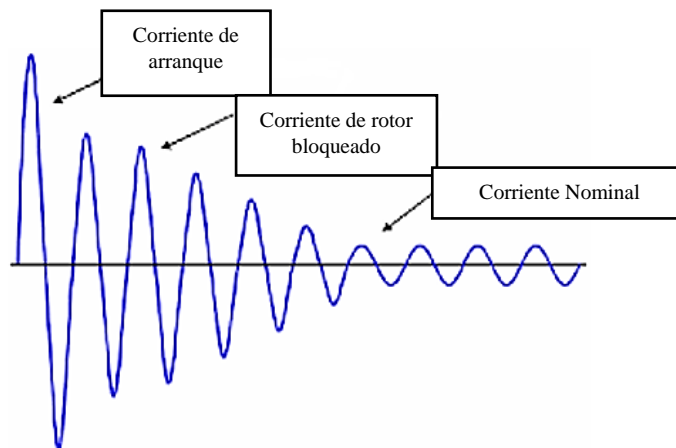


Figura 3.9 Arranque de motor de inducción [7].

En la **Figura 3.9**, se observa 3 etapas; la primera se nombra a la corriente de arranque (INRUSH en inglés), es la corriente de arranque transitoria e instantánea, la cual circula en menor tiempo, durante un medio ciclo de la onda, por ende, estas pueden alcanzar significativamente valores desde 10 hasta 20 veces el valor nominal de la corriente del motor y se la conoce en sus siglas en inglés como FLA (FULL LOAD AMPERAGE). En la segunda etapa se la identifica como corriente de Rotor Bloqueado en sus siglas en inglés como LRA (LOCKED ROTOR AMPERE), esta corriente alcanza valores de 6 a 10 veces la corriente de

arranque. Y finalmente, como tercera etapa la corriente nominal, se la conoce como la corriente que consume el motor cuando termina su arranque, y puede variar según el rango de carga del motor.

➤ **Curva tiempo-corriente de operación del motor**

En la **Figura 3.10**, se representa la curva tiempo-corriente de operación normal de un motor, se debe tomar ciertos criterios para graficarla. A continuación, en la **Tabla 3.5** se utiliza los siguientes criterios:

Tabla 3.5 Criterios de corrientes del motor.

Corrientes de motor	Tiempos
Corriente Nominal (FLA)	$10\text{ s} < t < \infty$
Corriente de rotor bloqueado	$0.1\text{ s} < t < 10\text{ s}$
Corriente de arranque (Inrush)	$0.0\text{ s} < t < 0.1\text{ s}$

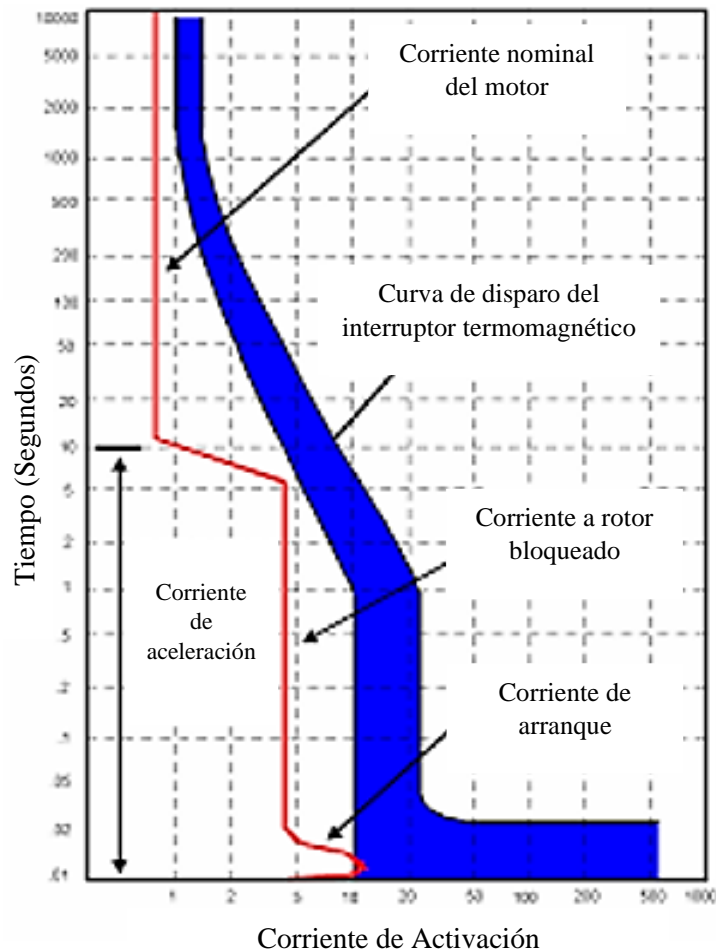


Figura 3.10 Curva de tiempo-corriente de operación del motor [21].

3.2.3 Transformador

Un transformador es una máquina estática que, por efecto del flujo magnético, permite cambiar el nivel de tensión del lado primario al lado secundario y viceversa, manteniendo constante la potencia nominal. Consiste en dos o más devanados enrollados alrededor de un núcleo ferromagnético, estos devanados no están conectados directamente, la única conexión es el flujo común ubicado en el núcleo ferromagnético del transformador. Uno de los devanados del transformador es el encargado de recibir la corriente alterna, el devanado proporciona la carga, para esto existen varios tipos de transformadores en la **Tabla 3.6**.

Tabla 3.6 Clasificación de los transformadores según la norma ANSI-IEEE C57.109-1993

Categoría	Capacidad mínima en kVA	
	Monofásico	Trifásico
I	5 – 500	15 – 500
II	501 – 1667	501 – 5000
III	1667 – 10000	5001 – 30000
IV	Mayores de 10000	Mayores de 30000

Por otro lado, existen diferentes tipos de transformadores, cada uno con un sistema de refrigeración diferente que permite mantener el transformador a la temperatura correcta. En la **Tabla 3.7** se especificarán los tipos de transformadores con el tipo de refrigeración.

Tabla 3.7 Tipos de refrigeración para transformadores según la norma NMX-J-116-ANCE-2005.

TIPO	DESCRIPCIÓN DEL TRANSFORMADOR	MEDIO
OA	En aceite con ventilación natural	Aceite – Aire natural
OA/FA	En aceite, enfriamiento forzado con aire	Aceite, Aire / Ventilador
FOA	En aceite, enfriamiento forzado con aceite	Aire, Aceite / Bomba
FOA/FA	En aceite, enfriamiento forzado con aceite y aire, pueden operar simultáneamente	Aceite / Bomba Aire / Ventilador
FOW	En aceite, enfriamiento forzado con agua	Aceite, Agua / Radiadores
AA	Seco con enfriamiento natural	Aire natural
AA/FA	Seco con enfriamiento forzado	Aire / Ventilador

3.2.3.1 Curva de daño.

En el estudio de la protección eléctrica de los transformadores es muy importante tener en cuenta la protección contra corrientes externas de cortocircuito que pueden dañar el transformador con el tiempo. En consecuencia, el documento ANSI-IEEE C57.109-1993 titulado "A GUIDE TO TRANSFORMER SHORT CIRCUIT CURRENT TIMING" define los límites teóricos de las corrientes de sobrecorriente que pueden soportar los transformadores y nos brinda información sobre el potencial de sobrecarga térmica a corto plazo, así como efectos mecánicos en los devanados, son más prominentes en los transformadores, mientras que su capacitancia es mayor, la curva de falla del transformador, también conocida como curva Z, es una representación gráfica de la corriente y el tiempo que un transformador puede soportar sin daño. En las **Figuras 3.11 y 3.12**, se representan las curvas de daño de un transformador según su categoría.

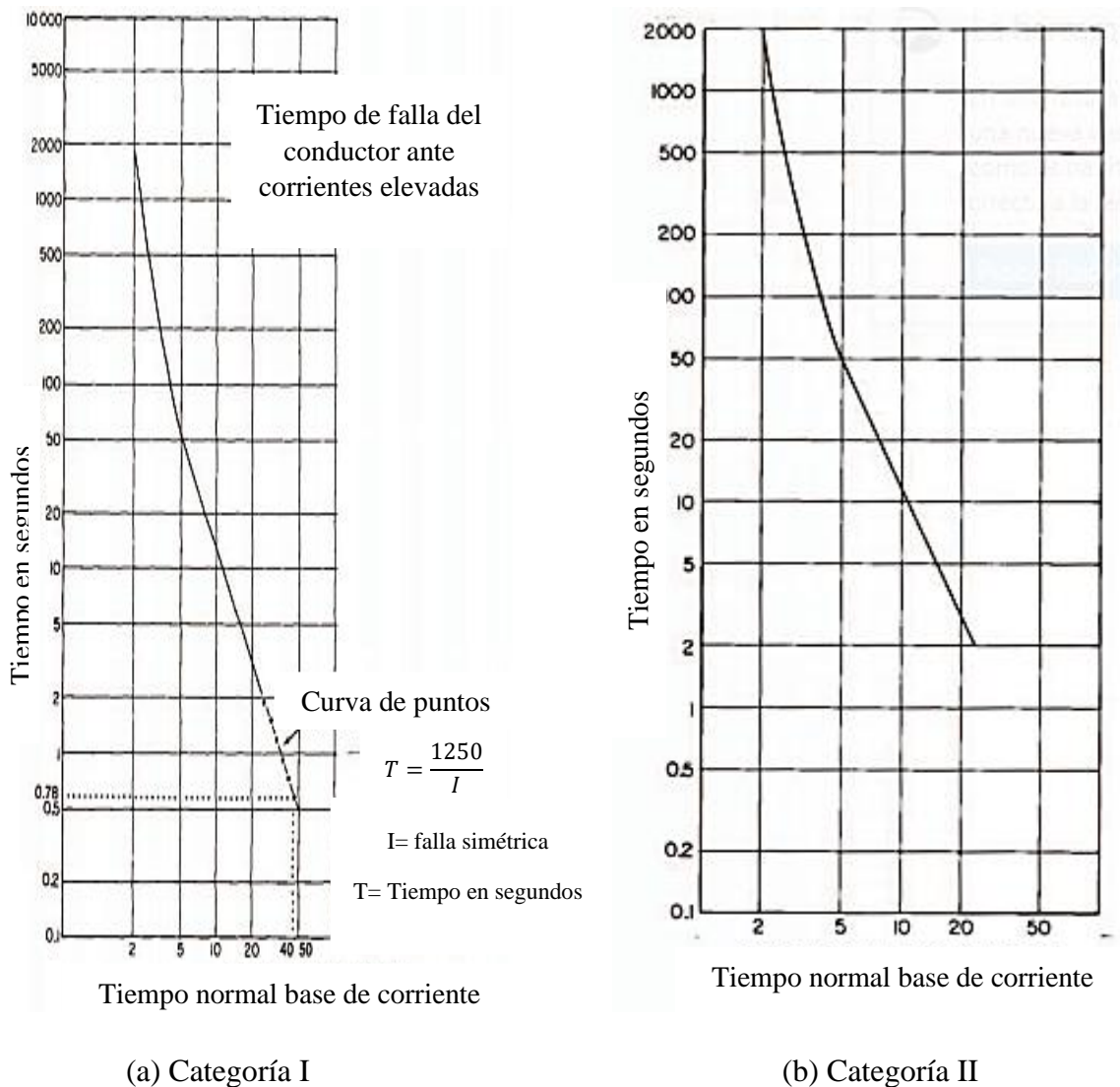
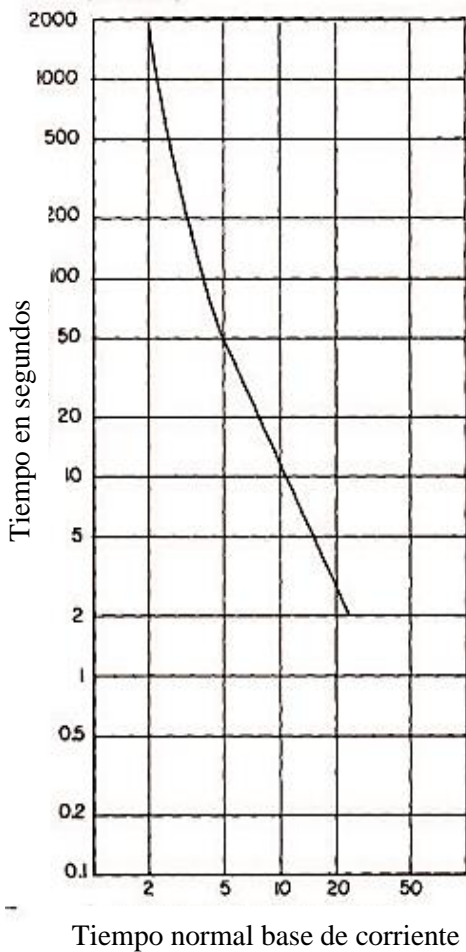
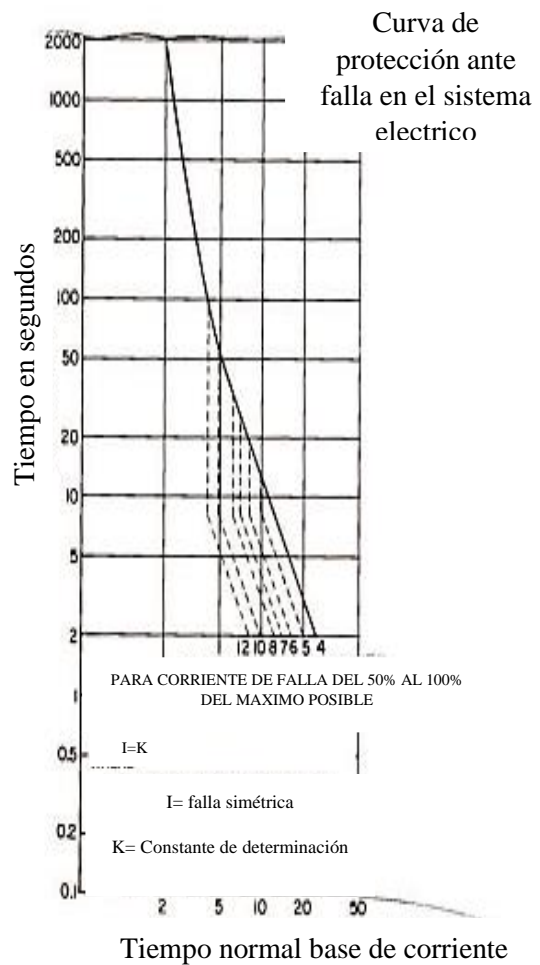


Figura 3.11 Curva de daño de los transformadores [22].



(c) Categoría III



(d) Categoría IV

Figura 3.12 Curva de daño de los transformadores [22].

3.3 PROTECCIONES ELÉCTRICAS

3.3.1 Fusibles de media tensión.

Los fusibles MT (Media Tensión) son utilizados como elementos de protección en aparatos de media tensión. La gran ventaja es la rapidez de actuación en caso de cortocircuito. En consecuencia, protegen eficazmente la aparamenta y los equipos contra los efectos dinámicos y térmicos del cortocircuito. Los fusibles de baja tensión tienen capacidades de ruptura elevadas, lo que les permite interrumpir con alta eficiencia y confiabilidad altas corrientes de cortocircuitos [23]. En resumen, para los diferentes tipos de fusibles existentes para uso en baja tensión, las capacidades de ruptura son las siguientes:

- Fusibles Clase H: Inferior a 10 kA.
- Fusibles Clase K: 50, 100 o 200 kA.

- Fusibles Clase RK 1 y RK 5: 200 kA.
- Fusibles Clase RK 1 y RK 5 con tiempo de retardo: 200 kA.

3.3.2 Fusibles de baja tensión

Los fusibles son la forma más antigua de proteger los circuitos eléctricos y en función de una línea de salto o una placa, se ha congelado en una debilidad debajo de la sección de fusibles a continuación se visualizan partes de un fusible *gL/Gg* en la **Figura 3.13**.

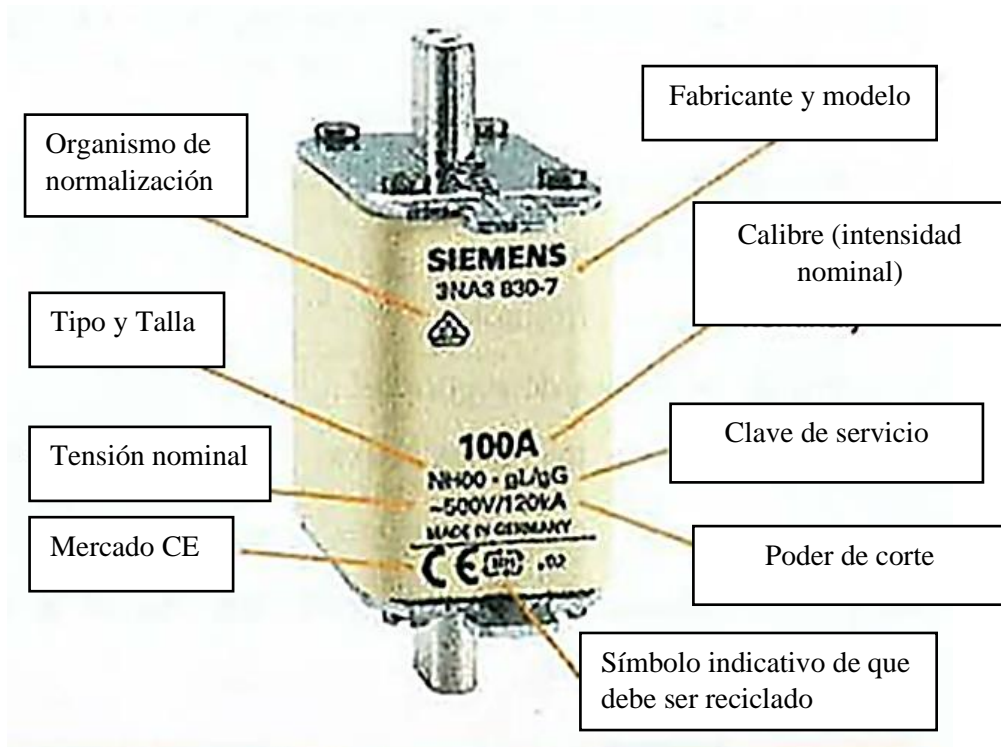


Figura 3.13 Parámetros característicos de un fusible *gL/gG* [24].

Los diseños de fusibles incluyen una variedad de modelos, tamaños, formas y métodos de instalación, y se pueden usar para una amplia gama de voltajes, corrientes y tiempos de funcionamiento. Así que hay fusibles de tornillo, tira o cilíndricos, hay fusibles de acción rápida o lenta, hay fusibles de alta fusión, y así sucesivamente. En algunos casos, se fabrican en diferentes tamaños para evitar la instalación incorrecta de fusibles con características diferentes a las deseadas [25].

Básicamente nos encontramos con una especie de fusible en las instalaciones de baja tensión. Además, la primera letra especifica el estado de funcionamiento del fusible, ya sea sobrecarga, cortocircuito o ambos, y la segunda letra especifica el tipo de aplicación del fusible o del dispositivo a proteger. A continuación, en la **Tabla 3.8** se especificarán los tipos de fusibles.

Tabla 3.8 Tipo de Fusibles

Número de letra	Tipo de fusible	Definición
Primera Letra	g	Indica que el fusible interrumpe toda clase de corrientes (sobrecargas y cortocircuitos).
	a	Indica que el fusible es capaz de interrumpir las corrientes de cortocircuitos.
Segunda letra	G	Indica que el fusible protege líneas y aparatos en general.
	L	Indica que el fusible protege líneas y aparatos en general (norma DIN, VDE).
	M	Indica que el fusible protege Motores.
	Tr	Indica que protege Transformadores.
	C	Indica que protege a condensadores y circuitos capacitivos.
	R	Protege semiconductores de potencia, rectificadores y circuitos electrónicos.
	B	Indica que es aplicable en la minería.

En la **Tabla 3.8** se presentó los tipos de fusible que hay y con ellos tener más en claro cómo es la forma de actuación de cada uno y el significado de la posición de la letra. A continuación, se presentan ejemplos de fusibles utilizados en instalaciones de baja tensión.

Por ejemplo:

gG = El fusible es capaz de interrumpir todas las corrientes comunes.

gL = Basado en las normas CEI 269-1, 2, 2-1. Es un fusible de propósito general. Se utilizan para proteger las líneas y sus curvas de fusión están diseñadas para una respuesta lenta a la sobrecarga y una respuesta rápida al cortocircuito.

gM = El fusible es capaz de interrumpir todas las líneas del motor.

gTr = Protegen a los transformadores contra sobrecargas y cortocircuitos sin limitar su capacidad de carga y soportan corrientes propias de los sistemas de distribución de energía.

gC = Protegen a condensadores contra sobrecargas y cortocircuitos.

gB = Los fusibles fueron desarrollados para uso en minas con cables largos. Funciona por poco tiempo, evitando así el sobrecalentamiento del cable.

aM = Fusible con capacidad de cortar parcialmente la corriente y aplicarla al motor. Proporcionan protección contra sobrecorrientes hasta su capacidad nominal de ruptura y deben combinarse con protección térmica contra sobrecorrientes.

aR = Fusible que protege a semiconductores contra corrientes muy intensas como cortocircuitos.

gR = Fusible que protege a semiconductores contra sobrecargas y cortocircuitos.

Los fusibles gL se utilizan para la protección de línea con una curva de fusible de "tiempo actual" diseñada para una respuesta lenta a la sobrecarga y una respuesta rápida a un cortocircuito [26].

3.3.2.1 Curva características de los fusibles.

Cuando hablamos de operación de fusibles, nos referimos a la respuesta del fusible al amperaje que produce un efecto protector. En la **Figura 3.14** se muestra la curva del fusible, donde se expone el tiempo que tarda el cable en fundirse, dependiendo del nivel de corriente.

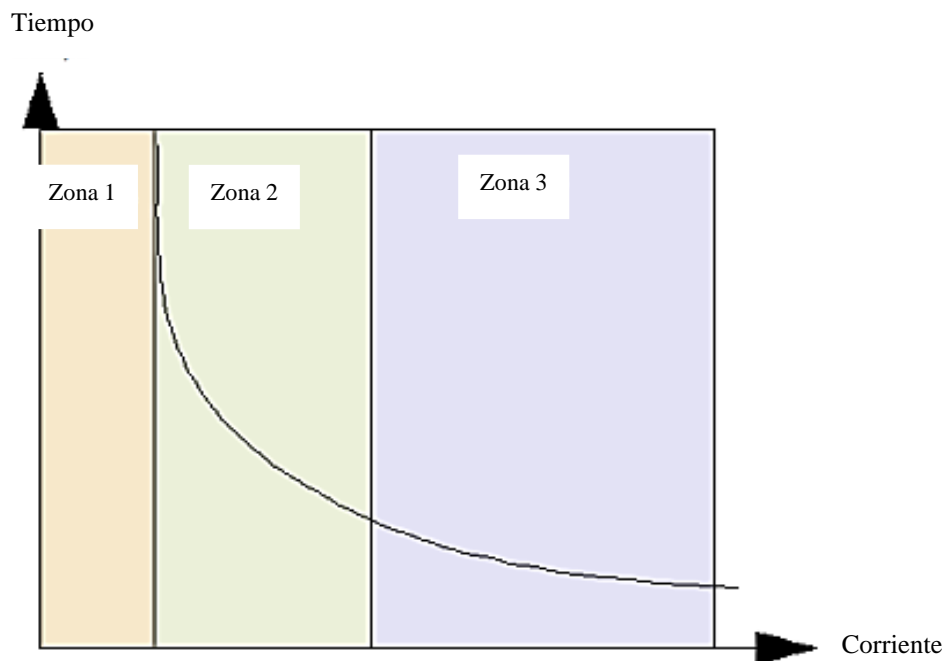


Figura 3.14 Zonas de accionamiento del fusible [25].

Zona 1: Esta es el área en condiciones normales de funcionamiento. La protección con fusibles no funciona aquí porque la corriente de operación es menor que la corriente nominal (I_n).

Zona 2: Áreas con condiciones anormales de trabajo bajo condiciones de sobrecarga. El tiempo de actuación de la protección por fusible es superior a 10 segundos por lo que es posible que la sobrecarga desaparezca antes de este tiempo y el sistema siga funcionando.

Zona 3: Zona de condición de operación de cortocircuito anormal. El tiempo de actividad de la protección es inferior a 10 segundos, dependiendo de la gravedad de la falla, el tiempo de actividad puede ser de hasta milisegundos [25].

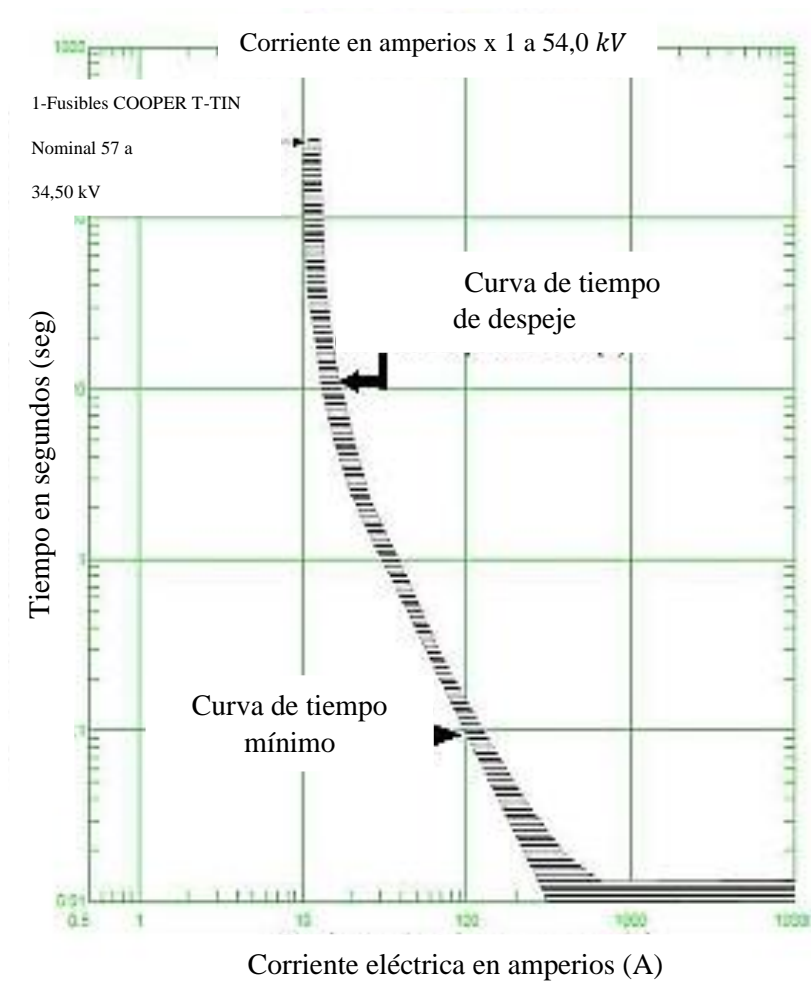


Figura 3.15 Curva tiempo corriente de un fusible [25].

El fusible puede ser rápido o lento. En dispositivos más lentos, la desconexión se retrasa significativamente utilizando trucos especiales (por ejemplo, insertando puntos de soldadura gruesos en el cable del fusible). Por ejemplo, un fusible rápido se disparó con una corriente 5 veces superior a la nominal, aproximadamente en 0,1 segundos, mientras que un fusible lento se disparó después de solo 1 segundo.

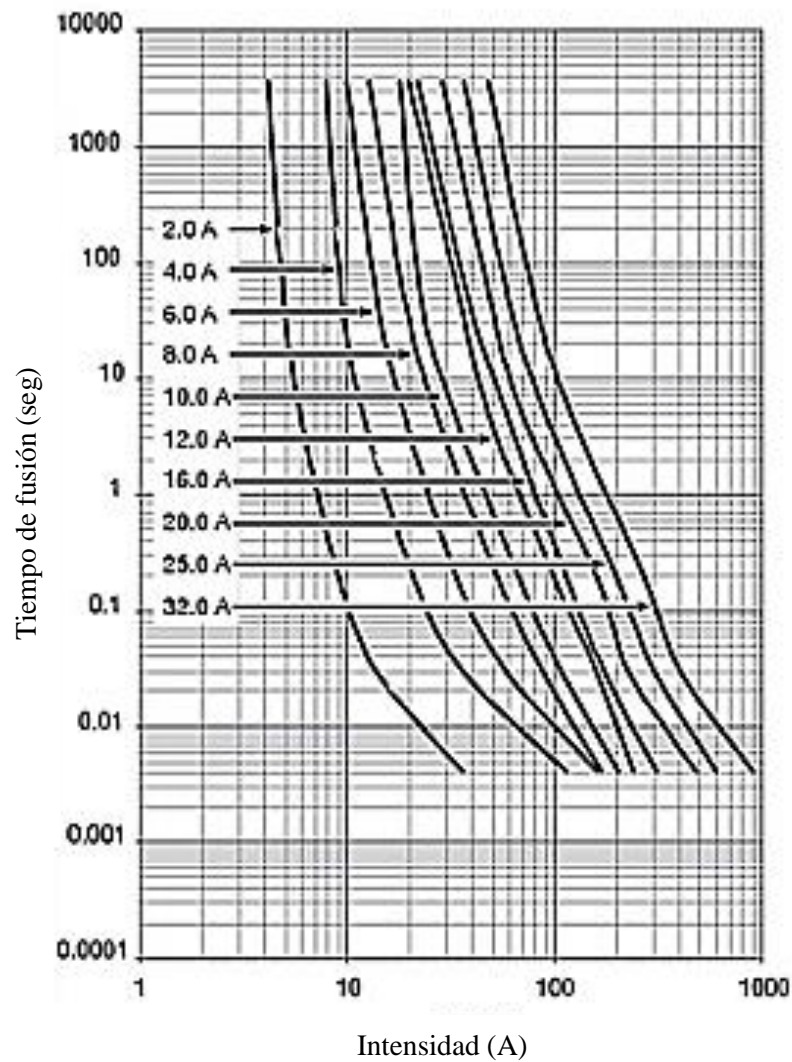


Figura 3.16 Curvas características de los fusibles [25].

3.3.3 Interruptores (MCB)

El interruptor tiene como finalidad interrumpir o restablecer la corriente a través de un circuito, para lo cual existen términos relacionados con el interruptor, en primer lugar, la tensión nominal del interruptor, que es el valor máximo de la tensión a la que está conectado el dispositivo. El dispositivo no funciona si no está dañado, este valor debe seleccionarse tanto para corriente DC como AC. Luego tenemos la corriente nominal, que es el valor de la corriente que el dispositivo puede operar correctamente sin ningún daño.

3.3.3.1 Interruptores magnéticos.

Solo protege contra el aumento de la corriente magnética (cortocircuito). Su uso no es muy común en las instalaciones eléctricas ordinarias, aunque suele emplearse en circuitos industriales que alimentan motores eléctricos con relés térmicos.

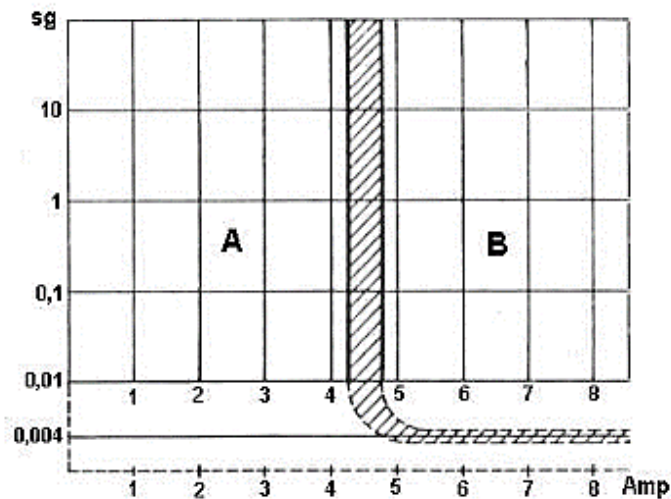


Figura 3.17 Curva característica de un disparo magnético [25].

3.3.3.2 Interruptores Termomagnéticos.

También conocidos como interruptores automáticos fundidos a presión, utilizados bajo voltajes inferiores a 1000 V, protegen las instalaciones de sobrecargas y cortocircuitos, Comúnmente utilizados para proteger fuentes de alimentación secundarias y circuitos derivados, Protección dependiente del calor y desconexión de elementos mecánicos que son fáciles de activar. y responder rápidamente a las fallas eléctricas, ensamblado en una caja típica, la más disponible comercialmente con uno y dos polos, de 15 a 2500 A y utilizada en todo tipo de servicios de instalación eléctrica, principalmente para uso doméstico y comercial [24].

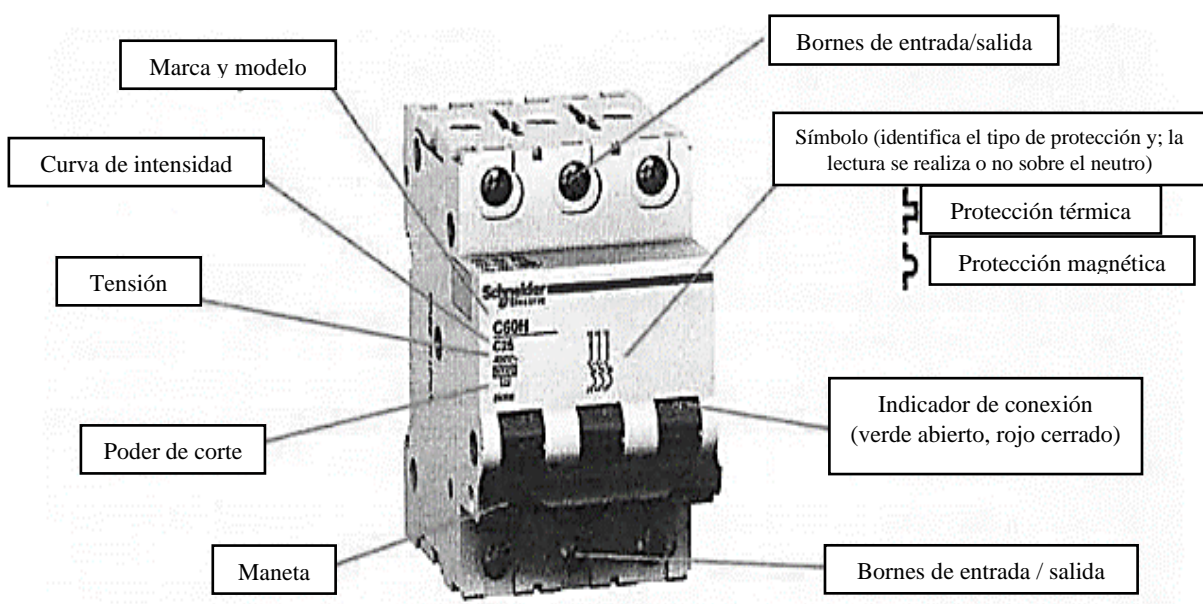


Figura 3.18 Partes del interruptor [24].

Los de uno o dos polos y hasta tres polos que van desde 60 a 100 A se utilizan en áreas con mayor demanda de cargas eléctricas, como comerciales e industriales. Para potencias muy pequeñas se utilizan monofásicos y bifásicos, para potencias superiores trifásicos. Los parámetros típicos para el interruptor térmico magnético:

- Corriente nominal para campo termomagnético I_n . Esta es la corriente indicada en el interruptor o la corriente en la categoría que soporta infinitamente la corriente del interruptor.
- Tensión termomagnética nominal V_n . Este es el voltaje máximo de operación. él puede
- Instalar a baja tensión, por ejemplo, si es de 600 V, se puede utilizar a 440 V.
- Corriente máxima de disparo I_{cc} . es la corriente de cortocircuito máxima que puede abrir el interruptor sin dañarlo.
- Id de corriente de choque. Esta es la corriente mínima a la que funcionará el interruptor automático. Esta podría ser la corriente de cortocircuito más pequeña o una gran sobrecarga.

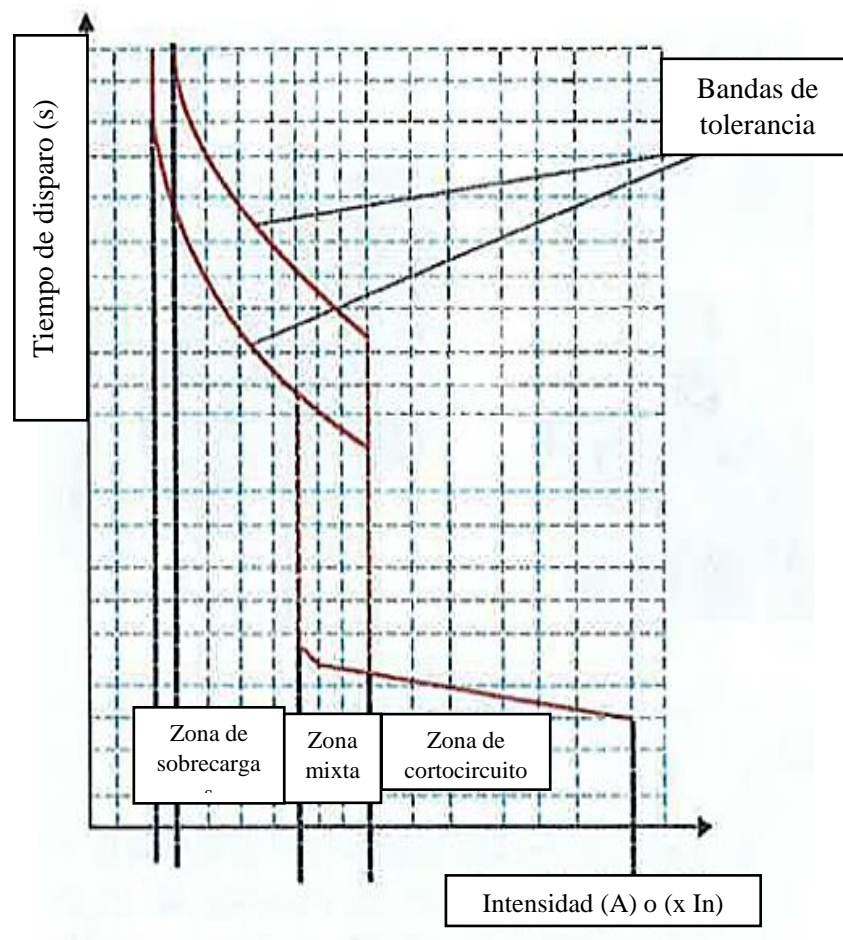


Figura 3.19 Representación de la curva de disparo de un interruptor [24].

a) Principio de funcionamiento

Protección contra sobrecarga térmica y sobrecarga magnética (sobrecarga y cortocircuito). Es el dispositivo de seguridad más utilizado en las instalaciones eléctricas. De hecho, cuando se habla de interruptores automáticos, la referencia por defecto es el interruptor térmico magnético. La vida media es de 20.000 operaciones y algunos modelos tienen capacidades de disparo de hasta 15 kA siendo los valores más habituales 3 kA, 4,5 kA, 6 kA y 10 kA [27].

Curva B: Protección contra rotura para generadores, personal y cables largos. La carrera es de 3 a 5 veces la fuerza nominal. Recomendado para sistemas TN e IT.

Curva C: Protección térmica para circuitos eléctricos básicos (iluminación, enchufes y otras aplicaciones generales). La carrera es de 5 a 10 veces la fuerza nominal.

Curva D: Protección contra ruptura de circuito para cables donde los receptores tienen fuertes picos de irrupción, como motores y transformadores. La carrera es de 10 a 14 veces la fuerza nominal.

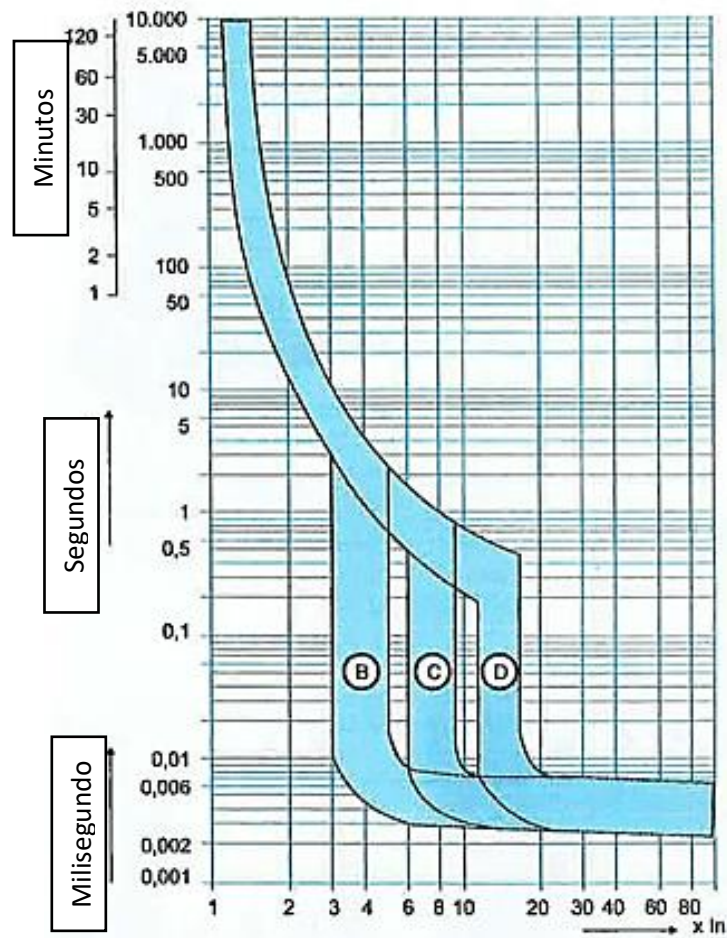


Figura 3.20 Representación de las curvas de disparo B, C y D [24].

Curva K: Protección magnética del receptor para cables con picos de caudal elevados o corrientes de fuga elevadas. La carrera es de 10 a 14 veces la fuerza nominal.

Curva Z: protección magnetotérmica para circuitos electrónicos. La carrera es de 2,4 a 3,6 veces la fuerza nominal.

Curva S: 13 a 17 veces la intensidad nominal (motores y transformadores de alta inercia)

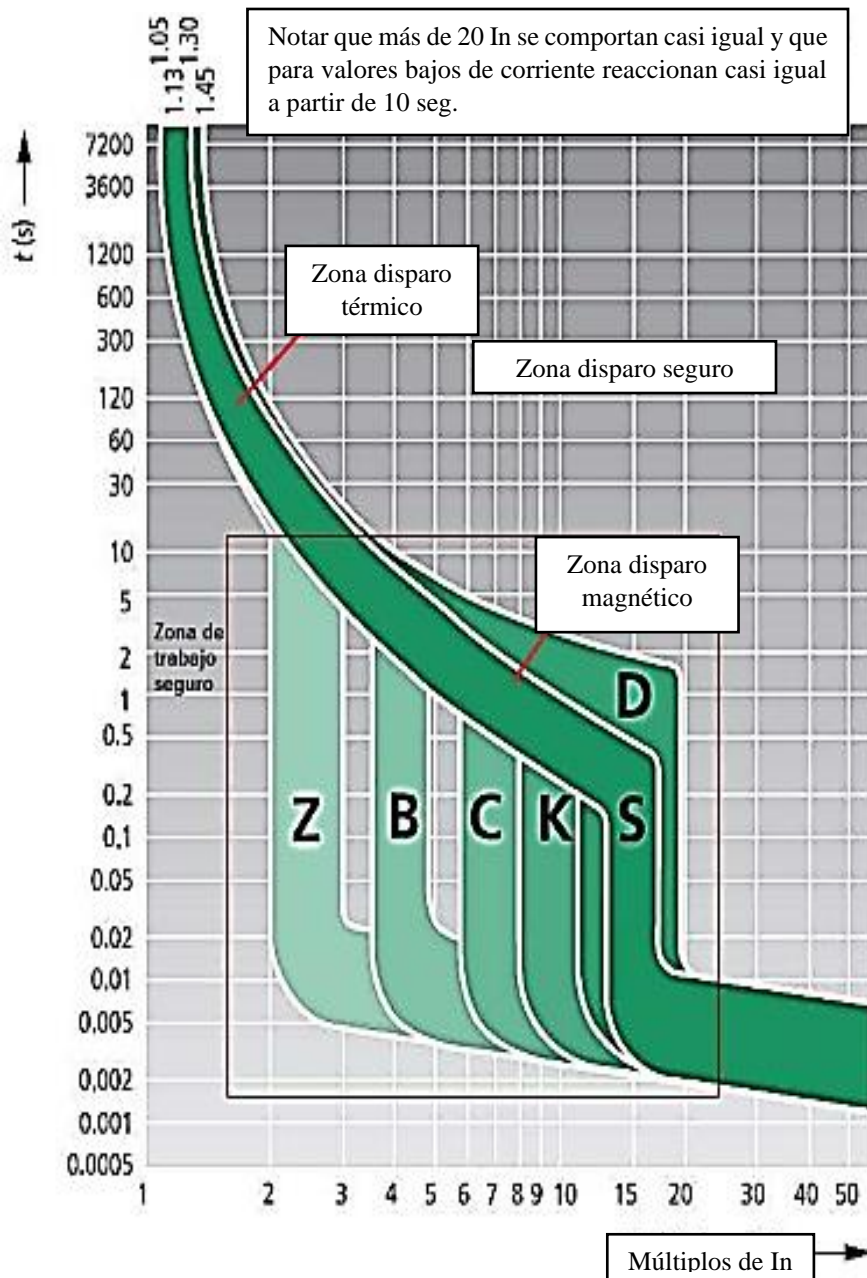


Figura 3.21 Curvas de disparo Z, B, C, K, S, D [24].

Curva MA: Protección magnética especial para arranque de motores. El tono se establece en 12 veces el tono nominal.

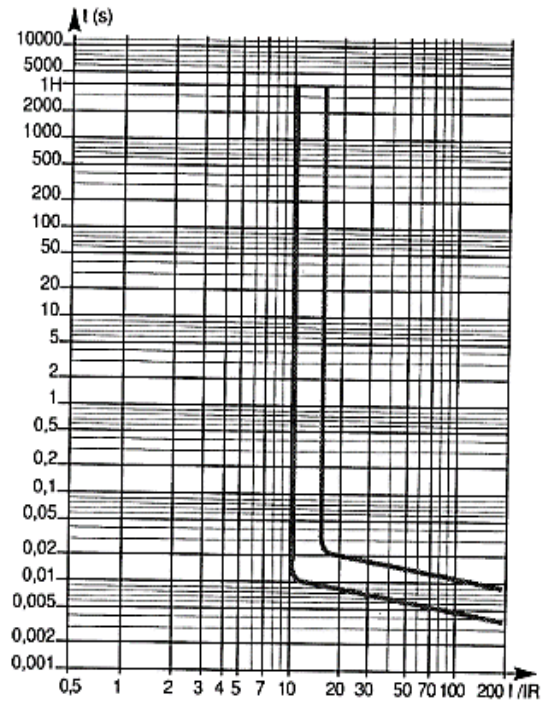


Figura 3.22 Curva de disparo MA [28].

Curva ICP: esta es una curva especial para dispositivos de control de potencia, y el efecto de activación térmica es de 1,13 a 1,45 la I_n , que es común a todas las curvas. La palanca de cambios magnética funcional de 3,9 a 8,9 pulgadas.

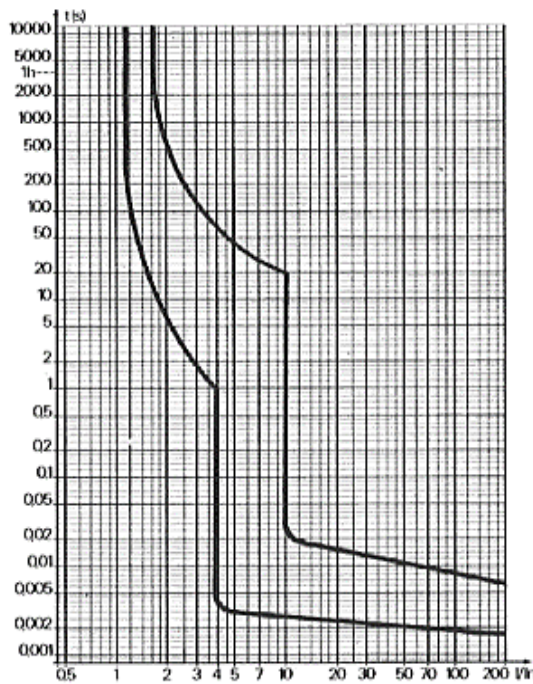


Figura 3.23 Curva característica ICP [28].

3.3.4 Interruptores (MCCB)

Los disyuntores MCCB brindan protección térmica contra sobrecorriente y protección contra cortocircuitos. Estos dispositivos brindan esta protección por medio de un dispositivo mecánico con un elemento calefactor o por un dispositivo electrónico que detecta la corriente y simula el calor asociado generado por la corriente. Cuando se utiliza un disyuntor electrónico de caja moldeada, el valor de carrera térmica se puede ajustar para formar una curva de carrera, lo que da como resultado que se requiera menos carrera para acomodar un rango de corriente más grande. NOTA: Aunque el equipo de disparo puede proteger la capacidad nominal actual, en muchos casos el enchufe nominal se usa para limitar el rango de instalación [29].

3.3.4.1 Curva de disparo para un MCCB termomagnético

La normativa IEEE 242 menciona que la mayoría de los MCCB no se proporcionan con una calificación actual de corta duración; sin embargo, algunos MCCB con clasificación de corriente más alta (actualmente 1200 A y superior) se proporcionan con una clasificación de corriente de corta duración además del cortocircuito clasificación de interrupción [30]. La forma más común de protección térmica es la versión bimetalica. Esto es similar a la sobrecarga tradicional. Relé en el que el elemento bimetalico se calienta provoca la deflexión, que luego ejerce presión sobre la barra de acción y rompe el interruptor automático, la combinación de protección contra cortocircuito y protección contra sobrecorriente nos da el camino correcto. La curva de protección se representa en la **Figura 3.24**.

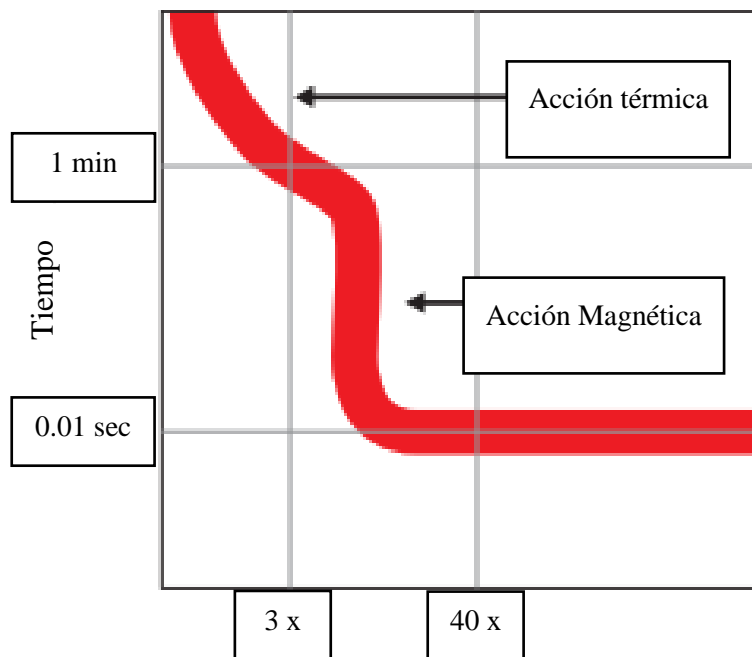


Figura 3.24 Curva de disparo de MCCB [29].

3.3.4.2 Curva de disparo para un MCCB electrónico

Una alternativa al uso de protección térmica permanente es usar una protección contra sobrecorriente electrónica que reproduzca electrónicamente la funcionalidad de un dispositivo mecánico contra sobrecorriente. Uno de los beneficios de usar una unidad de disparo electrónica es que las características de disparo del interruptor automático se pueden adaptar a la aplicación. El crucero electrónico es capaz de proporcionar una protección mejorada en forma de funciones de disparo adicionales, como curvas ajustables, cuyas curvas características se muestran en la imagen a continuación, donde:

- L - Retardo de tiempo prolongado de protección contra sobrecorriente.
- S - Retardo de tiempo corto de protección contra cortocircuitos.
- I - Disparo instantáneo de protección contra cortocircuito.
- G - Protección de falla a tierra.

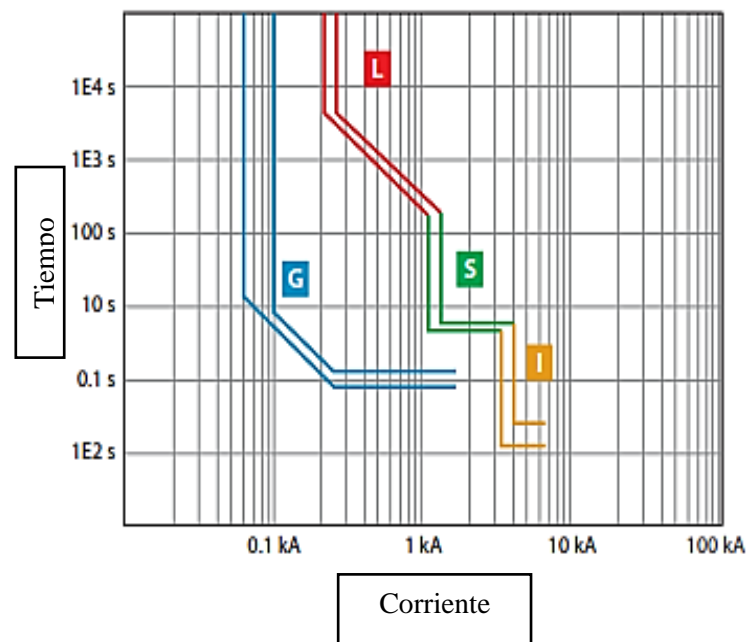


Figura 3.25 curva característica de un MCCB electrónico [29].

3.3.5 Relé Térmico

Los relés térmicos son dispositivos de protección de instalaciones eléctricas contra sobrecorrientes de tipo sobrecarga. Su uso está estrechamente relacionado con la protección del circuito de alimentación del motor. El elemento básico de un relé térmico de sobrecarga es una placa bimetalica, formada por dos metales con diferentes coeficientes de dilatación (diferente conductividad térmica), cuya parte superior suele ser más sensible a los cambios de temperatura [24].

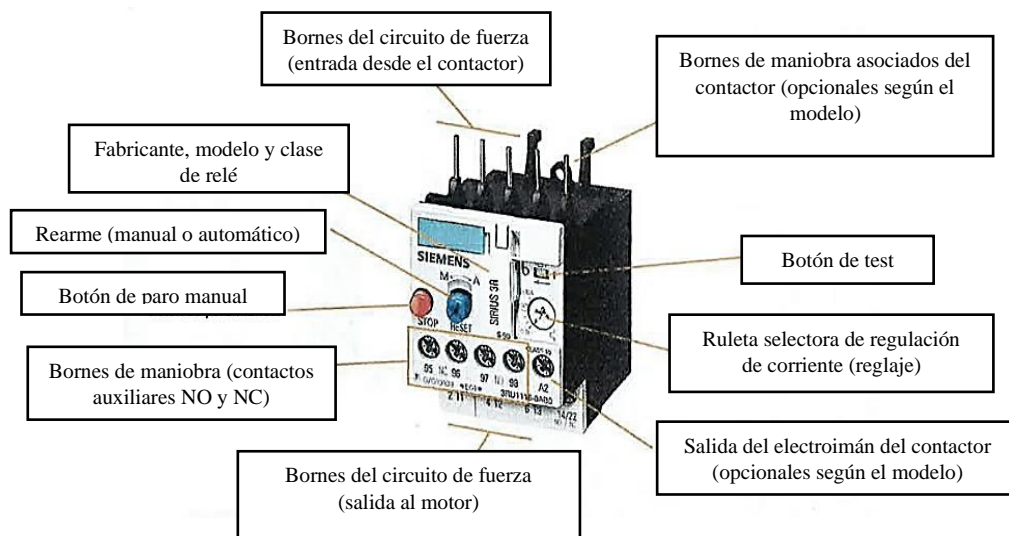


Figura 3.26 Características de un relé térmico [24].

Cuando la corriente que circula por el circuito es inferior o igual al valor nominal, el calor desprendido se disipará sin pasar por el calentamiento bimetalico. Hay dos tipos:

- **Directa:** si la corriente fluye completamente a través de la placa. Se utiliza en instalaciones de baja potencia (reduciendo la corriente nominal).
- **Indirecto:** Si la corriente fluye a través de la bobina de calentamiento alrededor de la placa o la lectura es tomada por un transformador de corriente. Se utiliza en instalaciones de gran capacidad y tiene una durabilidad muy alta.

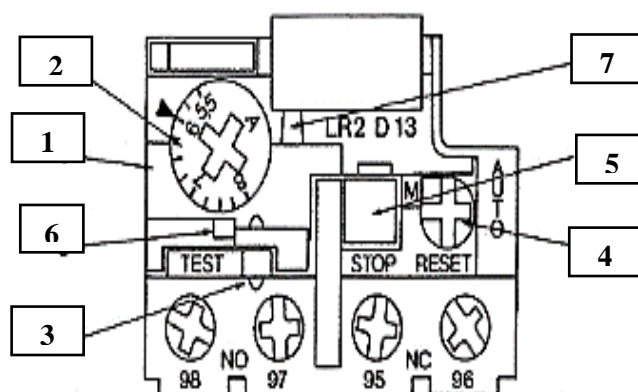


Figura 3.27 Parte frontal de un relé térmico [12].

- 1.- Tapa transparente (para evitar la modificación accidental del mando de regulación)
- 2.- Mando de regulación de corriente en amperes
- 3.- Orificio para precinto (al precintar se evita la apertura de la tapa transparente).
- 4.- Selector de "reset" automático o manual.

5.- Pulsador de “stop”.

6.- Pulsador de “test”.

7.- Indicador de relé disparado (cambia de color).

Cabe destacar que los relés térmicos comercializados en la actualidad, además de ofrecer protección frente a sobrecargas, son capaces de realizar otras funciones como:

- Detección fallo de fase.
- Protección frente a desequilibrio de fases.
- Compensación automática a temperatura ambiente

Sin embargo, estos dispositivos siempre deben incluir en el circuito una protección contra sobrecorriente de cortocircuito, porque en tales casos, debido a corrientes de cortocircuito muy altas, pero de corta duración, los relés bimetálicos no tendrán tiempo de calentarse. y la protección térmica no es suficiente para garantizar la seguridad [24].

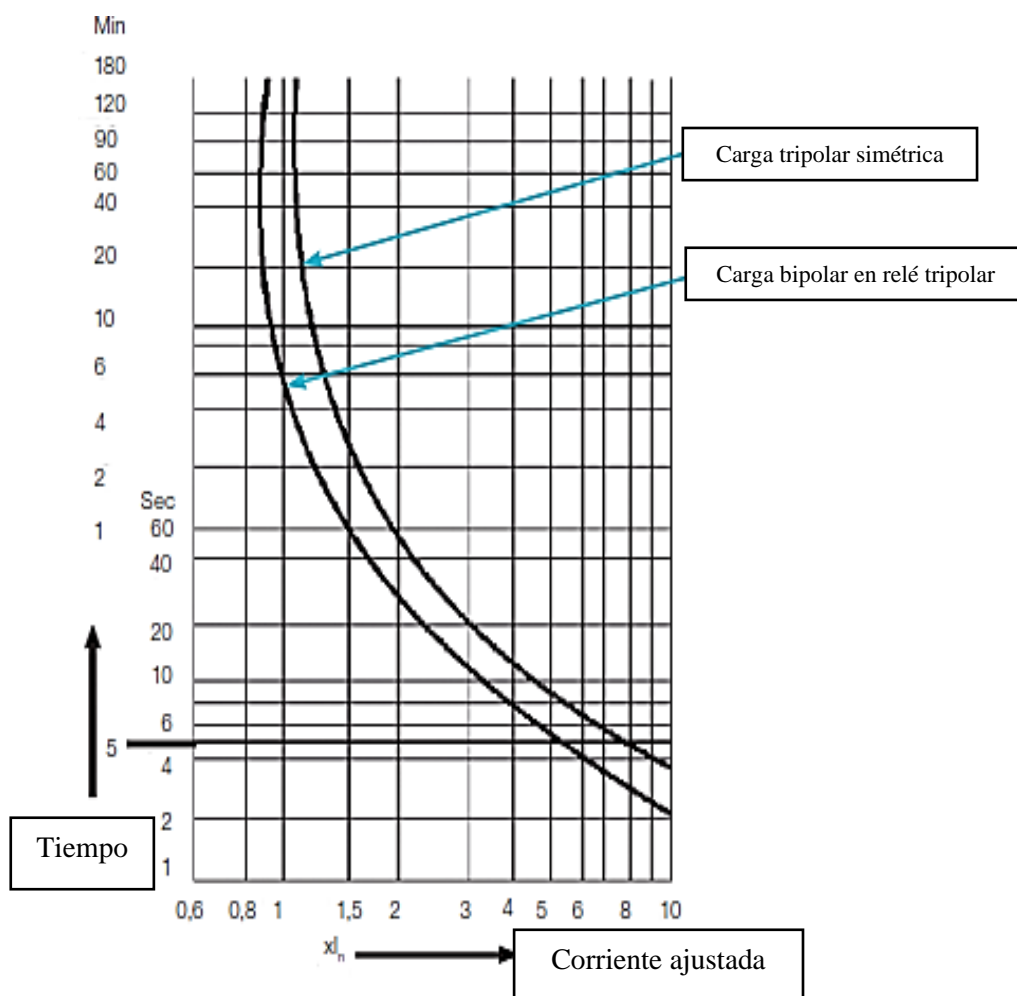


Figura 3.28 Curva característica de disparo [24].

3.4 GENERALIDADES DE UN SISTEMA DE PROTECCIONES.

3.4.1 Selectividad

La selectividad es la capacidad que debe tener un resguardo, cuando detecta la presencia de una falla, puede decir si la falla está en el área que monitorea o fuera de ella, por lo que cuando ocurra una falla comandará los interruptores automáticos que controla. encender. Apagar. Necesidad de restablecer el error [31]. Defender la acción cuando se requiere acción es tan importante como la inacción cuando no se necesita acción. Si la falla ocurre en el área bajo supervisión de protección, se debe abrir el interruptor de aislamiento del circuito dañado. Por otro lado, si ocurre una falla fuera de su área de monitoreo, el resguardo debe permitir que se tomen otras medidas de protección para corregir la falla, ya que su operación cerrará más circuitos de los necesarios. Por lo tanto, está destinado a debilitar el sistema en exceso. Finalmente, en la **Figura 3.29** se muestra un ejemplo de selectividad.

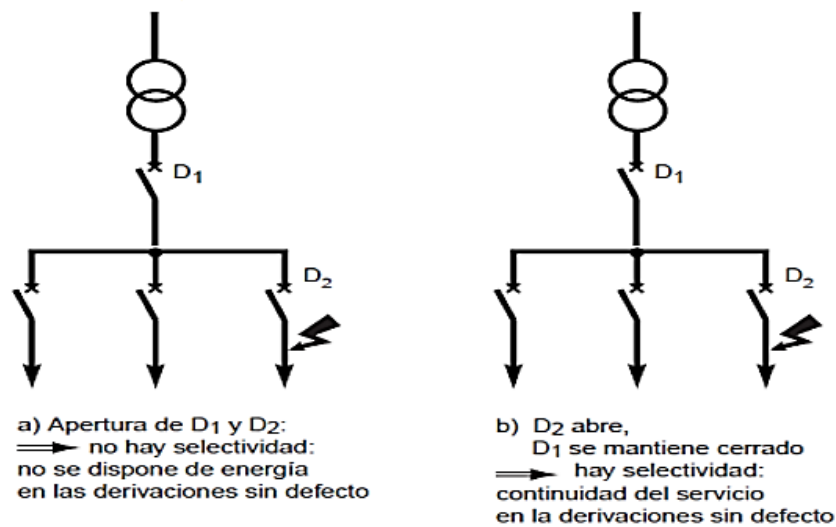


Figura 3.29 Correcta selectividad [31].

