



**REDISEÑO DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN EN LAS
INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN DE LA INDUSTRIA
MERCO S.A. UBICADA EN EL DPTO. DE CAAGUAZÚ**

CRISTIAN ALCIDES FERREIRA VILLAMAYOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

Coronel Oviedo - Paraguay

Año 2018

TITULO

REDISEÑO DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN EN LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN DE LA INDUSTRIA MERCOS S.A. UBICADA EN EL DPTO. DE CAAGUAZÚ

Elaborado por

Cristian Alcides Ferreira Villamayor

Tutor

Ing. Cristhian Insaurralde

Trabajo presentado a la Facultad de Ciencias y
Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú,
como requisito para la obtención del título de Ingeniero en
Electricidad

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

Coronel Oviedo - Paraguay

Año 2018

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero en Electricidad aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Dedicado a:

Dios y a la Virgen de Caacupé por darme salud, fortaleza, inteligencia y oportunidad de poder seguir una Carrera Universitaria en tan prestigiosa Universidad.

Especialmente a mi Madre por la oportunidad y la confianza que ha puesto en mi para seguir y cumplir mi meta de ser un profesional.

A mi Padre y mis hermanos, que me estuvieron acompañando en todo momento de forma incondicional para la culminación de esta etapa muy importante de mi vida profesional.

A toda mi familia en general por tan importante apoyo económico e incondicional para cumplir una meta, de ser un Ingeniero Electricista.

Agradecimientos:

Al Ing. Cristhian Insaurrealde por su orientación académica y colaboración para la culminación de este proyecto.

Al Ing. César Ferreira por su dirección, apoyo y corrección de este proyecto.

A los docentes que estuvieron inculcándome sus enseñanzas para poder avanzar y tener más conocimientos y la correspondiente culminación de la Carrera de Ingeniería en Electricidad.

REDISEÑO DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN EN LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN DE LA INDUSTRIA MERCOS.A. UBICADA EN EL DPTO. DE CAAGUAZÚ

CRISTIAN ALCIDES FERREIRA VILLAMAYOR

RESUMEN

El objeto de este proyecto de fin de Grado es realizar un análisis complejo del esquema de protección actual del sector denominado Preparación de Semillas de la empresa MERCOS.A., de tal modo a diseñar un nuevo esquema de protección en las instalaciones de Baja Tensión con miras a la resolución de problemas de selectividad de las protecciones de los motores ubicados en dicho sector.

Se realizó un análisis de todas las protecciones existentes, siendo que de acuerdo con los cálculos desarrollados se verificó que no se cumplen con los criterios establecidos en las normas para la protección de motores de la industria, en lo inherente a la selectividad. A raíz de esto, se diseñó un nuevo esquema de protección atendiendo a las normas de coordinación y selectividad de las protecciones para la industria, utilizándose el software Ecodial Advance Calculation de Schneider® para el análisis de las curvas de operación de la protección general con las protecciones de cada motor, consiguiéndose una solución técnicamente viable al problema de la selectividad de las protecciones eléctricas de los motores que nos ocupan.

Finalmente, se realizó una evaluación económica del presente proyecto encontrándose que es económicamente viable. De esta forma, hemos logrado una solución técnica y económicamente viable al problema planteado.

Palabras claves: Curvas de operación, coordinación, selectividad, esquema de protección.

REDISIGN OF THE PROTECTION SCHEME IN THE LOW VOLTAGE FACILITIES OF MERCO S.A. LOCATED IN THE CAAGUAZÚ DEPARTMENT

CRISTIAN ALCIDES FERREIRA VILLAMAYOR

SUMMARY

The purpose of this end of degree project is to carry out a complex analysis of the current protection scheme of the sector called Seed Preparation of the company MERCO SA, in such a way to design a new protection scheme in low voltage installations with a view to the resolution of problems of selectivity of the protections of the motors located in this sector.

An analysis was made of all the existing protections, being that according to the calculations developed it was verified that the criteria established in the standards for the protection of motors of the industry are not met, in the inherent to the selectivity. As a result of this, a new protection scheme was designed according to the standards of coordination and selectivity of the protections for the industry, using Schneider ® Ecodial Advance Calculation software for the analysis of the operating curves of the general protection with the protections of each motor, achieving a technically viable solution to the problem of the selectivity of the electrical protections of the motors studied.

Finally, an economic evaluation of the present project was carried out, finding that it is economically viable. In this way, we have achieved a technically and economically viable solution to the posed problem.

Key Words: Operation curves, coordination and selectivity, protection scheme, seed preparation.

CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	2
<i>Dedicado a:</i>	3
<i>Agradecimientos:</i>	4
CONTENIDO	¡Error! Marcador no definido.
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE TABLAS	19
LISTA DE ABREVIATURAS	21
GLOSARIO DE TERMINOS	22
I. INTRODUCCIÓN	23
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	26
CAPÍTULO 1	26
1.1. ANTECEDENTES HISTORICO	26
1.2. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS	27
CAPITULO 2	28
2.1. Definición de la selectividad	28
2.1.1. Intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos	30
2.2. Técnicas de selectividad	32
2.2.1. Selectividad amperimétrica	32
2.2.2. Selectividad cromométrica	34
2.2.3. Selectividad energética	36
2.2.4. Selectividad de zona	38
2.3. Coordinación de protecciones	39
2.4. Planeamiento inicial e información requerida para un estudio de coordinación.	41
2.5. Funciones de disyuntores	44

2.6. Nivel A: el CGBT	45
2.7. Nivel B: los cuadros secundarios	46
2.8. Nivel C: Distribución terminal	48
2.9. Norma IEC 60947-2	50
2.9.1. Categoría de interruptores	51
2.9.2. Recordatorio de las características eléctricas	51
2.9.3. Intensidad nominal (I_n)	52
2.9.4. Intensidad de regulación de sobrecarga ajustable (I_r)	52
2.9.5. Intensidad de regulación de disparo corto retardo (I_{sd})	52
2.9.6. Intensidad de regulación de disparo instantáneo (I_i)	53
2.10. Las exigencias de la distribución	53
2.10.1. Poder asignado de cierre en cortocircuito (I_{cm})	54
2.10.2. Poder asignado de corte último (I_{cu})	54
2.10.3. Poder asignado de corte en servicio (I_{cs})	54
2.10.4. Intensidad asignada de corta duración admisible (I_{cw})	54
CAPÍTULO 3	55
3.1. Interruptor magnetotérmico	55
3.1.1. Funcionamiento	55
3.2. Guarda Motor	57
3.2.1. Características principales	58
3.2.2. Características generales	59
3.2.2.1. Disparadores	59
3.2.2.2. Especificación y fijación	59
3.3. Interruptor diferencial	59
3.3.1. Funcionamiento de un interruptor diferencial	60
3.3.2. Características de un interruptor diferencial	63
3.3.3. Tipos de interruptores diferenciales	63

3.4. Fusibles	64
3.4.1. Datos generales de los fusibles	65
3.4.2. Definiciones de parámetros de fusibles	68
3.4.3. Tipos de fusibles	69
3.4.3.1. Fusibles de cuchillas o NH:	69
3.4.3.2. Fusibles NH - gL / gG	71
3.4.3.3. Curvas Características “NH”	72
3.4.3.3.1. Curva tiempo x corriente	72
3.4.3.3.2. Curva de limitación de Corriente	73
3.4.3.3.3. Curva de Selectividad	73
3.4.3.4. Fusibles D - gL / gG	74
3.4.3.5. Curvas características “D”	75
3.4.3.5.1. Curva Tiempo x Corriente	75
3.4.3.5.2. Curva de limitación de Corriente	76
3.4.3.5.3. Curva de Selectividad	76
CAPÍTULO 4	77
4.1. Corto circuito	77
4.1.1. Amplitud de la corriente de cortocircuito	77
4.1.2. El momento de la ocurrencia de la falla	77
4.1.3. La duración de la falla	79
4.1.4. La ubicación de la falla	80
4.1.5. La topología de la falla	80
4.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito	82
4.2.1. Cortocircuito trifásico	82
4.2.2. Cortocircuito bifásico aislado	84
4.2.3. Cortocircuito monofásico aislado	84
4.2.4. Cortocircuito a tierra (monofásica o bifásica)	84

4.2.5. Impedancia de las máquinas giratorias	85
4.3. Criterios de selección de protecciones contra corto circuitos	86
4.3.1. Inspección, marcación, instalación y uso de los equipos.	87
4.4. Características de los disyuntores	89
4.1. Esquema de protección y mando para motores	90
4.1.1. Salida a motor (comando y protección de motores)	90
4.1.1.1. Contactores:	91
4.5.1.1.1. Ventajas que ofrecen los contactores:	91
4.5.1.1.2. Especificaciones técnicas características de un contactor:	91
4.5.1.1.3. La norma IEC 947 las clasifica en:	92
4.1.1.2. Relés térmicos:	94
4.1.1.3. Guardamotores magnéticos:	97
4.1.1.4. Fusibles:	97
4.1.1.1. Conexión de los distintos elementos de una salida a MOTOR (Diagramas de comando)	98
4.1.1.1.1. Arranque directo:	99
4.1.1.1.1. Arranque estrella - triángulo:	101
4.1.2. Variador de frecuencia	103
4.1.2.1. Sobre velocidad	104
4.1.2.2. Composición de un Variador de Frecuencia	105
4.1.1.1. Funciones de los variadores de velocidad	105
4.1.1.1.1. Variación de velocidad	106
4.1.1.1.2. Regulación de la velocidad	106
4.1.1.1.3. Desaceleración controlada	107
4.1.1.1.4. Inversión del sentido de marcha	107
4.1.1.1.5. Frenado	108
4.1.1.1.6. Protección integrada	108

4.1.1.1.7. Ventajas de uso del variador	108
4.1.1.1.8. Desventajas	109
CAPITULO 5	110
5.1. Método de evaluación	110
5.1.1. Flujo de caja proyectada	110
5.1.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)	110
5.1.3. Valor Presente Neto (VPN)	111
5.1.4. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).....	111
III. RESUMEN EJECUTIVO	112
CAPITULO 6	112
6.1. Descripción del trabajo	112
6.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas	113
6.1.1.1. Tipo de Investigación.....	113
6.1.1.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	113
6.1.1.2. Métodos y Análisis de Datos	114
Cualitativa: Los resultados fueron interpretados en forma científica, categorizados acorde a las opiniones o puntos de vistas del operador de área,	
	114
6.1.1.3. Fases Metodológicas	114
6.2. Justificación	116
6.3. Finalidad del proyecto	117
6.4. Metas	117
6.5. Objetivos	117
6.5.1. Objetivos generales	117
6.5.2. Objetivos específicos	118
6.6. Beneficiarios.....	118
6.7. Producto	118
6.8. Localización física y cobertura espacial	118

6.9. Recursos necesarios	119
6.9.1. Recursos humanos	119
6.9.2. Recursos materiales	119
6.10. Factibilidad técnica	120
6.11. Factibilidad económica	120
6.11.1. Beneficios	120
6.11.2. Costos	121
6.11.2.1. Costo de implementación del nuevo esquema de protección en la instalación de Baja Tensión.	121
6.11.3. Evaluación económica	122
6.11.3.1. Determinación del flujo de caja proyectada	122
6.11.3.2. Determinación de la tasa interna de rendimiento (TIR)	123
6.11.3.3. Determinación del valor presente neto (VPN)	123
6.11.3.4. Determinación del periodo de recuperación de la inversión (PRI) 123	
IV. INGENIERÍA DE DISEÑO	124
CAPÍTULO 7	124
7.1. ESTADO ACTUAL DE LAS PROTECCIONES	124
7.1.1. Ventilador grande zaranda arriba (K27)	124
7.1.2. Elevador alimentador. Quebrador (k29)	124
7.1.3. MOLINO QUEBRADOR 1	125
7.1.3.1. Motor 1 Molino Quebrador 1	125
7.1.3.2. Motor 2 Molino Quebrador 1	125
7.1.4. MOLINO QUEBRADOR 2	125
7.1.4.1. Motor 1 Molino Quebrador 2	125
7.1.4.2. Motor 2 Molino Quebrador 2	125
7.1.5. ZARANDA 1	125
7.1.5.1. Motor Alimentador zaranda (K05)	125

7.1.6. Caracol de pepa 1 salida zaranda 1-2 (k06)	126
7.1.7. Caracol de pepa 2 salida zaranda 3-4 (k11)	126
7.1.8. Caracol alimentador de pepa a elevador 215 alimentador cocinador de soja (k19)	126
7.1.9. Caracol recuperador de pepa zaranda rotativa 1-2 (k16)	126
7.1.10. ZARANDA ROTATIVA 1	127
7.1.10.1. Motor Zaranda Rotativa 1 (K13)	127
7.1.11. ZARANDA ROTATIVA 2	127
7.1.11.1. Motor Zaranda Rotativa 2 (K15)	127
7.1.12. Caracol alimentador de cascarilla a redler (k17)	127
7.1.13. Elevador salida cascarilla a tolva (k30)	127
7.1.14. LAMINADOR 1	127
7.1.14.1. Motor 1 laminador 1	127
7.1.14.2. Motor 2 laminador 1	128
7.1.15. Bomba hidráulica laminador 1	128
7.1.16. LAMINADOR 2	128
7.1.16.1. Motor 1 laminador 2	128
7.1.16.2. Motor 2 laminador 2	128
7.1.17. Bomba hidráulica laminador 2	128
7.1.18. Redler salida laminadora 1-2 (k20)	128
7.1.19. Elevador Alimentador Redler Extracción (K32)	129
7.1.20. Ventilador 1	129
7.1.21. Ventilador 2	129
7.2. CÁLCULOS DE LAS PROTECCIONES ADECUADAS	129
7.2.1. Ventilador grande zaranda arriba (K27)	129
7.2.2. Elevador alimentador. Quebrador (k29)	130
7.2.3. MOLINO QUEBRADOR 1	130

7.2.3.1. Motor 1 Molino Quebrador 1	130
7.2.3.2. Motor 2 Molino Quebrador 1	130
7.2.4. MOLINO QUEBRADOR 2	131
7.2.4.1. Motor 1 Molino Quebrador 2	131
7.2.4.2. Motor 2 Molino Quebrador 2	131
7.2.5. ZARANDA 1	131
7.2.5.1. Motor Alimentador zaranda (K05).....	131
7.2.6. Caracol de pepa 1 salida zaranda 1-2 (k06)	132
7.2.7. Caracol de pepa 2 salida zaranda 3-4 (k11)	132
7.2.8. Caracol alimentador de pepa a elevador 215 alimentador cocinador de soja (k19).....	133
7.2.9. Caracol recuperador de pepa zaranda rotativa 1-2 (k16).....	133
7.2.10. ZARANDA ROTATIVA 1	133
7.2.10.1. Motor Zaranda Rotativa 1 (K13).....	133
7.2.11. ZARANDA ROTATIVA 2	134
7.2.11.1. Motor Zaranda Rotativa 2 (K15).....	134
7.2.12. Caracol alimentador de cascarilla a redler (k17).....	134
7.2.13. Elevador salida cascarilla a tolva (k30).....	134
7.2.14. LAMINADOR 1	135
7.2.14.1. Motor 1 laminador 1	135
7.2.14.2. Motor 2 laminador 1	135
7.2.15. Bomba hidráulica laminador 1	135
7.2.16. LAMINADOR 2	136
7.2.16.1. Motor 1 laminador 2.....	136
7.2.16.2. Motor 2 laminador 2	136
7.2.17. Bomba hidráulica laminador 2	136
7.2.18. Redler salida laminadora 1-2 (k20).....	137

7.2.19. Elevador Alimentador Redler Extracción (K32)	137
7.2.20. Ventilador 1	137
7.2.21. Ventilador 2	137
7.3. Relevamiento de las clases de servicio de las protecciones	138
7.4. Conclusión del estado actual de las protecciones	138
7.5. Análisis de selectividad de protecciones	139
7.6. Adecuación de los dispositivos de protección existentes	140
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	145
VI. CONCLUSIONES	146
VII. RECOMENDACIONES	147
VIII. APÉNDICE	148
Apéndice A: Resumen ejecutivo	148
Apéndice A.1: Determinación de los costos de materiales	149
Apéndice A.2: Determinación de la mano de obra	151
Apéndice A.3: Determinación de las pérdidas de los derivados de la soja. 152	
Apéndice A.4: Determinación del mantenimiento preventivo anual.	153
Apéndice B: Ingeniería de diseño	154
Apéndice B.1: Cálculo para Protección y Dimensionamiento de una Máquina	154
Apéndice B.2: Descripción del proyecto	291
Apéndice B.3: Diseño general de la instalación	294
Apéndice B.3: Diseño general de la instalación	294
Apéndice B.4: Notas de Cálculo	298
Apéndice B.5: Diagrama de Selectividad para D1 y TM PPAL en Normal modo de explotación	301
Apéndice B.6: Diagrama de selectividad para D3 y TM PPAL en Normal modo de explotación	304

Apéndice B.7: Diagrama de selectividad para D7 y TM PPAL en Normal modo de explotación	308
Apéndice B.8: Diagrama de selectividad para NH2 y TM PPAL en Normal modo de explotación	311
Apéndice B.9: Diagrama de selectividad para NH1 y TM PPAL en Normal modo de explotación	315
Apéndice B.10: Diagrama de selectividad para NH5 y TM PPAL en Normal modo de explotación	319
Apéndice B.11: Diagrama de selectividad para NH6 y TM PPAL en Normal modo de explotación	323
Apéndice B.12: Diagrama de selectividad fusible 16A y TM Principal	327
Apéndice B.13: Diagrama de selectividad fusible 35A y TM Principal	328
Apéndice B.14: Diagrama de selectividad fusible NH 63A y TM Principal	329
Apéndice B.15: Diagrama de selectividad fusible NH 80A y TM Principal	330
Apéndice B.16: Diagrama de selectividad fusible NH 125A y TM Principal	331
Apéndice B.17: Diagrama de selectividad fusible NH 200A y TM Principal	332
Apéndice B.18: Coordinación Adecuada con Software Schneider	333
Apéndice C: Evaluación económica.....	337
Apéndice C.1: Determinación del Flujo de Caja Proyectada, Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN) Y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).....	337
C.1.1 Determinación del flujo de caja proyectada	338
C.1.2 Determinación de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	338
C.1.3. Determinación del Valor Presente Neto (VPN).....	339
C.1.3. Determinación del Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	339
BIBLIOGRAFIA	341

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 2

Figura 2 1: Zona de sobrecarga.	29
Figura 2 2: Zona de Cortocircuito	30
Figura 2 3: Selectividad Amperimétrica	34
Figura 2 4: Selectividad Cronométrica.	36
Figura 2 5: Esquema de compensación de propia corriente.	45
Figura 2 6: Sistema de repulsión.....	47
Figura 2 7: Mini Interruptores.	48
Figura 2 8: Curvas de Disparos.....	52
Figura 2 9: Intensidad asignada de corta duración admisible.....	53

CAPITULO 3

Figura 3 1: Partes de un Magnetotérmico.	57
Figura 3 2: Interruptor Diferencial.....	62
Figura 3 3: No detección aguas arriba del diferencial	62
Figura 3 4: Fusible industrial	64
Figura 3 5: Tipos de Fusibles	69
Figura 3 6: Curvas Características "NH"	72
Figura 3 7: Curva de limitación de corriente NH.....	73
Figura 3 8: Curva de Selectividad	73
Figura 3 9: Curva característica "D"	75

Figura 3 10: Curva de limitación de corriente D. 76

Figura 3 11: Curva de selectividad. 76

CAPITULO 4

Figura 4 1: Corriente Simétrica..... 78

Figura 4 2: Corriente Asimétrica..... 78

Figura 4 3: Duración de la falla..... 79

Figura 4 4: Cortocircuito trifásico..... 81

Figura 4 5: Cortocircuito bifásico..... 81

Figura 4 6: Cortocircuito monofásico a neutro..... 81

Figura 4 7: Cortocircuito monofásico a tierra..... 82

Figura 4 8: Principio de funcionamiento de un relé térmico..... 94

Figura 4 9: Curva de respuesta del relé 95

Figura 4 10: Curva característica de un fusible aM. 98

Figura 4 11: Esquema de comando arranque directo 99

Figura 4 12: Esquema de comando arranque estrella – triángulo..... 101

VIII. APÉNDICE

APÉNDICE B

Figura B 1: Curvas de protección D1 301

Figura B 2: Curvas de protección D3 304

Figura B 3: Curvas de protección D7 308

Figura B 4: Curvas de protección NH2..... 311

Figura B 5: Curvas de protección NH1	315
Figura B 6: Curvas de protección NH5.....	319
Figura B 7:Curvas de protección NH6.....	323
Figura B 8: Curvas de protección F 16A	327
Figura B 9: Curvas de protección F 35A	328
Figura B 10: Curvas de protección F 63A	329
Figura B 11: Curvas de protección F 80A	330
Figura B 12: Curvas de protección F 125A	331
Figura B 13: Curvas de protección F 200A	332
Figura B 14: Diseño del nuevo esquema de protección.....	336

LISTA DE TABLAS

CAPITULO 5

Tabla 5 1: Costo de materiales	121
Tabla 5 2: Resumen costo total del proyecto.....	122

VIII. APÉNDICE

APÉNDICE A

Tabla A 1: Detalles de los costos de materiales.....	150
Tabla A 2: Costos de manos de obras.....	151
Tabla A 3: Costos de pérdidas de producción.....	152
Tabla A 4: Costos de mantenimiento preventivo anual.....	153

APÉNDICE B

Tabla B 1: Cargas del motor.....	294
Tabla B 2: Características de Porta fusibles.....	296
Tabla B 3: Características de los Conductores.....	298
Tabla B 4: Detalles de circuito de Red 6.	301
Tabla B 5: Resultado del cálculo D1.....	302
Tabla B 6: Circuito Carga motor 1.	304
Tabla B 7: Resultado del Cálculo D3.....	305
Tabla B 8: Circuito Carga motor 3.	307
Tabla B 9: Resultado del Cálculo D7.....	309
Tabla B 10: Circuito Carga motor 7.	311
Tabla B 11: Resultado del Cálculo NH2.	313
Tabla B 12: Circuito Carga motor 9.	314
Tabla B 13: Resultado del Cálculo NH1.	316
Tabla B 14: Circuito Carga motor 8.	318
Tabla B 15: Resultado del Cálculo NH5.	320
Tabla B 16: Circuito Carga motor 29.	322
Tabla B 17: Resultado del Cálculo NH6.	324
Tabla B 18: Circuito Carga motor 30.	326

APÉNDICE C

Tabla C 1: Flujo de caja proyectada.	338
Tabla C 2: Tasa Interna de retorno.....	339

Tabla C 3: Valor Presente Neto. 339

Tabla C 4: Periodo de recuperación de la inversión. 340

LISTA DE ABREVIATURAS

In: Intensidad nominal.

Ith: Intensidad térmica convencional al aire libre.

Ithe: Intensidad térmica convencional en envolvente.

Iu: Intensidad nominal ininterrumpida.

Icm: Poder de cierre.

Icu: Poder de corte último.

Ics: Poder de corte en servicio.

Icw: Intensidad asignada de corta duración admisible.

Ir: Intensidad de regulación de sobrecarga ajustable.

Ir x 1,05: Intensidad convencional de no disparo.

Ir x 1,30: Intensidad convencional de disparo.

Ii: Intensidad de regulación de disparo instantáneo.

I_{sd}: Intensidad de regulación de disparo de corto retardo.

Icc: Intensidad de cortocircuito

IEC: Comisión Internacional de Electrotecnia

Zcc: Impedancia de cortocircuito

Ue: Tensión asignada de empleo.

Ui: Tensión asignada de aislamiento.

Uimp: Tensión asignada de resistencia a los choques.

MERCO S.A.: Mercantil Comercial Sociedad Anónima.

XLPE: Polietileno Reticulado.

TM PPAL: Termomagnética principal.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

VPN: Valor Presente Neto.

PRI: Periodo de Retorno de la Inversión.

KA: Kilo Amper, unidad de medida de potencia eléctrica.

MVA: Mega Volts Amper, unidad de medida de potencia eléctrica.

KV: Kilo Volts, unidad de medida de potencia eléctrica.

KW: Kilo Watts, unidad de medida de potencia eléctrica.

BT: Baja Tensión eléctrica.

MT: Media Tensión eléctrica.

INCP: Corriente nominal de carga pico.

IP: Corriente de protección.

Iad: Corriente admisible del conductor.

GLOSARIO DE TERMINOS

Aparellaje: Conjunto de aparatos y accesorios dispuestos para un uso preferentemente industrial.

Homopolar: Dícese de las maquinas que tienen un circuito magnético con un flujo único y unidireccional.

I. INTRODUCCIÓN

Las prácticas y procedimientos sólidos de seguridad en el lugar de trabajo constituyen un elemento esencial para su operación de manufactura. Ayudan a mantener la seguridad del personal y del equipamiento, mantienen la ejecución de las operaciones sin problemas y con eficiencia.

La empresa MERCO S.A. es una industria dedicada a la producción de aceite y derivados de la soja para la exportación, posee un equipamiento importante de maquinarias, para el procesamiento de la materia prima, los cuales precisan de un sistema de protección eléctrica adecuado para su buen funcionamiento y operatividad de parte del personal.

Actualmente la empresa viene operando con deficiencias en el sistema de protección en Baja Tensión, particularmente en el sector denominado Preparación de Semillas. Por ello, es precisa la realización del presente proyecto de análisis y diseño de una protección adecuada acorde a las normas técnicas internacionales y las buenas prácticas de la Ingeniería Eléctrica.

Al llevarse a cabo este proyecto se logrará un desempeño más eficiente de todo lo referente al funcionamiento de las máquinas, se cumplirán requisitos mínimos solicitados por aseguradoras internacionales y lo más importante reducirá los riesgos eléctricos del personal.

Para el abordaje de la solución a la problemática planteada, con miras al logro de los objetivos del proyecto de fin de grado, se encaran las siguientes fases de trabajo: Recolección de datos, Definición y Análisis de alternativas, Proposición de las soluciones técnicas y la Elaboración del presupuesto para el nuevo esquema de protección.

Se logró el desarrollo de este proyecto recurriendo tanto a especialistas del área, fuentes de información especializada en el área de sistemas de protección, así como técnicos y operadores de la planta.

A continuación, se hace una breve exposición de los temas abordados en cada capítulo de este trabajo:

En el **Capítulo 1:** Se habla de los Antecedentes Históricos como “Coordinación de Protecciones para un Sistema Eléctrico Industrial”, elaborado por los ingenieros Román Galván Hernández, Francisco Javier Rojas Reyes, Jorge Santana García y “Selección y Coordinación de Protecciones para Baja Tensión”, realizado por el ingeniero Gerzon Aarón González Jiménez.

En el **Capítulo 2:** Se desarrolla la teoría sobre Selectividad y Coordinación de las protecciones en Baja Tensión. En esta sección se hace la definición de la selectividad, de las técnicas de selectividad y de las corrientes de regulación. Se exponen el objetivo de una coordinación de protecciones y los pasos que se recomiendan para seguir en el planeamiento de un estudio de coordinación.

En el **Capítulo 3:** En este apartado se describe los diferentes dispositivos de protecciones que se utilizan en una industria, las definiciones de cada una y las características principales y generales de los mismos. El interruptor fusible del tipo Diazed y NH utilizado en este proyecto de acuerdo a los resultados obtenidos mediante el software de Schneider. Las curvas características de los tipos de fusibles, tiempo por corriente y las curvas de selectividad.

En el **Capítulo 4:** Se analiza la corriente de cortocircuito con la duración, ubicación y topología se falla. Se observa el modo de cálculo de corrientes de cortocircuito trifásico, bifásico y monofásico, así también el esquema de protección

y mando para motores. Los dispositivos de protección según la clasificación de la norma IEC 947 con las ventajas y desventajas que ofrecen los mismos.

En el **Capítulo 5:** Se realiza una descripción del trabajo con los métodos y técnicas utilizadas con las diferentes fases metodológicas y la finalidad que se tiene con el proyecto, con la correspondiente justificación y objetivos. Se analiza los costos de implementación del nuevo esquema de protección de Baja Tensión con una evaluación económica detallada con las determinaciones de flujo de caja, tasa interna de retorno, valor presente neto y el periodo de recuperación.

En el **Capítulo 6:** El punto más importante del proyecto que es ingeniería de diseño en donde constan todos los detalles de cada una de las máquinas con los respectivos motores que se tiene en la empresa MERCO S.A., los resultados de todos los cálculos manuales y computarizados realizados para la obtención de la solución a la problemática mencionada al principio del proyecto. Se realiza las comparaciones del estado actual de las protecciones y los nuevos resultados obtenidos según los cálculos, como así también las conclusiones a la que se llega analizando cada punto de las instalaciones en cuanto a conductores y protecciones de cada motor con la nueva configuración y ajustes planteados.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS GENERALES

1.1. ANTECEDENTES HISTORICO

“COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA UN SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL” Distrito Federal de México, diciembre 2009, elaborado por los ingenieros Román Galván Hernández, Francisco Javier Rojas Reyes, Jorge Santana García del Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, (ESIME) Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Algunos objetivos del trabajo mencionado fueron:

- Proporcionar la información necesaria para que el usuario pueda seleccionar las protecciones adecuadas para su instalación o sistema eléctrico por medio de coordinación protecciones.
- Proveer los elementos fundamentales de información, como apoyo en la manera y metodología para realizar la selección y la coordinación de las protecciones que se desean instalar en el sistema eléctrico.

“SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES PARA BAJA TENSIÓN” Guatemala, enero 2011, realizado por el ingeniero Gerzon Aarón

González Jiménez de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Los objetivos fueron:

- Proponer un documento escrito basado en la experiencia de la industria nacional que ayude a formar los criterios básicos en cualquier persona que se inicia en el campo de las instalaciones en baja tensión
- Conocer los diferentes tipos de protección que pueden aplicarse a las instalaciones eléctricas, y comprender cuál es la importancia de aplicar estos dispositivos a una instalación eléctrica.
- Promover el estudio de las diversas protecciones eléctricas generales como alternativas, principalmente en su forma práctica y de aplicación.

1.2. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

- **Esquema de protección:** Es una representación gráfica y simbólica de las protecciones eléctricas, las cuales son las llaves termomagnéticas, relés, contactores, variador de frecuencias, etc.
- **Secadero:** Es una máquina utilizada para el secado de los granos de soja para reducir la humedad, también es conocido como silo secador.
- **Alimentador:** Un alimentador eléctrico es un conductor como su nombre lo indica es el encargado de suministrar toda la corriente que un grupo de cargas consume.
- **Confiabilidad:** Se puede definir como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

CAPITULO 2

La selectividad y Coordinación de las protecciones en Baja Tensión

2.1. Definición de la selectividad

La selectividad de actuación por sobreintensidad es la coordinación entre las características de funcionamiento de dos o más dispositivos de protección contra sobreintensidad tal que, al verificarse una sobreintensidad dentro de los límites establecidos, actúa sólo el dispositivo destinado a funcionar dentro de esos límites y los demás no intervienen.

Donde se entiende por sobreintensidad una intensidad de valor superior a la intensidad nominal, debida a una causa cualquiera (sobrecarga, cortocircuito, etc.)

Por tanto, existe selectividad entre dos interruptores automáticos en serie cuando, para una sobreintensidad que pasa por ambos, se abre el interruptor del lado de la carga, protegiendo así el circuito, mientras que el interruptor del lado de la alimentación permanece cerrado garantizando la alimentación al resto de la instalación [1].

La selectividad consiste en asegurar la coordinación entre las características de funcionamiento de interruptores automáticos colocados en serie, de tal manera que en caso de defecto aguas abajo solo dispara el aparato situado inmediatamente aguas arriba. Se define una intensidad I_s de

selectividad tal que: $I_{\text{defecto}} > I_s$: los dos interruptores automáticos disparan,
 $I_{\text{defecto}} < I_s$: solo D2 elimina el defecto.

Por “**zona de sobrecarga**” se entiende el intervalo de valores de intensidad y, por tanto, la parte correspondiente de las curvas de disparo del interruptor automático, que se sitúa entre la intensidad nominal del interruptor y 8-10 veces este valor.

Es la zona en que normalmente se recurre a la protección térmica para relés termomagnéticos o a protección L para relés electrónicos.

Estas intensidades acostumbran a corresponder a un circuito en que se produce la sobrecarga de alguna carga, evento que puede ocurrir con más frecuencia que una falta real.

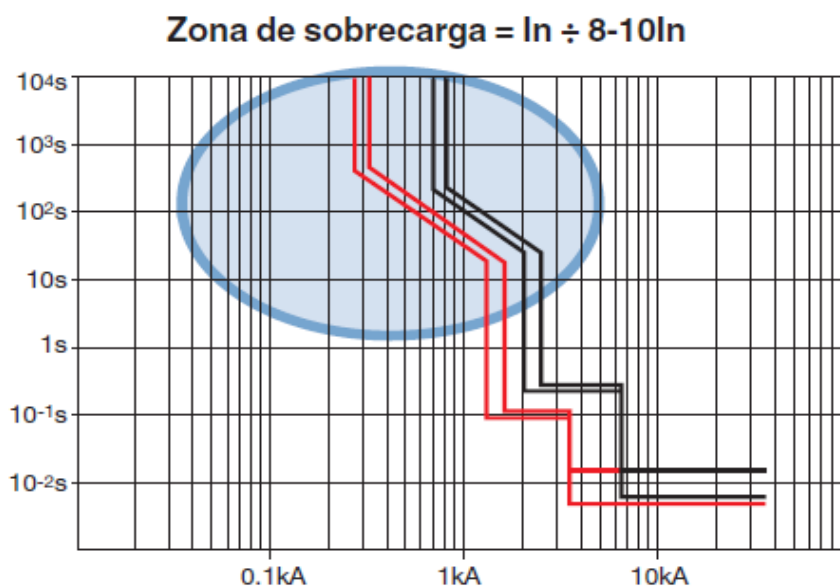


Figura 2 1: Zona de sobrecarga.

Por “**zona de cortocircuito**” se entiende el intervalo de valores de intensidad y, por tanto, la parte correspondiente de las curvas de disparo del

interruptor automático, que son superiores a 8-10 veces la intensidad nominal del interruptor.

Es la zona en que normalmente se recurre a la protección magnética para relés termomagnéticos o a protecciones S, D e I para relés electrónicos.

Estos valores de intensidad acostumbran a corresponder a una falta en el circuito de alimentación, evento menos probable que una simple sobrecarga.

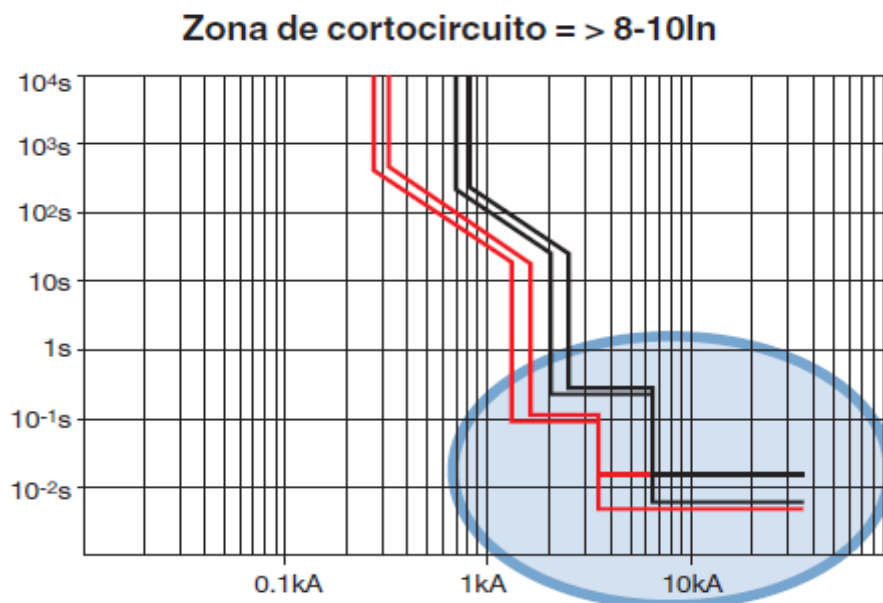


Figura 2 2: Zona de Cortocircuito

2.1.1. Intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos

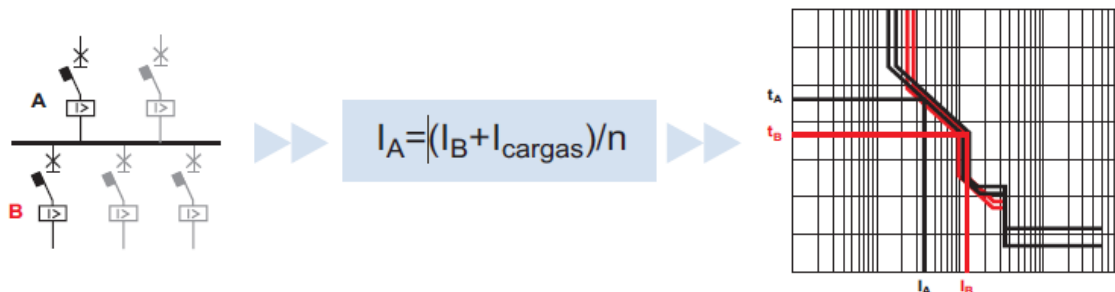
Cuando se comparan curvas tiempo-intensidad de dos interruptores automáticos, a menudo se valoran los tiempos de disparo de los dos dispositivos como si los atravesara la misma intensidad.

Esta consideración sólo es cierta cuando, entre los dos interruptores colocados en serie, no existe ninguna otra derivación; es decir, hay una sola alimentación entrante y una sola saliente en el mismo nodo.

Cuando, por el contrario, existen diversos interruptores automáticos del lado de la alimentación que inciden sobre la misma barra de distribución, o diversos alimentadores en el lado de la carga, las intensidades que atraviesan el aparato pueden ser considerablemente diferentes.

Respecto a las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos, los tres casos principales que pueden considerarse son los siguientes:

- un solo interruptor automático en el lado de la alimentación y un solo interruptor automático en el lado de la carga (atravesado por la misma intensidad)
- un solo interruptor automático en el lado de la alimentación y diversos interruptores automáticos en el lado de la carga (la intensidad que atraviesa el interruptor del lado de la alimentación es superior a la que atraviesa el del lado de la carga)
- dos o más interruptores automáticos en el lado de la alimentación y diversos interruptores automáticos en el lado de la carga.



Dónde:

IB: es la sobreintensidad que atraviesa el interruptor automático B

IA: es la sobreintensidad que atraviesa el interruptor automático A

I_{carga}: es el total de las intensidades que consumen las cargas (excepto B) durante el funcionamiento normal y es suministrada por el interruptor automático A del lado de la alimentación. Esta suma puede corregirse, si es necesario, con factores de contemporaneidad y de uso

N: es el número de interruptores automáticos situados en paralelo en el lado de la alimentación

2.2. Técnicas de selectividad

2.2.1. Selectividad amperimétrica

Esta técnica está directamente ligada a la parametrización de las curvas de disparo

Este tipo de selectividad se basa en la observación que cuanto más cerca está el punto de defecto de la alimentación, más elevada es la intensidad de cortocircuito. Por tanto, es posible discriminar la zona en que se produce el defecto ajustando las protecciones instantáneas a diferentes valores de intensidad.

Normalmente, la selectividad total se puede lograr en casos concretos sólo cuando la intensidad de defecto no es elevada y cuando existe un componente con una gran impedancia situado entre las dos protecciones (transformador, cable muy largo o cable de sección transversal reducida, etc.) y, en consecuencia, hay una gran diferencia entre los valores de la intensidad de cortocircuito.

Por tanto, este tipo de coordinación se usa principalmente en la terminal de distribución (intensidad nominal y valores de intensidad de cortocircuito bajos e impedancia de los cables de conexión elevada). Para este estudio se acostumbra a utilizar las curvas de disparo tiempo-corriente de los dispositivos.

Es intrínsecamente rápida (instantánea), de fácil realización y económica.

Sin embargo:

- el límite de selectividad acostumbra a ser bajo y, por tanto, la selectividad a menudo es sólo parcial;
- el valor de ajuste de las protecciones contra sobreintensidades crece rápidamente;
- la redundancia de las protecciones, que garantiza la eliminación (rápida) de falta en caso de que una de ellas no esté operativa, no es posible.

Se trata de un tipo de selectividad que también puede obtenerse entre interruptores automáticos del mismo tamaño y sin protección retardada frente a cortocircuitos (S).

La protección frente a cortocircuitos del interruptor automático del lado de la alimentación **A** se ajusta a un valor que haga que no provoque disparo para faltas que se producen en el lado de la carga de la protección **B** (en el ejemplo de la Figura 2.3 $I_{3\min A} > 1 \text{ kA}$).

- La protección del interruptor automático del lado de la carga **B** se ajusta de forma que provoque disparo para faltas que se producen en su lado de la carga.

Evidentemente, el ajuste de las protecciones debe tener en consideración las intensidades reales que circulan por los interruptores.

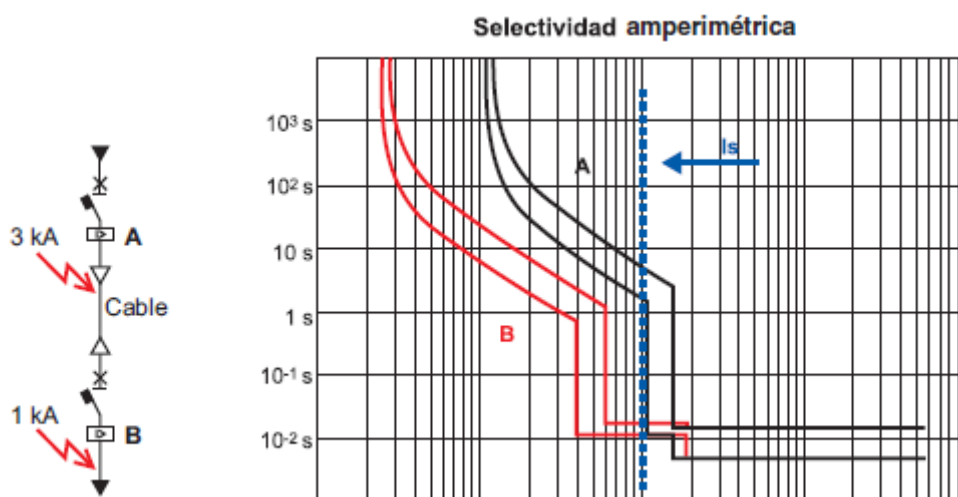


Figura 2 3: Selectividad Amperimétrica

2.2.2. Selectividad cronométrica

Esta es la continuación de la selectividad amperimétrica. Se obtiene por el escalonamiento en el tiempo de las curvas de disparo. Esta técnica consiste en temporizar Δt el disparo por corto retardo (CR) de D1.

Este tipo de selectividad es un desarrollo de la anterior.

En este tipo de coordinación, aparte del umbral de disparo en términos de intensidad, se define un tiempo de disparo: un determinado valor de intensidad que hace que las protecciones se disparen tras un retardo definido, adecuado para permitir el disparo de cualquier protección situada más cerca del defecto y excluir el área en donde se ha originado la falta.

Por tanto, la estrategia de ajuste es aumentar progresivamente los umbrales de intensidad y los retardos de desconexión a medida que se acercan las fuentes de alimentación (valor de ajuste directamente correlacionado con el nivel jerárquico).

Los umbrales de disparo retardados deben tener en cuenta las tolerancias de los dos dispositivos de protección y las intensidades efectivas que los atraviesan.

Las diferencias entre los retardos ajustados para las protecciones en serie deben tener en cuenta los tiempos de detección y de eliminación de faltas del dispositivo en el lado de la carga, así como el tiempo de inercia (sobrepulso) del dispositivo en el lado de la alimentación intervalo temporal durante el cual la protección puede desconectarse incluso cuando el fenómeno ya ha pasado).

Al igual que con la selectividad amperimétrica, el estudio se realiza comparando las curvas de disparo tiempo corriente de los dispositivos de protección.

En general, este tipo de coordinación:

- Es de fácil estudio y realización;
- No es muy costosa por lo que respecta al sistema de protección;
- Permite obtener valores límite de selectividad elevados (si I_{cw} es elevada);
- permite la redundancia de las funciones de protección.

Sin embargo:

- los tiempos de disparo y los niveles de energía que permiten las protecciones, especialmente las cercanas a las fuentes, son altos.

Se trata de un tipo de selectividad que puede obtenerse inclusive entre interruptores automáticos del mismo tamaño, equipados con relés electrónicos con protección frente a cortocircuitos.

Las protecciones frente a cortocircuitos de los dos interruptores automáticos se ajustan:

- Con los umbrales de disparo **I₂** frente a cortocircuitos, ajustados de forma que no se cree un solapamiento de disparos y teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que pasan por los interruptores.

- Con los tiempos de disparo t_2 ajustados de forma que el interruptor automático del lado de la carga **B** elimine la falta mientras que el interruptor del lado de la alimentación **A**, aún en la fase de temporización, consiga “ver” la eliminación de la corriente y, por tanto, permanezca cerrado.

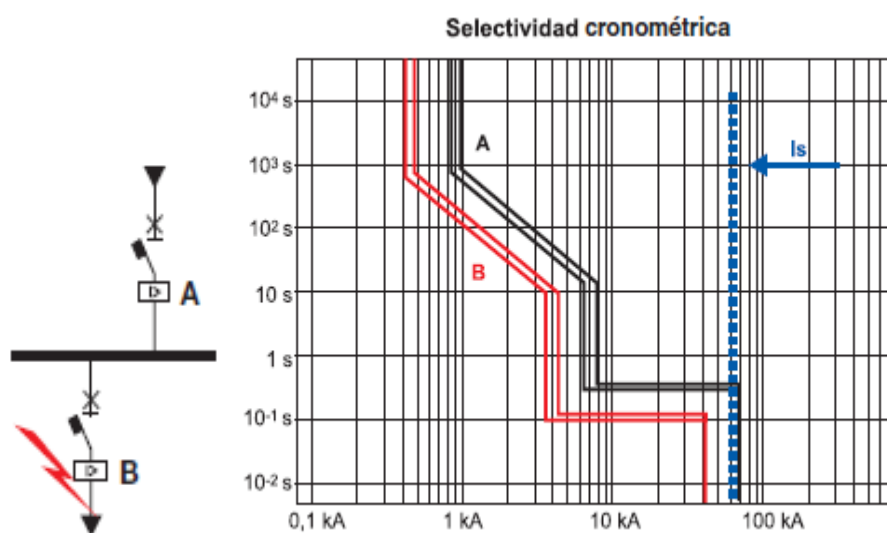


Figura 2 4: Selectividad Cronométrica.

2.2.3. Selectividad energética

La selectividad energética es un tipo particular de coordinación que aprovecha las características limitadoras de corriente de los interruptores automáticos en caja moldeada. Debe remarcarse que un interruptor automático limitador de corriente es “un interruptor automático con un tiempo de disparo lo suficientemente corto como para evitar que la intensidad de cortocircuito alcance el valor máximo que alcanzaría si este no estuviese” (IEC 60947-2).

En la práctica, todos los interruptores automáticos en caja moldeada de ABB de las series Isomax y Tmax, los interruptores automáticos modulares y los

interruptores automáticos de bastidor abierto limitadores E2L E3L presentan unas características limitadoras de corriente más o menos marcadas.

En condiciones de cortocircuito, estos interruptores automáticos son extremadamente rápidos (tiempos de disparo del orden de unos pocos milisegundos) y se abren cuando existe un componente fuertemente asimétrico.

Por tanto, para el estudio de coordinación no es posible utilizar las curvas de disparo de tiempo-corriente de los interruptores, obtenidas con formas de onda sinusoidales simétricas.

Los fenómenos son básicamente dinámicos (y, por tanto, proporcionales al cuadrado del valor de intensidad instantánea) y dependen mucho de la interacción entre los dos aparatos en serie. En consecuencia, el usuario final no puede determinar los valores de la selectividad energética.

Los fabricantes ofrecen tablas, reglas de cálculo y programas de cálculo en donde se presentan los valores de intensidad límite de selectividad I_s bajo cortocircuito y entre diferentes combinaciones de interruptores automáticos. Estos valores se definen teóricamente integrando los resultados de las pruebas realizadas conforme a lo que se indica en el Anexo A de la norma IEC 60947-2.

Las protecciones frente a cortocircuitos de los dos interruptores automáticos deben respetar las condiciones que se detallan a continuación.

- **Relé del lado de la alimentación de tipo termomagnético** los umbrales de disparo magnético deben ser tales que no creen solapamientos de los disparos, teniendo en cuenta las tolerancias y las intensidades reales que circulan por los interruptores automáticos; el umbral magnético del interruptor automático del lado de la alimentación debe ser igual o superior a $10 \times I_n$ o bien estar ajustado al valor máximo si éste es ajustable.

- **Relé del lado de la alimentación de tipo electrónico** cualquier protección S frente a cortocircuitos (**I2**) retardada debe ajustarse según las

mismas indicaciones que en el caso de selectividad cronométrica; la función I de protección instantánea de los interruptores del lado de la alimentación debe ajustarse a OFF.

2.2.4. Selectividad de zona

Este tipo de coordinación es un desarrollo de la selectividad cronométrica.

En general, la selectividad de zona se realiza mediante un diálogo entre los dispositivos de medición de corriente que, una vez han detectado que se ha superado el umbral ajustado, permiten identificar correctamente cuál es la zona de falta y cortar la alimentación a dicha zona.

Se puede realizar de dos formas:

- los dispositivos de medición envían la información asociada a la superación del umbral de corriente a un sistema de supervisión, y éste identifica qué protección debe intervenir;
- cuando existen valores de intensidad superiores a su ajuste, cada protección envía una señal de bloqueo mediante una conexión directa o un bus a la protección de nivel jerárquico superior (en el lado de la alimentación respecto a la dirección de flujo de la potencia) y, antes de intervenir, comprueba que no haya llegado una señal de bloqueo similar de la protección del lado de la carga. De esta forma sólo interviene la protección inmediatamente contigua al lado de la alimentación de la falta.

El segundo caso permite unos tiempos de disparo claramente menores. En comparación con la selectividad cronométrica, ya no es necesario aumentar el retardo intencional a medida que uno se desplaza hacia la fuente de alimentación.

El retardo puede reducirse al tiempo necesario para excluir la presencia de una posible señal de bloqueo procedente de la protección del lado de la carga.

2.3. Coordinación de protecciones

El objetivo de una coordinación de protecciones es determinar las características, capacidades y configuraciones de los dispositivos, que minimicen el daño a los equipos e interrumpan de la manera más rápida y eficaz ante un cortocircuito. Estos dispositivos se aplican generalmente de manera que, tras una condición de falla o sobrecarga, solo una parte del sistema se interrumpa.

Un estudio de coordinación de protecciones es la comparación y selección de los tiempos de funcionamiento, de los dispositivos que logren los objetivos del sistema de protección en condiciones anormales. Este estudio debe de incluir todas las protecciones, desde la carga hasta la fuente.

En un sistema radial el objetivo de la selectividad es desconectar de la red la carga o la derivación de la salida defectuosa y solo esta, manteniendo en servicio la mayor parte posible de la instalación. Se llama selectividad total si queda garantizado este objetivo para cualquier valor de corriente de falla hasta el valor máximo disponible en la instalación, en caso contrario se llama selectividad parcial.

En instalaciones nuevas, las configuraciones y capacidades de los dispositivos pueden ser modificadas a la hora de realizar un estudio de coordinación, es importante verificar que el sistema de protección sea selectivo. Las configuraciones de los dispositivos solo pueden ser consideradas luego de completado el diseño, y de calculadas todas las corrientes de cortocircuito.

En un sistema eléctrico se aplican dispositivos de protección primaria y de respaldo. El dispositivo de protección primaria es la primera línea de defensa luego

de presentarse una condición anormal, este dispositivo debe de actuar más rápido que la protección de respaldo. La protección de respaldo actúa cuando la protección primaria falla a la hora de aislar la falla. A la hora de actuar la protección de respaldo una gran porción del sistema es interrumpido.

En la aplicación de los dispositivos de protección, a veces es necesario hacer un compromiso entre la protección y la selectividad. Mientras que la experiencia puede sugerir una alternativa sobre otra, el enfoque preferido es el de favorecer la protección sobre la selectividad.

En instalaciones existentes, las configuraciones del sistema y las condiciones de operación cambian a menudo. Por lo tanto, es necesario un nuevo estudio de coordinación. Este estudio determina las capacidades y configuraciones de los dispositivos, para que la selectividad y protección se mantenga después del cambio.

La concepción de las instalaciones de baja tensión tiende a prever las protecciones básicas contra tres tipos de defectos:

- Las sobrecargas,
- El corto-circuito,
- Los defectos de aislamiento.

Las exigencias de la distribución eléctrica

La implementación de estas protecciones debe tener en cuenta: los aspectos reglamentarios particularmente aquellos relacionados con la seguridad de personas, requerimientos técnicos y económicos.

El dispositivo elegido, debe:

- Soportar y eliminar los defectos con un coste optimizado respecto a la actuación requerida,

- Limitar la incidencia de un defecto a una parte de la instalación y así asegurar la máxima continuidad de servicio.

La obtención de estos objetivos, requiere la coordinación del dispositivo de protección en su trabajo para:

- Gestionar la seguridad y alargar la vida de la instalación por limitación de esfuerzos,
- Asegurar la disponibilidad eliminando el defecto inmediatamente aguas arriba del disyuntor.

Los objetivos de la coordinación entre disyuntores son:

- La filiación,
- La selectividad.

Si el defecto de aislamiento es tratado específicamente por las protecciones diferenciales, debe asegurar igualmente la selectividad entre dispositivos diferenciales.

2.4. Planeamiento inicial e información requerida para un estudio de coordinación.

Siete pasos se recomiendan seguir en el planeamiento de un estudio de coordinación

1. Desarrollar un diagrama unifilar del sistema bajo estudio. La mayor parte de los datos en este diagrama son usados en el cálculo de corrientes de cortocircuito, corrientes de flujo de carga, capacidades y ajustes de los

dispositivos de protección. El diagrama debe de contener la siguiente información:

- **Datos de disyuntores y buses:** Mostrar en los buses y disyuntores todas las tensiones, corrientes, capacidades interruptiva, y tiempo de disparo. También indicar la condición del dispositivo (normalmente cerrado o abierto).
- **Datos de transformadores:** Mostrar las tensiones del primario y secundario, la potencia aparente (kilovoltamper), impedancia, conexión, posición del tap, tipo y tamaño de puesta a tierra (resistencia, reactancia, solida).
- **Datos de generadores:** Mostrar subtransitorio, transitoria y sincrónica reactancia, potencia, tensión, factor de potencia, conexión y tipo de puesta a tierra.
- **Datos de cables:** Mostrar calibre y distancia de los conductores, tipo de conductor, temperatura y configuración.
- **Datos del suministrador:** Mostrar tensión, capacidad de cortocircuito (MVA) y razón X/R.
- **Información de los dispositivos de protección:** Mostrar todos los relés, fusibles y disyuntores, su localización y conexión, con su respectivo circuito de disparo, sus corrientes de trabajo (nominales), capacidad interruptiva. Esta información suele incluir los rangos de ajustes de disparo (long-time, short-time, instantaneous, ground-fault).
- **Datos de las cargas:** Mostrar caballaje de los motores y mostrar los datos como corriente, corriente de rotor-bloqueado, tiempo de aceleración, reactancia transitoria y subtransitorio.
- Datos de cuadros de distribución y conmutación.

- Determinar las configuraciones normales, temporales y de emergencias para el sistema. Estas configuraciones pueden afectar las corrientes de corto circuito máximas.
- Determinar la carga de flujo en el sistema. Los datos actuales de cargas son valiosos al configurar los dispositivos de protección, ya que se utilizan para dimensionar los cables, equipos y corrientes nominales de los dispositivos de protección, esto se realiza únicamente si se está realizando el diseño de un nuevo sistema eléctrico.
- Determinar el nivel de las siguientes corrientes en cada localización en el sistema.
- Máxima y mínima corriente momentánea de cortocircuito (monofásica y trifásica).
- Máxima y mínima corriente del ciclo de interrupción de cortocircuito (trifásica).
- Máxima y mínima corriente de falla a tierra.
- Determinar las características de los dispositivos de protección y recolectar las curvas de protección de los mismos. si es posible conocer el fabricante, modelo, catalogo, estilo, rangos de ajuste.
- Recolectar las curvas límites de daño térmico (curvas I²t) para varios dispositivos en el sistema, incluyendo:

Cables. Los cables no deben ser expuestos a las corrientes de corto circuito que dañan el aislamiento del conductor debido a las altas temperaturas. Como una guía para prevenir el daño en el aislamiento típicas curvas de daño grafican los niveles de corrientes de corto-circuito versus duración de la falla (tiempo), estas curvas se pueden encontrar en el capítulo 9 del IEEE Std 141-1993. De esta manera se escoge el conductor que soporte la corriente de falla, por el tiempo que duren los dispositivos de protección en aislar la falla.

- **Transformadores.** Los transformadores también necesitan ser protegidos de las altas corrientes de corto-circuito. Las curvas de protección de los transformadores se pueden encontrar en el capítulo 11 del IEEE Std C57.109-1993.
- **Motores.** Los motores también deben de ser protegidos de las corrientes de falla, incluyendo niveles de cortocircuito y sobrecorriente. Por lo tanto, la curva I_2t de daño del motor o conocer la corriente de rotor bloqueado deben de ser recolectadas para todos los motores.
- Determinar los ajustes existentes de todos los dispositivos aguas arriba y aguas abajo a ser coordinados. Este paso puede incluir rangos y ajustes de los dispositivos de la suministradora (compañía). Los ajustes de los relés aguas arriba puede limitar la selectiva coordinación del sistema.

2.5. Funciones de disyuntores

Este aparato de conexión es capaz de cerrar y abrir un circuito para intensidades por debajo de su poder de corte.

Las funciones a asegurar son:

- Cerrar el circuito,
- Conducir la corriente
- Abrir el circuito y cortar la corriente,
- Asegurar aislamiento,

Las exigencias de instalación, de optimización de coste, de gestión de la disponibilidad y de seguridad, inducen distintas opciones tecnológicas concernientes al disyuntor.

2.6. Nivel A: el CGBT

La CGBT es la llave de entrada de toda la distribución eléctrica: la disponibilidad de la energía es primordial en esta parte de la instalación.

- Las corrientes de cortocircuito son elevadas debido a:
- La proximidad de las fuentes de BT,
- Los juegos de barras sobredimensionados para vehicular las intensidades de altos valores.

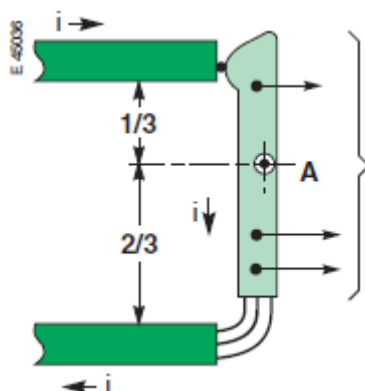


Figura 2 5: Esquema de compensación de propia corriente.

Este es el dominio de los disyuntores de potencia.

Estos disyuntores son diseñados para la distribución eléctrica de altas intensidades.

- Se instalan generalmente en los CGBT como protección de entradas y salidas de altas intensidades;
- Deben permanecer cerrados en caso de cortocircuito, a fin de que el disyuntor aguas abajo elimine el defecto. Generalmente funcionan con temporización.

La atenuación Electrodinámica (AED) y la fuerte atenuación térmica caracterizada por una corriente I_{cw} son primordiales.

La AED está pensada para que sea lo mayor posible por un propio efecto de compensación de corriente.

- Principales características de estos disyuntores:
 - de tipo industrial, respondiendo a la norma IEC 60947-2,
 - un alto poder de corte Icu de 40 a 150 kA,
 - con un calibre nominal de 1000 hasta 5000 A,
 - categoría B:
- con un alto Icw de 40 kA hasta 100 kA - 1 s,
- con una gran atenuación electrodinámica (AED),
- con un mecanismo comandado de acumulación de energía, permitiendo el acoplamiento de redes.

La continuidad de servicio está asegurada por la selectividad total:

- aguas arriba con los fusibles de protección del transformador AT / BT (*),
- aguas abajo con el ensamble de las salidas (selectividad de tipo cronométrica).

2.7. Nivel B: los cuadros secundarios

Los cuadros secundarios aparecen en la parte intermedia de la instalación:

- la distribución se hace por los conductores (CEP o cables) con el dimensionado óptimo
- las fuentes están todavía muy cercanas: las intensidades de cortocircuito pueden llegar a 100 kA,
- la necesidad de continuidad de servicio es aún muy importante.

Las protecciones deben limitar los esfuerzos y estar perfectamente coordinadas con la distribución aguas arriba y aguas abajo.

Esta es la zona de los interruptores de caja moldeada.

Los interruptores de caja moldeada deben abrir y cortar la corriente lo más deprisa posible. El principal objetivo es evitar al máximo los esfuerzos al nivel de los cables e incluso al nivel de la carga. Por todo ello, la repulsión al nivel de los contactos debe ser favorecida con el fin de obtener la eliminación del defecto antes de su aparición.

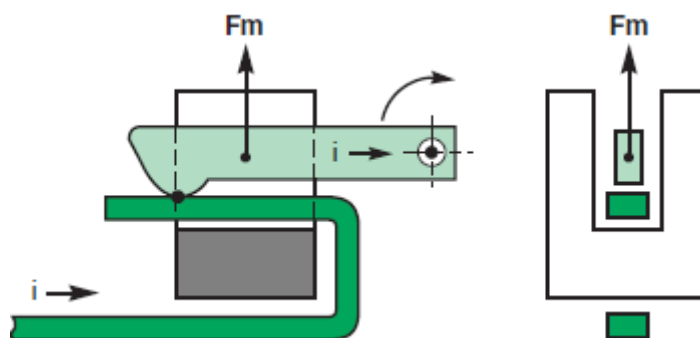


Figura 2 6: Sistema de repulsión

Los esquemas posibles son:

- un simple bucle de repulsión,
- con doble repulsión,
- con un extractor, un núcleo magnético que acciona el contacto móvil.

Ejemplo de sistema de repulsión

Los efectos de la repulsión pueden ser reforzados por la implementación de circuitos magnéticos:

- Con efectos proporcionales al cuadrado de la intensidad (circuito de atracción o repulsión en U),
- Con efectos proporcionales a la pendiente de la intensidad (di/dt) particularmente eficaces para altas intensidades (I_{cc}).

Principales características de los Interruptores de Caja Moldeada:

- De tipo industrial, respondiendo a la norma IEC 60947-2,
- Con un poder de corte elevado (de 36 a 150 kA),
- De calibre nominal de 100 A a 1600 A,
- De categoría B para los interruptores de alto calibre (> 630 A),
- De categoría A para los interruptores de bajo calibre (< 630 A),
- Con rápida apertura y cierre y con tres posiciones de maniobra (ON / OFF / Disparado).

2.8. Nivel C: Distribución terminal

Las protecciones están situadas directamente sobre los receptores; la selectividad versus las protecciones de los niveles superiores debe ser realizada.

Una débil intensidad de cortocircuito (algunos kA) caracteriza este nivel

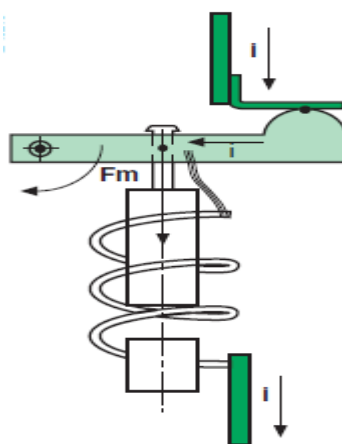


Figura 2 7: Mini Interruptores.

Esta es la zona de los Mini interruptores.

Estos interruptores están diseñados para proteger la distribución terminal. El objetivo es limitar esfuerzos en los cables, en los contactos y en los receptores.

La tecnología de los mini interruptores, principalmente utilizada a este nivel de la instalación, evita la aparición de esfuerzos.

Dentro de los mini interruptores, la limitación depende en parte del accionador magnético. Una vez el mecanismo ha sido activado, golpeará el contacto móvil dándole de manera precoz una velocidad elevada. La tensión de arco se desarrolla muy velozmente en una primera etapa. Para los interruptores de pequeño calibre, la impedancia específica en los polos contribuye a la limitación.

El mini interruptor es ideal para uso doméstico y para protección de auxiliares: cumpliendo así la norma IEC 60947-2.

Principales características de estos interruptores:

- Poder de corte en función de las necesidades (alrededor de algunos kA de media),
- Calibre nominal de 1,5 a 125 A en función de las cargas a alimentar,
- Destinado generalmente a aplicaciones domésticas, cumpliendo la norma IEC 60898.

Las protecciones instaladas deben asegurar:

- La limitación en intensidad,
- Un confort de explotación,
- Una seguridad absoluta, ya que estas protecciones son manipuladas por personal no especialista.

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

Esta norma ha sido aprobada en todos los países [2].

2.9. Norma IEC 60947-2

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

- Las reglas generales IEC 60947-1, agrupan las definiciones, las prescripciones y los tests comunes a todo el aparellaje industrial BT,
- Las normas de productos IEC 60947-2 à 7, tratan las prescripciones y tests específicos del producto.

La norma IEC 60947-2 se aplica a los interruptores y a sus unidades de control.

Las características de funcionamiento de los interruptores dependen de las unidades de control o de los relés que comandan la apertura en las condiciones definidas.

Esta norma define las características esenciales de los interruptores industriales:

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

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

2.9.1. Categoría de interruptores

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

- Interruptores de categoría A, para los cuales no hay retardo de disparo previsto.

Estos generalmente son interruptores de caja moldeada, capaces de realizar una selectividad amperimétrica.

- Interruptores de categoría B, para los cuales, es viable realizar una selectividad cronométrica, siendo posible retardar el disparo (hasta 1 s) para todo cortocircuito de valor inferior a la intensidad I_{cw} .

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

2.9.2. Recordatorio de las características eléctricas

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

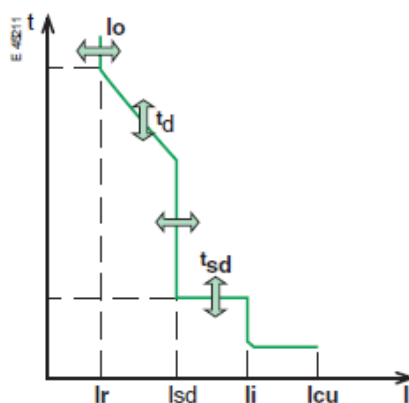


Figura 2 8: Curvas de Disparos.

2.9.3. Intensidad nominal (I_n)

I_n (en A eff.) = intensidad ininterrumpida máxima soportada a temperatura ambiente sin sobrecalentamiento anormal.

Ej.: 125 A a 40 °C.

2.9.4. Intensidad de regulación de sobrecarga ajustable (I_r)

I_r (en A eff.) está en función de I_n . I_r caracteriza la protección contra las sobrecargas. Para el funcionamiento en sobrecarga, las intensidades convencionales de no disparo I_{nd} y de disparo I_d son:

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

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

2.9.5. Intensidad de regulación de disparo corto retardo (I_{sd})

I_{sd} (en kA eff.) está en función de I_r . I_{sd} caracteriza la protección contra los cortocircuitos. La apertura del interruptor se hace según la curva de disparo por corto retardo:

- Con una temporización t_{sd} ,
- O con I^2t constante,
- O instantáneamente (análoga a la protección instantánea).

I_{sd} recibe el nombre de Protección Corto Retardo o (PCR).

2.9.6. Intensidad de regulación de disparo instantáneo (Ii)

Ii (en kA) está en función de In. Ii caracteriza la protección contra los cortos circuitos para todas las categorías de interruptores. Para las sobrentensidades importantes

(Los corto circuitos) superiores al valor Ii, el interruptor debe cortar instantáneamente la intensidad de defecto.

Esta protección puede ser deshabilitada según la tecnología y el tipo de interruptor

2.10. Las exigencias de la distribución

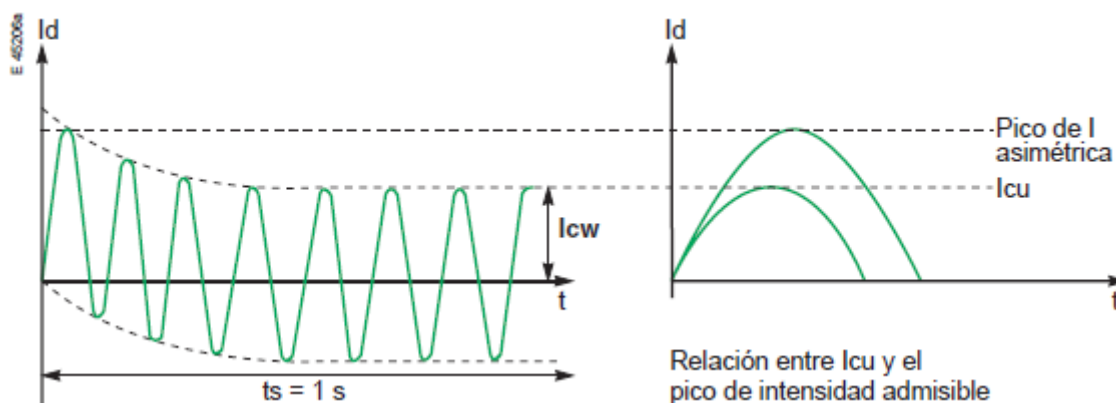


Figura 2 9: Intensidad asignada de corta duración admisible.

Tabla para cálculo de corto circuitos asimétricos (IEC 60947.2 § 4.3.5.3.)

Icc : cortocircuito presunto simétrico kA (valor eficaz)	coeficiente de asimetría K
4,5 ≤ Ii ≤ 6	1,5
6 < Ii ≤ 10	1,7
10 < Ii ≤ 20	2,0
20 < Ii ≤ 50	2,1
50 < Ii	2,2

2.10.1. Poder asignado de cierre en cortocircuito (I_{cm})

I_{cm} (kA pico) es el valor máximo de intensidad de cortocircuito asimétrico que el interruptor puede establecer y cortar. Para un interruptor, el esfuerzo generado es máximo en un cierre por cortocircuito.

2.10.2. Poder asignado de corte último (I_{cu})

I_{cu} (kA eff.) es el valor máximo de intensidad de cortocircuito que el interruptor puede cortar. Está verificado siguiendo una secuencia de ensayos normalizados.

Después de esta secuencia, el interruptor no puede ser peligroso. Esta característica está definida por una tensión de empleo U_e determinada.

2.10.3. Poder asignado de corte en servicio (I_{cs})

I_{cs} (kA eff.) valor dado por el constructor. Se expresa en % de I_{cu} .

Esta relación es muy importante ya que nos muestra la aptitud del interruptor a asegurar un normal servicio, después de haber cortado tres veces la corriente de cortocircuito. Cuanto más alto sea el valor I_{cs} , más efectivo será.

2.10.4. Intensidad asignada de corta duración admisible (I_{cw})

Definida por los interruptores de categoría B.

I_{cw} (kA eff.) es la intensidad de cortocircuito máxima que puede soportar el interruptor durante una breve duración (de 0,05 a 1 s) sin alteración de sus características. Este valor se verifica durante la secuencia de ensayos normalizados [3].

CAPÍTULO 3

Dispositivos de protección

3.1. Interruptor magnetotérmico

Un interruptor magnetotérmico, interruptor termo magnético o llave térmica, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

No se debe confundir con un interruptor diferencial o disyuntor.

Al igual que los fusibles, los interruptores magneto térmicos protegen la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos.

3.1.1. Funcionamiento

Al circular la corriente por el electroimán, crea una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico adecuado (M), tiende a abrir el contacto C, pero sólo podrá abrirlo si la intensidad I que circula por la carga sobrepasa el límite de intervención fijado.

Este nivel de intervención suele estar comprendido entre tres y veinte veces (según la letra B, C, D, etc.) la intensidad nominal (la intensidad de diseño del interruptor magnetotérmico) y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción.

Esta es la parte destinada a la protección frente a los cortocircuitos, donde se produce un aumento muy rápido y elevado de corriente.

La otra parte está constituida por una lámina bimetálica (representada en rojo) que, al calentarse por encima de un determinado límite, sufre una deformación y pasa a la posición señalada en línea de trazos lo que, mediante el correspondiente dispositivo mecánico (M), provoca la apertura del contacto C.

Esta parte es la encargada de proteger de corrientes que, aunque son superiores a las permitidas por la instalación, no llegan al nivel de intervención del dispositivo magnético. Esta situación es típica de una sobrecarga, donde el consumo va aumentando conforme se van conectando aparatos.

Ambos dispositivos se complementan en su acción de protección, el magnético para los cortocircuitos y el térmico para las sobrecargas. Además de esta desconexión automática, el aparato está provisto de una palanca que permite la desconexión manual de la corriente y el rearme del dispositivo automático cuando se ha producido una desconexión. No obstante, este rearme no es posible si persisten las condiciones de cortocircuito.

Incluso volvería a saltar, aunque la palanca estuviese sujeta con el dedo, ya que utiliza un mecanismo independiente para desconectar la corriente y bajar la palanca.

El dispositivo descrito es un interruptor magnetotérmico unipolar, por cuanto sólo corta uno de los hilos del suministro eléctrico. También existen versiones bipolares y para corrientes trifásicas, pero en esencia todos están fundados en los mismos principios que el descrito.

Se dice que un interruptor es de corte Omnipolar cuando interrumpe la corriente en todos los conductores activos, es decir las fases y el neutro si está distribuido.

Las características que definen un interruptor termomagnético son el amperaje, el número de polos, el poder de corte y el tipo de curva de disparo (B, C, D, MA). (Por ejemplo, Interruptor termomagnético C-16A-IV 4,5kA, que necesita unos 10x16A -entre 5 y 10 veces el amperaje indicado- para saltar en menos de un segundo y proteger el circuito. Si fuese B-16A-IV 4,5kA necesitaría unos 5x16 A (entre tres y cinco veces el valor nominal indicado). Una corriente mantenida de 16 A provocaría el disparo al cabo de una hora. [4]

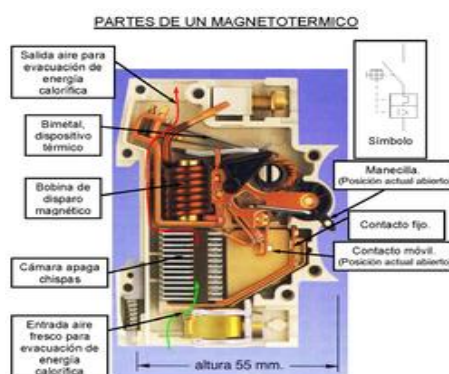


Figura 3 1: Partes de un Magnetotérmico.

3.2. Guarda Motor

Un Guardamotor es un interruptor magneto térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el

disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores. Su curva característica se denomina D o K.

Las características principales de los guardamotores, al igual que de otros interruptores automáticos magnetotérmico, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

Pero contrariamente a lo que ocurre con los pequeños interruptores automáticos magnetotérmicos, los guarda motores son regulables; resultado de lo cual se dispone en una sola unidad de las funciones que de otra manera exigirían por ejemplo la instalación de al menos tres unidades a saber: interruptor, contactor y relé térmico.

3.2.1. Características principales

Protección del Circuito Eléctrico + Maniobra y Protección del Motor

El **Guardamotor MPW** es una solución compacta para la protección del circuito eléctrico y arranque/protección de motores hasta 60 hp (380V) / 75 hp (440V). Posee elevada capacidad de interrupción, permitiendo su empleo incluso instalaciones con elevado nivel de corrientes de cortocircuito. Asegura total protección al circuito eléctrico y al motor a través de su disparador térmico (ajustable para protección contra sobrecargas y tiene un mecanismo diferencial con sensibilidad contra falla de fases) y magnético (pre ajustado en $13 \times I_n$ para protección contra cortocircuitos).

Posee versiones con accionamiento a través de botones (MPW16) o por accionamiento rotativo (MPW25/65/100) e indicación de disparo (Trip), permitiendo al operador la visualización del estado del guardamotor. Los guardamotores pueden

ser bloqueados con candados o similar en la posición "desconectado", garantizando la seguridad en mantenimientos.