3.4.2 Tipos de coordinación de protecciones

La coordinación de protección en la industria es muy importante, sin ella, los problemas eléctricos no se detectan a tiempo, el problema afectará al personal y otros equipos en la instalación, y será más difícil encontrar la causa raíz del problema. error, cosa equivocada, malentendido. error, cosa equivocada, malentendido. La protección coordinada significa que cuando se produce un cortocircuito, se deben activar diferentes medidas de protección de forma ordenada según la magnitud de la falta. Por esta razón, a continuación, se describen diferentes tipos de coordinación a utilizar en los casos problemáticos [32].

3.4.2.1 Coordinación termomagnético-termomagnético

Para la coordinación de interruptores termomagnéticos se tiene que contar con selectividad. Y existen dos tipos de selectividad entre interruptores termomagnéticos; selectividad absoluta y la selectividad parcial. En la **Figura 30** se representa a los dos tipos de selectividad, el interruptor termomagnético A estas aguas arriba del interruptor termomagnético B.

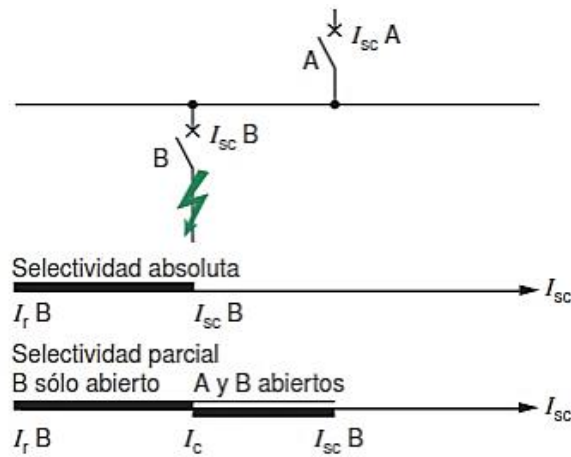


Figura 3.30 Selectividad absoluta y parcial [32].

En la **Figura 3.30** se muestra la selectividad absoluta que se logra cuando el valor máximo de corriente de cortocircuito del interruptor termomagnético aguas arriba ($I_{sc}A$) no es superado por el valor máximo de cortocircuito del interruptor termomagnético aguas abajo ($I_{sc}B$) y este último dispositivo es el único que deberá operar, si la falla ocurre en el equipo que protege al interruptor termomagnético B.

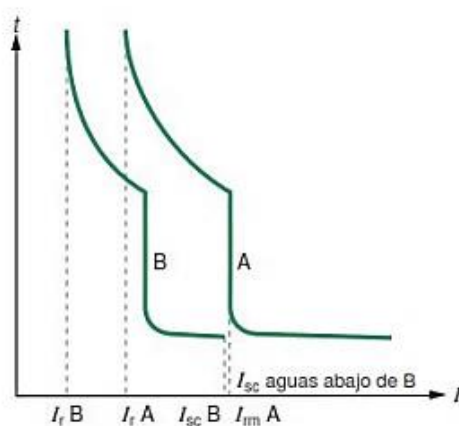


Figura 3.31 Coordinación interruptor-interruptor, selectividad absoluta [32].

En la **Figura 3.31** se representa la selectividad parcial que se logra cuando el valor máximo de corriente de cortocircuito del interruptor termomagnético aguas arriba ($I_{sc}A$) es superado por el valor máximo de cortocircuito del interruptor termomagnético aguas abajo ($I_{sc}B$), si ocurre

una falla que supere al límite de corriente para selectividad, los interruptores termomagnéticos operaran en conjunto [32].

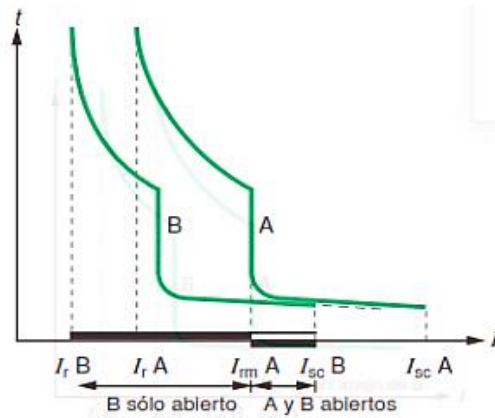


Figura 3.32 Coordinación interruptora instantáneo-interruptor, selectividad parcial [22].

3.4.2.2 Coordinación Fusible-interruptor termomagnético

Para este tipo de coordinación existen dos configuraciones, estas son: interruptor termomagnético-fusible y fusible-interruptor termomagnético.

a) Interruptor termomagnético- fusible

El fusible se encuentra aguas arriba con respecto al interruptor termomagnético. Para este caso la coordinación se tiene que llevar a cabo teniendo en cuenta que la curva del fusible no tiene que tocar a la curva del interruptor termomagnético en la parte térmica o magnética. Y es importante saber que, para este tipo de coordinación en específico, la curva del fusible debe estar a la derecha de la curva del interruptor termomagnético [32].

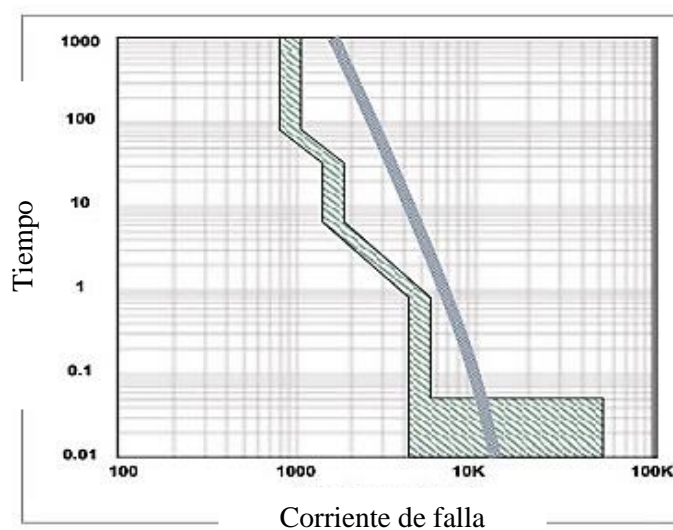


Figura 3.33 Coordinación Interruptor termomagnético-fusible [32].

b) Fusible-interruptor termomagnético

El fusible se encuentra aguas abajo con respecto al interruptor termomagnético. En este caso de igual forma las curvas no se deben tocar en la parte térmica o magnética del interruptor termomagnético. Y para esta coordinación en específico la curva del fusible tiene que estar a la izquierda de la curva del interruptor termomagnético.

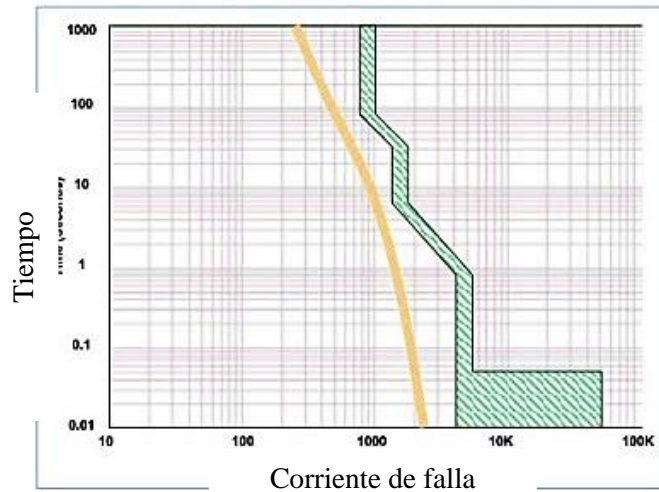


Figura 3.34 Coordinación fusible-interruptor termomagnético [32].

3.4.2.3 Coordinación Fusible-Fusible.

Un estudio mediante el uso de curvas de tiempo – corriente es práctico para la coordinación de los distintos tipos de fusibles. Cuando existe coordinación entre dos fusibles, la curva máxima de despeje del elemento protector debe ser menor o igual al 75% de la curva mínima de fusión del elemento protegido. Esta condición debe cumplirse para el valor de corriente de falla para el elemento protector. El 75% provee un margen para compensar las variables de operación de los fusibles [33].

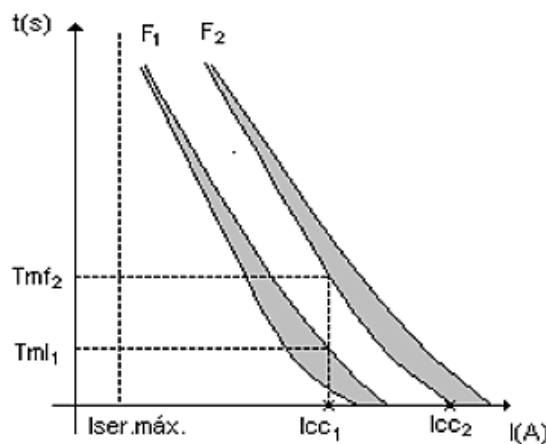


Figura 3.35 Coordinación entre fusible-fusible [33].

3.5 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE BALANCEADOS PROBALBEN CIA.LTDA

3.5.1 Empresa de Balanceado PROBALBEN CIA.LTDA

En el presente proyecto se realizó en la provincia de Cotopaxi en cantón Latacunga, en la parroquia San Buenaventura; barrio las Monjas, de la empresa de balanceados PROBALBEN CIA.LTDA, la cual se dedica a la producción y venta de alimentos balanceados para animales de granja, donde se llevó a cabo el estudio de coordinación de protecciones y se destaca la parte técnica y selectividad para los diferentes dispositivos de protección.

A continuación, en la **Figura 3.36** se presenta la superficie que ocupa la empresa con una aproximada de 5 hectáreas.



Figura 3.36 Fotografía aérea de la empresa PORBALBEN CIA.LTDA [34].

3.5.2 Descripción del proceso de producción de balanceado en la planta

Para el proceso de producción de balanceados, la empresa cuenta con distintos procesos para la elaboración del producto final los cuales se detallan a continuación:

- a) Tienen un área de recepción para la materia prima el maíz, el cual se lo transporta al Silo y se lo almacena, también en este proceso se realiza al secado del maíz.

- b) Cuenta con el proceso de almacenamiento de aditivos se encuentra ubicado en el interior de la planta en el área de bodega, tienen tolvas para el almacenamiento de aditivos para el balanceado.
- c) El proceso de molienda, mezclado y paletizado se encuentra ubicado en el área de cuarto de máquinas junto a bodega. Aquí se cuenta con tres procesos, el molino es encargado de moler el maíz en grano conjuntamente con los aditivos, la máquina mezcladora es encargada de compactar y mezclar el producto para la formación del balanceado, y el proceso de paletizado se lo utiliza para la formación del balanceado con la mezcla obtenida de los ingredientes finalmente molidos y humedecidos para la obtención del producto final.

En la **Figura 3.37** se muestra el esquema del proceso para la fabricación del balanceado para animales.

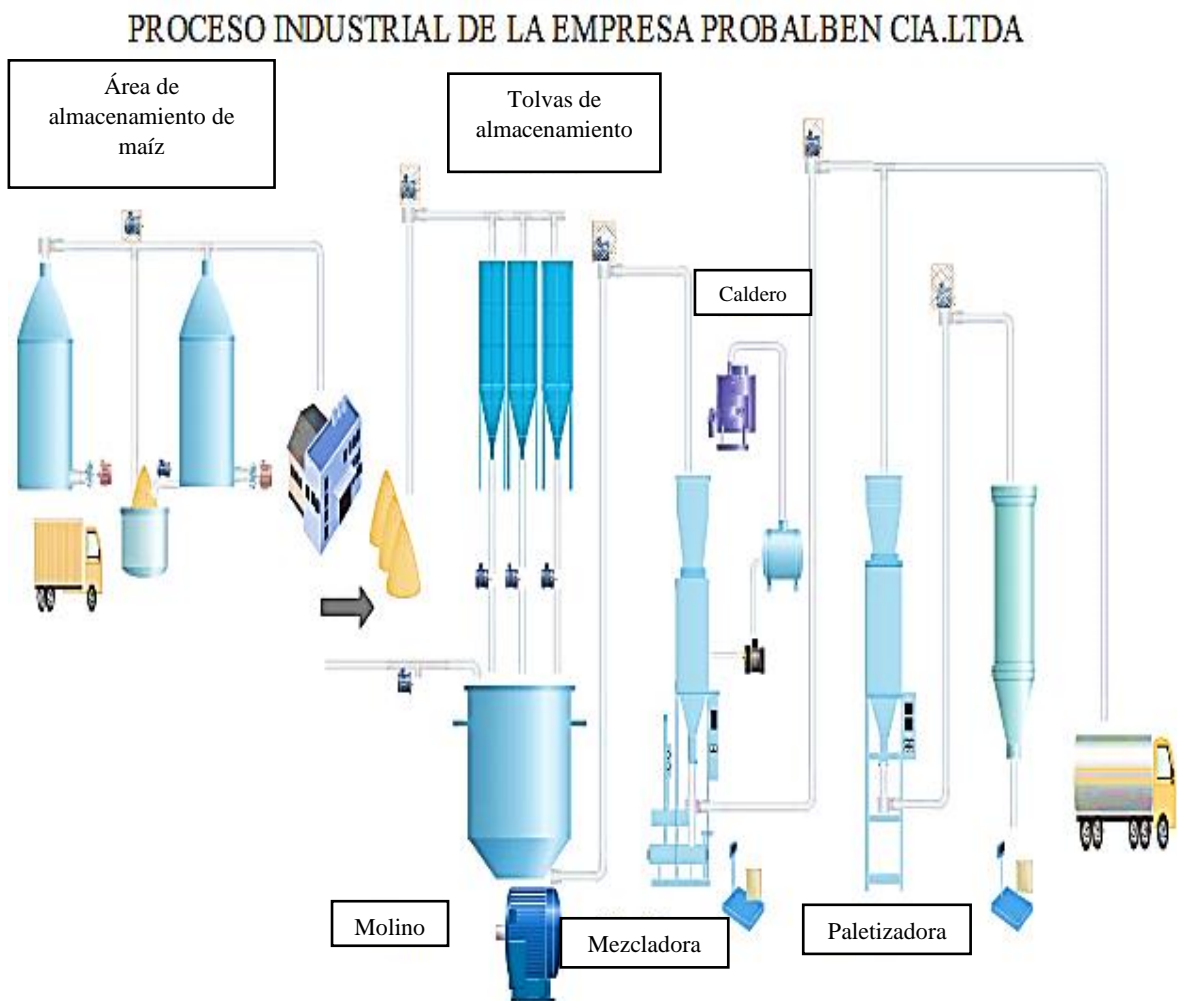


Figura 3.37 Esquema del proceso industrial de la empresa PROBALBEN CIA.LDTA

4. MATERIALES Y MÉTODOS:

En la siguiente investigación, se realizó un estudio la coordinación de protecciones, se obtuvo como requisito datos técnicos y propiedades de los diferentes dispositivos, elementos y cargas que conforman la red eléctrica en la empresa PROBALBEN CIA.LTDA en todos sus departamentos tanto técnicos como administrativos. A continuación, se detallarán los tipos de modalidades de investigación y las técnicas, que se va a desarrollar para un análisis de manera exacta, basada en la toma de datos y análisis de resultados, los cuales serán fundamentales para unificar criterios técnicos, con el fin de desarrollar el estudio de coordinación de protecciones mediante la elaboración de un diagrama unifilar en software.

Por medio de la información mencionada, se desarrollarán los estudios de ingeniería, diagramas unifilares y el presente documento escrito, para dar a conocer el análisis correspondiente de los estudios, también las recomendaciones para el sistema eléctrico de la empresa PROBALBEN CIA.LTDA y los requerimientos necesarios para ejecutar el rediseño.

4.1 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la propuesta tecnológica se utilizaron las siguientes modalidades:

4.1.1 Método Bibliográfico

Para el desarrollo de la investigación de la propuesta tecnológica, se optó por la búsqueda de información mediante diferentes fuentes de información, las cuales estarán relacionadas con el área eléctrica. Como fuentes primarias de información son libros, revistas, artículos, normativas, reglamentos y tesis. Se menciona a continuación algunas de ellas: La NEC/NFPA 70, Código Eléctrico Ecuatoriano; los estándares de la IEEE como la IEEE 242 Protección y Coordinación de Sistemas Eléctricos Industriales y Comerciales; la IEEE 551, cálculo de corriente de corto circuito en industrias y comercios. Fuentes de información secundarias como manuales e investigaciones. El presente trabajo tendrá como fuente de información los estándares mencionados, los cuales están ligados al enfoque del proyecto y servirán como guía para argumentar los criterios técnicos y propuestas de mejoras.

4.1.2 Método Experimental

El enfoque experimental permite la aplicación de las técnicas y teorías que fueron recopiladas para llevar a cabo con la metodología propuesta. La investigación tendrá como bases fundamentales normativas técnicas aplicadas al tipo de proyecto, resultados de softwares,

levantamientos del sistema eléctrico, consideraciones de fabricantes de equipos eléctricos y diagramas.

De la misma forma la investigación utiliza estudios explicativos y prácticos, que sirven para conocer los detalles y características, además de analizar los parámetros que se generan en la nueva alternativa para poder proteger el sistema eléctrico.

4.1.3 Método de campo

Se realizó este método para la recolección de parámetros eléctricos, en distintas áreas de trabajo dentro de la empresa en horarios laborables, en donde se encuentran en funcionamiento los equipos eléctricos. Además, se conversó con la persona encargada para el manejo de la maquinaria para la elaboración del balanceado de animales, mencionó sobre el proceso para la elaboración del balanceado y dio a conocer sobre la actuación de cada motor, también los problemas que existen cuando no actúa cada uno de ellos.

Para realizar la coordinación de protecciones, es obligatorio contar con la información exacta y actualizada, por el motivo de que los resultados dependen de esta información, entonces se procede a realizar el diagrama unifilar, mediante el levantamiento de información.

También se procedió a realizar el análisis de calidad de energía mediante el equipo FLUKE 435 SERIE II, permite ver el comportamiento de la carga total de la empresa y también se realizó el análisis termográfico con la cámara SATIR PK80, permite tener una clara visión donde existan problemas en el circuito eléctrico actual de la empresa.

4.1.4 Método descriptivo

Es la recolección, tabulación y análisis de los datos se procederá a la realización de una presentación esquemática, mediante la obtención de los resultados de la investigación.

4.1.5 Método Cuantitativo

Es una investigación cuantitativa por recurrir a un método basado en estudios, en el análisis de la realidad a través de mediciones y toma de datos, los cuales van a ser necesarios para dictar las variables de estudio y diseño. La definición de esta variable cuantitativa descrita por Carlos Muñoz, se la describe a continuación: Las investigaciones cuantitativas tienen un enfoque donde la recolección de datos es numérica, estandarizada y cuantificable, y el análisis de información de resultados permiten fundamentar la comprobación de una hipótesis mediante procedimientos estadísticos, los cuales ofrecen la posibilidad de generar los resultados [35].

4.1.1 Método Cualitativo

La orientación es cualitativa por emplear acontecimientos ocurridos en la empresa, por parte de los empleadores, durante su estadía en la empresa, como por ejemplo las fallas eléctricas que suceden con frecuencia y observaciones del desperfecto del sistema eléctrico. Esta entrevista genera énfasis al desarrollo del proyecto a realizar, identificando el por qué se están presentando determinados sucesos que pueden perjudicar la instalación eléctrica.

La definición de esta variable cualitativa descrita por Carlos Muños, define que: La metodología cualitativa tiene como finalidad la descripción de las cualidades y características de un fenómeno. Pretende estudiar una parte de la realidad y no busca probar teorías o hipótesis, sino descubrir las cualidades de ese trozo de realidad. Es un método que hace énfasis en el entendimiento y la profundidad del estudio, y no se interesa por su medición y exactitud. Con sus resultados se generan teorías e hipótesis cualitativas [35].

4.2 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

4.2.1 Observación

Mediante esta técnica permite sondear y visualizar los equipos de protección en mal estado, también identificar calibres de conductores; observar la placa de datos de cada uno de los motores dentro de la planta. En los **Anexos C; D; E** se representan estas condiciones.

4.2.2 Medición

Esta técnica permite obtener valores de corrientes, voltajes y en unidades de distancias longitudes de los tramos de los conductores eléctricos dentro de un punto específico en la empresa, para realizar el estudio y la selectividad de nuevos equipos de protección en la red eléctrica de la empresa, mediante la coordinación de protecciones.

4.2.3 Simulación

Existen softwares sofisticados que permiten ejecutar simulaciones esquematizadas para generar, el estudio de corrientes de cortocircuitos y efectuar la coordinación de las protecciones.

4.3 INSTRUMENTOS

A continuación, Se detallarán los instrumentos utilizados para tomar mediciones dentro de la planta PROBALBEN, en el **Anexo A** se representan las fichas técnicas de cada equipo.

4.3.1 Analizador de redes FLUKE 435 Serie II

El Analizador de redes de la marca FLUKE 435 SERIE II [36], es un potente equipo para el registro de potencias e ideal para un análisis eléctrico, ya que es útil para realizar el análisis de cargas y registros de datos de la calidad de energía identificando pérdidas de energía que puede sufrir un sistema eléctrico dando así un resultado preciso. También poder medir todos los parámetros eléctricos a tiempo real.

4.3.2 Pinza Amperimétrica FLUKE 376 FC

La pinza Amperimétrica FLUKE 376 FC [37], es un equipo exacto para la toma de lecturas de corrientes AC en plena carga y tomar lectura de la corriente de arranque (INRUSH) de los motores, este equipo nos ayudó a identificar lecturas acertadas de corrientes, permitiendo tabularlas. Y tener como referencia para realizar el estudio de las protecciones eléctricas empleadas en la industria.

4.3.3 Cámara termográfica SAIR PK80

La cámara termográfica SAIR PK80 [38], nos permitió realizar un análisis predictivo de cada uno de los equipos eléctricos que existen en el circuito, permitiendo identificar irregularidades en ubicaciones específicas determinados puntos moderados o altos de calor.

4.3.4 Cinta Métrica

Con la cinta métrica se pudo registrar las distancias de los conductores en puntos específicos, es de gran utilidad como requisito para la modelación del circuito eléctrico en el software. Estas están graduadas y tienen la posibilidad de llegar a medir enormes longitudes, además gracias a su flexibilidad pueden ser transportadas enrolladas, por lo que, aunque mide grandes longitudes no ocupa mucho espacio [39].

4.3.5 Software a utilizar

- Software CAD: Permite realizar o incorporar diagramas eléctricos unifilares, que son necesarios para la interpretación esquemática del circuito eléctrico y poder interpretar de forma analítica la ubicación de las protecciones eléctricas.
- Software ETAP: El software es conocido por su completa jerarquía en soluciones empresariales y ampliamente utilizada para el diseño, simulación, operación, control, optimización, transmisión, distribución y sistemas industriales de potencias. Este software nos permite simular con datos reales obtenidos mediante el registro de

características técnicas de los equipos eléctricos de la empresa PROBALBEN CIA.LTDA.

4.4 EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Se describen los procedimientos para la realización del proyecto como el levantamiento de datos, el análisis de las corrientes de cortocircuito, además el diagnóstico de consumo de potencias y un análisis termográfico, con la finalidad de realizar un estudio de coordinación de protecciones. Se detalla las ecuaciones aplicativas que se consideran para la obtención de datos referente a la curva de arranque de los motores eléctricos y además las ecuaciones para el dimensionamiento de relés térmicos, conductores eléctricos e interruptores termo magnéticos.

4.4.1 Corriente de magnetización (INRUSH)

Hay que considerar que la corriente de magnetización (INRUSH), esta depende del diseño de cada uno de los fabricantes. Se la determina como la corriente que circula por los devanados del motor cuando se energiza.

Para encontrar el valor de la corriente INRUSH se la calcula mediante la ecuación (4.1): (IEEE Std. 242-numeral 15.3.3)

$$I_{INRUSH} = I_{LRA} \times 1,5 \times 1,1 \quad \text{Ec (4.1)}$$

Donde I_{LRA} es la constante de la corriente de rotor bloqueado y el factor 1,5 representa el componente de asimetría de la corriente durante la energización del motor y el factor 1,1 es de seguridad. Además, la transición entre la corriente INRUSH y la corriente de rotor bloqueado es de 0,10s.

4.4.2 Corriente de rotor bloqueado (LRA)

Esta corriente de rotor bloqueado está regida a normativa que guía para la construcción de los motores eléctricos. En los motores NEMA, se puede identificar en la placa de datos, se la define esta corriente mediante una letra de código, definida como la corriente consumida a plena tensión con el rotor trabado, sin posibilidad de giro, es una condición estable no transitoria.

Según el estándar NEMA MG1 con la letra de código se puede calcular el nivel de corriente del rotor bloqueado, mediante la ecuación (4.2):

$$I_{LRA} = \frac{\text{LetraCódigo} \times \text{Hp} \times 1000}{\sqrt{3} \times V_N} \quad \text{Ec (4.2)}$$

Donde letra del código se la puede encontrar en la tabla de la normativa NEM MG1 y el V_N es el voltaje nominal del motor.

Mencionar que también existe la normativa IEC 60034-12, para la corriente de rotor bloqueado. Este se expresa como I_a/I_n , que es la relación entre la corriente de arranque y la nominal.

Entonces un motor con indicación como ejemplo $I_a/I_n=7,5$; significa que la corriente de rotor bloqueado será 7,5 veces a la nominal, mediante la ecuación (4.3).

$$\frac{I_A}{I_N} = \# \text{veces la nominal} \quad \text{Ec (4.3)}$$

Donde I_a es la corriente de arranque y I_n la corriente nominal, estas se encuentran en la placa de datos de los motores bajo la construcción de esta normativa.

4.4.2.1 Cálculo de la corriente admisible del conductor

Los conductores eléctricos de alimentación para cargas estos deben ser capaces de soportar corrientes a plena carga en operaciones continua, cualquier punto de sobrecarga que pueda tener durante su operación y las corrientes de arranque. Por lo tanto, debemos calcular el conductor a un 125% de la corriente consumida a plena carga lo cual lo dispone la NEC-SB-IE.

A continuación, se emplea la ecuación (4.4) para el cálculo de corriente del conductor.

$$I_{conductor} = I_{nominal} \times 1.25 \quad \text{Ec (4.4)}$$

4.4.3 Dimensionamiento de protecciones Interruptor Termomagnético

Para calcular el interruptor adecuado, se emplea la ecuación (4.5). Según lo recomendado por la IEEE 242 que establece el ajuste del interruptor automático dentro del 125%

$$I_r = k \times I_d \quad \text{Ec (4.5)}$$

I_r : Corriente de sobrecarga

K : Factor de carga permitida por el cable (125%)

I_d : Corriente de diseño

4.4.4 Ajuste del relevador de sobrecarga

Los motores con elevación de temperatura no mayor a 40°C, para el motor con factor de servicio de 1,15 según la NFPA 70 se emplea la ecuación (4.6).

$$I_{pc} < I_{sc} \leq 1,25 \times I_{pc} \quad \text{Ec (4.6)}$$

I_{pc} : Intensidad plena carga

I_{sc} : Intensidad sobrecarga

4.4.5 Métodos para la coordinación de protecciones.

Para poder realizar el cálculo de cortocircuito existen varios métodos, en la **Figura 4.1** se detallarán los métodos existentes para el cálculo de corrientes de cortocircuito y la coordinación selectiva de protecciones.

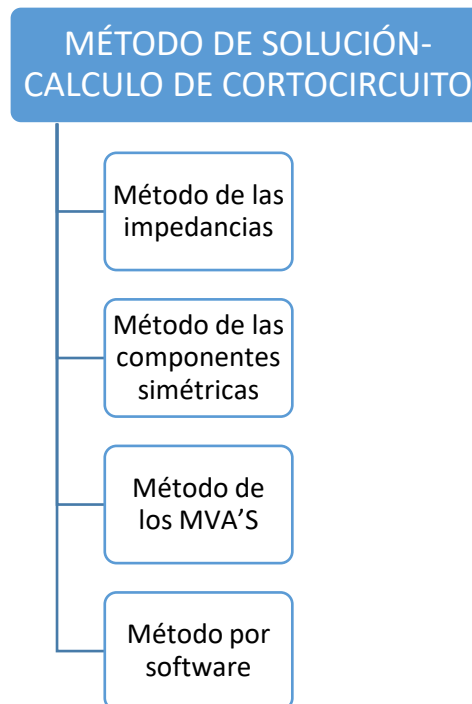


Figura 4.1 Método de solución-cálculo de cortocircuito

4.4.5.1 Método por Software.

Para realizar un estudio de protecciones eléctricas en área industrial existen múltiples softwares que brindan gran aplicabilidad y ventajas como: análisis de flujos, estudio de corrientes de cortocircuito, selectividad, también realizar el diagrama unifilar del sistema, entre otros. En función de lo mencionado a continuación se seleccionará el software más apropiado para generar la coordinación de protecciones.

En la **Tabla 4.1**, se especificarán los softwares para la coordinación de protecciones en una escala del 1 al 5, para la selección del mismo, el cual 1 es el valor mínimo y 5 el valor máximo.

Tabla 4.1 Softwares coordinación de protecciones.

Parámetros de selección					
Software	Modelación y diseño del sistema	Librerías	Simulación	Interfaz de aprendizaje	Fácil interpretación para la selectividad
Melshort	4	1	5	3	4
ETAP	5	5	5	5	5
Simaris design	4	1	5	4	3
Legrand	4	1	5	3	3

Análisis de flujo de cargas y corto circuito.	Fiabilidad y estabilidad	Facilidad de instalación	Costo	Total
3	3	5	5	33
5	4	4	1	39
5	3	5	5	35
1	3	5	5	30

En la **Tabla 4.1**, se muestra los diferentes tipos de software para generar el estudio de coordinación de protecciones, estas poseen mayor aplicación en la industria.

Además, se puede notar que el software sobresaliente tiene mayor sociabilidad con el mercado, debido a su amplia librería referente al equipo eléctrico y conductores eléctricos, pero cabe recalcar que una de las grandes desventajas es el costo y la forma de instalación del mismo.

Por lo que, en este caso para realizar el estudio de la coordinación de protecciones, la simulación de flujo de cargas, el cálculo de corrientes de cortocircuito, la selectividad de protecciones y el rediseño de las nuevas protecciones en el diagrama unifilar, se lo realizará mediante el uso del software ETAP, el cual está diseñado para ser de gran ayuda en el desarrollo de los estudios mencionados. Sin olvidar que se hará uso de una versión de prueba, con el fin de realizar trabajos futuros.

4.5 DIAGNÓSTICO DE LA RED ELÉCTRICA DE LA PLANTA DE BALANCEADOS PROBALBEN CIA.LTDA

Antes de iniciar el estudio se realiza una reunión con el personal administrativo de la empresa, presentado los lineamientos de la propuesta tecnológica a efectuarse, una vez acordado la propuesta se procede con la recolección de datos, esta se efectuará en el transcurso de 4 meses y 16 semanas los días lunes a sábado de 8:00 am a 17:00 pm en el ámbito laboral.

4.5.1 Estado actual de las instalaciones eléctricas

Al realizar el estudio de campo en la planta se obtuvo como resultado las siguientes inadecuaciones:

- Tablero Principal de alimentador se observó que las protecciones eléctricas se encuentran ubicadas en desorden topográfico y no cuentan con la identificación para la actuación de las cargas para cada uno de los procesos.
- Existen interruptores termomagnéticos, que presentan conexiones con conductores de distintos calibres como a la entrada de alimentación y son diferentes a la salida que energizan a los motores.
- Algunos de los conductores se encuentran sueltos, sin canaletas y no están debidamente ajustados provocando puntos calientes en distintas conexiones, por ende, estas pueden afectar a la pérdida de aislamiento del conductor
- Existen conductores que no se encuentran correctamente dimensionados, con respecto a la corriente nominal de los motores eléctricos, que provocan una ligera elevación de temperatura.
- Se identificó que varios motores no cuentan con las protecciones eléctricas correspondientes, algunos también se encuentran sobredimensionados y otros no se encuentran en condiciones de correcto funcionamiento para garantizar seguridad. Como se ilustra en la **Figura 4.2**.



Figura 4.2 Protección eléctrica obsoletas

- Los fusibles que protegen a un porcentaje de motores se encuentran sobredimensionados y también no están establecidos con una sola intensidad nominal de corte para proteger a las tres líneas.
- El motor del molino es el más grande que existe en la empresa por ende necesita de gran intensidad para su arranque y esto provoca afectaciones en el sistema eléctrico actual.

4.5.2 Transformador de la empresa PROBALBEN CIA.LTDA

La empresa de balanceado PROBALBEN CIA.LTDA, presenta un transformador correspondiente a la institución comercializadora del servicio eléctrico ELECOP ID T408 de 75 Kva, con coordenadas X:766593; Y: 9902734, tipo aéreo con tensiones en el primario 13,8 kV provenientes de la red de la subestación MULALÓ y la tensión secundario es 220 V entre línea y línea, en el **Anexo B** se detalla el resumen de las corrientes de la empresa comercializadora de energía, el cual es el suministro que actualmente abarca a toda la empresa, se distribuye al tablero principal TP como alimentador y se reparte a tableros secundarios. En su totalidad existen 7 tableros eléctricos que se encuentran distribuidos en la planta. En la **Figura 4.3** se muestra el transformador aéreo que alimenta al circuito eléctrico de la empresa y en la **Tabla 4.2** se representan los datos.



Figura 4.3 Transformador ELEPCO T402 de 75 kVA [40].

Tabla 4.2 Tabla de datos del transformador.

Descripción	Potencia (KVA)	Tensión		Impedancia	
		Primario (kV)	Secundario (V)	Z (Ohm)	X/R
Transformador #1	75,00	13,8	220	4,4	1,33

4.5.3 Descripción de los Tableros eléctricos actual de la planta

Se procedió a realizar el registro de la toma de datos de los tableros eléctricos que existen en la planta, obteniendo como resultado 1 tablero general, 7 tableros de control y 1 tablero de distribución, que conforman el circuito eléctrico de la planta.

En la **Tabla 4.3** se representan los tableros eléctricos registrados en la planta en la planta PROBALBEN CIA.LTDA, con su respectivo Bus Id representado en el diagrama unifilar.

Tabla 4.3 Tablero eléctricos de la empresa.

Tablero Eléctrico	ID de BUS	Descripción
Nº 1	BUS 4	Es el tablero General alimentado de la empresa donde se encuentra adjuntado con cargas importantes de la planta para el proceso del molino, mezclado y paletizado. Accionado 10 motores eléctricos y sus protecciones se encuentran en el mismo tablero eléctrico.
Nº 2	BUS 13	Es un tablero de control que acciona 4 motores eléctricos y se encuentra ubicado en la parte externa de la planta en el proceso de almacenamiento del maíz.
Nº 3	BUS 18	Es un tablero de control que accionan 4 motores eléctricos Se encuentra ubicado en la parte interna de la planta en la sección de la bodega y funcionamiento para los aditivos para el balanceado
Nº 4	BUS 23	Es un tablero de control que accionan 2 motores eléctricos y se ubica en la zona interna de la plata, cumple la función para el control de los procesos y adicional cuenta con un variador de frecuencia.
Nº 5	BUS 26	Es un tablero de distribución, que contiene una protección principal y circuitos ramales que permiten proteger y operar los siguientes tableros secundarios: T6, T7, T8, T9, T Iluminación, Carga de oficina.
Nº 6	BUS 28	Es un tablero de control, que acciona dos motores eléctricos y se ubica en la zona exterior de la planta el caldero se realiza el proceso de calentamiento de agua.
Nº 7	BUS 30	Es un tablero de control que acciona un motor eléctrico y se encuentra ubicado en el cuarto de máquina de la planta.
Nº 8	BUS 34	Es un tablero de control, que acciona un motor eléctrico y se encuentra ubicado en la parte exterior de la planta, para el riego de agua de toda la empresa.

4.5.4 Datos de motores eléctricos

Se realizó una inspección total dentro de la empresa, contabilizando un total de 24 motores en funcionamiento actualmente, se identificó las cargas principales con mayor potencia que son 3 motores, ejecutados en los procesos del molino, el mezclado y el paletizado. Además, se adjunta las cargas adicionales que son los equipos electrónicos que ocupan en la empresa y equipos de iluminación. En el **Anexos C** se registran los datos de los motores y cargas adicionales.

En la **Figura 4.4** se muestra las 3 cargas principales dentro de la empresa.



(a) Molino 50 HP

(b) Mezcladora 20 HP

(c) Prensadora 40 HP

Figura 4.4 Motores de los procesos Molino, Mezcladora, Paletizadora.

4.5.4.1 Corrientes nominales

Identificado los motores eléctricos existentes en la empresa, se registran las corrientes nominales de operación de cada motor, y se las utiliza para el dimensionamiento del equipo de protección y conductores eléctricos. También se detalla la corriente LRA obtenida por la ecuación (4.2), para graficar la curva de corriente de arranque para la operación del motor. A continuación, en la **Tabla 4.4** se detalla las corrientes de operación de los motores eléctricos.

Tabla 4.4 Registro de las corrientes de operación.

N° Motores	Hp	Corriente Nominal (A)	Código de letra	Corriente de rotor bloqueado LRA (A)
M1	50	141	G	734,81
M3	20	52,8	N	587,85
M6	40	96,57	G	589,95
M2	3	9,5	N	88,18
M4	2	5,96	D	20,99
M5	5	14	H	93,16
M7	1	3,73	B	9,32
M8	3	8,67	H	49,60
M9	3	6,5	K	62,98
M10	2	6,12	D	20,99
M11	3	8,5	M	78,73
M12	7,5	20	M	196,82
M13	5	16	N	150,90
M14	5	16	M	131,22
M15	5	14	M	131,22
M16	3	8,58	H	49,60
M17	2	6,08	D	20,99
M18	2	6,08	D	21,52
M19	3	7,8	E	39,36
M20	1	3,24	B	9,32
M21	1	11	B	30,18
M22	0,14	3,62	V	2,20
M23	1	13	C	10,50
M24	7,5	19,1	N	220,44

4.5.4.2 Estudio de las corrientes nominales y operación

Como se realizó el levantamiento de las corrientes nominales de los motores ubicadas en la placa de datos y se optó por realizar el vs con las corrientes medidas en plena carga de cada uno de los motores, Además, para las corrientes medidas se tomaron tres mediciones y se obtuvo la media de cada una. Se realizó la representación gráfica estadística de las corrientes medidas a plena carga y la corriente nominal de los motores, se lo representa en la **Figura 4.5**.

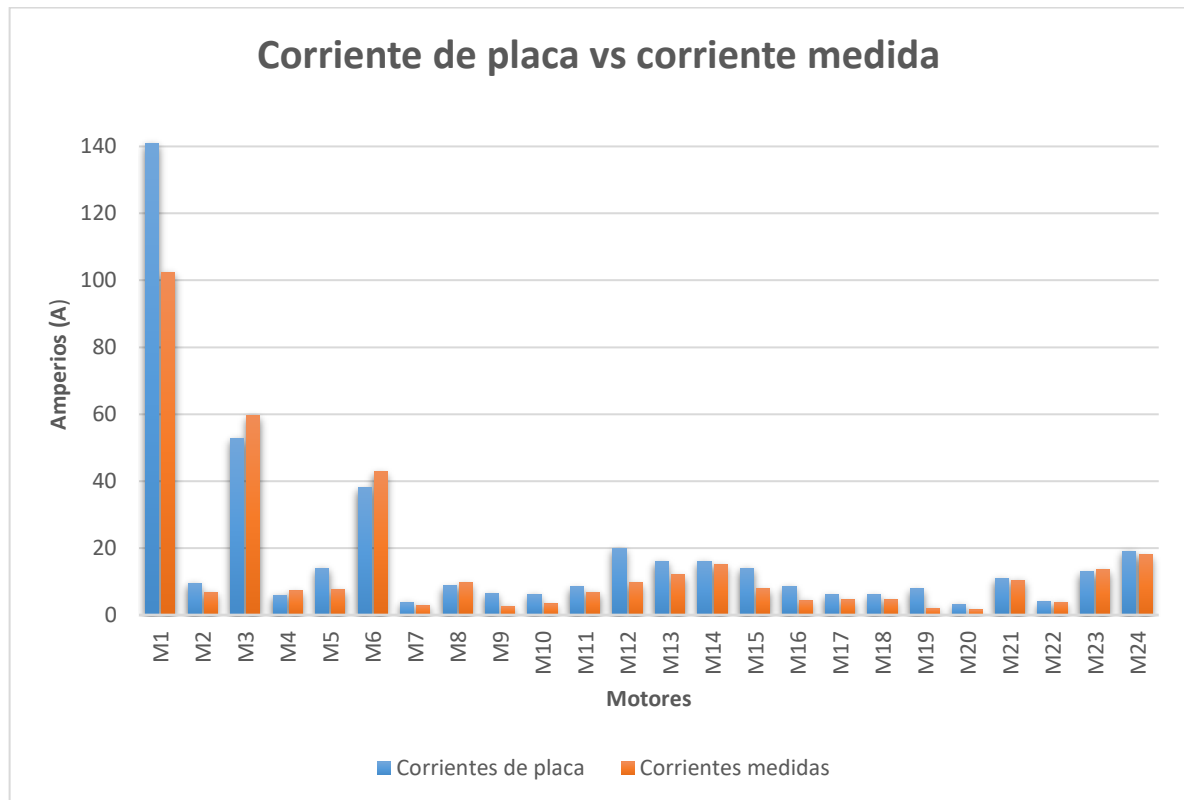


Figura 4.5 Corrientes de cargas inductivas.

En la **Figura 4.5**, existen picos altos identificados en los motores M3, M6, M8, M23 superan la corriente nominal de su placa de datos, el M3 con un valor de 53.47 A, el M6 con un valor de 42.83 A, el M8 con un valor de 9,57 A y por último el M23 tiene un alto flujo de corriente con un valor de 13.45 A. Tomar en cuenta que las lecturas tomadas de estos amperajes son a plena carga, es por ello se puede decir que los motores se encuentran a efecto de sobrecarga al momento de realizar una operación y hacen elevar las corrientes.

4.5.5 Registro de protecciones eléctricas y conductores eléctricos.

Se identificó cada una de las protecciones que existen en el circuito eléctrico de la empresa, para aquello se consideró desde los equipos de protecciones eléctricas para el transformador, tableros eléctricos y motores.

Se realizaron tablas para mayor orden y distribución de la siguiente manera; datos de los equipos de protecciones eléctricas conformando también conductores eléctricos para el transformador y los tableros eléctricos de control; protecciones eléctricas para los motores de inducción, además el registro de conductores eléctricos y distancias; el tramo del poste de iluminación para galpones. Estas tablas están adjuntadas al final del documento en el **Anexo D**.

A continuación, en la **Figura 4.6** se muestra cómo se tomaron los datos de cada registro ya mencionado.



(a) Tablero eléctrico alimentador principal (b) Tablero secundario almacenamiento maíz

Figura 4.6 Registro de protecciones eléctricas.

La **Figura 4.6** muestra solo el registro de dos tableros y se debe tomar en cuenta que existen otros tableros alrededor de la empresa, estas están adjuntadas en los anexos ya mencionados.

4.5.6 Diagrama Unifilar actual del circuito eléctrico de la planta

Una vez registrado todos los datos del transformador, cargas, protecciones eléctricas y conductores eléctricos, se desarrolla el diseño esquemático del circuito del sistema actual que posee la empresa mediante software. En la **Figura 4.7**, se representa el resumen del diagrama unifilar de la empresa de balanceados PROBALBEN CIA.LTDA.

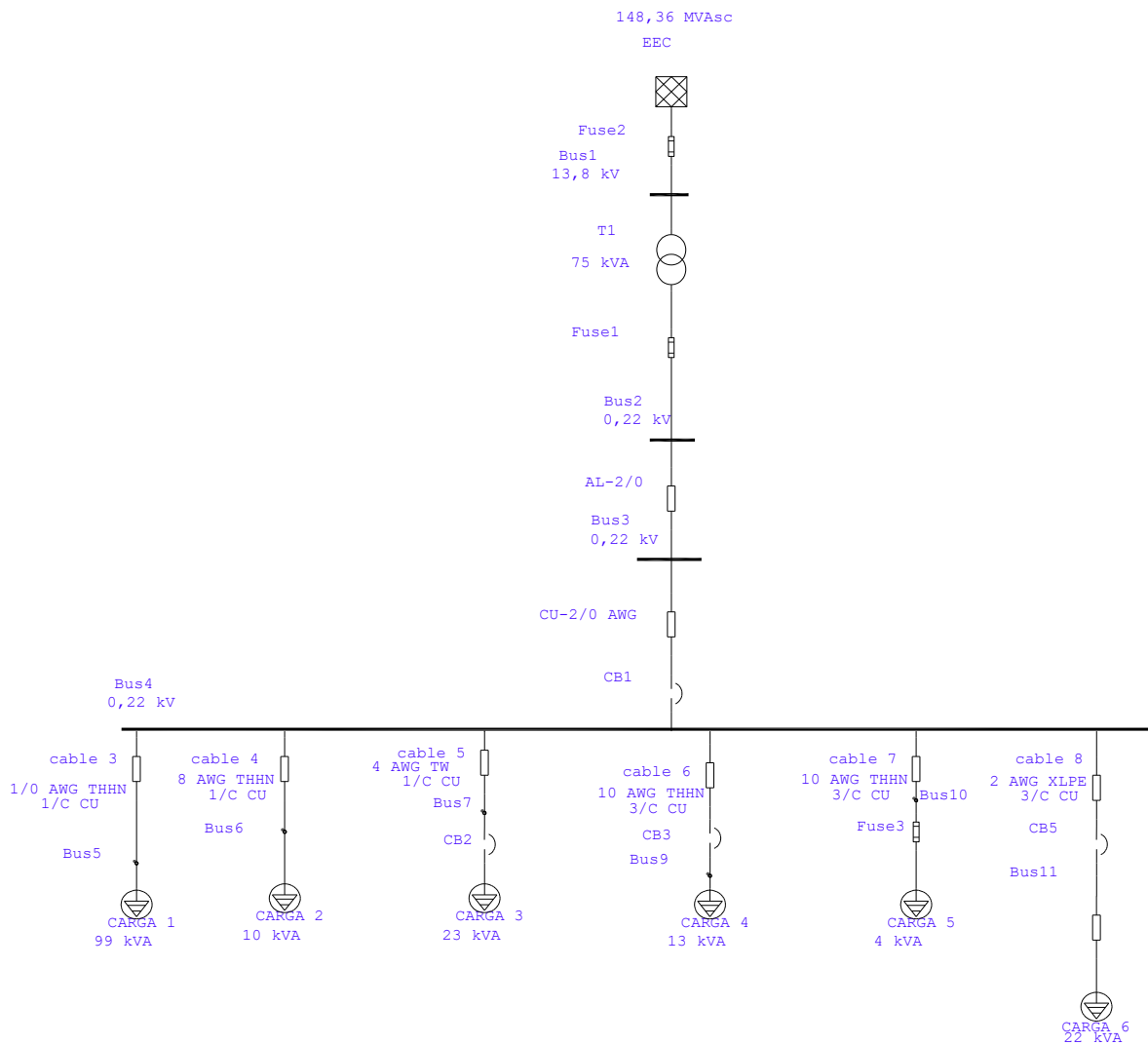


Figura 4.7 Resumen del diagrama Unifilar de la empresa PROBALBEN CIA.LTDA.

En la **Figura 4.7** se representa el resumen del sistema actual de la empresa identificando los tableros que existen y con sus respectivas cargas. El diagrama unifilar completo se presenta en el **Anexo E**.

4.5.7 Análisis de flujo de carga

Se realizó el análisis de flujo de carga mediante el software ETAP, obteniendo las caídas de tensión en los tableros eléctricos identificados como un Bus y las cargas en el diagrama unifilar, para aquello se lo dividió por etapas de los procesos para la intervención de los motores, para la producción del balanceado en grano.

A continuación, en la **Tabla 4.5** se detalla el accionamiento de los motores por procesos de fabricación del balanceado y se adjunta en el **Anexos F**, los resultados obtenidos registrados por el software sobre la caída de tensión de cada barra.

Tabla 4.5 Proceso de accionamiento de motores

Proceso	Accionamiento de Motores
Proceso 1 encendido del caldero y almacenamiento del maíz	M21; M22; M12; M13; M14
Proceso 2 molienda	M1; M15; M16; M17; M19
Proceso 3 mezclado del producto.	M2; M3; M4; M23
Proceso 4 Paletizado	M6; M20; M8; M7; M8; M10; M24
Proceso 5 carga adicionales e iluminación postes	3,7 KW; 3,5 kW

Usando el módulo Load Flow de ETAP, se verificó la calidad de tensión, del comportamiento de las cargas y los conductores eléctricos entre las barras del circuito del sistema actual.

4.5.8 Corrientes de cortocircuito

El análisis de corrientes de cortocircuito para todas las barras del circuito eléctrico actual de la empresa, se desarrollará el estudio tanto para condiciones de corrientes de cortocircuitos Monofásico, Bifásico y Trifásico. En la **Tabla 4.6** se detallan las corrientes obtenidas.

Tabla 4.6 Corrientes de cortocircuito

BUS ID	Corriente de cortocircuito Icc (KA)	Corriente de cortocircuito Icc (KA)	Corriente de cortocircuito Icc (KA)	Corriente Simétrica Icc (KA)	Corriente Asimétrica Icc (KA)
	Monofásico	Bifásico	Trifásico		
BUS 1	2,35	1,45	6,23	6,20	15,10
BUS 2	6,28	6,13	7,57	7,60	12,20
BUS 3	4,35	3,62	6,76	6,80	10,50
BUS 4	3,81	3,08	6,52	6,50	10,30
BUS 12	3,53	2,82	6,13	6,10	9,40
BUS 13	3,39	2,71	5,96	6,00	9,10
BUS 18	2,35	1,78	4,28	4,30	6,20
BUS 23	3,04	2,38	5,36	5,40	8,00
BUS 25	3,46	2,8	5,84	5,80	8,90
BUS 26	3,41	2,76	5,78	5,80	8,80
BUS 27	2,3	1,86	3,53	3,50	5,10
BUS 28	2,2	1,77	3,4	3,40	4,90
BUS 29	3,14	2,51	5,38	5,40	8,00
BUS 30	2,65	2,12	4,33	4,30	6,30
BUS 31	0,16	0,14	0,33	0,33	0,46
BUS 32	2,54	1,99	4,44	4,40	6,60
BUS 33	1,93	1,47	3,39	3,40	4,90
BUS 34	1,52	1,13	2,66	2,70	3,90
BUS 35	1,01	0,75	1,91	1,90	2,80
BUS 37	0,76	0,56	1,41	1,40	2,00
BUS 38	0,62	0,17	1,14	1,10	1,60
BUS 39	0,58	0,17	1,03	1,00	1,50
BUS 40	0,55	0,40	0,95	0,95	1,40

En la **Tabla 4.6** se registran las corrientes obtenidas por el software de cortocircuito de todo el sistema eléctrico en cada Bus y como resultado se considera la corriente trifásica como corriente simétrica, y para el dimensionamiento del sistema deberemos trabajar con el valor asimétrico. Para convertir una corriente simétrica en asimétrica, se con un factor de asimetría de 1,5 esto se establece en la normativa IEEE C71.010-2016, establece una condición máxima de asimétrica en condiciones de falla, y se la considera como la corriente de cortocircuito más elevada, porque se requiere para la adecuada selección de capacidad interruptora de las protecciones eléctricas instaladas y la bifásica como la mínima de 0.14 *kA* de corriente de cortocircuito con un tiempo de actuación que no debe superar los 0.03 segundos desde el inicio de la falla.

Se detalla las protecciones principales que actúan en los tableros eléctricos que posee la planta, considerando que existe el desgaste de los equipos que provocan erróneas ejecuciones durante una falla. En la **Tabla 4.7**, se detallan los equipos de protección de los tableros eléctricos.

Tabla 4.7 Tablero Eléctricos actual Interruptores termomagnéticos

Tablero Eléctricos					Rango	Registro de operación o servicio	
ID	ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	<i>kA</i>	BUS ID	Asimétricas (<i>kA</i>)
TPA1	CB1	Legrand	DPX250	IEC	60	BUS 4	10,30
T2	CB5	General Electric	S/N	IEC	100	BUS 13	9,10
T3	CB10	Metasol	ABN 53c	IEC	30	BUS 18	6,20
T4	S/N	S/N	S/N	IEC	S/N	BUS 23	8,00
T5	CB11	MEC	ABE203b	IEC	35	BUS 26	8,80
T6	CB12	S/N	S/N	IEC	S/N	BUS 28	4,90
T7	CB13	General Electric	S/N	IEC	40	BUS 30	6,30
T8	CB14	S/N	S/N	IEC	S/N	BUS 35	2,80

En la **Tabla 4.7**, se registran valores de actuaciones de los equipos de protección de los tableros de la planta, dentro de las características de fabricación de cada equipo indican que fueron diseñados para interrumpir valores de corriente de cortocircuito simétricas como asimétricas. Identificada mediante los valores obtenidos por el software ETAP, se observa que en cada tablero eléctrico en caso de una falla de cortocircuito no supera el 11 *kA*, por lo tanto, estas protecciones cumplen con la capacidad de dicho valor, pero se encuentran sobredimensionadas.

Reconocer que estas son la capacidad de los equipos eléctricos en acción de una corriente de cortocircuito y se debe tener en cuenta para tener criterios de selectividad de protecciones, también por defecto se debe verificar la curva de tiempo-corriente del equipo para el ajuste y con ello se cambia el rango de corriente de cortocircuito, para el modelado de protecciones eléctricas.

4.5.9 Análisis del diagrama Unifilar.

En el análisis implementado en el software ETAP se identificó ciertos puntos críticos en el circuito eléctrico actual de la planta, registrando que los equipos electromecánicos no cuentan con el dimensionamiento adecuado, por la falta de criterios de selectividad de los equipos eléctricos, algunos se encuentran sobredimensionados y sobredimensionados a condiciones no referenciadas a las corrientes nominales de los motores y además el transformador se encuentra en un estado margina. A continuación, en la **Figura 4,8** se representan los equipos eléctricos que tienen fallas.

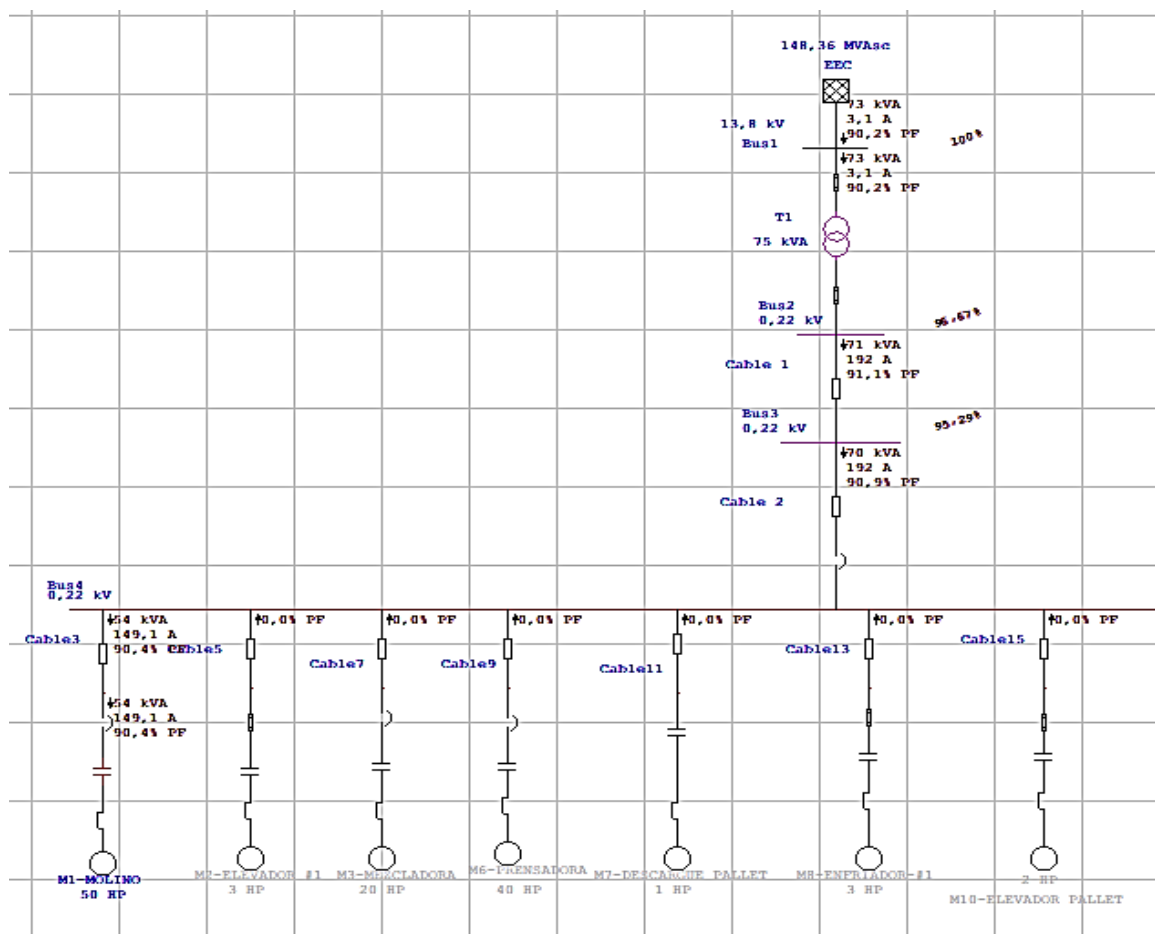


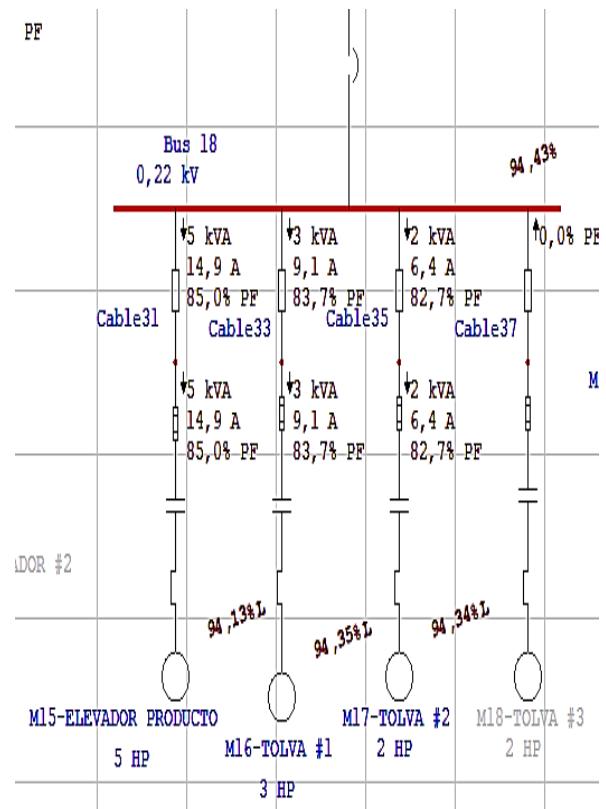
Figura 4.8 Proceso 2 molino actuación del proceso.

En la **Figura 4.8**, se identifica que existe defectos críticos en el circuito de fuerza para el contactor del motor M1 su corriente nominal es de 141 A y el equipo está dimensionado con 125 A, por tal motivo se encuentra en falla, además se registra para el proceso más crítico el molino, el transformador de 75 kVA se encuentra en un estado marginal por el efecto de sobrecarga consumiendo 71kVA.

Mencionar que algunos de los motores no cuentan con protecciones eléctricas que garanticen su óptimo funcionamiento, y algunos solo tienen la actuación de fusibles en conexión trifásica, una conexión de un fusible por cada línea esto no me garantiza que el motor esté protegido ya que al existir la actuación de uno por la elevada corriente de cortocircuito y los demás fusibles de las líneas sigan operando esto perjudica al motor con un desbalance de voltaje. A continuación, en la **Figura 4.9** se representan las condiciones del circuito real y con la simulación en ETAP.



(a) Tablero 3 Circuito actual



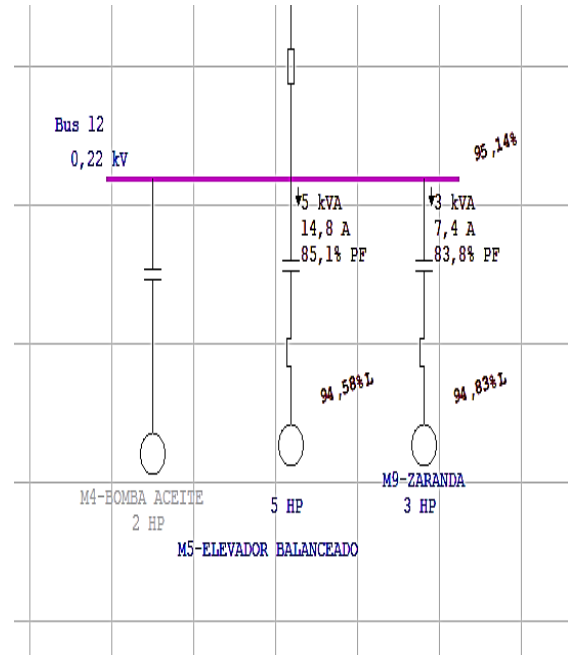
(b) Circuito eléctrico actual en ETAP.

Figura 4.9 Circuito eléctrico

Motores sin protecciones eléctricas estos se encuentran constante a permanente daños. En la siguiente imagen se presenta el esquema identificado para el tipo de conexión directa del motor 4 este se encuentra puenteado entre contactores.



(a) Circuito eléctricos fotografía



(b) Unifilar Actual

Figura 4.10 Motores eléctricos

En las **Figuras 4.9; 4.10** se muestra las condiciones del estado actual de las conexiones eléctricas de los motores y su representación en diagrama unifilar en el software ETAP, se identificó las falencias de las protecciones, considerando que algunos motores cuentan con conexión directa y en el nuevo rediseño se plantea mejoras con la interpretación de criterios en selectividad.

4.5.10 Curvas de operación las protecciones eléctricas

Para diseñar un sistema de coordinación selectiva de protecciones, se debe tener conocimientos del funcionamiento de las protecciones como el breaker de caja moldeada MCCB, Disyuntor MCB y los fusibles. Cada una de las protecciones debe tener un voltaje nominal y una capacidad igual o superior al voltaje del sistema y a su corriente de falla disponibles en el punto donde se instala la protección.

La capacidad interruptora se debe considerar los estudios de coordinación para analizar si se interrumpe la falla que se puede presentar con la máxima corriente de cortocircuito del dispositivo de protección, entonces, no se debe dejar de lado el análisis de la mínima corriente de cortocircuito que pueda interrumpir el breaker.

A continuación, se representarán las curvas de operación registradas por los equipos de protección eléctrico del circuito actual con datos reales registrados por el levantamiento de

información. Se utiliza como muestra las cargas importantes de planta. En las siguientes imágenes se muestran las curvas de operación de las protecciones eléctricas identificadas para las tres cargas de mayor consumo de los motores mencionados.

a) Motor 50 Hp Molino

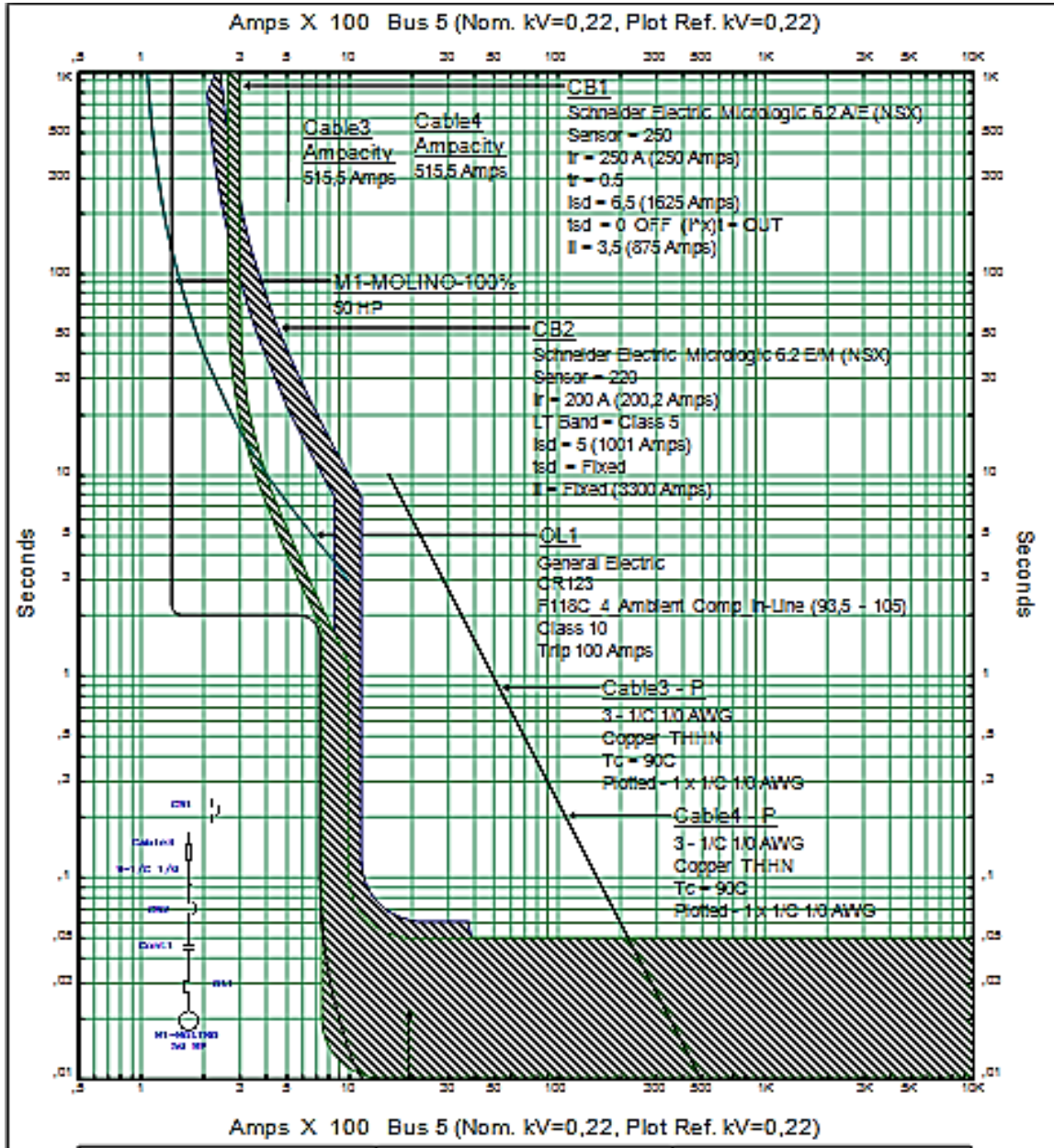


Figura 4.11 Curva M1 Actual

En la **Figura 4.11**, el Breaker principal de la planta corresponde a la curva de color blanco CB1 de 250 amperios, la curva de color gris CB2 de 200 amperios corresponde al breaker principal del circuito del motor M1. En caso de que suceda una falla en el M1, en primera instancia actuaría el interruptor CB2 con un tiempo de 0.01 segundos dada las circunstancias

primeramente se debería accionar el CB1 en su lugar. También se identifica que el relé térmico OL1 no se encuentra en los rangos no adecuados para la actuación de la protección del motor M1, se activaría de forma instantánea por la corriente nominal del motor. También el dimensionamiento del conductor del M1 se aprecia que está sobredimensionado, se observa que se encuentra distante de la corriente nominal del motor.

b) Motor 20 hp Mezcladora

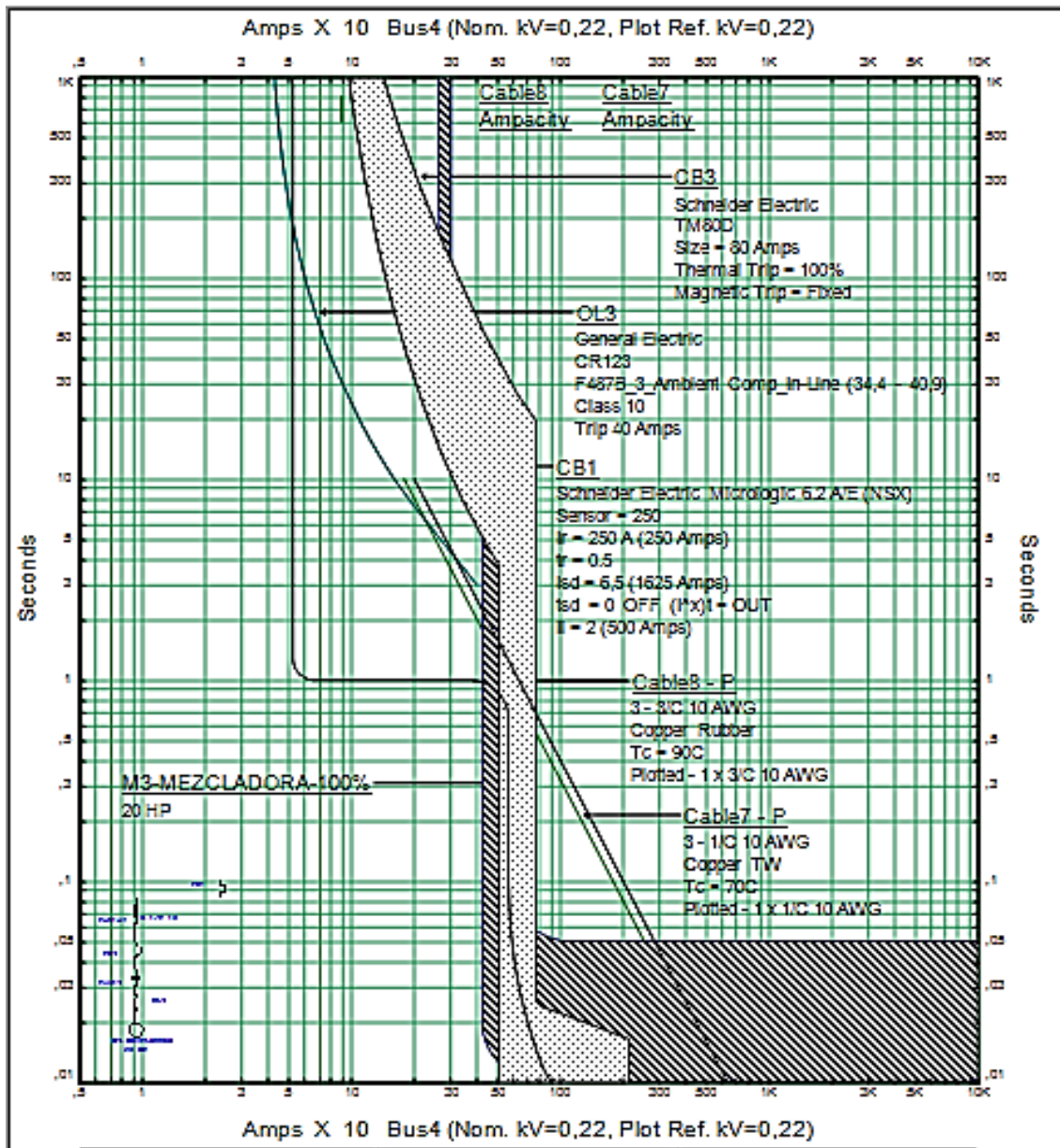


Figura 4.12 Curva M3 Actual

En la **Figura 4.12** se observa la actuación de la protección eléctrica del circuito del motor M3 de 20 hp, se observa que tanto la corriente de arranque y como la nominal, interfieren en las protecciones del circuito, se aprecia que la curva característica de cada uno de los equipos de

protección no existe una correcta coordinación de las protecciones, de color azul se presenta la protección Breaker CB1 general del circuito eléctrico y de color gris CB3 la protección principal del circuito eléctrico M3, se observa que esta no protege al conductor y presentaría daños por efectos de sobrecarga, perdiendo su propiedades de aislamiento y se podría generar una falla de cortocircuito, esto afectaría tanto la continuidad del sistema como la protección del motor al no accionar esta protección, además el relé termino OL3 su ajuste es de 40 amperios y la intensidad nominal del motor está en los 52.8 Amperios por lo cual no se encuentra correctamente ajustado y como consecuencia el proceso sea discontinuo.

c) Motor Prensadora 40 hp

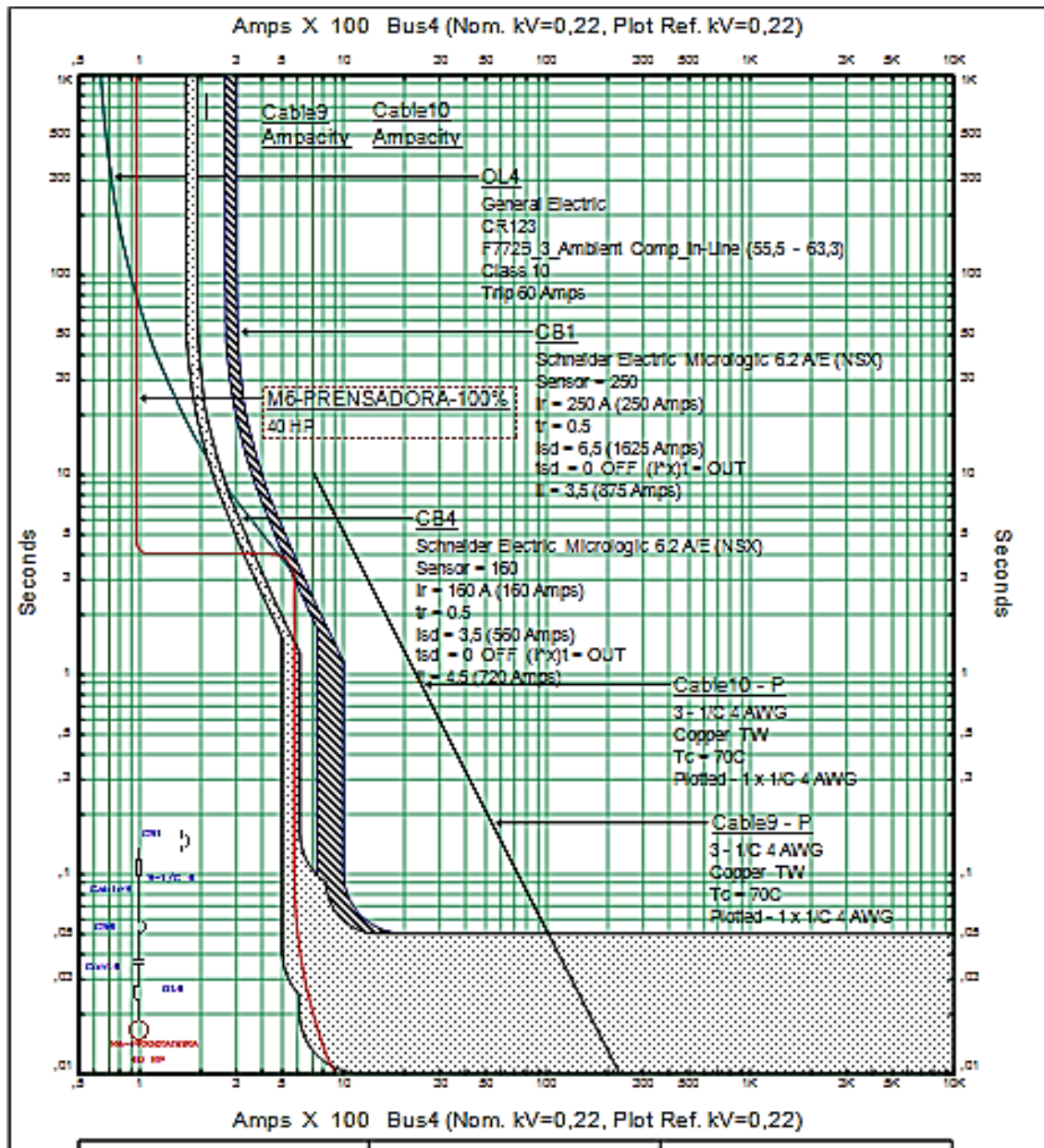


Figura 4.13 Curva M6 Actual

En la **Figura 4.13** se registran las curvas características de los equipos de protección para el circuito del motor M6 de 40 hp, también se observa que la corriente de arranque y la corriente nominal de 97 Amperios, interfieren en las protecciones del circuito y se aprecia que las curvas características de los equipos que son de 160 CB4 y 250 CB1 amperios no se encuentran correctamente coordinados, como se identifica la curva de color azul representa la protección Breaker CB1 del circuito general eléctrico y de color gris CB4 la protección principal del circuito eléctrico M3, Se observa que no se encuentra debidamente coordinado y el CB4 estaría a condiciones limitantes de producir un fallo por sobrecarga y esto afectaría al conductor eléctrico, esto afectaría tanto la continuidad del sistema como la protección del motor al no accionar esta protección, además el relé termino OL4 no se encuentra correctamente ajustado con referente a la intensidad nominal del motor y como consecuencia el proceso sea discontinuo.

4.5.11 Protecciones no coordinadas

- Tablero eléctrico 3

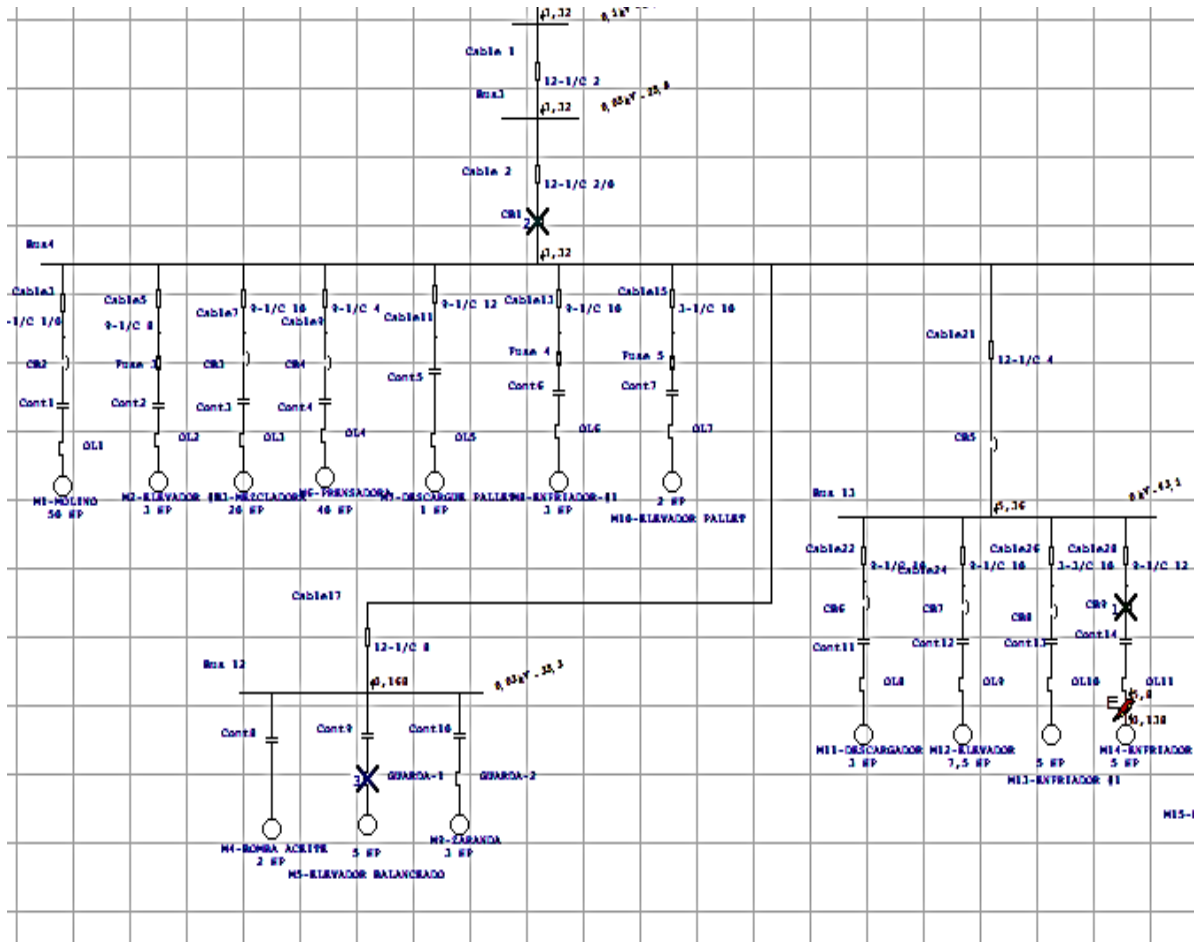


Figura 4.14 Circuito no coordinado

En la **Figura 4.14** se registra el procede de simulación de una falla en el motor M14 y las protecciones no tienen una correcta coordinación desde aguas abajo hacía aguas arriba, en la cual tampoco existe un criterio de selectividad adecuado con las protecciones, dado sea el caso al existir una falla no se podrá aislar de los demás circuitos en operación, dando como resultado el paro de todo el proceso.

4.5.12 Tiempos de actuación de corrientes de cortocircuito

En la **Figura 4.15**, se registra la simulación de cortocircuito mediante el uso del software y se puede verificar que el tiempo de reacción del interruptor termomagnético es muy lento, por lo tanto, la primera protección que actúa en el circuito es el fusible con un tiempo de 0,027 segundos. Como resultado se obtiene que el ajuste del tiempo en el interruptor principal para el tablero 3 no es el adecuado.

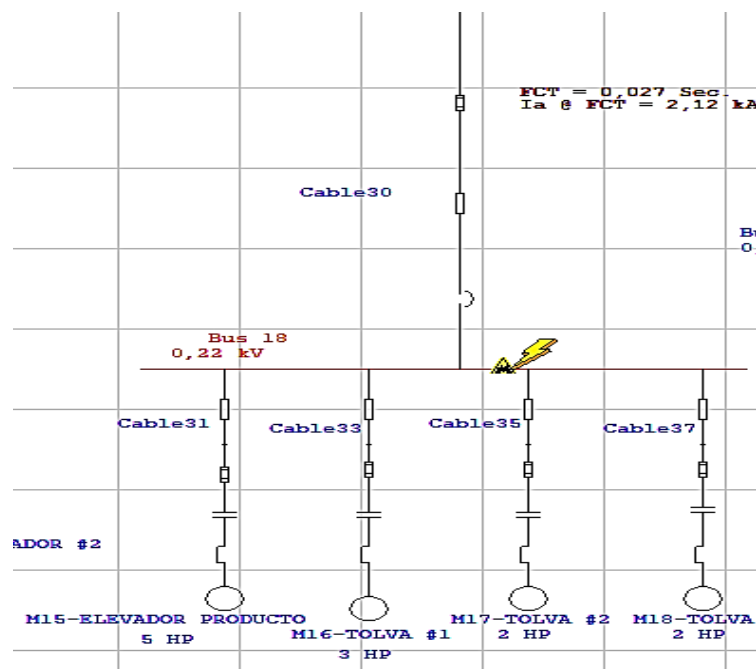


Figura 4.15 Tiempo de actuación equipos de protección

4.5.13 Análisis de demanda de la energía

Para analizar la calidad de energía en la empresa de balanceados PROBALBEN CIA.LTDA, se utilizó el equipo FLUKE 435 Serie II, por 7 días como lo recomienda por la regulación Arconel-053/18, donde menciona requerimientos necesarios para la medición, da a conocer que para cada lectura sea en el mes, la medición, registro y almacenamiento de los valores en cada punto seleccionado se efectuó durante un período de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, en intervalos de 10 minutos [41].

Para realizar el análisis de calidad de energía, se identificó el tipo de conexión que tiene el transformador, el cual suministra 220V entre línea y línea al tablero principal de alimentador de la planta, observando que es una conexión en estrella. A continuación, en las **Figuras 4.16 y 4.17**, se presenta el tipo de conexión que se procedió a realizar para la configuración de la conexión del cableado real y la conexión que se realizó en el tablero principal de alimentador de la empresa.

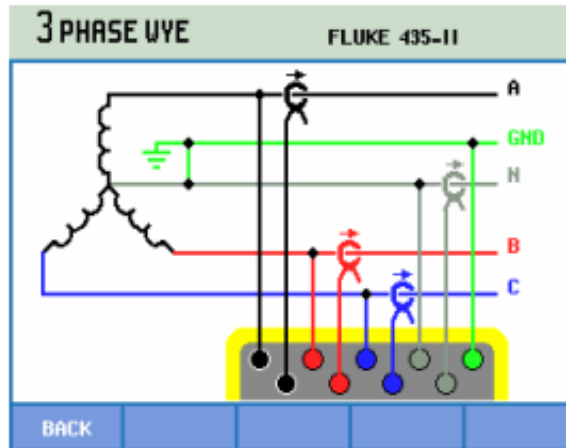


Figura 4.16 Configuración del cableado en estrella. [42]



Figura 4.17 Conexión en configuración en estrella tablero principal.

El equipo estuvo instalado por 7 días en el tablero principal de la planta, para el respectivo análisis de calidad de energía, con fecha 26-11-2021 hora 15:36:16 hasta 03-12-2021 hora 15:34:38, estas medidas son con un intervalo de cada 10 minutos establecidos por la ARCONEL. El analizador de redes se lo programó para el registro de parámetros en tensión y corrientes, frecuencia/desequilibrio, potencia, energía, armónicos y eventos en RMS.

También se realizó el análisis de calidad de energía a una de las cargas principales de la empresa, esta se dio referencia al motor más grande, para este caso sería el molino con un

motor de inducción de 50 hp, de la misma manera se procedió a identificar el tipo de conexión que tenía, identificando una conexión en triángulo. En las **Figuras 4.18 y 4.19** se presenta el tipo de conexión que se procedió a realizar para la conexión del cableado real y la conexión en físico realizada en el motor de 50hp.

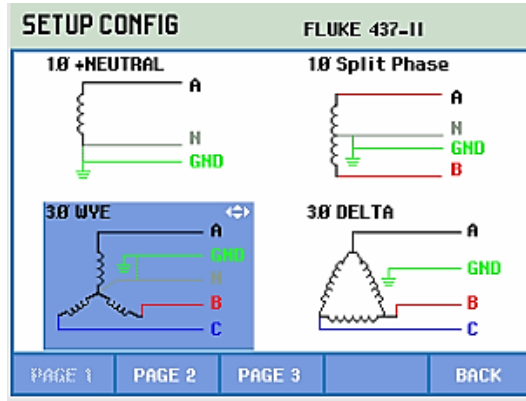


Figura 4.18 Configuración de conexión en delta [42].



Figura 4.19 Conexión en delta motor de 50hp molino.

De igual manera el equipo estuvo instalado por 7 días en la carga principal de la empresa el motor de 50hp, para el respectivo análisis de calidad de energía, con fecha 10-12-2021 hora 11:06:25 hasta 17-12-2021 hora 11:04:55. Estas medidas son con un intervalo de cada 10 minutos establecidos por la ARCONEL. Al analizador de redes se lo programó para el registro de parámetros en tensión y corrientes, frecuencia/desequilibrio, potencia, energía, armónicos y eventos en RMS.

4.5.13.1 Mediciones Potencias suministradas transformador

Se analizó las potencias obtenidas por el analizador de redes FLUKE 435 Serie II, ubicado en el tablero principal alimentador de la empresa por un lapso de 7 días como lo rige la normativa

ARCONEL, con fecha 26-11-2021 hora 15:36:16 hasta 03-12-2021 hora 15:34:38 en un periodo de registro en el lapso de 10 minutos. Obteniendo los siguientes resultados, valores significativos la potencia reactiva, activa y aparente. En el **Anexo G** se presenta el informe total del Analizador de redes.

- A continuación, en la **Figura 4.20** se registrarán las potencias en el día 1.

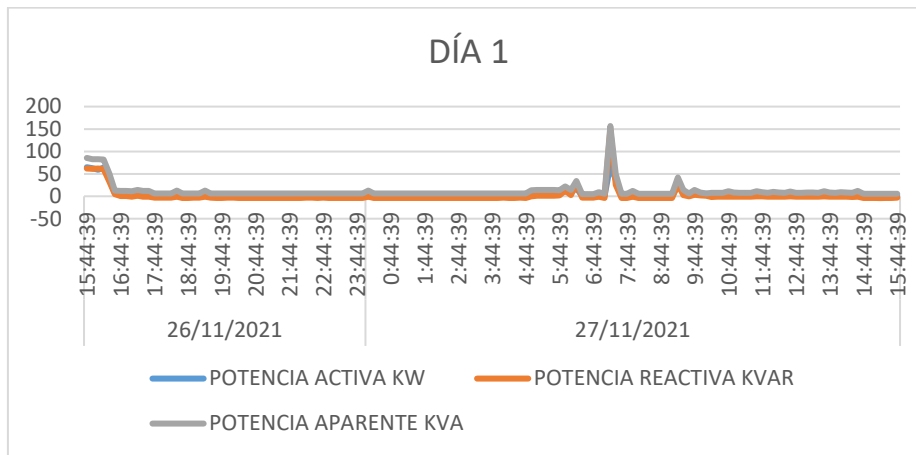


Figura 4.20 Diagrama estadístico de potencias día 1.

En la **Figura 4.20**, se observa las tres potencias activas, reactiva y la aparente, en el tiempo de un día y existe una variación de flujos de potencias, considerando que la potencia aparente es el consumo total de la empresa a plena carga de labor registrando un valor de 156,72 *kVA* con la fecha 27-11-2021 a las 6:44:39 y 7:44:39, este valor se produce debido a la elevada corriente que necesitan para el arranque necesario del motor y se produce en un periodo corto.

- En la **Figura 4.21**, se registrarán las potencias en el día 2, considerando la potencia total del consumo.

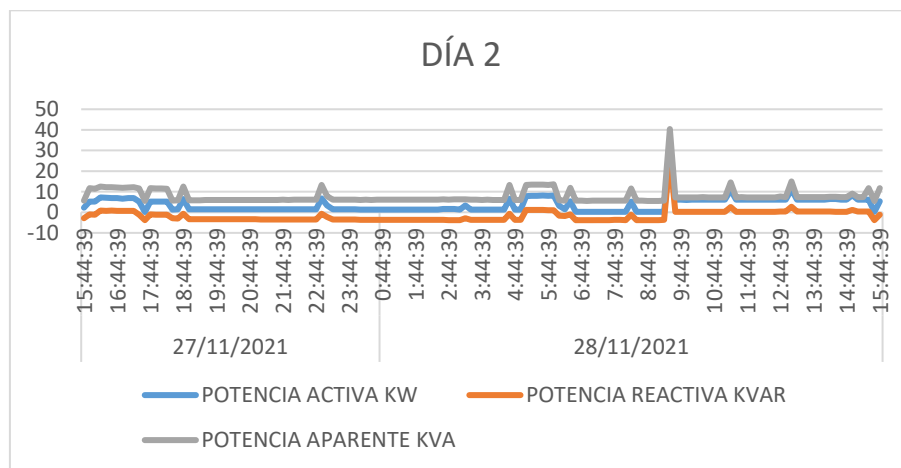


Figura 4.21 Diagrama estadístico de potencias día 2.

En la **Figura 4.21**, se registran el consumo del día 2 dando un valor de potencia aparente 40,51 *kVA*, con fecha 28-11-2021 a las 8:44:39 y 9:44:39, este valor se produce debido a la elevada corriente que necesita para el arranque de los motores de gran potencia y se produce en un periodo corto.

- En la **Figura 4.22**, se registrarán las potencias en el día 3, considerando la potencia total del consumo.

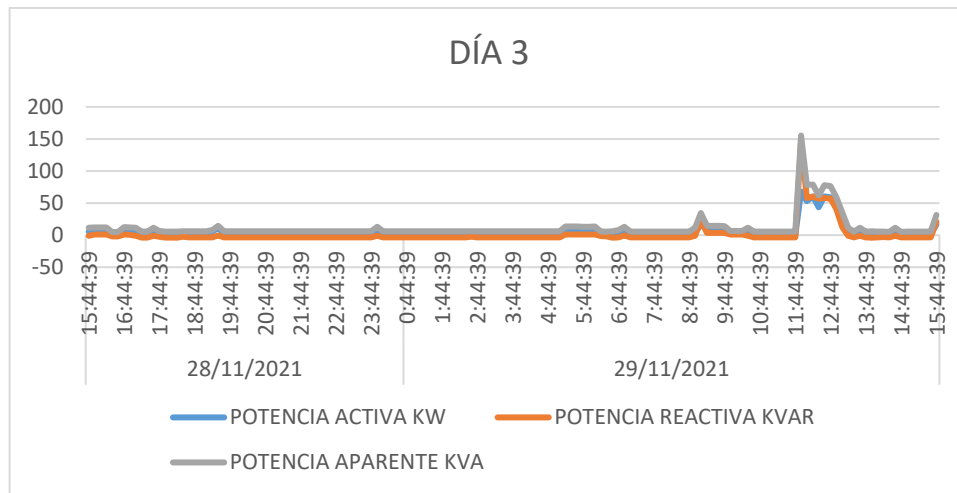


Figura 4.22 Diagrama estadístico de potencias día 3.

En la **Figura 4.22**, se registran el consumo del día 3 dando un valor de potencia aparente 155,37 *kVA*. con fecha 29-11-2021 a las 11:44:39 y 12:44:39, este valor se produce debido a la elevada corriente que necesitan para el arranque de los motores de gran potencia y se produce en un periodo corto.

- En la **Figura 4.23**, se registrarán las potencias en el día 4, considerando la potencia total del consumo.

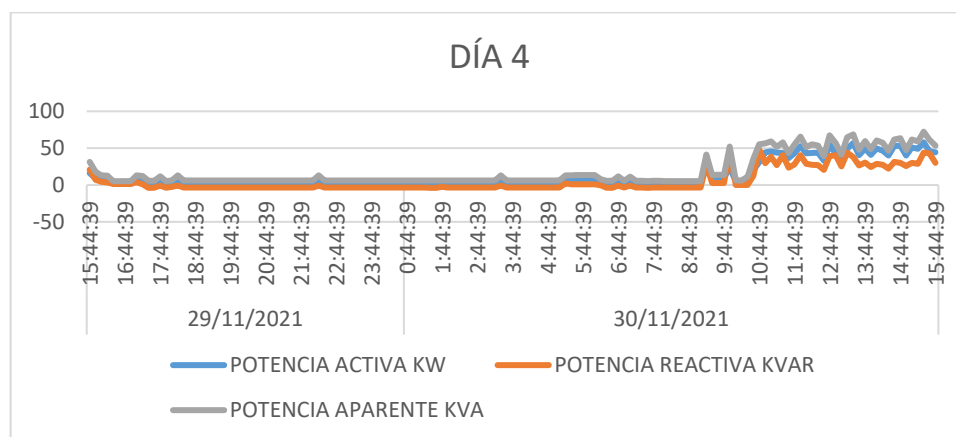


Figura 4.23 Diagrama estadístico de potencias día 4.

En la **Figura 4.23**, se registran el consumo del día 4 dando un valor de potencia aparente de 72,36 *kVA*, con fecha 30-11-2021 a las 14:44:39 y 15:44:39 este valor se produce debido a la elevada corriente que necesita para el arranque de los motores de gran potencia y se produce en un periodo corto.

- En la **Figura 4.24**, se registrarán las potencias en el día 5, considerando la potencia total del consumo.

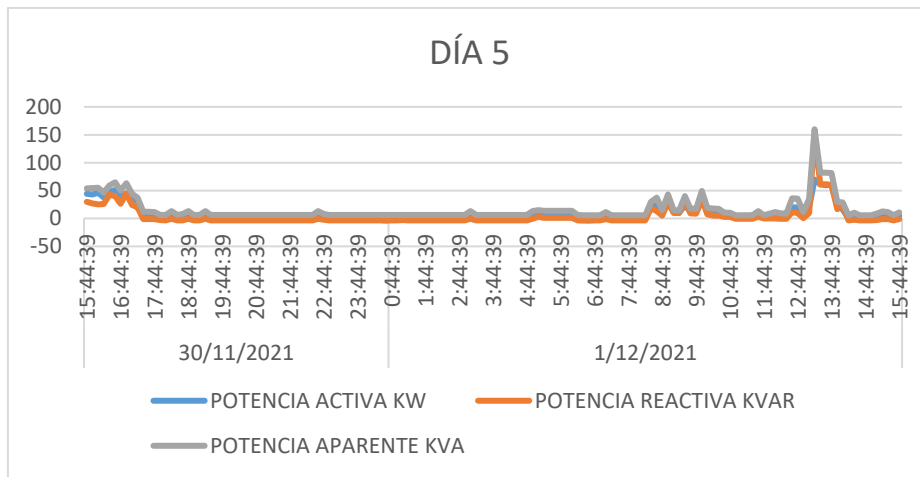


Figura 4.24 Diagrama estadístico de potencias día 5.

En la **Figura 4.24**, se registran el consumo del día 5 dando un valor de potencia aparente de 159,93 *kVA*, con fecha 1-12-2021 a las 12:44:39 y 13:44:39 este valor se produce debido a la elevada corriente que necesita para el arranque de los motores de gran potencia y se produce en un periodo corto.

- En la **Figura 4.25**, se registró el Día 6, considerando la potencia total del consumo la potencia aparente.

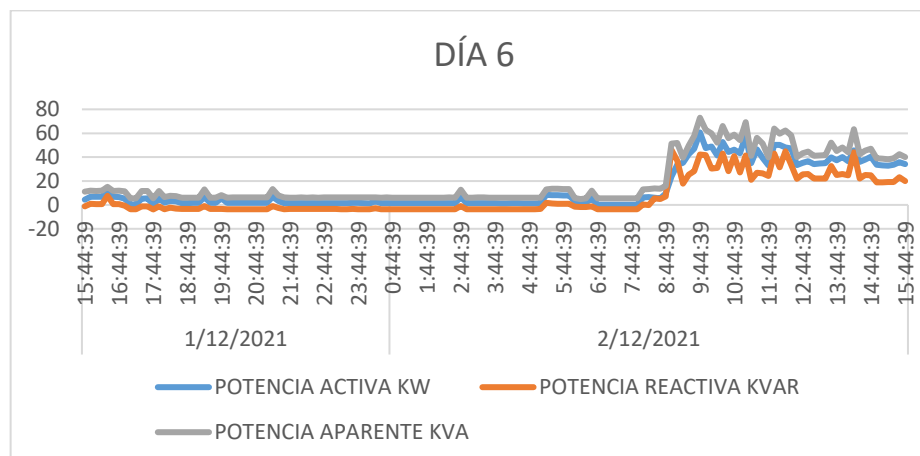


Figura 4.25 Diagrama estadístico de potencias día 6.

En la **Figura 4.25**, se registran el consumo del día 6 dando un valor de potencia aparente de 72,99 *kVA*, con fecha 02-12-2021 a las 9:44:39 y 10:44:39, este valor se produce debido a la elevada corriente que necesita para el arranque de los motores de gran potencia y se produce en un periodo corto.

- En la **Figura 4.26**, se registrarán las potencias en el día 7, considerando la potencia total del consumo y la potencia aparente.

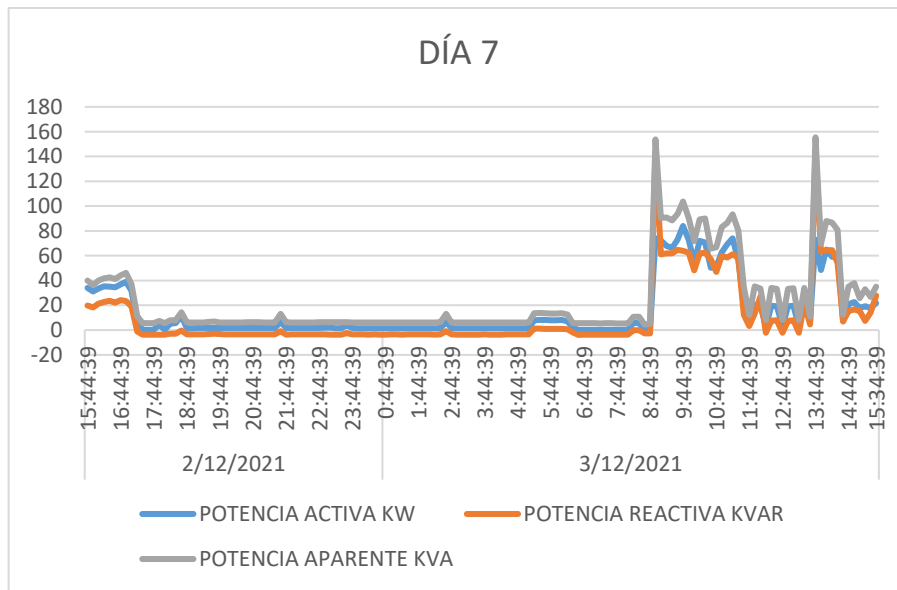


Figura 4.26 Diagrama estadístico de potencias día 7.

En la **Figura 4.26**, se registran el consumo del día 7 dando un valor de potencia aparente de 155,46 *kVA* con fecha 03-12-2021 a las 13:44:39 y 14:44:39 este valor se produce debido a la elevada corriente que necesita para el arranque de los motores de gran potencia y se produce en un periodo corto.

4.5.13.2 Potencia consumida por el motor de 50 hp molino

Se realizó el análisis de potencias en una de las cargas principales inductoras de la empresa el molino con un motor de 50 Hp, Se realizó la ubicación del analizador de redes, identificando que tiene una conexión delta y el registro se lo realizó por el lapso de 7 días como lo rige la normativa ARCONEL, con fecha 10-12-2021 hora 11:06:25 hasta 17-12-2021 hora 11:04:55. estas medidas son con un intervalo de cada 10 minutos establecidos.

- A continuación, se presentarán en la **Figura 4.27** se registrarán las potencias en el día 1.

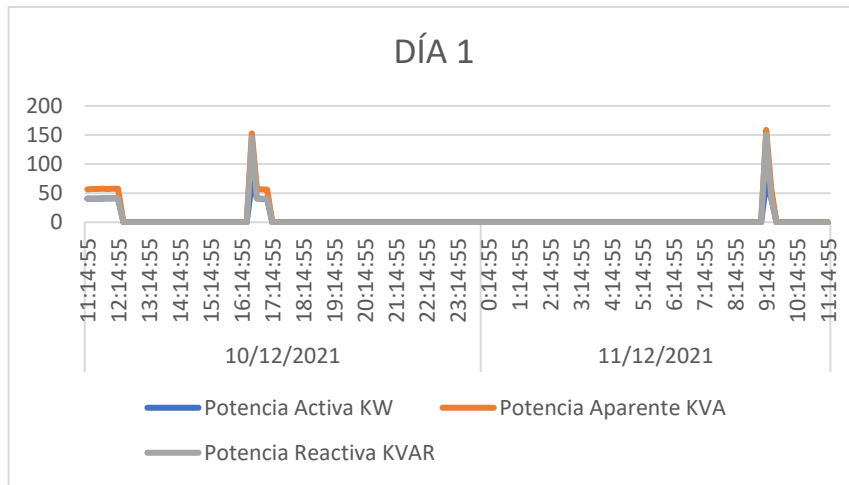


Figura 4.27 Diagrama estadístico de potencias día 1.

En la **Figura 4.29**, es el registro del motor en operación, observando que tiene un valor de potencia aparente que es el consumo total a plena carga en el lapso de tiempo de dos días. Con fecha 10/12/2021 hora 16:14:55 con un valor de 153.76 *kVA* y con fecha 11/12/2021 hora 9:14:55 con un valor de 158.7 *kVA* este valor se produce debido a la elevada corriente que necesita para el arranque del motor y se produce en un periodo corto.

En la **Figuras 4.28; 4.29; 4.30**, se registrarán las potencias en la curva de operación del motor de los días 2; 3; 4.

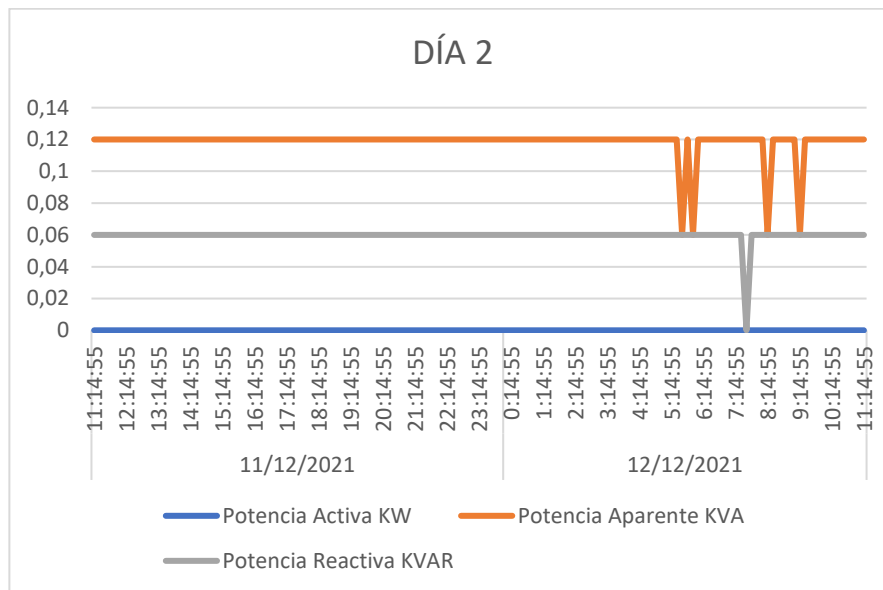


Figura 4.28 Diagrama estadístico de potencias día 2.

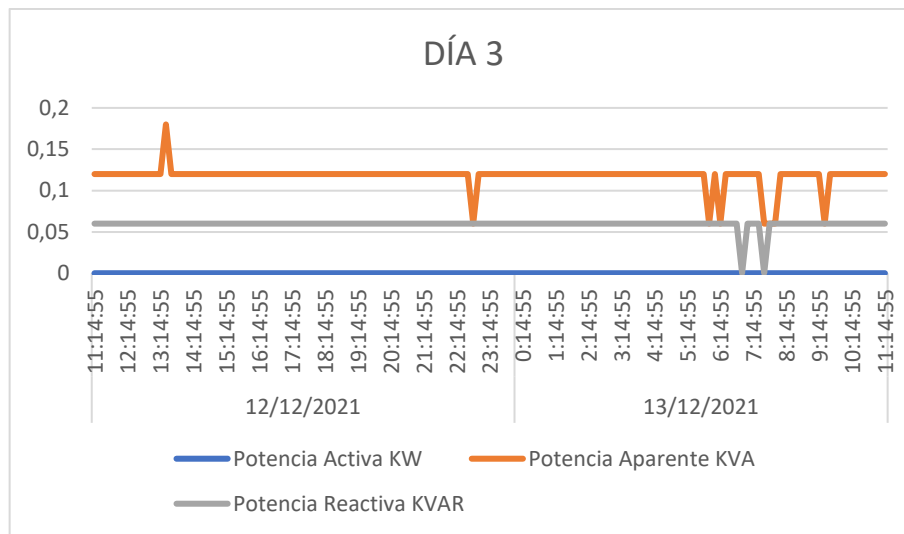


Figura 4.29 Diagrama estadístico de potencias día 3.

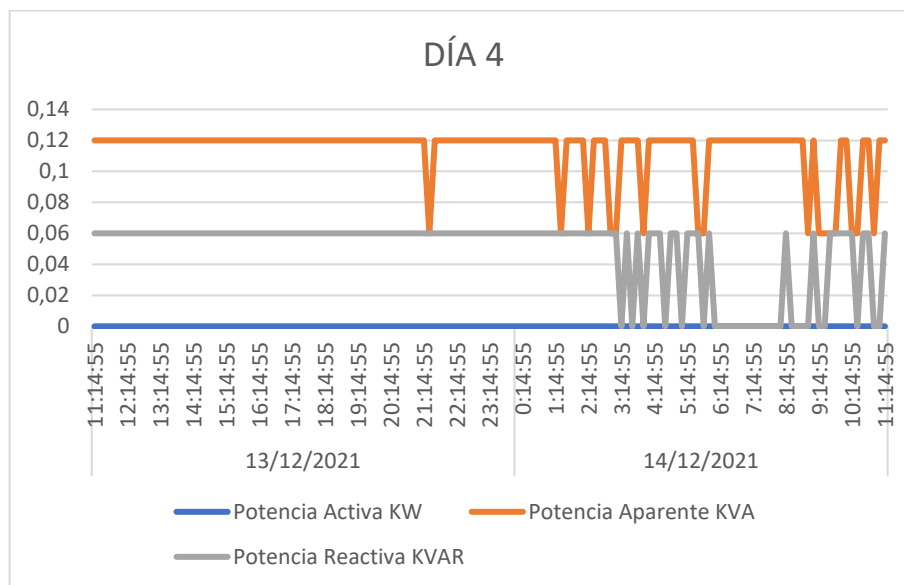


Figura 4.30 Diagrama estadístico de potencias día 4.

En la **Figura 4.28;4.29;4.30** no se observa el consumo de potencias porque el motor no está en operación dentro de la empresa.

- En la **Figura 4.31**, se observa que el motor ya entró en operación el día 14-12-2021, a continuación, se presenta la potencia consumida.

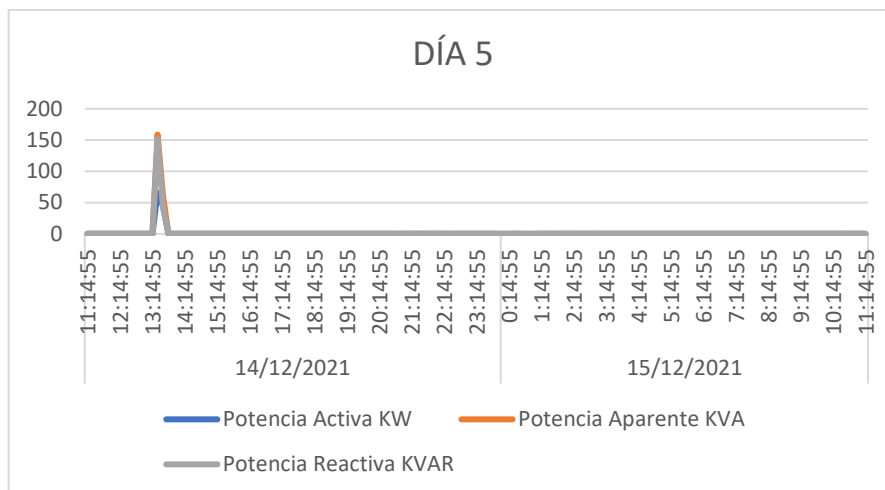


Figura 4.31 Diagrama estadístico de potencias día 5.

En la **Figura 4.31**, el motor consume una potencia total de 158,88 *kVA* a plena carga, en el tiempo de 13:14:55 y 14:14:55 que estuvo en operación la empresa estos valores se producen debido a la elevada corriente que necesita para el arranque del motor y se produce en un periodo corto.

- En la **Figura 4.32**, se observa que el motor entró en operación el día 15-12-2021 y a continuación, se presenta la potencia consumida.

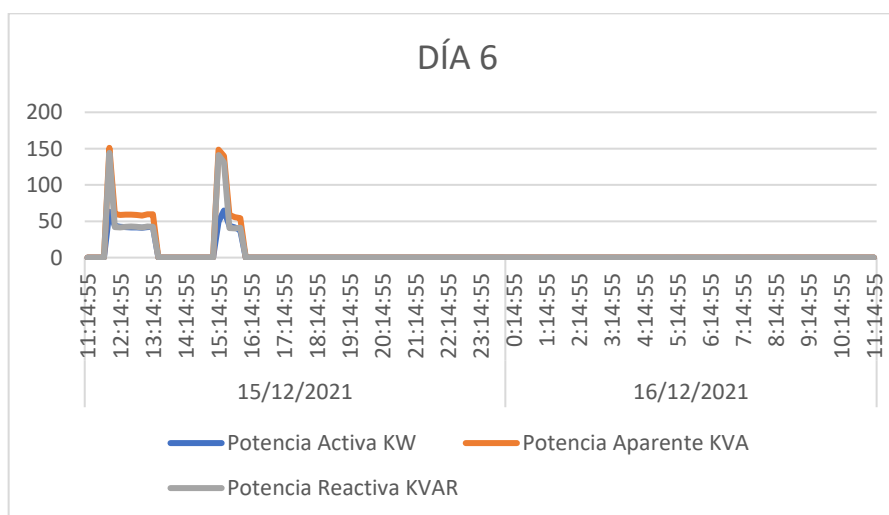


Figura 4.32 Diagrama estadístico de potencias día 6.

En la **Figura 5.32**, el motor consume una potencia total de 151,08 *kVA* a plena carga en el tiempo de 11:14:55 hasta las 13:14:55 y también en el transcurso de una hora después se acciona el motor con un valor de 148.44 *kVA* en el tiempo de 15:14:55 y 16:14:55 estos valores se producen debido a la elevada corriente que necesita para el arranque del motor y se produce en un periodo corto.

- En la **Figura 4.33**, se observa que el motor también entró en operación en el día 16/12/2021 y también el día 17/12/2021 a continuación, se presenta la potencia consumida.

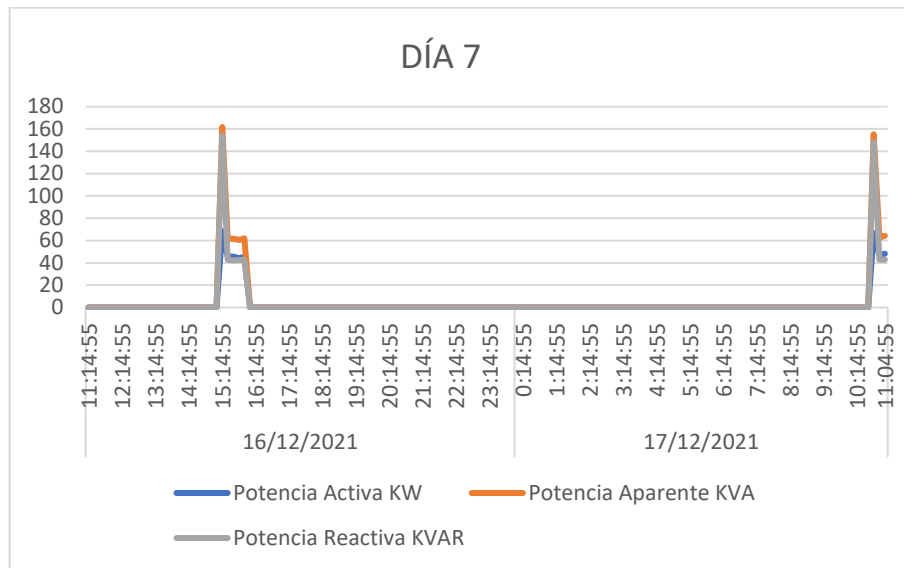


Figura 4.33 Diagrama estadístico de potencias día 7.

En la **Figura 5.33**, el motor consume una potencia total de 154,14 *kVA* a plena carga, en el tiempo 15:14:55 hasta 16:14:55 y también en el transcurso de unas horas después se acciona el motor con un valor de 155.16 *kVA* en el tiempo de 10:14:55 y 11:04:55, estos valores se producen debido a la elevada corriente que necesita para el arranque del motor y se produce en un periodo corto.

4.5.14 Análisis termográfico

Se utilizó una cámara termográfica de la marca SATIR modelo Pk 80, nos permitió realizar una inspección termográfica, donde se pone la cámara delante del objeto a estudiar.

La termografía infrarroja en mantenimiento predictivo, es nueva en la industria, por sus grandes ventajas, se ha involucrado en los programas de mantenimiento de forma creciente.

La termografía infrarroja es una técnica no destructiva y sin contacto, está basada en la radiación infrarroja que los cuerpos emiten o reflejan, todo el cuerpo que tenga temperatura por encima del cero absoluto, irradia luz infrarroja, esta energía se emite en forma de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz de forma de radiación o por cualquier otro medio de conducción y está en relación directa con su temperatura, es decir cuánto más caliente está el objeto, mayor cantidad de radiación infrarroja emite y menor longitud de onda menor temperatura [43].

4.5.15 Procedimiento para la toma de termogramas en un tablero eléctrico.

➤ Paso 1 Descubrir el tablero eléctrico.

Se debe retirar la tapa del tablero para tener una buena visión del circuito eléctrico y se debe considerar que todo el circuito del tablero eléctrico esté libre de cualquier objeto, de esta forma se mejorará la toma de lecturas con la cámara termográfica. Como se representa en la **Figura 4.34**.



(a) Limpieza del tablero eléctrico.



(b) Tablero eléctrico libre de suciedad.

Figura 4.34 Tablero eléctrico principal.

➤ Paso 2 Calibración de la cámara termográfica

El ajuste de los parámetros de medición es de gran importancia para la medición, en nuestro caso se utilizó una cámara termográfica de la marca SATIR modelo pk80. La calibración será con los siguientes pasos:

- Se realizará el ajuste del coeficiente de emisividad.
- Comprobación de la temperatura reflejada.
- Configuramos la distancia del objeto.
- Configuración de la humedad relativa y atmosférica.

Para realizar los pasos anteriores se tiene que dirigir a la opción de ajuste del equipo, posteriormente a parámetros de medición como se muestra en la **Figura 4.35**. En el **Anexo H** se explican los pasos de calibración del equipo.



Figura 4.35 Parámetros de medición.

➤ **Paso 3 Procedimiento para la toma de imágenes.**

Se procede a tomar imágenes termográficas con la cámara, identificando puntos calientes que existan dentro de los elementos de protección, conductores eléctricos, y motores. Se realizó por sectores, comenzando desde tablero principal (TP) y los demás tableros distribuidos dentro de la empresa, como se muestra en la **Figura 4.36**.



(a) Toma de imagen termográfica TP. (b) Toma de imagen termográfica N°4

Figura 4.36 Toma de imagen termográfica.

Como se muestran en las anteriores imágenes, se procede a la toma de imágenes termográficas del tablero de control TP y N°4, considerar que es una muestra del trabajo que se hizo para el análisis respectivo. Además, también se realizó una toma de imagen de las cargas inductivas, se hace referencia a los motores eléctricos que existen dentro de la empresa, por ello se tomó una imagen termográfica a cada uno. En la **Figura 4.37** se representa el proceso respectivo.



Figura 4.37 Toma de imagen termográfica a motores eléctricos.

En la **Figura 4.39** se muestra cómo se ejecutó la toma de imágenes térmicas, para cada motor existente dentro de la empresa.

4.5.16 Registro del análisis termográfico

El objetivo principal de análisis termográfico, es poder determinar los puntos calientes que existen dentro del sistema eléctrico de la empresa, esto se lo realizó a los diferentes tableros eléctricos los cuales energizan a diferentes motores. En el **Anexo I** se representan los puntos críticos notables en el circuito eléctrico de la planta.

En las siguientes figuras se puede observar fotografías termográficas en las conexiones y conductores.



a) Interruptor termomagnético

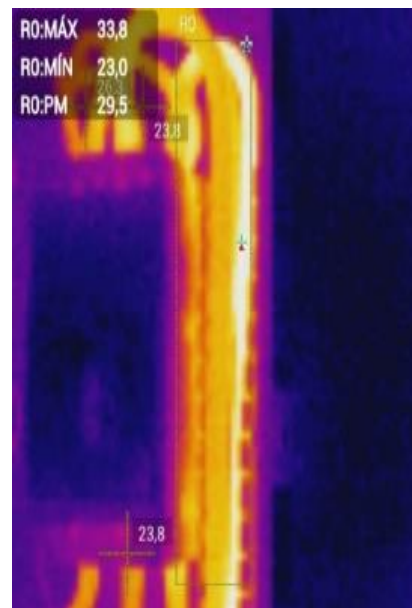


b) Termografía en la protección del tablero 2

Figura 4.38 Tablero 2



a) Interruptor principal



b) Termografía en el conductor que alimenta al tablero general.

Figura 4.39 Tablero general alimentador

En la **Figura 4. 38** se puede observar que la temperatura es de 84,5 °C lo cual se ha generado un punto caliente ya sea por un falso contacto y esto ocasiona que el conductor pierda sus características físicas de aislamiento. En la **Figura 4.39** se registra la lectura de 33,8°C la temperatura del conductor que alimenta al tablero principal de la empresa se encuentra elevada por la presencia pérdidas por efecto joule, disipado en forma de calor debido a la circulación de los electrones.

4.6 PROPUESTA DE MEJORA REDISEÑO ELÉCTRICO DE LA PLANTA PROBALBEN CIA.LTDA

4.6.1 Topología de los nuevos tableros eléctricos

Para el rediseño del circuito eléctrico se considera la distribución bajo el criterio de la NEC capítulo 15 de los tableros eléctrico principal y control, considerando las tres cargas importantes con grandes potencias ubicándose en distintos tableros, con la finalidad de no sobrecargar el circuito eléctrico.

Tabla 4.8 Rediseño Tableros Eléctricos

Tableros eléctricos	ID BUS	Descripción	Cantidad de Equipos
Tablero principal	BUS 4	Se alimenta la red de toda la empresa y se distribuye a los distintos tableros eléctricos de control.	10 interruptores termomagnéticos (MCCB)
Tablero control # 1	BUS 5	Molino	1 interruptor termomagnético (MCCB)
Tablero control # 2	BUS 7	Mezcladora	1 interruptor termomagnético (MCCB)
Tablero control # 3	BUS 9	Prensadora	1 interruptor termomagnético (MCCB)
Tablero de control # 4	BUS 11	Motores Auxiliares de maquinaria	1 interruptor termomagnéticos (MCCB) 7 interruptores termomagnéticos (MCB)
Tablero de control # 5	BUS 19	Almacenamiento de maíz	1 interruptor termomagnético (MCCB) 4 interruptores termomagnéticos (MCB)
Tablero de control # 6	BUS 24	Almacenamiento de aditivos	1 interruptor termomagnéticos (MCCB) 4 interruptores termomagnéticos (MCB)
Tablero de control # 7	BUS 29	Tablero de control variador de frecuencia	1 interruptor termomagnético (MCCB) 2 interruptores termomagnéticos (MCB)
Tablero de control # 8	BUS 32	Tablero control del caldero y cargas capacitivas	1 interruptor termomagnéticos (MCCB) 3 interruptores termomagnéticos (MCB)
Tablero de control # 9	BUS 36	Tablero de control del compresor, riego de agua y Luminaria postes	1 interruptor termomagnéticos (MCCB) 5 interruptores termomagnéticos (MCB)

En el **Anexo J1** se detalla la distribución referenciada de los tableros eléctricos ubicados en la planta para el nuevo rediseño eléctrico de la empresa PROBALBEN CIA.LTDA cada uno detallando su distancia en metros.

A continuación, se detalla la forma esquemática de los tableros eléctricos.

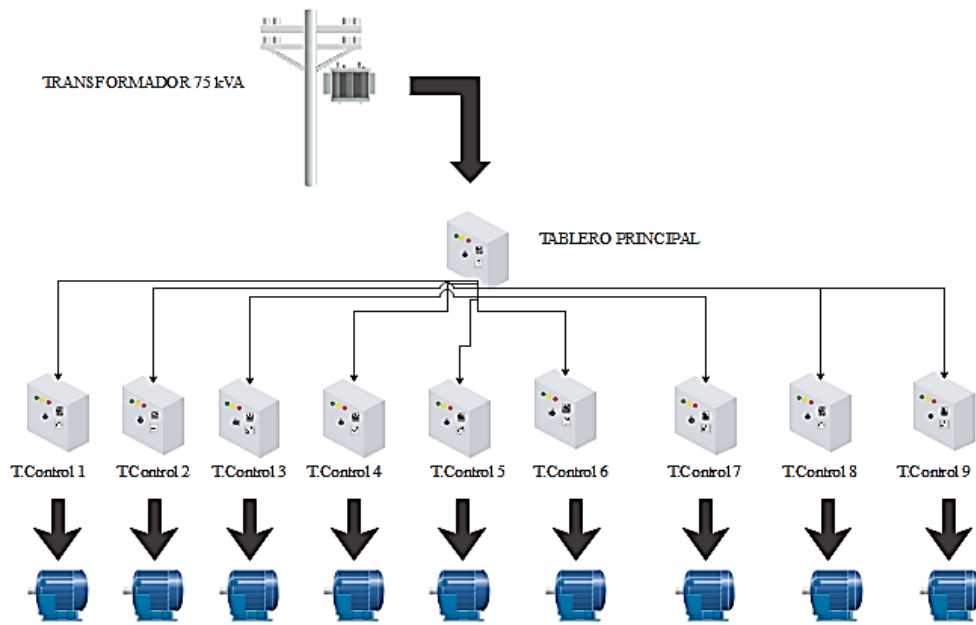


Figura 4.40 Topologías tableros eléctricos

4.6.2 Diagrama Unifilar rediseño del circuito eléctrico de la planta

A continuación, en la **Figura 4.41**, se presenta el resumen del diagrama unifilar del nuevo rediseño de la empresa de balanceados PROBALBEN CIA.LTDA.

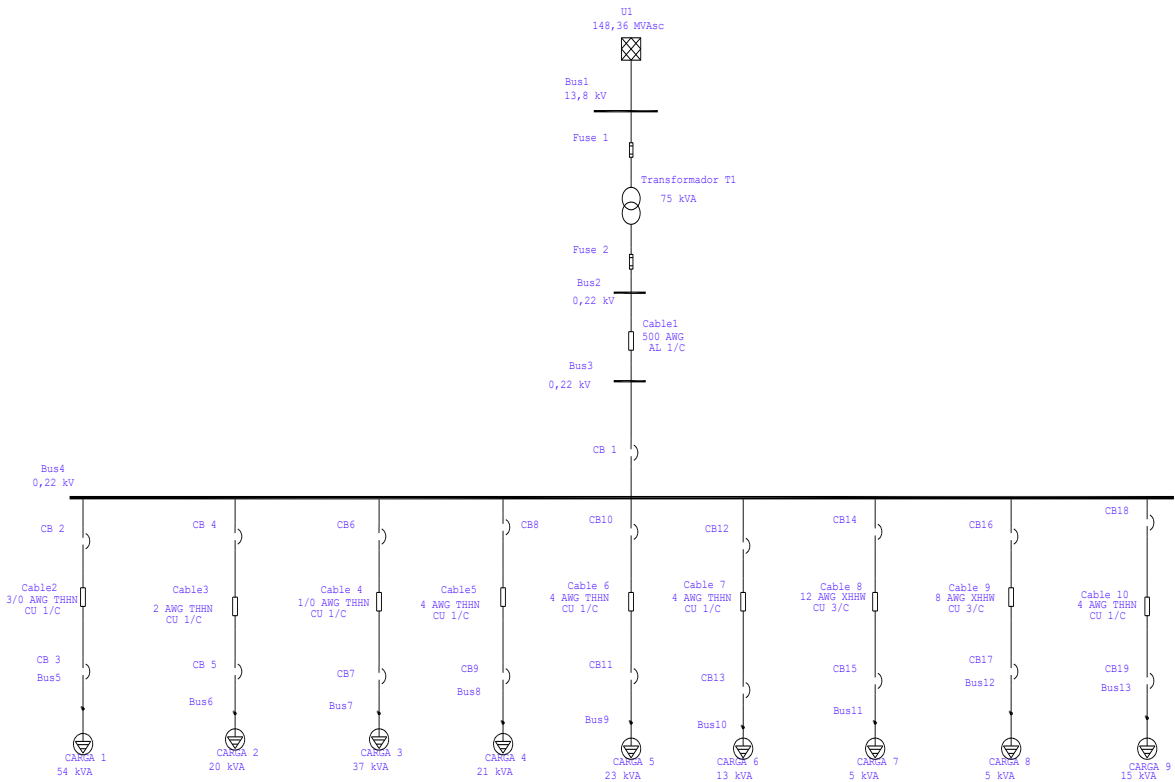


Figura 4.41 Resumen del diagrama unifilar nuevo rediseño de la empresa PROBALBEN CIA.LTDA

En la **Figura 4.41** se muestra el resumen del rediseño de la empresa identificando los tableros que existen y con sus respectivas cargas. El diagrama unifilar completo se presenta en el **Anexo J2**.