3.2.2. Características generales

3.2.2.1. Disparadores

Magnético – A través del Disparador Magnético, los MPW's ofrecen protección contra cortocircuito de la instalación del motor, con disparo fijo en 13 veces la máxima corriente del rango de ajuste del Guardamotor

Térmico - El disparador térmico es ajustable y responsable por la protección contra sobrecarga y sensibilidad contra la falta de fase de la instalación del motor de acuerdo a la norma IEC60947-4-1, clase de disparo 10

3.2.2.2. Especificación y fijación

Para a especificación correcta dos guardamotores MPW's es importante certificarse de las corrientes de servicio y nominal del motor a ser protegido. El ajuste de corriente en el guardamotor debe estar de acuerdo con la corriente de servicio a fin de obtenerse todas las protecciones del mismo.

Los MPW's pueden ser instalados a través de fijación rápida en riel DIN 35mm o con fijación por tornillo o a través del adaptador PLMP (mirar accesorios). [5]

3.3. Interruptor diferencial

Un interruptor diferencial (ID), también llamado dispositivo diferencial residual (DDR), es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas de corriente alterna con el fin de proteger a las personas de los contactos directos e indirectos provocados por el contacto con partes activas de

la instalación (contacto directo) o con elementos sometidos a potencial debido, por ejemplo, a una derivación por falta de aislamiento de partes activas de la instalación (contacto indirecto). También protegen contra los incendios que pudieran provocar dichas derivaciones.

Es un dispositivo de protección muy importante en toda instalación, tanto doméstica, como industrial, que actúa conjuntamente con la puesta a tierra de enchufes y masas metálicas de todo aparato eléctrico. De esta forma, el ID desconectará el circuito en cuanto exista una derivación o defecto a tierra mayor que su sensibilidad. Si no existe la conexión a tierra y se produce un contacto de un cable u elemento activo a la carcasa de una máquina, por ejemplo, el ID no se percata hasta que una persona no aislada de tierra toque esta masa, entonces la corriente recorrerá su cuerpo hacia tierra provocando un defecto a tierra y superando ésta la sensibilidad del ID, que disparará protegiendo a la persona y evitando así su electrocución.

3.3.1. Funcionamiento de un interruptor diferencial

Si nos fijamos en la Figura 1, vemos que la intensidad (I_1) que circula entre el punto a y la carga debe ser igual a la (I_2) que circula entre la carga y el punto b ($I_1 = I_2$) y por tanto los campos magnéticos creados por ambas bobinas son iguales y opuestos, por lo que la resultante de ambos es nula. Éste es el estado normal del circuito.

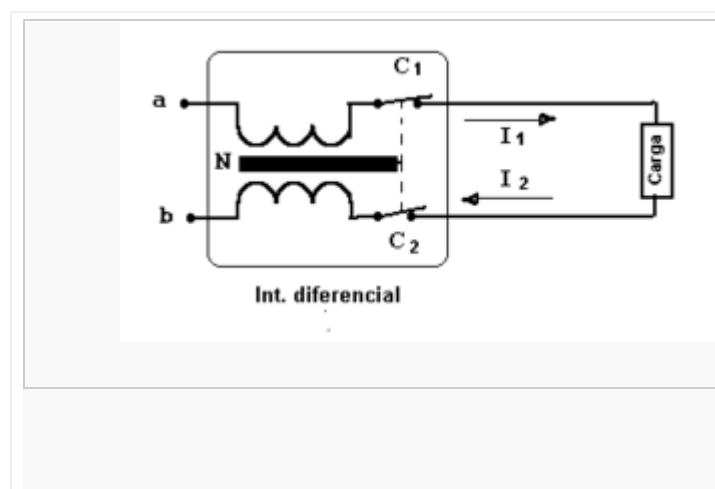
Si ahora nos fijamos en la Figura 2, vemos que la carga presenta una derivación a tierra por la que circula una corriente de fuga (I_f), por lo que ahora $I_2 = I_1 - I_f$ y por tanto menor que I_1 .

Los transformadores de suministro eléctrico sujetos al régimen de neutro TT (95% en España) tienen conectado a tierra su terminal neutro y por tanto se cierra

circuito eléctrico en cuanto se pone en contacto cualquiera de los hilos de fase con tierra. Es aquí donde el dispositivo desconecta el circuito para prevenir electrocuciones, porque hay derivación de corriente hacia la toma de tierra que deben tener todos los elementos metálicos de los aparatos eléctricos.

La diferencia entre las dos corrientes de los hilos del suministro es la que produce un campo magnético resultante, que no es nulo y que por tanto producirá una atracción sobre el núcleo N, desplazándolo de su posición de equilibrio, provocando la apertura de los contactos C_1 y C_2 e interrumpiendo el paso de corriente hacia la carga, en tanto no se rearme manualmente el dispositivo.

Antes de rearmar el dispositivo se recomienda examinar la causa de su actuación y corregirla o habrá riesgo de prolongar una grave situación de inseguridad, de todas formas, el sistema de **mecanismo libre** no dejará rearmar el ID hasta que no haya fuga a tierra menor que su sensibilidad.



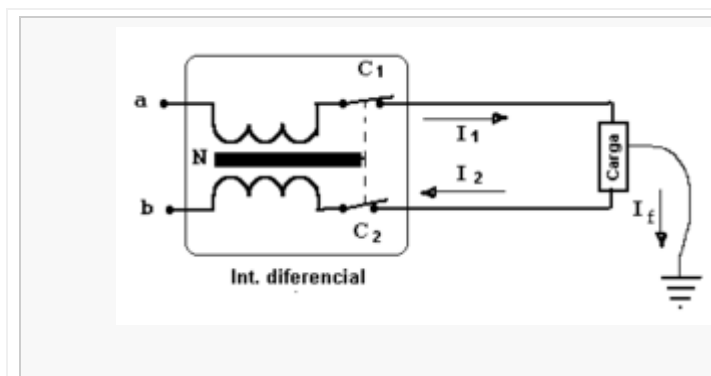
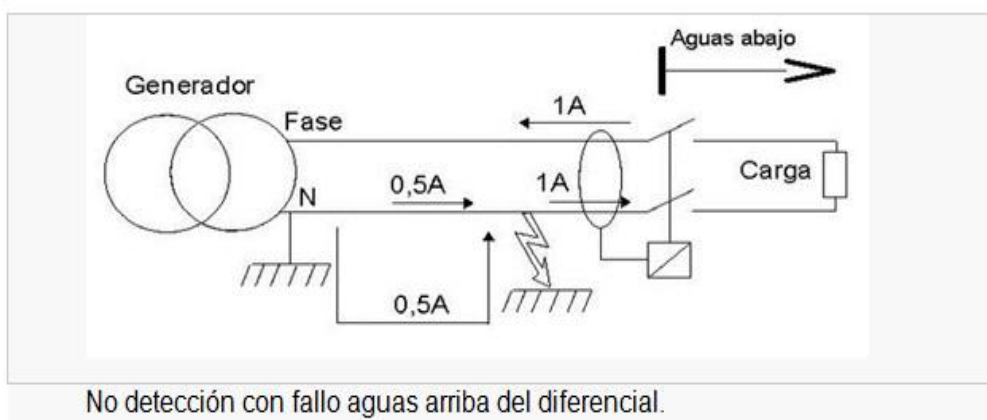


Figura 3 2: Interruptor Diferencial

Hay que tener en cuenta que estos dispositivos solo protegen aguas abajo del mismo, es decir, desde donde se conecte el diferencial hasta la carga. Este hecho lo podemos entender con la siguiente figura:



No detección con fallo aguas arriba del diferencial.

Figura 3 3: No detección aguas arriba del diferencial

Vemos que, por ejemplo, al producirse un fallo en el aislante del cable (representado por un rayo), provoca una derivación a tierra que permitirá la circulación de una corriente desde la tierra conectada al neutro del generador, hasta el fallo producido por este. En el caso de que el fallo se produzca aguas arriba del mismo (entre éste y el transformador), el ID no entraría en funcionamiento, porque

las corrientes entrante y saliente seguirían siendo iguales. Por esta razón se debe instalar lo más cerca posible del origen de la fuente de energía eléctrica, que en una vivienda sería el punto de entrada de la derivación individual en el local o la vivienda del usuario, para que la instalación quede totalmente protegida.

3.3.2. Características de un interruptor diferencial

Un interruptor diferencial bipolar 0,1 A (100 mA).

Aunque existen interruptores para distintas intensidades de actuación, en España el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) en su ITC-BT-24 exige que en las instalaciones domésticas se instalen interruptores diferenciales de alta sensibilidad con una corriente de fuga menor o igual a 30 mA y un tiempo de respuesta de 50 ms, lo cual garantiza una protección adecuada para las personas.

La Norma UNE 21302 describe las características del interruptor diferencial.

Hay diferenciales con valores superiores, aunque el umbral de disparo en todos los casos es de entre 0,5 y 1 milésimas de la intensidad nominal. Por ejemplo, para el diferencial de 30mA sería correcto que disparase entre 15 y 30 mA.

Las características que definen un interruptor diferencial son el amperaje, número de polos, y sensibilidad, por ejemplo: Interruptor diferencial 16A-IV-30mA

3.3.3. Tipos de interruptores diferenciales

- **Interruptor diferencial clase AC:** Son los más comúnmente utilizados.
- **Interruptor Diferencial clase A:** Se utilizan para corrientes alternas con componente continua. Los semiconductores generan corrientes de fuga que no son detectadas por los de clase AC.
- **Interruptor diferencial súper inmunizado:** Es un dispositivo diferencial del tipo A mejorado. Evita las desconexiones intempestivas por corrientes de

alta frecuencia producidas entre otros por los circuitos informáticos, circuitos con reactancias electrónicas o las corrientes inducidas por las descargas de origen atmosférico. Evitan de esta manera los saltos intempestivos debidos a elementos externos a la instalación que protege.

- **Interruptor diferencial clase S:** Son dispositivos retardados a la desconexión que se utilizan para garantizar la selectividad. Cuando un circuito necesita disponer de dos ID de la misma sensibilidad en serie, el instalado en la cabecera si es de clase S saltará más tarde. [6]

3.4. Fusibles



Figura 3 4: Fusible industrial

En electricidad, se denomina **fusible** a un dispositivo, constituido por un soporte adecuado, un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de

fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

3.4.1. Datos generales de los fusibles

El fusible eléctrico, denominado inicialmente aparato de energía y de protección contra sobrecarga de corriente eléctrica por fusión, es el dispositivo más antiguo de protección contra posibles fallos en circuitos eléctricos, apareciendo las primeras citas bibliográficas en el año 1774, momento en el que se le empleaba para proteger a condensadores de daños frente a corrientes de descarga de valor excesivo. Durante la década de 1880 es cuando se reconoce su potencial como dispositivo protector de los sistemas eléctricos, que estaban recién comenzando a difundirse. Desde ese momento, hasta la actualidad, los numerosos desarrollos y la aparición de nuevos diseños de fusibles han avanzado al paso de la tecnología, y es que, a pesar de su aparente simplicidad, este dispositivo posee en la actualidad un muy elevado nivel tecnológico, tanto en lo que se refiere a los materiales usados como a las metodologías de fabricación. El fusible coexiste con otros dispositivos protectores, dentro de un marco de cambios tecnológicos muy acelerados que lo hacen aparecer como pasado de moda u obsoleto, lo que no es así.

Este concepto se entiende con mayor facilidad cuando se describe el campo de aplicación actual, cuyos parámetros nominales poseen rangos muy amplios. Las tensiones de trabajo van desde unos pocos voltios hasta 132 kV; las corrientes nominales, desde unos pocos mA hasta 6 kA y las capacidades de ruptura alcanzan en algunos casos los 200 kA.

La producción anual de fusibles supera los 30 millones de unidades, mientras que en Argentina se utilizan aproximadamente 300.000 unidades anuales. Una industria de tamaño medio puede tener instalados algunos centenares de fusibles y en un automóvil moderno pueden encontrarse en uso entre 40 y 60 fusibles. La mayoría de los equipos electrónicos poseen al menos un fusible. Sus tamaños pueden ser tan pequeños como la cabeza de un fósforo de madera, y en el otro extremo, o sea para aplicaciones de alta tensión y con alta potencia de corto circuito, se encuentran fusibles cuyo peso ronda los 20 kilogramos.

Las estadísticas de producción a nivel mundial indican el crecimiento constante del mercado. Para algunos tipos de fusibles el crecimiento es muy elevado, como es el caso de los dispositivos para circuitos electrónicos de baja potencia y los elementos para uso en automóviles. En cambio, para los fusibles tradicionales (baja y media tensión, y alta capacidad de ruptura) se estima un crecimiento con menor velocidad, del orden del crecimiento de los sistemas eléctricos, que ronda el 3% anual.

El principio de funcionamiento del fusible es muy simple: se basa en intercalar un elemento más débil en el circuito, de manera tal que cuando la corriente alcance niveles que podrían dañar a los componentes del mismo, el fusible se funda e interrumpa la circulación de la corriente. Que el elemento fusible o eslabón débil del circuito alcance la fusión no implica necesariamente que se interrumpa la corriente, siendo esta diferencia la clave para entender la tecnología involucrada en el aparentemente simple fusible.

A lo largo de los años han ido apareciendo fusibles para aplicaciones específicas, tales como proteger líneas, motores, transformadores de potencia, transformadores de tensión, condensadores, semiconductores de potencia, conductores aislados (cables), componentes electrónicos, circuitos

impresos, circuitos integrados, etc. Estos tipos tan diversos de fusibles poseen características de selección muy distintas, lo que hace compleja su correcta selección.

Este rango tan amplio requiere que el usuario de fusibles posea un importante nivel de conocimientos, que no es fácil de adquirir por la falta de material informativo de fácil acceso.

Hay que considerar otro factor importante, que es la existencia de fusibles respondiendo a normalizaciones de diversos países. Cuando se habla de los sistemas de distribución de energía eléctrica, se emplean en nuestro medio fusible de alta potencia respondiendo fundamentalmente a normas europeas, pero para la distribución de media tensión y baja potencia, se emplean elementos afines a la normalización norteamericana.

La normalización europea, en la actualidad prácticamente se ha unificado en las Normas IEC (International Electrotechnical Commission), pero en nuestro medio todavía hay infinidad de dispositivos instalados cuyo origen proviene de tiempos anteriores a la unificación. La situación se empeora mucho cuando se hace referencia a los fusibles instalados en equipos, ya sean industriales, electrodomésticos o electrónicos, pues los dispositivos responden a las normas del país de origen del equipamiento.

El abanico de posibilidades de fusibles para equipos de baja tensión es prácticamente ilimitado, pudiendo afirmarse que cada país del mundo está representado con algún fusible. Frente a esta situación, la reposición del fusible es muy difícil de lograr, por lo que debe recurrirse al reemplazo por el dispositivo de características tan parecidas como sea posible, lo que nuevamente requiere de un buen nivel de conocimientos por parte del usuario.

3.4.2. Definiciones de parámetros de fusibles

Características nominales: Términos generales para designar cada una de las magnitudes características que definen en conjunto las condiciones de funcionamiento para las que ha sido diseñado el dispositivo y a partir de las cuales se determinan las condiciones de ensayo.

Corriente presunta de un circuito: Corriente que fluiría en un circuito si el cortocircuito fuera reemplazado por una lámina de impedancia despreciable, sin ningún otro camino ni en el circuito ni en la fuente.

Corriente presunta de ruptura: La corriente presunta correspondiente al instante de iniciación del arco durante la operación de ruptura.

Capacidad de ruptura: Corriente presunta de ruptura que un fusible es capaz de interrumpir en las condiciones prescritas.

Corriente de ruptura límite: El valor máximo instantáneo alcanzado por la corriente durante la operación de ruptura del fusible, cuando opera en forma de evitar que la corriente alcance el valor máximo al que llegaría en ausencia del cortocircuito.

Tiempo de pre-arco: Lapso entre el comienzo de la circulación de una corriente suficiente como para fundir a los elementos fusibles y el instante en que se inicia el arco.

Tiempo de operación: Suma del tiempo de pre-arco y el tiempo de arco.

Integral de Joule ($I^2 t$): La integral del cuadrado de la corriente presunta de ruptura.

Tiempo virtual: $I^2 t$ dividido por el cuadrado de la corriente presunta de ruptura.

Tensión de restablecimiento: Tensión que aparece entre bornes de un corta circuito después de la ruptura de la corriente.

Tensión de ruptura: Valor máximo de la tensión, expresado en valor de cresta, que aparece entre los bornes del cortocircuito durante la operación del fusible. [7]

3.4.3. Tipos de fusibles





Figura 3 5: Tipos de Fusibles



3.4.3.1. Fusibles de cuchillas o NH:

Los fusibles tipo D y NH clase gL/gG / retardado / 500Vca WEG son fabricados con material cerámico de alta calidad con las siguientes características:


- Elevada capacidad de interrupción (tipo D: 50 kA, tipo NH: 120 kA);
- Bases NH con enclave facilitando el montaje de conjuntos;
- Especificación técnica de acuerdo a la norma IEC 60269

NH 000			
Fusible			
Tamaño 000	Corriente Nominal (A)	Tipo	Peso (kg)
	4	FNH000-4U	0,2
	6	FNH000-6U	
	10	FNH000-10U	
	16	FNH000-16U	
	20	FNH000-20U	
	25	FNH000-25U	
	35	FNH000-35U	
	50	FNH000-50U	
	63	FNH000-63U	
	80	FNH000-80U	
-	-	-	-

NH 00			
Fusible			
Tamaño 00	Corriente Nominal (A)	Tipo	Peso (kg)
	4	FNH00-4U	0,2
	6	FNH00-6U	
	10	FNH00-10U	
	16	FNH00-16U	
	20	FNH00-20U	
	25	FNH00-25U	
	35	FNH00-35U	
	50	FNH00-50U	
	63	FNH00-63U	
	80	FNH00-80U	
	100	FNH00-100U	
	125	FNH00-125U	
	160	FNH00-160U	

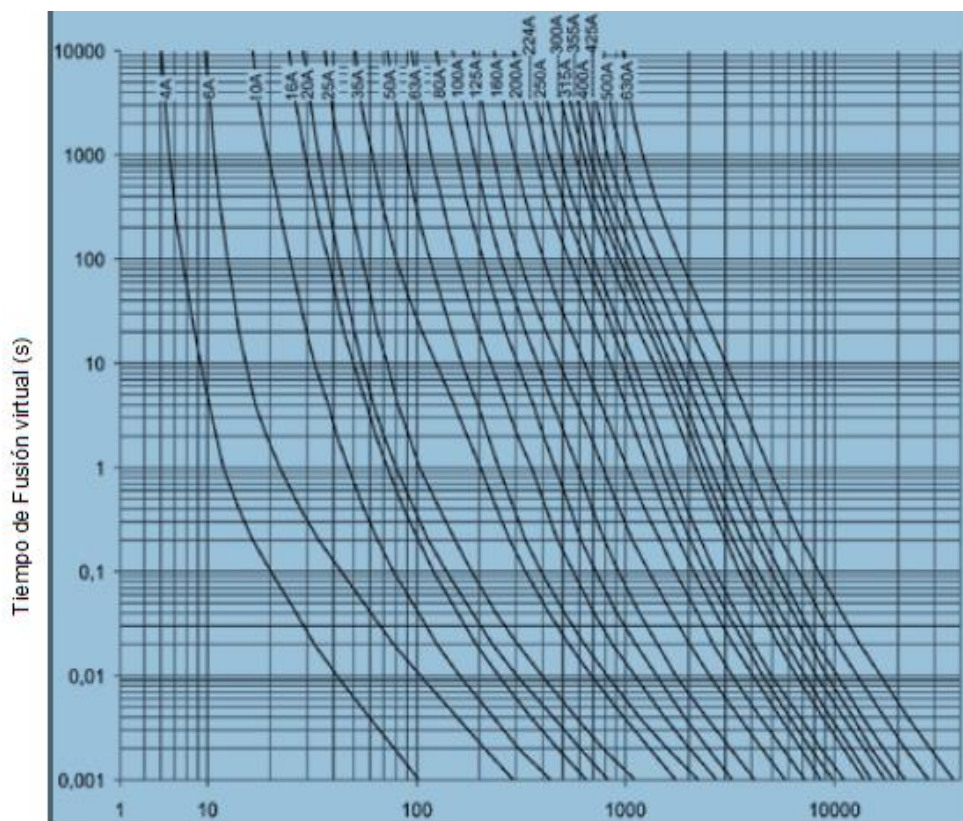
NH1				NH2			
Fusible				Fusible			
Tamaño 1	Corriente Nominal (A)	Tipo	Peso (kg)	Tamaño 2	Corriente Nominal (A)	Tipo	Peso (Kg)
	50	FNH1-50U	0,4		125	FNH2-125U	0,5
	63	FNH1-63U					
	80	FNH1-80U					
	100	FNH1-100U					
	125	FNH1-125U					
	160	FNH1-160U					
	200	FNH1-200U	0,45	200	FNH2-200U	0,6	
	224	FNH1-224U					
250	FNH1-250U	224	FNH2-224U				
		250	FNH2-250U				
			*300	FNH2-300U			
			*315	FNH2-315U			
			*355	FNH2-355U			
			*400	FNH2-400U			

3.4.3.2. Fusibles NH - gL / gG

NH3			
Fusible			
Tamaño 3	Corriente Nominal (A)	Tipo	Peso (Kg)
	315	FNH3-315U	0,65
	355	FNH3-355U	
	400	FNH3-400U	0,8
	425	FNH3-425U	
	*500	FNH3-500U	1,04
	*630	FNH3-630U	1,18

3.4.3.3. Curvas Características “NH”

3.4.3.3.1. Curva tiempo x corriente



Tolerancia +/- 5% de la corriente
- Curvas tiempo-corriente medias para fusibles D
Partiendo de un estado no precalentado por carga [8]

Corriente en A (valor eficaz)
→

Figura 3 6: Curvas Características “NH”

3.4.3.3.2. Curva de limitación de Corriente

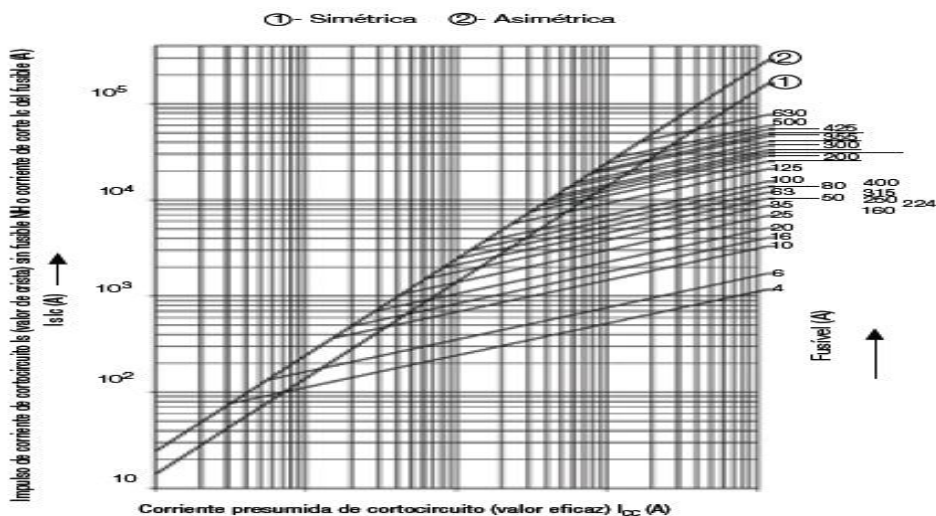


Figura 3 7: Curva de limitación de corriente NH

3.4.3.3.3. Curva de Selectividad

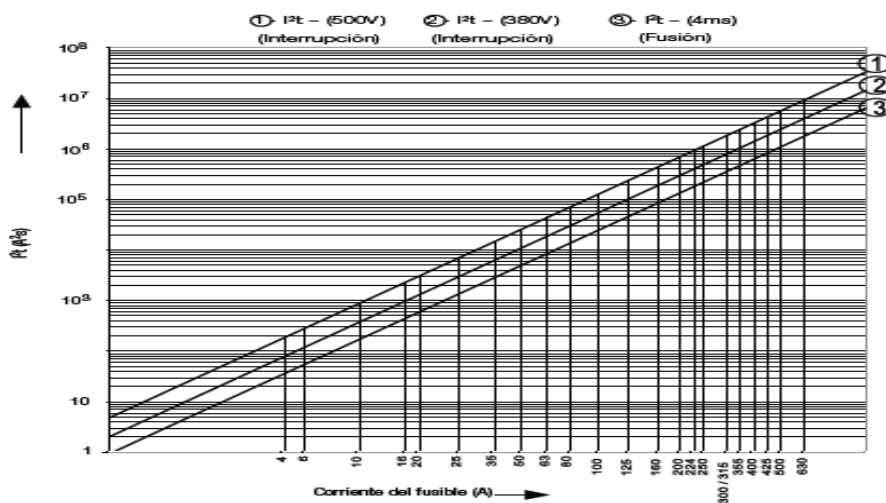







Figura 3 8: Curva de Selectividad

3.4.3.4. Fusibles D - gL / gG

	Tamaño	Corriente nominal (A)	Tipo	Peso (100 Pzs) Kg
Tapa 	DII	2 a 25	TFW25	5
	DIII	35 a 63	TFW63	8,4
Fusible 	DII	2	FDW-2S	2,7
		4	FDW-4S	
		6	FDW-6S	
		10	FDW-10S	3,2
		16	FDW-16S	
		20	FDW-20S	
	DIII	25	FDW-25S	3,6
		35	FDW-35S	5,6
		50	FDW-50S	6,2
		63	FDW-63S	6,4
Anillo de protección 	DII	2 a 25	APW25	3
	DIII	35 a 63	APW63	3,6
Tornillo de ajuste 	DII	2	PAW2	1,3
		4	PAW4	
		6	PAW6	
		10	PAW10	1,2
		16	PAW16	
		20	PAW20	
	DIII	25	PAW25	
		35	PAW35	2,1
		50	PAW50	1,9
		63	PAW63	1,7
Base 	DII	2 A 25	BAW 25 ¹	8,9
			BSW 25 ²	8
			BAW 63 ¹	14,6
	DIII	35 A 63	BSW63 ²	13

- 1) BAW – Con base para fijación rápida en riel DIN35mm
- 2) BSW - Sin base para fijación rápida en riel DIN35

3.4.3.5. Curvas características "D"

3.4.3.5.1. Curva Tiempo x Corriente

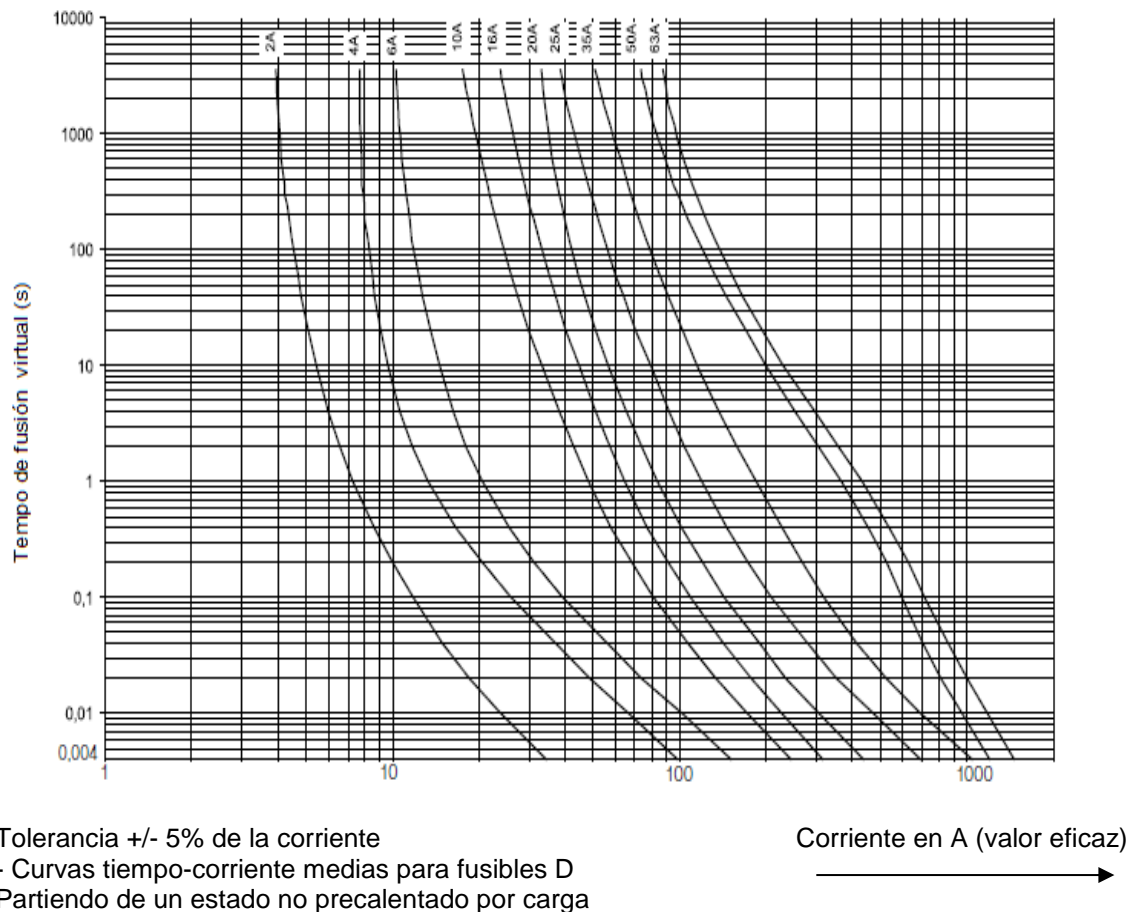


Figura 3 9: Curva característica "D"

3.4.3.5.2. Curva de limitación de Corriente

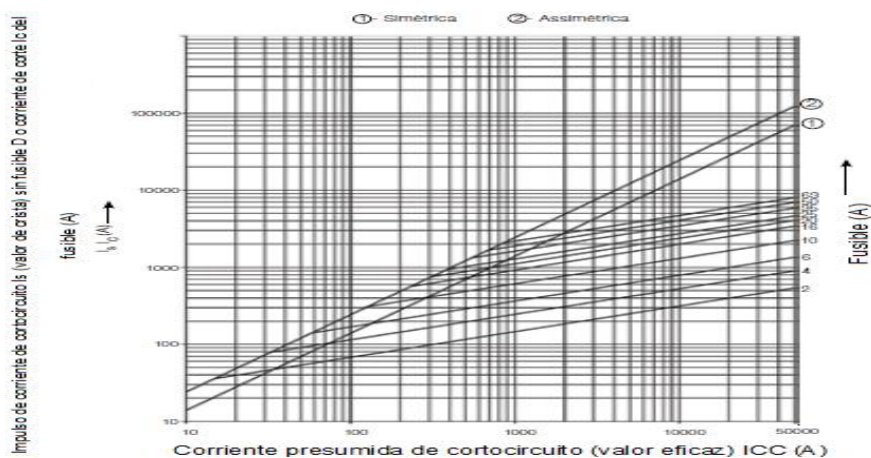


Figura 3 10: Curva de limitación de corriente D.

3.4.3.5.3. Curva de Selectividad

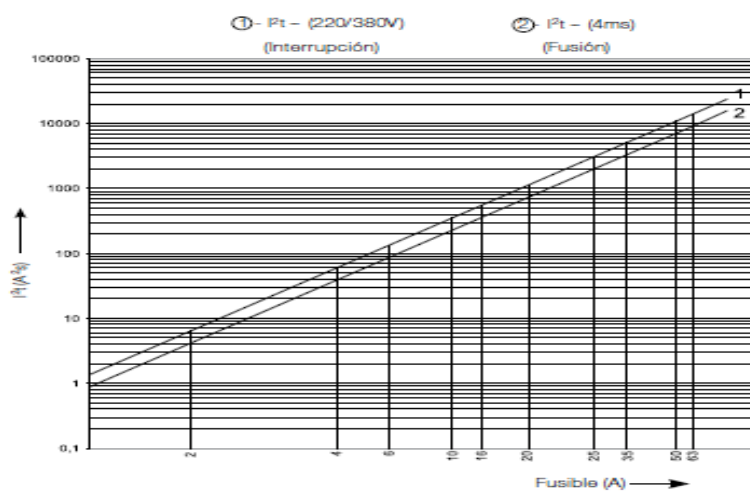


Figura 3 11: Curva de selectividad.

CAPÍTULO 4

El Corto Circuito

4.1. Corto circuito

Un cortocircuito es la aislación intempestiva de la aislación relativa de dos conductores de tensión diferente (alimentados de la misma fuente), sin la interposición de una impedancia conveniente.

Las instalaciones eléctricas requieren siempre de la protección contra cortocircuitos donde quiera que exista esta falla. La corriente de cortocircuito se debe calcular en cada nivel de la instalación, con el propósito de determinar las características de equipo requerido para soportar y/o eliminarla.

4.1.1. Amplitud de la corriente de cortocircuito

La amplitud de la corriente de cortocircuito depende fundamentalmente del momento en que la falla ocurra, de la duración, de la ubicación y la topología.

4.1.2. El momento de la ocurrencia de la falla

Dependiendo del momento en que se pretenda la falla de cortocircuito, la corriente resultante puede adquirir dos amplitudes características, simétricas o asimétricas.

La corriente de cortocircuito resultante puede alcanzar una magnitud simétrica (semiciclos positivos y negativos de igual magnitud), si la falla ocurre en el instante en que la tensión de alimentación está pasando por su valor máximo.

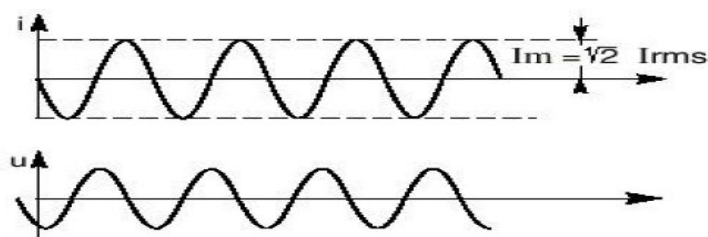


Figura 4 1: Corriente Simétrica.

Según la figura, la amplitud máxima (I_m), de esta corriente es equivalente a raíz de dos veces el valor rms (I_{rms}). Normalmente los métodos de cálculo de corriente de cortocircuito entregan como solución a sus ecuaciones, corrientes simétricas de valores rms, las que en general son de menor amplitud que las corrientes del tipo asimétricas. Estas corrientes se les llaman de esta forma debido a que las amplitudes de sus semiciclos positivos y negativos son de distinto valor, es decir, la semionda alterna característica no es asimétrica respecto al eje de coordenadas.

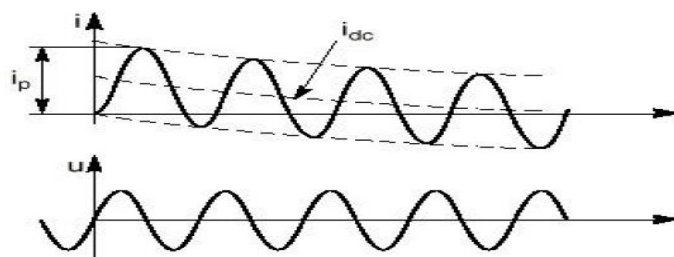


Figura 4 2: Corriente Asimétrica.

Este tipo de corrientes se presenta cuando la falla ocurre en el instante en que la tensión de alimentación del sistema, está pasando por su valor cero.

Como es imposible saber con certeza el momento en que la falla de corto circuito se presentara en una instalación anterior, los sistemas involucrados en el

camino del cortocircuito se deberán dimensionar de modo que sean capaces de soportar el valor asimétrico.

4.1.3. La duración de la falla

En función de la duración de la falla (tiempo de existencia sin despeje por los órganos de protección), la corriente de cortocircuito puede presentar tres valores característicos, subtransiente, transiente y permanente.

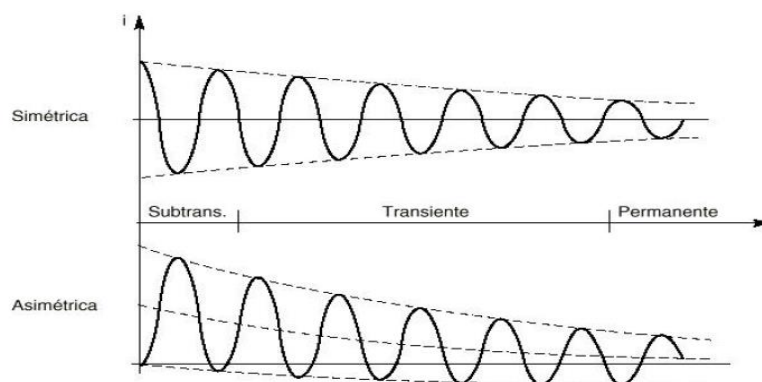


Figura 4 3: Duración de la falla.

El estado subtransiente tiene una duración de no más de 0,1 segundos, el transiente entre 0,1 y 0,3 segundos y el estacionario se alcanza luego de transcurridos más de 0,3 segundos desde el inicio de la falla.

Tal, como lo señala en la figura, una corriente de cortocircuito asimétrica, puede convertirse en simétrica, solo cuando la falla alcanza su estado permanente. Lamentablemente si el defecto permanente el tiempo necesario para alcanzar el estado simétrico, la instalación eléctrica se destruiría en prácticamente su totalidad.

4.1.4. La ubicación de la falla

La amplitud de la corriente de cortocircuito desde el punto de vista del cálculo, está dada en función de la ley de ohm, es decir, que la corriente es inversamente proporcional a la impedancia.

La impedancia del cortocircuito mayoritariamente está dada por la impedancia de los conductores que se verían involucrados en el camino de circulación de la corriente, luego entre más cerca del transformador de alimentación se produzca el efecto, la impedancia de cortocircuito tendrá un valor menor que si la falla ocurriese en el punto más alejado de la fuente.

4.1.5. La topología de la falla

Dependiendo de la topología de la red eléctrica, un cortocircuito puede alcanzar en general cuatro tipos de formas de ocurrencia.

- Cortocircuitos entre tres líneas de fase (trifásico)
- Cortocircuitos entre dos líneas de fase (bifásico)
- Cortocircuitos entre una línea de fase y un conductor neutro (monofásico a neutro)
- Cortocircuitos entre una línea de fase y un conductor de tierra (monofásico a tierra)

El cortocircuito trifásico evidentemente solo puede presentarse en redes trifásicas ya sea de tres o cuatro hilos. Su característica principal es la muy baja impedancia de línea que se estaría oponiendo a la corriente de falla.