4.6.3 Dimensionamiento de conductores eléctricos

Se efectuó el cálculo que la ampacidad de los nuevos conductores, tomando en cuenta la corriente nominal de cada motor y se aplicó la ecuación (4.2) para el dimensionamiento de los conductores, obteniendo como resultado la capacidad nominal del conductor para cada motor y se lo registra en la **Tabla 4.9**, este valor se implementará como criterio para la selección del cable, con la finalidad de mejorar la calidad de la tensión en el del sistema eléctrico en la planta.

Tabla 4.9 Dimensionamiento de conductores

ID MOTOR	Hp	Corriente Nominal (A)	Corriente de conductor (A)	CONDUCTOR	Corriente Admisible (A)
M1	50	141	176,25	1/C - 3/0 AWG-CU-THHN	225
M3	20	52,8	66	1/C- 2 AWG-CU-THHN	130
M6	40	96,57	120,71	1/C -1/0 AWG-CU-THHN	170
M2	3	9,5	11,87	3/C-10AWG-CU-XHHW	35
M4	2	5,96	7,45	3/C-12AWG-CU-XHHW	25
M5	5	14	17,5	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M7	1	3,73	4,66	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M8	3	8,67	10,84	3/C-10AWG-CU-XHHW	35
M9	3	6,5	8,12	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M10	2	6,12	7,65	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M11	3	8,5	10,62	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M12	7,5	20	25	3/C-8AWG-CU- XHHW	55
M13	5	16	20	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M14	5	16	20	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M15	5	14	17,5	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M16	3	8,58	10,72	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M17	2	6,08	7,6	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M18	2	6,08	7,6	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M19	3	7,8	9,75	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M20	1	3,24	4,05	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M21	1	11	13,75	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M22	0,14	3,62	4,525	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M23	1	13	16,25	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M24	7,5	19,1	23,87	3/C-8AWG-CU- XHHW	55
Carga capacitiva	-	9,71	12,14	2/C-12AWG-CU-XHHW	25
Lámparas Postes	-	9,17	11,46	1/C-2/0 AWG-AL-THHW	150

Como se observa en la anterior tabla, son los resultados obtenidos para el nuevo rediseño de los conductores del circuito eléctrico, para alimentación de los motores en la planta PROBALBEN. Se procede a la búsqueda en catálogos comerciales a nivel nacional con las ampacidades obtenidas para la implementación, los catálogos se encontrarán en los anexos.

Una vez seleccionado el tipo de conductor para los motores, se obtienen los cálculos para el diseño del tramo desde el tablero de distribución hacia los tableros de control y tramo desde el transformador hasta el tablero de distribución. A continuación, se presentan los resultados obtenidos por el cálculo.

Tabla 4.10 Conductores aceptables para los tramos Transformador y Tableros

Conductor	Corriente Admisible (A)	ID BUS	Tablero eléctrico	CONDUCTOR	Corriente Admisible (A)
		BUS 5	Tablero control # 2	NEC 1/C - 3/0 AWG- CU-THHN	225
		BUS 7	Tablero control # 3	NEC 1/C- 2 AWG- CU-THHN	130
		BUS 9	Tablero control# 4	NEC 1/C -1/0 AWG- CU-THHN	170
		BUS 12	Tablero de control # 5	NEC 1/C- 4 AWG- CU-THHN	95
Transformador 75 <i>kVA</i>	NEC 1/C – 500 AWG- AL- RUBBER	290	Tablero de distribución BUS 4	BUS 21 Tablero de control # 6 NEC 1/C-4AWG- CU-THHN	95
				BUS 27 Tablero de control # 7 NEC 1/C-4AWG- CU-THHN	95
				BUS 33 Tablero de control # 8 NEXANS 3/C-12AWG- CU-XHHW	25
				BUS 37 Tablero de control # 9 NEC 3/C-8AWG- CU-XHHW	55
				BUS 42 Tablero de control #10 NEC 1/C-4 AWG- CU-THHN	95

4.6.4 Dimensionamiento de protecciones eléctricas

En el nuevo rediseño se propone interruptores termomagnéticos de caja moldeada (MCCB) para los tableros de distribución e interruptores termomagnéticos (MCB) para los motores eléctricos, se buscará en el medio local mediante catálogos equipos de protección, su selectividad será mediante la corriente de operación de los equipos diseñados más el 25% como lo rige la normativa IEEE Std 242-2001 cumpliendo condiciones de actuación a corrientes de cortocircuito simétricas y asimétricas. Los interruptores automáticos de baja tensión están clasificados para una capacidad de interrupción de cortocircuito basada en semiciclos. Como se indicó, los MCCB a veces pueden operar tan rápido que funcionan en modo de limitación de corriente, lo que significa que trabajan para limitar la corriente de cortocircuito antes de alcanzar la primera corriente máxima.

De acuerdo con lo dicho anteriormente, todas las protecciones propuestas en este rediseño pueden soportar tanto corriente de cortocircuito simétricas y asimétricas En el **Anexo J3** se detalla las protecciones seleccionadas para los tableros y cargas, con la relación de corrientes de cortocircuito.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE FLUJOS DE CARGAS SISTEMA ACTUAL Y REDISEÑO ELÉCTRICO

En la **Figura 5.1** se presenta los registros obtenidos de la simulación del flujo de carga para el proceso 2 Molienda, se considera uno de los procesos más importantes de la planta para la elaboración del balanceado y se encuentra ubicado el motor más grande de 50 Hp, por ende se hace el registro considerando la actuación en tiempo real de la planta, identificando la caída de tensión en porcentaje de cada Bus para actuación de este proceso, y para validar que existe caída de tensión se debe tener como referencia los porcentajes establecidos por normativa para efectuar un rediseño del sistema eléctrico, se hace referencia que se debe considerar con el 3% tener un rango moderado y al tener 5% significa un rango crítico que no debe superarlo como lo determina NEC/NFPA70, esto provoca que se pierda energía y el proceso sea menos eficiente aumentando también la intensidad.

Se realiza el registro para la verificación de los voltajes en porcentaje mediante el software tomando en cuenta el funcionamiento de las cargas a 100% en el proceso de molienda tanto para el sistema actual, como en las siguientes gráficas los resultados obtenidos.

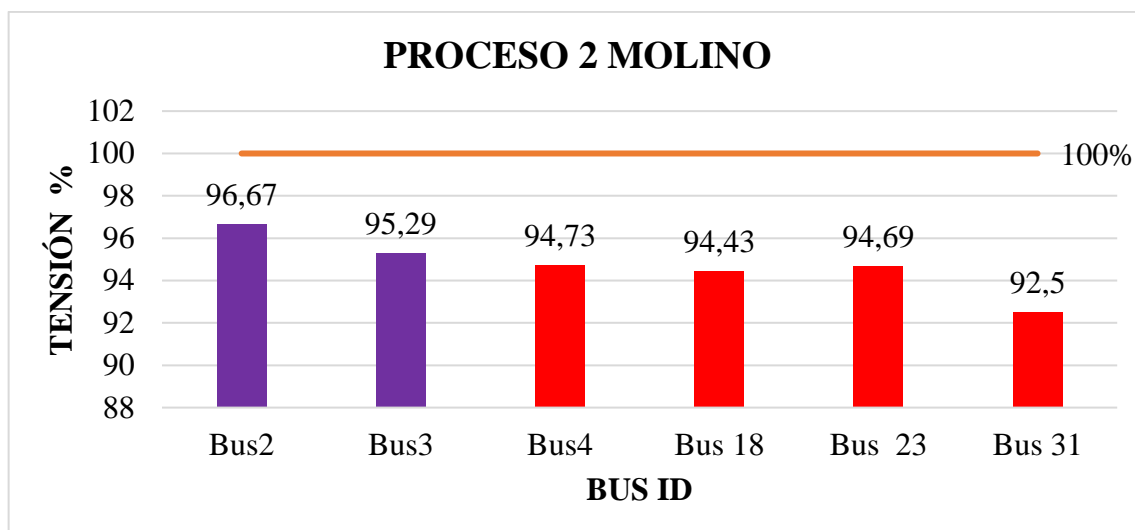


Figura 5.1 Valores de tensiones en las barras proceso molino.

En la **Figuras 5,1**, se registra un rango crítico de caída de tensión desde los distintos Bus a partir de la salida del transformador que alimenta el circuito eléctrico entregando un voltaje de 220V, y se puede identificar que, en los BUS 4,13,18,23 estas pertenecen al proceso de molienda del maíz registrando un voltaje en la barra principal alimentadora Bus 4 de la empresa con un valor de 94,26 % y el bus 24 pertenece a las cargas capacitivas con valor mínimo de 92,50%.

En la **Tabla 5.1** se registra la actuación de las cargas en el proceso 2 actual de la empresa identificando que existe también la caída de tensión y un elevado crítico de porcentaje por efecto de sobrecarga.

Tabla 5.1 Proceso 2 Molino Actual Cargas

ID	Potencias	Nominal kV	kW	kVAR	Amp	% PF	% Sobrecarga	V terminal %	Tensión V
Carga General Oficina	3,7 kVA	0,22	2,533	0	7,185	100	74	92,48	203,45
M1-Molino	50 HP	0,22	48,565	22,982	149,1	90,39	105,8	94,55	208,01
M15-Elevador Producto	5 HP	0,22	4,529	2,82	14,87	84,89	106,2	94,13	207,08
M16-Tolva #1	3 HP	0,22	2,736	1,791	9,093	83,67	106	94,35	207,57
M17-Tolva #2	2 HP	0,22	1,916	1,303	6,445	82,7	106	94,34	207,54
M19-V Molino	3 HP	0,22	2,487	1,628	7,808	83,67	100,1	99,9	219,78

Luego de obtener el registro de flujo del sistema eléctrico actual, se procede a la simulación mediante el software con la nueva selección de los conductores para el nuevo rediseño y se

considera los resultados de caída de tensión, para la selección del calibre del conductor, con el fin de evitar en el nuevo rediseño la caída de tensión.

Tomando en cuenta los nuevos conductores para el nuevo rediseño se obtiene una mejora de caída de tensión, en la **Figura 5.2**, se obtiene el porcentaje de voltajes correspondiente a los Bus de actuación para este proceso 2 del Molino, considerado uno de los más críticos, y se registra que en todas sus barras que no supera el 5% de la caída de tensión permitida, cumpliendo el requerimiento de la NEC/NFPA 70. En el **Anexo K**, se detalla el flujo de las cargas.

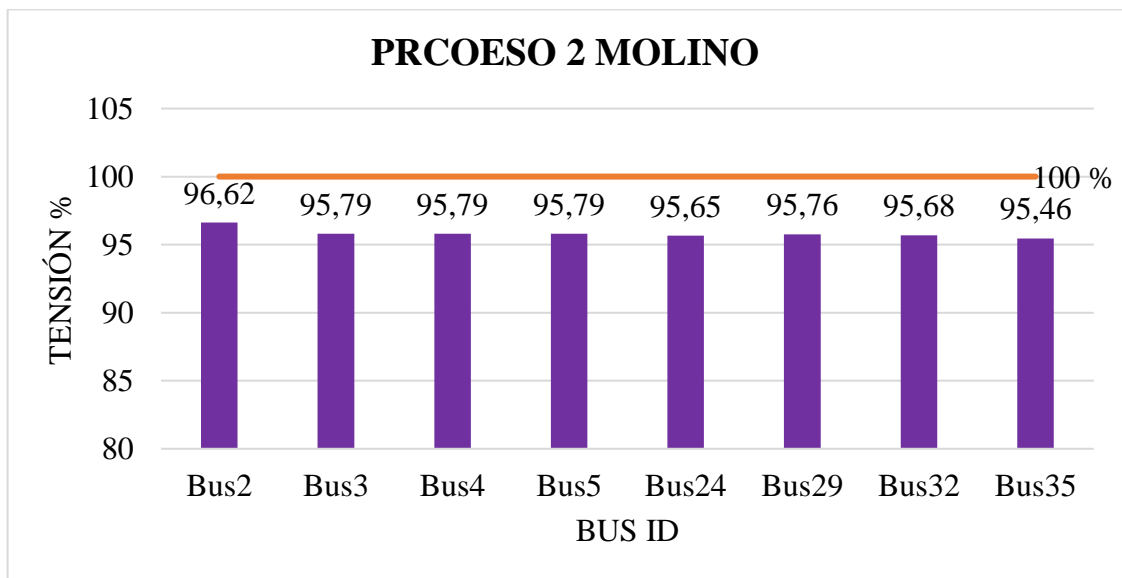


Figura 5.2 Valores de tensiones en las barras proceso molino.

En la **Tabla 4.13** se muestra la actuación de las cargas en el proceso 2 para el nuevo rediseño de la empresa identificando que no existe también la caída de tensión y un rango moderado de porcentaje por efecto de sobrecarga.

Tabla 5.2 Proceso 2 Molino Rediseño Cargas

ID	Potencias	Nominal KV	kW	kVAR	Amp	% PF	% Sobrecarga	V terminal %	Tensión V
Carga General Oficina	3,7 kVA	0,22	2,739	0	7,473	100	76,4	95,46	210,01
M1-Molino	50 HP	0,22	48,565	22,982	147,1	90,39	104,5	95,71	210,56
M15-Elevador Producto	5 HP	0,22	4,529	2,82	14,59	84,89	104,7	95,52	210,14
M16-Tolva #1	3 HP	0,22	2,736	1,791	8,93	83,67	104,6	95,59	210,29
M17-Tolva #2	2 HP	0,22	1,916	1,303	6,324	82,7	104,6	95,63	210,38
M19-V Molino	3 HP	0,22	2,487	1,628	8,112	83,67	104,5	95,68	210,49

En el nuevo rediseño se registran cambios relevantes con respecto al anterior circuito eléctrico, y solo se toma como muestra el proceso como el proceso más importante que tiene la planta molino, por ende, se identifica en el nuevo rediseño que no existe ya caída de tensión en las barras y en las cargas para este proceso cumpliendo con las normativas de no superar el 5% de caída de voltaje. Para todos los procesos de la planta se procedió a la corrección de la caída de tensión.

5.2 Coordinación de protecciones

En las siguientes imágenes se muestran los resultados de las curvas de operación de los equipos de protección para el circuito eléctrico del rediseño, identificando que las protecciones se encuentran correctamente coordinadas para la actuación durante una falla o anomalías en el sistema eléctrico. En el **Anexo L** se representan las curvas de las protecciones coordinadas de todas las cargas de la planta.

a) Motor 50 Hp Molino

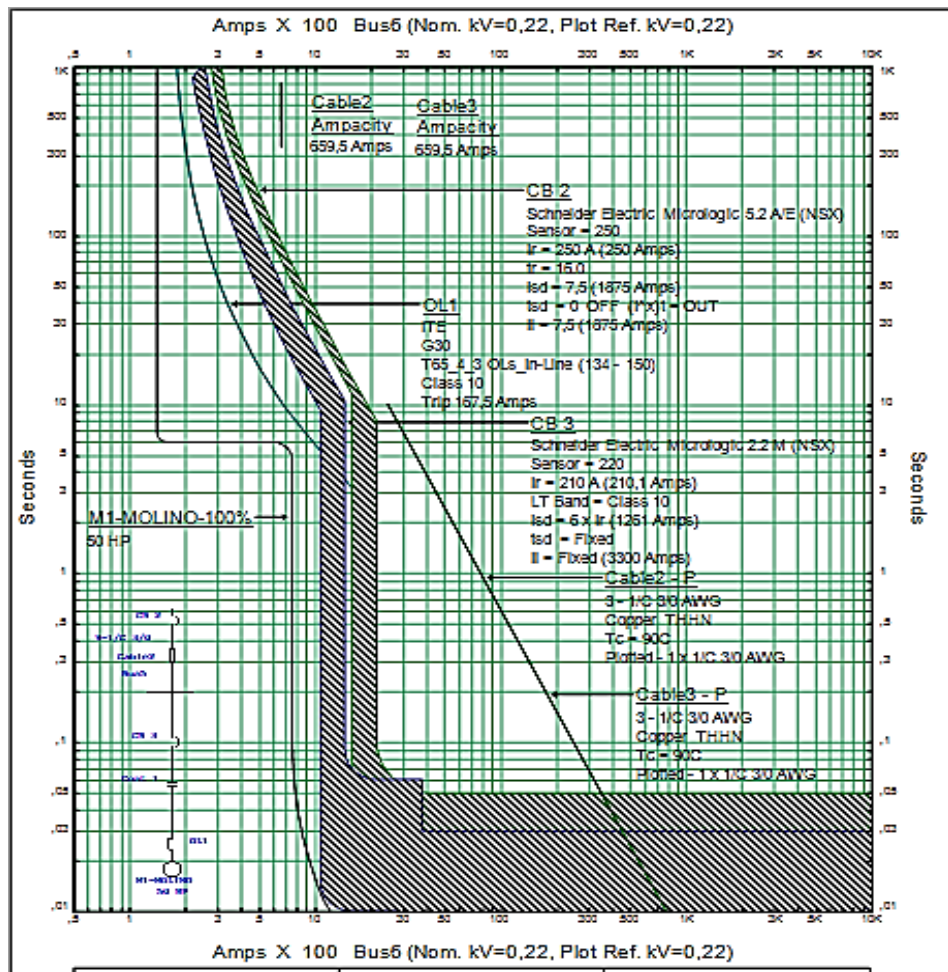


Figura 5.3 Motor 1 Rediseño

En la **Figura 5.3** se muestra la correcta coordinación de las protecciones eléctricas del circuito eléctrico del motor M1 50HP Molino, 141 Amperios, se observa que el relé térmico OL1 con regulación de 167,5 Amperios ya se encuentra correctamente dimensionado con relación a la corriente nominal del motor este protegerá al motor ante efectos de sobrecarga y se acciona en el circuito de control, también se identifica los breakers MCCB-CB2-CB3 de 220 Amperios- CB3 de 210 Amperios se encuentra correctamente coordinados con referente a la intensidad nominal del motor M1, y su funcionalidad es de protegerán al conductor, también brindar seguridad y continuidad del servicio del sistema a la ocurrencia de una falla o anomalía. Como se muestra en la gráfica se idéntica que las protecciones se abrirán en forma coordinada, es decir cuando exista una falla producida por la carga la protección que se encuentre más cerca se accionará de manera rápida impidiendo daños a los demás componentes eléctricos y por último tenemos el breakers CB1 de 350 amperios que es la protección general todo el circuito eléctrico. El tiempo de activación no debe superar los 0,03 segundos.

b) Motor 20 hp Mezcladora

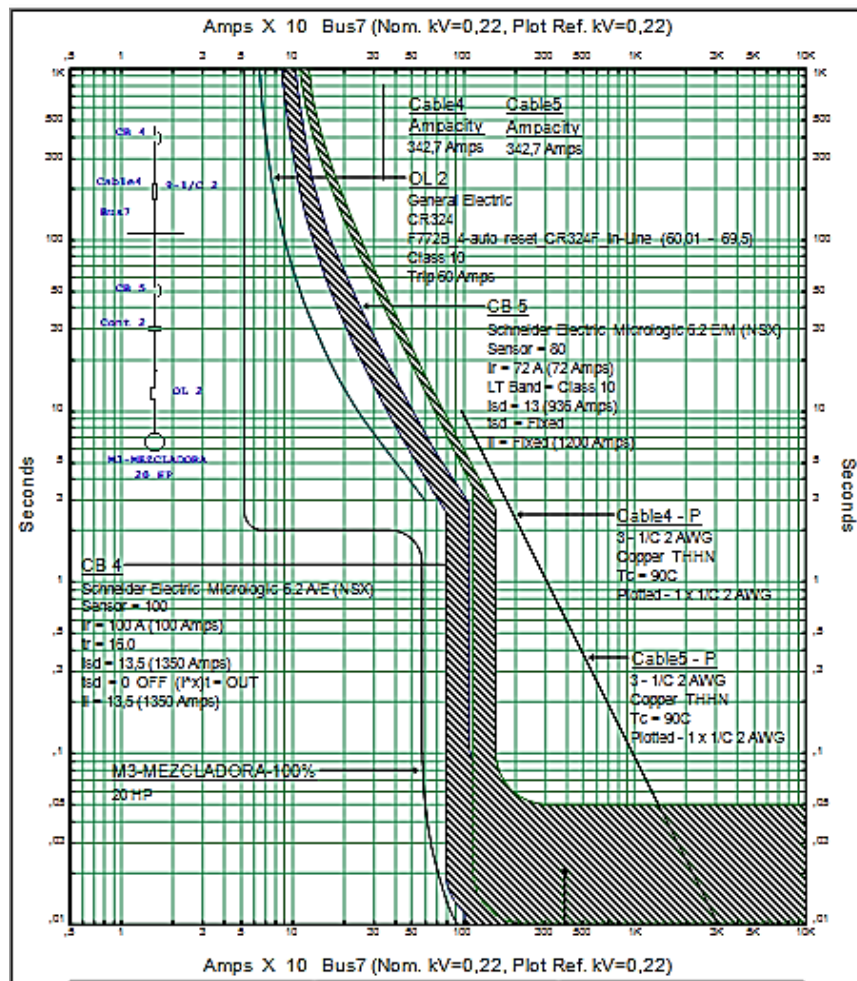


Figura 5.4 Motor 3 Rediseño

En la **Figura 5.4** se registran las curvas de la protección eléctrica del circuito para el motor 3 20HP Mezcladora, con una intensidad nominal de 52,8 amperios se identifica que las protecciones se encuentran correctamente dimensionadas, el relé térmico OL2 con un ajuste de 60 Amperios se encuentra correctamente dimensionado con relación a la corriente nominal del motor este protegerá al motor por efecto de sobrecarga y se acciona en el circuito de control, también se identifica los breakers MCCB-CB4 de 100 Amperios CB5 de 72 amperios se encuentra correctamente coordinados con referente a la intensidad nominal del motor M3 para la actuación de falla, y su funcionalidad es garantizar que el conductor no entre en falla, una de las características también es brindar seguridad y continuidad del servicio de operación de dicho motor a la ocurrencia de una falla o anomalía. Como se representa en la gráfica se idéntica que las actuaciones de las protecciones accionarán de forma coordinada, es decir cuando exista una falla producida por el motor la protección que se encuentre más cerca actuará de manera rápida impidiendo daños a los demás componentes eléctricos y por último tenemos el breaker CB1 el general del circuito eléctrico.

c) Motor Prensadora 40 hp

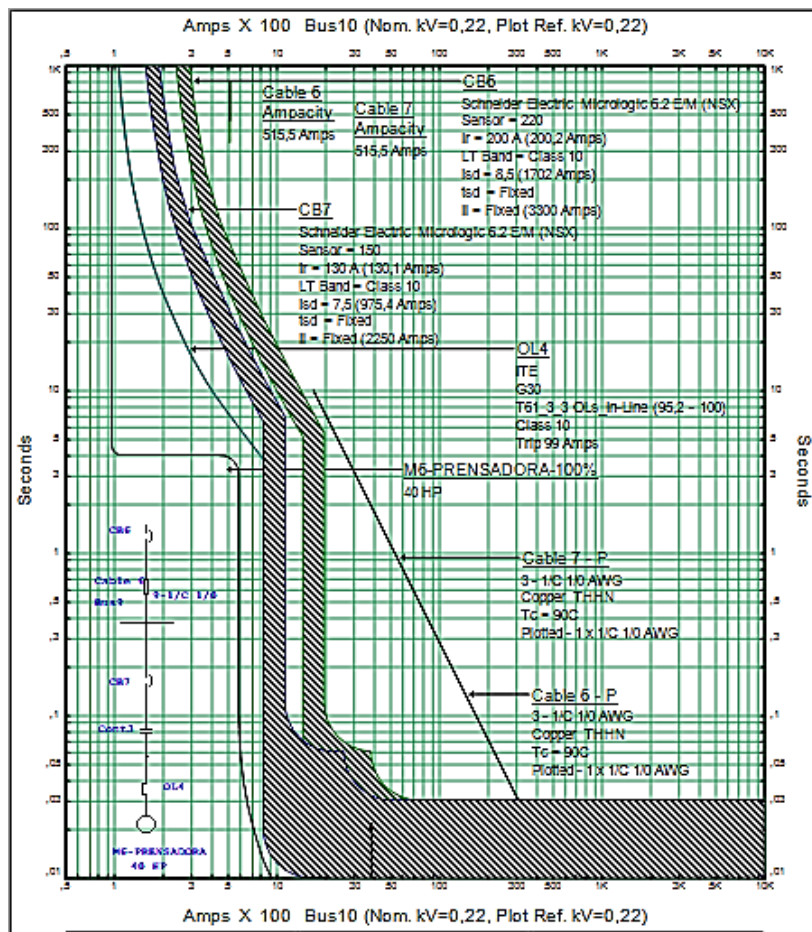


Figura 5.5 Motor 6 Rediseño

En la **Figura 5.5** se representa el correcto ajuste de las protecciones eléctricas para el motor M6 40HP, se observa que el relé térmico OL4 con un ajuste de 99 Amperios ya se encuentra correctamente dimensionado con relación a la corriente nominal del motor antiguamente se encontraba un relé térmico de 60 amperios este protegerá al motor por efecto de sobrecarga y se acciona en el circuito de control, también se identifica los breakers MCCB-CB6 de 185 Amperios CB7 de 130 Amperios que se encuentra correctamente coordinados con referente a la intensidad nominal del motor, y protegerán al conductor, brindando seguridad y continuidad del servicio del sistema. La actuación de las protecciones será de forma coordinada la que se encuentre más cerca de la falla actuará de manera rápida impidiendo daños a los demás componentes eléctricos cumpliéndose el criterio de selectividad y por último tenemos el breaker CB1 el general del circuito eléctrico.

5.2.1 Protecciones coordinadas

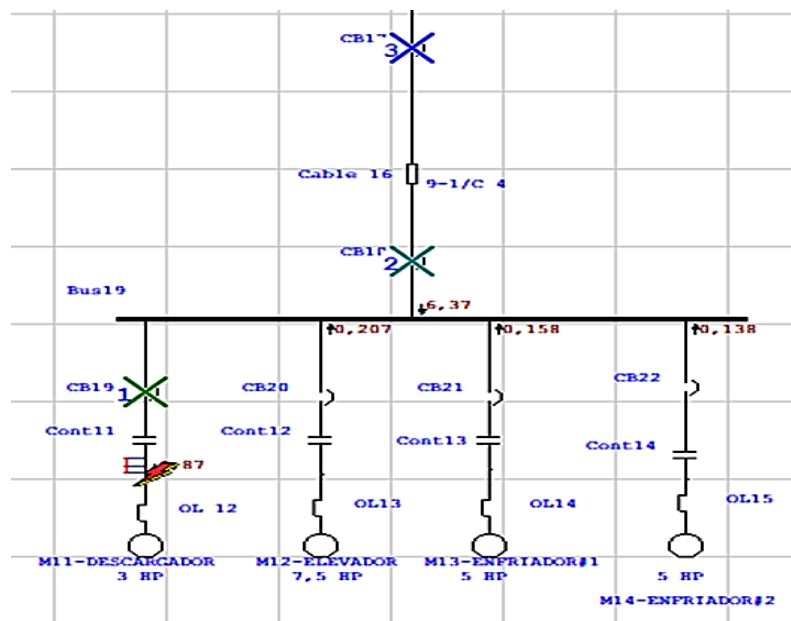


Figura 5.6 Circuito Eléctrico coordinado

En la **Figura 5.6** se obtiene los resultados de la simulación en el software se observa como las protecciones eléctricas actúan durante una falla, las protecciones actuarán acorde a la necesidad de aislar la falla y no interrumpir los demás procesos como ejemplos se muestra una falla en el motor M5, dado el caso de que la primera protección (X de color verde) no actúe, las demás protecciones aguas arriba estarían en la capacidad de aislar la falla impidiendo de que todo el sistema sufra graves daños, de esta manera podemos asegurarnos de que en el sistema se están cumpliendo los criterios de una correcta selectividad ante posibles fallas o anomalías.

5.2.2 Tiempos de actuación de corriente cortocircuito

En la **Figura 5.7** se observa que la reacción del tiempo de interruptor actúa de manera rápida durante una de falla de cortocircuito no supera a los 0.03 dando como resultado una óptima operación se acciona a partir de los 0.020 segundos cortando la corriente de cortocircuito a los 4.12 kA.

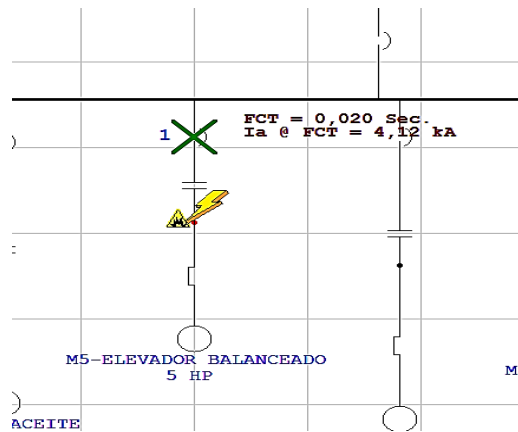


Figura 5.7 Tiempo de actuación equipos de protección

5.3 ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante una encuesta realizada al personal encargado del manejo de la maquinaria, comento los casos anormales que suceden en la planta por equipos electromecánicos y se determinó en un mes de trabajo, existió seis días de paro por fallas eléctricas mencionadas a continuación; Inexistencia de selectividad, inadecuados conductores, desgaste, protecciones obsoletas, inapropiada actuación de las protecciones, que conllevan a la parada de la producción, y esto como consecuencia nos da pérdidas económicas lo cual se grafica en la **Figura 5,8**.

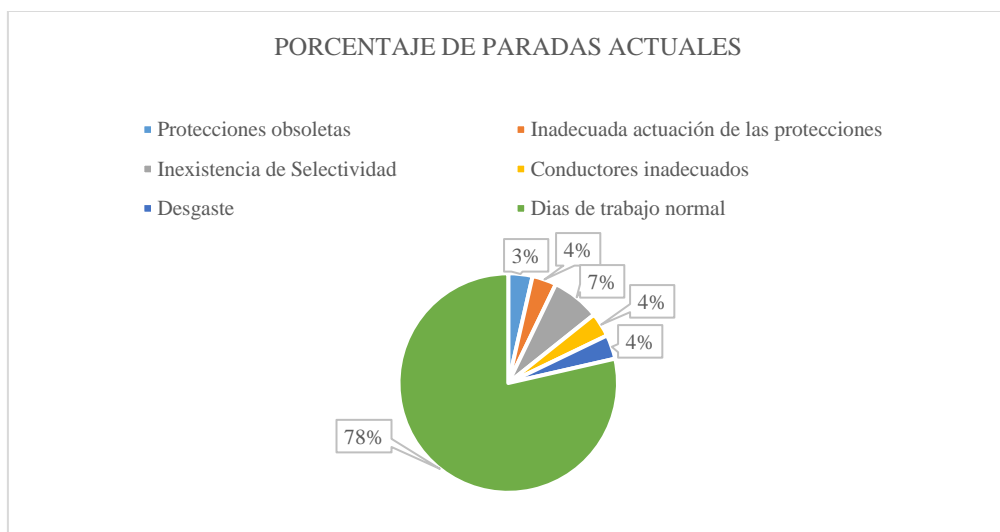


Figura 5.8 Representación porcentual de fallas en el sistema por meses laborales.

Con la propuesta realizada del rediseño eléctrico de los equipos de protección en la planta PROBALBEN CIA.LTDA, se resolvió todas las fallas eléctricas existentes, garantizando un sistema eléctrico confiable y minimizar los tiempos de parada en la producción.

En la **Figura 5.9** se representan condiciones de parada que se pueden dar para un sistema de protecciones coordinado selectivamente, enfocado en la reducción del tiempo de parada realizada una vez a los seis meses por motivos de mantenimientos preventivos y correctivos.

El mantenimiento preventivo comprende los trabajos necesarios que deberá realizar el Contratista, para prevenir fallas futuras y prolongar la vida útil de los Tableros, y aquellos trabajos de reparación y/o ajustes, etc., que deberán realizarse cuando se detecta probabilidad de ocurrencia a corto plazo de posibles fallas futuras en la inspección habitual de los Tableros o mediante la evaluación continua de los parámetros de funcionamiento de cada una de las Instalaciones.

Se entenderá como mantenimiento correctivo los trabajos necesarios que deberá realizar el Contratista para reparar los desperfectos en los Tableros Eléctricos, en forma definitiva, en el menor tiempo posible, una vez producidos, y devolver el sistema a sus condiciones de funcionamiento normal.

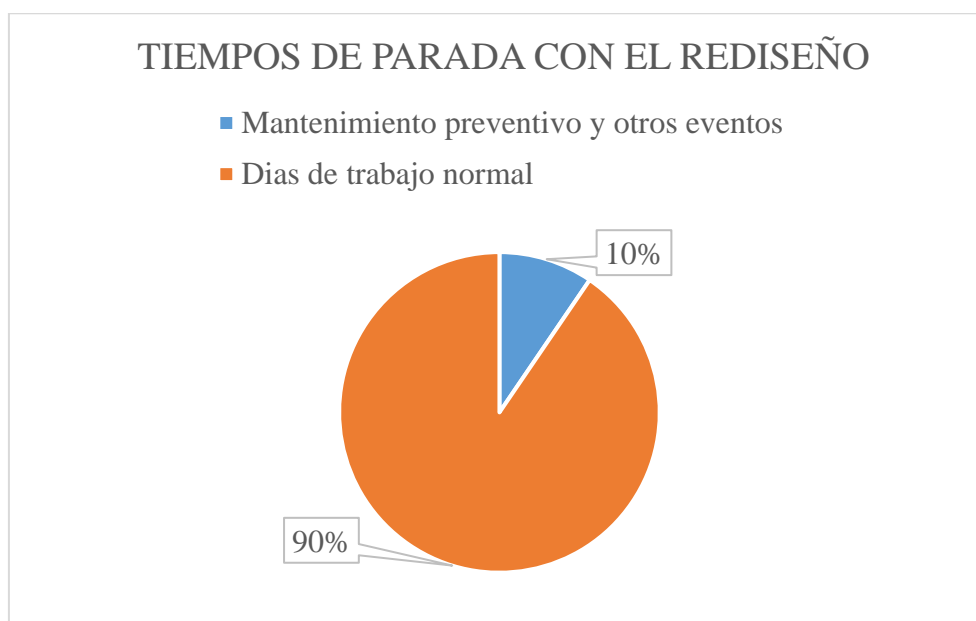


Figura 5.9 Representación porcentual de paradas por mantenimiento preventivo.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

Una vez realizado la coordinación de protecciones en la empresa PROBALBEN CIA.LTDA, se procedió a realizar un análisis económico para determinar el costo total de la propuesta tecnológica y los impactos que influyeron para el estudio efectuado.

6.1 COSTOS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Se describen los gastos de la propuesta tecnológica, se procede a detallar los diferentes tipos de gastos, los cuales están actualizados de acuerdo a las proformas y a la moneda que circula en el país en este caso en dólares americanos.

6.1.1 Costos de ingeniería

Para el rediseño del circuito eléctrico de protecciones de la empresa PROBALBEN CIA LTDA, se han invertido varias horas de trabajo tanto para el levantamiento de datos, utilización de equipos de medición de alta gama como el analizador de redes, pinza amperimétrica y la cámara termográfica, lo cual requiere conocimientos previos para el manejo y modelación del nuevo rediseño de protecciones eléctricas mediante software. Además, para determinar el costo de la hora de trabajo, se procede citar el salario mínimo sectorial en el Ecuador cargo Ingeniero Electromecánico decretado por el ministerio de trabajo república del Ecuador con un valor mínimo de \$494,61 (cuatrocientos noventa y cuatro dólares americanos con sesenta y uno centavos) está vigente en el mes de enero del 2022, publicado en diciembre del 2021 [44]. Se realizó el cálculo tomando en cuenta al Código de trabajo, donde menciona en el Art 47.2 que durante la semana se deben cumplir las 40 horas [45].

$$\#horas = 8 \text{ horas} \times 20 \text{ dias}$$

$$\#horas = 160 \text{ horas}$$

$$\text{Costo} = \frac{\$494,61}{160\text{horas}} = \$ 3.10 \text{ la hora}$$

A continuación, en la **Tabla 6.1** se presentan los costos de ingeniería, detallando el número de horas trabajadas y la actividad que se realizó.

Tabla 6.1 Costos de Ingeniería.

Número de horas	Descripción	Valor Unitario	Gastos totales \$
192	Levantamiento de datos de todas las cargas inductivas y capacitivas que existen en la empresa, adjuntando igual corrientes de líneas y calibres de conductor.	3.10	595.20
40	Instalación y utilización de los equipos de medición, analizador de redes y la cámara termográfica.	3.10	124,00
50	Diseñar el sistema eléctrico actual mediante software, para obtener los flujos de carga y cortocircuitos de las barras.	3.10	155.00
50	Modelar un nuevo sistema que solucione el error del sistema actual mediante la selectividad de protecciones eléctricas.	3.10	155.00
Total:			\$ 1,029.20

6.1.2 Costos Directos

Se detalla en la **Tabla 6.2**, los gastos efectuados para realizar el registro de datos en la empresa. Utilizando las distintas herramientas que sirvieron de gran apoyo para llevar a cabo el estudio de coordinación de protecciones.

Tabla 6.2 Costos Directos.

Descripción	Cantidad	Costos Totales \$
Juego de rachas (milimétricas)	1	7.50
Cascos de seguridad Halley	2	16,00
Alicate de presión CTM	1	6.50
Cinta métrica (30 metros)	2	14.00
Candados	2	6.00
Cable de acero reforzado	1	1.50
Juego de destornillador estrella y plano (dieléctrico)	1	16.00
Amarraderas	1	2.00
Guantes dieléctricos	2	6.00
Taípe Negro	1	1.00
Tarjeta SD	1	6.50
Total:		\$ 83.00

6.1.3 Costos Indirectos

Tabla 6.3 Costos Indirectos

Descripción	Costos Totales \$
Costos de Ingeniería × 2	2,058.40
Total:	\$ 2,058.40

6.1.4 Rubro

En la **Tabla 6.4**, se detalla el rubro total de la propuesta tecnológica.

Tabla 6.4 Rubro

Rubro	Valor
Materiales y suministros	83.00
Transporte al interior de la provincia	90.00
Imprevistos	30.00
Asesoría externa	20.00
Servicios solicitados a terceros	10.00
Costos indirectos	2,058.40
Otros	10.00
Inversión Total	\$ 2,301.40

En la **Tabla 6.4**, se presentó la inversión total de la propuesta tecnológica con un valor final de \$ 2,301.40 dólares americanos, destacando que es un valor significativo ya que se necesitó de trabajo y disposición para realizar el estudio de coordinación de las protecciones en la empresa PROBALBEN CIA.LTDA.

6.2 ANÁLISIS DE IMPACTOS

Aplicar el análisis de impactos para el proyecto es muy importante y necesario porque tiene como prioridad la protección de las personas y la vida útil de las máquinas eléctricas con el fin de desarrollar sus actividades con normalidad los trabajadores, sin que exista alguna interrupción por fallas o anomalías el circuito eléctrico de la empresa y que actúen las protecciones de manera adecuadas.

6.2.1 Impacto ambiental

En la planta se presenta actualmente un cuadro de fallas muy bajo, lo cual podría ocasionar distintas fallas tales como: cortocircuitos, sobrecalentamientos, etc. La cual provocaría emisión de gases contaminantes e incendios que puedan afectar al medio ambiente con el aumento del CO₂, como también accidentes con las personas encargadas de la producción. Con el estudio actual se pretende corregir todos estos problemas que puedan producirse por la carencia de un sistema eléctrico confiable.

6.2.2 Impacto tecnológico

Tecnológicamente el uso del software ETAP es el resultado de una serie de conocimientos en distintas áreas técnicas, las cuales fueron combinadas para modelar y elaborar una herramienta de fácil uso y resultados eficaces mediante su utilización.

6.2.3 Impacto Económico

Tabla 6.5 Costos de equipos

DETALLE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
cable	8 AWG-90°-CU-THHW-3/C	54,8 metros	7,17	364,236
cable	10 AWG-90°-CU-THHW-3/C	90metros	4,37	393,3
cable	12 AWG-90°-CU-THHW-3/C	75 metros	3,06	229,5
cable	3/0 AWG-90°-CU-THHW-1/C	6 metros	18,34	330,12
cable	2/0 AWG-90°-CU-THHW-1/C	6 metros	13,82	248,76
cable	1/0 AWG-90°-CU-THHW-1/C	12 metros	11,05	397,8
cable	2 AWG-90°-CU-THHW-1/C	8 metros	6,98	167,52
cable	4 AWG-90°-CU-THHW-1/C	46,10 metros	4,43	612,669
cable	6 AWG-90°-CU-THHW-1/C	13 metros	2,87	111,93
cable	500 AWG-90°-AL-1/C	70 metros	6,46	1356,6
Interruptor termomagnético (MCB)	Monofásico de 16 amperios	3	12,22	36,66
Interruptor termomagnético (MCB)	Monofásico de 25 amperios	1	12,22	12,22
Interruptor termomagnético (MCB)	Tripolar de 16 amperios	16	216,27	3460,32
Interruptor termomagnético (MCB)	Tripolar de 25 amperios	4	216,27	865,08
Interruptor termomagnético (MCB)	Tripolar de 40 amperios	1	206,93	206,93
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX630-N Tripolar de 500 amperios	1	2066,14	2066,14
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX250-F Tripolar de 220 amperios	3	733,38	2200,14
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX160-F Tripolar de 160 amperios	1	529,4	529,4

Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX160-F Tripolar de 150 amperios	1	529,4	529,4
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX100-F Tripolar de 80 amperios	4	578,13	2312,52
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX100-F Tripolar de 100 amperios	8	578,13	4625,04
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX100-F Tripolar de 50 amperios	2	522,15	1044,3
Fusible	NH	3	24,3	72,9
Relé térmico	Relés térmicos de diferente regulación térmica	21	1268	1268
Contactador	Contactares para arranque de motores AC3	21	863	863
Arrancador Suave	Arrancador suave HPISE de 50HP, 220VAC	1	1660	1660
Arrancador Suave	Arrancador suave HPISE de 40HP, 220VAC	1	1200	1200
Arrancador Suave	Arrancador suave HPISE de 20HP, 220VAC	1	661,5	661,5
Luces Piloto	Luces piloto rojas y verdes	48	1,51	72,48
Pulsadores	Pulsadores NC Y NA	48	1,5	72
Tablero para montaje	Alto 2000X800 ancho	1	708	708
Tablero para montaje	Alto 600X400 ancho	2	82,64	165,28
Tablero para montaje	Alto 200X200 ancho	6	26,81	160,86
Tablero para montaje	Alto 1000X600 ancho	1	179,6	179,6
Varilla de cobre	1/8 X 3/4 X 3 Metros	1	29,46	29,46
Variador de frecuencia	Hapn para motor de 1 hp	1	220	220
TOTAL				29442,67
INTERES				10%
VAN				\$6.834,83
TIR				16%
PAYBACK	meses			8
	días			18

En el siguiente análisis se puede observar que la implementación para mejorar el sistema eléctrico de la empresa tendrá un costo de \$ 29442.67 para ello se tomó en cuenta un periodo de 12 meses con un flujo neto de \$ 3400.00 mensuales los cuales corresponden a las pérdidas por los tiempos de parada de la producción debido a fallas en el sistema eléctrico, El TIR representa la tasa de rentabilidad de esta propuesta, en este caso es de 16% nos asegura que la inversión es rentable, por otra parte también se refleja el plazo de recuperación o PAYBACK en el cual demuestra que en el periodo de 8 meses y 18 días se recuperará el capital invertido y a partir de esa fecha se obtendrá ganancias.

7. CONCLUSIONES

Se identificó las propiedades de los equipos eléctricos, dando como resultado el registro de cinco cargas de alto consumo de corrientes a plena carga que son los motores M3, M6, M8 y M23 provenientes de los tres procesos de fabricación de balanceado en la planta superando la corriente nominal de su placa de datos, interpretando que se encuentran sobrecargados, además, se evidenció el desgaste de los equipos de protecciones eléctricas y también en algunos motores no disponen de protecciones y con conductores eléctricos sobredimensionados en condiciones de deterioro.

Con el modelamiento del sistema eléctrico actual se identificó las corrientes de cortocircuito asimétrica con un valor de $12,20 \text{ kA}$ en el Bus 2 como la más elevada de todo el sistema eléctrico, dando como resultado la existencia de equipos eléctricos de protección en falla no cumpliendo los criterios de selectividad con curvas no coordinadas y sobrepuestas, además, los tiempos de reacción son superiores a los $0,03$ segundos, también se identificó la caída de tensión en el proceso más crítico el molino con un valor en porcentaje de $92,48 \%$ en el bus 35, superando a lo establecido por la NEC/NFPA 70 y con un consumo de 71 KVA , 64 kW .

Al elaborar la nueva propuesta de rediseño se mejoró el sistema eléctrico de la planta, aplicando criterios de selectividad bajo condiciones de normativa en las protecciones y conductores eléctricos que fueron determinado en base a cálculos y simulaciones enunciadas en el desarrollo de este proyecto, planteado en el reemplazó de las protecciones obsoletas, de modo que se ajuste el tiempo de respuesta de las curvas de protección de los nuevos interruptores, los cuales no deben sobrepasar al tiempo de respuesta de los $0,03$ segundos, esto permitirá que se accione la primera protección más cercana la falla, por ende, también establecer la caída de tensión a un 96% , cumpliendo con la NEC/NFPA 70 y se genera la distribución correcta de los tableros eléctricos guiada por las NEC con el fin de garantizar un circuito eléctrico más confiable y seguro.

8. RECOMENDACIONES

- Se sugiere que se realice la implementación de esta propuesta, a su vez mejorar el sistema de puesta a tierra debido a que no cuentan con normativas específicas en el sistema actual.
- Se recomienda para el arranque de los tres motores más críticos, que se encuentran en conexión con lógica cableada (Delta-Delta y Estrella-Delta) en particular provocan un alto consumo de corriente, realizar la implementación de arrancadores suaves, con el fin de mejorar las condiciones de elevación de corrientes para las tres cargas.
- Realizar un estudio enfocado en mejorar significativamente el factor de potencia que actualmente posee la empresa.

9. REFERENCIAS

- [1] UNESCO, Campos de educación y capacitación de la CINE (ISCED-F 2013), Montréal Quebec, 2014.
- [2] A. P. Jorge Jimenez, ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN LA EMPRESA TECNOGLASS S.A., Barranquilla, 2020.
- [3] X. Cabezas, ESTUDIO DE FLUJOS DE CARGA, ARRANQUE DE MOTORES, FALLAS Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DEL CAMPO PETROLERO VHR, USANDO EL PROGRAMA ETAP., Quito: Universidad Politecnica Salesiana, 2011.
- [4] A. Chuquitarco y D. Cajas, “ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL SISTEMA E IMPLEMENTAR NUEVAS CARGAS EN LA EMPRESA INPLASTICO., Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2018.
- [5] J. Fallas y J. Rosales, Rediseño eléctrico, estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones en la industria pecuaria de Agroindustrial Proave S.A., Puntarenas: UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL SEDE DEL PACÍFICO, 2021.
- [6] L. Edwar y P. Luis, Estudi de la coordinación de protecciones del sistema eléctrico en 22,6 Kv, para la planta procesadora en Shango, Bellavista, Jaen, Jaen: Universidad Nacional de Jaen, 2019, p. 62.
- [7] P. BARRÍA y I. CABEZAS, ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS EN PLANTA DE OXÍGENO DE FUNDICIÓN MINERA., Chile: Universidad del Bío-Bío, 2015.
- [8] J. Gonzales, COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN CENTROS INDUSTRIALES, Bolivar: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR, 2011.
- [9] R. Galván, F. Javier y J. Santana, Coordinacion de protecciones para un sistema electrico industrial, Meximo: Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", 2009.

- [10] P. Chicaiza, M. Sarabia y B. Jeovanny, Análisis de la demanda eléctrica para determinar la eficiencia del suministro eléctrico en la Industria Avícola y Agropecuaria Maricela Cia. Ltda. ante la incidencia de las cargas., Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2018.
- [11] IEEE-551, IEEE Practica Recomendada para calcular las corrientes de cortocircuito en sistemas de potencia Industriales y Comerciales, Sao Paulo: IEEE Violet, 2006.
- [12] M. Mejía y N. Quinatoa, Analizar el comportamiento de las corrientes de falla por cortocircuito frente a diferentes conexiones de un transformador trifásico mediante la utilización de un prototipo, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2019, p. 167.
- [13] NFPA, NFPA70 Código Eléctrico Nacional, nec, 2013.
- [14] «Informe de rendición de cuentas del período 2020 del cuerpo de bomberos de latacunga.» Cuerpo de bomberos de latacunga, Latacunga, 2020.
- [15] G. Edison y P. John, Análisis de la degradación de aislamiento ante sobrecargas eléctricas en los cables de mayor utilización en las instalaciones civiles de la ciudad de Cuenca, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, 2014, p. 142.
- [16] B. Cooper, «Component Protection,» de *Wire & Cable*, 2005.
- [17] NEC, Norma Ecuatoriana de construcción, Quito: Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción , 2020.
- [18] M. E. Castillo Juan, Instalaciones electricas basicas, McGraw-Hill, 2010.
- [19] I. t. d. c. y. productividad, Instalacion y mantenimiento de motores eléctricos trifásicos, primera ed., Guatemala, 2001, p. 227.
- [20] C. Stephen, Máquinas Eléctricas, vol. quinto, P. E. R. Vázquez, Ed., México, 2012.
- [21] «Corriente de arranque en motores electricos,» *Motortico*, pp. 1-2, 2013.
- [22] C. Omar, Coordinación de protecciones del sistema de subtransmisión de Emelnorte, Quito, Pichincha: Escuela Politecnica Nacional, 2014, p. 197.
- [23] Protección confiable para circuitos de media tensión, Ciudad de México, 2016, p. 123.


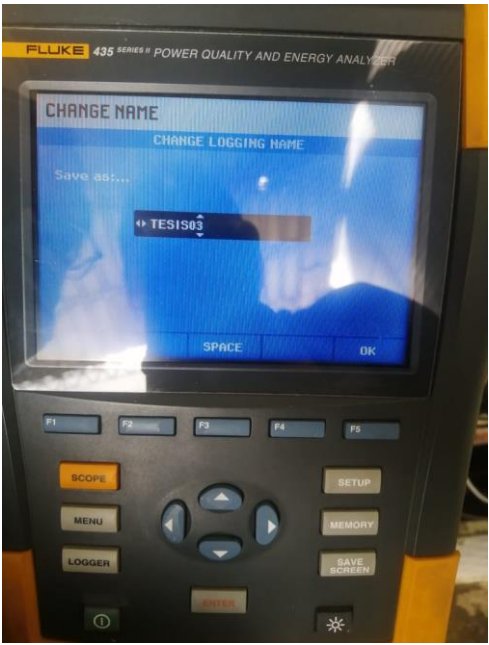
- [24] R. Julián, C. Miguel y H. Sánchez, *Automatismos Industriales*, C. L. Carmona, Ed., Madrid, 2014, p. 443.
- [25] G. A. V. Adrian Valentín López, *Aplicación de fusibles e interruptores termomagnéticos*, Guayaquil: Escuela superior Politécnica del Litoral, 2010.
- [26] G. Lehmann, *Comando y protección de motores eléctricos*, 2012.
- [27] Córdova, *Manual del Instalador electricista*, U. N. d. Colombia, Ed., Córdova: Facultad de ciencias exactas físicas y naturales-laboratorio de baja tensión, 2021.
- [28] V. L. G. A. V. Adrian, «Aplicación de fusibles e interruptores termomagnéticos», Guayaquil: Escuela superior Politécnica del Litoral, 2010.
- [29] A. Bradley, *Molded Case Circuit Breakers*, Rockwell Automation Publication, 2017, p. 262.
- [30] I. 242, *IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems*, Bentley-Nevada: Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos, 2001.
- [31] G. Gerzon, *Selección y coordinación de protecciones para baja tensión*, F. d. Ingeniería, Ed., Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011, p. 233.
- [32] D. Morales, *Coordinación de protecciones en una industria Química*, I. P. Nacional, Ed., Ciudad de Mexico, Mexico: Escuela superior de Ingeniería Mecánica y eléctrica , 2017, p. 226.
- [33] M. Gallardo y H. Luis, *Selección y coordinación del sistema de protecciones del alimentador trifásico y sus derivaciones monofásicas de la subestación el calvario 52c8-11 (oriental) de la empresa eléctrica Provincial Cotopaxi s.a.*, Latacunga, Cotopaxi: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2011, p. 106.
- [34] «Google Earth Pro,» Google Maps, 12 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.google.com>. [Último acceso: 15 Noviembre 2021].
- [35] C. M. Razo, *Como elaborar y asesorar una investigación de Tesis.*, Segunda ed., México: PEARSON, 2011.

- [36] F. Corporation, Manula de uso del fluke 435, UE, 2012.
- [37] «Fluke,» Fluke Corporation, 2022. [En línea]. Available: <https://www.fluke.com/es-es/informacion/blog/sonda-tipo-pinzas/el-abc-de-las-pinzas-amperimetricas>. [Último acceso: 6 Enero 2022].
- [38] L. Neita y E. Peña, Principios básicos de la termografía infrarroja y su utilización como técnica para manteniemento predictivo., La Paz Bolivia : Universidad Pontificia Bolivariana , 2011.
- [39] «Maquinas y Herramientas,» 16 07 2011. [En línea]. Available: <https://www.demaquinasyherramientas.com/>.
- [40] «Resumen de corrientes de coortocircuito,» ELECOP, Latacunga, 2021.
- [41] *Resolucion Nro.ARCONEL-053/18*, Quito: ARCONEL, 2018.
- [42] F. MANUAL, Fluke 434-II/435-II/437-II Analizador trifásico de energia y calidad de la energia eléctrica, Fluke Corporation, 2012.
- [43] A. Silva, M. d. J. Salazar, J. Ponce y G. Herrera, «Procedimiento para inspección de tableros eléctricos con termografía infrarroja.,» *Revista de Tecnología e Innovación*, vol. 4, n° 11, pp. 24-35, 2017.
- [44] «Estructuras Ocupacionales-Sueldos y Salarios Mínimos sectoriales y tarifas comisión sectorial.,» 2022 11 2022. [En línea]. Available: <https://www.trabajo.gob.ec/>. [Último acceso: 15 Enero 2022].
- [45] Código del Trabajo, Quito: Comision de legislación y codificación, 2020, pp. 1-157.
- [46] J. Jorge y P. Alberto, ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN LA EMPRESA TECNOGLASS S.A., Barranquilla, 2020.
- [47] CIEPI y INECEL, Cdigo eléctrico ecuatoriano, Quito: Instituto ecuatoriano de electrificación, 1973.

10. ANEXOS

10.1 ANEXO A. INSTRUMENTOS



➤ A1 Analizador de redes FLUKE 435 Serie II.

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS</p> <p style="text-align: center;">INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</p> <p style="text-align: center;">Octubre-Febrero 2022</p> <p style="text-align: center;">FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS</p>			
DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	Ing. M.Sc. Rolando Cruz Luis Panchi		N° 1
GRUPO DE INVESTIGACIÓN:	Bustamante Pilco Jarlinton Alberto Jiménez Poma Bryan Isaías		FECHA: 24/1/2022
EQUIPO	ANALISADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA		
FABRICANTE	FLUKE	UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION UTC
MODELO	435 SERIE II	SECCIÓN	ANALISADOR DE CALIDAD DE ENERGIA
MARCA	FLUKE	CODIGO INVENTARIO	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
CARACTERIISTICAS		FOTO DEL EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> • Estudio avanzado del estado de la calidad eléctrica: los datos sobre calidad eléctrica al instante para que pueda tomar mejores decisiones de mantenimiento • Calculadora de pérdida de energía: descubra los costes de la pérdida de energía causada por una calidad eléctrica deficiente • Máxima categoría de seguridad: CAT III 1000 V, CAT IV 600 V 			
FUNCIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Captura de datos PowerWave. • Eficiencia de Inversor de Potencia • Cuantificación monetaria de la energía • Análisis de la energía • Detección y resolución de problemas en primer nivel de actuación • Mantenimiento predictivo • Análisis a largo plazo • Estudios de carga 			

➤ A2 Pinza Amperimétrica Fluke 3

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA Octubre-Febrero 2022 FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS</p>			
DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	Ing.M.Sc. Rolando Cruz Luis Panchi		N° 2
GRUPO DE INVESTIGACIÓN:	Bustamante Pilco Jarlinton Alberto Jiménez Poma Bryan Isaías		FECHA: 24/1/2022
EQUIPO	PINZA AMPERIMÉTRICA		
FABRICANTE	FLUKE	UBICACIÓN	LABORATORIOS DE ELECTROMECAÁNICA
MODELO	376 FC	SECCIÓN	MEDICIÓN DE INTENSIDADES
MARCA	FLUKE	CODIGO INVENTARIO	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
CARACTERIISTICAS		FOTO DEL EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> • Medición de corriente de CA y CC de 1000 A • Mediciones de corriente de 2500 A CA con la sonda de corriente flexible iFlex • Medida de tensión de CA y CC de 1.000 V • Verdadero valor eficaz de voltaje y corriente para obtener mediciones exactas en señales no lineales • Medición de resistencia hasta 500 Hz con mordaza y tecnología iFlex • Medición de resistencia hasta 60 Ω con detección de continuidad • Grabación de entrada mín., máx. y media para capturar las variaciones automáticamente • Rango de medida de 500 mV CC para la conexión con otros accesorios • Medida de capacitancia de 1.000 μF 			
FUNCIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Registrar y observar las tendencias de las mediciones para localizar las fallas intermitentes • Transmitir los resultados de manera inalámbrica con la aplicación para mediciones de Fluke Connect® • Crear y enviar informes desde el terreno • Permanecer seguro y lejos del área del arco eléctrico con conectividad Bluetooth a dispositivos Apple y Android 			

➤ A3 Cámara termográfica SATIR PK80

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA Octubre-Febrero 2022 FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS</p>			
DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA		Ing.M.Sc. Rolando Cruz Luis Panchi N° 3	
GRUPO DE INVESTIGACIÓN:		Bustamante Pilco Jarlinton Alberto Jiménez Poma Bryan Isaías FECHA: 24/1/2022	
EQUIPO	CÁMARA TERMOGRÁFICA		
FABRICANTE	SATIR	UBICACIÓN	LABORATORIOS DE ELECTROMECÁNICA
MODELO	PK80	SECCIÓN	MEDICIÓN DE INTENSIDADES
MARCA	SATIR	CODIGO INVENTARIO	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
CARACTERIISTICAS		FOTO DEL EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma Android 4.0, de recurso abierto y expandible • Pantalla tácl capaciva de 5.5" • Resolución 80x80 (6.400 pixeles) • Cámara Digital 8 Mega Pixel HD CCD • Conector USB Multifunción • Caracteriscas adicionales incluyen — Bluetooth, brújula, Wi-Fi Grabación de video & Still 			
FUNCIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • La PK-80 integra Tablet industrial y tecnología de cámara termográfica, lo cuál permite ser al dispositivo multifuncional y un dispositivo de múples aplicaciones. La PK-80 puede acceder a internet a través de conexión vía Wi-Fi o a través de una red de trabajo. • Los técnicos pueden compatir la información de imágenes térmicas con otras personas en cualquier momento o lugar de manera muy sencilla App customizadas puedes ser agregadas a la unidad termográfica de forma muy prácca. 			

10.2 ANEXO B. DATOS DE LA EMPRESA COMERCIALIZADORA ELEPCO S.A.

- B1. Resumen de corrientes de cortocircuito monofásica y trifásica que alimenta a red en la empresa PROBALBEN CIA.LTDA.

BARRA 13,8 KV, SUBESTACION LA COCHA																			
CONDICIONES DE CALCULO		FALLA TRIFASICA						FALLA MONOFASICA											
CALCULO DE CORRIENTE DE FALLA	ETODOLOGIA	Ik"	Sk"	ip	R	X	Z	Ik"	Sk"	ip	Rk0	Xk0	Zk0	Rk1	Xk1	Zk1	Rk2	Xk2	Zk2
		kA	MVA	kA	Ohm	Ohm	Ohm	kA	MVA	kA	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm
MAXIMA	COMPLETA	5,63	134,48	13,76	0,21	1,37	1,39	6,41	51,07	15,77	0,02	0,89	0,89	0,21	1,37	1,39	0,21	1,36	1,38
MAXIMA	IEC 60909	6,21	148,36	15	0,16	1,4	1,41	7,06	56,23	17,15	0,02	0,89	0,89	0,16	1,4	1,41	0,15	1,41	1,42


NODO 13,8 KV, MV TRAF0 408, POSTE 48465, COORD. X: 766593; Y: 9902734																			
CONDICIONES DE CALCULO		FALLA TRIFASICA						FALLA MONOFASICA											
CALCULO DE CORRIENTE DE FALLA	ETODOLOGIA	Ik"	Sk"	ip	R	X	Z	Ik"	Sk"	ip	Rk0	Xk0	Zk0	Rk1	Xk1	Zk1	Rk2	Xk2	Zk2
		kA	MVA	kA	Ohm	Ohm	Ohm	kA	MVA	kA	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm
MAXIMA	IEC 60909	1,048	-	2,58	2,6435	3,5146	4,4	0,728	-	1,79	0,02	4,3488	9,2689	2,6435	3,5146	4,4	2,6435	3,5146	4,4

10.3 ANEXO C. DATOS DE CARGAS ELÉCTRICAS EN LA EMPRESA.

- C1. Hoja de datos de los motores.

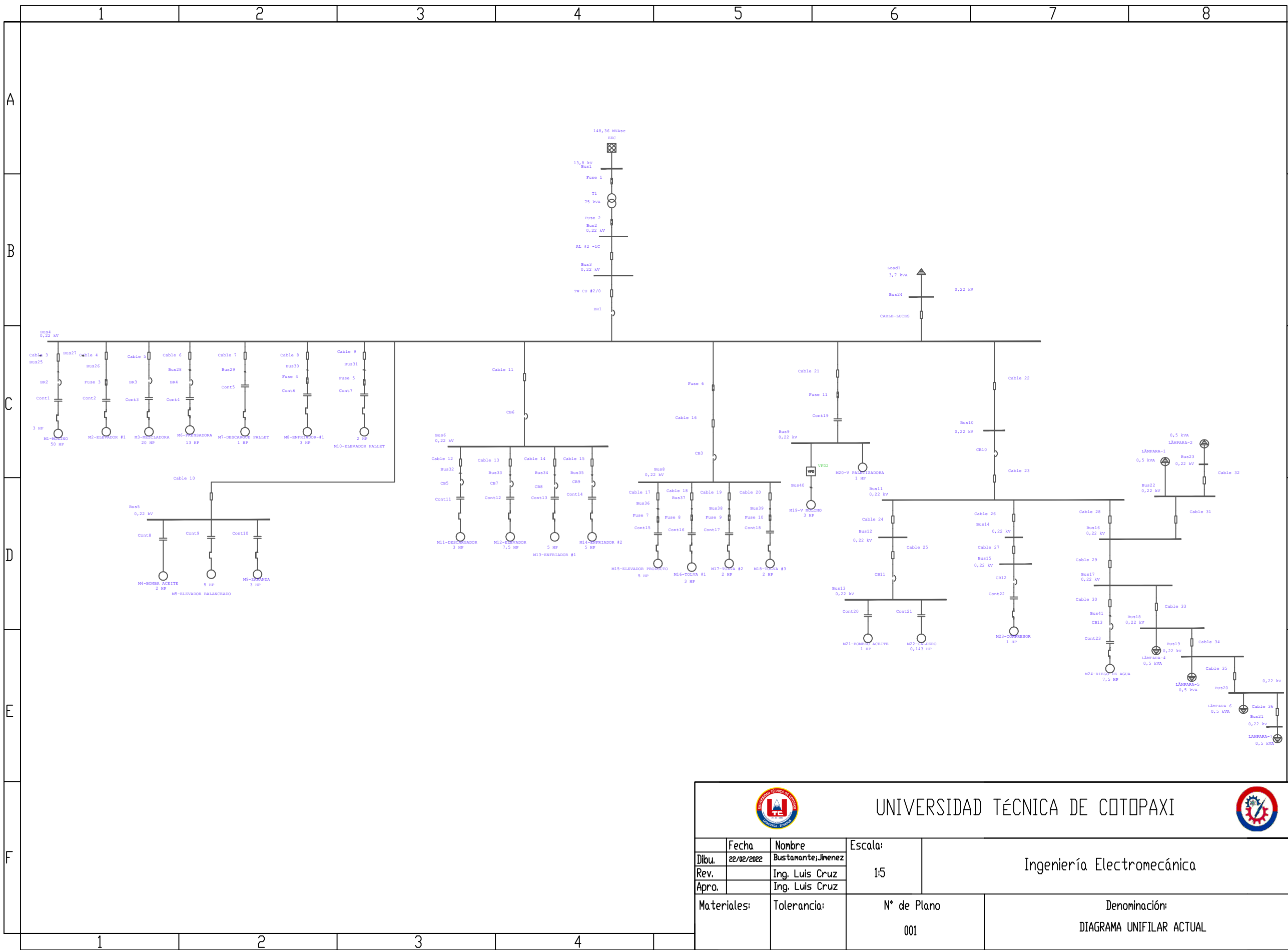
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA Octubre-Febrero 2022										
Director de la propuesta tecnológica:		Ing.M.Sc. Rolando Cruz Luis Panchi							N° 1	
Grupo de investigación:		Bustamate Pilco Jarlinto Alberto Jiménez Poma Bryan Isaías								
HOJA DE DATOS										
N°	IDENTIFICACIÓN DE MOTORES	N°_Serie	Potencia Hp	FP (%)	CONEXIÓN		CONEXIÓN		VELOCIDAD (1/min)	FRECUENCIA (Hz)
					DELTA	ESTRELLA	DELTA	ESTRELLA		
					VOLTAJE (V)		CORRIENTE (A)			
M1	Molino	200LTF6513	50	80	230	460	141	705	3560	60
M2	Elevador #1	89370G01-11	3	80	220	380	9.5	5.5	1730	60
M3	Mezcladora	AW39740	20	83	220	380	52.8	30.6	1760	60
M4	Bomba de Aceite		2	80	220		120		1730	60
M5	Elevador de balanceado terminado	P1800312R	5	80	230	460	14.0	7.0	3450	60
M6	Prensadora		40	80	220		96,57		3600	60
M7	Descargue de Pallet		1	80	220		2.87		3400	60
M8	Enfriador		3	80	220		2.87		1730	60
M9	Zaranda	M3558T	3	77	230	460	6.5	3.1	1725	60
M10	Elevador de Pellet	6800785	2	79	220	380	6.12	3.54	1720	60
M11	Descargador	M3611T	3	82	230	460	8.5	4.1	1725	60
M12	Elevador	NBR.7094	7,5	82	220	380	20.0	11.6	1740	60
M13	Enfriador #1	UCM3570	5	92	230	460	16	7.5	3450	60
M14	Enfriador #2	UCM3570	5	92	230	460	16	7.5	3450	60
M15	Elevador de Producto	TE1BFOCO	5	81	230	380	14	8.12	1710	60
M16	Tolva #1 Soya	TE1BFOXO	3	81	220	380	8.58	4.97	1720	60
M17	Tolva #2 Pasta de soya	TE1BFOXO	2	79	220	380	6.08	3.52	1730	60
M18	Tolva #3 Carbono de calcio	TE1BFOXO	2	79	220	380	6.08	3.52	1730	60
M19	Variador Molino	BN90LP1	3	77	230	460	7.8	4.5	1390	60
M20	Variador Paletizadora	M955654	1	75	220	460	3.24	1.62	1720	60
M21	Motor de bombeo de aceite	A20110105	1	80	120		11		3400	60
M22	Motor del caldero Mecha	BT325	1/7	80	120		3,62		3450	60
M23	COMPRESOR	WIEREO	1	80	220		13		3400	60
M24	RIEGO DE AGUA	BP40062	7,5	87	220	380	19.1	9.55	3500	60

➤ C2. Cargas adicionales Total de la empresa

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA Octubre-Febrero 2022				
Director de la propuesta tecnologica:		Ing.M.Sc. Rolando Cruz Luis Panchi		N° 2
Grupo de investigacion:		Bustamate Pilco Jarlinto Alberto Jiménez Poma Bryan Isaías		
DATOS DE CARGAS EQUIPOS ELECTRONICOS Y LUMINICAS EN (OFICINA; BODEGA; AREA DE MAQUINA)				
ÍTEM	DETALLE	Cantidad	Potencias (W)	Total W
1	Lampara	1	120	120
2	Foco	1	100	100
3	Foco	6	50	300
4	Foco	6	20	120
5	Foco	1	6	6
6	Foco	4	5	20
7	Microondas	1	1200	1200
8	Impresora EPSON L350	1	3,5	3,5
9	CPU	2	350	700
10	Monitor	2	50	100
11	Luces de emergencia	2	2,4	4,8
12	Television TCL	1	50	50
13	Aspiradora Rainbow	1	1025	1025
14	DS KIKVISION caja videovigilancia	1	4	4
TOTAL (W)				3753,3

10.4 ANEXO D. HOJA DE DATOS COMPONENTES ELÉCTRICOS.

- D1. Datos de los equipos de protecciones eléctricas conformando también conductores eléctricos para el transformador y los tableros eléctricos de control.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha	Nombre	Escala:	Ingeniería Electromecánica
Dibu.	Bustamante, Jimenez	1:5	
Rev.	Ing. Luis Cruz		
Apr.	Ing. Luis Cruz		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:
		001	DIAGRAMA UNIFILAR ACTUAL

10.6 ANEXO F. RESULTADOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO DE CADA PROCESO DE LA PLANTA

SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL

➤ Flujo de las Barras

Proceso 1

Bus ID	Nominal kV	Voltage %	Voltaje (V)	kW Loading
Bus1	13,8	100	220	24,411
Bus2	0,22	98,69	217,118	24,182
Bus3	0,22	98,18	215,996	24,032
Bus4	0,22	97,96	215,512	23,978
Bus 12	0,22	97,96	215,512	0
Bus 13	0,22	97,85	215,27	16,952
Bus 18	0,22	97,96	215,512	0
Bus 23	0,22	97,96	215,512	0
Bus 25	0,22	97,91	215,402	6,997
Bus 26	0,22	97,91	215,402	6,997
Bus 27	0,22	97,77	215,094	3,547
Bus 28	0,22	97,76	215,072	3,546
Bus 29	0,22	97,91	215,402	0
Bus 30	0,22	97,91	215,402	0
Bus31	0,22	95,04	209,088	3,342
Bus32	0,22	97,91	215,402	0
Bus33	0,22	97,91	215,402	0
Bus34	0,22	97,91	215,402	0
Bus35	0,22	97,91	215,402	0
Bus37	0,22	97,91	215,402	0
Bus38	0,22	97,91	215,402	0
Bus39	0,22	97,91	215,402	0
Bus40	0,22	97,91	215,402	0

Proceso 2

Bus ID	Nominal kV	Voltage %	Volatage (V)	kW Loading
Bus1	13,8	100	220,0	65,979
Bus2	0,22	96,67	212,7	64,396
Bus3	0,22	95,29	209,6	63,356
Bus4	0,22	94,73	208,4	62,982
Bus 12	0,22	94,73	208,4	0
Bus 13	0,22	94,73	208,4	0
Bus 18	0,22	94,43	207,7	9,202
Bus 23	0,22	94,69	208,3	2,49
Bus 25	0,22	94,71	208,4	2,592
Bus 26	0,22	94,71	208,4	2,592
Bus 27	0,22	94,71	208,4	0
Bus 28	0,22	94,71	208,4	0
Bus 29	0,22	94,71	208,4	0
Bus 30	0,22	94,71	208,4	0
Bus31	0,22	92,48	203,5	2,531
Bus32	0,22	94,71	208,4	0
Bus33	0,22	94,71	208,4	0
Bus34	0,22	94,71	208,4	0
Bus35	0,22	94,71	208,4	0
Bus37	0,22	94,71	208,4	0
Bus38	0,22	94,71	208,4	0
Bus39	0,22	94,71	208,4	0
Bus40	0,22	94,71	208,4	0

Proceso 3

Bus ID	Nominal kV	Voltage %	Voltaje (V)	kW Loading
Bus1	13,8	100	220	31,053
Bus2	0,22	98,36	216,392	30,688
Bus3	0,22	97,71	214,962	30,449
Bus4	0,22	97,44	214,368	30,363
Bus 12	0,22	97,43	214,346	1,879
Bus 13	0,22	97,44	214,368	0
Bus 18	0,22	97,44	214,368	0
Bus 23	0,22	97,44	214,368	0
Bus 25	0,22	97,38	214,236	7,576
Bus 26	0,22	97,38	214,236	7,576
Bus 27	0,22	97,38	214,236	0
Bus 28	0,22	97,38	214,236	0
Bus 29	0,22	97,36	214,192	4,169
Bus 30	0,22	97,29	214,038	4,164
Bus31	0,22	94,53	207,966	3,306
Bus32	0,22	97,38	214,236	0
Bus33	0,22	97,38	214,236	0
Bus34	0,22	97,38	214,236	0
Bus35	0,22	97,38	214,236	0
Bus37	0,22	97,38	214,236	0
Bus38	0,22	97,38	214,236	0
Bus39	0,22	97,38	214,236	0
Bus40	0,22	97,38	214,236	0

Proceso 4

Bus ID	Nominal kV	Voltage %	Voltage (V)	kW Loading
Bus1	13,8	100	220	58,639
Bus2	0,22	96,91	213,2	57,34
Bus3	0,22	95,67	210,5	56,486
Bus4	0,22	95,17	209,4	56,187
Bus 12	0,22	95,14	209,3	6,808
Bus 13	0,22	95,17	209,4	0,002
Bus 18	0,22	95,17	209,4	0
Bus 23	0,22	95,15	209,3	1,001
Bus 25	0,22	95,09	209,2	9,266
Bus 26	0,22	95,09	209,2	9,265
Bus 27	0,22	95,09	209,2	0
Bus 28	0,22	95,09	209,2	0
Bus 29	0,22	95,09	209,2	0
Bus 30	0,22	95,09	209,2	0
Bus31	0,22	92,58	203,7	2,854
Bus32	0,22	94,96	208,9	6,324
Bus33	0,22	94,96	208,9	0
Bus34	0,22	94,96	208,9	0
Bus35	0,22	94,25	207,4	6,263
Bus37	0,22	94,25	207,4	0
Bus38	0,22	94,25	207,4	0
Bus39	0,22	94,25	207,4	0
Bus40	0,22	94,25	207,4	0

Proceso 5

Bus ID	Nominal kV	Voltage %	Voltaje (V)	kW Loading
Bus1	13,8	100	220,0	5,805
Bus2	0,22	99,76	219,5	5,795
Bus3	0,22	99,64	219,2	5,788
Bus4	0,22	99,6	219,1	5,785
Bus 12	0,22	99,6	219,1	0
Bus 13	0,22	99,6	219,1	0
Bus 18	0,22	99,6	219,1	0
Bus 23	0,22	99,6	219,1	0
Bus 25	0,22	99,55	219,0	5,783
Bus 26	0,22	99,55	219,0	5,782
Bus 27	0,22	99,55	219,0	0
Bus 28	0,22	99,55	219,0	0
Bus 29	0,22	99,55	219,0	0
Bus 30	0,22	99,55	219,0	0
Bus31	0,22	96,92	213,2	3,128
Bus32	0,22	99,5	218,9	2,568
Bus33	0,22	99,48	218,9	0,866
Bus34	0,22	99,47	218,8	0,424
Bus35	0,22	99,32	218,5	1,698
Bus37	0,22	99,22	218,3	1,696
Bus38	0,22	99,15	218,1	1,271
Bus39	0,22	99,13	218,1	0,847
Bus40	0,22	99,12	218,1	0,424

➤ Flujo de las cargas

Proceso 1

ID	Rating	Rated kV	kW	kvar	Amp	% PF	% Loading	Vterminal %	Voltage (V)
CARGA GENERAL OFICINA	3,7 kVA	0,22	3,342	0	9,229	100	95	95,04	209,1
M12-ELEVADOR	7,5 HP	0,22	6,543	3,907	20,53	85,86	102,6	97,44	214,4
M13-ENFRIADOR #1	5 HP	0,22	5,176	3,222	16,38	84,89	102,4	97,65	214,8
M14-ENFRIADOR #2	5 HP	0,22	5,176	3,222	16,37	84,89	102,3	97,71	215,0
M21-BOMBEO ACEITE	1 HP	0,22	3,397	2,456	11,26	81,04	102,4	97,68	214,9
M22-CALDERO	0,143 HP	0,22	0,146	0,123	0,511	76,4	102,3	97,75	215,1

Proceso 2

ID	Rating	Rated kV	kW	kvar	Amp	% PF	% Loading	Vterminal %	Voltage (V)
CARGA GENERAL OFICINA	3,7 kVA	0,22	2,531	0	7,184	100	74	92,48	203,5
M1-MOLINO	50 HP	0,22	48,565	22,982	149,1	90,39	105,8	94,55	208,0
M15-ELEVADOR PRODUCTO	5 HP	0,22	4,529	2,82	14,87	84,89	106,2	94,13	207,1
M16-TOLVA #1	3 HP	0,22	2,736	1,791	9,093	83,67	106	94,35	207,6
M17-TOLVA #2	2 HP	0,22	1,916	1,303	6,445	82,7	106	94,34	207,5
M19-V MOLINO	3 HP	0,22	2,487	1,628	7,808	83,67	100,1	99,9	219,8

Proceso 3

ID	Rating	Rated kV	kW	kvar	Amp	% PF	% Loading	Vterminal %	Voltage (V)
CARGA GENERAL OFICINA	3,7 kVA	0,22	3,306	0	9,179	100	94,5	94,53	208,0
M2-ELEVADOR #1	3 HP	0,22	3,029	1,983	9,756	83,67	102,7	97,38	214,2
M3-MEZCLADORA	20 HP	0,22	17,745	9,481	54,5	88,2	103,2	96,88	213,1
M4-BOMBA ACEITE	2 HP	0,22	1,878	1,277	6,12	82,7	102,7	97,38	214,2
M23-COMPRESOR	1 HP	0,22	4,153	3,003	13,85	81,04	103	97,11	213,6

Proceso 4

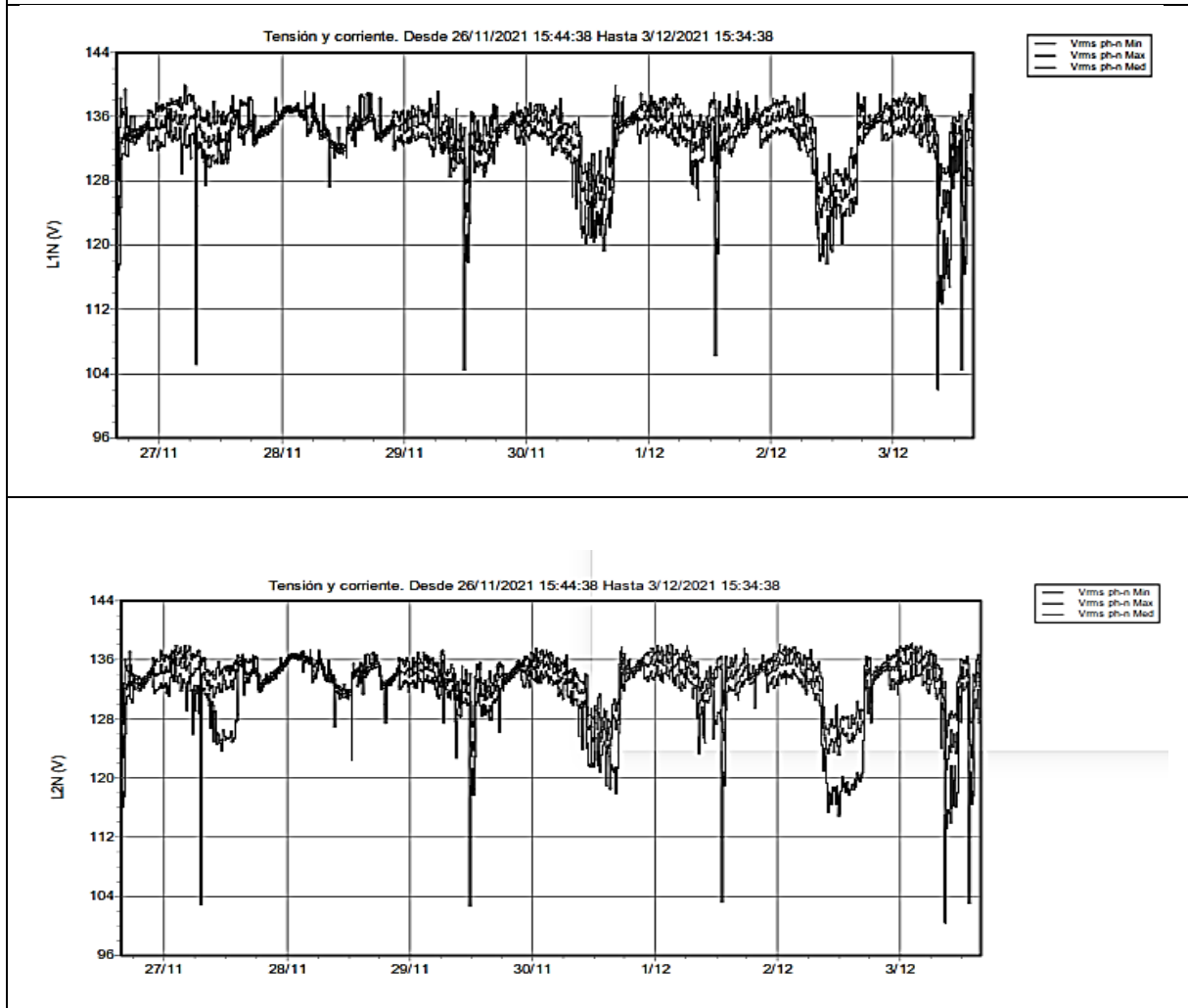
ID	Rating	Rated kV	kW	kvar	Amp	% PF	% Loading	Vterminal %	Voltage (V)
CARGA GENERAL OFICINA	3.7 kVA	0.22	2,854	0	8,091	100	83.3	92.58	203.7
M5-ELEVADOR BALANCEADO	5 HP	0.22	4,529	2.82	14.8	84.89	105.7	94.58	208.1
M6-PRENSADORA	40 HP	0.22	33,061	16,153	101.8	89.85	105.4	94.9	208.8
M7-DESCARGUE PALLET	1 HP	0.22	1,151	0.832	3,919	81.04	105.1	95.11	209.2
M8-ENFRIADOR-#1	3 HP	0.22	2,765	1.81	9,117	83.67	105.1	95.12	209.3
M9-ZARANDA	3 HP	0.22	2,237	1,464	7,399	83.67	105.4	94.83	208.6
M10-ELEVADOR PALLET	2 HP	0.22	2,018	1,169	6,437	86.54	105.2	95.08	209.2
M20-V PALETIZADORA	1 HP	0.22	1,001	0,723	3,406	81,04	105.1	95.14	209.3
M24-RIEGO DE AGUA	7,5 HP	0.22	6,249	3,731	20,3	85,86	106.3	94.08	207.0

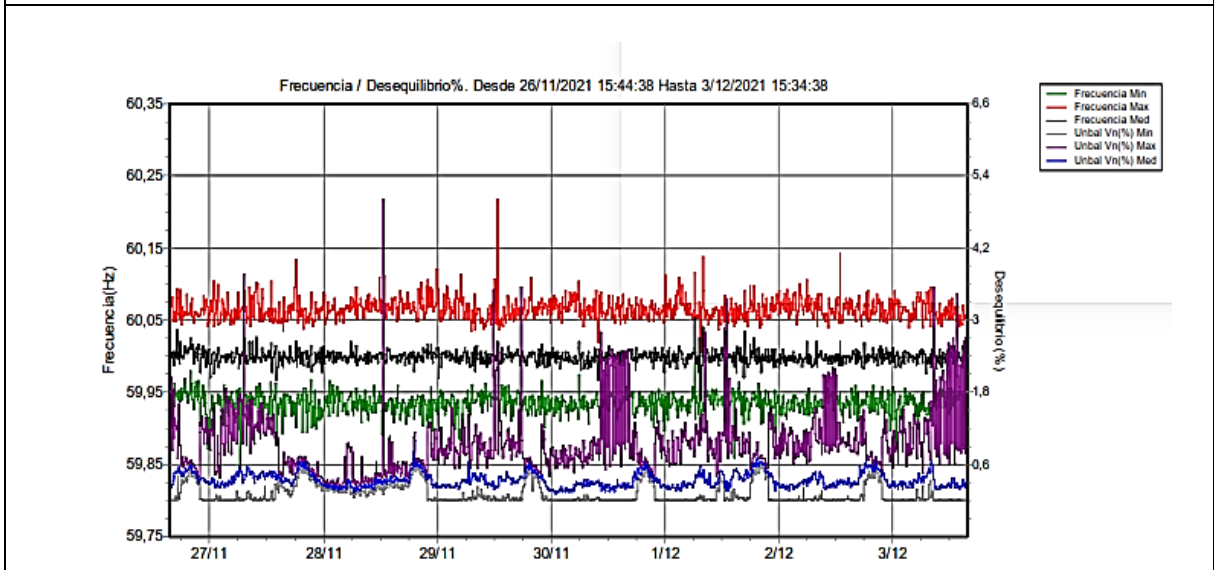
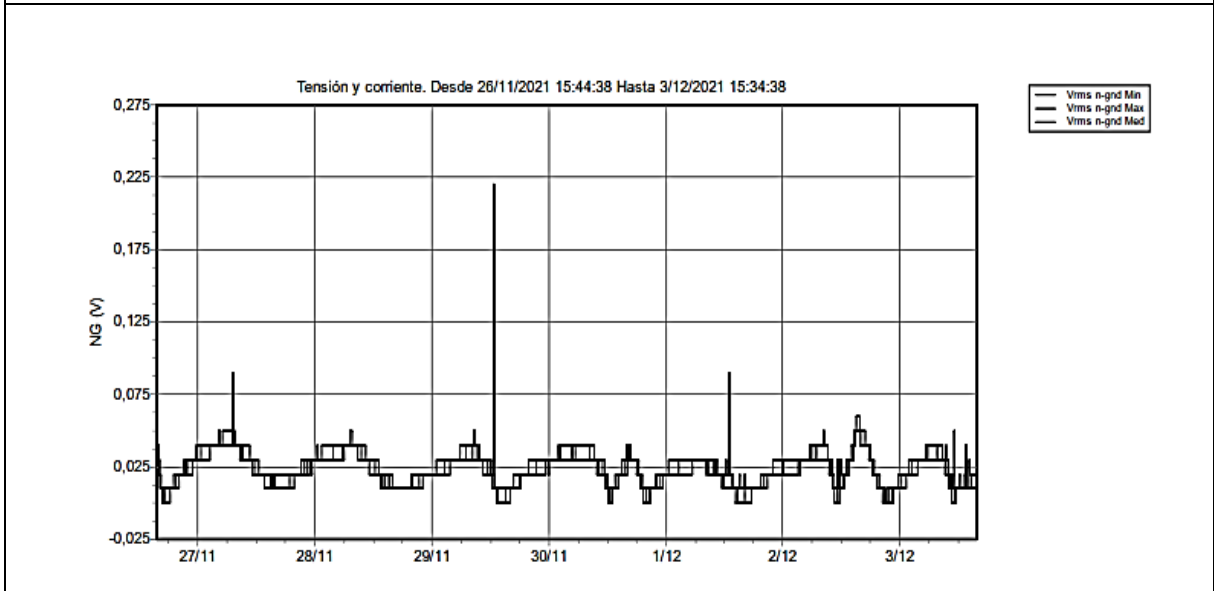
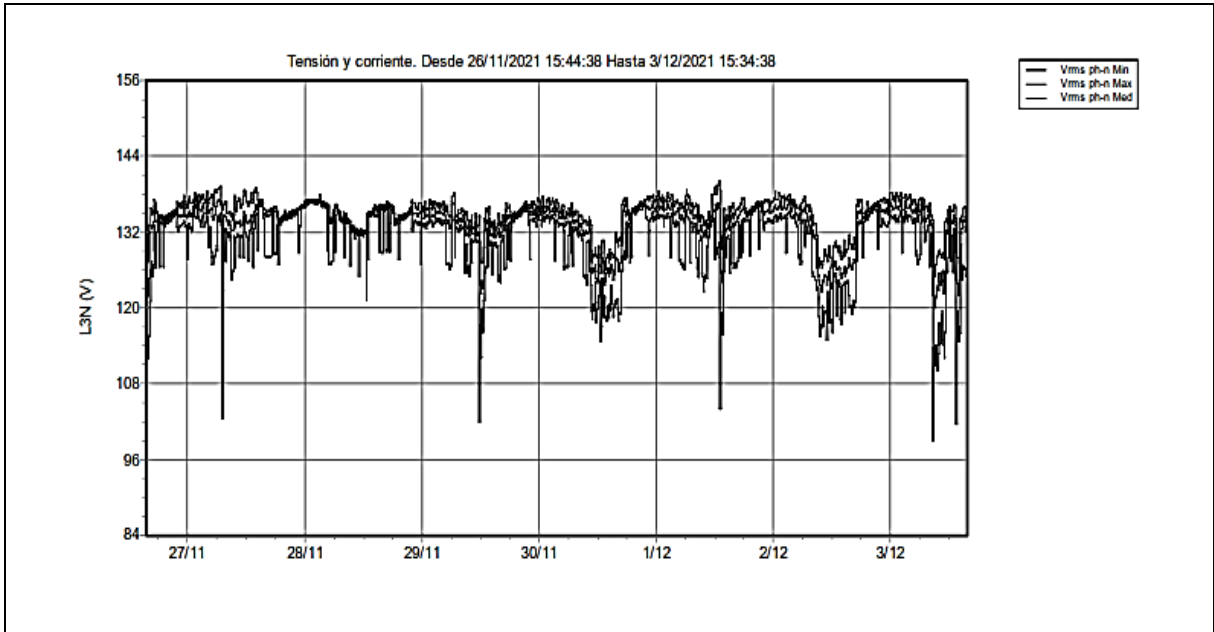
Proceso 5

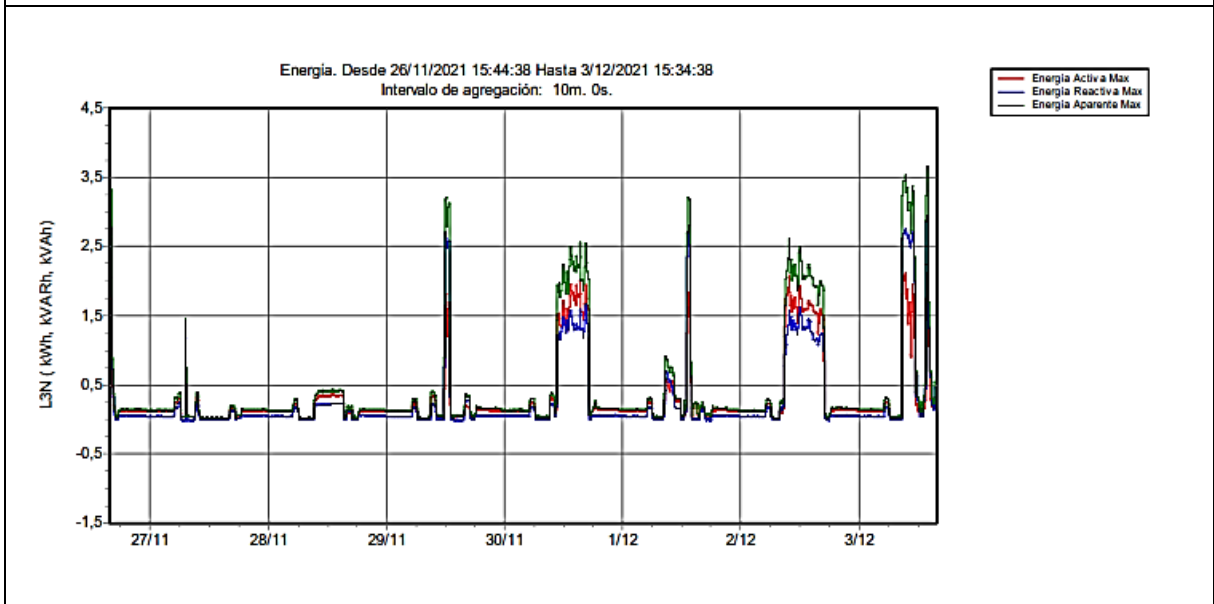
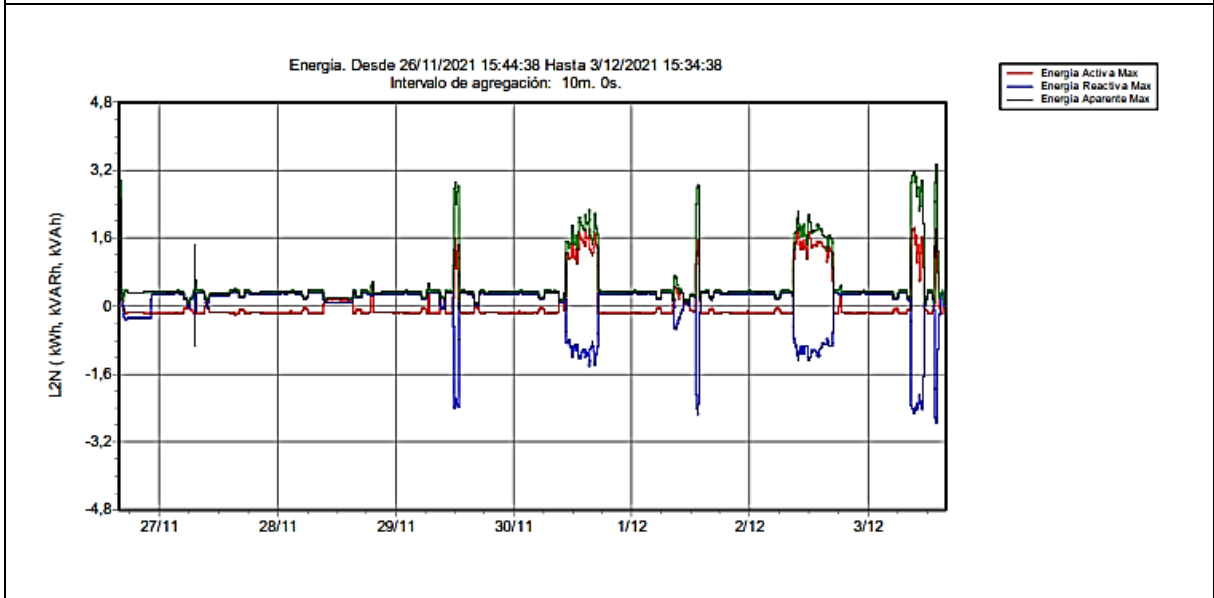
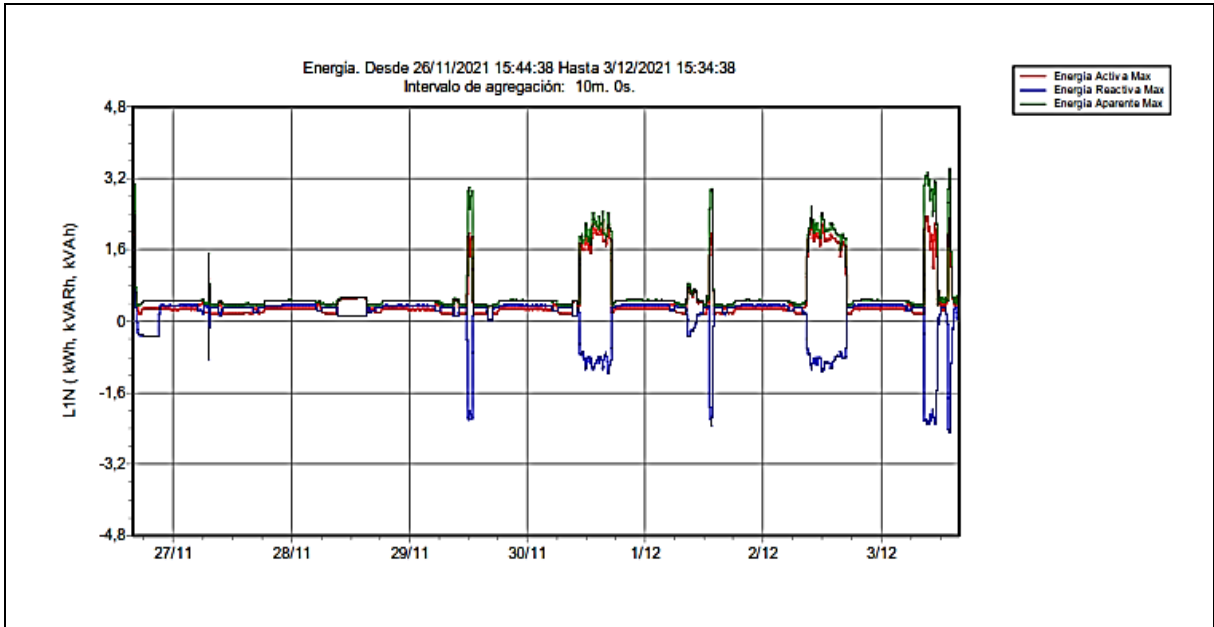
ID	Rating	Rated kV	kW	kvar	Amp	% PF	% Loading	Vterminal %	Voltage (V)
CARGA GENERAL OFICINA	3.7 kVA	0.22	3,128	0	8,47	100	87.2	96.92	213.2
LAMPARA-7	0.5 kVA	0.22	0,424	0,262	1,319	85	100.5	99,12	218,1
LAMPARA-1	0.5 kVA	0.22	0,441	0,233	1,316	88,47	100,3	99,48	218,9
LAMPARA-2	0.5 kVA	0.22	0,424	0,263	1,316	85	100,3	99,47	218,8
LAMPARA-4	0.5 kVA	0.22	0,424	0,263	1,318	85	100,5	99,22	218,3
LAMPARA-5	0.5 kVA	0.22	0,424	0,263	1,319	85	100,5	99,15	218,1
LAMPARA-6	0.5 kVA	0.22	0,424	0,262	1,319	85	100,5	99,13	218,1

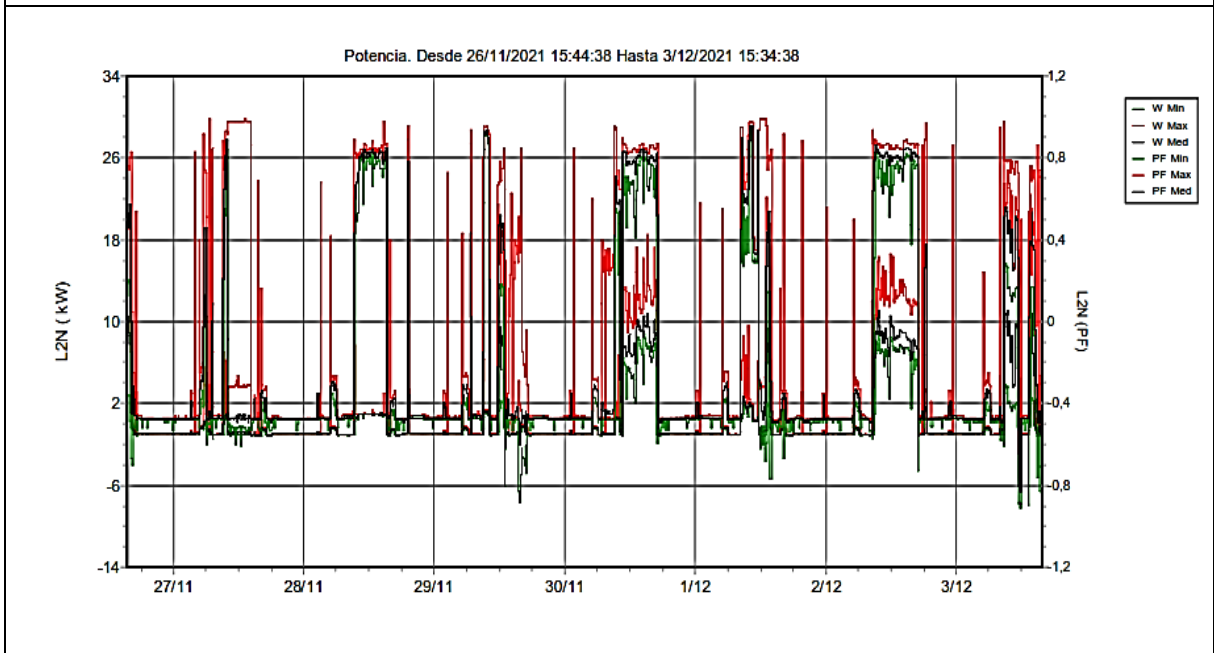
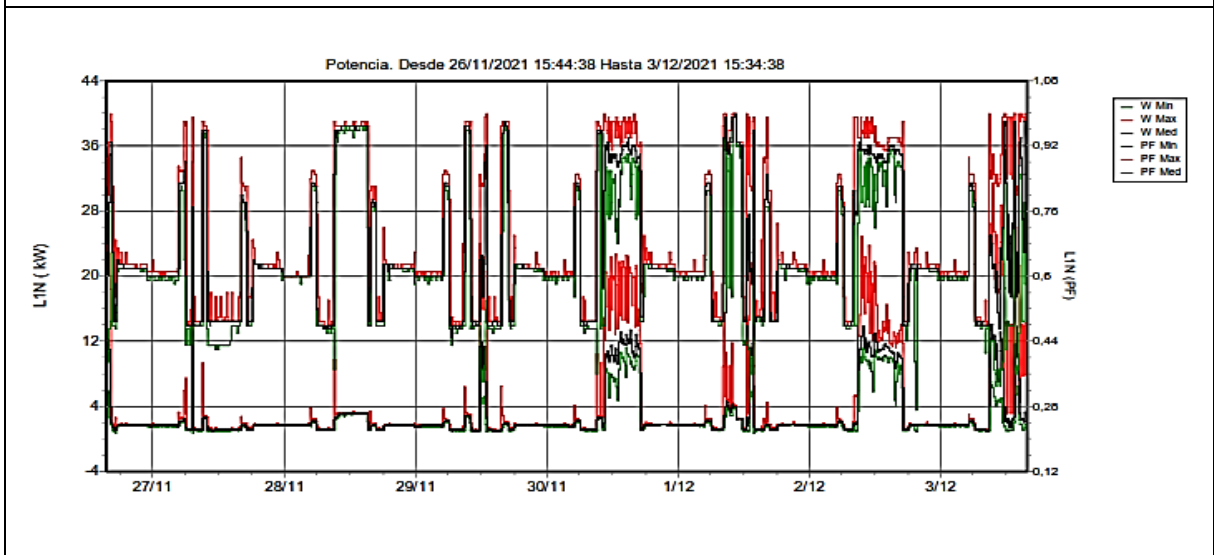
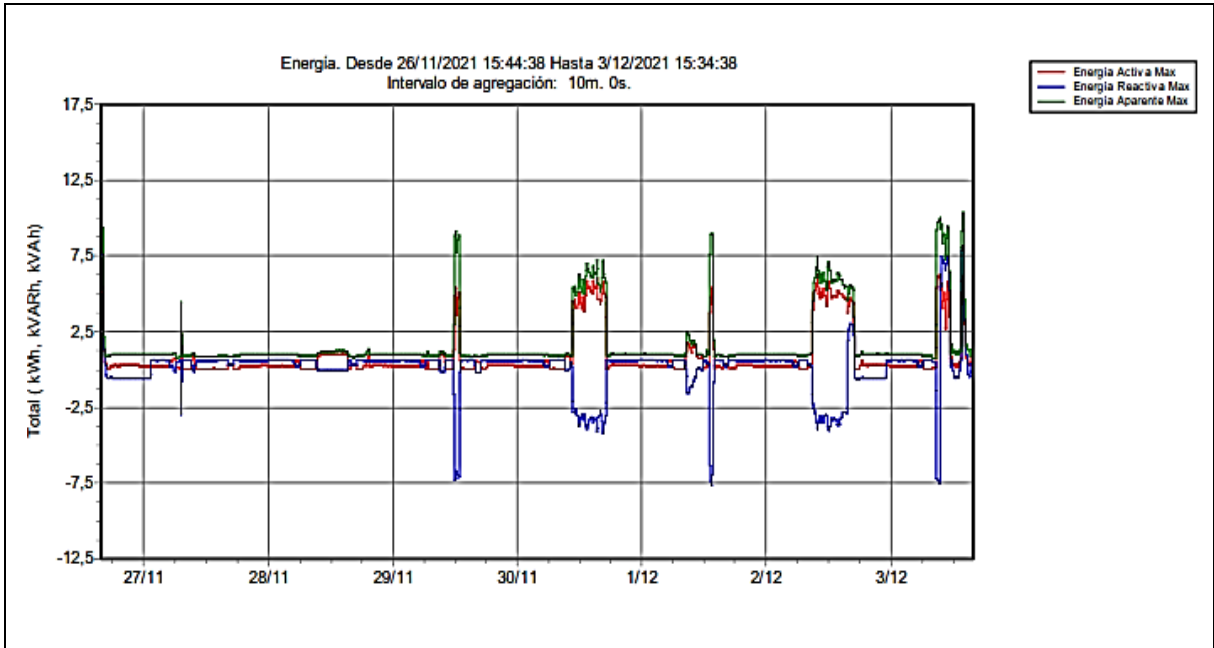
10.7 ANEXOS G. INFORME DEL ANALIZADOR DE REDES

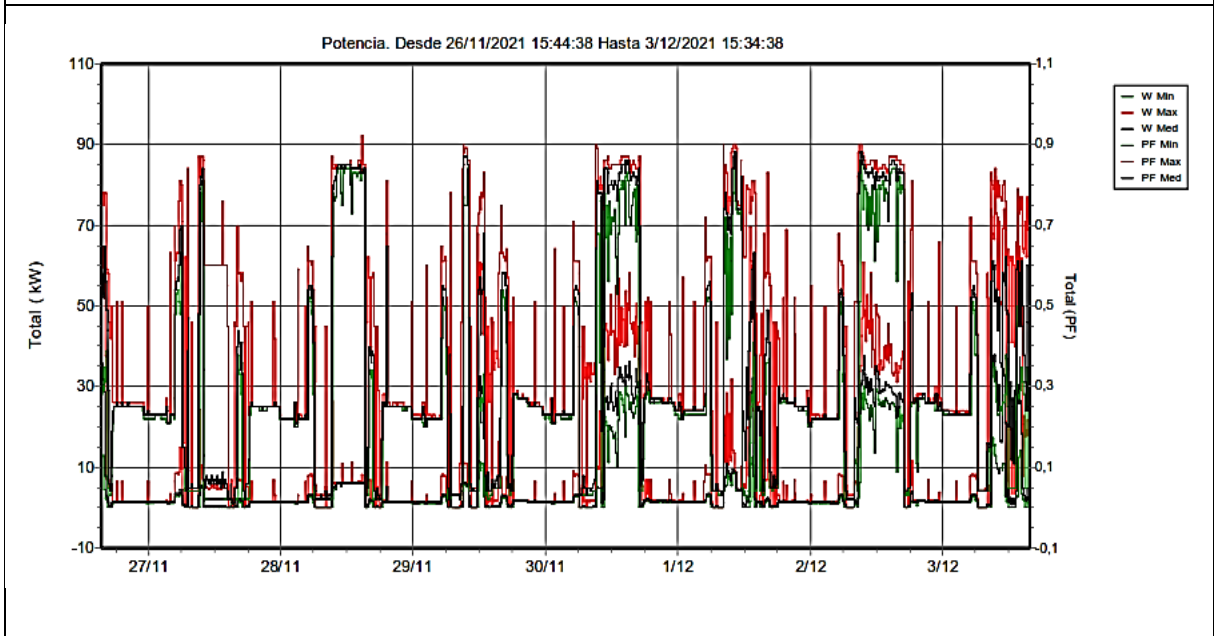
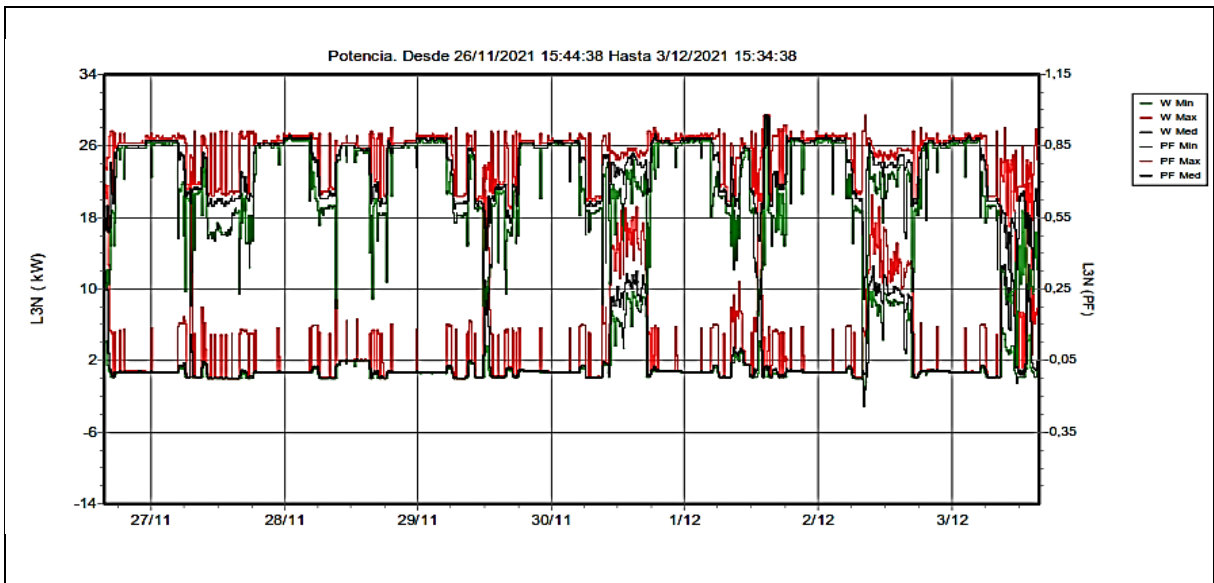
Resumen de medición del analizador de redes correspondiente consumo de la empresa PROBALBEL CIA.LTDA



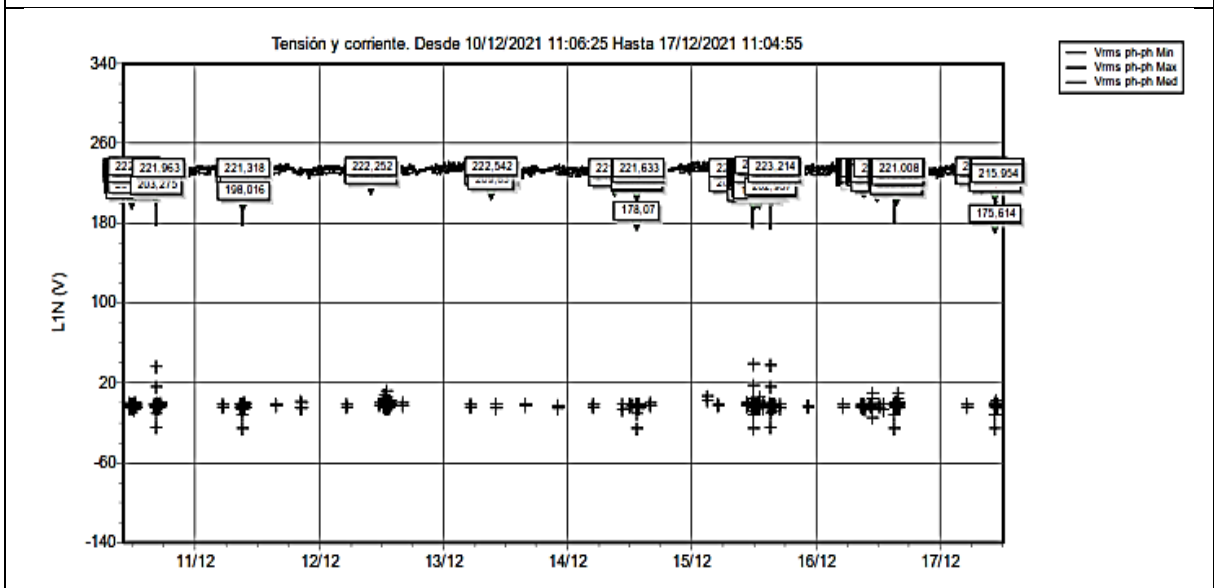


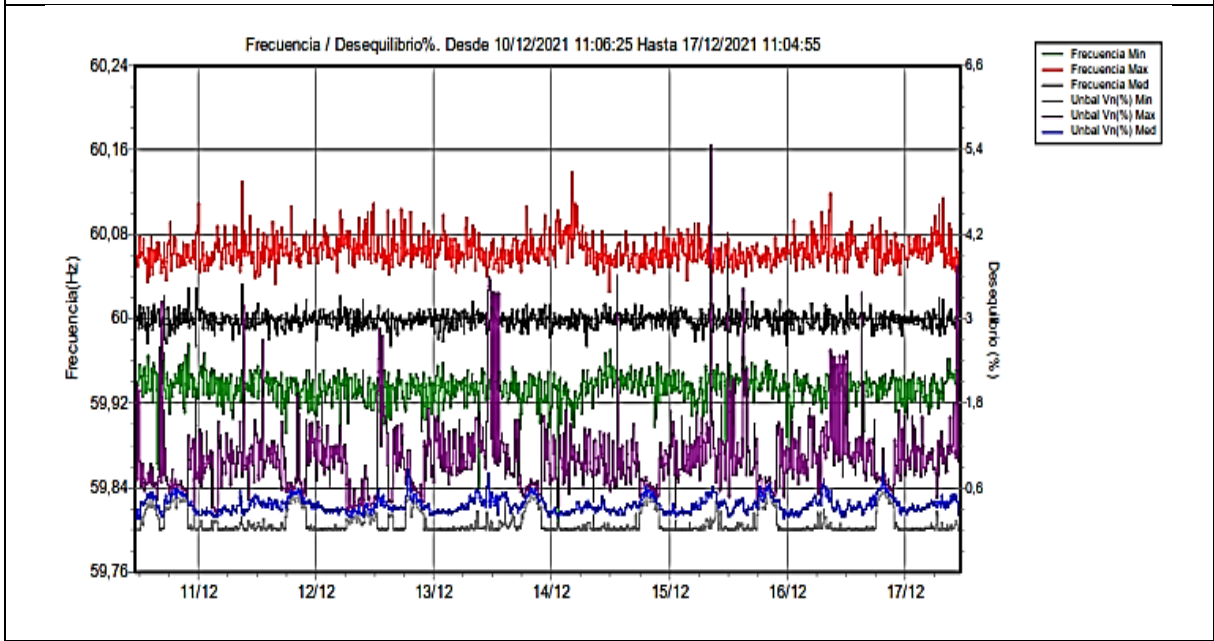
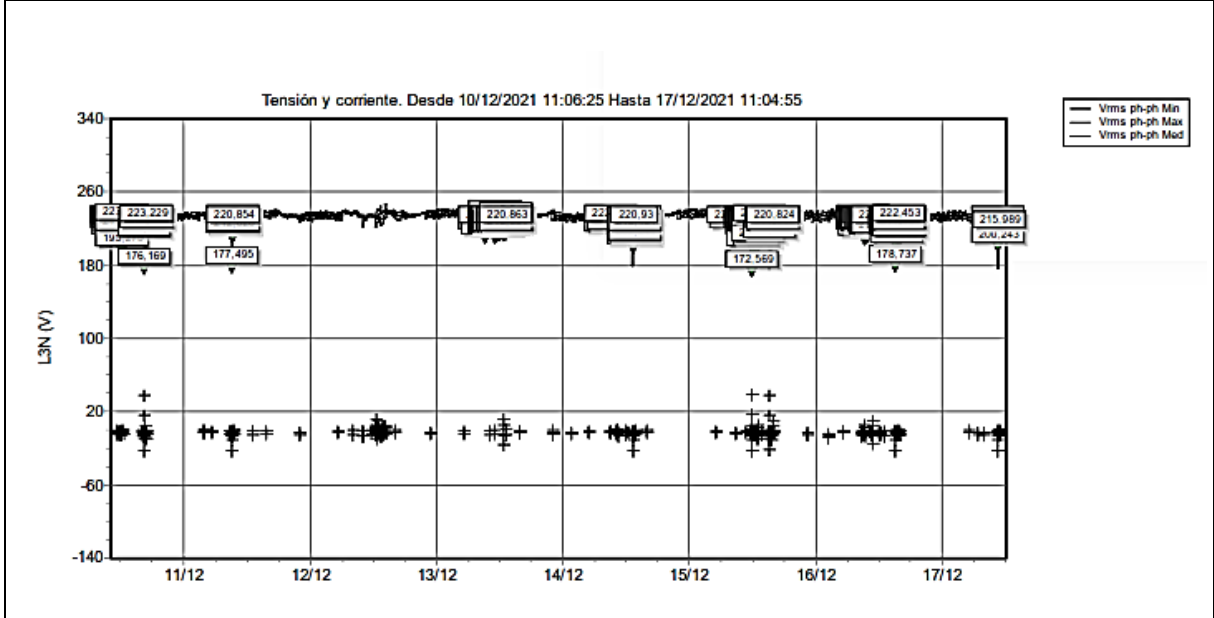
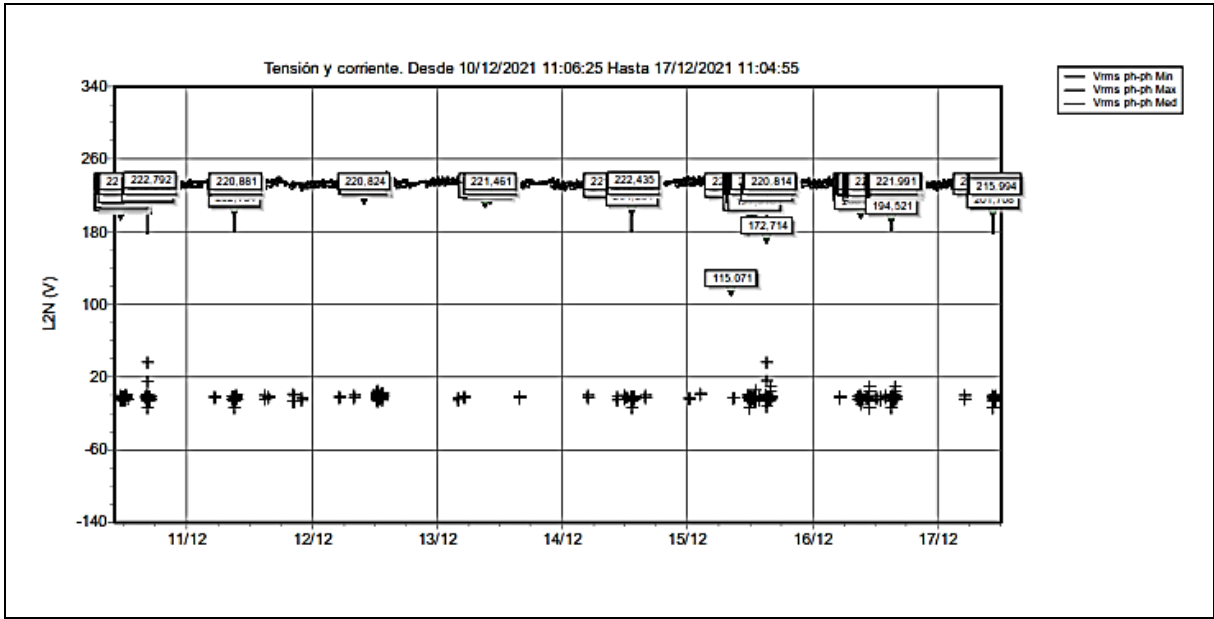




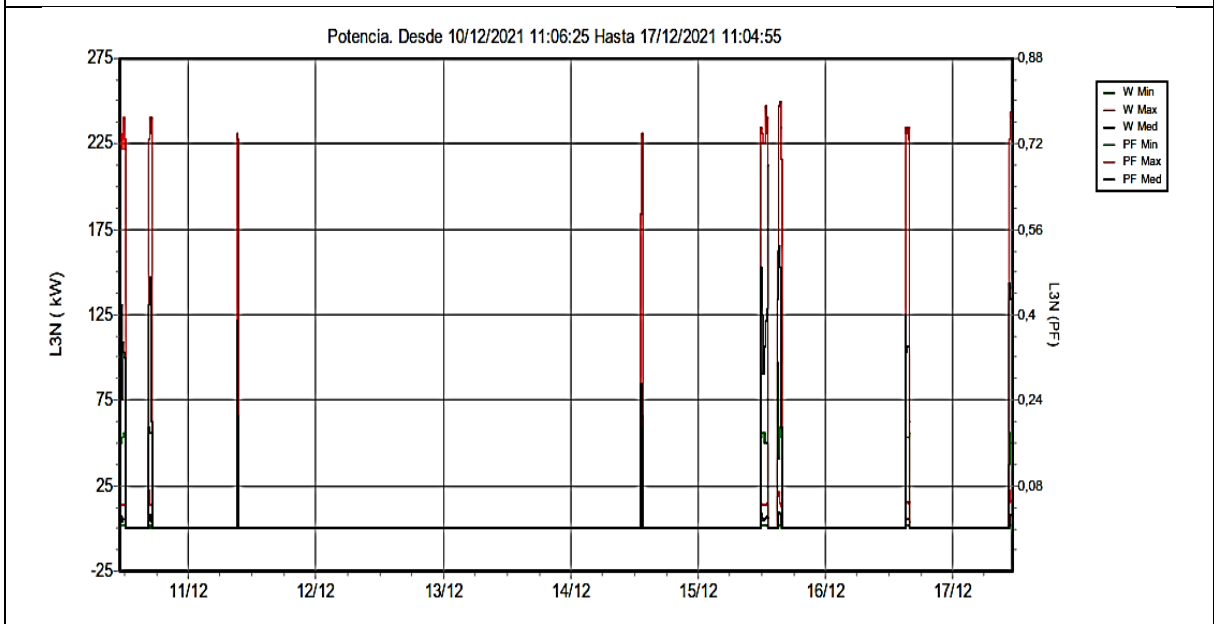
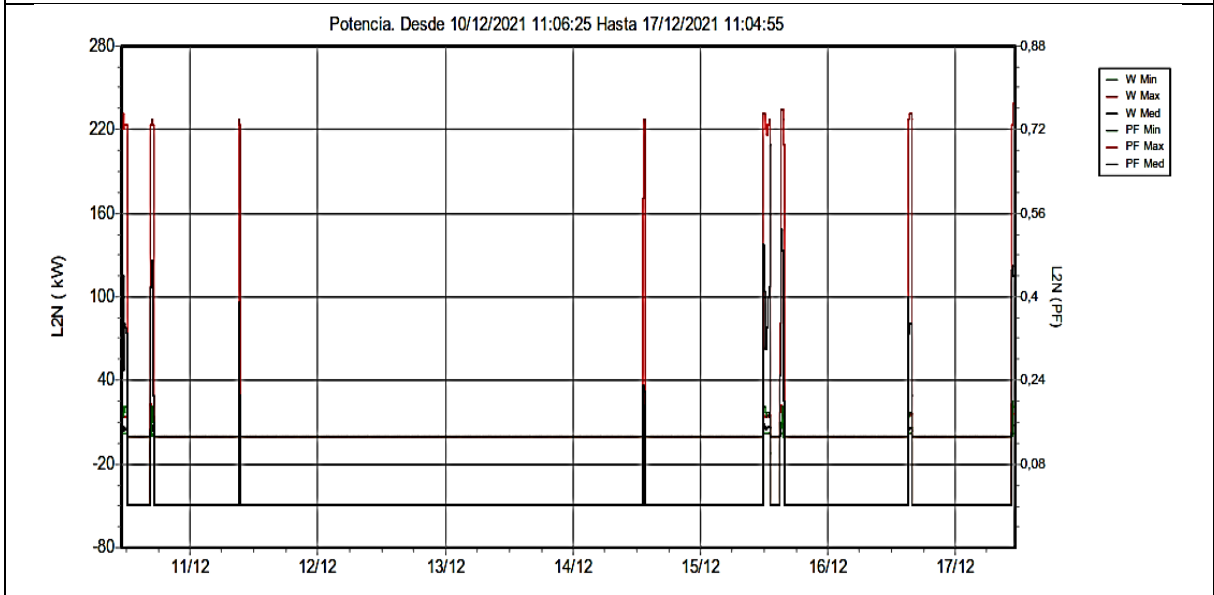
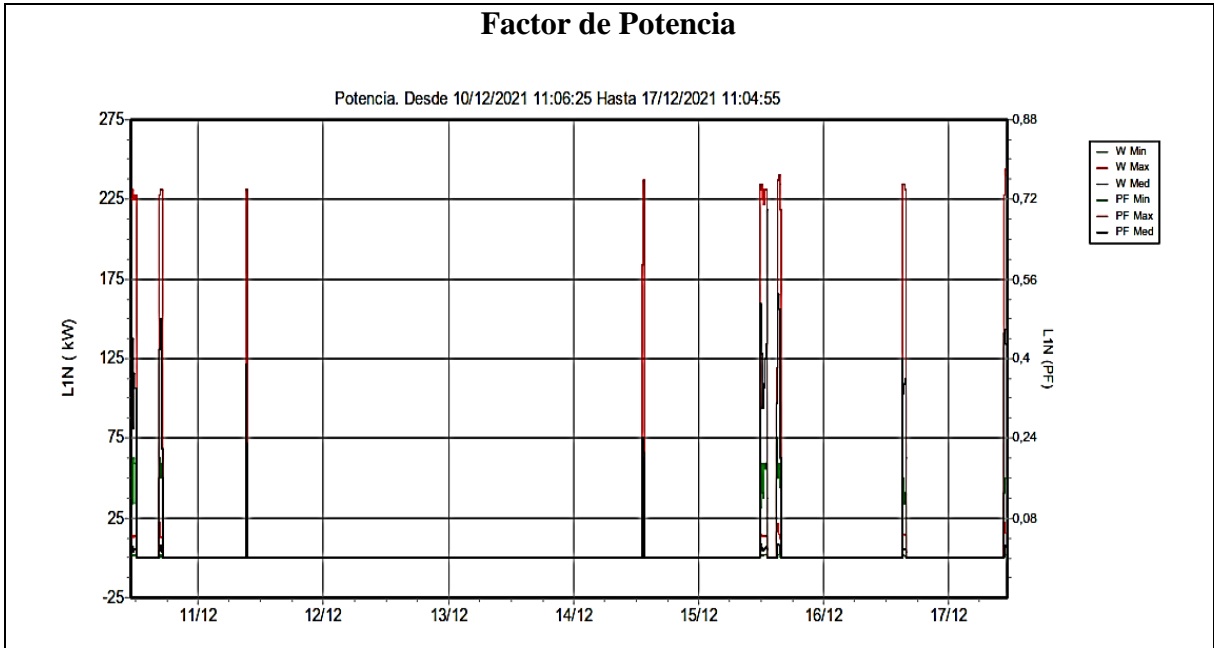


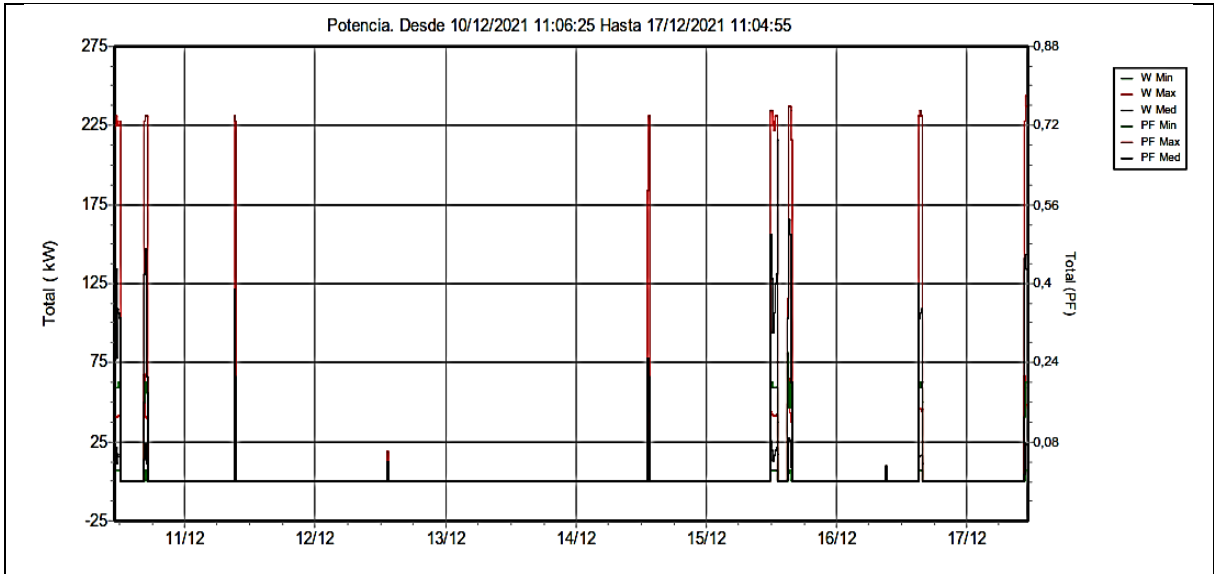
Resumen de medición del analizador de redes correspondiente a el motor del MOLINO.