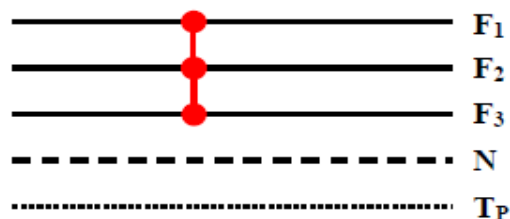


Figura 4 4: Cortocircuito trifásico.

El cortocircuito bifásico se puede presentar al igual que en el caso anterior, solo en redes del tipo trifásicas, pero su diferencia es que la impedancia de línea es mayor, y, por lo tanto, la corriente de cortocircuito alcanzada es de mayor amplitud que en el caso triásico.

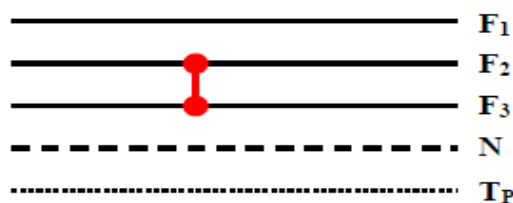


Figura 4 5: Cortocircuito bifásico.

El cortocircuito monofásico a neutro puede presentarse tanto en redes trifásicas de cuatro hilos como en sistemas monofásicos y es de menor amplitud (corriente), que los casos anteriores.

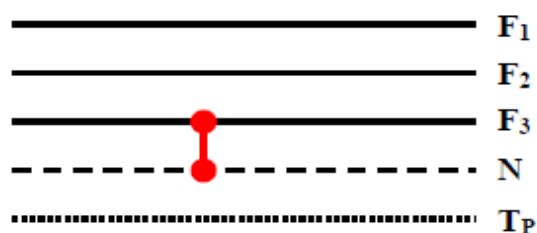


Figura 4 6: Cortocircuito monofásico a neutro.

El cortocircuito monofásico a tierra puede presentarse al igual que el anterior (monofásico a neutro), en redes trifásicas de cuatro hilos como en sistemas monofásicos. Su impedancia puede ser del mismo valor que en el caso de la falla monofásica a neutro, siempre y cuando el régimen de neutro sea del tipo TNC. Si el sistema de neutro es del tipo TT, la falla alcanzada será de menor valor debido a que la impedancia del sistema es alta. [9]

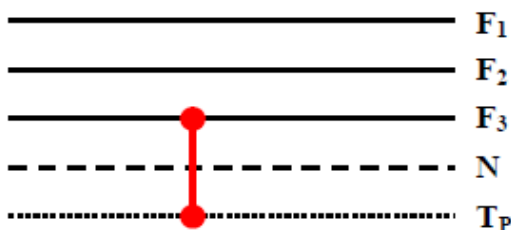


Figura 4 7: Cortocircuito monofásico a tierra.

4.2. Cálculo de corrientes de cortocircuito

4.2.1. Cortocircuito trifásico

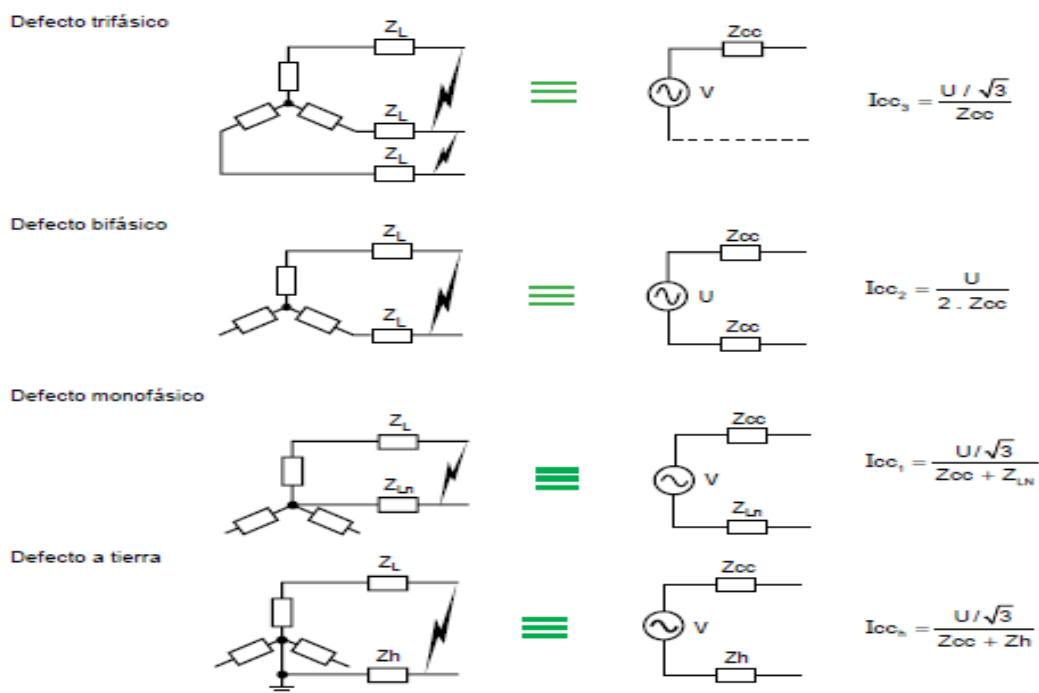
Es el defecto que corresponde a la unión de las tres fases. La intensidad de cortocircuito I_{cc3} es:

$$U / 3I_{cc3} = Z_{cc}$$

Siendo: U (tensión compuesta entre fases) la que corresponde a la tensión de vacío del transformador, cuyo valor es superior entre un

3% y 5% a la tensión en bornes de la carga. Por ejemplo, en las redes a 390 V, la tensión compuesta que se considera es $U = 410$ V, y como tensión simple, $U / 3 = 237$ V.

El cálculo de la intensidad de cortocircuito se reduce entonces al cálculo de la impedancia Z_{cc} , impedancia equivalente a todas las impedancias (de la fuente y las líneas) recorridas por I_{cc} desde el generador hasta el punto de defecto. Es, de hecho, la impedancia «directa» por fase:



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

Siendo: $\sum R$ = suma de todas las resistencias en serie, $\sum X$ = suma de todas las reactancias en serie. Se considera normalmente que el defecto trifásico es el que provoca las corrientes más elevadas. En efecto, la corriente de defecto, en el esquema equivalente a un sistema polifásico, sólo está limitada por la impedancia de una fase bajo la tensión simple o de la red. El cálculo de I_{cc3} es pues indispensable para elegir los materiales (intensidades y esfuerzos electrodinámicos).

4.2.2. Cortocircuito bifásico aislado

La intensidad I_{cc2} que circulará es inferior a la provocada por un defecto trifásico:

$$I_{cc_2} = \frac{U}{2 \cdot Z_{cc}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{cc_3} \approx 0,86 I_{cc_3}$$

4.2.3. Cortocircuito monofásico aislado

Corresponde a un defecto entre una fase y el neutro, alimentado por una tensión simple $V = U/\sqrt{3}$

La intensidad I_{cc1} , que circulará en este caso será:

$$I_{cc_1} = \frac{U/\sqrt{3}}{Z_{cc} + Z_{LN}}$$

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

4.2.4. Cortocircuito a tierra (monofásica o bifásica)

Este tipo de defecto provoca la intervención de la impedancia homopolar Z_0 . Salvo en presencia de máquinas rotativas, en las que la impedancia homopolar se encuentra reducida, la intensidad I_{cch} que circulará es siempre inferior a la del defecto trifásico.

El cálculo de esta intensidad puede ser necesario según el régimen de neutro (esquema de conexión a tierra) para la elección de los niveles de regulación de los dispositivos de protección homopolar (AT) o diferencial (BT).

4.2.5. Impedancia de las máquinas giratorias

- Alternadores síncronos Las impedancias de las máquinas se expresan generalmente bajo la forma de un porcentaje, como: $I_{cc} / I_n = 100 / x$ (donde x es equivalente a la u_{cc} de los transformadores), o sea:

$$Z = \frac{x}{100} \cdot \frac{U^2}{S_n} \text{ donde}$$

U = tensión de línea del alternador en vacío, S_n = potencia aparente (en VA) del alternador.

Además, para valores bajos de R/X , del orden de 0,05 a 0,1 en AT y de 0,1 a 0,2 en BT, los valores de la impedancia Z y de la reactancia X se confunden. Los valores de x vienen dados en la tabla de la figura para los turboalternadores de

rotor liso y para los alternadores «hidráulicos» de polos salientes (de baja velocidad). Al analizar esta tabla puede sorprender que las reactancias permanentes de cortocircuito rebasen el valor del 100% (lo que supone que $I_{cc} < I_n$). Pero la intensidad de cortocircuito es esencialmente inductiva y requiere toda la energía reactiva que puede suministrar el campo magnético

(aún sobreexcitado), precisamente cuando la intensidad nominal transporta sobre todo la potencia activa entregada por la turbina motora ($\cos \phi$ de 0,8 a 1).

- Motores y compensadores asíncronos El comportamiento de estas máquinas en cortocircuito es semejante al de los

alternadores; Suministran a la red una intensidad que es función de su reactancia en %

- Motores asíncronos Un motor asíncrono, separado bruscamente de la red, mantiene en sus bornes una tensión que se amortigua en pocas centésimas de segundo.

Cuando en sus bornes se produce un cortocircuito, el motor genera una intensidad que se amortigua mucho más rápidamente, con una constante de tiempo de aproximadamente: o 2/100 segundos para los motores a jaula simple de hasta 100 kW, o 3/100 segundos para los motores de doble jaula y, además, de más de 100 kW, o de 3 a 10/100 segundos para los grandes motores MT (1000 kW) de rotor bobinado.

4.3. Criterios de selección de protecciones contra corto circuitos

Para seleccionar protecciones se deben de seguir los siguientes pasos:

- Determinar la corriente de falla, con los métodos conocidos o más convenientes de cálculo en aquellos puntos donde se requiere la instalación de protecciones.
- Instalar protecciones, sean estos fusibles o disyuntores de los cuales se conozca su capacidad interruptiva de corrientes de cortocircuito y que estén aprobados por normas conocidas.

Seleccionar protecciones previendo el aumento de la carga, de manera que, si aumenta la corriente de corto circuito, no se deban cambiar las protecciones porque su capacidad interruptiva se haya sobrepasado.

- No pensar que por la sola presencia de protecciones se tenga adecuada protección ante una eventual falla, esto sobre todo en instalaciones viejas,

donde nunca se actualizaron los estudios de corto circuito y la red ha crecido interna y externamente.

En los criterios de selección de protecciones, no se puede dejar por fuera la normativa al respecto, el NEC establece:

4.3.1. Inspección, marcación, instalación y uso de los equipos.

- Inspección. Al evaluar los equipos se tomarán en cuenta aspectos como los siguientes:
 1. Si son adecuados para la instalación y uso en conformidad con los requisitos de este código, lo cual puede comprobarse por el sellado o certificado del equipo. La adecuación del equipo para su uso puede darse por una descripción marcada sobre el mismo o suplida con el producto, para indicar que es adecuado para una determinada aplicación, ambiente o uso. La adecuación del producto puede también evidenciarse por sello de aprobación o lista de certificación.
 2. La resistencia mecánica y durabilidad, incluyendo la calidad de la protección que proveen a otros equipos las partes diseñadas para encerrarlos y protegerlos.
 3. Espacio para cableado y dobleces de los conductores.
 4. El aislamiento eléctrico.
 5. Los efectos de calentamiento en condiciones normales de uso, y también en condiciones anormales que puedan ocurrir en servicio.
 6. Los efectos de arco.
 7. La clasificación según el tipo, tamaño, tensión, capacidad de corriente y uso específico

8. Otros factores que contribuyan a la efectiva protección de las personas que usan o que pueden estar en contacto con el equipo.

Instalación y uso. Los equipos certificados o sellados se usarán, instalarán o ambas cosas de acuerdo con cualquier instrucción que se incluya en el sellado o certificado.

Las características fundamentales que deben de tener las protecciones a saber son las siguientes:

- Debe ser apta para el servicio que se desea, condición que se determina haciendo los estudios de cortocircuito del sistema.
- Debe permitir la conexión y desconexión del circuito en condiciones normales de funcionamiento.
- Debe soportar ser conectada bajo cualquier carga o corriente de falla que esté dentro de la capacidad momentánea de la protección.
- Debe ser capaz de interrumpir cualquier corriente que huya por la misma, hasta su capacidad interruptiva. [10]

4.4. Características de los disyuntores

Fusibles

Características nominales fijas
Reposición que puede ser costosa (costo-beneficio)
Gran capacidad de interrupción de Icc
Intervención no simultánea en cada polo
Reduce su capacidad nominal ante fallas menores
Poca posibilidad para otras funciones
Funcionamiento no repetitivo
Sensibles ante la temperatura ambiente

Disyuntores

Capacidades regulables o fijas
Reposición simple y rápida
Capacidad de interrupción limitada de Icc
Intervención simultánea en todos los polos
Mantiene las características nominales en el tiempo
Posibilidad de asociar con otras funciones de control automático
Funcionamiento repetitivo
Insensible ante la temperatura ambiente

4.1. Esquema de protección y mando para motores

4.1.1. Salida a motor (comando y protección de motores)

Los objetivos de una salida a motor son los siguientes:

- Comandar el motor (encendido y apagado del motor)
- Proteger a sus componentes contra los efectos de fallas de origen eléctrico
- Asegurar la seguridad del personal
- Maximizar la continuidad de servicio.

Para cumplir con los objetivos planteados, toda salida a motor debe cumplir con cuatro funciones básicas:

- Seccionamiento: separación del motor de la red de distribución eléctrica que lo alimenta.
- Conmutación o Comando: Establecimiento y corte de la corriente que tome la carga.

Los componentes que pueden integrar una salida a motor son:

- a) Contactores
 - b) Relés térmicos
 - c) Guardamotors magnéticos
 - d) Fusibles
 - f) Seccionadores
 - g) Seccionadores porta fusibles c/fusibles.
- Protección contra cortocircuitos: protección del motor contra los daños causados por altas corrientes.
 - Protección contra sobrecargas: protección del motor contra los efectos de las corrientes de sobrecarga.

4.1.1.1. Contactores:

El Contactor cumple con la función de comando o conmutación.

Un contactor es un dispositivo mecánico de conexión controlado por un electroimán con una operación tipo on/off.

Cuando la bobina del electroimán se encuentra energizada, el contactor se cierra y completa el circuito entre la fuente y la carga a través de sus contactos de potencia.

Dependiendo de la tecnología del contactor, la parte móvil del electroimán que maneja los contactos móviles puede funcionar por rotación sobre un eje, por desplazamiento paralelo con relación a una parte fija o por una combinación de ambos.

Cuando la bobina es desenergizada, el contactor abre debido a la acción de un resorte de presión o de la fuerza de la gravedad de los propios contactos según el tipo constructivo de contactor.

4.5.1.1.1. Ventajas que ofrecen los contactores:

- Posibilidad de abrir o cerrar grandes corrientes a través de un dispositivo de baja corriente (bobina del contactor)
- Elevado número de maniobras
- Adecuados para servicio intermitente y continuo
- Posibilidad de implementación de comandos remotos y/o automáticos
- Son resistentes y confiables puesto que no contienen elementos internos delicados

4.5.1.1.2. Especificaciones técnicas características de un contactor:

- *Categoría de utilización:* La categoría de utilización define las condiciones de establecimiento y corte de la corriente dependiendo de la corriente nominal I_e y la tensión nominal U_e .

La categoría de utilización depende de la naturaleza de la carga a alimentar (motor a jaula de ardillas, motor rotor bobinado, resistencias, etc.) y de las condiciones en las que el establecimiento o el corte de la corriente se dan (motor en funcionamiento normal, corte durante el arranque, motor con rotor bloqueado, etc.).

4.5.1.1.3. La norma IEC 947 las clasifica en:

AC1: corresponde a todo tipo de cargas AC con $\cos\Phi \geq 0.95$

AC2: corresponde a la operación de motores de rotor bobinado. Al cierre el contactor cierra sobre una corriente de arranque que es del orden de 2.5 veces la corriente nominal del motor. El contactor abre la corriente de arranque a un voltaje que no excede el voltaje de alimentación.

Se encuentran en esta categoría algunos equipos para puentes grúa y máquinas de gran potencia con tiempos de arranque prolongados.

AC3: corresponde a la operación de motores de jaula de ardilla con apertura del contactor en funcionamiento normal del motor. El contactor cierra sobre una corriente que puede ser del orden de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor y abre la corriente nominal del mismo con un voltaje entre bornes que será aproximadamente 20% del voltaje de la fuente de alimentación. La apertura es este caso no es severa.

AC4: corresponde a la operación de motores de jaula de ardilla con apertura del contactor sobre la corriente de arranque del motor. El contactor cierra sobre una corriente que puede ser del orden de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor y abre la misma corriente con un voltaje entre bornes que será mayor cuanto menor sea la velocidad del motor, pudiendo llegar a ser de la misma magnitud que el voltaje de la fuente de alimentación.

Se encuentran en esta categoría algunos equipos de izaje de pequeñas potencias.

DC1: Cualquier carga en DC que tenga una constante de tiempo $L/R \leq 1\text{ms}$

DC2, DC3, DC4 y DC5: corresponde a la operación de motores de corriente continua, con distintas constantes de tiempo y distintos regímenes de cierre y apertura del contactor.

- **Corriente nominal I_e :** Se define en función del voltaje nominal U_e , la categoría de utilización y la temperatura ambiente del contactor.
- **Corriente nominal térmica convencional I_{th} :** Es la corriente que puede conducir un contactor cerrado por un período superior a 8 horas sin que el aumento de temperatura producida por la misma supere los límites establecidos en la norma.
- **Corriente de corta duración permitida:** Es la corriente que puede conducir un contactor cerrado durante un período de tiempo corto luego de un período sin carga sin que se produzca un sobrecalentamiento peligroso.
- **Voltaje nominal U_e :** Es el voltaje que, junto con la corriente nominal I_e , determina el uso del contactor. Los ensayos establecidos en la norma, así como la categoría de utilización asociada a un contactor están basados en este valor de tensión. En circuitos trifásicos se expresa como el valor compuesto de la tensión.
- **Voltaje nominal de control U_c :** es el voltaje nominal del circuito de control del contactor y en él se basan las características de operación
- **Voltaje nominal de aislación U_i :** Este es el valor de voltaje utilizado para definir las características de aislación del contactor y es el utilizado en los ensayos dieléctricos para determinar caminos de fugas y distancias eléctricas.
- **Voltaje nominal de impulso U_{imp} :** El valor pico de una onda de tensión de impulso que el contactor puede soportar sin dañarse.
- **Potencia nominal:** Potencia nominal del mayor motor estándar que puede ser comandado por el contactor a la tensión nominal U_e .
- **Poder de corte:** Máximo valor de corriente que el contactor puede abrir bajo condiciones de apertura establecidas en la norma. No debe someterse al contactor a requerimientos de aperturas de corrientes mayores a su poder de corte.

- **Poder de establecimiento:** Máximo valor de corriente que el contactor puede establecer bajo condiciones de establecimiento fijadas en la norma.
- **Factor de carga (m):** relación entre el tiempo en que fluye la corriente (t) y la duración total del ciclo de carga (T)

4.1.1.2. Relés térmicos:

Estos relés cumplen con la función de protección térmica del motor contra sobrecargas y van asociados a un contactor que es el que realiza la apertura del circuito de potencia.

Puesto que protegen solamente contra sobrecargas, los relés térmicos deben complementarse con una protección contra cortocircuitos.

El relé de imagen térmica simula, a través de la utilización de un bimetálico, el calentamiento y enfriamiento del motor protegido en base a sus constantes de tiempo, vigilando las temperaturas alcanzadas en comparación con la máxima admisible como función de la duración de la sobrecarga. La temperatura es obtenida de forma indirecta, a través de la medición de la corriente.

A continuación, se muestra un dibujo que ilustra el principio de funcionamiento del relé térmico:

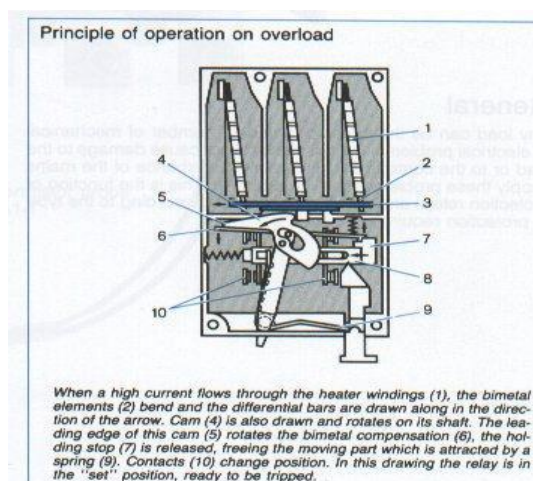


Figura 4 8: Principio de funcionamiento de un relé térmico

Suponiendo que el proceso térmico que tiene lugar en un motor de inducción sometido a un régimen de sobrecarga es un proceso adiabático, es decir que todo el calor desarrollado contribuye a la elevación de temperatura de los arrollamientos, se llega a que el tiempo de sobrecarga admisible t_a del motor está dado por:

$$t_a = \tau_m \frac{A - I_{cp}^2}{I^2 - I_{cp}^2}$$

Siendo t_m la constante de tiempo térmica de la máquina, I la corriente de sobrecarga en pu, I_{cp} la intensidad de precarga en pu y A un coeficiente mayor que 1, usualmente 1.3.

A continuación, se muestra una expresión gráfica de la ecuación anteriormente expresada:

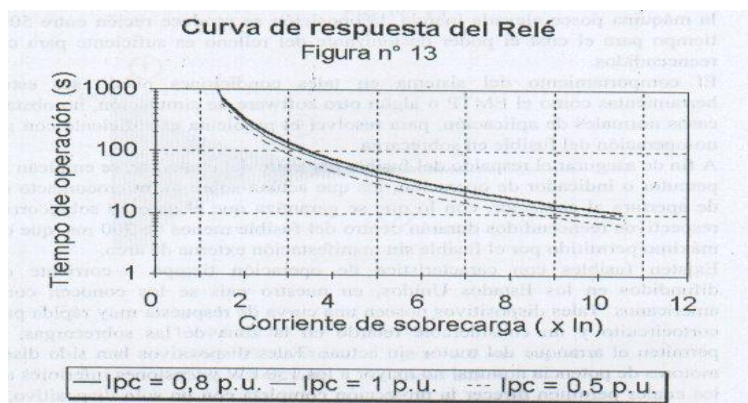


Figura 4 9: Curva de respuesta del relé

Se observa entonces que el tiempo de sobrecarga admisible está relacionado con la condición de precarga del motor, por lo que el relé térmico deberá ser sensible al estado de precarga. Es por esto que la mayoría de los relés térmicos dan sus curvas para distintos estados de precarga.

La temperatura ambiente es un parámetro muy importante y variaciones de la misma pueden influir en el comportamiento del relé. Es por este motivo que la mayoría de los relés térmicos actuales están compensados, utilizando un elemento bimetálico de compensación independiente del elemento principal y sometido únicamente a la temperatura ambiente el

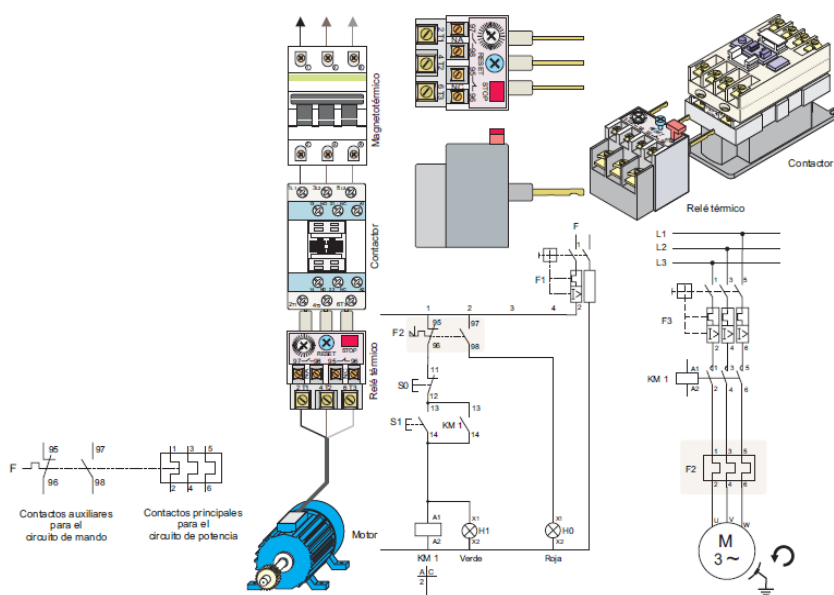
cual balancea el comportamiento del bimetálico principal. Con esta compensación, se garantiza el comportamiento uniforme del relè para un rango de temperatura de -40°C a $+60^{\circ}\text{C}$ aproximadamente.

Adicionalmente, los relés térmicos pueden ser térmico-diferenciales, agregando a la protección contra sobrecargas la protección contra desbalance de corrientes.

Los relés térmicos deben proteger el motor, pero deben a su vez soportar la corriente de arranque durante el tiempo de arranque sin disparar.

La norma que especifica este tipo de relés es la IEC 947-4 y establece distintas clases de relés, especificando tiempos de no apertura y de apertura para cada una de ellas como sigue: [11]

Clase	Tiempos de intervención			
	No disparo		Disparo	
	1.05 Ir	1.20 Ir	1.5 Ir	7.2 Ir
10A	> 2hs.	< 2hs.	< 2min.	2 a 10 seg.
10	> 2hs.	< 2hs.	< 4min.	4 a 10 seg.
20	> 2hs.	< 2hs.	< 8min.	6 a 20 seg.
30	> 2hs.	< 2hs.	< 12min.	9 a 30 seg.



4.1.1.3. Guardamotores magnéticos:

Son dispositivos de protección contra cortocircuito, de corte tripolar.

Los guardamotores magnéticos cumplen la función de protección contra cortocircuitos, cumpliendo adicionalmente la función de seccionamiento.

Los requisitos para que cumplan con la función de protección contra cortocircuito son básicamente una pronta detección de la corriente de defecto y una rápida apertura de los contactos. Esto conduce a que los guardamotores magnéticos sean aparatos limitadores.

El guardamotor magnético presenta un elevado poder de corte, siendo el rango del mismo desde 10kA hasta 100kA aproximadamente.

Usualmente, para completar la función de protección de una salida motor, el guardamotor magnético debe acompañarse de un contactor con relé térmico. A continuación, se muestra a modo de ejemplo la curva de disparo de un conjunto guardamotor magnético – relé térmico:

4.1.1.4. Fusibles:

El fusible, utilizado como elemento componente de una salida a motor, solo debe actuar frente a cortocircuitos. Es decir, las sobrecargas no deben producir la operación del fusible, por lo cual debe emplearse el fusible de respaldo, llamado para baja tensión tipo aM.

La curva característica del fusible aM lo hace insensible a las sobrecargas, siendo diseñado el elemento fusible de este tipo de fusibles más resistente a la fatiga mecánica debida a los esfuerzos de contracción y dilatación térmica causadas por las sobrecorrientes de los sucesivos arranques.

Se muestra a continuación una figura donde se comparan las curvas de los fusibles tipo aM y gL (uso general).

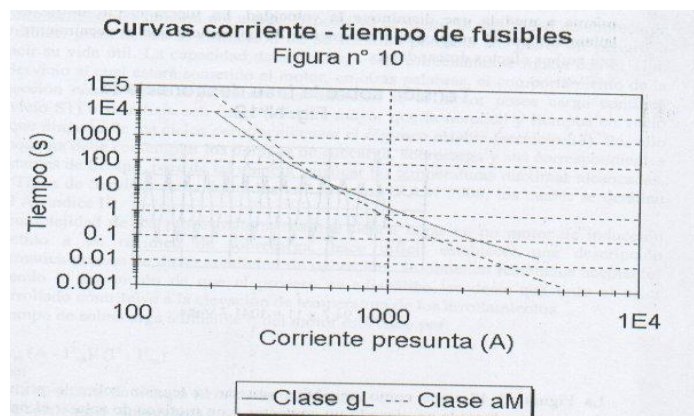


Figura 4 10: Curva característica de un fusible aM.

4.1.1.1. Conexión de los distintos elementos de una salida a MOTOR (Diagramas de comando)

Existen muchas formas de comandar uno o varios motores, dependiendo de los elementos que se utilicen para su arranque y protección, así como del funcionamiento previsto del motor (un sentido de marcha, dos sentidos de marcha, comando por botoneras, comando remoto, etc.)

A continuación, se presenta un esquema de comando estándar para arranque directo y otro para arranque estrella – triángulo.

4.1.1.1.1. Arranque directo:

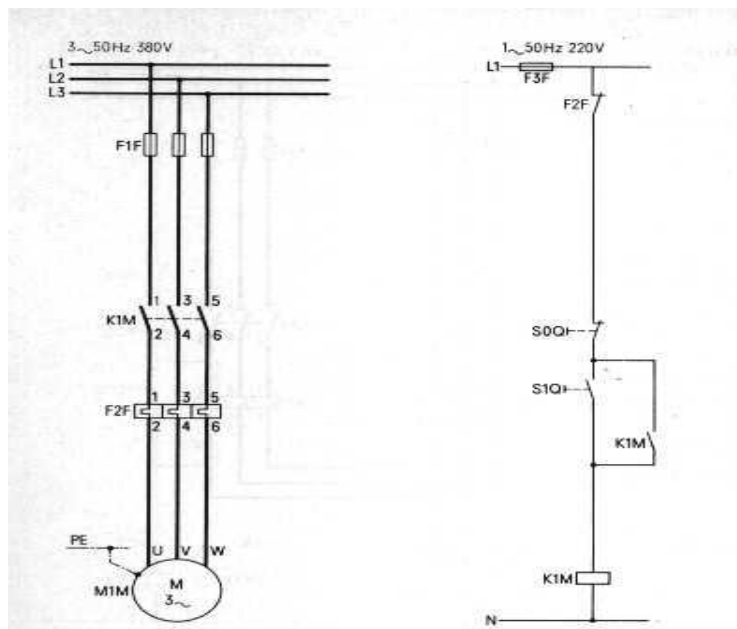


Figura 4 11: Esquema de comando arranque directo

Siendo:

F1F y F3F: Fusibles de protección contra cortocircuito del circuito de potencia y del circuito de comando respectivamente

K1M: contactor de comando

F2F: relé térmico, c / un contacto NC

S1Q: Pulsador NA de arranque

S0Q: Pulsador NC de parada

Explicación del funcionamiento del diagrama de comando:

Inicialmente, el contactor K1M se encuentra abierto.

Marcha: Al presionar el pulsador S1 y no haber falla térmica en el motor, el contacto

F2F del relé térmico está cerrado; como el pulsador S0Q es NC y no está presionado el contacto S0Q está cerrado y al cerrarse el contacto S1Q se energiza la bobina del contactor K1M cerrándose entonces sus contactos principales.

Al cerrarse el Contactor K1M, se cierran sus contactos auxiliares, entonces, independientemente que se deje de presionar S1Q, la bobina se mantiene alimentada a través del contacto auxiliar de K1M en paralelo con S1Q y el contactor permanece cerrado. A este contacto de K1M en paralelo con el pulsador de marcha se le denomina usualmente contacto de autoretención.

Parada: Al presionar el pulsador S0Q, como es un contacto NC, el contacto S0Q que aparece en el diagrama de comando se abre, dejando sin alimentación a la bobina del contactor K1M. K1M, con su bobina desenergizada, se abre.

Parada por disparo del relé térmico: En caso de detectarse una sobrecarga, el contacto

NC de F2F que figura en el diagrama de comando se abre, dejando sin alimentación a la bobina del contactor K1M. K1M, con su bobina desenergizada, se abre.

Observar que, en caso de desear comandar el contactor desde más de un punto, alcanzará con poner contactos NA de los comandos de apertura adicionales que se desee en paralelo con el contacto de S1Q y contactos NC de los comandos de cierre adicionales que se desee en serie con el contacto de S0Q.

4.1.1.1.1. Arranque estrella - triángulo:

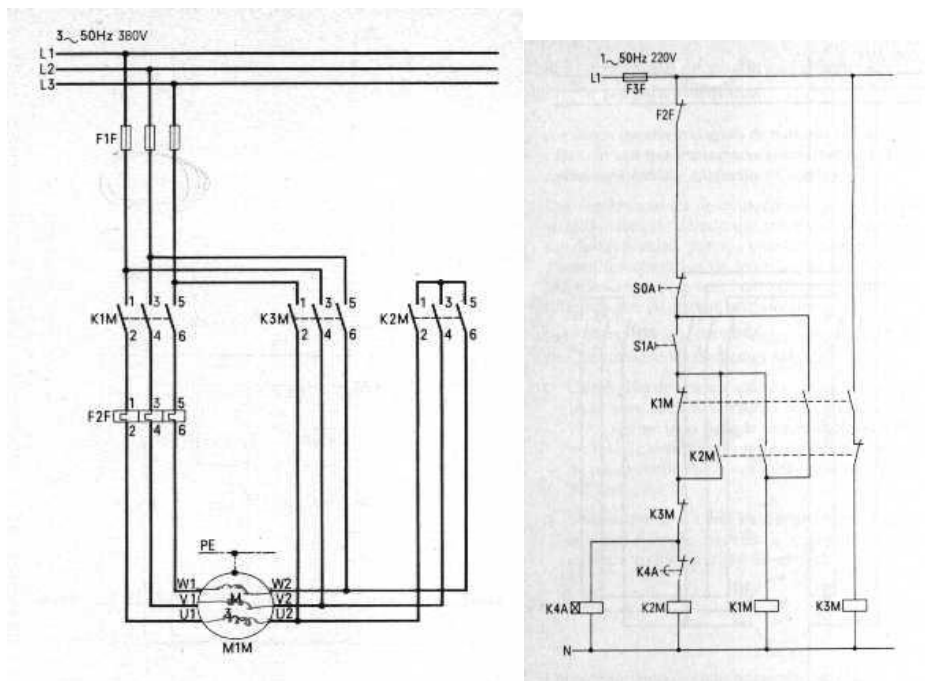


Figura 4 12: Esquema de comando arranque estrella – triángulo.

Siendo:

F1F y F3F: Fusibles de protección contra cortocircuito del circuito de potencia y del circuito de comando respectivamente

K1M, K2M: contactores de comando c/ 2NA+1NC c/no

K3M: contactor de comando c/ 1NC

F2F: relé térmico, c / un contacto NC

S1A: Pulsador NA de arranque, 1NA

S0A: Pulsador NC de parada, 1NC

K4A: temporizador c/retardo a la conexión, 1NC

Explicación del funcionamiento del diagrama de comando:

La conexión en estrella de los bobinados del motor se logra cerrando el contactor K2M y la conexión en triángulo cerrando el contactor K3M.

Inicialmente, los tres contactores están abiertos.

Marcha: Al pulsar S1A, como el NC del relé térmico F2F está cerrado puesto que no hay falla por sobrecarga, el NC de S0A está cerrado puesto que no está presionado el pulsador de parada, los contactos NC de K1M y K3M están cerrados puesto que ambos contactores están abiertos y el contacto NC del temporizador K4A está cerrado puesto que el temporizador no está funcionando, se energiza la bobina del contactor K2M, cerrándose el contactor K2M y se activa el temporizador. En este momento se ha conectado los bobinados del motor en estrella.

Al energizarse K2M, se cierran sus contactos auxiliares NA y se energiza entonces la bobina de K1M, cerrándose el contactor K1M y entregando tensión al motor.

Tanto K1M como K2M permanecen cerrados, aún luego de mantener S1A pulsado, a través de los contactos de autoretenición de K2M. Al estar K2M cerrado, su contacto NC está abierto y la bobina de K3M no está alimentada, por lo que K3M está abierto.

Cuando el temporizador llegó a su valor de seteo el contacto NC de K4A se abre, desenergizando la bobina de K2M, lo que provoca la apertura de K2M.

K1M permanece cerrado, entonces su contacto NA está cerrado y como K2M abrió, su contacto NC se cerró, por lo que se energiza la bobina de K3M, provocando el cierre de K3M y la conexión de los bobinados del motor en triángulo, lo que implica el fin del arranque.

Parada: Al presionar el pulsador S0A, como es un contacto NC, el contacto S0A que aparece en el diagrama de comando se abre, dejando sin alimentación a las bobinas que estuvieran activadas (sean K1M, K2M y K4A o solamente K1M). K1M y K2M, con su bobina desenergizada, se abren. Al abrir K1M, su contacto NA se abre por lo que se desenergizada la bobina de K3M.

Parada por disparo del relé térmico: En caso de detectarse una sobrecarga, el contacto

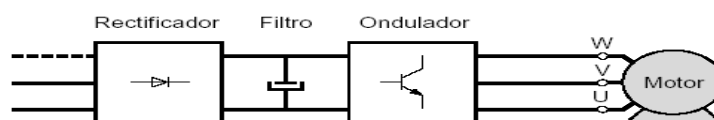
NC de F2F que figura en el diagrama de comando se abre, dejando sin alimentación a las bobinas que estuvieran activadas (sean K1M, K2M y K4A o solamente K1M). K1M y K2M, con su bobina desenergizada, se abren. Al abrir K1M, su contacto NA se abre por lo que se desenergiza la bobina de K3M. [12]

4.1.2. Variador de frecuencia

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y el Par de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y la velocidad
- Regulación sin golpes mecánicos
- Movimientos complejos
- Mecánica delicada



El variador de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido.

El diseño habitual primero convierte la energía de entrada CA en CC usando un puente rectificador. La energía intermedia CC es convertida en una señal quasi-senoidal de CA usando un circuito inversor conmutado. El rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un *convertidor de fase*, un variador de velocidad).