Factor de Potencia


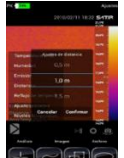






10.8 ANEXO H. CALIBRACIÓN DE LA CÁMARA TERMOGRÁFICA

➤ E1. Ajuste de la cámara termografía pk8

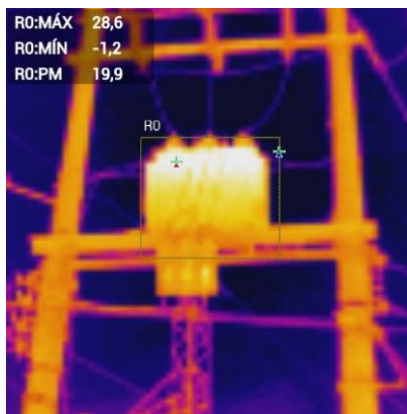
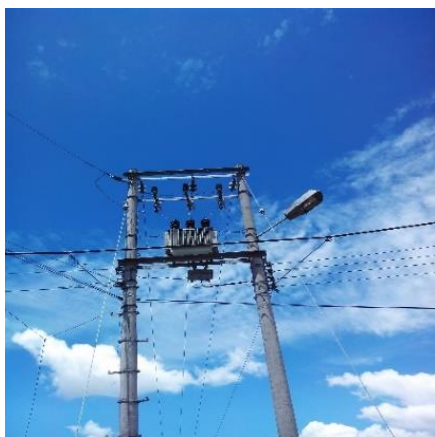
Ajustes	Detalle																																				
<p>Coefficiente de Emisividad</p>	<p>Para ajustar el coeficiente de emisividad, nos dirigimos a la sección de parámetros de medición. Para elegir el coeficiente de emisividad debes tener en cuenta los siguientes valores determinados.</p> <p>Tabla A. Valores de Emisividad</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Material</th> <th style="text-align: center;">Emisividad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Acero pulido</td><td style="text-align: center;">0.18</td></tr> <tr><td>Acero oxidado</td><td style="text-align: center;">0.85</td></tr> <tr><td>Latón pulido</td><td style="text-align: center;">0.10</td></tr> <tr><td>Latón oxidado</td><td style="text-align: center;">0.61</td></tr> <tr><td>Aluminio pulido</td><td style="text-align: center;">0.05</td></tr> <tr><td>Aluminio oxidado</td><td style="text-align: center;">0.30</td></tr> <tr><td>Hierro con costra de fundición (100 °C)</td><td style="text-align: center;">0.80</td></tr> <tr><td>Hierro con costra de laminación (20 °C)</td><td style="text-align: center;">0.77</td></tr> <tr><td>Hierro de fundición oxidado (200 °C)</td><td style="text-align: center;">0.64</td></tr> <tr><td>Hierro, esmerilado (20 °C)</td><td style="text-align: center;">0.24</td></tr> <tr><td>Hormigón (25 °C)</td><td style="text-align: center;">0.93</td></tr> <tr><td>Cobre ligeramente deslustrado (20 °C)</td><td style="text-align: center;">0.04</td></tr> <tr><td>Cobre oxidado (130 °C)</td><td style="text-align: center;">0.76</td></tr> <tr><td>Cobre, laminado (40 °C)</td><td style="text-align: center;">0.64</td></tr> <tr><td>Cobre, pulido (40 °C)</td><td style="text-align: center;">0.03</td></tr> <tr><td>Ladrillo rojo</td><td style="text-align: center;">0.93</td></tr> <tr><td>Grafito</td><td style="text-align: center;">0.85</td></tr> </tbody> </table> <p>Pasos a seguir:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Se recomienda para tablero industriales el coeficiente de emisividad inicial tenga un valor de 1. Como se muestra en la siguiente Figura A b) Tomar dos termogramas con la cámara termográfica del cuerpo a medir. c) Tendrás que comparar las temperaturas de las dos lecturas tomadas, el coeficiente de emisividad sea el adecuado, si no lo es, debes repetir este paso 3 veces hasta que las temperaturas tengan el mismo valor. 	Material	Emisividad	Acero pulido	0.18	Acero oxidado	0.85	Latón pulido	0.10	Latón oxidado	0.61	Aluminio pulido	0.05	Aluminio oxidado	0.30	Hierro con costra de fundición (100 °C)	0.80	Hierro con costra de laminación (20 °C)	0.77	Hierro de fundición oxidado (200 °C)	0.64	Hierro, esmerilado (20 °C)	0.24	Hormigón (25 °C)	0.93	Cobre ligeramente deslustrado (20 °C)	0.04	Cobre oxidado (130 °C)	0.76	Cobre, laminado (40 °C)	0.64	Cobre, pulido (40 °C)	0.03	Ladrillo rojo	0.93	Grafito	0.85
Material	Emisividad																																				
Acero pulido	0.18																																				
Acero oxidado	0.85																																				
Latón pulido	0.10																																				
Latón oxidado	0.61																																				
Aluminio pulido	0.05																																				
Aluminio oxidado	0.30																																				
Hierro con costra de fundición (100 °C)	0.80																																				
Hierro con costra de laminación (20 °C)	0.77																																				
Hierro de fundición oxidado (200 °C)	0.64																																				
Hierro, esmerilado (20 °C)	0.24																																				
Hormigón (25 °C)	0.93																																				
Cobre ligeramente deslustrado (20 °C)	0.04																																				
Cobre oxidado (130 °C)	0.76																																				
Cobre, laminado (40 °C)	0.64																																				
Cobre, pulido (40 °C)	0.03																																				
Ladrillo rojo	0.93																																				
Grafito	0.85																																				

	 <p>Figura A. Coeficiente de emotividad</p>										
<p>Temperatura reflejada</p>	<p>La temperatura reflejada, puedes ajustar este parámetro realizando los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Tomar dos termogramas con la cámara termográfica del cuerpo a medir. Comparar las temperaturas de las lecturas tomadas, si tiene los dos el mismo valor, la temperatura reflejada es la adecuada, si no cumple, se deberá cambiar la temperatura reflejada y repetir el paso, hasta obtener el mismo valor. 										
<p>Distancia al objeto</p>	<p>La distancia que se va a seleccionar será la longitud del objeto entre la cámara termo gráfica y el objeto a medir. A continuación, en la siguiente Figura B se muestra la configuración de las distancias.</p>  <p>Figura B. Configuración de las distancias.</p>										
<p>Humedad relativa y Temperatura atmosférica</p>	<p>Este será por medio en el que se encuentre el cuerpo a medir. Para este parámetro se puede utilizar la del medio ambiente. Como se muestra en la siguiente Figuras C y D.</p>  <p>Figura C. Ajuste de temperatura ambiente.</p>  <p>Figura D. Parámetros de Humedad.</p> <p>En cualquier caso, si no se está seguro de los valores de los parámetros de la cámara termográfica, los siguientes pueden ser recomendables y suelen aparecer por defecto en algunas cámaras. A continuación, en la siguiente Tabla B se presenta valores termográficos recomendados para la cámara termográfica.</p> <p>Tabla B Valores recomendados para la cámara termográfica.</p> <table border="1" data-bbox="941 1915 1337 2027"> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0.95</td> </tr> <tr> <td>Temperatura reflejada</td> <td>+20°C</td> </tr> <tr> <td>Distancia</td> <td>1 metro</td> </tr> <tr> <td>Humedad relativa</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>Temperatura atmosférica</td> <td>+25°C</td> </tr> </table>	Emisividad	0.95	Temperatura reflejada	+20°C	Distancia	1 metro	Humedad relativa	50%	Temperatura atmosférica	+25°C
Emisividad	0.95										
Temperatura reflejada	+20°C										
Distancia	1 metro										
Humedad relativa	50%										
Temperatura atmosférica	+25°C										

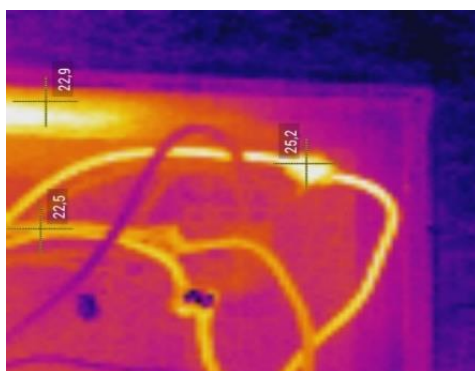
10.9 ANEXO I. RESULTADOS DEL ANÁLISIS TERMOGRÁFICO

Datos del transformador y tablero de control

Transformador de 75 KV



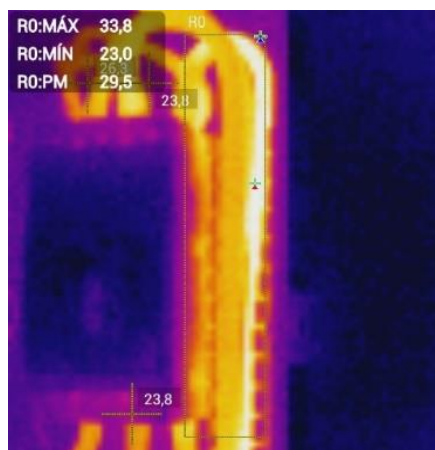
Detalle de la Unión de conductores ASCR Y AWG



Nº1 Tablero Principal

Tablero de control principal de la empresa.

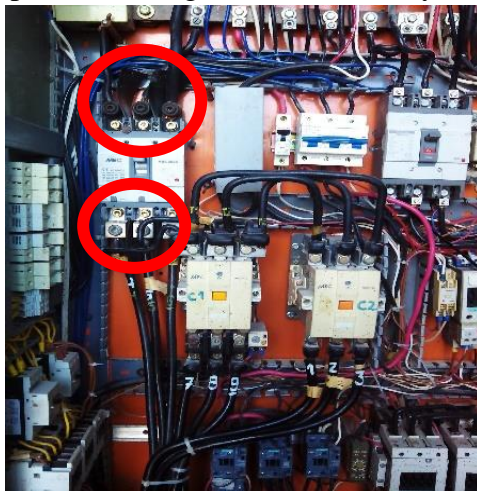
Protecciones eléctricas de la red: Interruptor termomagnético LEGRAND 250 A



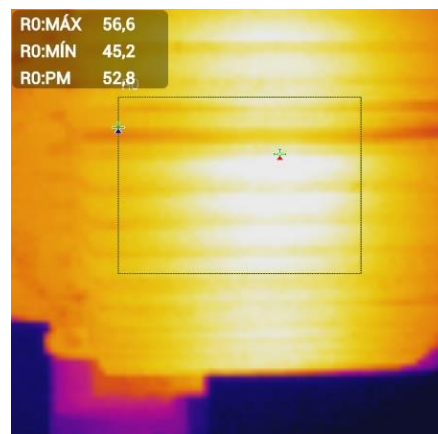
➤ **Tablero de control principal de la empresa.**

➤ **MOLINO**

Interruptor termomagnético, contactor y térmico.



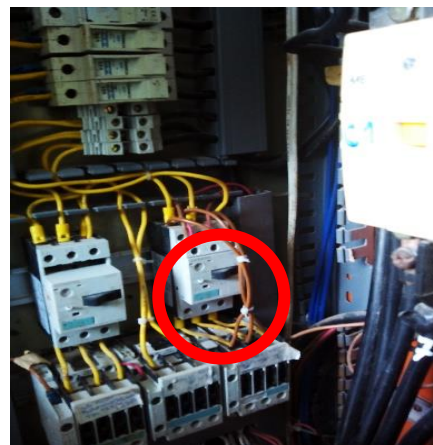
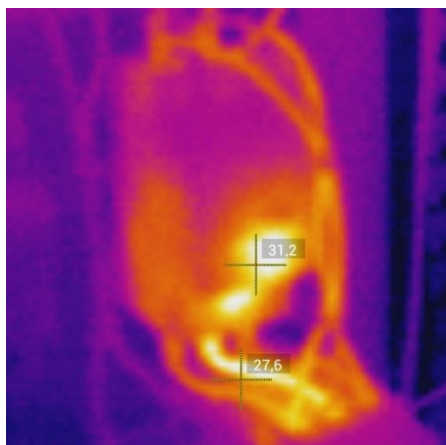
➤ **Motor de 50 HP**



MÁQUINA MEZCLADORA

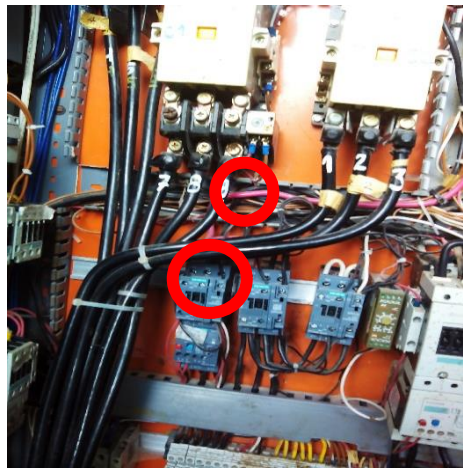
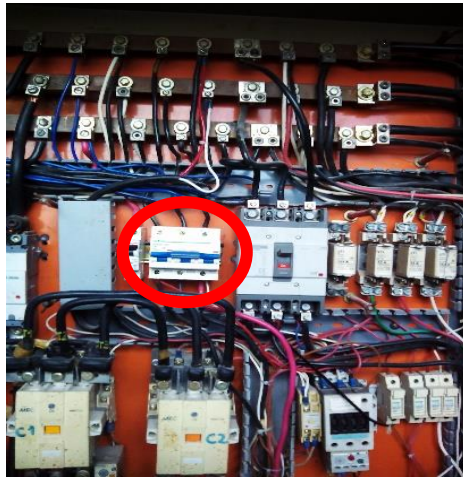
➤ **Elevador #1**

Fusible, Contactor y térmico

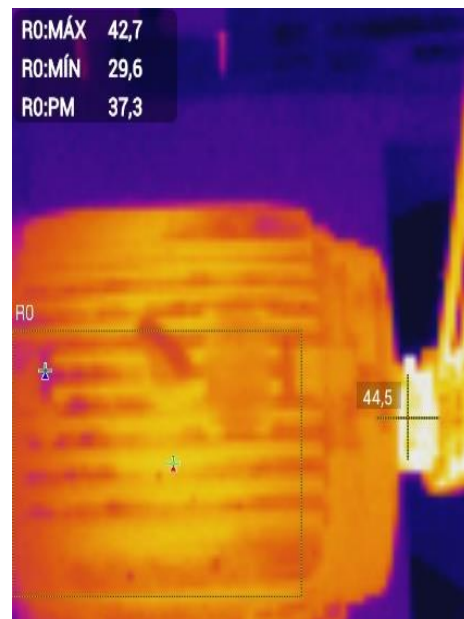


➤ **Mezcladora**

Interruptor termomagnético, contactor y térmico



➤ **Motor 20 Hp**

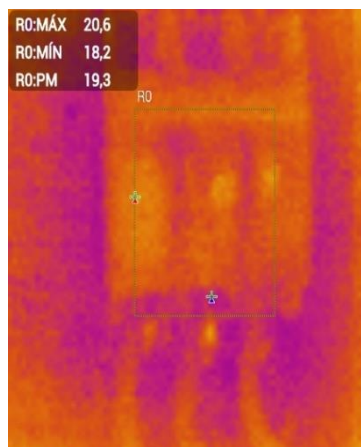
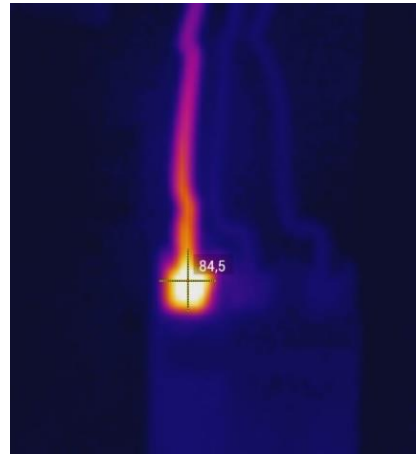
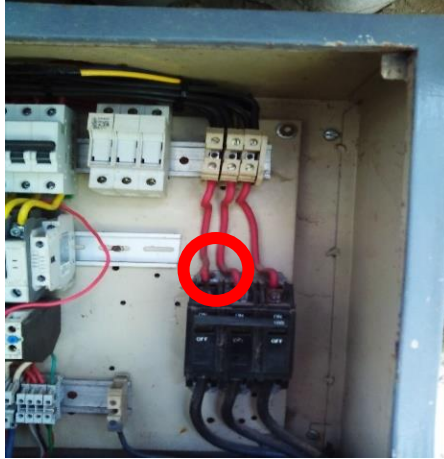


Nº2 TABLERO

ALMACENAMIENTO DEL MAÍZ

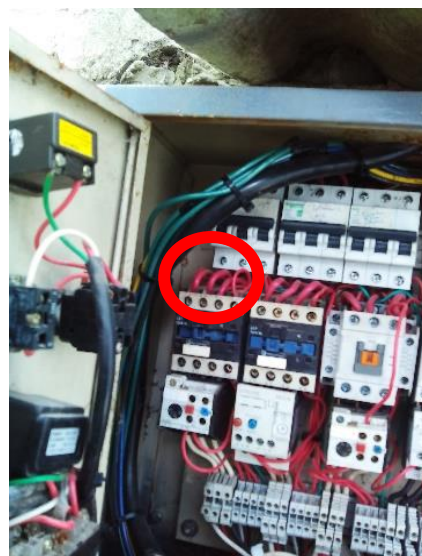
Tablero del área de almacenamiento del maíz.

Protecciones eléctricas de la red: Interruptor termomagnético Schneider Electric 100 A.



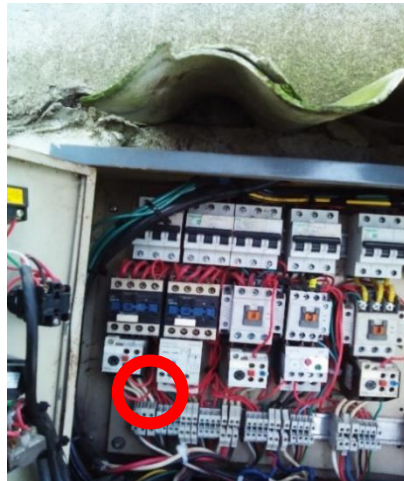
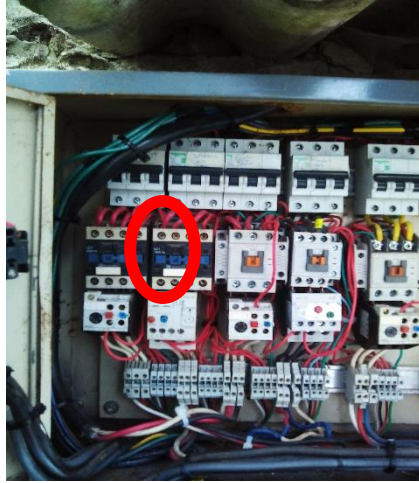
❖ Descargador

Interruptor termomagnético, contactor y térmico.



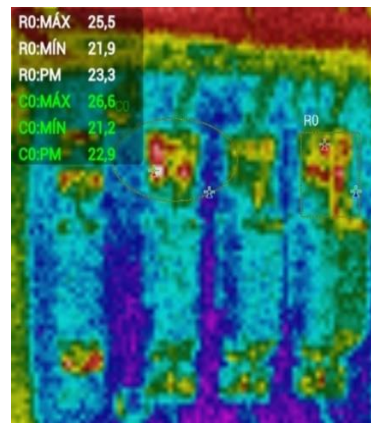
❖ **Elevador**

Interruptor termomagnético, contactor y térmico.

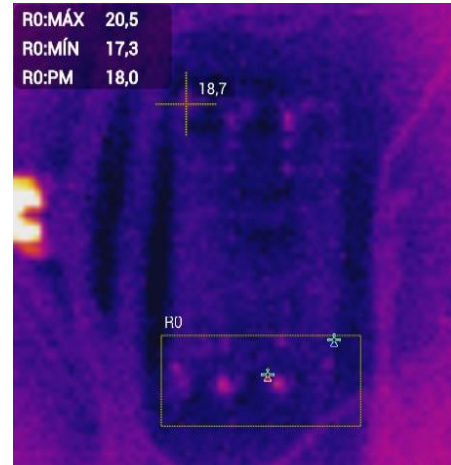


N° 3 TABLERO

Tablero de almacenamiento de productos Tolvas
Protecciones eléctricas de la red: FUSIBLES

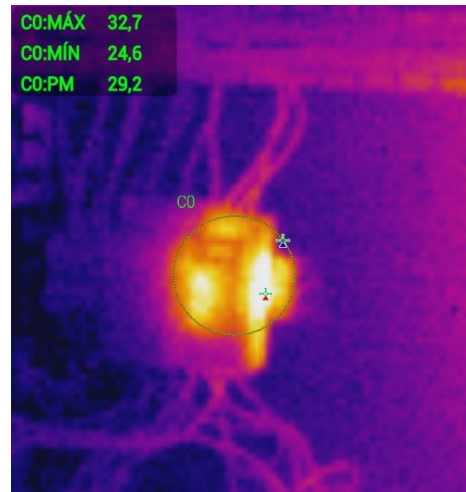
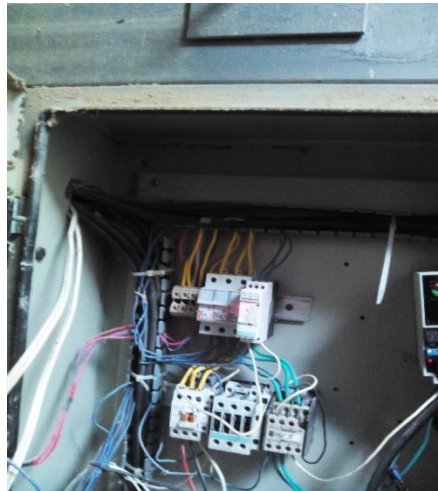


Metasol ABN 5lg 40 A



N° 4 TABLERO

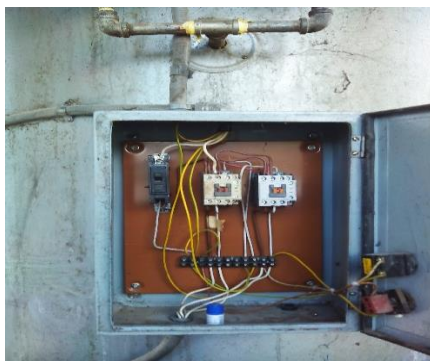
Tablero de control con variador de frecuencia
FUSIBLES



N° 5 TABLERO

Tablero de control del caldero.

Breakers



N° 6 TABLERO

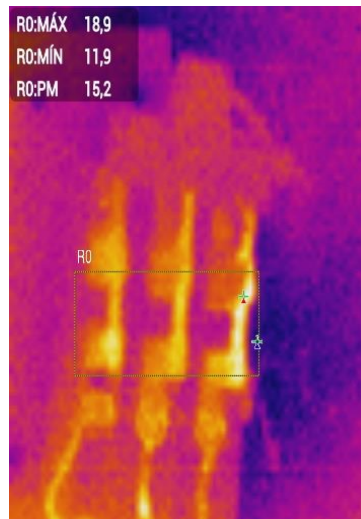
Tablero de control del compresor.

Breakers

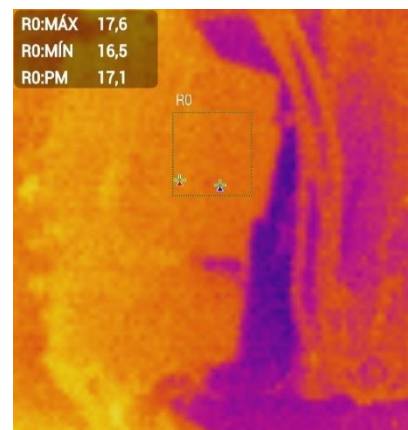


N° 7 TABLERO

Tablero de control para el riego del campo.

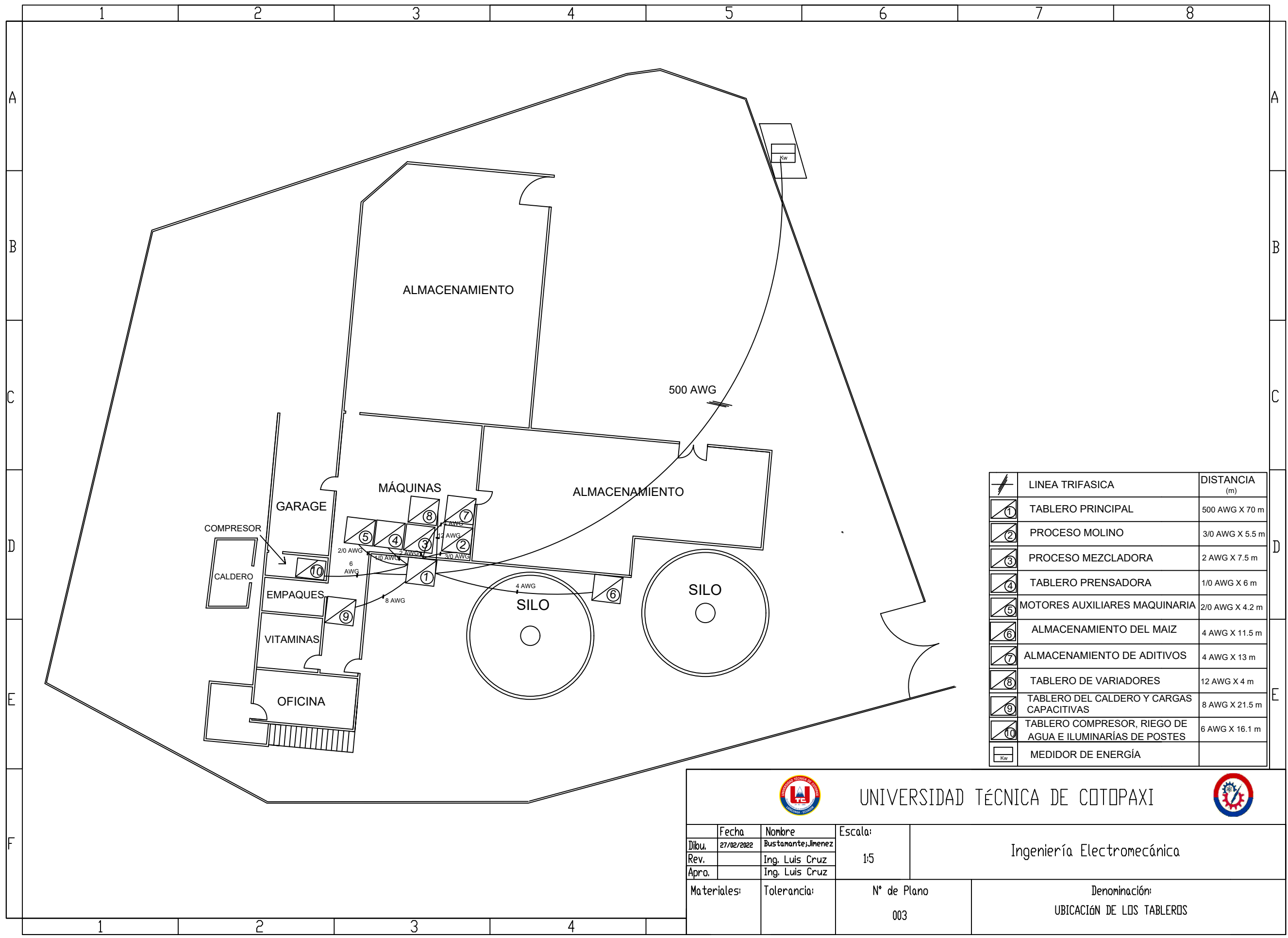


- ❖ **Riego de agua**
Contactor y térmico.



10.10 ANEXO J. NUEVO REDISEÑO ELÉCTRICO PARA LA PLANTA PROBALBEN CIA.LTDA

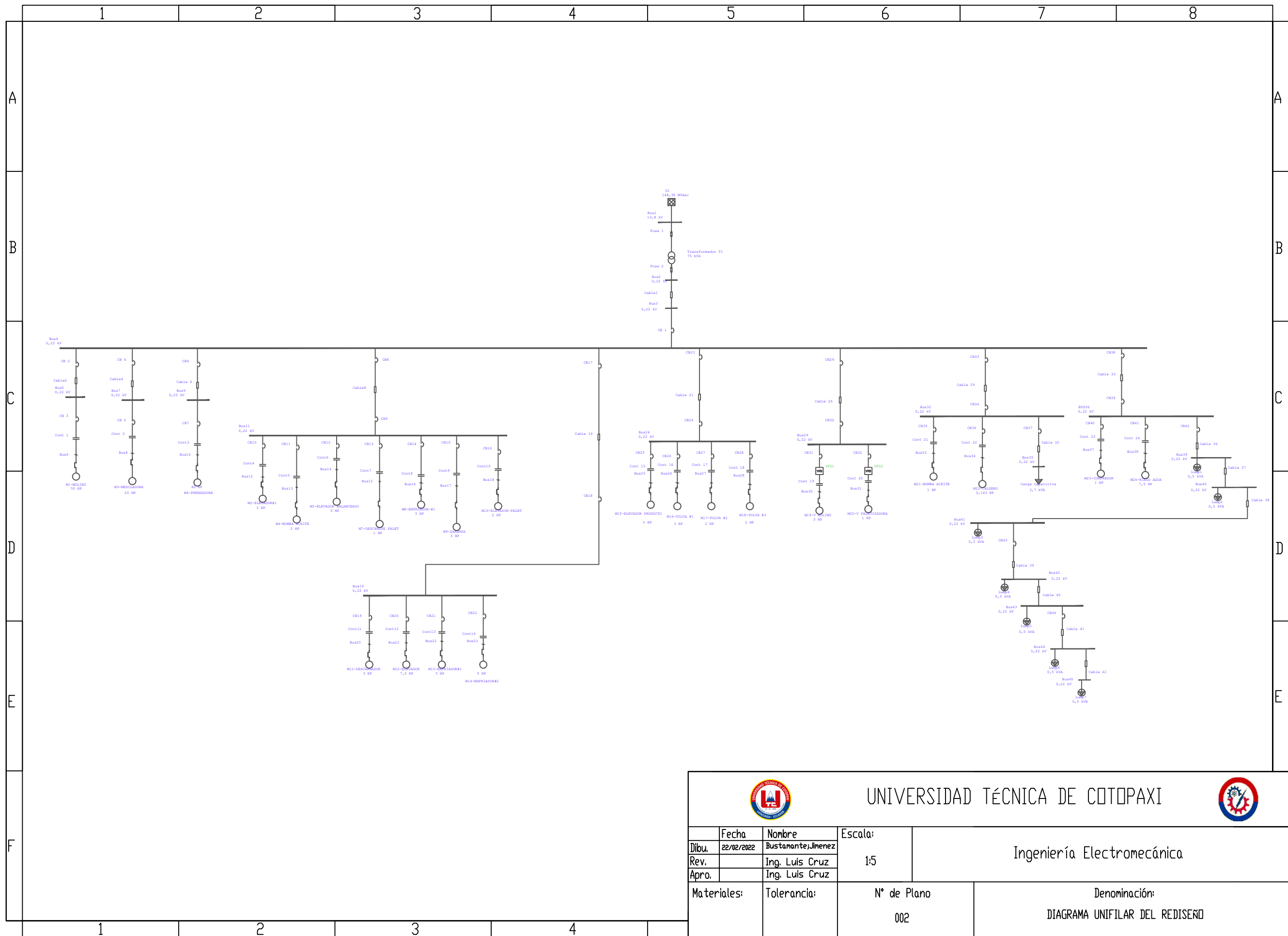
- J1. Distribución de los tableros eléctricos.
- J2. Diagrama unifilar de la planta PROBALBEN CIA.LTD.



	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA (m)
	LINEA TRIFASICA	
	TABLERO PRINCIPAL	500 AWG X 70 m
	PROCESO MOLINO	3/0 AWG X 5.5 m
	PROCESO MEZCLADORA	2 AWG X 7.5 m
	TABLERO PENSADORA	1/0 AWG X 6 m
	MOTORES AUXILIARES MAQUINARIA	2/0 AWG X 4.2 m
	ALMACENAMIENTO DEL MAIZ	4 AWG X 11.5 m
	ALMACENAMIENTO DE ADITIVOS	4 AWG X 13 m
	TABLERO DE VARIADORES	12 AWG X 4 m
	TABLERO DEL CALDERO Y CARGAS CAPACITIVAS	8 AWG X 21.5 m
	TABLERO COMPRESOR, RIEGO DE AGUA E ILUMINARIAS DE POSTES	6 AWG X 16.1 m
	MEDIDOR DE ENERGÍA	


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI


Fecha	Nombre	Escala:	Ingeniería Electromecánica
Dibu.	Bustamante, Jimenez	1:5	
Rev.	Ing. Luis Cruz		
Apr.	Ing. Luis Cruz		
Materiales:		Tolerancia:	N° de Plano 003
			Denominación: UBICACIÓN DE LOS TABLEROS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha	Nombre	Escala:	Ingeniería Electromecánica
Dibu. 22/02/2022	Bustamante, Jimenez	1:5	
Rev.	Ing. Luis Cruz		
Apr.	Ing. Luis Cruz		
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:
		002	DIAGRAMA UNIFILAR DEL REDISEÑO

➤ Anexo J3. Tablero Eléctricos Rediseño Interruptores termomagnéticos

ID	Tablero Eléctricos			Rango del equipo			Registro de operación o servicio		
	ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	Operación (kA)	Ajuste (kA)	BUS ID	Simétrica (kA)	Asimétricas (kA)
TPA 1	CB1	Sheneral Electrical	DPX250-F	IEC	85	15	BUS 4	8,00	13,10
	CB2	Sheneral Electrical	NSX250-F	IEC	85	15	BUS 5	7,90	13,10
	CB4	Sheneral Electrical	NSX100-F	IEC	85	15	BUS 7	7,90	13,10
	CB6	Sheneral Electrical	NSX250-F	IEC	85	15	BUS 9	7,70	12,50
	CB8	Sheneral Electrical	NSX250-F	IEC	85	15	BUS 11	7,70	12,60
	C17	Sheneral Electrical	NSX250-F	IEC	85	15	BUS 19	6,90	10,80
	C26	Sheneral Electrical	NSX100-F	IEC	85	10	BUS 24	6,20	9,30
	C29	Sheneral Electrical	NSX100-F	IEC	85	10	BUS 29	6,20	9,30
	C36	Sheneral Electrical	NSX100-F	IEC	85	10	BUS 32	4,20	6,10
	C38	Sheneral Electrical	NSX100-F	IEC	85	10	BUS 36	5,90	8,80
T2	CB3	Sheneral Electrical	NSX250-F	IEC	85	10	BUS 5	7,90	13,10
T3	CB5	Sheneral Electrical	NSX100-F	IEC	85	10	BUS 7	7,90	13,10
T4	CB7	Sheneral Electrical	NSX160-F	IEC	85	10	BUS 9	7,70	12,50
T5	CB9	Sheneral Electrical	NSX160-F	IEC	85	10	BUS 11	7,70	12,60
T6	CB 18	Sheneral Electrical	NSX100-F	IEC	85	10	BUS 19	6,90	10,80
T7	CB 24	Sheneral Electrical	NSX100-F	IEC	85	10	BUS 24	6,20	9,30
T8	CB 30	Sheneral Electrical	NSX100-F	IEC	85	10	BUS 29	6,20	9,30
T9	CB 34	Sheneral Electrical	NSX100-F	IEC	85	10	BUS 32	4,20	6,10
T10	CB 39	Sheneral Electrical	NSX100-F	IEC	85	10	BUS 36	5,90	8,80

10.11 ANEXO K. REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

➤ Flujo en las barras

Proceso 1

Bus ID	Nominal kV	Voltage %	Voltage (V)	kW Loading
Bus1	13,8	100	220,0	22,768
Bus2	0,22	98,78	217,3	22,569
Bus3	0,22	98,67	217,1	22,551
Bus4	0,22	98,67	217,1	22,551
Bus5	0,22	98,67	217,1	0
Bus7	0,22	98,67	217,1	0
Bus9	0,22	98,67	217,1	0
Bus11	0,22	98,67	217,1	0
Bus12	0,22	98,67	217,1	0
Bus20	0,22	98,67	217,1	17,011
Bus21	0,22	98,43	216,5	16,957
Bus26	0,22	98,67	217,1	0
Bus27	0,22	98,67	217,1	0
Bus32	0,22	98,67	217,1	0
Bus33	0,22	98,67	217,1	0
Bus36	0,22	98,67	217,1	5,54
Bus37	0,22	98,44	216,6	5,527
Bus40	0,22	98,18	216,0	3,21
Bus41	0,22	98,67	217,1	0
BUS42	0,22	98,67	217,1	0

Proceso 2

Bus ID	Nominal kV	Voltage %	Voltage (V)	kW Loading
Bus1	13,8	100	220,0	64,748
Bus2	0,22	96,63	212,6	63,184
Bus3	0,22	96,33	211,9	63,046
Bus4	0,22	96,33	211,9	63,046
Bus5	0,22	96,33	211,9	48,607
Bus7	0,22	96,33	211,9	0
Bus9	0,22	96,33	211,9	0
Bus11	0,22	96,33	211,9	0
Bus12	0,22	96,33	211,9	0
Bus20	0,22	96,33	211,9	0
Bus21	0,22	96,33	211,9	0
Bus26	0,22	96,33	211,9	9,209
Bus27	0,22	96,18	211,6	9,19
Bus32	0,22	96,33	211,9	2,492
Bus33	0,22	96,3	211,9	2,491
Bus36	0,22	96,33	211,9	2,737
Bus37	0,22	96,22	211,7	2,734
Bus40	0,22	95,99	211,2	2,728
Bus41	0,22	96,33	211,9	0
BUS42	0,22	96,33	211,9	0

Proceso 3

Bus ID	Nominal kV	Voltage %	Voltage (V)	kW Loading
Bus1	13,8	100	220,0	30,085
Bus2	0,22	98,41	216,5	29,742
Bus3	0,22	98,26	216,2	29,712
Bus4	0,22	98,26	216,2	29,712
Bus5	0,22	98,26	216,2	0
Bus7	0,22	98,26	216,2	17,921
Bus9	0,22	98,26	216,2	0
Bus11	0,22	98,26	216,2	4,916
Bus12	0,22	98,2	216,0	4,913
Bus20	0,22	98,26	216,2	0
Bus21	0,22	98,26	216,2	0
Bus26	0,22	98,26	216,2	0
Bus27	0,22	98,26	216,2	0
Bus32	0,22	98,26	216,2	0
Bus33	0,22	98,26	216,2	0
Bus36	0,22	98,26	216,2	2,848
Bus37	0,22	98,15	215,9	2,845
Bus40	0,22	97,92	215,4	2,838
Bus41	0,22	98,26	216,2	4,026
BUS42	0,22	98,14	215,9	4,019

Proceso 4

Bus ID	Nominal kV	Voltage %	Voltege (V)	kW Loading
Bus1	13,8	100	220,0	35,989
Bus2	0,22	98,03	215,7	35,48
Bus3	0,22	97,85	215,3	35,436
Bus4	0,22	97,85	215,3	35,436
Bus5	0,22	97,85	215,3	0
Bus7	0,22	97,85	215,3	0
Bus9	0,22	97,85	215,3	12,655
Bus11	0,22	97,85	215,3	12,688
Bus12	0,22	97,7	214,9	12,666
Bus20	0,22	97,85	215,3	0
Bus21	0,22	97,85	215,3	0
Bus26	0,22	97,85	215,3	0
Bus27	0,22	97,85	215,3	0
Bus32	0,22	97,85	215,3	1,001
Bus33	0,22	97,83	215,2	1,001
Bus36	0,22	97,85	215,3	2,824
Bus37	0,22	97,74	215,0	2,821
Bus40	0,22	97,5	214,5	2,814
Bus41	0,22	97,85	215,3	6,267
BUS42	0,22	97,65	214,8	6,25

Proceso 5

Bus ID	Nominal kV	Voltage %	Voltage (V)	kW Loading
Bus1	13,8	100	220,0	4,98
Bus2	0,22	99,85	219,7	4,974
Bus3	0,22	99,81	219,6	4,972
Bus4	0,22	99,81	219,6	4,973
Bus32	0,22	99,76	219,5	1,471
Bus35	0,22	99,64	219,2	1,469
BUS36	0,22	99,77	219,5	3,5
Bus39	0,22	99,51	218,9	3,49
Bus40	0,22	99,45	218,8	2,992
Bus41	0,22	99,37	218,6	2,491
Bus42	0,22	99,29	218,4	1,992
Bus43	0,22	99,24	218,3	1,494
Bus44	0,22	99,2	218,2	0,997
Bus45	0,22	99,19	218,2	0,5

➤ Flujo en las cargas

Proceso 1

ID	Rating	Rated kV	kW	kvar	Amp	% PF	% Loading	V terminal %	Voltage (V)
Carga General Oficina	3,7 kVA	0,22	3,21	0	8,58	100	88,4	98,18	216,0
M12-ELEVADOR	7,5 HP	0,22	6,543	3,907	20,42	85,86	102,1	97,94	215,5
M13-ENFRIADOR#1	5 HP	0,22	5,176	3,222	16,28	84,89	101,7	98,3	216,3
M14-ENFRIADOR#2	5 HP	0,22	5,176	3,222	16,28	84,89	101,8	98,26	216,2
M21-BOMBA ACEITE	1 HP	0,22	1,698	1,228	5,589	81,04	50,8	98,4	216,5
M22-CALDERO	0,143 HP	0,22	0,609	0,514	2,124	76,4	101,6	98,43	216,5

Proceso 2

ID	Rating	Rated kV	kW	kvar	Amp	% PF	% Loading	Vterminal %	Voltage (V)
Carga General Oficina	3,7 kVA	0,22	2,728	0	7,457	100	76,8	95,99	211,2
M1-MOLINO	50 HP	0,22	48,565	22,982	146,5	90,39	103,9	96,25	211,8
M15-ELEVADOR PRODUCTO	5 HP	0,22	4,529	2,82	14,58	84,89	104,1	96,05	211,3
M16-TOLVA #1	3 HP	0,22	2,736	1,791	8,925	83,67	104	96,13	211,5
M17-TOLVA #2	2 HP	0,22	1,916	1,303	6,322	82,7	104	96,17	211,6
M19-V MOLINO	3 HP	0,22	2,487	1,628	8,11	83,67	104	96,18	211,6

Proceso 3

ID	Rating	Rated kV	kW	kvar	Amp	% PF	% Loading	Vterminal %	Voltage (V)
Carga General Oficina	3,7 kVA	0,22	2,838	0	7,606	100	78,3	97,92	215,4
M2-ELEVADOR#1	3 HP	0,22	3,029	1,983	9,684	83,67	101,9	98,1	215,8
M3-MEZCLADORA	20 HP	0,22	17,886	9,213	53,82	88,9	101,9	98,1	215,8
M4-BOMBA ACEITE	2 HP	0,22	1,878	1,277	6,072	82,7	101,9	98,15	215,9
M23-COMPRESOR	1 HP	0,22	4,014	2,902	13,26	81,04	102	98,07	215,8

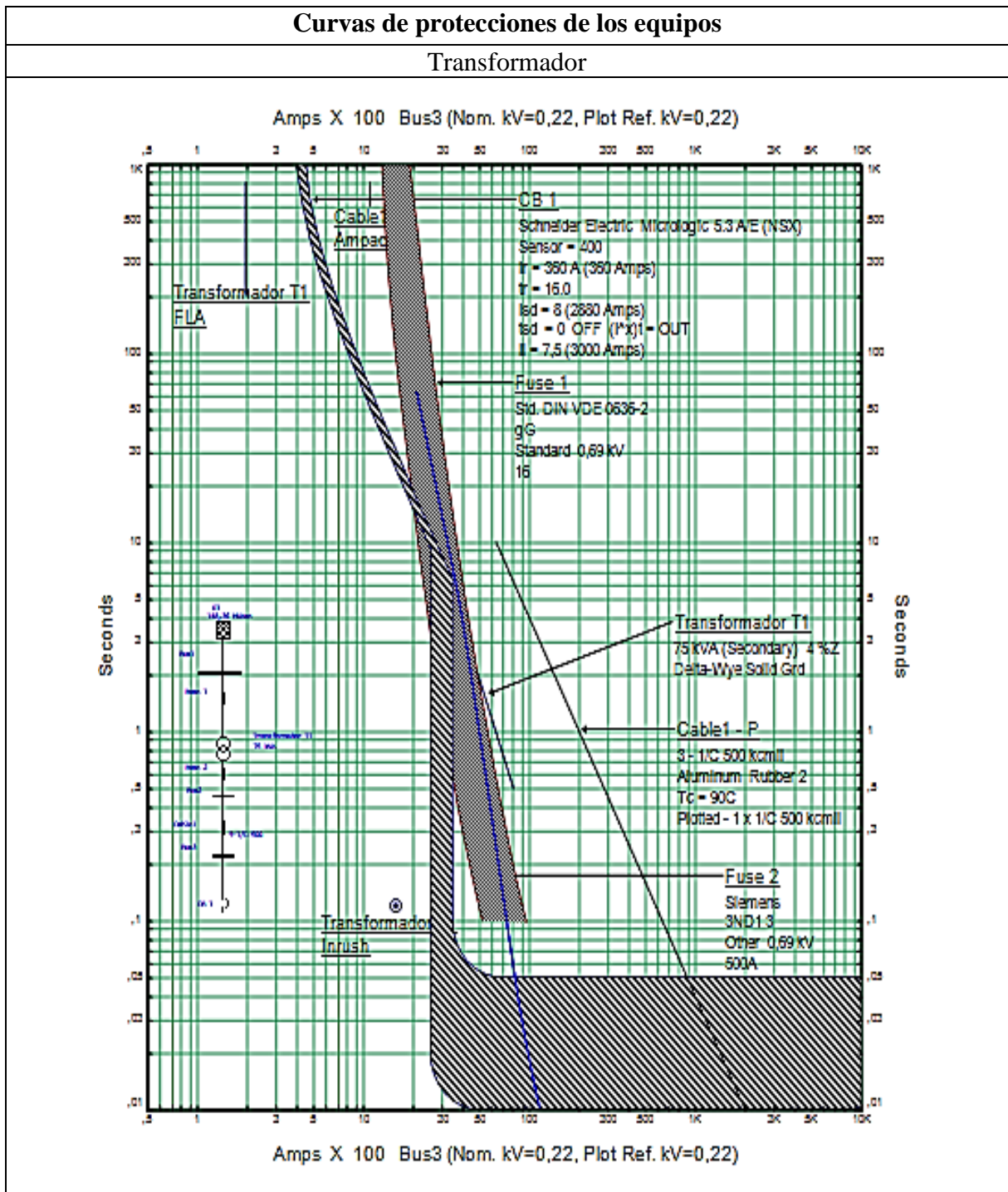
Proceso 4

ID	Rating	Rated kV	kW	kvar	Amp	% PF	% Loading	Vterminal %	Voltage (V)
Carga General Oficina	3,7 kVA	0,22	2,814	0	7,574	100	78	97,5	214,5
M5-ELEVADOR BALANCEADO	5 HP	0,22	4,566	2,759	14,36	85,59	102,6	97,51	214,5
M6-PRENSADORA	13 HP	0,22	12,641	7,106	38,93	87,17	102,3	97,75	215,1
M7-DESCARGUE PALET	1 HP	0,22	1,151	0,832	3,816	81,04	102,4	97,68	214,9
M8-ENFRIADOR#1	3 HP	0,22	2,764	1,809	8,878	83,67	102,4	97,66	214,9
M9-ZARANDA	3 HP	0,22	2,237	1,464	7,184	83,67	102,4	97,67	214,9
M10-ELEVADOR-PALET	2 HP	0,22	1,929	1,311	6,276	82,7	102,5	97,52	214,5
M20-V PALETIZADORA	1 HP	0,22	1,001	0,723	3,313	81,04	102,2	97,81	215,2
M24-RIEGO AGUA	7,5 HP	0,22	6,249	3,731	19,56	85,86	102,4	97,64	214,8

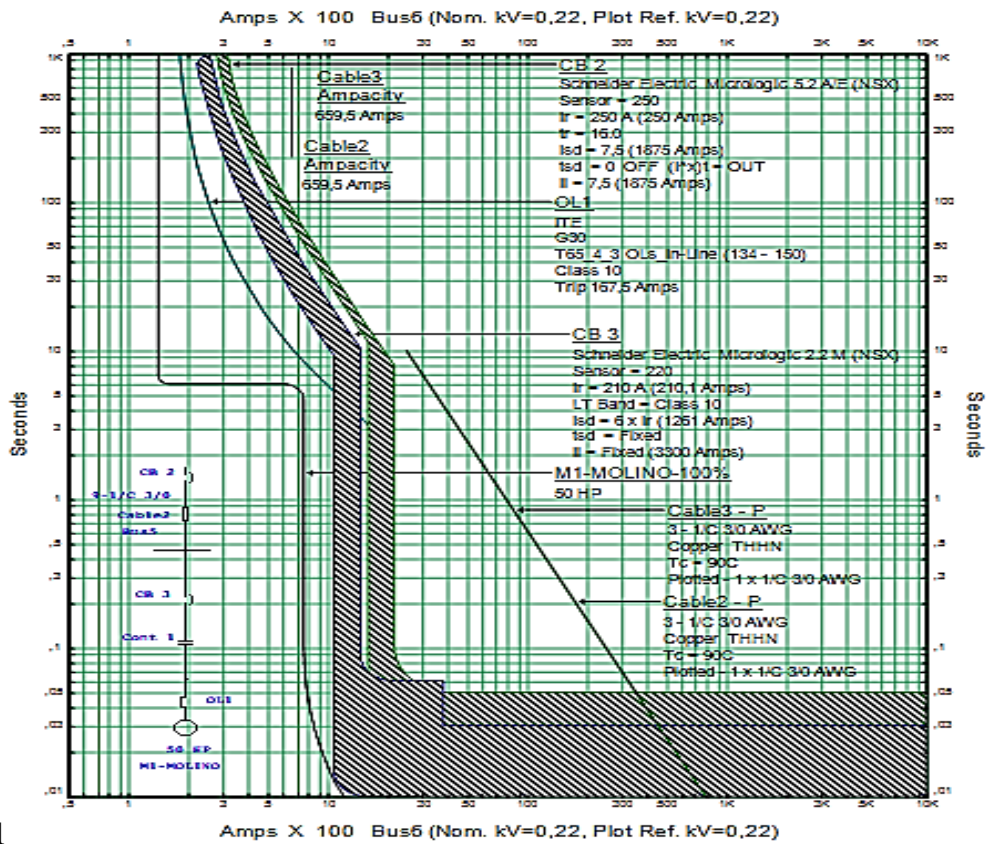
Proceso 5

ID	Rating	Rated kV	kW	kvar	Amp	% PF	% Loading	Vterminal %	Voltage (V)
Carga General Oficina	3,7 kVA	0,22	1,469	0	3,87	100	39,9	99,64	219,2
Lump1	0,5 kVA	0,22	0,499	0	1,316	100	100,3	99,51	218,9
Lump2	0,5 kVA	0,22	0,499	0	1,317	100	100,3	99,45	218,8
Lump3	0,5 kVA	0,22	0,499	0	1,317	100	100,4	99,37	218,6
Lump4	0,5 kVA	0,22	0,499	0	1,318	100	100,4	99,29	218,4
Lump5	0,5 kVA	0,22	0,498	0	1,318	100	100,5	99,24	218,3
Lump6	0,5 kVA	0,22	0,498	0	1,319	100	100,5	99,2	218,2
Lump7	0,5 kVA	0,22	0,498	0	1,319	100	100,5	99,19	218,2

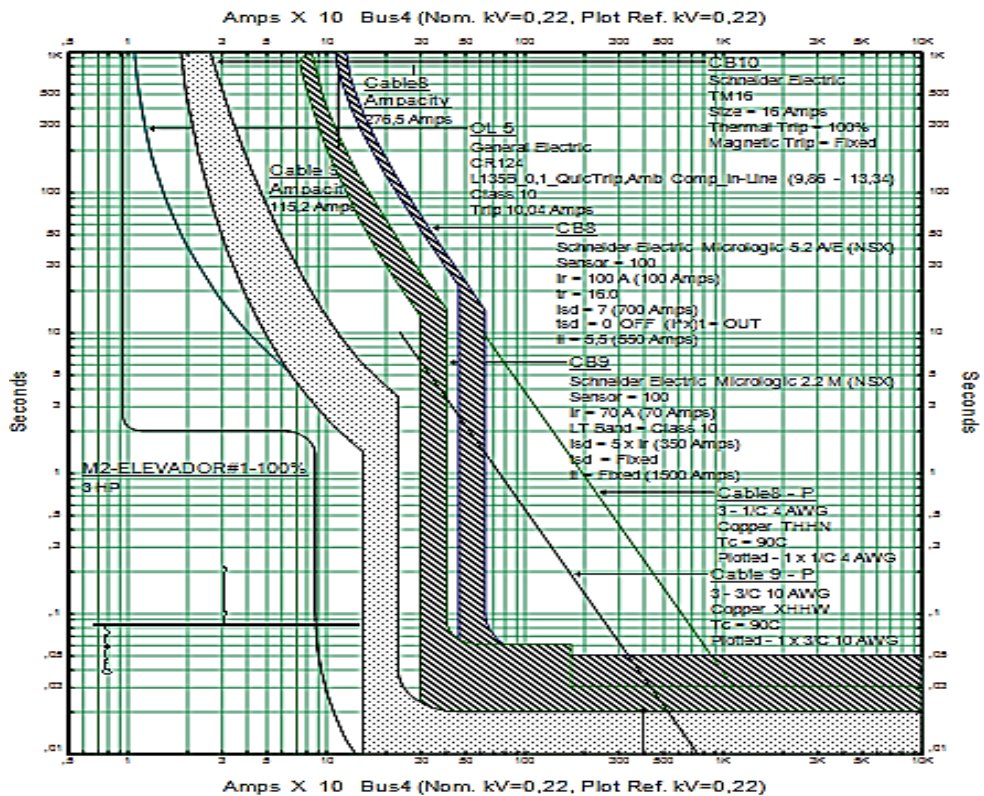
10.12 ANEXOS L. CURVAS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICAS COORDINADAS