- Los variadores de velocidad rectifican la tensión alterna de red (monofásica o trifásica), y por medio de seis transistores trabajando en modulación de ancho de pulso generan una corriente trifásica de frecuencia y tensión variable.
- Un transistor más, llamado de frenado, permite direccionar la energía que devuelve el motor (durante el frenado regenerativo) hacia una resistencia exterior.
- La estrategia de disparo de los transistores del ondulator es realizada por un microprocesador que, para lograr el máximo desempeño del motor dentro de todo el rango de velocidad, utiliza un algoritmo de control vectorial de flujo.
- Este algoritmo por medio del conocimiento de los parámetros del motor y las variables de funcionamiento (tensión, corriente, frecuencia, etc.), realiza un control preciso del flujo magnético en el motor manteniéndolo constante independientemente de la frecuencia de trabajo. Al ser el flujo constante, el par provisto por el motor también lo será.
- En el gráfico se observa que desde 1Hz hasta los 50 Hz el par nominal del motor

4.1.2.1. Sobre velocidad

- El variador puede proporcionar frecuencias de salida superiores a la de trabajo del motor, lo que le hace girar a mayor velocidad que la nominal.
- La curva de par, para velocidad de trabajo mayor de la nominal, disminuye, de manera que con velocidad doble (200%) el par cae a la mitad del nominal.
- La sobre velocidad es útil en aplicaciones que no requieren mucho par, como por ejemplo sierras de disco, pero si altas velocidades.

En estos casos es importante tener en cuenta las características de par y temperatura de trabajo del motor.

4.1.2.2. Composición de un Variador de Frecuencia

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

Etapa Rectificadora. Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.

Etapa intermedia. Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.

Inversor o "Inverter". Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobre temperaturas, etc.

Etapa de control. Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general, etc. Los variadores más utilizados utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia

4.1.1.1. Funciones de los variadores de velocidad

Aceleración controlada

La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal o en «S».

Generalmente, esta rampa es controlable y permite por tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación.



4.1.1.1.1. Variación de velocidad

- La velocidad del motor se define mediante un valor de entrada (tensión o corriente) llamado consigna o referencia. Para un valor dado de la consigna, esta velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura). El margen de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

4.1.1.1.2. Regulación de la velocidad

- Un regulador de velocidad es un dispositivo controlado. Posee un sistema de mando con amplificación de potencia y un bucle de alimentación: se denomina, «bucle abierto».
- La velocidad del motor se define mediante una consigna o referencia.
- El valor de la consigna se compara permanentemente con la señal de alimentación, imagen de la velocidad del motor. Esta señal la suministra un generador tacométrico o un generador de impulsos colocado en un extremo del eje del motor.
- Si se detecta una desviación como consecuencia de una variación de velocidad, las magnitudes aplicadas al motor (tensión y/o frecuencia) se corrigen automáticamente para volver a llevar la velocidad a su valor inicial.

Gracias a la regulación, la velocidad es prácticamente insensible a las perturbaciones

4.1.1.1.3. Desaceleración controlada

- Cuando se desconecta un motor, su deceleración se debe únicamente al par resistente de la máquina (deceleración natural).
- Los arrancadores y variadores electrónicos permiten controlar la deceleración mediante una rampa lineal o en «S», generalmente independiente de la rampa de aceleración.
- Esta rampa puede ajustarse de manera que se consiga un tiempo para pasar de la velocidad de régimen fijada a una velocidad intermedia o nula:
 - Si la deceleración deseada es más rápida que la natural, el motor debe desarrollar un par resistente que se debe sumar al par resistente de la máquina; se habla entonces de frenado eléctrico, que puede efectuarse reenviando energía a la red de alimentación, o disipándola en una resistencia de frenado.
 - Si la deceleración deseada es más lenta que la natural, el motor debe desarrollar un par motor superior al par resistente de la máquina y continuar arrastrando la carga hasta su parada.

4.1.1.1.4. Inversión del sentido de marcha

- La mayoría de los variadores actuales tienen implementada esta función.
- La inversión de la secuencia de fases de alimentación del motor se realiza automáticamente o por inversión de la consigna de entrada, o por una orden lógica en un borne, o por la información transmitida mediante una red.

4.1.1.1.5. Frenado

- El frenado consiste en parar un motor, pero sin controlar la rampa de desaceleración.
- Con los arrancadores y variadores de velocidad para motores asíncronos, esta función se realiza inyectando una corriente continua en el motor, haciendo funcionar de forma especial la etapa de potencia.
- Toda la energía mecánica se disipa en el rotor de la máquina y, por tanto, este frenado sólo puede ser intermitente.

4.1.1.1.6. Protección integrada

- Los variadores modernos aseguran tanto la protección térmica de los motores como su propia protección. A partir de la medida de la corriente y de una información sobre la velocidad (si la ventilación del motor depende de su velocidad de rotación), un microprocesador calcula la elevación de temperatura de un motor y suministra una señal de alarma o de desconexión en caso de calentamiento excesivo.
- Además, los variadores de frecuencia, están dotados de protecciones contra:
 - los cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra,
 - las sobretensiones y las caídas de tensión,
 - los desequilibrios de fases,
 - el funcionamiento en monofásico.

4.1.1.1.7. Ventajas de uso del variador

- Evita picos o puntas de intensidad en los arranques del motor.
- El par se controla totalmente a cualquier velocidad, lo que evita saltos o bloqueos del

- motor ante la carga.
- No tiene factor de potencia ($\cos \varphi = 1$)
- Comunicación mediante bus industrial, lo que permite conocer en tiempo real el estado del variador y el motor, así como el historial de fallos (facilita el mantenimiento).
- Los arranques y paradas son controlados, y suaves, sin movimientos bruscos.
- Protege completamente el motor, el variador y la línea.
- El consumo energético se adapta a la exigencia del motor (ahorro de energía).
- Mediante contactores externos de *bypass (puente)* se puede utilizar un solo variador para el control secuencial de varios motores, tanto en arranque como en parada.

4.1.1.1.8. Desventajas

- La instalación, programación y mantenimiento, debe ser realizada por personal cualificado.
- Introduce ruidos e interferencias en la red eléctrica, que podrían afectar a otros elementos electrónicos cercanos.
- Para aplicaciones sencillas puede suponer mayor inversión, que un sistema simple (Contactor-guardamotor).
- Las averías del variador, no se pueden reparar *in situ* (hay que enviarlos a la casa o servicio técnico). Mientras tanto debe disponerse de otro variador equivalente, o dejar la instalación sin funcionamiento. [13]

CAPITULO 5

EVALUACION ECONOMICA

5.1. Método de evaluación

Para la evaluación económica de un proyecto es necesario conocer los costos de materiales, equipos y costos de manos de obras, por lo tanto, utilizaremos el método de Costo/Beneficio para determinar la rentabilidad del proyecto.

5.1.1. Flujo de caja proyectada

Es un informe financiero para ordenar los ingresos y egresos de efectivo que tiene la empresa durante un tiempo determinado. A partir de este informe podemos conocer de manera rápida la liquidez de la empresa y tomar decisiones más certeras.

Con los datos de flujo de caja podemos anticiparnos a futuros déficit o superávit. A partir de esta información, lo ideal es buscar la financiación más conveniente o colocar el excedente en inversiones rentables.

5.1.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se trata de un medidor empleado en la evaluación de proyectos de inversión íntimamente ligado con el Valor Presente Neto. También se considera como el valor de la tasa de descuento que consigue que el VAN resulte igual a cero.

La **Tasa Interna de Rendimiento** se calcula mediante la siguiente expresión: TIR es la tasa de actualización para la que se obtiene un VAN nulo.

$$VPN = 0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

5.1.3. Valor Presente Neto (VPN)

Es una herramienta que sirve como indicador para medir y determinar la viabilidad de una inversión o un proyecto en términos de rentabilidad y ganancia, el cual proporciona a partir de un análisis un marco de referencia para la toma de decisiones.

- Si el VAN de un proyecto es positivo, el proyecto crea valor.
- Si el VAN de un proyecto es negativo, el proyecto destruye valor.
- Si el VAN de un proyecto es cero, el proyecto no crea ni destruye valor. [15]

Valor	Significado	Decisión a tomar
VAN > 0	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse
VAN < 0	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
VAN = 0	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

5.1.4. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

Es un indicador que mide en cuanto tiempo se recuperará el total de la inversión a valor presente. Puede revelarnos con precisión, en años, meses y días, la fecha en el cual será cubierta la inversión inicial. El Payback o plazo de recuperación descontado es un método de evaluación dinámico de inversiones que predice el momento en el que va a empezar a recuperarse el dinero de la inversión, teniendo presentes los efectos del paso del tiempo en el valor del dinero.

El **Periodo de Recuperación de la Inversión** se calcula mediante la siguiente expresión: [16]

$$PRI = (A) + \frac{|B|}{C}$$

Dónde:

A: Periodo último con flujo acumulado negativo.

B: Valor absoluto del último flujo acumulado negativo.

C: Valor del flujo de caja en el siguiente periodo.

III. RESUMEN EJECUTIVO

CAPITULO 6

6.1. Descripción del trabajo

Este Proyecto Final de Grado consistió en el Análisis de las protecciones actuales de Baja Tensión que tiene la empresa MERCO S.A., verificando la Selectividad de las protecciones y según el resultado de dicho estudio se procedió a la realización del nuevo Esquema de Protección con los equipos adecuados y atendiendo a las Normas Internacionales para la proyección de las nuevas Protecciones de Baja Tensión para la industria.

Se utilizó un software de Schneider Electric para verificar la Selectividad de las protecciones con las curvas de operación de los fusibles y la protección general en caja moldeada Compact NS630b-3200. Así también se evaluó el costo que conlleva la implementación del nuevo esquema de protección en el tablero de Baja Tensión.

6.1.1.Métodos y Técnicas utilizadas

6.1.1.1. Tipo de Investigación

En cuanto al componente de investigación en el presente Proyecto se presenta una investigación aplicada, porque se propone la resolución de la problemática de la empresa MERCO S.A.

6.1.1.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron técnicas e instrumentos de recolección de datos enmarcados en el enfoque mixto.

En cuanto a la recolección de datos cualitativos se utilizó la técnica de entrevista semiestructurada, con el instrumento de guía de entrevista.

Para la recolección de datos cuantitativos se utilizó una matriz de medición, operador de área, electricistas, jefes de turno y jefe de mantenimiento, donde proporcionaron sus puntos de vistas sobre el actual sistema de protecciones utilizadas en la empresa MERCO S.A.

Por otra parte, se obtuvieron los datos técnicos levantándolos directamente de las instalaciones y por pedido de informaciones a encargados del sector industrial.

6.1.1.2. Métodos y Análisis de Datos

El enfoque de la investigación fue mixto.

Análisis de datos cualitativos: La información dada por los entrevistados, así como lo recogido por medio de la observación fue categorizado y analizado, para su uso como base para el diseño de la solución propuesta.

Cuantitativa: Se analizaron las estadísticas de fallas de motores por cada tablero existente con las protecciones actuales acordes a las normas vigentes para el sector de la industria, tales normas son la IEC 60947 y la INTN Norma Paraguaya NP 2 028 13

6.1.1.3. Fases Metodológicas

Para el abordaje de la solución a la problemática planteada, con miras al logro de los objetivos del proyecto de fin de grado, se encararon las siguientes fases de trabajo:

Fase 1: Levantamiento de datos

Se procedió al relevamiento de datos sobre el estado actual de las protecciones en la empresa MERCO S.A. Con el fin de conocer los tipos de protecciones que utilizan, según que norma y las posibles fallas ocasionados por la falta de coordinación y selectividad en los mismos. Estos datos se obtuvieron levantándolo directamente de las instalaciones y por pedido a encargados del sector industrial.

Fase 2: Definición y análisis de alternativas

Se analizaron las alternativas para el mejoramiento del esquema de protección con la adecuada coordinación y selectividad de las protecciones que

se requieren en las instalaciones de baja tensión de la empresa MERCO S.A. teniendo en cuenta las normativas vigentes en el sector de la industria, utilizando nuevas tecnologías e innovaciones para las protecciones garantizando el correcto funcionamiento de las máquinas.

Fase 3: Proposición de las soluciones técnicas

Se propuso las soluciones técnicas más favorables para el problema planteado al comienzo como la falta de coordinación y selectividad en las protecciones de baja tensión acordes a las normativas vigentes en el sector de la industria. Aplicando los conocimientos adquiridos y consultando fuentes de informaciones especializadas en el área de sistemas de protecciones a beneficio de la empresa MERCO S.A.

Fase 4: Elaboración de presupuesto para el nuevo esquema de protección

Se elaboró un presupuesto para la adecuación del nuevo esquema de protección detallando los nuevos materiales a ser utilizado para solucionar el problema de la falta de coordinación y selectividad en las protecciones teniendo en cuenta las normativas vigentes en el sector de industria.

Fase 5: Evaluación económica

Se evaluó el costo que conlleva la implementación del nuevo esquema de protección en los tableros de baja tensión y los beneficios que trajo consigo el mejoramiento de las protecciones existentes de la empresa.

Se determinó el riesgo del proyecto de inversión analizando la sensibilidad, teniendo en cuenta la incertidumbre sobre la Tasa Interna de Retorno (TIR), evaluando los diferentes escenarios en donde se analizó el cumplimiento de la TIR.

6.2. Justificación

Con este proyecto se logra garantizar la confiabilidad en la cadena de producción de la industria MERCO S.A. teniendo así un impacto directo en el beneficio económico y social de la empresa, garantizando además la disponibilidad de los productos elaborados para los clientes.

Esta confiabilidad se obtiene mediante el cambio del esquema de protecciones utilizados actualmente, mediante la aplicación del diseño propuesto en este proyecto, evitando así pérdidas económicas por paradas, accidentes de operarios, reducción de la vida útil de las máquinas, el costo por mantenimiento, entre otros.

El proyecto es viable, por la utilidad que brinda en los cambios y adecuaciones a la estructura actual del esquema de protección, por lo tanto, el aporte es fundamental para la adecuación del sistema de protecciones en baja tensión a las normas técnicas internacionales requeridas para las industrias de este tipo.

Las adecuaciones que se proponen realizar con la ejecución de este proyecto son relevantes por los beneficios que trae para la empresa MERCO S.A., evitando daños y pérdidas en paradas de procesos que afectan directamente la productividad de la organización.

Por todo lo expuesto, es de suma importancia para las industrias realizar este tipo de modificaciones apostando así a las buenas prácticas en las instalaciones eléctricas para ubicarlas dentro de los estándares que rige la materia.

6.3. Finalidad del proyecto

Con la realización de este proyecto se pretende:

- Lograr un buen funcionamiento de la empresa MERCO S.A. con la correspondiente Coordinación y Selectividad de las protecciones en Baja tensión del sector estudiado.
- Evitar pérdidas económicas por paradas no programadas.
- Reducir el costo por mantenimiento de equipos de protección y motores eléctricos.

6.4. Metas

- Mejorar el Esquema de Protección de Baja Tensión con la correspondiente Coordinación y Selectividad de las protecciones involucradas en el sector analizado.
- Obtener una solución económicamente factible que permita la implementación del nuevo esquema de protección para la empresa MERCO S.A.

6.5. Objetivos

6.5.1. Objetivos generales

Rediseñar el esquema de protección en las instalaciones de baja tensión del sector denominado Preparación de Semillas, de la industria MERCO S.A. ubicada en el Dpto. de Caaguazú.

6.5.2. Objetivos específicos

- Reconocer el estado actual del esquema de protecciones de la empresa MERCO S.A.
- Identificar las alternativas existentes en cuanto al esquema de protección según normativas vigentes en el sector de la industria.
- Seleccionar la alternativa más pertinente en base a los estudios técnicos realizados.
- Realizar el análisis de factibilidad económica de la alternativa escogida.

6.6. Beneficiarios

Con la implementación del proyecto de Análisis y Diseño del esquema de protección en la instalación de Baja Tensión los beneficiarios directos serán la empresa MERCO S.A., los operadores de la fábrica y así también los consumidores finales.

6.7. Producto

Diseño e implementación de un esquema de protección adecuado para la empresa MERCO S.A.

6.8. Localización física y cobertura espacial

Este proyecto se desarrolla en el sector de Preparación de Semillas de la empresa MERCO SA, sito en la localidad de Potrero Guayaki, KM 158 Ruta N° 7 Dr. José Gaspar Rodríguez de Francia, Departamento de Caaguazú.

Especificaciones de actividades y tareas realizadas

- Relevamiento de datos.
- Análisis de las protecciones actuales.

- Verificación de Coordinación y Selectividad de las protecciones actuales.
- Análisis y Diseño del nuevo esquema de protección.
- Cálculo de corriente de Corto Circuito.
- Verificación de Coordinación y Selectividad de las protecciones adecuadas.
- Evaluación económica de la alternativa planteada.

6.9. Recursos necesarios

6.9.1. Recursos humanos

- TUTOR
- ALUMNO

6.9.2. Recursos materiales

- VEHICULO
- TELEFONO CELULAR
- CAMARA FOTOGRAFICA
- COMPUTADORA
- IMPRESORA
- LIBROS
- RESMAS DE HOJAS
- INTERNET
- UTILES VARIOS

6.10. Factibilidad técnica

Con la realización de este proyecto se pudo lograr una solución técnicamente factible que va a permitir:

- Obtener la selectividad total de las protecciones del sector analizado.
- Mejorar la confiabilidad en el sistema de protección en la zona denominada Preparación de semillas con el nuevo esquema de protección calculada y diseñada.
- Reducir las paradas no programadas por falta de coordinación y selectividad de las protecciones en Baja Tensión.
- Mejorar la producción de los derivados de la soja reduciendo los fueros de servicios por problemas de protección de las máquinas.
- Disminuir los mantenimientos correctivos de las protecciones eléctricas y por ende los motores en general.

6.11. Factibilidad económica

6.11.1. Beneficios

Los beneficios que trae consigo la implementación del nuevo esquema de protección en la instalación de Baja Tensión son la disminución de las paradas no programadas por falla en el sistema de protección de los motores, la selectividad de las diferentes protecciones a ser instaladas y la ganancia en cuanto a producción de los derivados de la soja ya que se tiene un nuevo diseño del esquema de protección con los análisis y cálculos requeridos para la resolución de los problemas citados en capítulos anteriores.

Mediante el estudio de la evaluación económica, se puede observar otro beneficio importante en la implementación del nuevo esquema de protección de motores, que es el costo de la nueva instalación en comparación a la ganancia que otorga el mismo; por lo

tanto, la inversión a ser realizada tendrá un retorno rápido en el corto plazo por lo que se concluye que el proyecto es viable en términos económicos, según se podrá comprobar a continuación.

6.11.2. Costos

6.11.2.1. Costo de implementación del nuevo esquema de protección en la instalación de Baja Tensión.

Para el coste del cambio del esquema de protección se analizaron varios factores tales como el costo de los materiales, costo de mano de obra para la instalación correspondiente, así como también el costo de Ingeniería para el análisis y resolución del problema planteado.

En la siguiente tabla se puede observar el costo total de los materiales a ser utilizados para el cambio del esquema de protección, los cuales se detallan en el Apéndice A.1.

Descripción	Total (gs)
Costo de materiales	145.005.000

Tabla 5 1: Costo de materiales

En la tabla siguiente se resumen los costos totales de mano de obra para la instalación del nuevo esquema de protección; que abarca el montaje de distintos equipos a ser utilizados tales como cartuchos porta fusibles, fusibles de diferentes capacidades de interrupción, contactores y relés térmicos para la protección de los motores instalados en la fábrica, etc.; así como también el costo de Ingeniería para el análisis y diseño del nuevo esquema de protección. El detalle de los costos se muestra en el Apéndice A.2.

Descripción	Total (gs)
Costo de materiales	145.005.000
Mano de obra e Ingeniería del proyecto	76.800.000
Imprevistos	12.000.000
TOTAL, GS.	233.805.000

Tabla 5 2: Resumen costo total del proyecto

6.11.3. Evaluación económica

6.11.3.1. Determinación del flujo de caja proyectada

Teniendo los datos de equipos, costos de materiales, mano de obra, imprevistos y gastos administrativos podemos elaborar el flujo de caja proyectada.

El cálculo detallado del flujo de caja, TIR, VPN y la PRI se pueden observar en el Apéndice C.1.

En el Apéndice C.1.1 en el flujo de caja proyectada podemos ver que en el año cero se tiene una pérdida, dando una utilidad negativa después del impuesto con un valor de **106.572.600** de guaraníes, y a partir del siguiente año se cuenta con una utilidad positiva después del impuesto con un valor de **84.051.900** guaraníes que se va manteniendo en los años posteriores.

6.11.3.2. Determinación de la tasa interna de rendimiento (TIR)

Una vez obtenido el Flujo de Caja proyectada se calcula la Tasa Interna de Retorno o rentabilidad de una inversión. Es decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá la inversión para el nuevo esquema de protección en Baja Tensión en la empresa MERCO S.A. Según el cálculo realizado en el Apéndice C.1.2, se obtuvo una **TIR** de **74%** por lo que se concluye que el proyecto es rentable.

6.11.3.3. Determinación del valor presente neto (VPN)

Se puede observar en el Apéndice C.1.3, los criterios y fórmulas aplicadas para la obtención de un resultado del Valor Presente Neto con una proyección de 5 años, cuyo valor arroja un monto de:

VPN	Gs 124.182.176
------------	---------------------------------

En donde se concluye que el proyecto es rentable, dado que el $VPN > 0$

6.11.3.4. Determinación del periodo de recuperación de la inversión (PRI)

Utilizando la fórmula para el periodo de recuperación de la inversión realizada en el Apéndice C.1.3, se obtuvo un resultado de:

PRI = 1,27

PRI = 1 año 3 meses y 7 días

Por lo tanto, la inversión destinada para este proyecto se recuperará en un periodo de tiempo muy breve, concluyendo que es rentable.

IV. INGENIERÍA DE DISEÑO

CAPÍTULO 7

7.1. ESTADO ACTUAL DE LAS PROTECCIONES

En la zona de preparación haciendo un relevamiento de los dimensionamientos de las máquinas; en cuanto a la sección del conductor y dimensionamiento de las protecciones se encontraron estos valores citados a continuación.

7.1.1. Ventilador grande zaranda arriba (K27)

La sección actual del conductor es de $4 \times 4 \text{mm}^2$ y la protección actual del ventilador de la zaranda es de 3x35(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.2. Elevador alimentador. Quebrador (k29)

La sección del conductor actual es de $4 \times 4 \text{mm}^2$ y la protección actual del elevador es de 3x35(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.3. MOLINO QUEBRADOR 1

7.1.3.1. Motor 1 Molino Quebrador 1

El conductor del motor numero 1 tiene una sección de $4 \times 10 \text{mm}^2$ y la protección actual del molino quebrador es de $3 \times 80(\text{A})$ fusible tipo NH de la marca Weg.

7.1.3.2. Motor 2 Molino Quebrador 1

La sección del conductor actual es de $4 \times 10 \text{mm}^2$ y la protección actual del motor n° 2 es de $3 \times 63(\text{A})$ fusible tipo NH de la marca Weg.

7.1.4. MOLINO QUEBRADOR 2

7.1.4.1. Motor 1 Molino Quebrador 2

La sección del conductor actual es de $4 \times 10 \text{mm}^2$ y la protección existente del molino quebrador 2 es de $3 \times 125(\text{A})$ fusible tipo NH de la marca Weg.

7.1.4.2. Motor 2 Molino Quebrador 2

La sección del conductor para el molino quebrador 2 es de $4 \times 10 \text{mm}^2$ y la protección actual para esta máquina es de $3 \times 80(\text{A})$ fusible tipo NH de la marca Weg.

7.1.5. ZARANDA 1

7.1.5.1. Motor Alimentador zaranda (K05)

La sección del conductor para el motor de la zaranda es de $4 \times 2 \text{mm}^2$ y la protección actual del motor es de $3 \times 16(\text{A})$ fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

El mismo tipo de conductor y fusible es usado en los sgtes motores:

- Motor separador de pepa 1 (K04)
- **ZARANDA 2**
 - Motor Alimentador zaranda (K03)
 - Motor separador de pepa 2 (K02)
- **ZARANDA 3**
 - Motor Alimentador zaranda (K08)
 - Motor separador de pepa 3 (K07)

- **ZARANDA 4**
 - Motor Alimentador zaranda (K10)
 - Motor separador de pepa 4 (K09)

7.1.6. Caracol de pepa 1 salida zaranda 1-2 (k06)

La sección actual del conductor es de $4 \times 4 \text{mm}^2$ y la protección existente para el motor del caracol es de 3x16(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.7. Caracol de pepa 2 salida zaranda 3-4 (k11)

La sección actual del conductor es de $4 \times 2 \text{mm}^2$ y la protección actual del motor es de 3x16(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.8. Caracol alimentador de pepa a elevador 215 alimentador cocinador de soja (k19)

La sección actual del conductor es de $4 \times 2 \text{mm}^2$ y la protección actual del motor es de 3x16(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.9. Caracol recuperador de pepa zaranda rotativa 1-2 (k16)

La sección del conductor actual del caracol es de $4 \times 4 \text{mm}^2$ y la protección actual del caracol es de 3x16(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.10. ZARANDA ROTATIVA 1

7.1.10.1. Motor Zaranda Rotativa 1 (K13)

La alimentación del motor es un conductor de $4 \times 4 \text{mm}^2$ de sección y la protección actual del motor es de $3 \times 16 \text{(A)}$ fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.11. ZARANDA ROTATIVA 2

7.1.11.1. Motor Zaranda Rotativa 2 (K15)

La alimentación del motor es un conductor de $4 \times 4 \text{mm}^2$ de sección y la protección actual del motor es de $3 \times 16 \text{(A)}$ fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.12. Caracol alimentador de cascarilla a redler (k17)

La sección actual del conductor es de $4 \times 2 \text{mm}^2$ y la protección actual del motor es de $3 \times 16 \text{(A)}$ fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.13. Elevador salida cascarilla a tolva (k30)

La protección actual del motor es de $3 \times 35 \text{(A)}$ fusible tipo **Diazed** de la marca Weg y la sección actual del conductor es de $4 \times 2 \text{mm}^2$.

7.1.14. LAMINADOR 1

7.1.14.1. Motor 1 laminador 1

La sección actual del conductor del motor es de $4 \times 35 \text{mm}^2$ y la protección actual del motor es de $3 \times 315 \text{(A)}$ fusible tipo NH de la marca Weg.

7.1.14.2. Motor 2 laminador 1

La protección actual del motor es de 3x315(A) fusible tipo NH de la marca Weg y la sección actual del conductor del motor es de 4x35mm².

7.1.15. Bomba hidráulica laminador 1

La sección actual del conductor es de 4x4mm² y la protección existente para el motor del caracol es de 3x16(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.16. LAMINADOR 2

7.1.16.1. Motor 1 laminador 2

La sección actual del conductor del motor es de 4x35mm² y la protección actual del motor es de 3x315(A) fusible tipo NH de la marca Weg.

7.1.16.2. Motor 2 laminador 2

La sección actual del conductor del motor es de 4x35mm² y la protección actual del motor es de 3x315(A) fusible tipo NH de la marca Weg.

7.1.17. Bomba hidráulica laminador 2

La alimentación del motor es un conductor de 4x4mm² de sección y la protección actual del motor es de 3x16(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.18. Redler salida laminadora 1-2 (k20)

La sección actual del conductor es de 4x4mm² y la protección existente para el motor del caracol es de 3x16(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.19. Elevador Alimentador Redler Extracción (K32)

La alimentación del motor es un conductor de $4 \times 4 \text{mm}^2$ de sección y la protección actual del motor es de $3 \times 35 \text{(A)}$ fusible tipo **Diazed** de la marca Weg.

7.1.20. Ventilador 1

La sección actual del conductor del motor es de $4 \times 35 \text{mm}^2$ y la protección actual del motor es de $3 \times 315 \text{(A)}$ fusible tipo NH de la marca Weg.

7.1.21. Ventilador 2

La protección actual del motor es de $3 \times 315 \text{(A)}$ fusible tipo NH de la marca Weg y la sección actual del conductor del motor es de $4 \times 35 \text{mm}^2$.

7.2. CÁLCULOS DE LAS PROTECCIONES ADECUADAS

En esta sección se observan los resultados de los cálculos realizados en el **Apéndice B.1.** en donde se analizó la sección del conductor, dimensionamiento de las protecciones y así también la verificación por corrientes, se pueden observar cada una de las diferencias que existen entre el estado actual de las protecciones de las máquinas y según el resultado del cálculo realizado.

7.2.1. Ventilador grande zaranda arriba (K27)

Según el cálculo realizado la sección del conductor para el ventilador de la zaranda debe ser de $4 \times 4 \text{mm}^2$ y la protección para la misma máquina debe ser $3 \times 16 \text{(A)}$ fusible tipo **Diazed** ya que la corriente nominal de carga pico es solo $12,56 \text{(A)}$ lo cual podemos decir que está sobredimensionado la protección existente.

7.2.2. Elevador alimentador. Quebrador (k29)

La sección del conductor para el Elevador alimentador debe ser de $4 \times 4 \text{ mm}^2$ según el cálculo realizado, lo cual tiene una corriente admisible de 38 (A) con aislación XLPE. La protección según el cálculo debe ser de 3x25 (A), ya que la corriente nominal de carga pico es de 20,5(A) fusible tipo **Diazed**; es decir, la protección actual está sobredimensionada.

7.2.3. MOLINO QUEBRADOR 1

7.2.3.1. Motor 1 Molino Quebrador 1

Según el cálculo realizado la sección del conductor para el motor n° 1 debe ser de $4 \times 16 \text{ mm}^2$ con aislación XLPE que tiene una corriente admisible de 91 (A). La protección para el molino quebrador según el cálculo realizado es de 3x80(A) fusible tipo NH de la marca Schneider.

7.2.3.2. Motor 2 Molino Quebrador 1

La sección del conductor para el molino quebrador 1 debe ser de 10 mm^2 según el cálculo, que tiene una corriente admisible de 68 (A) con aislación XLPE de la tabla N°5 del catálogo técnico de INPACO por consiguiente coinciden las secciones de los conductores actual y según el cálculo. La protección del motor n° 2 según el cálculo debe ser de 3x63(A) fusible tipo NH de la marca Schneider, en este caso coinciden las protecciones según el cálculo y la existente.

7.2.4. MOLINO QUEBRADOR 2

7.2.4.1. Motor 1 Molino Quebrador 2

En el cálculo realizado la sección del conductor debe ser de $4 \times 16 \text{mm}^2$ que tiene una corriente admisible de 91(A) con aislación XLPE, de la marca INPACO. Según el cálculo la protección para el motor del molino quebrador 2 debe ser de 3x80 (A) fusible tipo NH de la marca Schneider. Por lo tanto, la protección actual está sobredimensionada ya que cuenta con una protección de 3x125(A).

7.2.4.2. Motor 2 Molino Quebrador 2

Según el cálculo realizado la sección adecuada para el motor es de $4 \times 10 \text{mm}^2$ que tiene una corriente admisible de 68 (A), según el cálculo para el dimensionamiento adecuado de la protección debe ser de 3x63(A) fusible tipo NH de la marca Schneider. Por ende, la protección actual está sobredimensionada ya que la protección actual es de 3x80 (A).

7.2.5. ZARANDA 1

7.2.5.1. Motor Alimentador zaranda (K05)

Según el cálculo realizado y del Reglamento de Baja Tensión de la ANDE la sección mínima de un circuito principal debe ser de $4 \times 4 \text{mm}^2$ que tiene una corriente admisible de 38(A) según el catálogo técnico de INPACO. La protección actual del motor es de 3x16(A) fusible tipo **Diazed**, la protección adecuada para el motor según el cálculo realizado es de 3x10(A) ya que la corriente nominal de carga pico es solo de 4,95(A). Por lo tanto, la protección actual está sobredimensionada.

*El mismo análisis se realiza para los siguientes motores citados abajo ya que poseen un conductor de 2mm² de sección y una protección de 3x16(A) fusible tipo **Diazed**.*

- Motor separador de pepa 1 (K04)
- **ZARANDA 2**
 - Motor Alimentador zaranda (K03)
 - Motor separador de pepa 2 (K02)
- **ZARANDA 3**
 - Motor Alimentador zaranda (K08)
 - Motor separador de pepa 3 (K07)

- **ZARANDA 4**
 - Motor Alimentador zaranda (K10)
 - Motor separador de pepa 4 (K09)

7.2.6. Caracol de pepa 1 salida zaranda 1-2 (k06)

Según el cálculo realizado la sección adecuada para la misma máquina debe ser de 4x4mm² por lo tanto la sección utilizada actualmente es la correcta. La protección adecuada para el motor del caracol según el cálculo debe ser de 3x10(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Schneider. Por lo tanto, la protección actual está sobredimensionada.

7.2.7. Caracol de pepa 2 salida zaranda 3-4 (k11)

En el cálculo realizado la sección adecuada del conductor para el caracol debe ser de 4x4mm² que tiene una corriente admisible de 38 (A) según el catálogo técnico de INPACO. La sección actual del conductor es de 2mm² y según el reglamento de Baja Tensión de la ANDE un circuito principal debe tener como sección mínima 4x4mm² para un circuito trifásico. Según el cálculo la protección adecuada tiene que ser 3x10(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Schneider. Por consiguiente, la protección actual está sobredimensionada.

7.2.8. Caracol alimentador de pepa a elevador 215 alimentador cocinador de soja (k19)

En el cálculo realizado la sección adecuada del conductor para el caracol debe ser de $4 \times 4 \text{mm}^2$ que tiene una corriente admisible de 38 (A) según el catálogo técnico de INPACO. Según el cálculo la protección adecuada tiene que ser 3x10(A) fusible tipo **Diazed** de la marca Schneider. Por consiguiente, la protección actual está sobredimensionada.

7.2.9. Caracol recuperador de pepa zaranda rotativa 1-2 (k16)

Mediante el cálculo la sección adecuada debe ser de $4 \times 4 \text{mm}^2$ que tiene una corriente admisible de 38 (A) según el catálogo técnico de INPACO, según el cálculo la protección adecuada para este motor debe ser 3x10(A) fusible tipo Diazed de la marca Schneider. Por lo tanto, la protección actual está sobredimensionada y si hubiere una falla el motor no podrá ser protegido.

7.2.10. ZARANDA ROTATIVA 1

7.2.10.1. Motor Zaranda Rotativa 1 (K13)

La alimentación adecuada para el motor debe ser un conductor de $4 \times 4 \text{mm}^2$ que tiene una corriente admisible de 38 (A) según el catálogo técnico de INPACO, en el cálculo realizado la protección adecuada debe ser de 3x10(A) fusible tipo Diazed de la marca Schneider. Por lo tanto, podemos decir que la protección actual está sobredimensionada.

7.2.11. ZARANDA ROTATIVA 2

7.2.11.1. Motor Zaranda Rotativa 2 (K15)

La sección adecuada del conductor según el cálculo debe ser de $4 \times 4 \text{mm}^2$ que tiene una corriente admisible de 38 (A) según el catálogo técnico de INPACO, en el cálculo realizado la protección adecuada debe ser de 3x10(A) fusible tipo Diazed de la marca Schneider. Por lo tanto, podemos decir que la protección está sobredimensionada.

7.2.12. Caracol alimentador de cascarilla a redler (k17)

En el cálculo realizado la sección adecuada del conductor para el caracol debe ser de $4 \times 4 \text{mm}^2$ que tiene una corriente admisible de 38 (A) según el catálogo técnico de INPACO. La sección actual del conductor es de 2mm^2 y según el reglamento de Baja Tensión de la ANDE un circuito principal debe tener como sección mínima $4 \times 4 \text{mm}^2$, según el cálculo la protección adecuada tiene que ser 3x10(A) fusible tipo Diazed de la marca Schneider. Por consiguiente, la protección actual está sobredimensionada.

7.2.13. Elevador salida cascarilla a tolva (k30)

En el cálculo realizado la sección adecuada del conductor para el elevador debe ser de $4 \times 4 \text{mm}^2$ que tiene una corriente admisible de 38 (A) según el catálogo técnico de INPACO. La sección actual del conductor es de 2mm^2 y según el reglamento de Baja Tensión de la ANDE un circuito principal debe tener como sección mínima $4 \times 4 \text{mm}^2$. La protección actual del motor es de 35 (A) fusible tipo **Diazed**; según el cálculo la protección adecuada tiene que ser 3x10(A) fusible tipo Diazed de la marca Schneider. Por consiguiente, la protección actual está sobredimensionada.

7.2.14. LAMINADOR 1

7.2.14.1. Motor 1 laminador 1

Según el cálculo realizado la sección adecuada del conductor debe ser de 50mm^2 cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO.

En el cálculo realizado la protección adecuada para el motor debe ser de $3 \times 200(\text{A})$ fusible tipo NH de la marca Schneider. con el cual se podrá proteger la máquina, ya que la Corriente Nominal de Carga Pico del motor es solo de 168 (A). Por consiguiente, se observa que la protección actual está sobredimensionada ya que cuenta con fusibles de $3 \times 315(\text{A})$.

7.2.14.2. Motor 2 laminador 1

Según el cálculo realizado la sección adecuada del conductor debe ser de 50mm^2 cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO.

En el cálculo realizado la protección adecuada para el motor debe ser de $3 \times 200(\text{A})$ fusible tipo NH de la marca Schneider con el cual se podrá proteger la máquina, ya que la Corriente Nominal de Carga Pico del motor es solo de 168 (A). Por consiguiente, se observa que la protección actual está sobredimensionada y los conductores sub dimensionados.

7.2.15. Bomba hidráulica laminador 1

Según el cálculo realizado la sección adecuada para la máquina debe ser de $4 \times 4\text{mm}^2$ por lo tanto la sección utilizada actualmente es la correcta. La protección adecuada para el motor del caracol debe ser de $3 \times 10(\text{A})$ fusible tipo Diazed de la marca Schneider. Por lo tanto, la protección actual está sobredimensionada.

7.2.16. LAMINADOR 2

7.2.16.1. Motor 1 laminador 2

Según el cálculo realizado la sección adecuada del conductor debe ser de 50mm^2 cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO.

En el cálculo realizado la protección adecuada para el motor debe ser de $3 \times 200(\text{A})$ fusible tipo NH de la marca Schneider con el cual se podrá proteger la máquina, ya que la Corriente Nominal de Carga Pico del motor es solo de 168 (A). Por consiguiente, se observa que la protección actual está sobredimensionada.

7.2.16.2. Motor 2 laminador 2

La sección actual del conductor del motor es de 35mm^2 , según el cálculo realizado la sección adecuada del conductor debe ser de 50mm^2 cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO.