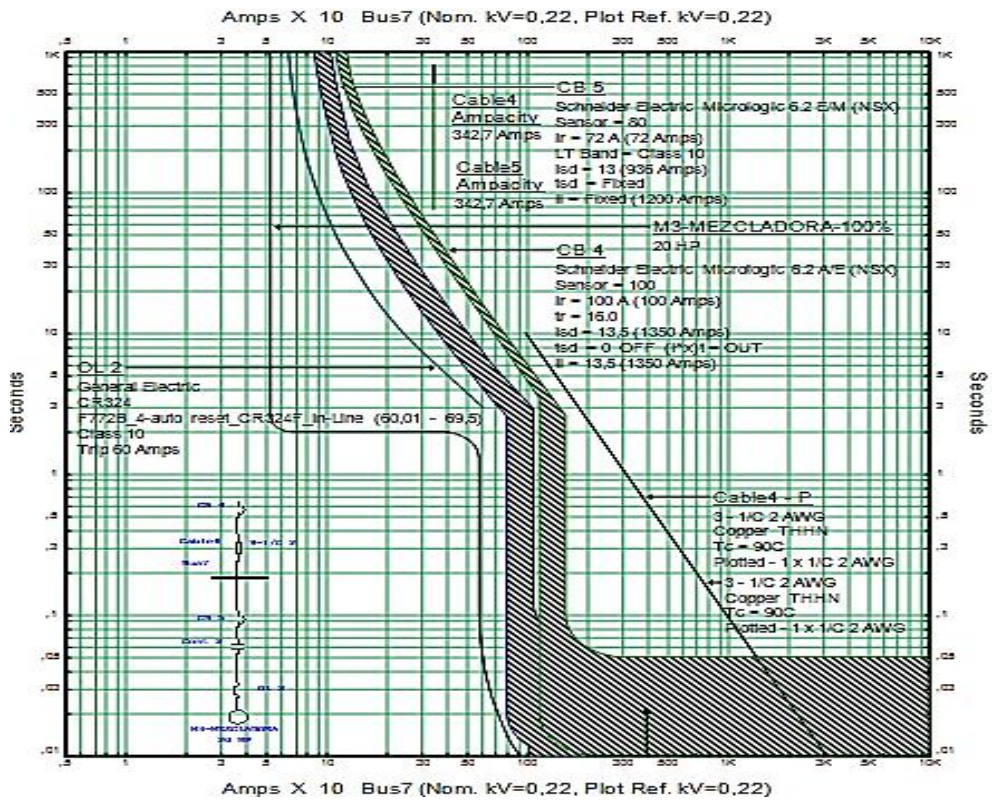
Motor 1



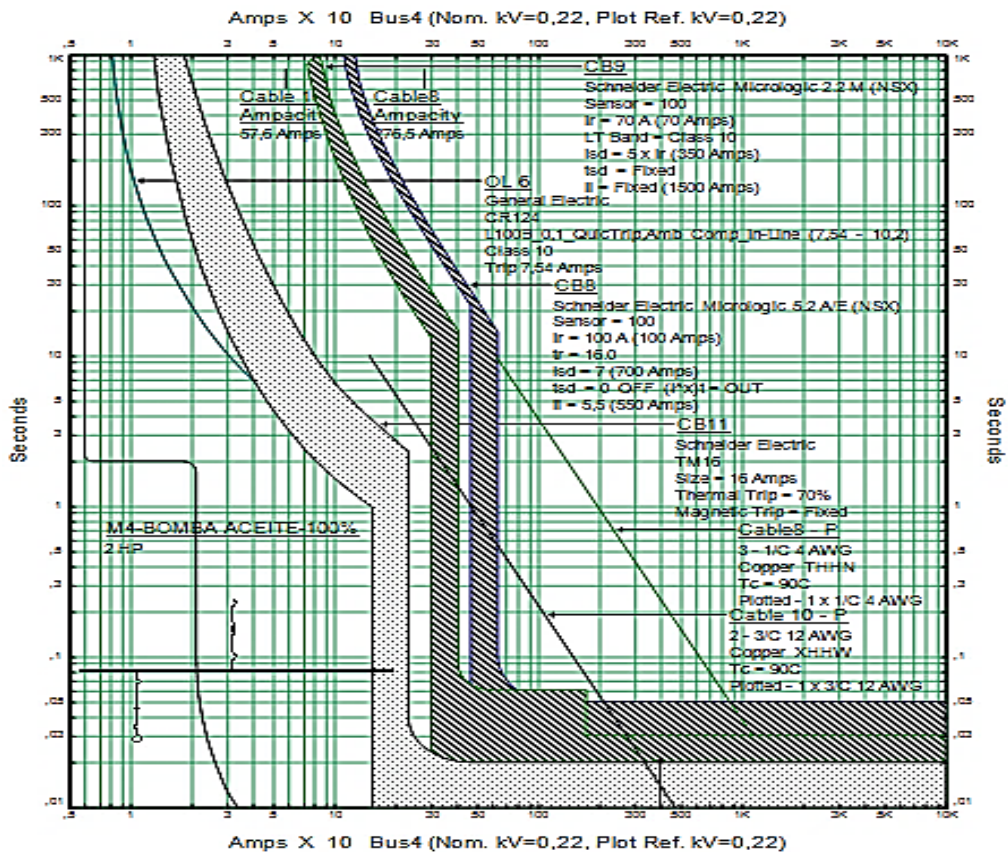
Motor 2



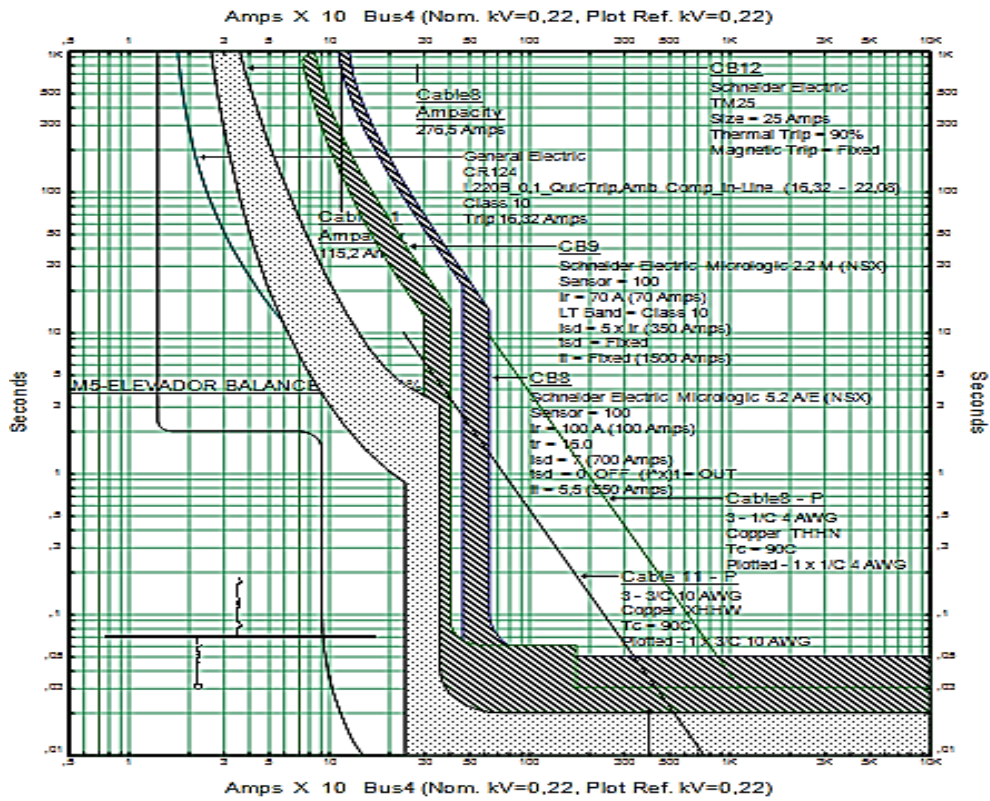
Motor 3



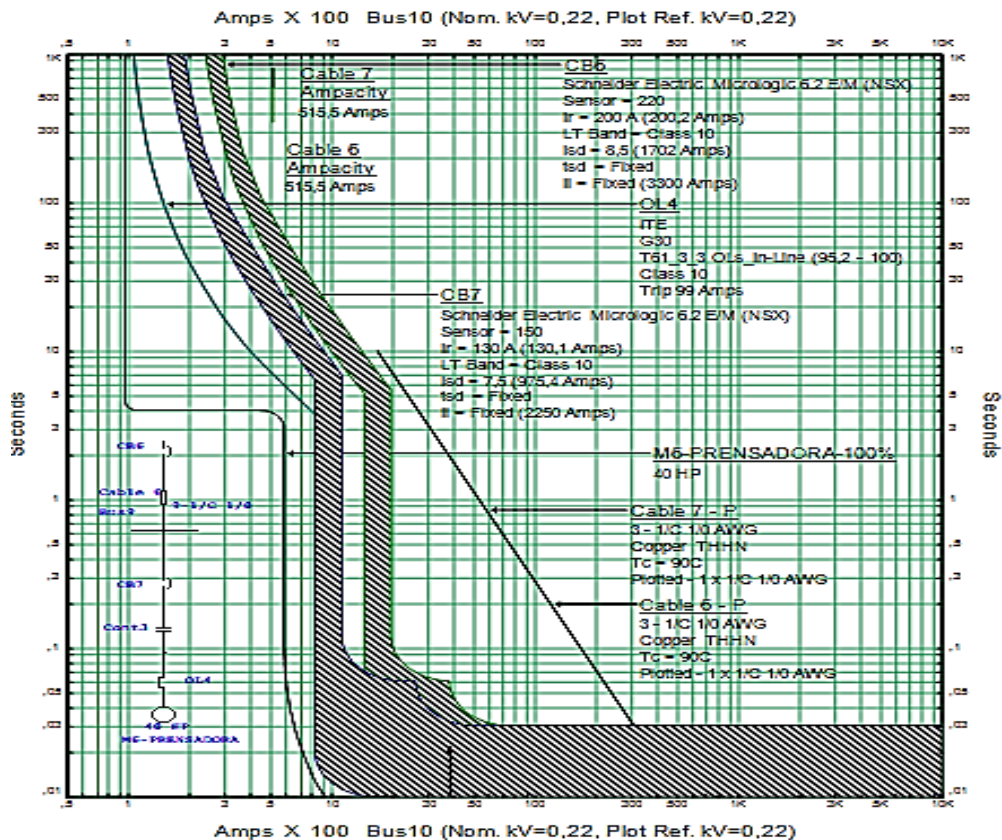
Motor 4



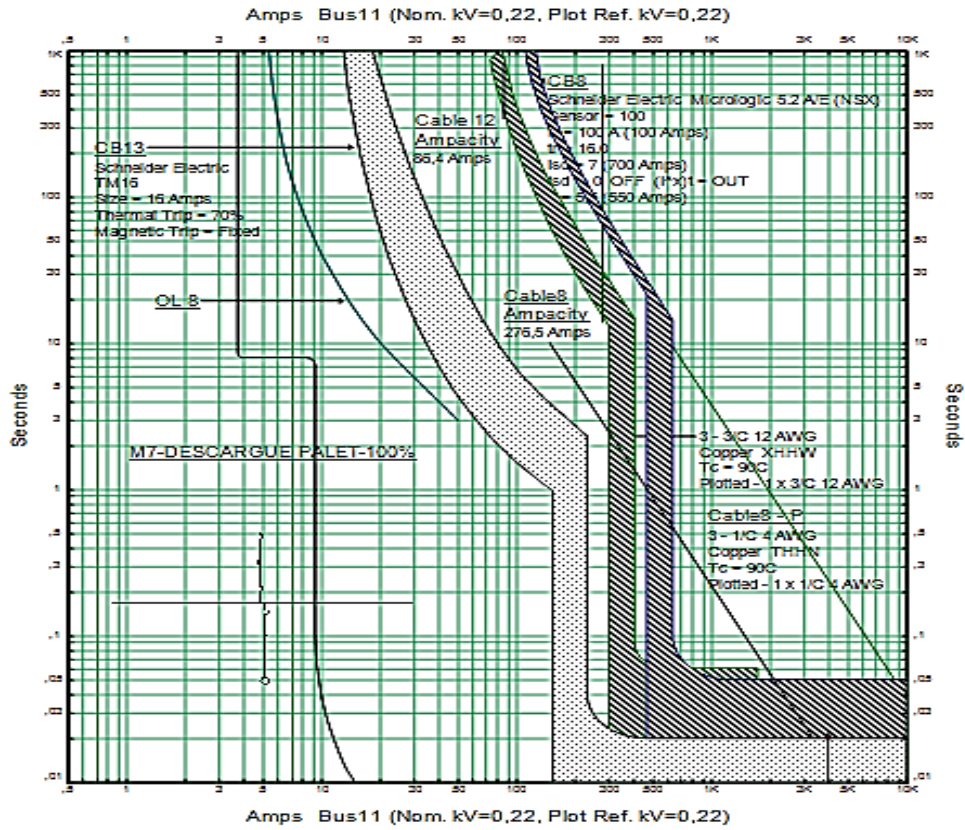
Motor 5



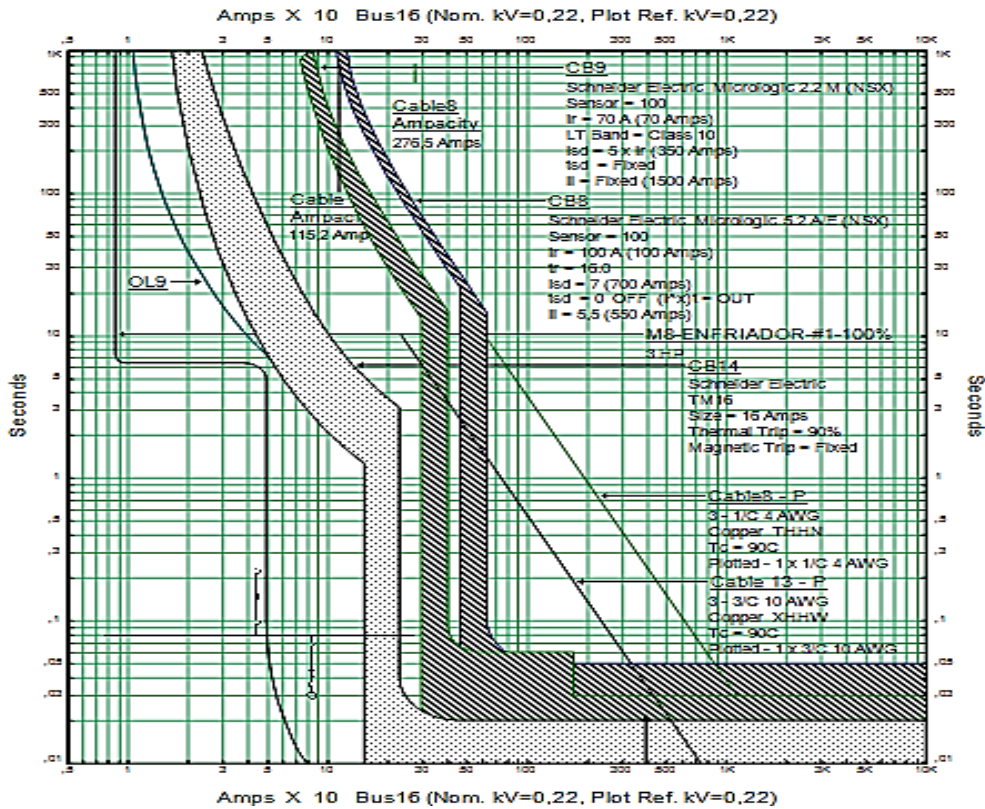
Motor 6



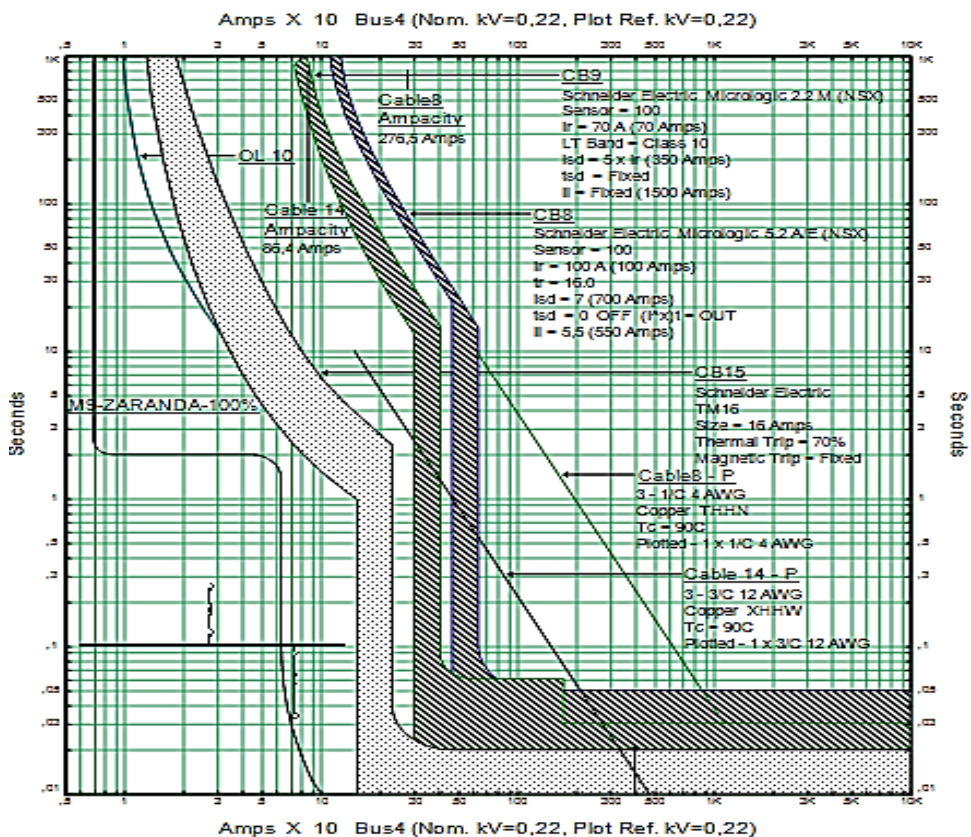
Motor 7



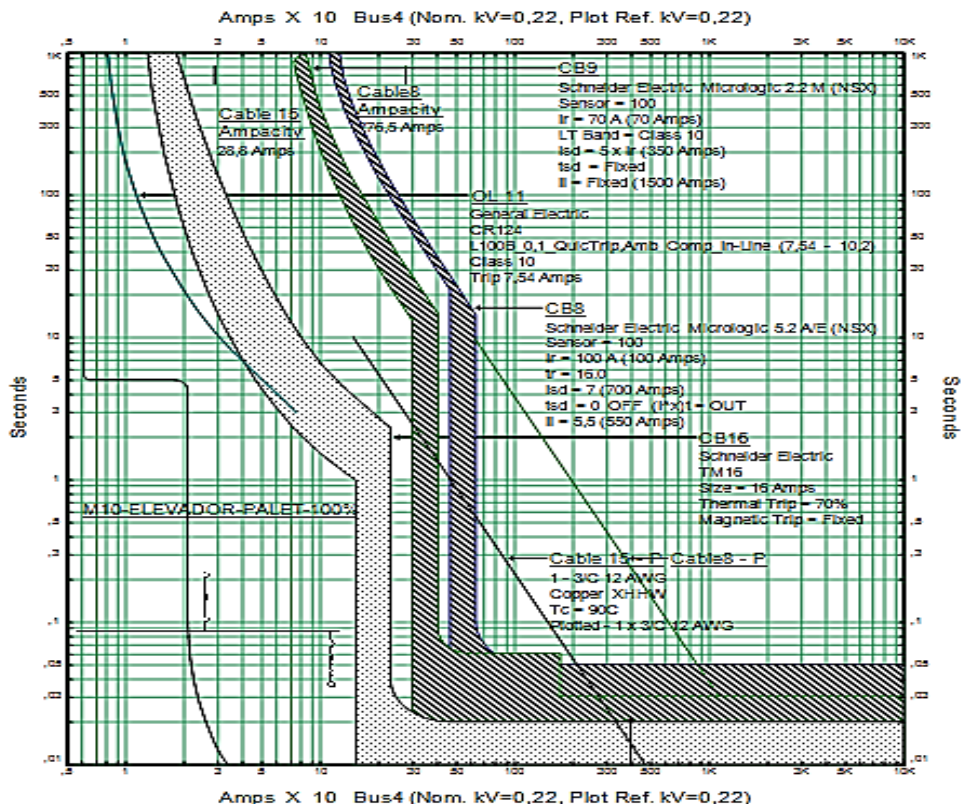
Motor 8



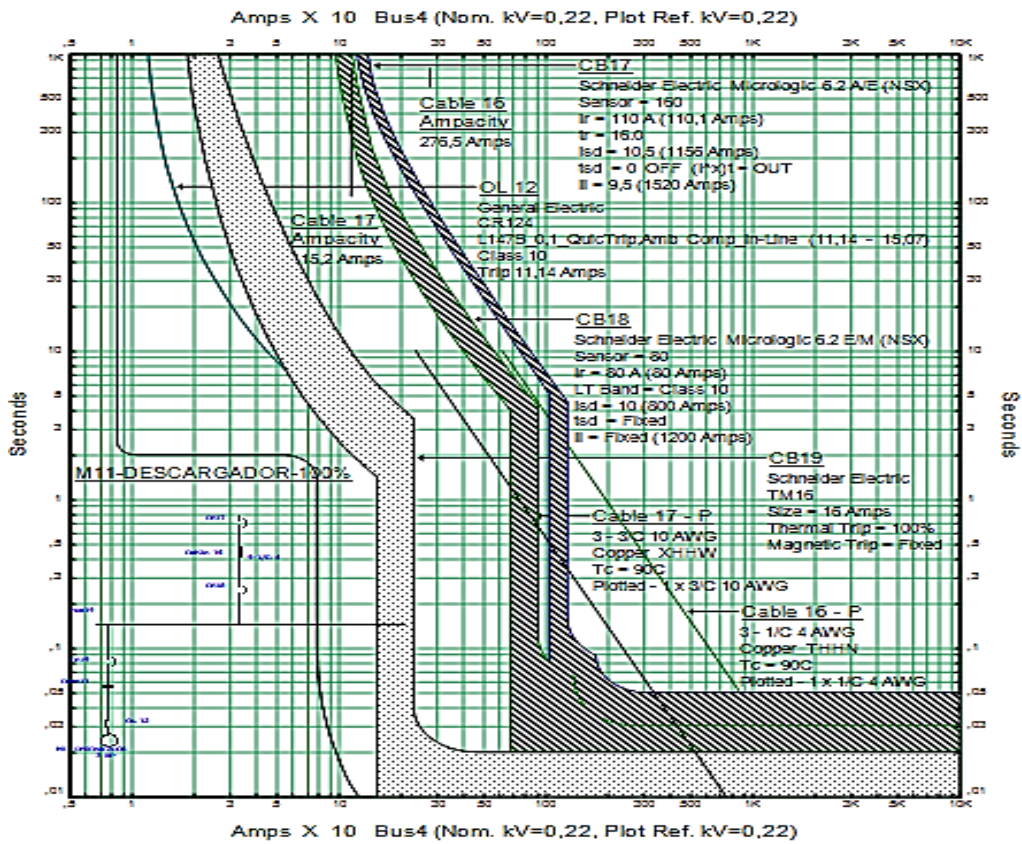
Motor 9



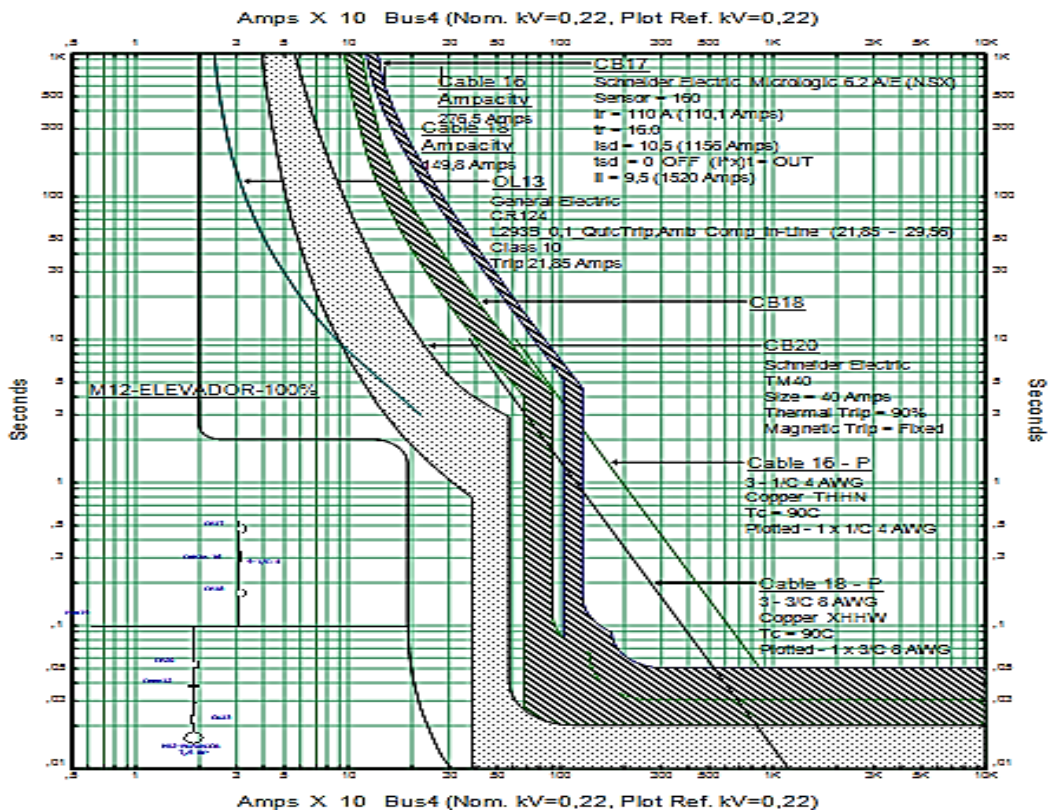
Motor 10



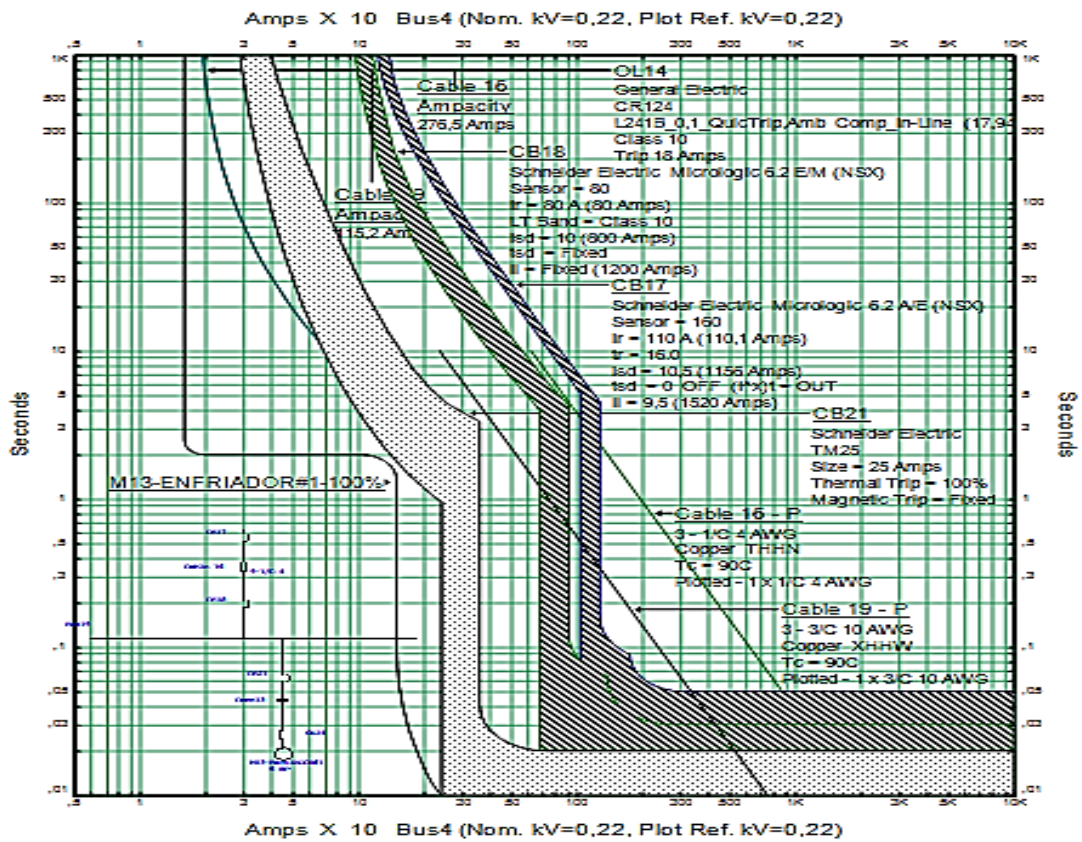
Motor 11



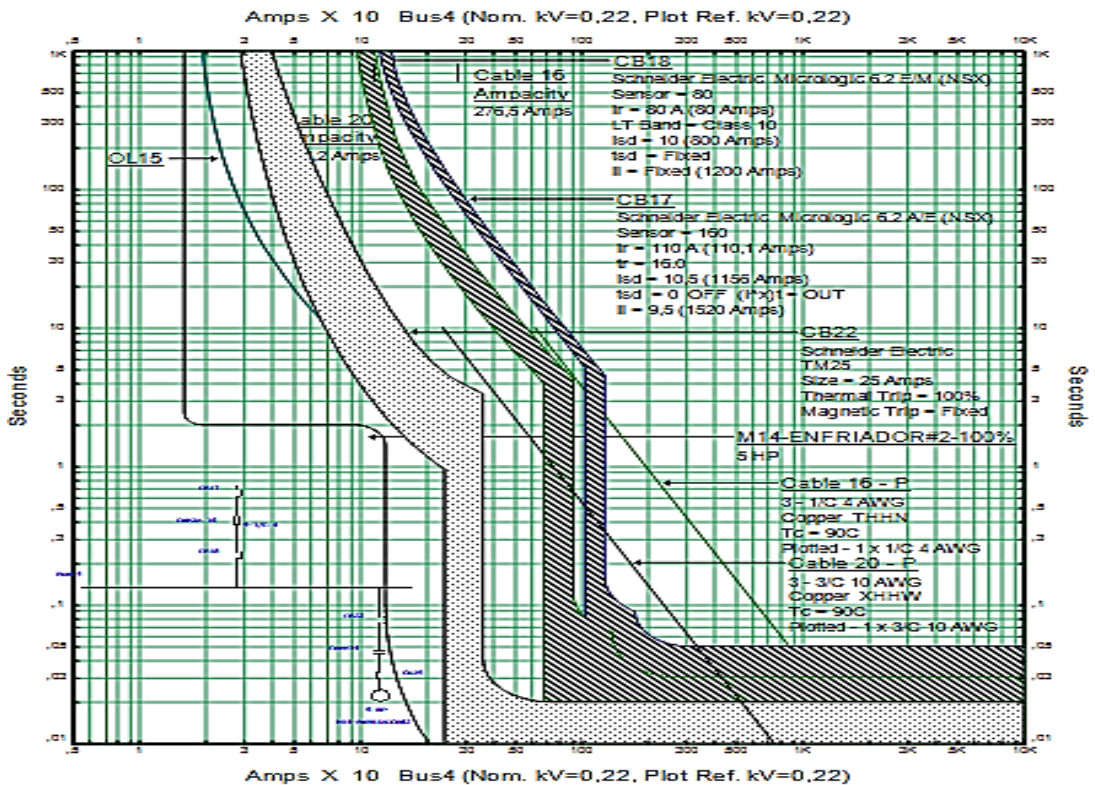
Motor 12



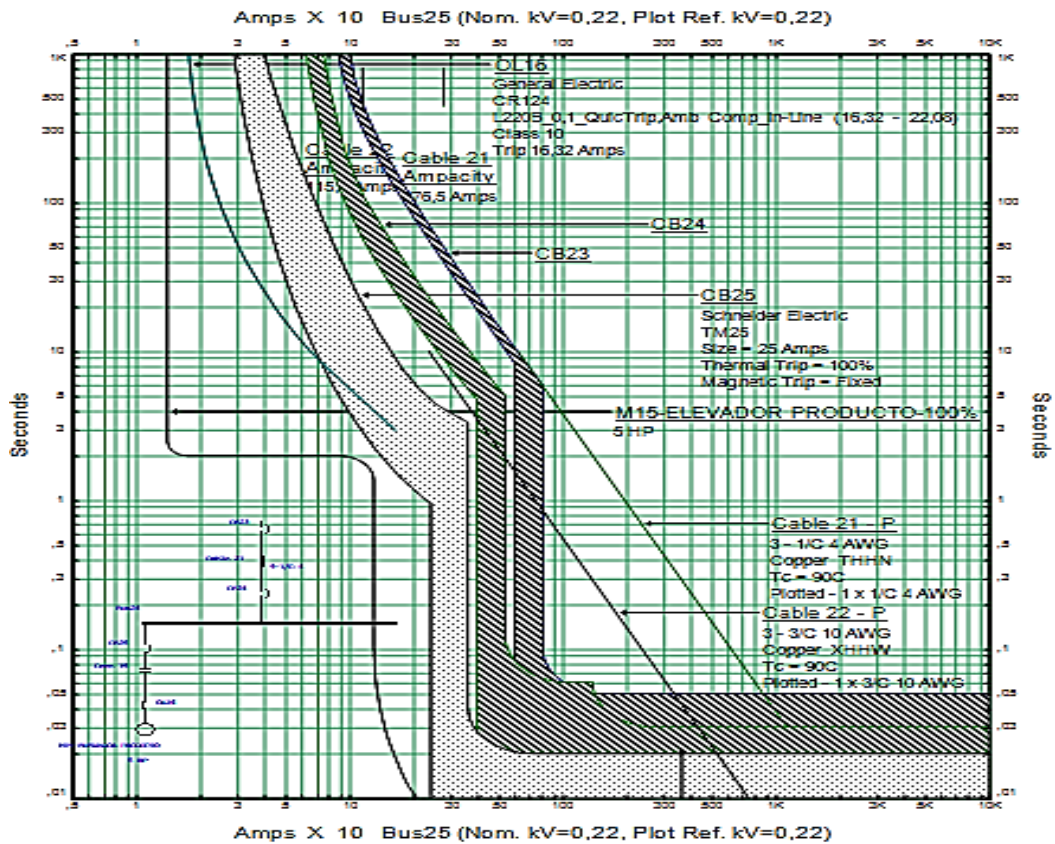
Motor 13



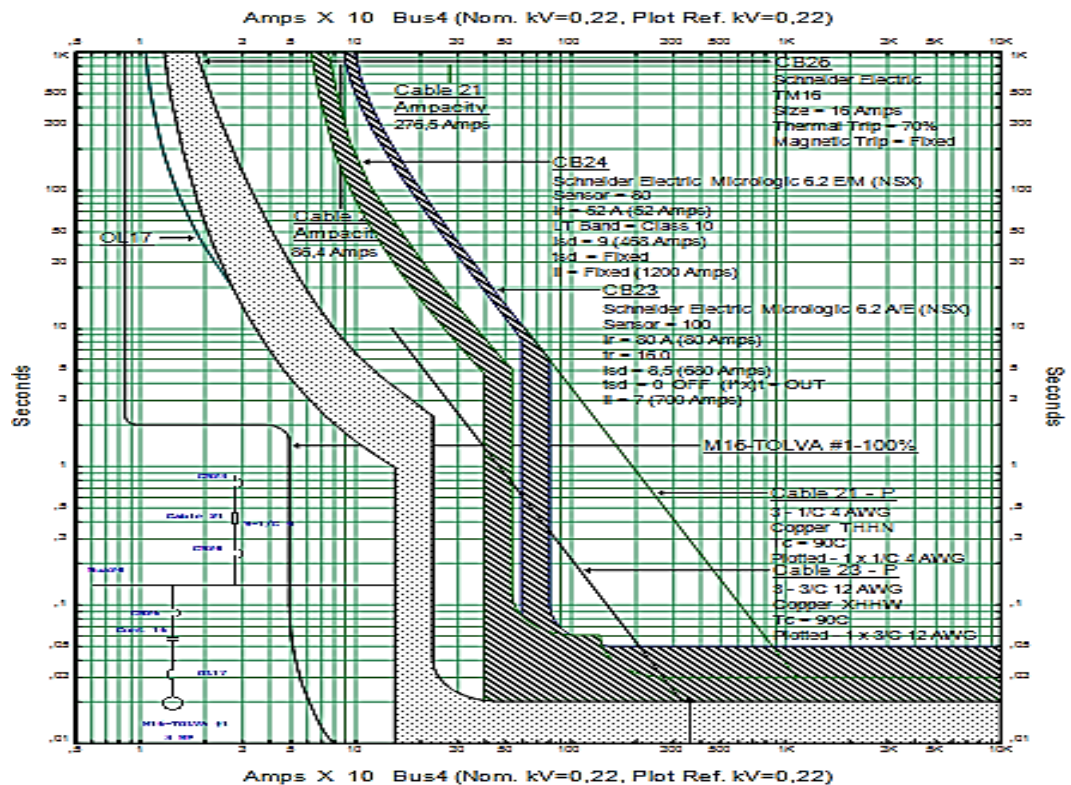
Motor 14



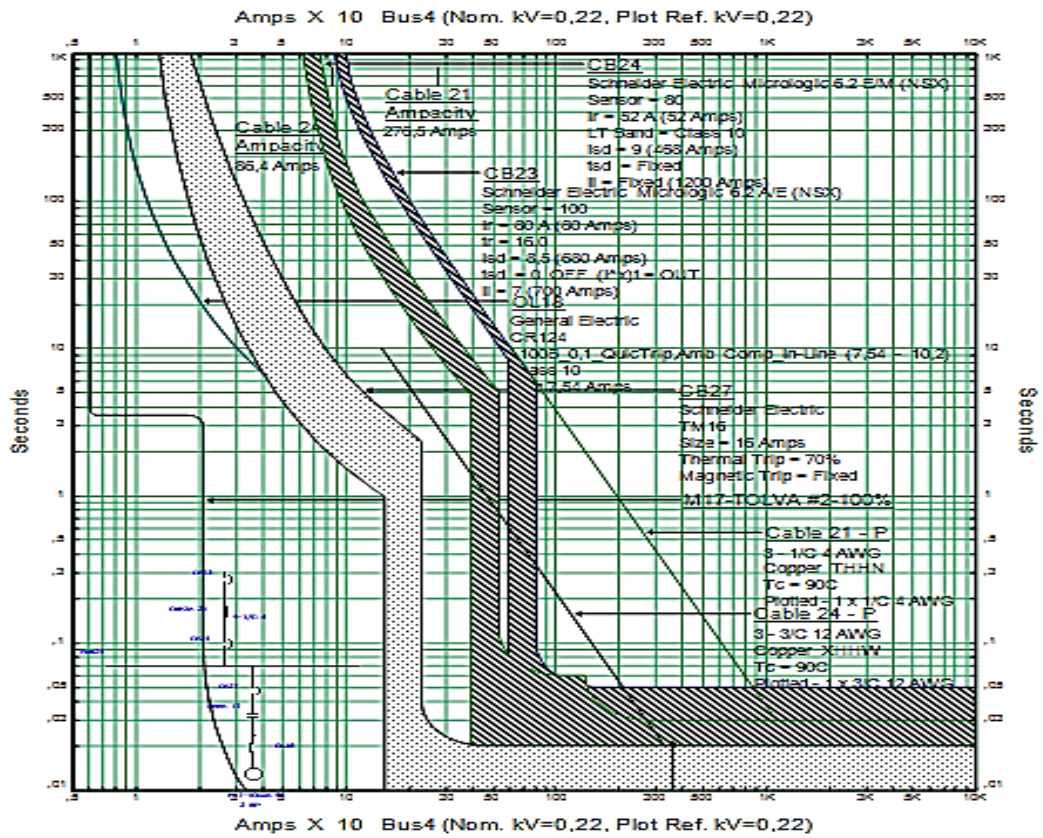
Motor 15



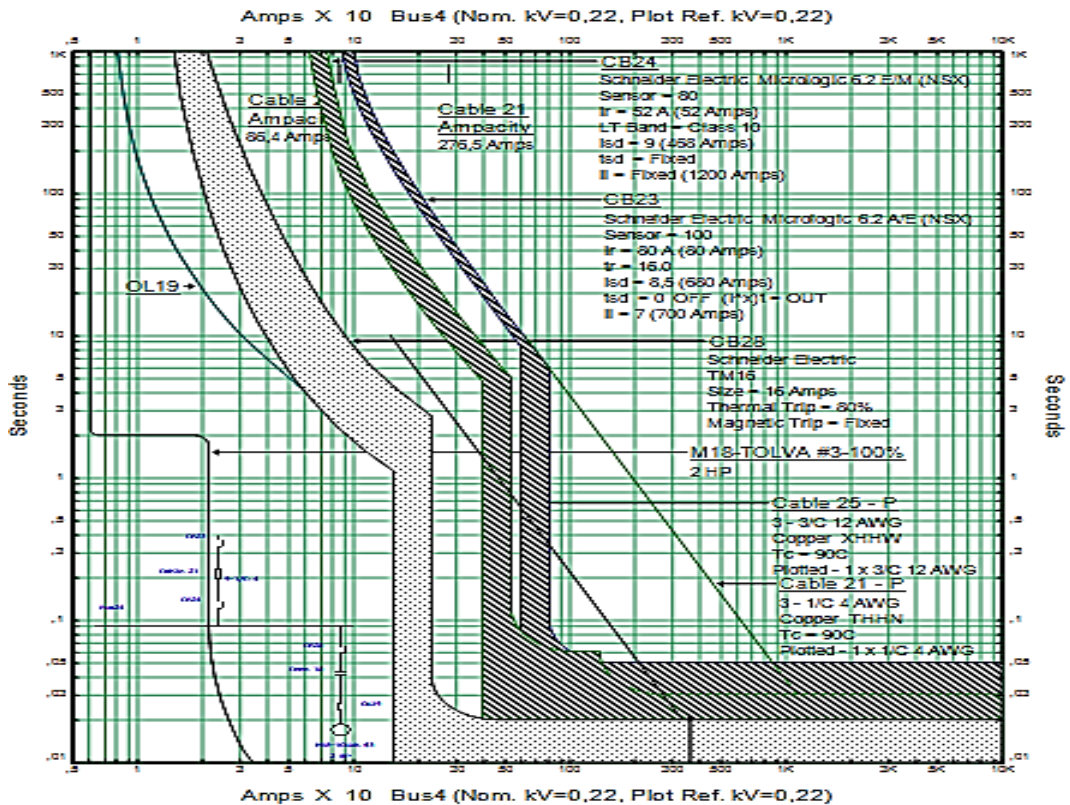
Motor 16



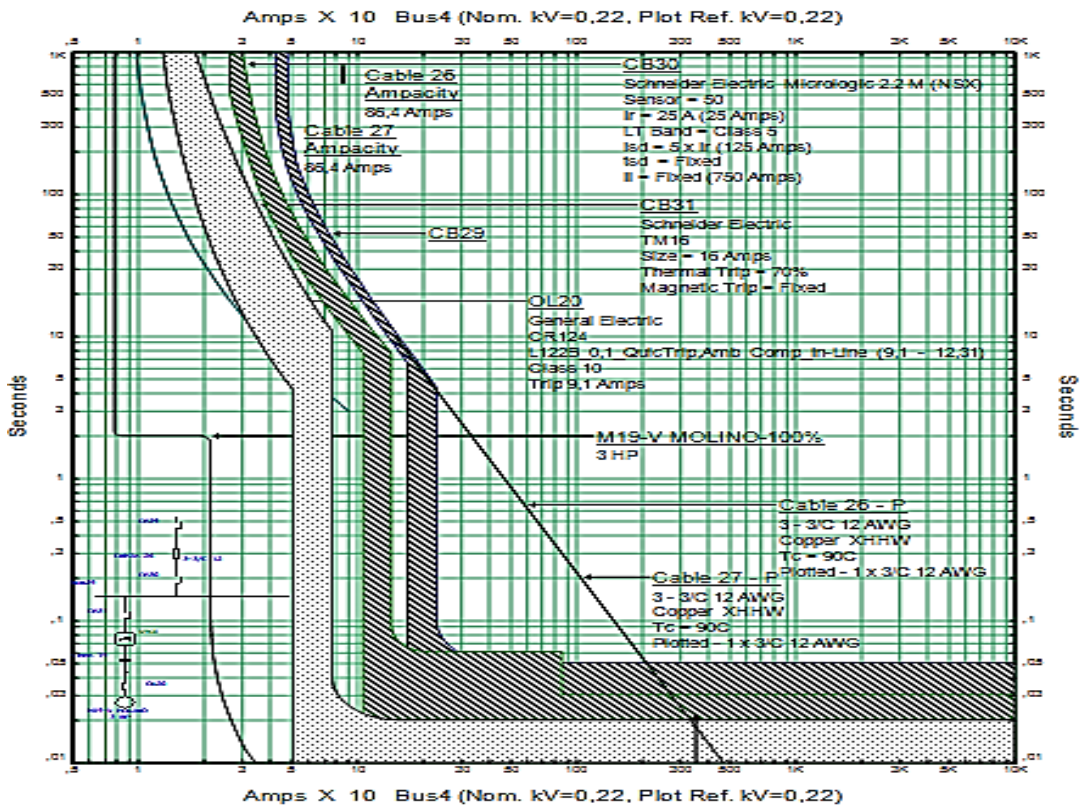
Motor 17



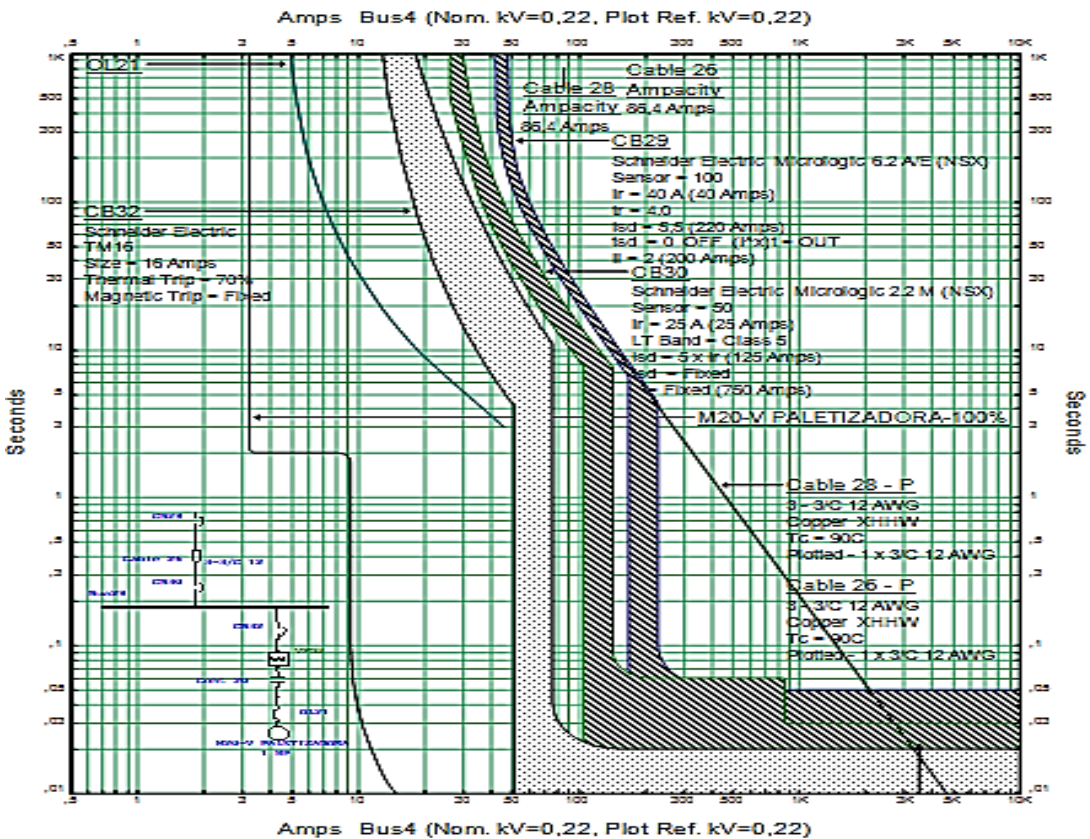
Motor 18



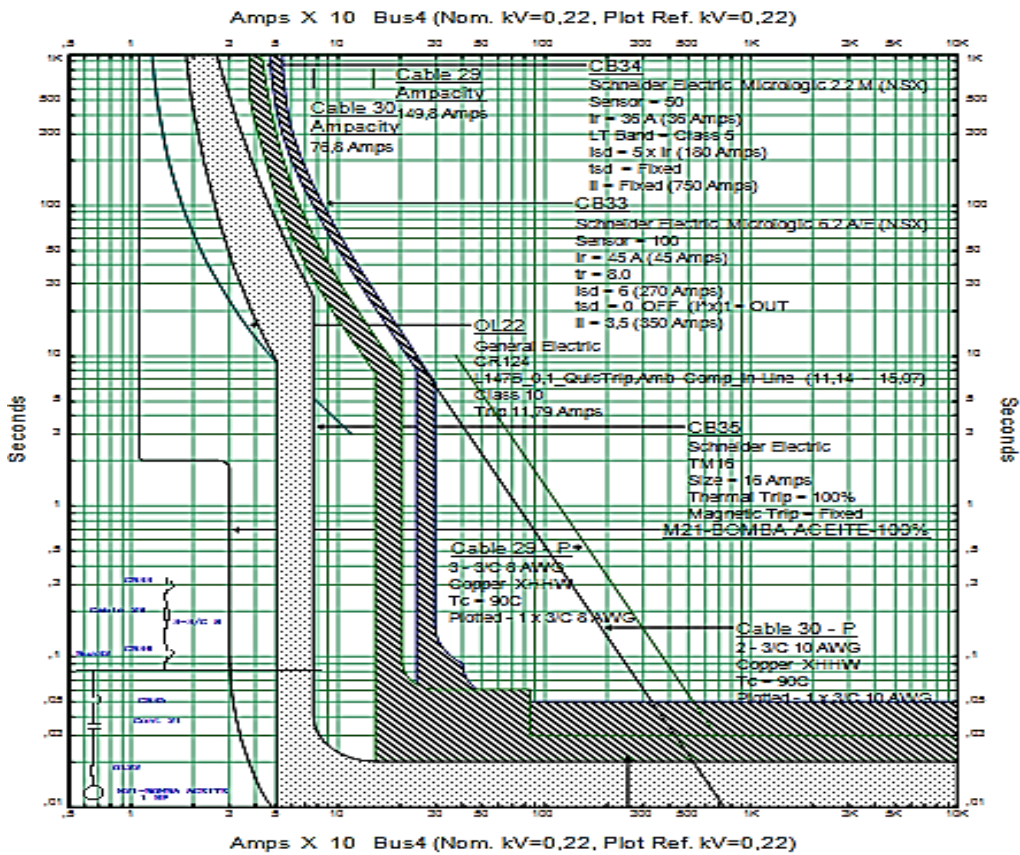
Motor 19



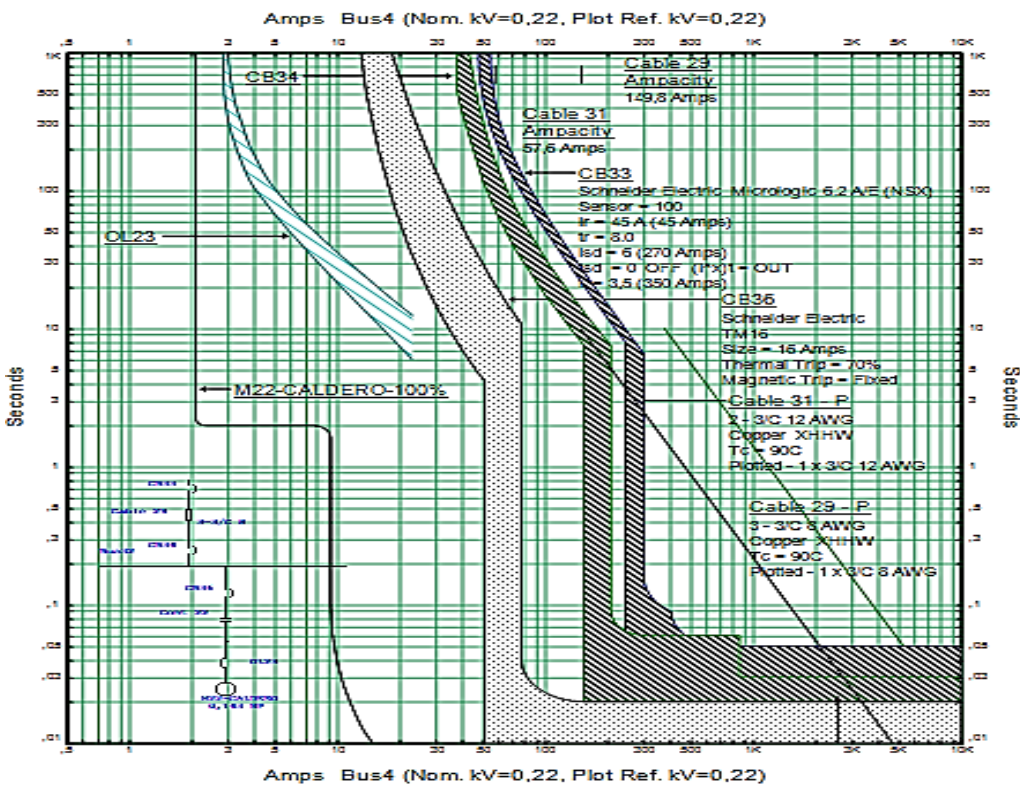
Motor 20



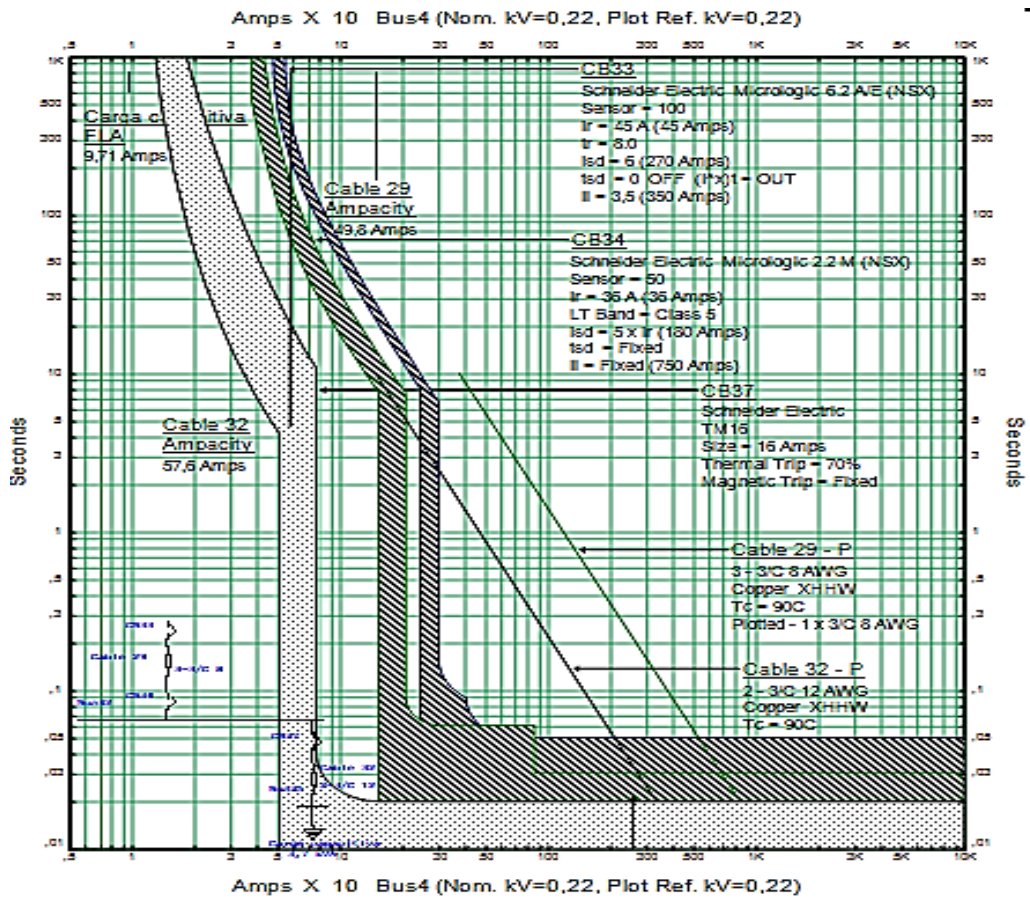
Motor 21



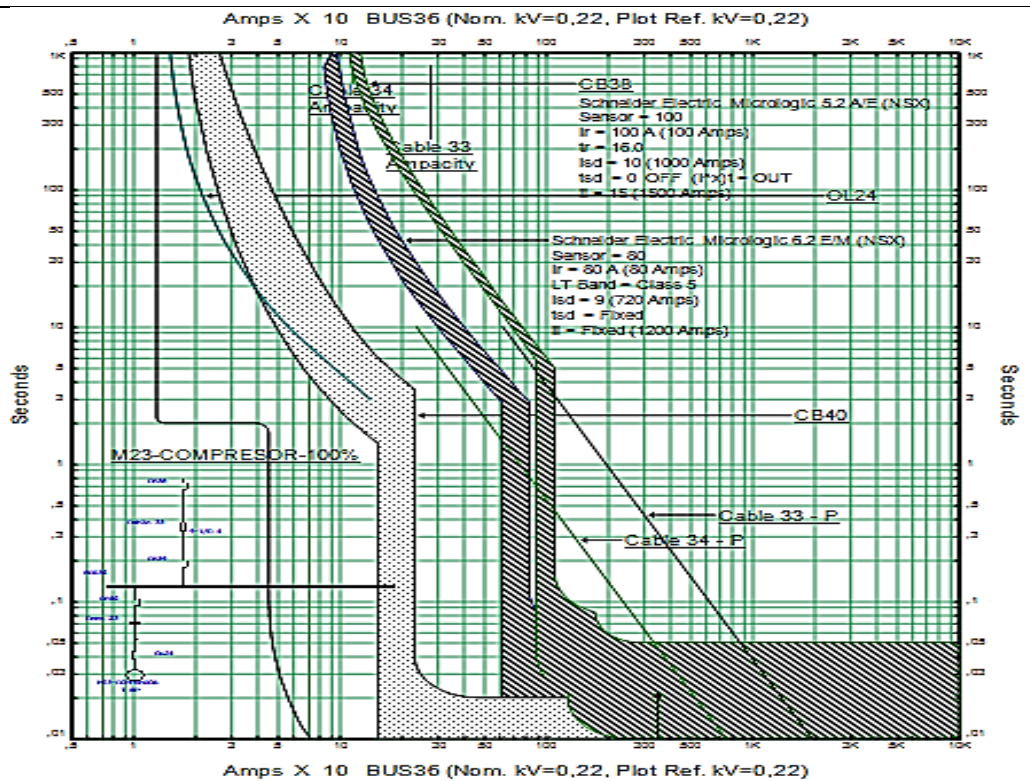
Motor 22



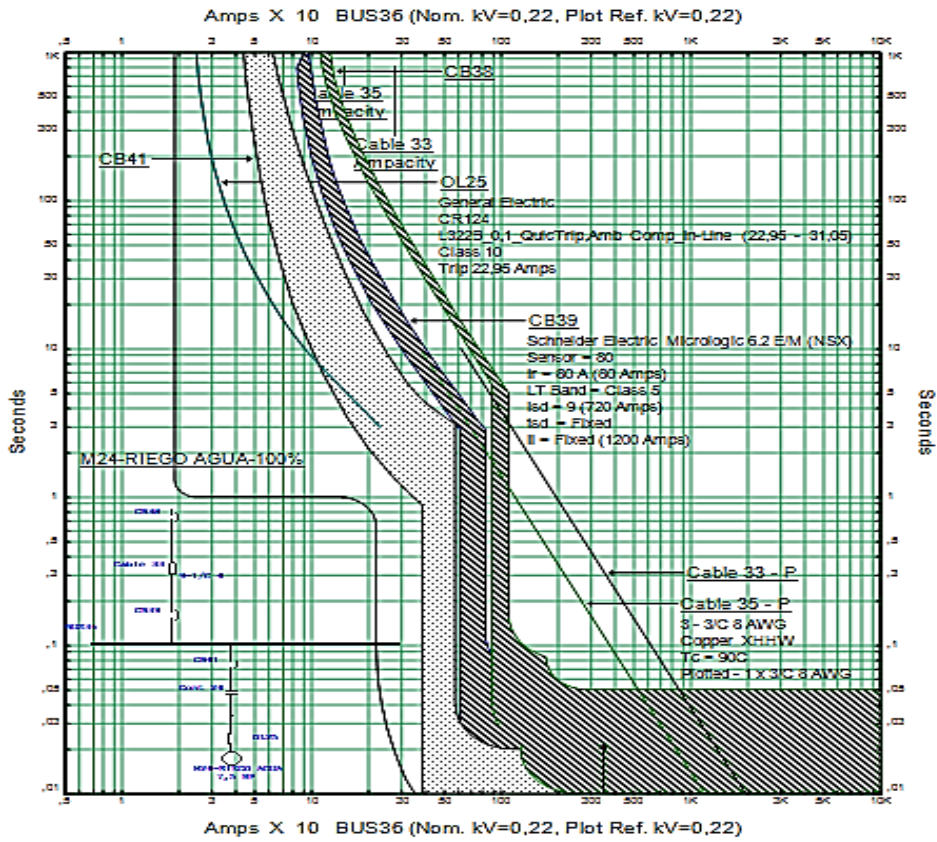
Carga 1



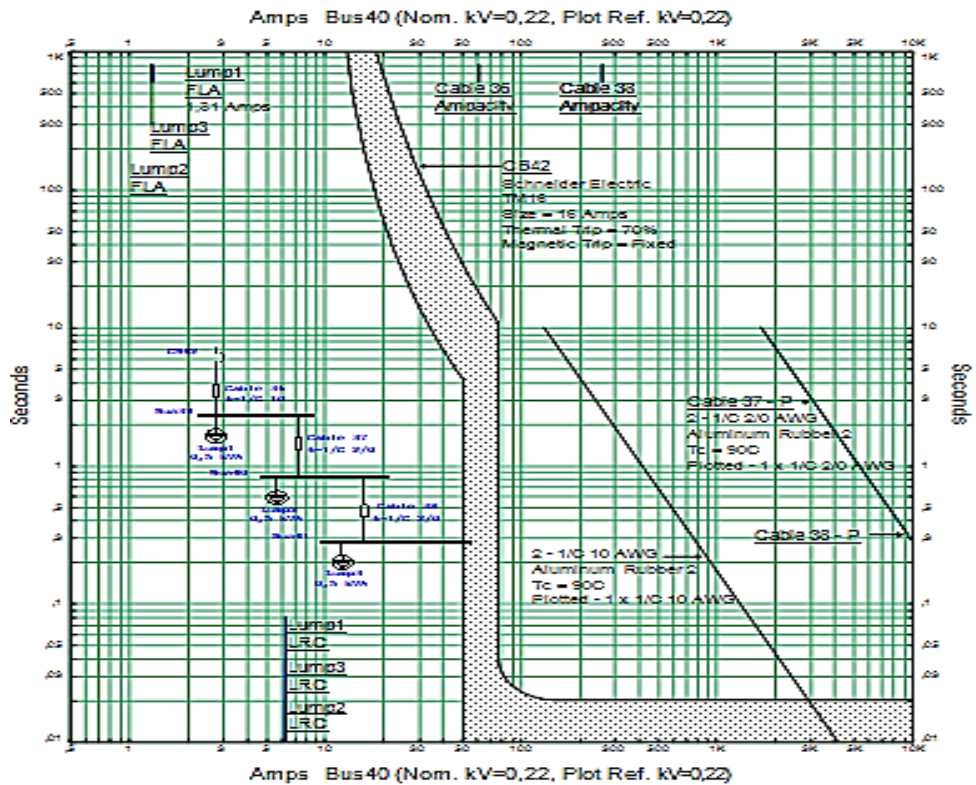
Motor 23



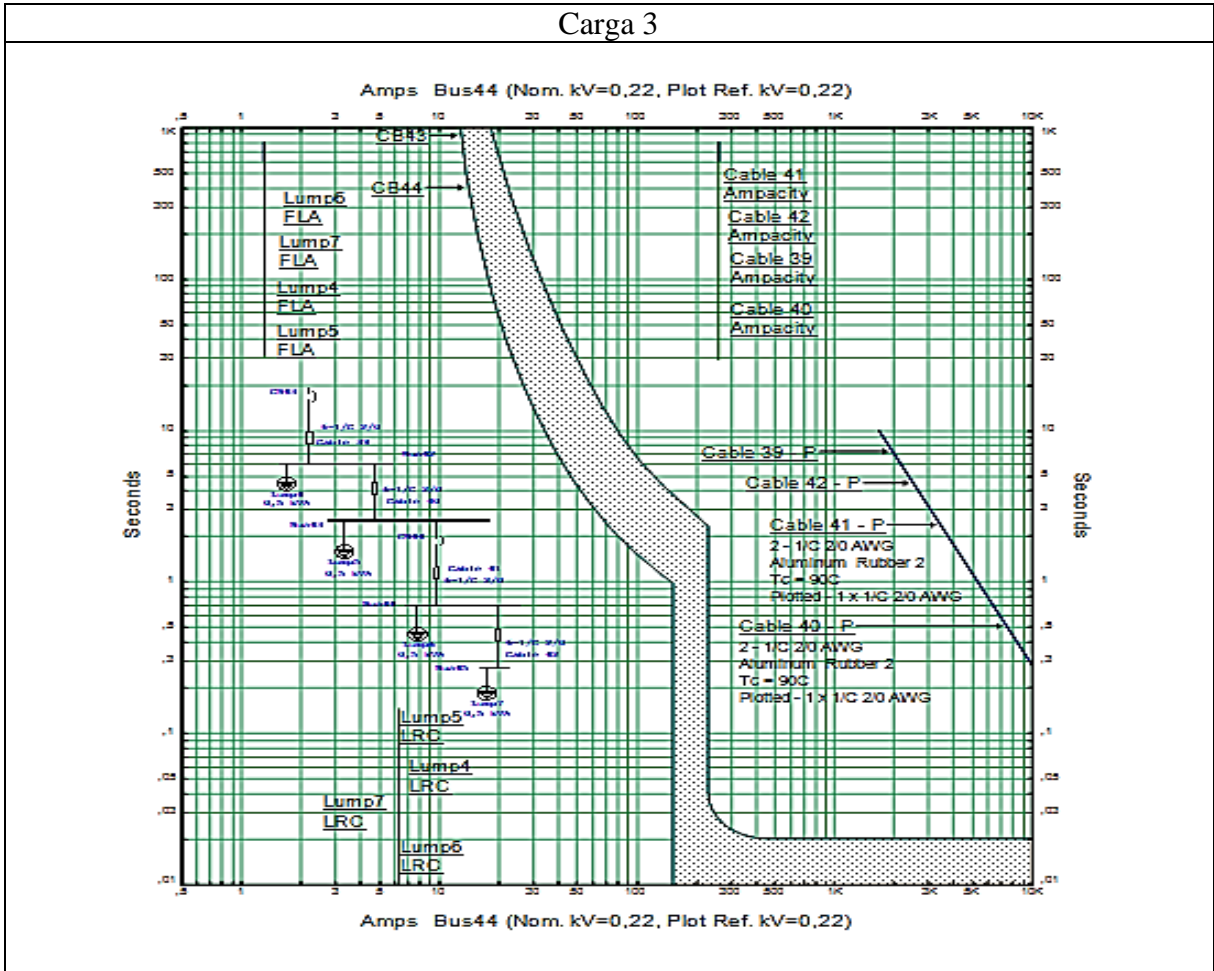
Motor 24



Carga 2

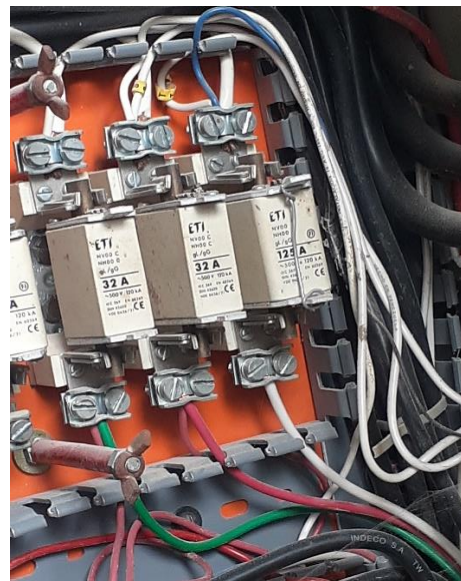


Carga 3



10.13 ANEXO M. FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Estudio de campo de las instalaciones eléctricas

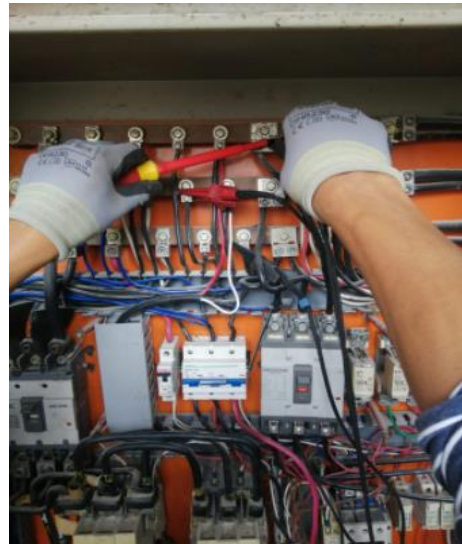


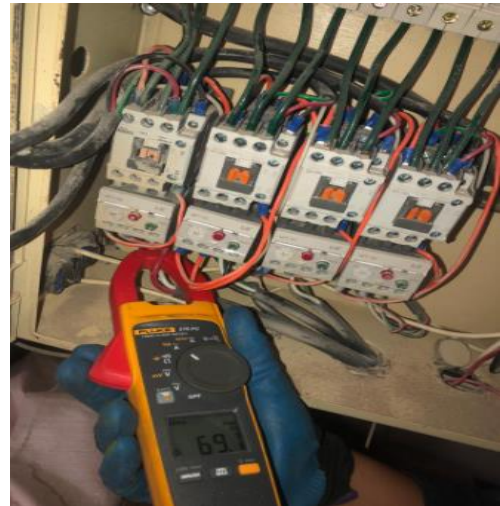


Instalación del analizador de redes y registro de medidas de intensidades



Universidad
Técnica de
Cotopaxi





Exposición de la propuesta tecnológica



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



10.14 ANEXO N. CATÁLOGOS

CATALOGO DE LOS EQUIPOS

Precios de los equipos

Interrupidores caja moldeada ComPact

Ics = 100% Icu

ComPact NSX100F (85 kA 220/240V 35 kA 440V)

Referencia (3P 3d)	Corriente Nominal In	Ir	Precio USD
LV429637	TM16D	11 - 16 A	216,27
LV429636	TM25D	18 - 25 A	216,27
LV429635	TM32D	22 - 32 A	216,27
LV429634	TM40D	28 - 40 A	206,93
LV429633	TM50D	35 - 50 A	206,93
LV429632	TM63D	44 - 63 A	206,93
LV429631	TM80D	56 - 80 A	227,61
LV429630	TM100D	70 - 100 A	227,61

ComPact NSX160F (85 kA 220/240V 35 kA 440V)

Referencia (3P 3d)	Corriente Nominal In	Ir	Precio USD
LV430631	TM125D	87 - 125 A	346
LV430630	TM160D	112 - 160 A	439,27

ComPact NSX250F (85 kA 220/240V 35 kA 440V)

Activar
Ve a Conf

ComPact NSX160F (85 kA 220/240V 35 kA 440V)

Referencia (3P 3d)	Corriente Nominal In	Ir	Precio USD
LV430631	TM125D	87 - 125 A	346
LV430630	TM160D	112 - 160 A	439,27

ComPact NSX250F (85 kA 220/240V 35 kA 440V)

Referencia (3P 3d)	Corriente Nominal In	Ir	Precio USD
LV431631	TM200D	140 - 200 A	692
LV431630	TM250D	175 - 250 A	692

Con unidad electrónica de protección MicroLogic 2.2 (Protección LSOI)

ComPact NSX100F (85 kA 220/240V 35 kA 440V)

Referencia (3P 3d)	Corriente Nominal In	Ir	Precio USD
LV429772	40	16 - 40 A	522,15
LV429770	100	40 - 100 A	578,13

ComPact NSX160F (85 kA 220/240V 35 kA 440V)

Referencia (3P 3d)	Corriente Nominal In	Ir	Precio USD
LV430770	160	64 - 160 A	529,4

ComPact NSX250F (85 kA 220/240V 35 kA 440V)

Referencia (3P 3d)	Corriente Nominal In	Ir	Precio USD
LV431770	250	100 - 250 A	733,38

Con unidad electrónica de protección MicroLogic 5.2 E (Protección LSI, medición de energía)

Our website stores data such as cookies to enable essential site functionality, as well as marketing, personalization, and analytics. You can change your settings at any time or accept the default settings.