En el cálculo realizado la protección adecuada para el motor debe ser de $3 \times 200(\text{A})$ fusible tipo NH de la marca Schneider con el cual se podrá proteger la máquina, ya que la Corriente Nominal de Carga Pico del motor es solo de 168 (A). Por consiguiente, se observa que la protección actual está sobredimensionada ya la protección actual del motor es de $3 \times 315(\text{A})$ fusible tipo NH.

7.2.17. Bomba hidráulica laminador 2

La alimentación del motor según el cálculo la sección adecuada debe ser de $4 \times 4\text{mm}^2$ que tiene una corriente admisible de 38 (A) según el catálogo técnico de INPACO, en el cálculo realizado la protección adecuada debe ser de $3 \times 10(\text{A})$ fusible tipo Diazed de la marca Schneider. Por lo tanto, podemos decir que la protección está sobredimensionada.

7.2.18. Redler salida laminadora 1-2 (k20)

Mediante el cálculo realizado la sección adecuada para la máquina debe ser de $4 \times 4 \text{mm}^2$ por lo tanto la sección utilizada actualmente es la correcta. La protección adecuada según el cálculo debe ser de $3 \times 10 \text{(A)}$ fusible tipo **Diazed** de la marca Schneider. Por lo tanto, la protección actual está sobredimensionada.

7.2.19. Elevador Alimentador Redler Extracción (K32)

Según el cálculo la sección adecuada del conductor debe ser de $4 \times 4 \text{mm}^2$ que tiene una corriente admisible de 38 (A) según el catálogo técnico de INPACO, en el cálculo realizado la protección adecuada debe ser de $3 \times 20 \text{(A)}$ fusible tipo **Diazed** de la marca Schneider. Por lo tanto, podemos decir que la protección está sobredimensionada.

7.2.20. Ventilador 1

Mediante el cálculo realizado la sección adecuada del conductor debe ser de 50mm^2 cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO.

En el cálculo realizado la protección adecuada para el motor debe ser de $3 \times 200 \text{(A)}$ fusible tipo NH de la marca Schneider con el cual se podrá proteger la máquina, ya que la Corriente Nominal de Carga Pico del motor es solo de 168 (A). Por consiguiente, se observa que la protección actual está sobredimensionada.

7.2.21. Ventilador 2

La protección adecuada para el motor mediante el cálculo realizado debe ser de $3 \times 200 \text{(A)}$ fusible tipo NH de la marca Schneider con el cual se podrá proteger la máquina, ya que la Corriente Nominal de Carga Pico del motor es solo de 168 (A). Por consiguiente, se observa que la protección actual está sobredimensionada.

Según el cálculo realizado la sección adecuada del conductor debe ser de 50mm² cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO.

7.3. Relevamiento de las clases de servicio de las protecciones

Realizando un relevamiento de las protecciones actuales de los motores se pudo constatar que son fusibles tipo **NH y Diazed**, para los motores con protección hasta 35 (A) se utilizan los fusibles tipo Diazed de clase gL-gG y para los motores con protección de 63(A) para arriba se utilizan los fusibles tipo NH de clase gL-gG.

Los cartuchos fusibles de cuchilla (NH) clase gG de uso general, con indicador superior. Estos cartuchos de alto poder de corte están indicados para la protección de *líneas o equipos* tanto ante sobrecargas como cortocircuitos, en tensiones nominales hasta 500V AC (+10%). El poder de corte asignado es de 120 kA.

7.4. Conclusión del estado actual de las protecciones

En conclusión, se puede decir que en la mayoría de los casos las protecciones para cada motor están sobredimensionadas, en ciertas máquinas están bien dimensionadas, pero son ocasiones diminutas. Los dimensionamientos realizados e instalados actualmente son protecciones para otro efecto, de usos generales y no para la correspondiente protección de motores, que se deben corresponder con la clase aM diseñados especialmente para la protección de motores. Así mismo, también en algunos casos los conductores no poseen la sección requerida en correspondencia con la corriente nominal del conductor para el buen funcionamiento y protegido de los motores.

7.5. Análisis de selectividad de protecciones

Hemos analizado el estudio de selectividad dada la situación actual que tiene una protección general de 1600(A) que alimenta a una barra del cual se hace la distribución de todos los circuitos de los motores para las diferentes máquinas.

Las curvas de disparos se pueden observar a partir del Apéndice B.5; en el cual las curvas características tanto de la protección general como la de las protecciones principales de cada motor están superpuestas y analizadas con las corrientes de corto circuito para la verificación de la coordinación y selectividad de todas las protecciones.

Se puede observar que las protecciones tipo fusibles de 16(A) utilizados en los equipos (k05, k04, k03, k02, k08, k07, k10, k09, k06, k11, k19, k16, k13, k15, k17, BHL2, k20), del tipo gG que es de usos generales posee una curva de disparo en el cual la corriente de cortocircuito es menor al poder de corte regulado de la protección general, por lo tanto, la protección de dicho amperaje tiene selectividad total ya que cumple la variación de tiempo de 0,1 segundos según la norma IEC 60947-2.

La protección tipo fusible diazed de 35(A) utilizados en los equipos (k27, k29, k30, k32), también tiene una selectividad total ya que la corriente de cortocircuito está situada antes de la curva de operación de la protección general, por lo tanto, también cumple la norma de selectividad de los dispositivos.

La curva de disparo del dispositivo de protección del tipo gG NH de 63A utilizado en el equipo (M2Q1), se cruza con la curva de operación de la protección general de 1600(A), en la escala de los 2000(A), la corriente de cortocircuito trifásico de la protección aguas arriba del motor está situado después de la curva de operación de la protección general y no cumple con la norma de selectividad de las protecciones por lo tanto no posee selectividad total.

De la misma forma la protección aguas arriba del motor, fusible del tipo gG NH de 80(A) que son utilizados en los equipos (M1Q1, M2Q2), la curva de operación que se cruza con la curva de disparo de la protección general de 1600(A), en la escala de los 2200(A) en donde se demuestra que no cumple con la norma de selectividad ya que la corriente de cortocircuito trifásico producido en puerta del motor es superior a la corriente de operación de la protección general por lo tanto no tiene selectividad total.

La curva de operación de la protección tipo fusible gG NH de 125(A) utilizado en el equipo (M1Q2), se cruza con la curva de disparo de la protección general de 1600(A) teniendo una corriente de cortocircuito alrededor de los 10,3(KA) trifásico, la escala en donde se produce el cruce de las curvas de operaciones de las protecciones está ubicado en torno a los 2300(A). En este punto se puede observar que no se cumple la norma de selectividad total de los dispositivos de protección.

La protección del 315(A) del tipo fusible gG NH utilizados en los equipos (M1L1, M2L1, M1L2, M2L2, VT1, VT2) posee una curva de disparo que se cruza con la curva de operación de la protección general de 1600(A) en donde se demuestra que no se cumple la norma IEC 60947-2 de selectividad con una variación de tiempo de 0,1 segundos. La corriente de cortocircuito trifásico producido en puerta del motor es más elevada a la corriente de operación de la protección general que ronda los 11,9(KA). Por lo tanto, los dispositivos de protecciones mencionadas no poseen una selectividad total requerida para el correcto funcionamiento y operación de la máquina.

7.6. Adecuación de los dispositivos de protección existentes

Dado que según vimos en apartados que anteceden algunas de las protecciones instaladas actualmente no poseen una buena coordinación y selectividad de las protecciones, o no son del tipo para protección de motores, a continuación se realiza un estudio de dispositivos a ser utilizados de tal modo a asegurar el correcto funcionamiento

de los motores teniendo en cuenta la norma de selectividad y todos los parámetros adecuados para la correspondiente protección contra cortocircuitos y sobrecarga de los mismos. A partir del Apéndice B.1 se pueden observar en los cálculos correspondientes.

Para los motores (K23, K24, K22, K01, K05, K04, K03, K02, K08, K07, K10, K09, K06, K11, K19, K16, K13, K15, K17, BHL2, K20), se utilizarán fusibles tipo Diazed aM de 10(A) de la marca Schneider diseñado especialmente para motores, un Relé térmico con disparo de clase 10 y un Contactor con coordinación del tipo 2 ambos de la marca Schneider, estos cálculos se pueden observar en el Apéndice B.1 y Apéndice B.18 analizado y realizado el cálculo de forma manual y según el Software de Schneider, las características del cartucho fusible se puede observar en el Apéndice B.5 (Tabla B.6).

Las curvas de disparos de los fusibles tipo Diazed de 10(A) se puede observar en el Apéndice B.5 (Figura B.1), donde consta que la curva de operación de los fusibles de 10(A) y la protección principal tienen coordinación y selectividad, ya que la corriente de cortocircuito monofásica oscila alrededor de 0,6(KA) y la corriente de cortocircuito trifásica entorno a los 24,99(KA). Por lo tanto, cumple con la norma de selectividad de las protecciones.

Los motores (k27, k28, k30, k32) utilizarán fusible tipo Diazed aM de 16(A) diseñado especial para motor, contactor con coordinación del tipo 2 y un Relé térmico con disparo de clase 10, todos de la marca Schneider, estos cálculos se pueden observar en el Apéndice B.1 y Apéndice B.18 analizado y realizado el cálculo de forma manual y según el Software de Schneider, las características del cartucho fusible se pueden observar en el Apéndice B.6 (Tabla B.8).

Las curvas de operación de los fusibles tipo Diazed de 16(A) se pueden observar en el Apéndice B.6 (Figura B.2), en donde se puede visualizar que la protección principal y los fusibles de protección aguas abajo de los motores tienen coordinación y selectividad, en el cual la corriente de cortocircuito monofásica se sitúa alrededor de 0,66(KA) y la corriente

de cortocircuito trifásica alrededor de 24,99(KA). Por consiguiente, cumple con la norma de selectividad de las protecciones.

Para los motores (k29, k31) se utilizarán protecciones de la marca Schneider, fusibles tipo Diazed aM de 32(A) diseñado principalmente para motores, un Contactor con coordinación del tipo 2 y un relé térmico con disparo de clase 10, estos cálculos se pueden observar en el Apéndice B.1 y Apéndice B.18 analizado y realizado el cálculo de forma manual y según el Software de Schneider, la característica del cartucho fusible se puede observar en el Apéndice B.7 (Tabla B.10).

En el mismo Apéndice B.7 se pueden observar las curvas de operaciones de las protecciones tipo fusible Diazed de 32(A) y la protección principal de 1600(A) tienen coordinación y selectividad, donde la corriente de cortocircuito monofásico ronda por los 0,98(KA) y la corriente de cortocircuito trifásica 24,99(KA). Por lo tanto, cumple con la norma de selectividad de las protecciones.

Los motores (M2 Q1, M2 Q2) utilizarán protecciones, tales como fusibles tipo NH aM de 63(A) de la marca Schneider diseñado especialmente para motores, un Relé térmico con disparo de clase 10 y un Contactor con coordinación del tipo 1 ambos de la marca Schneider, estos cálculos se pueden observar en el Apéndice B.1 y Apéndice B.18 analizado y realizado el cálculo de forma manual y según el Software de Schneider, las características del cartucho fusible del Contactor y del relé se puede observar en el Apéndice B.8 (Tabla B.12).

Las curvas de disparos de los fusibles tipo NH de 63(A) se puede observar en el Apéndice B.8 (Figura B.4), donde consta que la curva de operación de los fusibles de 63(A) y la protección principal tienen coordinación y selectividad, ya que la corriente de cortocircuito monofásica oscila alrededor de 1,70(KA) y la corriente de cortocircuito trifásica entorno a los 24,99(KA). Por lo tanto, cumple con la norma de selectividad de las protecciones.

Para los motores (M1 Q1, M2 Q1) se utilizarán protecciones de la marca Schneider, fusibles tipo NH aM de 80(A) diseñado principalmente para motores, un Contactor con coordinación del tipo 1 y un relé térmico con disparo de clase 10, estos cálculos se pueden observar en el Apéndice B.1 y Apéndice B.18 analizado y realizado el cálculo de forma manual y según el Software de Schneider, la característica del cartucho fusible se puede observar en el Apéndice B.9 (Tabla B.14).

En el mismo Apéndice B.9 se pueden observar las curvas de operaciones de las protecciones tipo fusible NH de 80(A) y la protección principal de 1600(A) tienen coordinación y selectividad, donde la corriente de cortocircuito monofásico ronda por los 2,62KA y la corriente de cortocircuito trifásica 24,99(KA). Por lo tanto, cumple con la norma de selectividad de las protecciones.

El motor (C SOJA) utilizará fusible tipo NH aM de 125(A) diseñado especial para motor, Contactor con coordinación del tipo 1 y un Relé térmico con disparo de clase 10, todos de la marca Schneider, este cálculo se puede observar en el Apéndice B.1 y Apéndice B.18 analizado y realizado el cálculo de forma manual y según el Software de Schneider, las características del cartucho fusible se pueden observar en el Apéndice B.10 (Tabla B.16).

Las curvas de operación del fusible tipo NH de 125(A) se puede observar en el Apéndice B.10 (Figura B.6), en donde se puede visualizar que la protección principal y el fusible de protección aguas abajo del motor tienen coordinación y selectividad, en el cual la corriente de cortocircuito monofásica se sitúa alrededor de 2,31(KA) y la corriente de cortocircuito trifásica alrededor de 24,99(KA). Por ende, cumple con la norma de selectividad de las protecciones.

Para los motores (M1 L1, M2 L1, M1 L2, M2 L2, VT1, VT2) se utilizarán protecciones de la marca Schneider, fusibles tipo NH aM de 200(A) diseñado principalmente para motores, un Contactor con coordinación del tipo 1 y un relé térmico con disparo de clase

10, estos cálculos se pueden observar en el Apéndice B.1 y Apéndice B.18 analizado y realizado el cálculo de forma manual y según el Software de Schneider, la característica del cartucho fusible se puede observar en el Apéndice B.11 (Tabla B.18).

En el mismo Apéndice B.11 (Figura B.7) se pueden observar las curvas de operaciones de las protecciones tipo fusible NH de 80(A) y la protección principal de 1600(A) tienen coordinación y selectividad, donde la corriente de cortocircuito monofásico ronda por los 3,76(KA) y la corriente de cortocircuito trifásica 24,99(KA). Por lo tanto, cumple con la norma de selectividad de las protecciones.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la implementación del nuevo esquema de protección en la instalación de Baja Tensión de la empresa MERCO S.A., se garantiza la confiabilidad en la cadena de producción de la industria MERCO S.A. teniendo así un impacto directo en el beneficio económico y social de la empresa. Se evitan pérdidas económicas por paradas, accidentes de operarios y el costo por mantenimiento.

Según los cálculos realizados se demuestran que las protecciones tipos fusibles y conductores actuales están sobredimensionados y utilizan protecciones para otro efecto, de usos generales y no para la correspondiente protección de motores, así también en algunos casos los conductores no poseen la sección requerida respetando la corriente nominal del conductor para el buen funcionamiento y protegido de los motores.

En comparación con trabajos anteriores, se proporcionó la información necesaria para la elección de las protecciones adecuadas según requerimientos y conocer los diferentes tipos de protección que pueden aplicarse a las instalaciones eléctricas.

Con el esquema diseñado se observa que se cumple la selectividad de las protecciones, ya que se tiene en cuenta las normas estipuladas para tal efecto, y se utilizan los equipos adecuados para la protección de motor tales como fusibles tipo aM, contactores y relés dimensionados según cálculos realizados en el proyecto.

En la evaluación económica, mediante el flujo de caja, la TIR, VPN Y PRI se demuestra que el proyecto es viable y la inversión para el mismo será recuperada en un periodo de tiempo muy corto, demostrándose también que el costo es muy pequeño en comparación a la ganancia que va generar el cambio de las protecciones de los motores.

VI. CONCLUSIONES

Con este trabajo se concluye que la solución al problema existente en la empresa MERCO S.A., reconociendo el estado actual de las protecciones mencionados en capítulos anteriores es el cambio del esquema de protección actual al nuevo esquema de protección realizado mediante cálculos detallados atendiendo a las normas de coordinación y selectividad de las protecciones.

Por medio de este análisis se identificó que la alternativa más favorable es el cambio de las protecciones tipo fusibles gL-gG para usos generales por los fusibles tipo aM específicamente diseñado para protección de motores eléctricos. Por lo tanto, se seleccionó esta alternativa y con esto se logra mejorar la coordinación, disminuir las fallas de las protecciones y así garantizar la protección del motor. Se descarta la posibilidad de que haya algún tipo de cese en la producción y con la coordinación y selectividad realizada certificar la protección de las maquinarias del sector afectado que se denomina Preparación de semillas, con esto evitamos accidentes de trabajo de las personas que se hallan en el lugar y otras situaciones que puedan afectar el buen funcionamiento de la organización y por ende la productividad empresarial.

Mediante la evaluación económica se demuestra la viabilidad del proyecto teniendo un costo de implementación bajo y un alto valor de la ganancia, por lo tanto, se concluye que el proyecto con la solución planteada es rentable.

VII. RECOMENDACIONES

En base al análisis realizado en este proyecto se recomienda la realización de los siguientes puntos:

- El cambio del esquema de protección actual que se tiene en la zona denominada Preparación de semillas de la empresa MERCO S.A., reemplazando con el nuevo esquema de protección realizado en capítulos anteriores con los correspondientes equipos de protecciones adecuadas para la industria según las normas internacionales para tal efecto.
- La realización de estudios similares para las demás zonas de producción de la empresa, con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas en el resto del complejo industrial.

VIII. APÉNDICE

Apéndice A: Resumen ejecutivo

Apéndice A.1: Determinación de los costos de materiales

En esta sección se desarrolla los costos detallados de todos los materiales a ser utilizado en la implementación del nuevo esquema de protección con los equipos de protecciones adecuados para la correspondiente protección de los motores por falta de coordinación y selectividad. En la siguiente tabla A.1 se muestran los detalles.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	FUSIBLE DIN/aM 10 (A) SCHNEIDER	21	45.000	945.000
2	FUSIBLE DIN/aM 16 (A) SCHNEIDER	4	45.000	180.000
3	FUSIBLE DIN/aM 32 (A) SCHNEIDER	2	45.000	90.000
4	FUSIBLE NH/aM 63 (A) SCHNEIDER	2	65.000	130.000
5	FUSIBLE NH/aM 80 (A) SCHNEIDER	2	70.000	140.000
6	FUSIBLE NH/aM 125 (A) SCHNEIDER	1	80.000	80.000
7	FUSIBLE NH/aM 200 (A) SCHNEIDER	6	100.000	600.000
8	CONTACTOR LC1D09 SCHNEIDER	15	130.000	1.950.000
9	CONTACTOR LC1D12 SCHNEIDER	2	155.000	310.000
12	CONTACTOR LC1D25 SCHNEIDER	12	265.000	3.180.000
11	CONTACTOR LC1D50A SCHNEIDER	4	590.000	2.360.000
10	CONTACTOR LC1D80 SCHNEIDER	2	870.000	1.740.000
13	CONTACTOR LC1F185 SCHNEIDER	6	2.230.000	13.380.000
14	CONTACTOR LC1D115 SCHNEIDER	7	1.145.000	8.015.000
15	RELÈ TÉRMICO LRD16 SCHNEIDER	2	215.000	430.000
16	RELÈ TÉRMICO LTMR08 SCHNEIDER	15	215.000	3.225.000
17	RELÈ TÉRMICO LRD3359 SCHNEIDER	2	400.000	800.000
18	RELÈ TÉRMICO LRD350 SCHNEIDER	2	400.000	800.000
19	RELÈ TÉRMICO LRD22 SCHNEIDER	2	240.000	480.000
20	RELÈ TÉRMICO LR9F5369 SCHNEIDER	6	980.000	5.880.000
21	RELÈ TÉRMICO LTMR27 SCHNEIDER	8	300.000	2.400.000
22	RELÈ TÉRMICO LR9D5367 SCHNEIDER	1	980.000	980.000
23	PORTA FUSIBLE INFD400 DE 3 POLOS HASTA 35A	27	180.000	4.860.000
24	PORTA FUSIBLE INFD400 DE 3 POLOS HASTA 160A	5	400.000	2.000.000
25	PORTA FUSIBLE INFD400 DE 3 POLOS 200A	6	1.100.000	6.600.000

26	CABLE INPAVINIL FLEX XLPE DE 4X4mm ²	470	15.000	7.050.000
27	CABLE INPAVINIL FLEX XLPE DE 4X16mm ²	80	45.000	3.600.000
28	CABLE INPAVINIL FLEX XLPE DE 4X50mm ²	380	160.000	60.800.000
29	MATERIALES MENORES	1	12.000.000	12.000.000
COSTO TOTAL EN Gs.				145.005.000

Tabla A 1: Detalles de los costos de materiales.

En la tabla A.1, se detallan los materiales necesarios para el cambio de las protecciones existentes como los fusibles tipo Diazed/aM y NH/aM de la marca Schneider con las capacidades correspondientes para cada motor de acuerdo a las potencias. Los portafusibles con las características específicas de 3 polos de la marca Schneider, los contactores y relés térmicos que irán asociados a los fusibles para la protección de los motores.

Las protecciones existentes en la empresa MERCO S.A., serán sustituidos completamente por los nuevos materiales de la marca Schneider que cumplen con las normas de selectividad de las protecciones por lo que podemos garantizar el correcto funcionamiento y proceso de operación de las protecciones de los motores y avalar la seguridad de los operarios de la fábrica.

Apéndice A.2: Determinación de la mano de obra

En este apartado se evalúa los costos de mano de obras requeridas para la realización del proyecto de análisis y diseño del esquema de protección en la instalación de baja tensión de la empresa MERCOS S.A., realizando los cálculos detallados de cada motor existente en la zona denominada Preparación de semillas, analizando las corrientes admisibles de cada conductor, las caídas de tensiones con los factores de correcciones para los conductores, el dimensionamiento de las protecciones con un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida durante el arranque y el funcionamiento posterior.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD EN DIAS	PRECIO UNITARIO EN Gs.	PRECIO TOTAL
1	MANO DE OBRA TECNICO ELECTROMECHANICO	38	600.000	22.800.000
2	INGENIERIA PARA EL ANALISIS Y DESARROLLO DEL PROYECTO	120	450.000	54.000.000
Costo total en Gs.				76.800.000

Tabla A 2: Costos de manos de obras.

En la tabla A.2 se muestra los costos de mano de obra individualizados del ingeniero junior con los días necesarios para la elaboración, supervisión del proyecto, así como de la mano de obra del técnico electromecánico para la instalación y montaje de los nuevos equipos en el tablero de Baja tensión con los días requeridos para el reemplazo de las protecciones existentes en la empresa.

Apéndice A.3: Determinación de las pérdidas de los derivados de la soja.

En este apéndice se observa las pérdidas que tendría la empresa debido a un fallo de las protecciones, que se requiere de un periodo de tiempo de 2 (dos) para el reemplazo de las protecciones averiadas por los nuevos equipos de protección. Con la solución planteada estos montos citados a continuación se considerarán como un beneficio para la empresa mediante la implementación del nuevo esquema de protección. El cambio total de las protecciones se prevé realizar en el periodo de las paradas programadas por la empresa para no generar pérdidas de los días hábiles de trabajo que acarrearía una suma multimillonaria de dinero a la institución.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD EN TONELADA	PRECIO UNITARIO EN Gs.	PRECIO TOTAL
1	PÉRDIDA EN PRODUCCIÓN DE ACEITE DE SOJA EN 2 HORAS POR CAMBIO DE PROTECCIONES AVERIADAS.	9,2	4.640.000	42.688.000
2	PÉRDIDA EN PRODUCCIÓN DE HARINA DE SOJA EN 2 HORAS POR CAMBIO DE PROTECCIONES AVERIADAS.	32	2.204.000	70.528.000
3	PÉRDIDA EN PRODUCCIÓN DE PELLET DE SOJA EN 2 HORAS POR CAMBIO DE PROTECCIONES AVERIADAS.	3	725.000	2.175.000
Costo total pérdida de producción en Gs.				115.391.000

Tabla A 3: Costos de pérdidas de producción.

En la tabla A.3 se muestran las pérdidas de las producciones de aceite, harina y pellet de la soja en un periodo de 2 (dos) horas durante el cambio de las protecciones averiadas por los nuevos equipos de protección. Estas pérdidas fueron datos reales proveídos por la empresa MERCOS S.A. teniendo en cuenta una tasa de trabajo de 550TN/Día de semillas.

Apéndice A.4: Determinación del mantenimiento preventivo anual.

El mantenimiento preventivo de las protecciones de baja tensión que serán instaladas se realizará de forma anual con los trabajos siguientes: limpieza de los contactos, reapriete de los terminales, verificación de puntos calientes, entre otros, aprovechando las paradas programadas de la empresa para no generar pérdidas en la producción de los derivados de la soja.

En la tabla A 3 se observa los días requeridos para el trabajo de mantenimiento de las protecciones del nuevo esquema.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD EN DIAS	PRECIO UNITARIO EN Gs.	PRECIO TOTAL
1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL DE LAS PROTECCIONES	10	1.000.000	10.000.000
Costo total mantenimiento preventivo en Gs.				10.000.000

Tabla A 4: Costos de mantenimiento preventivo anual.

Apéndice B: Ingeniería de diseño

Apéndice B.1: Cálculo para Protección y Dimensionamiento de una Máquina

B.1.1. Zaranda limpiadora A (K23)

Datos

$$L = 50\text{m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 1 \text{ HP} = 750\text{W}$$

$$E = 380\text{V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 750 * 50}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0.231 \text{ mm}^2$$

La sección del conductor 0.231 mm^2 no existe comercialmente por lo que adoptaremos 4 conductores de 4 mm^2 ($4 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO, que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38(\text{A})$.

Verificación por corriente admisible

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 750 * 50}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,116\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,116\%$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se calcula por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{750}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 1,34 \text{ (A)}$$

$$IN < I_{ad}$$

$$1,34 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 1,34 * 1,25$$

$$\text{INCP} = 1,675 \text{ (A)}$$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$1,675 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación cumple perfectamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el cálculo de dimensionamiento para la protección de la máquina se multiplica por la corriente nominal de carga un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida durante el arranque y el funcionamiento posterior.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 1,34 * 1,15$$

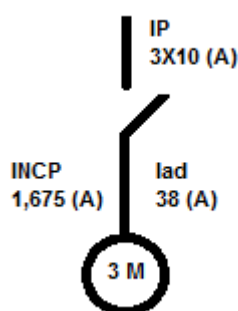
$$\text{IP} = 1,541 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$1,675(A) > 1,541 (A)$$

Según la desigualdad la INCP es mayor a la IP por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10A) de la marca Schneider

Verificación por corriente



$$INCP < IP < lad$$

$$1,675(A) < 10 (A) < 38(A)$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < lad$ por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.2. Zaranda limpiador B (K24)

Datos

$$L = 50m$$

$$S = ?$$

$$e\% = 2\%$$

$$P = 1 \text{ HP} = 750W$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$K = 100$$

$$E = 380V$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 750 * 50}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0.231 \text{ mm}^2$$

La sección del conductor 0.231 mm² no existe comercialmente por lo que adoptaremos 4 conductores de 4 mm² (4x4 mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO, que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38(A)$.

Verificación por corriente admisible

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 750 * 50}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,116\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,116\%$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se calcula por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{750}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 1,34 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$1,34 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 1,34 * 1,25$$

$$INCP = 1,675 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$1,675 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación cumple perfectamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el cálculo de dimensionamiento para la protección de la máquina se multiplica por la corriente nominal de carga un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida durante el arranque y el funcionamiento posterior.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 1,34 * 1,15$$

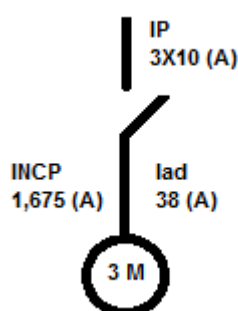
$$IP = 1,541 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$1,675 \text{ (A)} > 1,541 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad la INCP es mayor a la IP por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$1,675 \text{ (A)} < 10 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < lad$ por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.3. Ventilador grande zaranda arriba (K27)**Datos**

$L = 45\text{m}$

$\rho_{cu} = 56$

$P = 7,5\text{HP} = 5625\text{W}$

$E = 380\text{V}$

$K = 100$

$e\% = 2\%$

$S = ?$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 5625 * 45}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$S = 1,57 \text{ mm}^2$

La sección del conductor $1,57 \text{ mm}^2$ no se encuentra comercialmente por lo tanto adoptaremos 3 conductores de 4 mm^2 ($3 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación de XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO con una corriente admisible de $I_{ad} = 38 \text{ (A)}$.

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 5625 * 45}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,78\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,78\%$$

Se puede observar que la verificación por caída de tensión cumple la desigualdad de caída de tensión adoptada mayor a la caída de tensión del cálculo.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{5625}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 10,05 \text{ (A)}$$

$$IN < I_{ad}$$

$$10.05 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

La verificación realizada por corriente admisible se puede observar que cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor elegido.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido y corregido para aguantar las corrientes picos producidos por el arranque de la máquina.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 10.05 * 1,25$$

$$\text{INCP} = 12.56 \text{ (A)}$$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$12.56 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con esta verificación podemos ver que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor adoptado

Cálculo de dimensionamiento de la protección

Para realizar este cálculo existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 115% con el cual la maquina podrá estar protegida.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 10.05 * 1,15$$

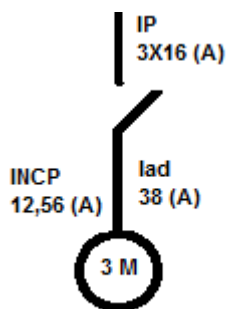
$$\text{IP} = 11.56 \text{ (A)}$$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$12,56 \text{ (A)} > 11,56 \text{ (A)}$$

Observamos que la INCP es mayor a la IP por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible tipo diazed (3x16A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < Iad$$

$$12,56 (A) < 16(A) < 38 (A)$$

Con esta verificación podemos observar que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < Iad$ por lo que podemos afirmar que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.4. Ventilador chico zaranda arriba (K22)

Datos

$$L = 40 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$$

$$E = 380\text{V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 736 * 40}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,182 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente un conductor de $0,182 \text{ mm}^2$ de sección adoptaremos 4 conductores de 4 mm^2 ($4 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible $I_{ad} = 38 \text{ (A)}$

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 736 * 40}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,09\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,09\%$$

Según la verificación por caída de tensión se cumple la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{736}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 1,32 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$1,32 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con la verificación hecha se puede observar que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección que es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 1,32 * 1,25$$

$$INCP = 1,65 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$1,65 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con la verificación hecha podemos observar que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto en el

arranque o durante el funcionamiento de la máquina el conductor va estar en condiciones para el trabajo.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga para la protección de la máquina cuyo valor es 115%.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 1,32 * 1,15$$

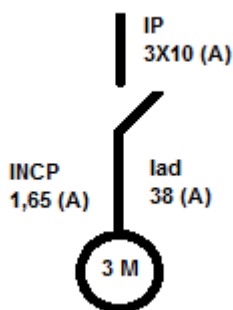
$$IP = 1,52 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$1,65 \text{ A} > 1,52 \text{ A}$$

Con esta verificación observamos que la corriente nominal de carga pico (INCP) es mayor a la corriente de protección (IP) por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible tipo Diazed (3x10A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < I_{ad}$$

$$1,65 (A) < 10(A) < 38 (A)$$

Con esta verificación podemos observar que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.5. ELEVADOR ENTRADA TOLVA 202 (K28)

Datos

$$L = 35 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 7,5 \text{ CV} = 5520 \text{ W}$$

$$E = 380\text{V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 5520 * 35}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$S = 1,195\text{mm}^2$

Como no existe comercialmente el conductor de 1,195 mm² adoptaremos 4 conductores de 4mm² (4X4 mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de 38 (A).

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 5520 * 35}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,6\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,6\%$$

Según esta verificación podemos observar que se cumple la desigualdad de caída de tensión adoptado mayor que la caída de tensión del cálculo.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * V_N * I_N * \cos\varphi$$

$$I_N = \frac{p}{\sqrt{3} * V_N * \cos\varphi} = \frac{5520}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$I_N = 9,87 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$9,87 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con esta verificación podemos ver que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 9,87 * 1,25$$

$INCP = 12,33(\text{A})$

$$INCP < I_{ad}$$

$$12,33 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con esta verificación observamos que la INCP es menor a la I_{ad} del conductor por lo tanto se cumple la desigualdad requerida.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el dimensionamiento para la protección existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga para la protección de la máquina cuyo valor es 115%

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 9,87 * 1,15$$

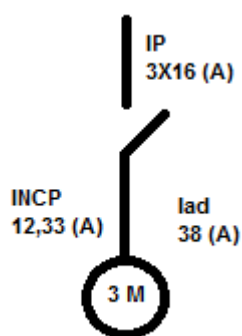
$IP = 11,35 \text{ (A)}$

$$INCP > IP$$

$$12,33 > 11,35$$

Según esta verificación la INCP es mayor que la IP para la maquina por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x16 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < Iad$$

$$12,33 \text{ (A)} < 16 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Con esta verificación observaremos que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.6. CARACOL SALIDA TOLVA 202 (K01)

Datos

$$L = 25 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 2 \text{ CV} = 1472 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 1472 * 25}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,23 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente un conductor de $0,23 \text{ mm}^2$ adoptaremos 3 conductores de 4 mm^2 ($3 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico INPACO que tiene una $I_{ad} = 38 \text{ (A)}$.

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 1472 * 25}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,11\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,11\%$$

Según la verificación por caída de tensión se cumple la desigualdad de caída de tensión adoptado mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se debe calcular por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{1472}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 2,63 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$2,63 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Observando esta verificación podemos decir que cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

$$INCP = INC * 1,25$$

$$\text{INCP} = 2,63 * 1,25$$

$\text{INCP} = 3,29 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$3,29 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con la verificación hecha se observa que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto se calcula el dimensionamiento para la protección.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 115%.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 2,63 * 1,15$$

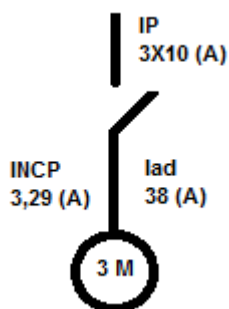
$\text{IP} = 3,02 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$3,29 \text{ A} > 3,02 \text{ A}$$

Según la desigualdad la corriente nominal de carga pico es mayor a la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible tipo diazed (3x10 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < Iad$$

$$3,29 \text{ (A)} < 10 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto se puede decir que la protección y los conductores adoptados para ésta máquina son válidos.

B.1.7. ELEVADOR ALIMENTADOR QUEBRADOR (K29)

Datos

$$L = 35 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 12,5 \text{ CV} = 9200 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 9200 * 35}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 1,99 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente un conductor de 1,99 mm² adoptaremos 3 conductores de 4mm² con aislación de XLPE de catálogo técnico de INPACO de la tabla n^o 5 que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38$ (A)

Verificación por Caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 9200 * 35}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,99\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,99\%$$

Según la verificación por caída de tensión se cumple correctamente la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente de admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{9200}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 16,44 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$16,44 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Verificando por corriente admisible cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Este cálculo se realiza multiplicando la corriente nominal de carga por un factor de corrección cuyo valor es 125% con el cual el conductor podrá estar protegido y corregido.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 16,44 * 1,25$$

$$INCP = 20,55 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$20,55 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor al corriente admisible adoptado según la verificación realizada.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección se multiplica la corriente nominal de carga por un factor de seguridad que tiene un valor de 115% para que la maquina pueda estar protegida.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 16,44 * 1,15$$

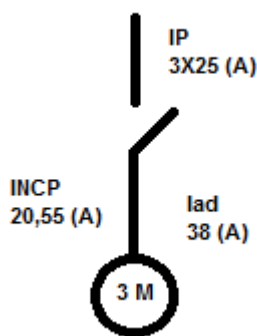
$$IP = 18,906 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$20,55 \text{ A} > 18,906 \text{ A}$$

Como no existe comercialmente una llave de protección de 18,906 (A) y como la corriente nominal de carga pico es mayor a la corriente de protección adoptaremos un interruptor en caja moldeada de (3 x 25 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$20,55 \text{ (A)} < 25 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corrientes se cumple la desigualdad de $INCP < IP < I_{ad}$ por lo tanto se puede decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para la máquina

B.1.8. MOLINO QUEBRADOR 1

B.1.8.1. MOTOR 1 MOLINO QUEBRADOR 1

Datos

$$L = 30 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 40 \text{ HP} = 30.000 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 30.000 * 30}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 5,56 \text{ mm}^2$$

Como no existe un conductor de $5,56 \text{ mm}^2$ de sección comercialmente adoptaremos $(3 \times 6 \text{ mm}^2)$ 3 conductores de 6 mm^2 que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 49 \text{ (A)}$ con aislación de XLPE tabla n° 5 del catálogo técnico INPACO.

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 30000 * 30}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 1,85\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,85\%$$

Cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptado es mayor que la caída de tensión del cálculo requerida por el reglamento de la ANDE.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{30000}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 53,62 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$53,62 \text{ A} < 49\text{A}$$

Haciendo esta verificación se observa que no cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor; por lo tanto, adoptaremos un conductor de sección mayor el cual es 16 mm² cuya corriente admisible es 91 (A)

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga (INC) se multiplica por un factor de corrección que es 125% para corregir el conductor.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 53,62 * 1,25$$

$$\text{INCP} = 67,025 \text{ (A)}$$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$67,025 < 91 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección, la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de seguridad cuyo valor es 115%.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 53,62 * 1,15$$

$$\text{IP} = 61,6 \text{ (A)}$$

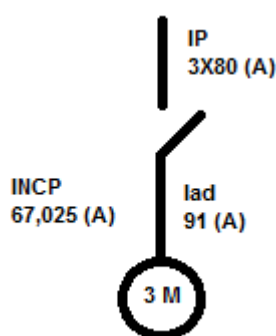
$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$67,025 \text{ A} > 61,6 \text{ A}$$

Según esta desigualdad la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente de protección por lo tanto adoptaremos un interruptor fusible tipo NH de (3x80 A) de la

marca Schneider. Por consiguiente, adoptaremos un conductor de mayor sección con una mayor admisibilidad que el adoptado anteriormente, dicho conductor va ser de $(3 \times 16 \text{ mm}^2)$ con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de 91 (A).

Verificación por corrientes



$$\text{INCP} < \text{IP} < \text{lad}$$

$$67,025 \text{ (A)} < 80 \text{ (A)} < 91 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corrientes cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor adoptado por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos.

B.1.8.2. MOTOR 2 MOLINO QUEBRADOR 1

Datos

$$L = 35 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 30 \text{ HP} = 22500 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

S =?

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 22500 * 35}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 4,87 \text{ mm}^2$$

La sección 4,87 mm² del conductor no existe comercialmente por lo tanto adoptaremos 3 conductores de 6mm² (3x6 mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 49$ (A)

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 22500 * 35}{56 * (380)^2 * 6}$$

$$e\% = 1,62\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,62\%$$

Se puede observar que la verificación por caída de tensión cumple la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{22500}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 40,2 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$40,2 \text{ (A)} < 49 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corriente admisible se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección del conductor

Para realizar este cálculo existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda ser corregido para su mejor funcionamiento.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 40,2 * 1,25$$

$$INCP = 50,25 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$50,25 \text{ A} < 49 \text{ A}$$

Según esta desigualdad la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente de protección por lo tanto adoptaremos un interruptor de (3x63 A) fijo en caja moldeada de la marca Weg.

Por consiguiente, adoptaremos un conductor de mayor sección con una mayor admisibilidad que el adoptado anteriormente, dicho conductor va ser de (3x10 mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de 68 (A).

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección se multiplica la corriente nominal de carga por un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida para su funcionamiento.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 40,2 * 1,15$$

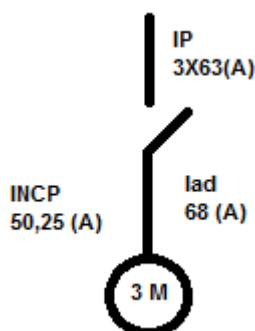
$IP = 46,23 \text{ (A)}$

$$INCP > IP$$

$$50,25 \text{ (A)} > 46,23 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad se observa que la corriente nominal de carga pico es mayor a la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible tipo NH (3x63 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < I_{ad}$$

$$50,25 \text{ (A)} < 63 \text{ (A)} < 68 \text{ (A)}$$

Con esta verificación observamos que se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor, por lo tanto, podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.9. MOLINO QUEBRADOR 2

B.1.9.1. Motor 1 Molino Quebrador 2

Datos

$$L = 40 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 40 \text{ HP} = 30.000 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 30000 * 40}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 7,42 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente el conductor de esta sección adoptaremos 3 conductores de 10 mm² que normalmente se encuentra en el mercado y que tiene una corriente admisible de 68 (A). Utilizando la tabla n° 5 con aislación XLPE del catálogo técnico de INPACO.

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 30000 * 40}{56 * (380)^2 * 10}$$

$$e\% = 1,48\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,48\%$$

Se puede ver que cumple correctamente la desigualdad de caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor a la caída de tensión del cálculo.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * V_N * I_N * \cos\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} \cdot VN \cdot \cos\varphi} = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85}$$

$$IN = 53,6 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$53,6 \text{ A} < 68 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda ser corregido para su mejor funcionamiento.

$$INCP = INC \cdot 1,25$$

$$INCP = 53,6 \cdot 1,25$$

$$INCP = 67 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$67 \text{ A} < 68 \text{ A}$$

Cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto la sección del conductor para alimentar una máquina de 30 HP va ser de (3x10mm²) según la verificación hecha.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de seguridad de valor 115%.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 53,6 * 1,15$$

$IP = 61,64 \text{ (A)}$

$$INCP > IP$$

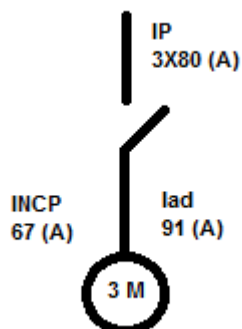
$$67 \text{ A} > 61,64 \text{ A}$$

Como no existe comercialmente una llave de protección de 61,64 (A) adoptaremos el interruptor fusible (3x63 A) de la marca Schneider.

Según la verificación la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor (3x80 A).

Por consiguiente, adoptaremos un conductor de mayor sección con una mayor admisibilidad que el adoptado anteriormente, dicho conductor va ser de (3x16 mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de 91 (A).

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$67 \text{ (A)} < 80 \text{ (A)} < 91 \text{ (A)}$$

Según esta verificación podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.9.2. Motor 2 Molino Quebrador 2

Datos

$$L = 45 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 30 \text{ HP} = 22500 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 22500 * 45}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 6,26 \text{ mm}^2$$

La sección 6,26 mm² del conductor no existe comercialmente por lo tanto adoptaremos 3 conductores de 10mm² (3x10mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 68(A)$

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 22500 * 45}{56 * (380)^2 * 10}$$

$$e\% = 1,25\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,25\%$$

Se puede observar que la verificación por caída de tensión cumple la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * V_N * I_N * \cos\varphi$$

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3} * V_N * \cos\varphi} = \frac{22500}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$I_N = 40,2 (A)$$

$$I_N < I_{ad}$$

$$40,2 \text{ (A)} < 68 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corriente admisible se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección del conductor

Para realizar este cálculo existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda ser corregido para su mejor funcionamiento.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 40,2 * 1,25$$

$\text{INCP} = 50,25 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < I_{ad}$$

$$50,25 \text{ A} < 68 \text{ A}$$

Podemos observar que según esta verificación se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor adoptado para esta máquina.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección se multiplica la corriente nominal de carga por un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida para su funcionamiento.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 40,2 * 1,15$$

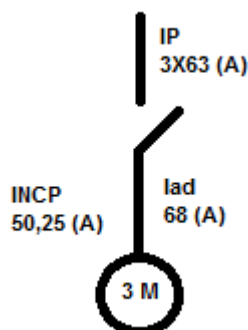
$$IP = 46,23 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$50,25 \text{ (A)} > 46,23 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad se observa que la corriente nominal de carga pico es mayor a la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x63 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$50,25 \text{ (A)} < 63 \text{ (A)} < 68 \text{ (A)}$$

Con esta verificación observamos que se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor

a la corriente admisible del conductor, por lo tanto, podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.10. ZARANDA 1

B.1.10.1. Motor Alimentador zaranda (K05)

Datos

$$L = 30\text{m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 3 \text{ CV} = 2208\text{W}$$

$$E = 380\text{V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 2208 * 30}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$S = 0,4 \text{ mm}^2$

La sección del conductor 0.4 mm^2 no existe comercialmente por lo que adoptaremos 4 conductores de 4 mm^2 ($4 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO, que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38(\text{A})$.

Verificación por corriente admisible

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 2208 * 30}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,20\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,20\%$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se calcula por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{2208}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 3,95 \text{ (A)}$$

$$IN < I_{ad}$$

$$3,95 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 3,95 * 1,25$$

$\text{INCP} = 4,94 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < I_{ad}$$

$$4,94 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación cumple perfectamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el cálculo de dimensionamiento para la protección de la máquina se multiplica por la corriente nominal de carga un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida durante el arranque y el funcionamiento posterior.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 3,95 * 1,15$$

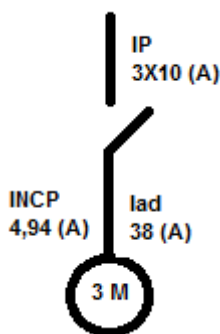
$\text{IP} = 4,54 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$4,94 \text{ (A)} > 4,54 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad la INCP es mayor a la IP y como no existe en el mercado una llave limitadora de 4,54 (A) adoptaremos el interruptor fusible tipo Diazed (3x10A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < I_{ad}$$

$$4,94(A) < 10 (A) < 38(A)$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < I_{ad}$ por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.10.2. Motor separador de pepa 1 (K04)

Datos

$$L = 28m$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 1,5 \text{ CV} = 1104W$$

$$E = 380V$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

S =?

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 1104 * 28}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$S = 0,19 \text{ mm}^2$

La sección del conductor $0,19 \text{ mm}^2$ no existe comercialmente por lo que adoptaremos 3 conductores de 4 mm^2 ($3 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO, que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38(A)$.

Verificación por corriente admisible

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 1104 * 28}{56 * (380)^2 * 4}$$

$e\% = 0,095\%$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,095\%$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se calcula por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{1104}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 1,97 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$1,97 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 1,97 * 1,25$$

$$INCP = 2,46 \text{ (A)}$$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$2,46 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación cumple perfectamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el cálculo de dimensionamiento para la protección de la máquina se multiplica por la corriente nominal de carga un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida durante el arranque y el funcionamiento posterior.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 1,97 * 1,15$$

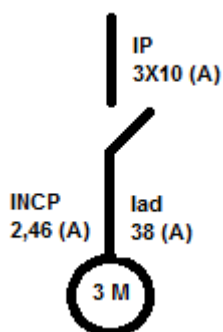
$\text{IP} = 2,27 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$2,46 \text{ (A)} > 2,27 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad la INCP es mayor a la IP por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$2,46 (A) < 10 (A) < 38(A)$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < lad$ por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.11. ZARANDA 2

B.1.11.1. Motor Alimentador zaranda (K03)

Datos

$$L = 28m$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 3 CV = 2208W$$

$$E = 380V$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 2208 * 28}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,38 \text{ mm}^2$$

La sección del conductor $0,38 \text{ mm}^2$ no existe comercialmente por lo que adoptaremos 4 conductores de 4 mm^2 ($4 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO, que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38(A)$.

Verificación por corriente admisible

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 2208 * 28}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,19\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,19\%$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se calcula por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{2208}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 3,95 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$3,95 < 38 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 3,95 * 1,25$$

$$INCP = 4,94 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$4,94 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación cumple perfectamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el cálculo de dimensionamiento para la protección de la máquina se multiplica por la corriente nominal de carga un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida durante el arranque y el funcionamiento posterior.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 3,95 * 1,15$$

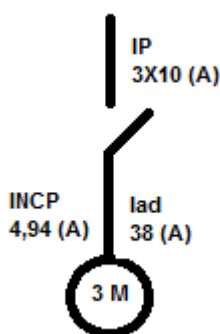
$$IP = 4,54 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$4,94 \text{ (A)} > 4,54 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad la INCP es mayor a la IP por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < I_{ad}$$

$$4,94 (A) < 10 (A) < 38(A)$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < I_{ad}$ por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.11.2. Motor separador de pepa 2 (K02)

Datos

$$L = 25m$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 1,5 \text{ CV} = 1104W$$

$$E = 380V$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 1104 * 25}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$S = 0,17 \text{ mm}^2$

La sección del conductor $0,17 \text{ mm}^2$ no existe comercialmente por lo que adoptaremos 3 conductores de 4 mm^2 ($3 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO, que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38(A)$.

Verificación por corriente admisible

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 1104 * 25}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,08\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,08\%$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se calcula por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{1104}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 1,97 \text{ (A)}$$

$$IN < I_{ad}$$

$$1,97 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 1,97 * 1,25$$

$\text{INCP} = 2,46 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$2,46 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación cumple perfectamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el cálculo de dimensionamiento para la protección de la máquina se multiplica por la corriente nominal de carga un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida durante el arranque y el funcionamiento posterior.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 1,97 * 1,15$$

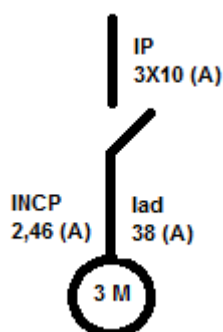
$\text{IP} = 2,27 \text{ (A)}$

$$INCP > IP$$

$$2,46 (A) > 2,27 (A)$$

Según la desigualdad la INCP es mayor a la IP por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < I_{ad}$$

$$2,46 (A) < 10 (A) < 38(A)$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < I_{ad}$ por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.12. Zaranda 3

B.1.12.1. Motor Alimentador zaranda (K08)

Datos

$$L = 33\text{m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 3 \text{ CV} = 2208\text{W}$$

$$E = 380\text{V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 2208 * 33}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,45 \text{ mm}^2$$

La sección del conductor 0,45 mm² no se encuentra comercialmente por lo tanto adoptaremos 4 conductores de 4 mm² (3x4 mm²) con aislación de XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO con una corriente admisible de $I_{ad} = 38$ (A).

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 1104 * 33}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,225\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,225\%$$

Se puede observar que la verificación por caída de tensión cumple la desigualdad de caída de tensión adoptada mayor a la caída de tensión del cálculo.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{2208}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 3,95 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$3,95 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

La verificación realizada por corriente admisible se puede observar que cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor elegido.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido y corregido para aguantar las corrientes picos producidos por el arranque de la máquina.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 3,95 * 1,25$$

$$INCP = 4,93 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$4,93 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con esta verificación podemos ver que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor adoptado

Cálculo de dimensionamiento de la protección

Para realizar este cálculo existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 115% con el cual la maquina podrá estar protegida.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 3,95 * 1,15$$

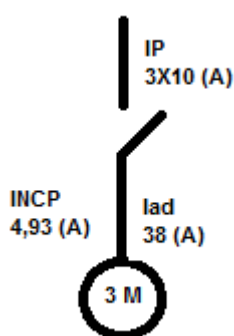
$$IP = 4,5 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$4,93 \text{ (A)} > 4,5 \text{ (A)}$$

Observamos que la INCP es mayor a la IP por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible 3x10A de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$4,93 (A) < 10(A) < 38 (A)$$

Con esta verificación podemos observar que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < I_{ad}$ por lo que podemos afirmar que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.12.2. Motor separador de pepa 3 (K07)

Datos

$$L = 30 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 1,5 \text{ CV} = 1104 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 1104 * 30}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$S = 0,20 \text{ mm}^2$

Como no existe comercialmente un conductor de $0,20 \text{ mm}^2$ de sección adoptaremos 4 conductores de 4 mm^2 ($4 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible $I_{ad} = 38 (A)$.

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 1104 * 30}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,1\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,1\%$$

Según la verificación por caída de tensión se cumple la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{1104}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 1,97 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$1,97 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con la verificación hecha se puede observar que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección que es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 1,97 * 1,25$$

$\text{INCP} = 2,47 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < I_{ad}$$

$$2,47 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con la verificación hecha podemos observar que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto en el arranque o durante el funcionamiento de la máquina el conductor va estar en condiciones para el trabajo.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga para la protección de la máquina cuyo valor es 115%.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 1,97 * 1,15$$

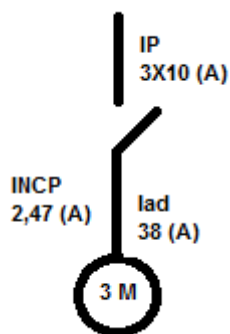
$\text{IP} = 2,27 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$2,47 \text{ A} > 2,27 \text{ A}$$

Con esta verificación observamos que la corriente nominal de carga pico (INCP) es mayor a la corriente de protección (IP) por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < Iad$$

$$2,47 (A) < 10(A) < 38 (A)$$

Con esta verificación podemos observar que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.13. ZARANDA 4

B.1.13.1. Motor Alimentador zaranda (K10)

Datos

$$L = 38 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 3 \text{ CV} = 2208 \text{ W}$$

$$E = 380\text{V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 2208 * 38}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,52 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente el conductor de $0,52\text{mm}^2$ adoptaremos 4 conductores de 4mm^2 ($4 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de 38 (A).

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 2208 * 38}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,26\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,26\%$$

Según esta verificación podemos observar que se cumple la desigualdad de caída de tensión adoptado mayor que la caída de tensión del cálculo.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{2208}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 3,95 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$3,95 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con esta verificación podemos ver que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 3,95 * 1,25$$

$$INCP = 4,94 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$4,94 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con esta verificación observamos que la INCP es menor a la lad del conductor por lo tanto se cumple la desigualdad requerida.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el dimensionamiento para la protección existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga para la protección de la maquina cuyo valor es 115%

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 3,95 * 1,15$$

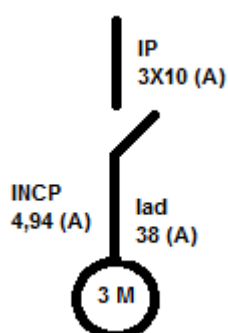
$IP = 4,54 \text{ (A)}$

$$INCP > IP$$

$$4,94 \text{ (A)} > 4,54 \text{ (A)}$$

Según esta verificación la INCP es mayor que la IP para la maquina por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible de (3x10 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$4,94 (A) < 10 (A) < 38 (A)$$

Con esta verificación observaremos que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.13.2. Motor separador de pepa 4 (K09)

Datos

$$L = 35 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 1,5 \text{ CV} = 1104 \text{ W}$$

$$E = 380\text{V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$\text{¿}S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 1104 * 35}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,24 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente un conductor de 0,23 mm² adoptaremos 3 conductores de 3 mm² (3x4mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico INPACO que tiene una lad = 38 (A).

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 1104 * 35}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,12\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,12\%$$

Según la verificación por caída de tensión se cumple la desigualdad de caída de tensión adoptado mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se debe calcular por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * V_N * I_N * \cos\varphi$$

$$I_N = \frac{p}{\sqrt{3} * V_N * \cos\varphi} = \frac{1104}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$I_N = 1,97 \text{ (A)}$$

$$I_N < I_{ad}$$

$$1,97 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Observando esta verificación podemos decir que cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 1,97 * 1,25$$

$\text{INCP} = 2,46 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$2,46 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con la verificación hecha se observa que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto se calcula el dimensionamiento para la protección.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 115%.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 1,97 * 1,15$$

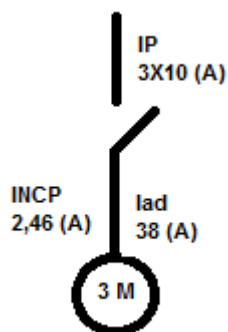
$\text{IP} = 2,27 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$2,46 \text{ A} > 2,27 \text{ A}$$

Según la desigualdad la corriente nominal de carga pico es mayor a la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$2,46 (A) < 10 (A) < 38 (A)$$

Se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto se puede decir que la protección y los conductores adoptados para esta máquina son válidos.

B.1.14. CARACOL DE PEPA 1 SALIDA ZARANDA 1-2 (K06)

Datos

$$L = 35 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 5 \text{ CV} = 3680 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 3680 * 35}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,8 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente un conductor de $0,8 \text{ mm}^2$ adoptaremos 3 conductores de 4 mm^2 con aislación de XLPE de catálogo técnico de INPACO de la tabla n° 5 que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38 \text{ (A)}$

Verificación por Caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 3680 * 35}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,4\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,4\%$$

Según la verificación por caída de tensión se cumple correctamente la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente de admisible

$$P = \sqrt{3} * V_N * I_N * \cos\varphi$$

$$I_N = \frac{p}{\sqrt{3} * V_N * \cos\varphi} = \frac{3680}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 6,6 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$6,6 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Verificando por corriente admisible cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Este cálculo se realiza multiplicando la corriente nominal de carga por un factor de corrección cuyo valor es 125% con el cual el conductor podrá estar protegido y corregido.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 6,6 * 1,25$$

$$INCP = 8,25 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$8,25 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor al corriente admisible adoptado según la verificación realizada.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección se multiplica la corriente nominal de carga por un factor de seguridad que tiene un valor de 115% para que la maquina pueda estar protegida.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 6,6 * 1,15$$

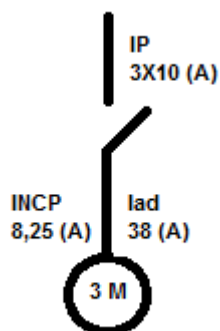
$$IP = 7,6 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$8,25 \text{ A} > 7,6 \text{ A}$$

Como no existe comercialmente una llave de protección de 7,6 (A) y como la corriente nominal de carga pico es mayor a la corriente de protección adoptaremos un interruptor fusible (3x10 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$8,25 \text{ (A)} < 10 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corrientes se cumple la desigualdad de $INCP < IP < lad$ por lo tanto se puede decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para la máquina.

B.1.15. CARACOL DE PEPA 2 SALIDA ZARANDA 3-4 (K11)

Datos

$$L = 40 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 5 \text{ CV} = 3680 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 3680 * 40}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,91 \text{ mm}^2$$

Como no existe un conductor de 0,91 mm² de sección comercialmente adoptaremos 3 conductores de 4mm² (3 x 4mm²) que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38$ (A) con aislación de XLPE tabla n^o 5 del catálogo técnico INPACO.

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 3680 * 40}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,46\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,46\%$$

Cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptado es mayor que la caída de tensión del cálculo requerida por el reglamento de la ANDE.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{3680}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 6,58 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$6,58 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Haciendo esta verificación se observa que cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga (INC) se multiplica por un factor de corrección que es 125% para corregir el conductor.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 6,58 * 1,25$$

$$INCP = 8,23 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$8,23 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor adoptado por lo tanto el conductor va estar en buenas condiciones para el funcionamiento de la máquina según esta verificación.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección, la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de seguridad cuyo valor es 115%.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 6,58 * 1,15$$

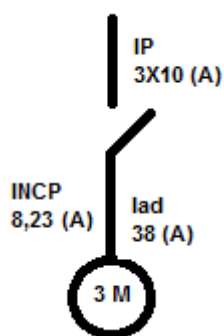
$$IP = 7,57 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$8,23 \text{ A} > 7,57 \text{ A}$$

Según esta desigualdad la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente de protección por lo tanto adoptaremos un interruptor fusible de (3x10 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$8,23 (A) < 10 (A) < 38 (A)$$

Según la verificación por corrientes cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor adoptado por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos.

B.1.16. CARACOL ALIMENTADOR DE PEPA A ELEVADOR 215 ALIMENTADOR COCINADOR DE SOJA (K19)

Datos

$$L = 50 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 5 \text{ CV} = 3680 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 3680 * 50}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 1,14 \text{ mm}^2$$

La sección $1,14 \text{ mm}^2$ del conductor no existe comercialmente por lo tanto adoptaremos 4 conductores de 4 mm^2 ($3 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38 \text{ (A)}$

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 3680 * 50}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,57\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,57\%$$

Se puede observar que la verificación por caída de tensión cumple la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * V_N * I_N * \cos\varphi$$

$$I_N = \frac{p}{\sqrt{3} * V_N * \cos\varphi} = \frac{3680}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$I_N = 6,58 \text{ (A)}$$

$$I_N < I_{ad}$$

$$6,58 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corriente admisible se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección del conductor

Para realizar este cálculo existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda ser corregido para su mejor funcionamiento.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 6,58 * 1,25$$

$\text{INCP} = 8,23 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < I_{ad}$$

$$8,23 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Podemos observar que según esta verificación se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor adoptado para esta máquina.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección se multiplica la corriente nominal de carga por un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida para su funcionamiento.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 6,58 * 1,15$$

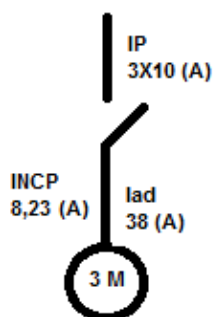
$$IP = 7,57 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$8,23 \text{ (A)} > 7,57 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad se observa que la corriente nominal de carga pico es mayor a la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < Iad$$

$$8,23 \text{ (A)} < 10 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Con esta verificación observamos que se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor, por lo tanto, podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.17. CARACOL RECUPERADOR DE PEPA ZARANDA ROTATIVA 1-2 (K16)

Datos

$$L = 50 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 3 \text{ CV} = 2208 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 2208 * 50}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,7 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente el conductor de 0,7 mm² de sección adoptaremos 4 conductores de 4 mm² que normalmente se encuentra en el mercado y que tiene una corriente admisible de 38 (A). Utilizando la tabla n° 5 con aislación XLPE del catálogo técnico de INPACO.

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 2208 * 50}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,34\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,34\%$$

Se puede ver que cumple correctamente la desigualdad de caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor a la caída de tensión del cálculo.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{2208}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 3,95 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$3,95 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda ser corregido para su mejor funcionamiento.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$\text{INCP} = 3,95 * 1,25$$

$\text{INCP} = 4,94 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$4,94 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto la sección del conductor para alimentar una máquina de 3 CV va ser de (4x4mm²) según la verificación hecha.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de seguridad de valor 115%.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 3,94 * 1,15$$

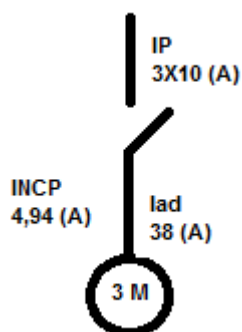
$\text{IP} = 4,54 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$4,94 \text{ A} > 4,54 \text{ A}$$

Como no existe comercialmente una llave de protección de 4,54 (A) adoptaremos el interruptor fusible (3x10 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$\text{INCP} < \text{IP} < \text{lad}$$

$$4,94 \text{ (A)} < 10 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Según esta verificación podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.18. ZARANDA ROTATIVA 1

B.1.18.1. Motor Zaranda Rotativa 1 (K13)

Datos

$$L = 50 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 5 \text{ CV} = 3680 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 3680 * 50}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 1,14 \text{ mm}^2$$

La sección $1,14 \text{ mm}^2$ del conductor no existe comercialmente por lo tanto adoptaremos 4 conductores de 4mm^2 ($4 \times 4\text{mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38(\text{A})$

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 3680 * 50}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,57\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,57\%$$

Se puede observar que la verificación por caída de tensión cumple la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * V_N * I_N * \cos\varphi$$

$$I_N = \frac{p}{\sqrt{3} * V_N * \cos\varphi} = \frac{3680}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$I_N = 6,58 \text{ (A)}$$

$$I_N < I_{ad}$$

$$6,58 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corriente admisible se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección del conductor

Para realizar este cálculo existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda ser corregido para su mejor funcionamiento.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 6,58 * 1,25$$

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * \text{VN} * \text{IN} * \text{COS}\varphi$$
$$\text{IN} = \frac{p}{\sqrt{3} * \text{VN} * \text{COS}\varphi} = \frac{3680}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$\text{IN} = 6,58 \text{ (A)}$

$$\text{INC} < \text{Iad}$$

$$6,58 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corriente admisible se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección del conductor

Para realizar este cálculo existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda ser corregido para su mejor funcionamiento.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 6,58 * 1,25$$

$\text{INCP} = 8,23 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$8,23 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Podemos observar que según esta verificación se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor adoptado para esta máquina.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección se multiplica la corriente nominal de carga por un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida para su funcionamiento.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 6,58 * 1,15$$

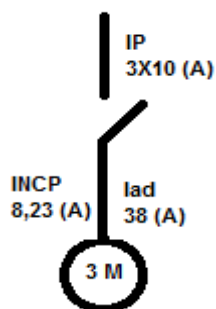
$\text{IP} = 7,58 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$8,23 \text{ (A)} > 7,58 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad se observa que la corriente nominal de carga pico es mayor a la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$8,23 \text{ (A)} < 10 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Con esta verificación observamos que se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor, por lo tanto, podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.19. ZARANDA ROTATIVA 2

B.1.19.1. Motor Zaranda Rotativa 2 (K15)

Datos

$$L = 50 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 5 \text{ CV} = 3680 \text{ W}$$

$$E = 380\text{V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 3680 * 50}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 1,14 \text{ mm}^2$$

La sección 1,14 mm² del conductor no existe comercialmente por lo tanto adoptaremos 4 conductores de 4mm² (4x4mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38(A)$

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 3680 * 50}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,57\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,57\%$$

Se puede observar que la verificación por caída de tensión cumple la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{3680}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 6,58 \text{ (A)}$$

$$IN < I_{ad}$$

$$6,58 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corriente admisible se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección del conductor

Para realizar este cálculo existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda ser corregido para su mejor funcionamiento.

$$INCP = IN * 1,25$$

$$INCP = 6,58 * 1,25$$

$$INCP = 8,23 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$8,23 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Podemos observar que según esta verificación se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor adoptado para esta máquina.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección se multiplica la corriente nominal de carga por un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida para su funcionamiento

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 6,58 * 1,15$$

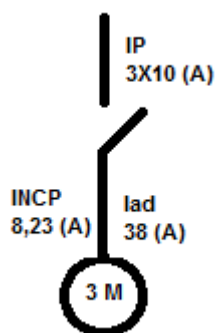
$IP = 7,58 \text{ (A)}$

$$INCP > IP$$

$$8,23 \text{ (A)} > 7,58 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad se observa que la corriente nominal de carga pico es mayor a la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$8,23 \text{ (A)} < 10 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Con esta verificación observamos que se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor, por lo tanto, podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.20. CARACOL ALIMENTADOR DE CASCARILLA A REDLER (K17)

Datos

$$L = 60\text{m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 3 \text{ CV} = 2208 \text{ W}$$

$$E = 380\text{V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 2208 * 60}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,82 \text{ mm}^2$$

La sección del conductor 0.82 mm^2 no existe comercialmente por lo que adoptaremos 4 conductores de 4 mm^2 ($4 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO, que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38(\text{A})$.

Verificación por corriente admisible

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 2208 * 60}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,4\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,4\%$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se calcula por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{2208}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 3,95 \text{ (A)}$$

$$IN < I_{ad}$$

$$3,95 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 3,95 * 1,25$$

$\text{INCP} = 4,94 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$4,94 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación cumple perfectamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el cálculo de dimensionamiento para la protección de la máquina se multiplica por la corriente nominal de carga un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida durante el arranque y el funcionamiento posterior.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 3,95 * 1,15$$

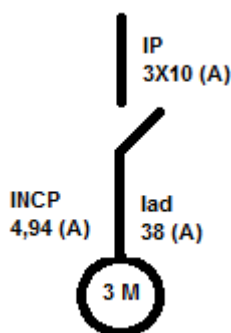
$\text{IP} = 4,54 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$4,94 \text{ (A)} > 4,54 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad la INCP es mayor a la IP por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$4,94(A) < 10 (A) < 38(A)$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < lad$ por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.21. ELEVADOR SALIDA CASCARILLA A TOLVA (K30)

Datos

$$L = 68m$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 7,5 \text{ CV} = 5520W$$

$$E = 380V$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$¿S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 5520 * 68}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 2,32 \text{ mm}^2$$

La sección del conductor 2,32 mm² no existe comercialmente por lo que adoptaremos 4 conductores de 4 mm² (4x4 mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO, que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38(A)$.

Verificación por corriente admisible

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 5520 * 68}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 1,16\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,16\%$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se calcula por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{5520}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 9,87 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$9,87 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 9,87 * 1,25$$

$$INCP = 12,4 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$12,4 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Según la verificación cumple perfectamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el cálculo de dimensionamiento para la protección de la máquina se multiplica por la corriente nominal de carga un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida durante el arranque y el funcionamiento posterior.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 9,87 * 1,15$$

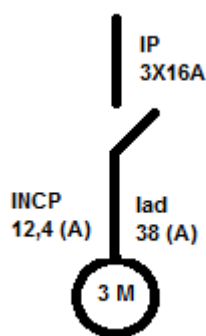
$$IP = 11,35 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$12,4 \text{ (A)} > 11,35 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad la INCP es mayor a la IP por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x16A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$12,4 \text{ (A)} < 16 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < I_{ad}$ por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.22. COCINADOR DE SOJA

Datos

$$L = 50\text{m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 60 \text{ CV} = 44160 \text{ W}$$

$$E = 380\text{V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$¿S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 44160 * 50}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 13,65 \text{ mm}^2$$

La sección del conductor $13,65 \text{ mm}^2$ no existe comercialmente por lo que adoptaremos 3 conductores de 16 mm^2 ($3 \times 16 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO, que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 69 \text{ (A)}$.

Verificación por corriente admisible

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 44160 * 50}{56 * (380)^2 * 16}$$

$$e\% = 1,7\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,7\%$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se calcula por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * V_N * I_N * \cos\varphi$$

$$I_N = \frac{p}{\sqrt{3} * V_N * \cos\varphi} = \frac{44160}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$I_N = 78,93 \text{ (A)}$$

$$I_N < I_{ad}$$

$$78,93 \text{ A} > 69 \text{ A}$$

Según esta desigualdad la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente admisible del conductor por lo tanto adoptaremos un conductor de sección mayor el cual es 25 mm² cuya corriente admisible es 88 (A)

$$INC < I_{ad}$$

$$78,93 \text{ A} < 88 \text{ A}$$

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 78,93 * 1,25$$

$INCP = 98,7 \text{ (A)}$

$$INCP < I_{ad}$$

$$98,7 \text{ A} > 88 \text{ A}$$

Según la verificación no cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Por lo tanto, adoptaremos un conductor de mayor sección el cual será de 50mm² cuya corriente admisible es de 146 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO.

$$INCP < I_{ad}$$

$$98,7 \text{ A} < 146 \text{ A}$$

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el cálculo de dimensionamiento para la protección de la máquina se multiplica por la corriente nominal de carga un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida durante el arranque y el funcionamiento posterior.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 78,93 * 1,15$$

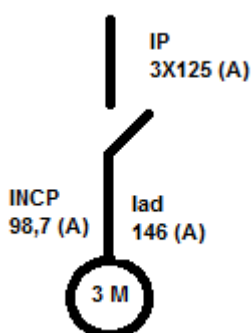
$$IP = 90,8 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$98,7 \text{ (A)} > 90,8 \text{ (A)}$$

Como no existe comercialmente una llave de protección de 90,8 A adoptaremos el interruptor fusible (3x125 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < Iad$$

$$98,7 \text{ (A)} < 125 \text{ (A)} < 146 \text{ (A)}$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < I_{ad}$ por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.23. LAMINADOR 1

B.1.23.1. Motor 1 laminador 1

Datos

$$L = 40 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 100 \text{ HP} = 75000 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 75000 * 40}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$S = 18,55 \text{ mm}^2$

La sección del conductor $18,55 \text{ mm}^2$ no existe comercialmente por lo que adoptaremos 4 conductores de 25 mm^2 ($4 \times 25 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO, que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 116 \text{ (A)}$.

Verificación por corriente admisible

$$e\% = \frac{K \cdot P \cdot L}{\rho_{cu} \cdot E^2 \cdot S}$$

$$e\% = \frac{100 \cdot 75000 \cdot 40}{56 \cdot (380)^2 \cdot 25}$$

$$e\% = 1,5 \%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,5\%$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se calcula por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} \cdot V_N \cdot I_N \cdot \cos\varphi$$

$$I_N = \frac{p}{\sqrt{3} \cdot V_N \cdot \cos\varphi} = \frac{75000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85}$$

$$I_N = 134 \text{ (A)}$$

$$I_N < I_{ad}$$

$$134 \text{ A} > 116 \text{ A}$$

Según la verificación no cumple la desigualdad de corriente nominal de carga es mayor que la corriente admisible del conductor.

Por lo tanto, adoptaremos un conductor de mayor sección el cual será de 35mm² cuya corriente admisible es de 144 (A), con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 134 * 1,25$$

$$\text{INCP} = 167,5 \text{ (A)}$$

$$\text{INCP} < I_{ad}$$

$$167,5 \text{ A} < 144 \text{ A}$$

Según la verificación no cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Por lo tanto, adoptaremos un conductor de mayor sección el cual será de 50mm² cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO.

$$167,5 \text{ A} < 189 \text{ A}$$

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el cálculo de dimensionamiento para la protección de la máquina se multiplica por la corriente nominal de carga un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida durante el arranque y el funcionamiento posterior.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 134 * 1,15$$

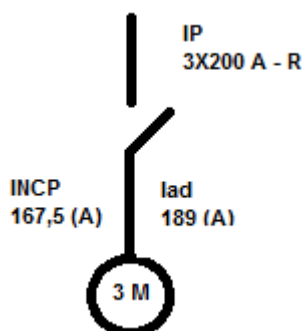
$$\text{IP} = 154,1 \text{ (A)}$$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$167,5(A) > 154,1 (A)$$

Según la verificación la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible tipo NH (3x200 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < I_{ad}$$

$$167,5(A) < 200 (A) < 189(A)$$

Con esta verificación observamos que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $INCP < IP < I_{ad}$ por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.23.2. Motor 2 laminador 1

Datos

$$L = 45m$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 100 \text{ HP} = 75000W$$

$$E = 380V$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 75000 * 45}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 20,87 \text{ mm}^2$$

La sección del conductor $20,87 \text{ mm}^2$ no se encuentra comercialmente por lo tanto adoptaremos 4 conductores de 35 mm^2 ($4 \times 35 \text{ mm}^2$) con aislación de XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO con una corriente admisible de $I_{ad} = 144 \text{ (A)}$.

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 75000 * 45}{56 * (380)^2 * 35}$$

$$e\% = 1,2\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,2\%$$

Se puede observar que la verificación por caída de tensión cumple la desigualdad de caída de tensión adoptada mayor a la caída de tensión del cálculo.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{75000}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 134 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$134 \text{ A} < 144 \text{ A}$$

La verificación realizada por corriente admisible se puede observar que cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor elegido.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido y corregido para aguantar las corrientes picos producidos por el arranque de la máquina.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 134 * 1,25$$

$$INCP = 167,5 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$167,5 \text{ A} > 144 \text{ A}$$

Según la verificación no cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Por lo tanto, adoptaremos un conductor de mayor sección el cual será de 50mm² cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO.