Corriente Nominal In	Ir	Precio USD
40	16 - 40 A	Consultar CCC
100	40 - 100 A	Consultar CCC

Corriente Nominal In	Ir	Precio USD
40	16 - 40 A	Consultar CCC
100	40 - 100 A	Consultar CCC

ComPact NSX400/630N

Unidad electrónica MicroLogic 2.3 (LSOI protección)

Referencia (3P 3d)	Ir	Tipo		Precio USD
LV432693	ComPact NSX400N (85 kA 220 / 240 V 42 kA 440 V)	400 A	160 - 400 A	1248,4
LV432893	ComPact NSX630N (85 kA 220 / 240 V 42 kA 440 V)	630 A	250 - 630 A	1641,04

Unidad electrónica MicroLogic 5.3 A (LSI protección, ammeter)

Referencia (3P 3d)	Ir	Tipo		Precio USD
LV432699	ComPact NSX400N (85 kA 220 / 240 V 42 kA 440 V)	400 A	160 - 400 A	2066,14
LV432899	ComPact NSX630N (85 kA 220 / 240 V 42 kA 440 V)	630 A	250 - 630 A	2369,8

Unidad electrónica MicroLogic 1.3-M A (I motor protección)

Referencia (3P 3d)	Ir	Tipo		Precio USD
LV432749	ComPact NSX400N 1.3-M (85 kA 220 / 240 V 42 kA 440 V)	320 A	1600 - 4160 A	1184,11
LV432949	ComPact NSX630N 1.3-M (85 kA 220 / 240 V 42 kA 440 V)	500 A	2500 - 6500 A	Consulta CCC

Unidad electrónica MicroLogic 2.3-M (LSOI motor protección)

Referencia (3P 3d)	Ir	Tipo		Precio USD
LV432776	ComPact NSX400N 2.3-M (85 kA 220 / 240 V 42 kA 440 V)	320 A	160 - 320 A	1444,93
LV432976	ComPact NSX630N 2.3-M (85 kA 220 / 240 V 42 kA 440 V)	500 A	250 - 500 A	1803,86



LRD05

Referencia	Regulación térmica (A)	Para montaje Sobre contactor	Precio USD
Relés térmicos para montaje en contactores Tesys Serie D			
LRD04	0.40 a 0.63	D09 -D38	50,2
LRD05	0.63 a 1	D09 -D38	50,2
LRD06	1 a 1.7	D09 -D38	50,2
LRD07	1.6 a 2.5	D09 -D38	50,2
LRD08	2.5 a 4	D09 -D38	50,2
LRD10	4 a 6	D09 -D38	50,2
LRD12	5.5 a 8	D09 -D38	50,2
LRD14	7 a 10	D09 -D38	50,2
LRD16	9 a 13	D12 -D38	50,2
LRD21	12 a 18	D18 -D38	50,2
LRD22	16 a 24	D25 -D38	50,2
LRD32	23 a 32	D25 -D38	79,04
LRD35	30 a 38	D32 -D38	79,04

ARRANQUES SUAVES TRIFÁSICOS HPISE (COMPACTOS)

Frecuencia: 50-60 HZ.

Incluye: Potenciómetros para rampas encendido, apagado, y de nivel de voltaje, LED indicadores fuente, rampa en curso ingreso de rele bypass, rele de bypass interno, reles auxiliares para sobrecalentamiento y fallas protectores de transientes internos.

Protecciones: Sobrecalentamiento y fallas internas

Temperatura: -20 + 50°C

Montaje en riel DIN: Todos los modelos

Normas: ISO 9001, ISO 14001, EN 61000

Certificaciones:

Imagen	Descripción							
	Referencia	Fases	Amps	Potencia HP	Potencia KW	Unidad	Empaque	Precio USD
	Alimentación 220 VAC							
	HPISE2206CR1	3	6	2	1,1	Pza.	1	-----
	HPISE2210CR1	3	10	3	3	Pza.	1	-----
	HPISE2216CR1	3	16	5	4	Pza.	1	236,25
	HPISE2230CR1	3	30	10	7,5	Pza.	1	315,00
HPISE2245CR1	3	45	15	11	Pza.	1	409,50	

ARRANQUES SUAVES TRIFÁSICOS HPISE

Frecuencia: 50-60 HZ.

Incluye: Teclado con pantalla LED, tres reles auxiliares, de los cuales dos son programables, protectores de transientes internos.

Protecciones: Corto, sobrevoltaje, bajo voltaje, sobrecarga, falla de fase, secuencia de fases, sobre corriente, fuga a tierra, desbalance de corriente, recalentamiento del motor, tiempo entre arranques frecuentes.

Temperatura: 0 + 50°C


Montaje en riel DIN: Todos los modelos

Normas: ISO 9001, ISO 14001, EN 61000

Certificaciones:

Imagen	Descripción							
	Referencia	Fases	Amps	Potencia HP	Potencia KW	Unidad	Empaque	Precio USD
	Alimentación 220 VAC							
	HPISD60 220	3	60	20	15	Pza.	1	661,50
	HPISD75 220	3	75	25	18,5	Pza.	1	882,00
	HPISD90 220	3	90	30	22	Pza.	1	945,00
	HPISD110 220	3	110	40	30	Pza.	1	1.200,15
	HPISD145 220	3	145	50	37	Pza.	1	1.660,05
HPISD175 220	3	175	60	45	Pza.	1	2.214,45	

10.15 ANEXO Ñ. INFORME DE ANTIPLAGIO

INFORME DE ANTIPLAGIO		
10/3/22, 16:40	Tesis (escrito)	
Informe de originalidad		
<hr/>		
NOMBRE DEL CURSO Titulación 2122		
NOMBRE DEL ALUMNO BRYAN ISAIAS JIMENEZ POMA	 <small>Formado electrónicamente por:</small> LUIS ROLANDO CRUZ PANCHI	
NOMBRE DEL ARCHIVO ANTIPLAGIO BUSTAMANTE Y JIMENEZ		
SE HA CREADO EL INFORME 10 mar 2022		
<hr/>		
Resumen		
Fragmentos marcados	41	7 %
Fragmentos citados o entrecorillados	21	2 %
Coincidencias de la Web		
utn.ac.cr	15	2 %
ipn.mx	7	1 %
utc.edu.ec	7	1 %
docplayer.es	4	0,6 %
academia.edu	2	0,6 %
coursehero.com	4	0,5 %
ubb.d	2	0,4 %
zdocs.ro	2	0,2 %
fusibles.cl	2	0,2 %
areatecnologia.com	1	0,2 %
janelec.com	1	0,2 %
weg.net	2	0,2 %
materialeslaboratorio.com	1	0,1 %
ups.edu.ec	2	0,1 %
scribd.com	1	0,1 %
etapesp.es	1	0,1 %
cedia.edu.ec	1	0,1 %
docer.com.ar	1	0,1 %
1library.co	1	0,1 %
epn.edu.ec	1	0,1 %
reismex.com	1	0,1 %
transelec.com.ar	1	0,1 %
tecnm.mx	1	0,1 %
books.google.com	1	0,1 %
<hr/>		
1 de 62 fragmentos		
Fragmento del alumno CITADO		
Según el autor [3] en su proyecto titulado "Estudio de flujos de carga, arranque de motores, fallas y coordinación de protecciones del campo petrolero VHR, usando el programa ETAP		
Mejor coincidencia en la Web		
Estudio de flujos de carga, arranque de motores, fallas y coordinación de protecciones del campo petrolero VHR, usando el programa ETAP ; Authors: Cabezas ...		
Estudio de flujos de carga, arranque de motores, fallas y ... - rraae https://trase.cedia.edu.ec/Record/UPS_heaf7b3rbebc0edba6445a27d811d6		
<hr/>		
2 de 62 fragmentos		
Fragmento del alumno MARCADO		
...siendo relevante la normativa IEC en equipos de protección. Por otro lado, para su operación se ha solicitado la implementación de las nuevas facilidades bajo la normativa ANS/IEEE.		
https://classroom.google.com/u/0/g/gp/NDcwOTk5OTc1NTIz/NDcxMDAwMDEwODM1#u=MTI1NzEwMjE3OTAx&t=f		
		1/12



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

MEMORIA TÉCNICA

FECHA: MARZO 2022

PROYECTO: EMPRESA PROBALBEN CIA. LTDA.

UBICACIÓN: COTOPAXI

TIPO DE MEMORIA: ELÉCTRICA

1. DATOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad la empresa PROBALBEN CIA.LTDA se encuentra en vías de crecimiento donde el objetivo de la misma es aumentar la producción y enfocarse a nuevos productos comerciales en donde las nuevas zonas de producción ameritan el análisis.

1.2 DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA

Por lo expuesto anteriormente el cambio en la planificación y proyección del rediseño eléctrico de su instalación es necesario por tal razón, se ha determinado que la planta PROBALBEN no cuenta con el estudio de ingeniería para el sistema eléctrico. Notando que en esta área se necesita el mejoramiento correctivo de sus instalaciones y procede el grupo de la propuesta tecnológica a realizar el estudio de la planta PROBALBEN, elaborando los respectivos análisis requeridos para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas

1.3 OBJETIVOS

La presente memoria técnica, realizada por los egresados de Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), tiene como finalidad la presentación del estudio de coordinación de protecciones para el sistema eléctrico de la empresa PROBALBEN, con el fin de comprobar que las instalaciones eléctricas que trabajan en la planta son o no las adecuadas para realizar una ampliación en la planta de modo que se pueda evitar fallas en los equipos, daños en los elementos de distribución o paradas de procesos innecesarias.

2. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

2.1 DIRECTOS

El estudio que se plantea a continuación es beneficiario para la empresa en cuestión debido a que con el estudio realizado la empresa puede tomar acciones en el cambio, distribución o desarrollo de nuevas estaciones eléctricas o el mejoramiento de las existentes.

2.2 INDIRECTOS

La empresa al ser una industria dedicada a la creación de balanceados los beneficiarios indirectos llegarían a ser los consumidores de sus productos debido a que si la planta logra trabajar al 100% dentro de los parámetros establecidos se podría evitar demandas eléctricas y por ende aumentar la producción

2.3 UBICACIÓN

La ubicación para el levantamiento de la información eléctrica existente de la empresa PROBALBEN CIA. LTDA. Se encuentra ubicada en la siguiente dirección:

Tabla 1. Detalle de Ubicación

Latitud	-0.879174°
Longitud	-78.603950°
Provincia	Cotopaxi
Ciudad	Latacunga

3. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Para la ejecución del presente proyecto se usan los criterios y normas que se mencionan a continuación:

- Norma NEC/NFPA 70. Norma que establece la seguridad eléctrica en industrias y residencias, para cables conectores por encima del suelo.
- Norma IEEE 242. Norma de protección y Coordinación de sistemas eléctricos industriales y comerciales.
- Norma IEEE 551. Norma para el cálculo de corrientes de corto circuitos en industrias y comercios.
- Catálogos y manuales técnicos para el cálculo de corrientes y protecciones eléctricas.

3.1 DIAGNOSTICO

Antes de iniciar el estudio se realiza una reunión con el personal administrativo de la empresa, presentado los lineamientos de la propuesta tecnológicas a efectuarse, una vez acordado la propuesta se procede con la recolección de datos, esta se efectuará en el transcurso de 4 meses y 16 semanas los días lunes a sábado de 8:00 am a 17:00 pm en el ámbito laboral.

3.2 ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Al realizar el estudio de campo en la planta se obtuvo como resultado las siguientes inadecuaciones:

- Tablero Principal de alimentador se observó que las protecciones eléctricas se encuentran ubicadas en desorden topográfico y no cuentan con la identificación para la actuación de las cargas para cada uno de los procesos.

- Existen interruptores termomagnéticos, que presentan conexiones con conductores de distintos calibres como a la entrada de alimentación y son diferentes a la salida que energizan a los motores.
- Algunos de los conductores se encuentran sueltos, sin canaletas y no están debidamente ajustados provocando puntos calientes en distintas conexiones, por ende, estas pueden afectar a la pérdida de aislamiento del conductor
- Existen conductores que no se encuentran correctamente dimensionados, con respecto a la corriente nominal de los motores eléctricos, que provocan una ligera elevación de temperatura.
- Se identificó que varios motores no cuentan con las protecciones eléctricas correspondientes, algunos también se encuentran sobredimensionados y otros no se encuentran en condiciones de correcto funcionamiento para garantizar seguridad. Como en la **Figura 1**.



Figura 1. Protección eléctrica no adecuada.

- Los fusibles que protegen a un porcentaje de motores se encuentran sobredimensionados y también no están establecidos con una sola intensidad nominal de corte para proteger a las tres líneas.
- El motor del molino es el más grande que existe en la empresa por ende necesita de gran intensidad para su arranque y esto provoca afectaciones en el sistema eléctrico actual.

3.3 TRANSFORMADOR

La empresa de balanceado PROBALBEN, presenta un transformador correspondiente a la institución comercializadora del servicio eléctrico ELECOP de 75 kVA ID T402 y coordenadas X:766593; Y: 9902734, tipo aéreo con tensiones en el primario 13,8 kV provenientes de la red de la subestación MULALÓ y la tensión secundario es 220 V entre línea y línea, en el **Anexo B** se detalla el resumen de las

corrientes de la empresa comercializadora de energía, el cual es el suministro que actualmente abarca a toda la empresa, se distribuye al tablero principal TP como alimentador y se reparte a tableros secundarios. En su totalidad existen 7 tableros eléctricos que se encuentran distribuidos en la planta. En la **Figura 2** se muestra el transformador aéreo que alimenta al circuito eléctrico de la empresa y en la **Tabla 1** se presentan los datos.



Figura 2. Transformador ELEPCO T402 de 75 kVA [40].

Tabla 2. Tabla de datos del transformador.

Descripción	Potencia (KVA)	Tensión		Impedancia	
		Primario (kV)	Secundario (V)	Z (Ohm)	X/R
Transformador #1	75,00	13,8	220	4,4	1,33

3.4 TABLEROS ELÉCTRICOS DE LA PLANTA

Se procedió a realizar el registro de la toma de datos de los tableros eléctricos que existen en la planta, obteniendo como resultado 1 tablero general, 7 tableros de control y 1 tablero de distribución, que conforman el circuito eléctrico de la planta. A continuación, en la **Tabla 3** se presentan los tableros eléctricos registrados en la planta en la planta PROBALBEN CIA.LTDA, con su respectivo Bus Id registrado en el diagrama unifilar.

Tabla 3. Tableros eléctricos de la empresa.

Tablero Eléctrico	ID de BUS	Descripción
N° 1	BUS 4	Es el tablero General alimentado de la empresa donde se encuentra adjuntado con cargas importantes de la planta para el proceso del molino, mezclado y paletizado. Accionado 10 motores eléctricos y sus protecciones se encuentran en el mismo tablero eléctrico.
N° 2	BUS 13	Es un tablero de control que acciona 4 motores eléctricos y se encuentra ubicado en la parte externa de la planta en el proceso de almacenamiento del maíz.
N° 3	BUS 18	Es un tablero de control que accionan 4 motores eléctricos Se encuentra ubicado en la parte interna de la planta en la sección de la bodega y funcionamiento para los aditivos para el balanceado
N° 4	BUS 23	Es un tablero de control que accionan 2 motores eléctricos y se ubica en la zona interna de la plata, cumple la función para el control de los procesos y adicional cuenta con un variador de frecuencia.
N° 5	BUS 26	Es un tablero de distribución, que contiene una protección principal y circuitos ramales que permiten proteger y operar los siguientes tableros secundarios: T6, T7, T8, T9, T Iluminación, Carga de oficina.
N° 6	BUS 28	Es un tablero de control, que acciona dos motores eléctricos y se ubica en la zona exterior de la planta el caldero se realiza el proceso de calentamiento de agua.
N° 7	BUS 30	Es un tablero de control que acciona un motor eléctrico y se encuentra ubicado en el cuarto de máquina de la planta.
N° 8	BUS 34	Es un tablero de control, que acciona un motor eléctrico y se encuentra ubicado en la parte exterior de la planta, para el riego de agua de toda la empresa.

3.5 MOTORES ELÉCTRICOS

Se realizó una inspección total dentro de la empresa, contabilizando un total de 24 motores en funcionamiento actualmente, se identificó las cargas principales con mayor potencia que son 3 motores, ejecutados en los procesos del molino, el mezclado y el paletizado. Además, se adjunta las cargas adicionales que son los equipos electrónicos que ocupan en la empresa y equipos de iluminación. En el **Anexos C** se registran los datos de los motores y cargas adicionales.

A continuación, en la **Figura 3** se presentan las 3 cargas principales dentro de empresa.



(b) Molino 50 HP



(b) Mezcladora 20 HP



(c) Prensadora 40 HP

Figura 3. Motores de los procesos Molino, Mezcladora, Paletizadora.

3.6 CORRIENTES NOMINALES

Identificado los motores eléctricos existentes en la empresa, se registran las corrientes nominales de operación de cada motor, y se las utiliza para el dimensionamiento del equipo de protección y conductores eléctricos. También se detalla la corriente LRA obtenida por la ecuación (4.2), para graficar la curva de corriente de arranque para la operación del motor. A continuación, se detalla las corrientes de operación de los motores eléctricos.

Tabla 4. Registro de las corrientes de operación.

N° Motores	Hp	Corriente Nominal (A)	Código de letra	Corriente de rotor bloqueado LRA (A)
M1	50	141	G	734,81
M3	20	52,8	N	587,85
M6	40	96,57	G	589,95
M2	3	9,5	N	88,18
M4	2	5,96	D	20,99
M5	5	14	H	93,16
M7	1	3,73	B	9,32
M8	3	8,67	H	49,60
M9	3	6,5	K	62,98
M10	2	6,12	D	20,99
M11	3	8,5	M	78,73
M12	7,5	20	M	196,82
M13	5	16	N	150,90
M14	5	16	M	131,22
M15	5	14	M	131,22
M16	3	8,58	H	49,60
M17	2	6,08	D	20,99
M18	2	6,08	D	21,52
M19	3	7,8	E	39,36
M20	1	3,24	B	9,32
M21	1	11	B	30,18
M22	0,14	3,62	V	2,20
M23	1	13	C	10,50
M24	7,5	19,1	N	220,44

3.7 ESTUDIO DE LAS CORRIENTES NOMINALES Y OPERACIÓN

Como se realizó el levantamiento de las corrientes nominales de los motores ubicadas en la placa de datos y se optó por realizar el vs con las corrientes medidas en plena carga de cada uno de los motores, Además, para las corrientes medidas se tomaron tres mediciones y se obtuvo la media de cada una. Se realizó la

representación gráfica estadística de las corrientes medidas a plena carga y la corriente nominal de los motores, como en la **Figura 4**.

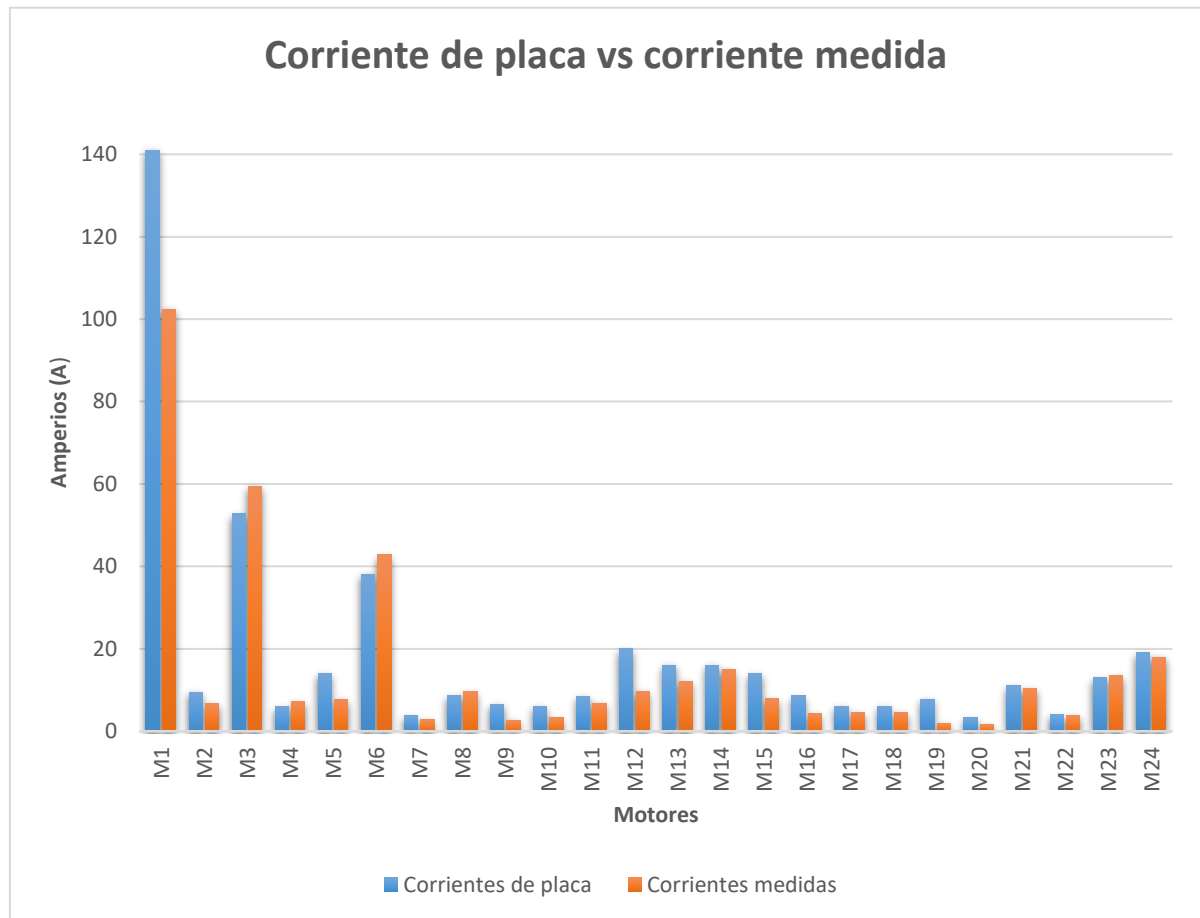


Figura 4. Corrientes de cargas inductivas.

En la **Figura 4**, existen picos altos identificados en los motores M3, M6, M8, M23 superan la corriente nominal de su placa de datos, el M3 con un valor de 53.47 A, el M6 con un valor de 42.83 A, el M8 con un valor de 9,57 A y por último el M23 tiene un alto flujo de corriente con un valor de 13.45 A. Tomar en cuenta que las lecturas tomadas de estos amperajes son a plena carga, es por ello se puede decir que los motores se encuentran a efecto de sobrecarga al momento de realizar una operación y hacen elevar las corrientes.

3.8 DIAGRAMA UNIFILAR ACTUAL DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

Una vez registrado todos los datos del transformador, cargas, protecciones eléctricas y conductores eléctricos, se desarrolla el diseño esquemático del circuito del sistema actual que posee la empresa mediante software. A continuación, en la **Figura 5**, se representa el resumen del diagrama unifilar de la empresa de balanceados PROBALBEN CIA.LTDA.

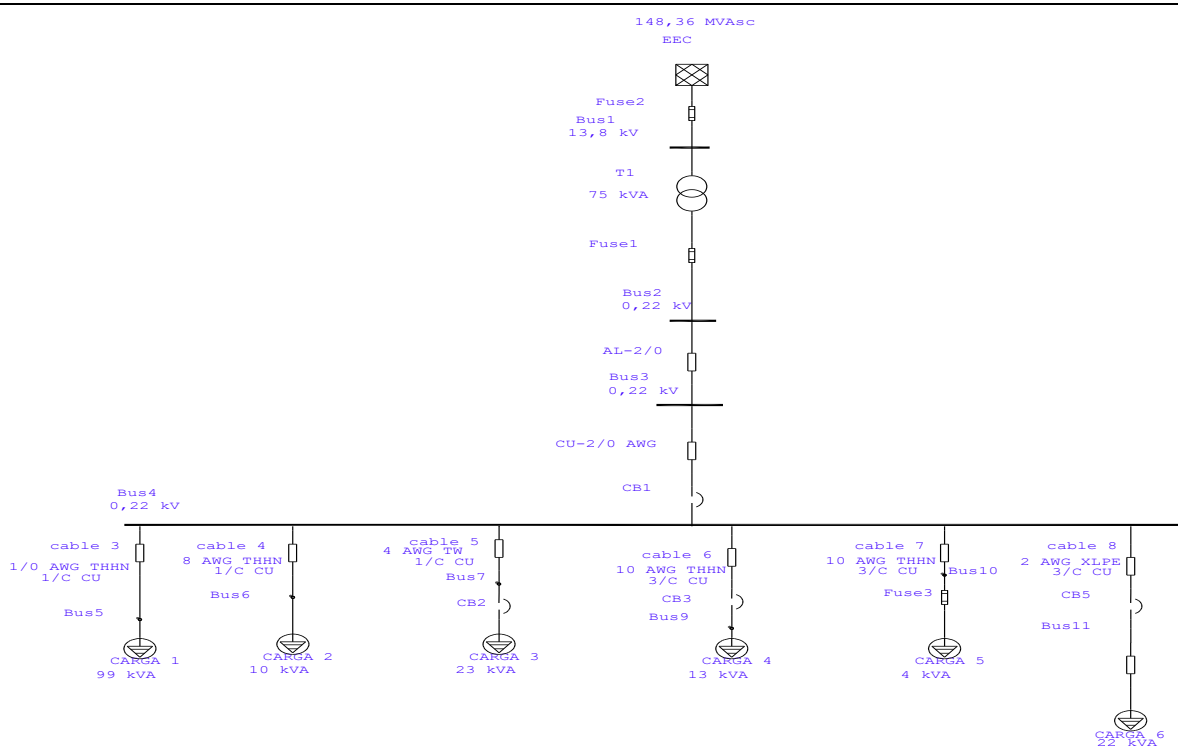


Figura 5. Resumen del diagrama Unifilar de la empresa PROBALBEN CIA.LTDA.

En la **Figura 5** se representa el resumen del sistema actual de la empresa identificando los tableros que existen y con sus respectivas cargas. El diagrama unifilar completo se presenta en el **Anexo E**.

3.9 ANÁLISIS DE FLUJO DE CARGA

Se realizó el análisis de flujo de carga mediante el software ETAP, obteniendo las caídas de tensión en los tableros eléctricos identificados como un Bus y las cargas en el diagrama unifilar, para aquello se lo dividió por etapas de los procesos para la intervención de los motores, para la producción del balanceado en grano.

A continuación, en la **Tabla 5** se detalla el accionamiento de los motores por procesos de fabricación del balanceado y se adjunta en el **Anexos F**, los resultados obtenidos registrados por el software sobre la caída de tensión de cada barra.

Tabla 5. Proceso de accionamiento de motores

Proceso	Accionamiento de Motores
Proceso 1 encendido del caldero y almacenamiento del maíz	M21; M22; M12; M13; M14
Proceso 2 molienda	M1; M15; M16; M17; M19
Proceso 3 mezclado del producto.	M2; M3; M4; M23
Proceso 4 Paletizado	M6; M20; M8; M7; M8; M10; M24
Proceso 5 carga adicionales e iluminación postes	3,7 KW; 3,5 kW

Usando el módulo Load Flow de ETAP, se verificó la calidad de tensión, del comportamiento de las cargas y los conductores eléctricos entre las barras del circuito del sistema actual.

3.10 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

El análisis de corrientes de cortocircuito para todas las barras del circuito eléctrico actual de la empresa, se desarrollará el estudio tanto para condiciones de corrientes de cortocircuitos Monofásico, Bifásico y Trifásico. En la **Tabla 6** se detallan las corrientes obtenidas.

Tabla 6. Corrientes de cortocircuito

BUS ID	Corriente de cortocircuito	Corriente de cortocircuito	Corriente de cortocircuito	Corriente Simetrica lcc (KA)	Corriente Asimetrica lcc (KA)
	lcc (KA)	lcc (KA)	lcc (KA)		
	Monofásico	Bifásico	Trifásico		
BUS 1	2,35	1,45	6,23	6,20	15,10
BUS 2	6,28	6,13	7,57	7,60	12,20
BUS 3	4,35	3,62	6,76	6,80	10,50
BUS 4	3,81	3,08	6,52	6,50	10,30
BUS 12	3,53	2,82	6,13	6,10	9,40
BUS 13	3,39	2,71	5,96	6,00	9,10
BUS 18	2,35	1,78	4,28	4,30	6,20
BUS 23	3,04	2,38	5,36	5,40	8,00
BUS 25	3,46	2,8	5,84	5,80	8,90
BUS 26	3,41	2,76	5,78	5,80	8,80
BUS 27	2,3	1,86	3,53	3,50	5,10
BUS 28	2,2	1,77	3,4	3,40	4,90
BUS 29	3,14	2,51	5,38	5,40	8,00
BUS 30	2,65	2,12	4,33	4,30	6,30
BUS 31	0,16	0,14	0,33	0,33	0,46
BUS 32	2,54	1,99	4,44	4,40	6,60
BUS 33	1,93	1,47	3,39	3,40	4,90
BUS 34	1,52	1,13	2,66	2,70	3,90
BUS 35	1,01	0,75	1,91	1,90	2,80
BUS 37	0,76	0,56	1,41	1,40	2,00
BUS 38	0,62	0,17	1,14	1,10	1,60
BUS 39	0,58	0,17	1,03	1,00	1,50
BUS 40	0,55	0,40	0,95	0,95	1,40

Como se indica en la anterior tabla se registran las corrientes obtenidas por el software de cortocircuito de todo el sistema eléctrico en cada Bus y como resultado se considera la corriente trifásica como corriente simétrica, y para el dimensionamiento del sistema deberemos trabajar con el valor asimétrico. Para

convertir una corriente simétrica en asimétrica, se con un factor de asimétrica de 1,5 esto se establece en la normativa IEEE C71.010-2016, establece una condición máxima de asimétrica en condiciones de falla, y se la considera como la corriente de cortocircuito más elevada, porque se requiere para la adecuada selección de capacidad interruptora de las protecciones eléctricas instaladas y la bifásica como la mínima de 0.14 *kA* de corriente de cortocircuito con un tiempo de actuación que no debe superar los 0.03 segundos desde el inicio de la falla.

Se detalla las protecciones principales que actúan en los tableros eléctricos que posee la planta, considerando que existe el desgaste de los equipos que provocan erróneas ejecuciones durante una falla. A continuación, en la **Tabla 7**, se detallan los equipos de protección de los tableros eléctricos.

Tabla 7. Tablero Eléctricos actual Interruptores termomagnéticos

Tablero Eléctricos					Rango	Registro de operación o servicio	
ID	ID	Fabricante	Estilo	Normativa estándar	<i>kA</i>	BUS ID	Asimétricas (<i>kA</i>)
TPA1	CB1	Legrand	DPX250	IEC	60	BUS 4	10,30
T2	CB5	General Electric	S/N	IEC	100	BUS 13	9,10
T3	CB10	Metasol	ABN 53c	IEC	30	BUS 18	6,20
T4	S/N	S/N	S/N	IEC	S/N	BUS 23	8,00
T5	CB11	MEC	ABE203b	IEC	35	BUS 26	8,80
T6	CB12	S/N	S/N	IEC	S/N	BUS 28	4,90
T7	CB13	General Electric	S/N	IEC	40	BUS 30	6,30
T8	CB14	S/N	S/N	IEC	S/N	BUS 35	2,80

En la **Tabla 7**, se registran valores de actuaciones de los equipos de protección de los tableros de la planta, dentro de las características de fabricación de cada equipo indican que fueron diseñados para interrumpir valores de corriente de cortocircuito simétricas como asimétricas. Identificada mediante los valores obtenidos por el software ETAP, se observa que en cada tablero eléctrico en caso de una falla de cortocircuito no supera el 11 *kA*, por lo tanto, estas protecciones cumplen con la capacidad de dicho valor, pero se encuentran sobredimensionadas. Reconocer que

estas son la capacidad de los equipos eléctricos en acción de una corriente de cortocircuito y se debe tener en cuenta para tener criterios de selectividad de protecciones, también por defecto se debe verificar la curva de tiempo-corriente del equipo para el ajuste y con ello se cambia el rango de corriente de cortocircuito, para el modelado de protecciones eléctricas.

3.11 ANÁLISIS DEL DIAGRAMA UNIFILAR

En el análisis implementado en el software ETAP se identificó ciertos puntos críticos en el circuito eléctrico actual de la planta, registrando que los equipos electromecánicos no cuentan con el dimensionamiento adecuado, por la falta de criterios de selectividad de los equipos eléctricos, algunos se encuentran sobredimensionados y sobredimensionados a condiciones no referenciadas a las corrientes nominales de los motores y además el transformador se encuentra en un estado margina. A continuación, En la **Figura 6** los equipos eléctricos que presentan fallas.

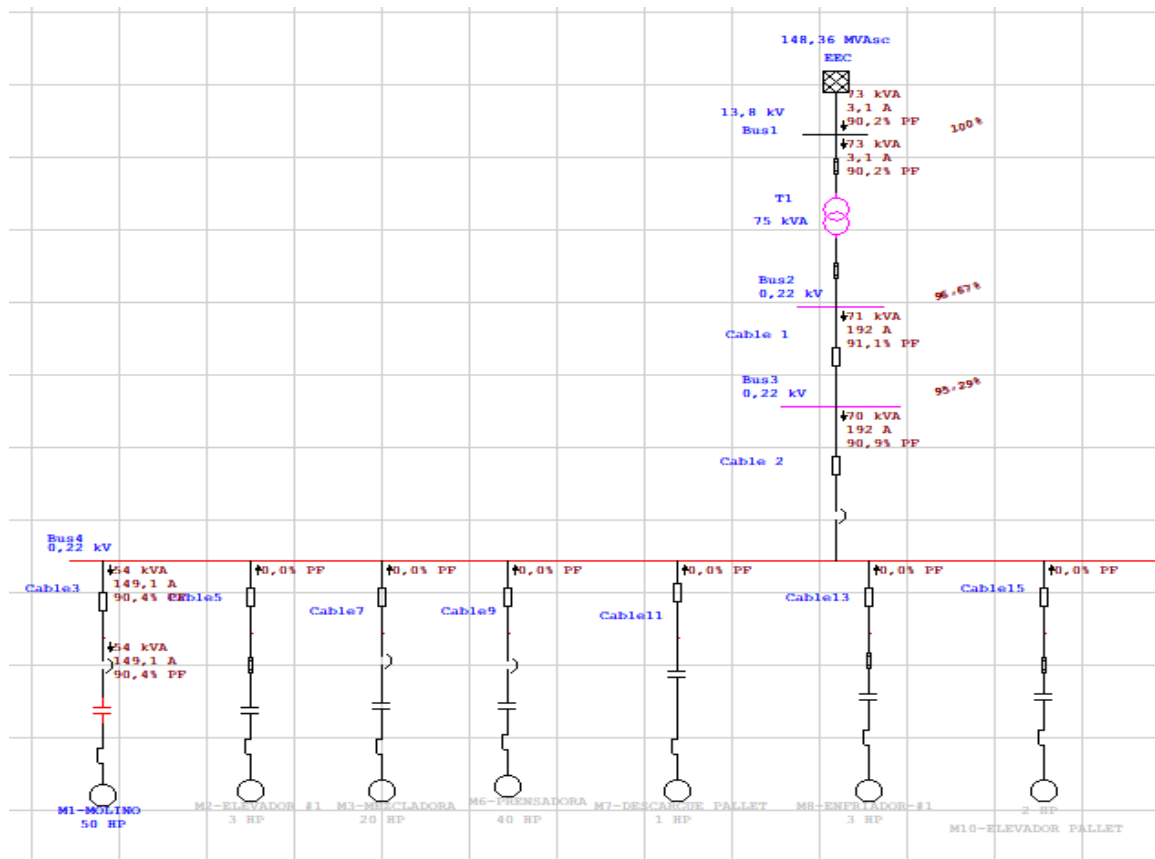
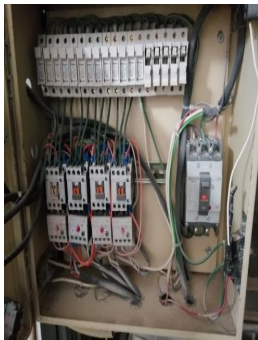


Figura 6. Proceso 2 molino actuación del proceso.

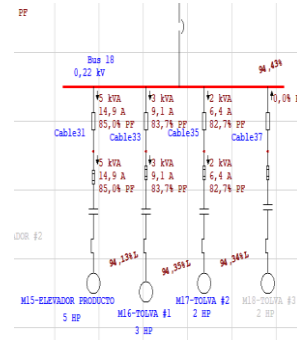
En la **Figura 6**, se identifica que existe defectos críticos en el circuito de fuerza para el contactor del motor M1 su corriente nominal es de 141 A y el equipo está dimensionado con 125 A, por tal motivo se encuentra en falla, además se registra

para el proceso más crítico el molino, el transformador de 75 kVA se encuentra en un estado marginal por el efecto de sobrecarga consumiendo 71 kVA .

Mencionar que algunos de los motores no cuentan con protecciones eléctricas que garanticen su óptimo funcionamiento, y algunos solo tienen la actuación de fusibles en conexión trifásica, una conexión de un fusible por cada línea esto no me garantiza que el motor esté protegido ya que al existir la actuación de uno por la elevada corriente de cortocircuito y los demás fusibles de las líneas sigan operando esto perjudica al motor con un desbalance de voltaje. A continuación, en la **Figura 7** se presenta la condición del circuito real y la simulación en ETAP.



(a) Tablero 3 Circuito actual



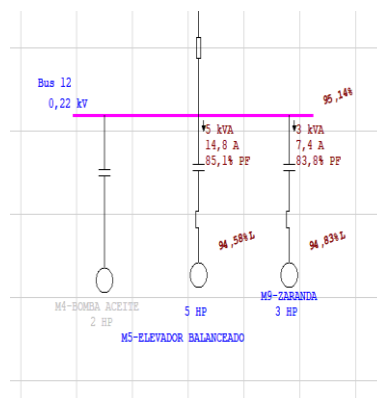
(b) Circuito eléctrico actual en ETAP.

Figura 7. Circuito eléctrico

Motores sin protecciones eléctricas estos se encuentran constante a permanente daños. En la siguiente imagen se presenta el esquema identificado para el tipo de conexión directa del motor 4 este se encuentra puentado entre contactores.



(b) Circuitos eléctricos fotografía



(b) Unifilar Actual

Figura 8. Motores eléctricos

En las **Figuras 7** y **8** las condiciones del estado actual de las conexiones eléctricas de los motores y su representación en diagrama unifilar en el software ETAP, se identificó las falencias de las protecciones, considerando que algunos motores

cuentan con conexión directa y en el nuevo rediseño se plantea mejoras con la interpretación de criterios en selectividad.

4. LÍNEA DE CONTINUIDAD

4.1 TOPOLOGÍA DE LOS NUEVOS TABLEROS ELÉCTRICOS

Para el rediseño del circuito eléctrico se considera la distribución bajo el criterio de la NEC capítulo 15 de los tableros eléctrico principal y control, considerando las tres cargas importantes con grandes potencias ubicándose en distintos tableros, con la finalidad de no sobrecargar el circuito eléctrico.

Tabla 8. Rediseño Tableros Eléctricos

Tableros eléctricos	ID BUS	Descripción	Cantidad de Equipos
Tablero principal	BUS 4	Se alimenta la red de toda la empresa y se distribuye a los distintos tableros eléctricos de control.	10 interruptores termomagnéticos (MCCB)
Tablero control # 1	BUS 5	Molino	1 interruptor termomagnético (MCCB)
Tablero control # 2	BUS 7	Mezcladora	1 interruptor termomagnético (MCCB)
Tablero control # 3	BUS 9	Prensadora	1 interruptor termomagnético (MCCB)
Tablero de control # 4	BUS 11	Motores Auxiliares de maquinaria	1 interruptor termomagnéticos (MCCB) 7 interruptores termomagnéticos (MCB)
Tablero de control # 5	BUS 19	Almacenamiento de maíz	1 interruptor termomagnético (MCCB) 4 interruptores termomagnéticos (MCB)
Tablero de control # 6	BUS 24	Almacenamiento de aditivos	1 interruptor termomagnéticos (MCCB) 4 interruptores termomagnéticos (MCB)
Tablero de control # 7	BUS 29	Tablero de control variador de frecuencia	1 interruptor termomagnético (MCCB) 2 interruptores termomagnéticos (MCB)
Tablero de control # 8	BUS 32	Tablero control del caldero y cargas capacitivas	1 interruptor termomagnéticos (MCCB) 3 interruptores termomagnéticos (MCB)
Tablero de control # 9	BUS 36	Tablero de control del compresor, riego de agua y Luminaria postes	1 interruptor termomagnéticos (MCCB) 5 interruptores termomagnéticos (MCB)

En el **Anexo J** se detalla la distribución referenciada de los tableros eléctricos ubicados en la planta para el nuevo rediseño eléctrico de la empresa PROBABLEN CIA.LTDA cada uno detallando su distancia en metros.

A continuación, en la **Figura 9** se detalla la forma esquemática de los tableros eléctricos.

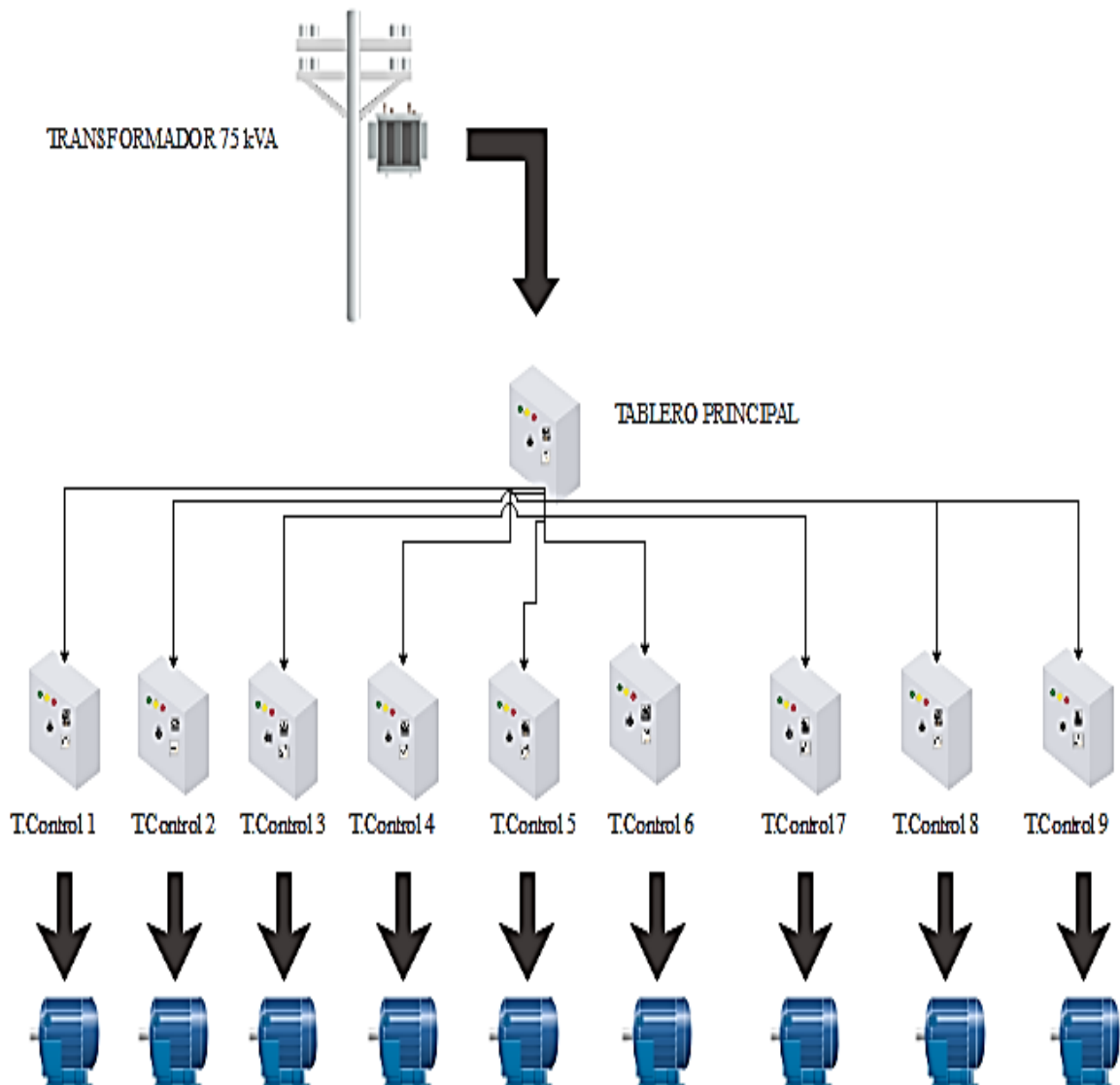


Figura 9. Topología tableros eléctricos.

4.2 DIAGRAMA UNIFILAR REDISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

A continuación, en la **Figura 10**, se representa el resumen del diagrama unifilar del nuevo rediseño de la empresa de balanceados PROBABLEN CIA.LTDA.

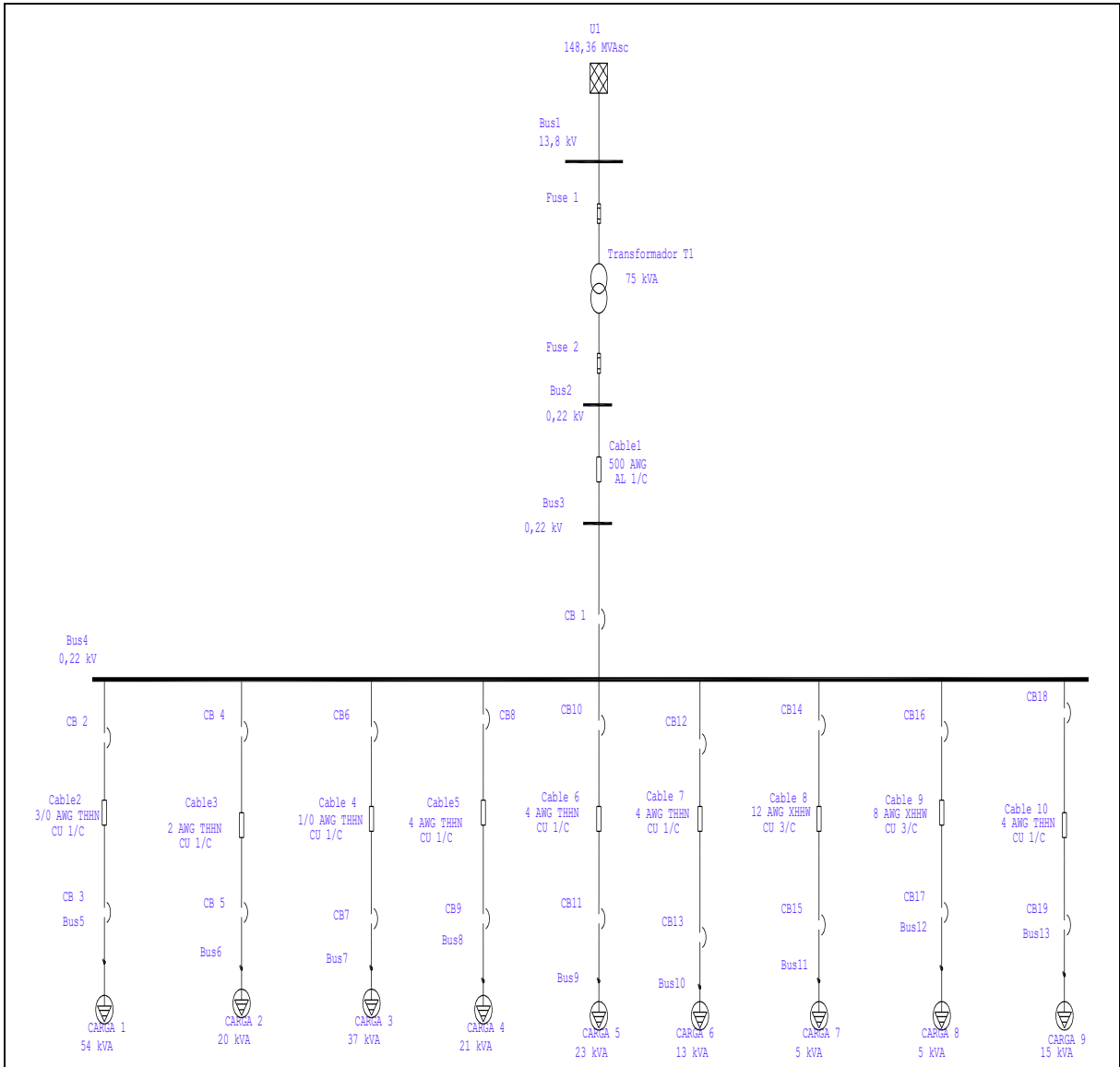


Figura 10. Resumen del diagrama unifilar nuevo rediseño de la empresa PROBALBEN CIA.LTDA

En la **Figura 10**, se representa el resumen del rediseño de la empresa identificando los tableros que existen y con sus respectivas cargas. El diagrama unifilar completo se presenta en el **Anexo J**.

4.3 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Se efectuó el cálculo que la ampacidad de los nuevos conductores, tomando en cuenta la corriente nominal de cada motor y se aplicó la ecuación (4.2) para el dimensionamiento de los conductores, obteniendo como resultado la capacidad nominal del conductor para cada motor y se lo registra en la **Tabla 9**, este valor se implementará como criterio para la selección del cable, con la finalidad de mejorar la calidad de la tensión en el del sistema eléctrico en la planta.

Tabla 9. Dimensionamiento de conductores

ID MOTOR	Hp	Corriente Nominal (A)	Corriente de conductor (A)	CONDUCTOR	Corriente Admisible (A)
M1	50	141	176,25	1/C - 3/0 AWG-CU-THHN	225
M3	20	52,8	66	1/C- 2 AWG-CU-THHN	130
M6	40	96,57	120,71	1/C -1/0 AWG-CU-THHN	170
M2	3	9,5	11,87	3/C-10AWG-CU-XHHW	35
M4	2	5,96	7,45	3/C-12AWG-CU-XHHW	25
M5	5	14	17,5	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M7	1	3,73	4,66	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M8	3	8,67	10,84	3/C-10AWG-CU-XHHW	35
M9	3	6,5	8,12	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M10	2	6,12	7,65	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M11	3	8,5	10,62	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M12	7,5	20	25	3/C-8AWG-CU- XHHW	55
M13	5	16	20	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M14	5	16	20	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M15	5	14	17,5	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M16	3	8,58	10,72	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M17	2	6,08	7,6	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M18	2	6,08	7,6	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M19	3	7,8	9,75	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M20	1	3,24	4,05	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M21	1	11	13,75	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M22	0,14	3,62	4,525	3/C-12 AWG-CU-XHHW	25
M23	1	13	16,25	3/C-10AWG-CU- XHHW	35
M24	7,5	19,1	23,87	3/C-8AWG-CU- XHHW	55
Carga capacitiva	-	9,71	12,14	2/C-12AWG-CU-XHHW	25
Lámparas Postes	-	9,17	11,46	1/C-2/0 AWG-AL-THHW	150

Como se observa en la anterior tabla, son los resultados obtenidos para el nuevo rediseño de los conductores del circuito eléctrico, para alimentación de los motores en la planta PROBALBEN. Se procede a la búsqueda en catálogos comerciales a nivel nacional con las ampacidades obtenidas para la implementación de los mismo, los catálogos se encontrarán en los anexos.

Una vez seleccionado el tipo de conductor para los motores, se obtienen los cálculos para el diseño del tramo desde el tablero de distribución hacia los tableros de control y tramo desde el transformador hasta el tablero de distribución. A continuación, se presentan los resultados obtenidos por el cálculo.

Tabla 10. Conductores aceptables para los tramos Transformador y Tableros

		Corriente Admisible (A)	ID BUS	Tablero eléctrico	CONDUCTOR	Corriente Admisible (A)	
Transformador 75 kVA	NEC 1/C – 500 AWG- AL- RUBBER	290	Tablero de distribución BUS 4	BUS 5	Tablero control # 2	NEC 1/C - 3/0 AWG-CU- THHN	225
				BUS 7	Tablero control # 3	NEC 1/C- 2 AWG- CU-THHN	130
				BUS 9	Tablero control# 4	NEC 1/C -1/0 AWG-CU- THHN	170
				BUS 12	Tablero de control # 5	NEC 1/C- 4 AWG- CU-THHN	95
				BUS 21	Tablero de control # 6	NEC 1/C-4AWG- CU-THHN	95
				BUS 27	Tablero de control # 7	NEC 1/C-4AWG- CU-THHN	95
				BUS 33	Tablero de control # 8	NEXANS 3/C-12AWG- CU-XHHW	25
				BUS 37	Tablero de control # 9	NEC 3/C-8AWG- CU-XHHW	55
				BUS 42	Tablero de control #10	NEC 1/C-4 AWG- CU-THHN	95

4.4 DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS

En el nuevo rediseño se propone interruptores termomagnéticos de caja moldeada (MCCB) para los tableros de distribución e interruptores termomagnéticos (MCB) para los motores eléctricos, se buscará en el medio local mediante catálogos equipos de protección, su selectividad será mediante la corriente de operación de los equipos diseñados más el 25% como lo rige la normativa IEEE Std 242-2001 cumpliendo condiciones de actuación a corrientes de cortocircuito simétricas y asimétricas. Los interruptores automáticos de baja tensión están clasificados para una capacidad de interrupción de cortocircuito basada en semiciclos. Como se indicó, los MCCB a veces pueden operar tan rápido que funcionan en modo de

limitación de corriente, lo que significa que trabajan para limitar la corriente de cortocircuito antes de alcanzar la primera corriente máxima.

De acuerdo con lo dicho anteriormente, todas las protecciones propuestas en este rediseño pueden soportar tanto corriente de cortocircuito simétricas y asimétricas. En el **Anexo J3** se detalla las protecciones seleccionadas para los tableros y cargas, con la relación de corrientes de cortocircuito.

5. IMPACTO

Aplicar el análisis de impactos para el proyecto es muy importante y necesario porque tiene como prioridad la protección de las personas y la vida útil de las máquinas eléctricas con el fin de desarrollar sus actividades con normalidad los trabajadores, sin que exista alguna interrupción por fallas o anomalías el circuito eléctrico de la empresa y que actúen las protecciones de manera adecuadas.

El impacto más importante tomado en cuenta será el impacto económico debido a que la empresa deberá invertir capital para el mejoramiento del sistema actual.

Tabla 11. Costos de Equipos

DETALLE	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
cable	8 AWG-90°-CU-THHW-3/C	54,8 metros	7,17	364,236
cable	10 AWG-90°-CU-THHW-3/C	90metros	4,37	393,3
cable	12 AWG-90°-CU-THHW-3/C	75 metros	3,06	229,5
cable	3/0 AWG-90°-CU-THHW-1/C	6 metros	18,34	330,12
cable	2/0 AWG-90°-CU-THHN-1/C	6 metros	13,82	248,76
cable	1/0 AWG-90°-CU-THHW-1/C	12 metros	11,05	397,8
cable	2 AWG-90°-CU-THHW-1/C	8 metros	6,98	167,52
cable	4 AWG-90°-CU-THHW-1/C	46,10 metros	4,43	612,669
cable	6 AWG-90°-CU-THHW-1/C	13 metros	2,87	111,93
cable	500 AWG-90°-AL-1/C	70 metros	6,46	1356,6
Interruptor termomagnético (MCB)	monofásico de 16 amperios	3	12,22	36,66
Interruptor termomagnético (MCB)	monofásico de 25 amperios	1	12,22	12,22

Interruptor termomagnético (MCB)	Tripolar de 16 amperios	16	216,27	3460,32
Interruptor termomagnético (MCB)	Tripolar de 25 amperios	4	216,27	865,08
Interruptor termomagnético (MCB)	Tripolar de 40 amperios	1	206,93	206,93
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX630-N Tripolar de 500 amperios	1	2066,14	2066,14
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX250-F Tripolar de 220 amperios	3	733,38	2200,14
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX160-F Tripolar de 160 amperios	1	529,4	529,4
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX160-F Tripolar de 150 amperios	1	529,4	529,4
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX100-F Tripolar de 80 amperios	4	578,13	2312,52
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX100-F Tripolar de 100 amperios	8	578,13	4625,04
Interruptor termomagnético caja moldeada (MCCB)	NSX100-F Tripolar de 50 amperios	2	522,15	1044,3
Fusible	NH	3	24,3	72,9
Relé térmico	Reles térmicos de diferente regulación térmica	21	1268	1268
Contactador	contactares para arranque de motores AC3	21	863	863
Arrancador Suave	Arrancador suave HPISE de 50HP, 220VAC	1	1660	1660
Arrancador Suave	Arrancador suave HPISE de 40HP, 220VAC	1	1200	1200
Arrancador Suave	Arrancador suave HPISE de 20HP, 220VAC	1	661,5	661,5
Luces Piloto	luces piloto rojas y verdes	48	1,51	72,48
Pulsadores	Pulsadores NC Y NA	48	1,5	72
Tablero para montaje	Alto 2000X800 ancho	1	708	708

Tablero para montaje	Alto 600X400 ancho	2	82,64	165,28
Tablero para montaje	Alto 200X200 ancho	6	26,81	160,86
Tablero para montaje	Alto 1000X600 ancho	1	179,6	179,6
Varilla de cobre	1/8 X 3/4 X 3 Metros	1	29,46	29,46
Variador de frecuencia	Hapn para motor de 1 hp	1	220	220
TOTAL				29442,67
INTERES				10%
VAN				\$6.834,83
TIR				16%
PAYBACK	meses		8	
	días		18	

En el siguiente análisis se puede observar que la implementación para mejorar el sistema eléctrico de la empresa tendrá un costo de \$ 29442.67 para ello se tomó en cuenta un periodo de 12 meses con un flujo neto de \$ 3400.00 mensuales los cuales corresponden a las pérdidas por los tiempos de parada de la producción debido a fallas en el sistema eléctrico, El TIR representa la tasa de rentabilidad de esta propuesta, en este caso es de 16% nos asegura que la inversión es rentable, por otra parte también se refleja el plazo de recuperación o PAYBACK en el cual demuestra que en el periodo de 8 meses y 18 días se recuperará el capital invertido y a partir de esa fecha se obtendrá ganancias.

6. CONCLUSIONES

- Se identificó las propiedades de los equipos eléctricos, dando como resultado el registro de cinco cargas de alto consumo de corrientes a plena carga que son los motores M3, M6, M8 y M23 provenientes de los tres procesos de fabricación de balanceado en la planta superando la corriente nominal de su placa de datos, interpretando que se encuentra sobrecargados, además, se evidenció el desgaste de los equipos de protecciones eléctricas y también en algunos motores no disponen de protecciones y con conductores eléctricos sobredimensionados en condiciones de deterioro.

- Con el modelamiento del sistema eléctrico actual se identificó las corrientes de cortocircuito asimétrica con un valor de 12,20 *kA* en el Bus 2 como la más elevada de todo el sistema eléctrico, dando como resultado la existencia de equipos eléctricos de protección en falla no cumpliendo los criterios de selectividad con curvas no coordinadas y sobrepuestas, además, los tiempos de reacción son superiores a los 0,03 segundos, también se identificó la caída de tensión en el proceso más crítico el molino con un valor en porcentaje de 92,48 % en el bus 35, superando a lo establecido por la NEC/NFPA 70 y con un consumo de 71 *kVA*, 64 *kW*.
- Al elaborar la nueva propuesta de rediseño se mejoró el sistema eléctrico de la planta, aplicando criterios de selectividad bajo condiciones de normativa en las protecciones y conductores eléctricos que fueron determinado en base a cálculos y simulaciones enunciadas en el desarrollo de este proyecto, planteado en el reemplazó de las protecciones obsoletas, de modo que se ajuste el tiempo de respuesta de las curvas de protección de los nuevos interruptores, los cuales no deben sobrepasar al tiempo de respuesta de los 0,03 segundos, esto permitirá que se accione la primera protección más cercana la falla, por ende también establecer la caída de tensión a un 96%, cumpliendo con la NEC/NFPA 70 y se genera la distribución correcta de los tableros eléctricos guiada por las NEC con el fin de garantizar un circuito eléctrico más confiable y seguro.