Cálculo de dimensionamiento de la protección

Para realizar este cálculo existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 115% con el cual la maquina podrá estar protegida.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 134 * 1,15$$

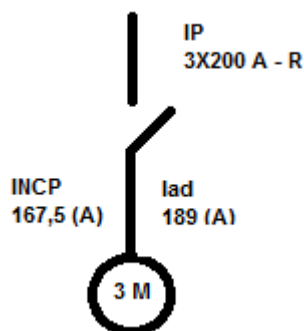
$IP = 154,1 \text{ (A)}$

$$INCP > IP$$

$$167,5 \text{ (A)} > 154,1 \text{ (A)}$$

Según la verificación la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible tipo NH (3x200 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$\text{INCP} < \text{IP} < \text{Iad}$$

$$167,5 \text{ (A)} < 200 \text{ (A)} < 189 \text{ (A)}$$

Con esta verificación podemos observar que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor $\text{INCP} < \text{IP} < \text{Iad}$ por lo que podemos afirmar que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.24. BOMBA HIDRAULICA LAMINADOR 1

Datos

$$L = 50 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 3 \text{ CV} = 2208 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 2208 * 50}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,68 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente un conductor de $0,68 \text{ mm}^2$ de sección adoptaremos 4 conductores de 4 mm^2 ($4 \times 4 \text{ mm}^2$) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible $I_{ad} = 38 \text{ (A)}$

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 2208 * 50}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,34\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,34\%$$

Según la verificación por caída de tensión se cumple la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * V_N * I_N * \cos\varphi$$

$$I_N = \frac{p}{\sqrt{3} * V_N * \cos\varphi} = \frac{2208}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$I_N = 3,95 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$3,95 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con la verificación hecha se puede observar que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección que es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 3,95 * 1,25$$

$INCP = 4,94 \text{ (A)}$

$$INCP < I_{ad}$$

$$4,94 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Con la verificación hecha podemos observar que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto en el arranque o durante el funcionamiento de la máquina el conductor va estar en condiciones para el trabajo.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga para la protección de la máquina cuyo valor es 115%.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 3,95 * 1,15$$

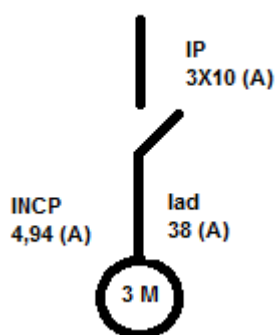
$IP = 4,54 \text{ (A)}$

$$INCP > IP$$

$$4,95A > 4,54 A$$

Con esta verificación observamos que la corriente nominal de carga pico (INCP) es mayor a la corriente de protección (IP) por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x10A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$4,94 \text{ (A)} < 10 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Con esta verificación podemos observar que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la

corriente admisible del conductor por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.25. LAMINADOR 2

B.1.25.1. Motor 1 laminador 2

Datos

$$L = 55 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 100 \text{ HP} = 75000 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 75000 * 55}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$S = 25,5 \text{ mm}^2$

Como no existe comercialmente el conductor de 25,5 mm² adoptaremos 4 conductores de 4mm² (4X35 mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de 144 (A).

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 75000 * 55}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 1,46 \%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,46 \%$$

Según esta verificación podemos observar que se cumple la desigualdad de caída de tensión adoptado mayor que la caída de tensión del cálculo.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{75000}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 134 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$134 \text{ A} < 144 \text{ A}$$

Con esta verificación podemos ver que cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de corrección cuyo valor es 125% para que el conductor pueda estar protegido durante el arranque y funcionamiento de la máquina.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 134 * 1,25$$

$\text{INCP} = 167,5 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$167,5 \text{ A} > 144 \text{ A}$$

Según la verificación no cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Por lo tanto, adoptaremos un conductor de mayor sección el cual será de 50mm² cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO.

$$167,5 \text{ A} < 189 \text{ A}$$

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para el dimensionamiento para la protección existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga para la protección de la maquina cuyo valor es 115%

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 134 * 1,15$$

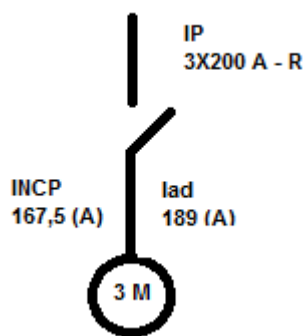
$$IP = 154,1(A)$$

$$INCP > IP$$

$$167,5 > 154,1$$

Según la verificación la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible NH (3x200 A) r de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < I_{ad}$$

$$167,5 (A) < 200 (A) < 189 (A)$$

Con esta verificación observaremos que se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.25.2. Motor 2 laminador 2

Datos

$$L = 60 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 100 \text{ HP} = 75000 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 75000 * 60}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 27,8 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente un conductor de 27,8 mm² adoptaremos 4 conductores de 35 mm² (4x35mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico INPACO que tiene una I_{ad} = 144 (A).

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 75000 * 60}{56 * (380)^2 * 35}$$

$$e\% = 1,6 \%$$

$$e_{\text{adoptado}} \% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,6 \%$$

Según la verificación por caída de tensión se cumple la desigualdad de caída de tensión adoptado mayor que la caída de tensión del cálculo. Por lo tanto, se debe calcular por caída de tensión.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{75000}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 134 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$134 \text{ A} < 144 \text{ A}$$

Observando esta verificación podemos decir que cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 134 * 1,25$$

$$INCP = 167,5 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$167,5 \text{ A} > 144 \text{ A}$$

Según la verificación no cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Por lo tanto, adoptaremos un conductor de mayor sección el cual será de 50mm² cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO.

$$167,5 \text{ A} < 189 \text{ A}$$

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección existe un factor de seguridad que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 115%.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 134 * 1,15$$

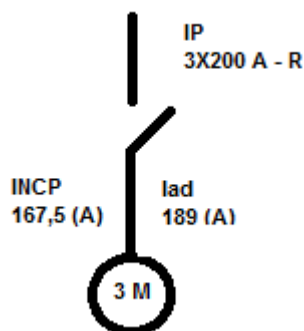
$IP = 154,1 \text{ (A)}$

$$INCP > IP$$

$$167,5 \text{ A} > 154,1 \text{ A}$$

Según la verificación la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible tipo NH (3x200 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < I_{ad}$$

$$167,5 (A) < 200 (A) < 189 (A)$$

Se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor por lo tanto se puede decir que la protección y los conductores adoptados para ésta máquina son válidos.

B.1.26. BOMBA HIDRAULICA LAMINADOR 2

Datos

$$L = 65 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 3 \text{ CV} = 2208 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 2208 * 65}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 0,9 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente un conductor de $0,9 \text{ mm}^2$ adoptaremos 4 conductores de 4 mm^2 con aislación de XLPE de catálogo técnico de INPACO de la tabla n° 5 que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38 \text{ (A)}$

Verificación por Caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 2208 * 65}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,44 \%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,44\%$$

Según la verificación por caída de tensión se cumple correctamente la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente de admisible

$$P = \sqrt{3} * V_N * I_N * \cos\varphi$$

$$I_N = \frac{p}{\sqrt{3} * V_N * \cos\varphi} = \frac{2208}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$I_N = 3,95 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$3,95 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Verificando por corriente admisible cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Este cálculo se realiza multiplicando la corriente nominal de carga por un factor de corrección cuyo valor es 125% con el cual el conductor podrá estar protegido y corregido.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 3,95 * 1,25$$

$INCP = 4,94 \text{ (A)}$

$$INCP < I_{ad}$$

$$4,94 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor al corriente admisible adoptado según la verificación realizada.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección se multiplica la corriente nominal de carga por un factor de seguridad que tiene un valor de 115% para que la maquina pueda estar protegida.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 3,95 * 1,15$$

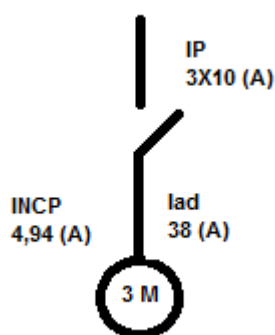
$$IP = 4,54 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$4,94 \text{ A} > 4,54 \text{ A}$$

Como no existe comercialmente una llave de protección de 4,54 (A) y como la corriente nominal de carga pico es mayor a la corriente de protección adoptaremos un interruptor fusible de (3x10 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < lad$$

$$4,94 \text{ (A)} < 10 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corrientes se cumple la desigualdad de $INCP < IP < lad$ por lo tanto se puede decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para la máquina.

B.1.27. REDLER SALIDA LAMINADORA 1-2 (K20)

Datos

$$L = 70 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 5 \text{ CV} = 3680 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 3680 * 70}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 1,6 \text{ mm}^2$$

Como no existe un conductor de 1,6 mm² de sección comercialmente adoptaremos (4 x 4mm²) 4 conductores de 4mm² que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38$ (A) con aislación de XLPE tabla n^o 5 del catálogo técnico INPACO.

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 3680 * 70}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 0,8\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 0,8\%$$

Cumple la desigualdad por caída de tensión ya que la caída de tensión adoptado es mayor que la caída de tensión del cálculo requerida por el reglamento de la ANDE.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{3680}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 6,6 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$6,6 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Haciendo esta verificación se observa que cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo la corriente nominal de carga (INC) se multiplica por un factor de corrección que es 125% para corregir el conductor.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$\text{INCP} = 6,6 * 1,25$$

$$\text{INCP} = 8,25 \text{ (A)}$$

$$\text{INCP} < I_{ad}$$

$$8,25 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor adoptado por lo tanto el conductor va estar en buenas condiciones para el funcionamiento de la máquina según esta verificación.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección, la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de seguridad cuyo valor es 115%.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 6,6 * 1,15$$

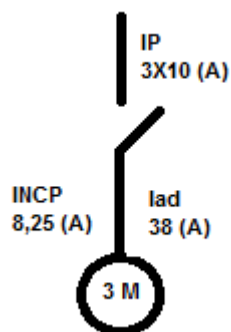
$$\text{IP} = 7,6 \text{ (A)}$$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$8,25 \text{ A} > 7,6 \text{ A}$$

Según esta desigualdad la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente de protección por lo tanto adoptaremos un interruptor fusible (3x10 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$\text{INCP} < \text{IP} < \text{lad}$$

$$8,25 \text{ (A)} < 10 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corrientes cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor adoptado por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos.

B.1.28. ELEVADOR ALIMENTADOR REDLER EXTRACCION (K32)

Datos

$$L = 75 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 7,5 \text{ HP} = 5500 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 5500 * 75}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 2,55 \text{ mm}^2$$

La sección 2,55 mm² del conductor no existe comercialmente por lo tanto adoptaremos 4 conductores de 4mm² (4x4mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 38$ (A)

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 5500 * 75}{56 * (380)^2 * 4}$$

$$e\% = 1,28\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,28\%$$

Se puede observar que la verificación por caída de tensión cumple la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * V_N * I_N * \cos\varphi$$

$$I_N = \frac{p}{\sqrt{3} * V_N * \cos\varphi} = \frac{5500}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 9,83 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$9,83 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corriente admisible se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección del conductor

Para realizar este cálculo existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda ser corregido para su mejor funcionamiento.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 9,83 * 1,25$$

$$INCP = 12,29 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$12,29 \text{ A} < 38 \text{ A}$$

Podemos observar que según esta verificación se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente admisible del conductor adoptado para esta máquina.

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección se multiplica la corriente nominal de carga por un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida para su funcionamiento.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 9,83 * 1,15$$

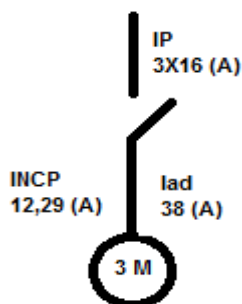
$$IP = 11,3 \text{ (A)}$$

$$INCP > IP$$

$$12,29 \text{ (A)} > 11,3 \text{ (A)}$$

Según la desigualdad se observa que la corriente nominal de carga pico es mayor a la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x16 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < Iad$$

$$12,29 \text{ (A)} < 16 \text{ (A)} < 38 \text{ (A)}$$

Con esta verificación observamos que se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor

a la corriente admisible del conductor, por lo tanto podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.29. VENTILADOR 1

Datos

$$L = 60 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 100 \text{ HP} = 75000 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 75000 * 60}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 27,82 \text{ mm}^2$$

Como no existe comercialmente el conductor de esta sección adoptaremos 4 conductores de 35mm^2 que normalmente se encuentra en el mercado y que tiene una corriente admisible de 144 (A). Utilizando la tabla n° 5 con aislación XLPE del catálogo técnico de INPACO.

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 75000 * 60}{56 * (380)^2 * 35}$$

$$e\% = 1,6\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,6\%$$

Se puede ver que cumple correctamente la desigualdad de caída de tensión ya que la caída de tensión adoptada es mayor a la caída de tensión del cálculo.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \text{COS}\varphi$$

$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \text{COS}\varphi} = \frac{75000}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 134 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$134 \text{ A} < 144 \text{ A}$$

Según la verificación por corriente admisible se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección para el conductor

Para realizar este cálculo existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda ser corregido para su mejor funcionamiento.

$$\text{INCP} = \text{INC} * 1,25$$

$$\text{INCP} = 134 * 1,25$$

$\text{INCP} = 167,5 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} < \text{Iad}$$

$$167,5 \text{ A} < 144 \text{ A}$$

Según la verificación no cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Por lo tanto, adoptaremos un conductor de mayor sección el cual será de 50mm² cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección la corriente nominal de carga se multiplica por un factor de seguridad de valor 115%.

$$\text{IP} = \text{INC} * 1,15$$

$$\text{IP} = 134 * 1,15$$

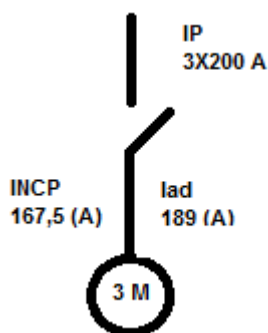
$\text{IP} = 154,1 \text{ (A)}$

$$\text{INCP} > \text{IP}$$

$$167,5 \text{ A} > 154,1 \text{ A}$$

Según la verificación la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible (3x200 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$\text{INCP} < \text{IP} < \text{Iad}$$

$$167,5 \text{ (A)} < 200 \text{ (A)} < 189 \text{ (A)}$$

Según esta verificación podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

B.1.30. VENTILADOR 2

Datos

$$L = 65 \text{ m}$$

$$\rho_{cu} = 56$$

$$P = 100 \text{ HP} = 75000 \text{ W}$$

$$E = 380 \text{ V}$$

$$K = 100$$

$$e\% = 2\%$$

$$S = ?$$

$$S = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * e\%}$$

$$S = \frac{100 * 75000 * 65}{56 * (380)^2 * 2\%}$$

$$S = 30,14 \text{ mm}^2$$

La sección 30,14 mm² del conductor no existe comercialmente por lo tanto adoptaremos 4 conductores de 35mm² (4x35mm²) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO que tiene una corriente admisible de $I_{ad} = 144 \text{ (A)}$

Verificación por caída de tensión

$$e\% = \frac{K * P * L}{\rho_{cu} * E^2 * S}$$

$$e\% = \frac{100 * 75000 * 65}{56 * (380)^2 * 35}$$

$$e\% = 1,72\%$$

$$e_{\text{adoptado}}\% > e_{\text{cálculo}}$$

$$2\% > 1,72\%$$

Se puede observar que la verificación por caída de tensión cumple la desigualdad de caída de tensión del cálculo menor a la caída de tensión adoptada.

Verificación por corriente admisible

$$P = \sqrt{3} * VN * IN * \cos\varphi$$
$$IN = \frac{p}{\sqrt{3} * VN * \cos\varphi} = \frac{75000}{\sqrt{3} * 380 * 0,85}$$

$$IN = 134 \text{ (A)}$$

$$INC < I_{ad}$$

$$134 \text{ (A)} < 144 \text{ (A)}$$

Según la verificación por corriente admisible se cumple la desigualdad de corriente nominal de carga menor a la corriente admisible del conductor adoptado.

Cálculo de factor de corrección del conductor

Para realizar este cálculo existe un factor de corrección que se multiplica por la corriente nominal de carga cuyo valor es 125% para que el conductor pueda ser corregido para su mejor funcionamiento.

$$INCP = INC * 1,25$$

$$INCP = 134 * 1,25$$

$$INCP = 167,5 \text{ (A)}$$

$$INCP < I_{ad}$$

$$167,5 \text{ A} > 144 \text{ A}$$

Según la verificación no cumple la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor que la corriente admisible del conductor.

Por lo tanto, adoptaremos un conductor de mayor sección el cual será de 50mm² cuya corriente admisible es de 189 (A) con aislación XLPE de la tabla n° 5 del catálogo técnico de INPACO

Cálculo de dimensionamiento para la protección

Para dimensionar la protección se multiplica la corriente nominal de carga por un factor de seguridad cuyo valor es 115% para que la máquina pueda estar protegida para su funcionamiento.

$$IP = INC * 1,15$$

$$IP = 134 * 1,15$$

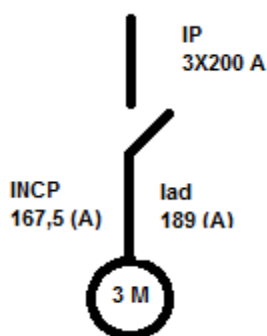
$IP = 154,1 \text{ (A)}$

$$INCP > IP$$

$$167,5 \text{ A} > 154,1 \text{ A}$$

Según la verificación la corriente nominal de carga pico es mayor que la corriente de protección por lo tanto adoptaremos el interruptor fusible tipo NH (3x200 A) de la marca Schneider.

Verificación por corrientes



$$INCP < IP < I_{ad}$$

$$167,5 (A) < 200 (A) < 189(A)$$

Con esta verificación observamos que se cumple correctamente la desigualdad de corriente nominal de carga pico menor a la corriente de protección y esta a su vez es menor a la corriente admisible del conductor, por lo tanto, podemos decir que la protección y los conductores adoptados son válidos para esta máquina.

Apéndice B.2: Descripción del proyecto

B.2.1. Parámetros generales del proyecto

Instalación simple	IEC60364
Cálculo simple	TR50480
Norma interruptores automáticos	IEC 60947-2
Frecuencia	50 Hz

B.2.2. Parámetros de cálculo del cableado

CSA máxima	300 mm ²
------------	---------------------

B.2.3. Listado de cargas

Nombr e	Sr kVA)	Pr (kW)	Ir (A)	Cos	Nbr	Polarida d	Carga no lineal	THDi 3 (%)
---------	---------	---------	--------	-----	-----	------------	-----------------	------------

K24	1,32	0,987	2	0,75	1	3F	No	0
K23	1,46	1,09	2,22	0,75	1	3F	No	0
K27	8,83	7,33	13,4	0,83	1	3F	No	0
K22	1,46	1,09	2,22	0,75	1	3F	No	0
K28	8,83	7,33	13,4	0,83	1	3F	No	0
K01	2,76	2,21	4,2	0,8	1	3F	No	0
M1 Q1	46,8	40,2	71,1	0,86	1	3F	No	0
M2 Q1	30,7	26,4	46,7	0,86	1	3F	No	0
M1 Q2	38,1	32,8	57,9	0,86	1	3F	No	0
k05	3,39	2,72	5,16	0,8	1	3F	No	0
K29	16,9	14,5	25,7	0,86	1	3F	No	0
M2 Q2	27,7	23,8	42,1	0,86	1	3F	No	0
K02	1,87	1,48	2,84	0,79	1	3F	No	0
M2 L1	91,5	79,6	139	0,87	1	3F	No	0
K03	3,76	3,01	5,72	0,8	1	3F	No	0
K07	1,87	1,48	2,84	0,79	1	3F	No	0
K08	3,76	3,01	5,72	0,8	1	3F	No	0
K09	1,87	1,48	2,84	0,79	1	3F	No	0
K10	3,76	3,01	5,72	0,8	1	3F	No	0
K31	15,2	13,1	23,2	0,86	1	3F	No	0
K06	6,53	5,22	9,9	0,8	1	3F	No	0
K11	6,53	5,22	9,9	0,8	1	3F	No	0
K19	6,53	5,22	9,9	0,8	1	3F	No	0
K16	3,76	3,01	5,72	0,8	1	3F	No	0
K13	6,53	5,22	9,9	0,8	1	3F	No	0
K15	5,89	4,71	8,95	0,8	1	3F	No	0
K17	3,76	3,01	5,72	0,8	1	3F	No	0
K30	8,83	7,33	13,4	0,83	1	3F	No	0

B.2.3. Listado de cargas

Nombr e	Sr kVA)	Pr (kW)	Ir (A)	Cos	Nbr	Polarida d	Carga no lineal	THDi 3 (%)
K24	1,32	0,987	2	0,75	1	3F	No	0
K23	1,46	1,09	2,22	0,75	1	3F	No	0
K27	8,83	7,33	13,4	0,83	1	3F	No	0
K22	1,46	1,09	2,22	0,75	1	3F	No	0
K28	8,83	7,33	13,4	0,83	1	3F	No	0
K01	2,76	2,21	4,2	0,8	1	3F	No	0
M1 Q1	46,8	40,2	71,1	0,86	1	3F	No	0
M2 Q1	30,7	26,4	46,7	0,86	1	3F	No	0
M1 Q2	38,1	32,8	57,9	0,86	1	3F	No	0
k05	3,39	2,72	5,16	0,8	1	3F	No	0
K29	16,9	14,5	25,7	0,86	1	3F	No	0
M2 Q2	27,7	23,8	42,1	0,86	1	3F	No	0
K02	1,87	1,48	2,84	0,79	1	3F	No	0
M2 L1	91,5	79,6	139	0,87	1	3F	No	0
K03	3,76	3,01	5,72	0,8	1	3F	No	0
K07	1,87	1,48	2,84	0,79	1	3F	No	0
K08	3,76	3,01	5,72	0,8	1	3F	No	0
K09	1,87	1,48	2,84	0,79	1	3F	No	0
K10	3,76	3,01	5,72	0,8	1	3F	No	0
K31	15,2	13,1	23,2	0,86	1	3F	No	0
K06	6,53	5,22	9,9	0,8	1	3F	No	0
K11	6,53	5,22	9,9	0,8	1	3F	No	0
K19	6,53	5,22	9,9	0,8	1	3F	No	0
K16	3,76	3,01	5,72	0,8	1	3F	No	0
K13	6,53	5,22	9,9	0,8	1	3F	No	0
K15	5,89	4,71	8,95	0,8	1	3F	No	0
K17	3,76	3,01	5,72	0,8	1	3F	No	0
K30	8,83	7,33	13,4	0,83	1	3F	No	0
C SOJA	55,4	47,7	84,2	0,86	1	3F	No	0
M1 L1	91,5	79,6	139	0,87	1	3F	No	0
M1 L2	91,5	79,6	139	0,87	1	3F	No	0
M2 L2	111	87,6	168	0,79	1	3F	No	0

BHL2	3,39	2,72	5,16	0,8	1	3F	No	0
K20	5,89	4,71	8,95	0,8	1	3F	No	0
VT1	101	88,2	154	0,87	1	3F	No	0
VT2	101	88,2	154	0,87	1	3F	No	0
K32	7,97	6,61	12,1	0,83	1	3F	No	0
K04	1,87	1,48	2,84	0,79	1	3F	No	0

Tabla B 1: Cargas del motor.

Apéndice B.3: Diseño general de la instalación

B.3.1. Listado de aparamenta

B.3.1.1. Transformador de MT/BT

Nombre	N	Rango	Aislamiento	Sr (kVA)	ukrT (%)	Conexión	U2 (V)	SEA	Rb (m ²)
TRAFO	1	Trihal		1000	6		380	TN-S	10000

B.3.1.2. Juego de barras y cuadros de BT

Nombre del cuadro	Rango	Calibre (A)	IP			
Barra	Prisma Plus P	1600,00	Sin definir			
Nombre del juego de barras	Nombre del cuadro	Ks	Polaridad	SEA	Conexión	equipotencial
BARRA	Barra	1	3F+ N	TN-S	Con	

B.3.1.3. Unidad de fusibles combinados

Nombre	N.º	Gama de portadora	Polos	Calibre de los fusibles (A)	Tecnología de los fusibles
D2	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D1	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D3	1	Fupact	3P3f	16	DIN/aM

Apéndice B.3: Diseño general de la instalación

B.3.1. Listado de aparamenta

B.3.1.1. Transformador de MT/BT

Nombre	N°	Rango	Aislamiento	Sr (kVA)	ukrT (%)	Conexión	U2 (V)	SEA	Rb (m□)
TRAFO	1	Trihal		1000	6		380	TN-S	10000

B.3.1.2. Juego de barras y cuadros de BT

Nombre del cuadro	Rango	Calibre (A)	IP		
Barra	Prisma Plus P	1600,00	Sin definir		
Nombre del juego de barras	Nombre del cuadro	Ks	Polaridad	SEA	Conexión equipotencial
BARRA	Barra	1	3F+ N	TN-S	Con

B.3.1.3. Unidad de fusibles combinados

Nombre	N°	Gama de portadora	Polos	Calibre de los fusibles (A)	Tecnología de los fusibles
D2	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D1	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D3	1	Fupact	3P3f	16	DIN/aM
D4	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D5	1	Fupact	3P3f	16	DIN/aM
D6	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
NH1	1	Fupact	3P3f	80	DIN/aM
NH2	1	Fupact	3P3f	63	DIN/aM
NH3	1	Fupact	3P3f	80	DIN/aM
D8	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D7	1	Fupact	3P3f	32	DIN/aM
NH4	1	Fupact	3P3f	63	DIN/aM
D11	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
NH7	1	Fupact	3P3f	200	DIN/aM
D10	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D13	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D12	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D15	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D14	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
QA 49	1	Fupact	3P3f	32	DIN/aM
D16	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D17	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D18	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D19	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D20	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D21	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM

D22	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D23	1	Fupact	3P3f	16	DIN/aM
NH5	1	Fupact	3P3f	125	DIN/aM
NH6	1	Fupact	3P3f	200	DIN/aM
NH8	1	Fupact	3P3f	200	DIN/aM
NH9	1	Fupact	3P3f	200	DIN/aM
D25	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
D26	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM
NH10	1	Fupact	3P3f	200	DIN/aM
NH11	1	Fupact	3P3f	200	DIN/aM
D27	1	Fupact	3P3f	16	DIN/aM
D9	1	Fupact	3P3f	10	DIN/aM

Tabla B 2: Características de Porta fusibles.**B.3.1.4. Programa de Cables**

Nomb re	N°	Entrada	Aliment ador	Tipo	Aisla mien to	L (m)	L1/L2/L3	N	PE/PEN
CABL E 35	1	D26	K20	Multiconductor	PR	70	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 36	1	D27	K32	Multiconductor	PR	65	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 27	1	D23	K30	Multiconductor	PR	65	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 38	1	NH11	VT2	Multiconductor	PR	60	1x70 Cobre	1x35 Cobre	1x35 Cobre
CABL E 37	1	NH10	VT1	Multiconductor	PR	60	1x70 Cobre	1x35 Cobre	1x35 Cobre
CABL E 33	1	NH9	M2 L2	Multiconductor	PR	60	1x70 Cobre	1x35 Cobre	1x35 Cobre
CABL E 26	1	D22	K17	Multiconductor	PR	60	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 32	1	NH8	M1 L2	Multiconductor	PR	55	1x70 Cobre	1x35 Cobre	1x35 Cobre
CABL E 34	1	D25	BHL2	Multiconductor	PR	50	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 29	1	NH5	C SOJA	Multiconductor	PR	50	1x50 Cobre	1x25 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 25	1	D21	K15	Multiconductor	PR	50	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 24	1	D20	K13	Multiconductor	PR	50	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 23	1	D19	K16	Multiconductor	PR	50	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 22	1	D18	K19	Multiconductor	PR	50	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre

CABL E 1	1	D1	K23	Multiconductor	PR	50	1x4 Cobre		1x25 Cobre
CABL E 2	1	D2	K24	Multiconductor	PR	50	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 31	1	NH7	M2 L1	Multiconductor	PR	45	1x70 Cobre	1x35 Cobre	1x35 Cobre
CABL E 11.	1	NH4	M2 Q2	Multiconductor	PR	45	1x10 Cobre	1x10 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 3	1	D3	K27	Multiconductor	PR	45	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 30	1	NH6	M1 L1	Multiconductor	PR	40	1x70 Cobre	1x35 Cobre	1x35 Cobre
CABL E 21	1	D17	K11	Multiconductor	PR	40	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 28	1	QA 49	K31	Multiconductor	PR	40	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 10	1	NH3	M1 Q2	Multiconductor	PR	40	1x16 Cobre	1x16 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 4	1	D4	K22	Multiconductor	PR	40	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 20	1	D16	K06	Multiconductor	PR	35	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 19	1	D15	K09	Multiconductor	PR	35	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 9	1	NH2	M2 Q1	Multiconductor	PR	35	1x10 Cobre	1x10 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 5	1	D5	K28	Multiconductor	PR	35	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 16	1	D12	K08	Multiconductor	PR	33	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 18	1	D14	K10	Multiconductor	PR	30	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 17	1	D13	K07	Multiconductor	PR	30	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 7	1	D7	K29	Multiconductor	PR	30	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 12	1	D8	k05	Multiconductor	PR	30	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 8	1	NH1	M1 Q1	Multiconductor	PR	30	1x16 Cobre	1x16 Cobre	1x25 Cobre
CABL E13	1	D9	K04	Multiconductor	PR	28	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 14	1	D10	K03	Multiconductor	PR	28	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 15	1	D11	K02	Multiconductor	PR	25	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre
CABL E 6	1	D6	K01	Multiconductor	PR	25	1x4 Cobre	1x4 Cobre	1x25 Cobre

CABLE BT	1	TRAFO	TM PPAL	Monoconductor	PR	10	3x300 Cobre	3x300 Cobre	2x300 Cobre
----------	---	-------	---------	---------------	----	----	-------------	-------------	-------------

Tabla B 3: Características de los Conductores.

Apéndice B.4: Notas de Cálculo

B.4.1. Circuitos de la fuente

B.4.1.1. Circuito Red 6

MT alimentación	ANDE
Potencia de cortocircuito Máx.	27 MVA
Potencia de cortocircuito Mín.	20 MVA
MV fusible	FUSIBLE MT
Parámetros	
Norma	DIN
Gama	Fusarc CF
Ib	26 A
Tipo de equipo	SM6
Calibre	50 A
Tensión de asignado	22 kV
Tensión de aislamiento	24 kV
I _{kmax} MV	1,54 kA
I _{kmin} MV	0,71 kA
I _{kmin} LV de MV	158,87 A
Fusión tiempo I _{kmin} baja tensión	41,45 s
Cable de MT	CABLE MT
Parámetros	
Longitud	10 m
Tipo de cable	Unipolar
Ib	26 A
Nb conductor de fase del	1
Sección	1 x 35 Al mm ²
Ánima	Aluminio
Resistencia a la corriente de cortocircuito	3,1 kA
Tensión de asignado	22 kV
Tensión de aislamiento	24 kV

Transformador MT/BT	TRAFO
Gama	Trihal

Tecnología	
SrT	1000 kVA
Ukrt	6 %
Tipo de pérdidas	
Pkrt	9000 W
Esquema de puesta a tierra (BT)	TN-S
Acoplamiento MT	
Acoplamiento BT	
UrT0 BT	380V
Ur BT	380V
Rb (puesta en tierra del neutro)	NA
Ra (puesta en tierra de las masas)	NA
Cable	CABLE BT
Parámetros	
Longitud	10 m
longitud máxima	NA
Modo de colocación según tabla 52-3 de la IEC 60364-5-52 (2001) y tabla 52-B2 de la UNE 20460-5-523 (2004)	31F Cables mono conductores en bandejas perforadas colocadas horizontalmente
Factores de corrección	
Factor de temperatura	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-14
Factor de resistividad térmica del	1
Referencia de tabla estándar	B-52-16
Factor de neutro cargado	1
Cuadro de referencia normativa	E-52-1
Factor de agrupamiento	0,87
Cuadro de referencia normativa	B-52-21
Usuario factor de corrección	0,9
Factor global	0,783
Fase seleccionada	
Sección	3x300 mm ²
Ánima	Cobre
Iz	1729 A
Neutro seleccionado	
Sección	3x300 mm ²
Ánima	Cobre

Iz	1729 A
PE seleccionada	
Sección	2x300 mm ²
Ánima	Cobre

Corrientes de cortocircuito							
	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min

Modo de explotación Normal							
(kA)	25,77	22,32	25,77	14,24	15,93	16,44	0,00

Resumen para todos los modos de explotación							
(kA)	25,77	22,32	25,77	14,24	15,93	16,4	0,00
Protección				TM PPAL			
Ib				1600 A			
Distancia desde el origen				NA			
Información de dimensionamiento				siezed por el uso			
Gama				Compact NS630b-3200			
Designación				NS1600N			
Circuito nominal del interruptor				1600 A			
Poder de corte				50 kA			
TNS Un polo poder de corte				NA			
IT Uno de los polos Capacidad de ruptura				NA			
Poder de corte reforzado				NA			
Pole y protegido polo				3P3d			
Designación de la unidad de viaje				Micrologic 2.0			
Trip calificación unidad				1600 A			
Ajustes de retardo largos							
Ir				1600 (ajuste: 1) A			
Tr				0,5 s			
Ajustes de retardo cortos							
corriente Isd				4800 (ajuste: 3) A			
Tsd				0,05 s			
Disparo instantáneo							
Corriente Ii				OFF			
Resultados discriminación							
Previo				Límite discriminación			

Modo Operativo Normal	
FUSIBLE MT Fusarc CF / 50A	Selectividad total

Tabla B 4: Detalles de circuito de Red 6.

Apéndice B.5: Diagrama de Selectividad para D1 y TM PPAL en Normal modo de explotación

D1: DIN - aM - 10 A

TM PPAL: NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad total**

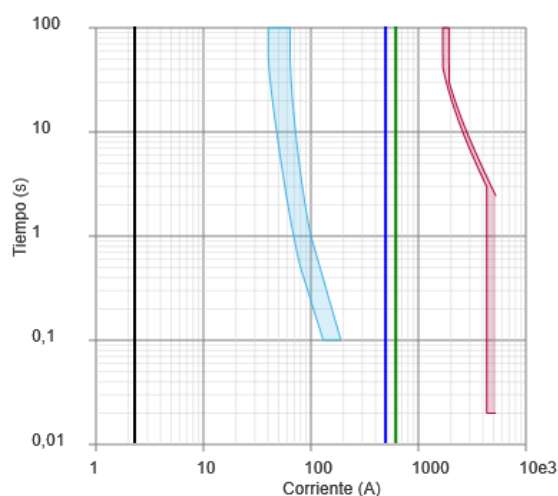


Figura B 1: Curvas de protección D1

— Transformador / Curva de utilidad — curva daños — curva inrush

I_b

I_{k3Máx}

I_{k2mín}

I_{ef}

2^a

24,99 Ka

0,48 kA

0,60 kA

	D1	TM PPAL
Gama	Fupact INFD400	Compact NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	DIN	NS1600N
Disyuntor / fusible del circuito	10	1600
Unidad de disparo	NA	Micrologic 2.0

Viaje de los aparatos	NA	1600
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	NA	1600 (ajuste: 1)
Tr (s)	NA	0,5
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	NA	4800 (ajuste: 3)
Tsd (s)	NA	0,05
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	OFF

Tabla B 5: Resultado del cálculo D1.

Fusible y el fusible transportista	D1
Ib	2,22 A
información del apresto	Sized by system
Gama	Fupact
Descripción	INFD400
Icm	176 kA.
Polos & polos protegidos	3P3f
Tipo de fusible transportista	Interrupor de fusible
Fusible	
Tecnología	DIN/aM
Tamaño	NH0
Calibre fase	10 A
Poder de corte fase	100 kA
Calibre de neutro	
Poder de corte neutro	
Tiempo de fusión If	0,1 s
STiempo de fusión Ikmin	0,1 s
Resultados discriminación	
Previo	Límite discriminación

Operating mode Normal	
TM PPAL NS1600N Micrologic 2.0 1600 A / 3P3d	Selectividad total
Contacto	LC1D09
Descripción	LC1D09
Tipo de coordinación	T1
Relé térmico	NA
Descripción	NA

Ir	0
----	---

Cable	CABLE 1
Parámetros	
Longitud	50 m
longitud máxima	234 m
Modo de colocación según tabla 52-3 de la IEC 60364-5-52 (2001) y tabla 52-B2 de la UNE 20460-5-523 (2004)	31 E Cables multiconductores en bandejas perforadas colocadas horizontalmente
Tipo de cable	Multiconductor
Cdad de circuitos juntos suplementarios	0
Aislante	PR
Temperatura ambiente	30 °C
THDI de rango 3 en el neutro	0 %
Ib	2 A
Limitación de dimensionamiento	Iz
Información de dimensionamiento	Dimensionada con In
Factores de corrección	
Factor de temperatura	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-14
Factor de resistividad térmica del	1
Referencia de tabla estándar	B-52-16
Factor de neutro cargado	1
Cuadro de referencia normativa	E-52-1
Factor de agrupamiento	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-20
Usuario factor de corrección	1
Factor global	1

Fase seleccionada	
Sección	1x4 mm ²
Ánima	Cobre
Iz	32,1 A
PE seleccionada	
Sección	1x25 mm ²
Ánima	Cobre

Corrientes de cortocircuito

	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min
--	--------	--------	--------	--------	--------	-----	---------

Modo de explotación Normal							
(kA)	24,99	21,64	0,00	0,48	0,00	0,60	0,00
Resumen para todos los modos de explotación							
(kA)	24,99	21,64	0,00	0,48	0,00	0,60	0,00

Tabla B 6: Circuito Carga motor 1.

Apéndice B.6: Diagrama de selectividad para D3 y TM PPAL en Normal modo de explotación

D3 : DIN - aM - 16 A

TM PPAL : NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad total**

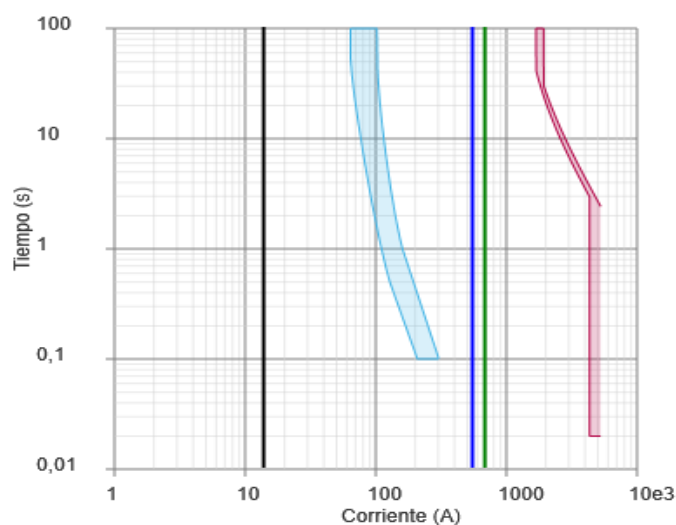


Figura B 2:Curvas de protección D3

— Transformador / Curva de utilidad — curva daños — curva inrush

	Ib	Ik3Máx	Ik2mín	Ief
—	13A	—	—	—
		24,99 kA	0,53 kA	0,66 kA

	D3	TM PPAL
Gama	Fupact INFD400	Compact NS630b-3200
Tecnología	DIN	NS1600N
Designación / fusible		
Disyuntor / fusible del circuito	16	1600
Unidad de disparo	NA	Micrologic 2.0
Viaje de los aparatos	NA	1600
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	NA	1600 (ajuste: 1)
Tr (s)	NA	0,5
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	NA	4800 (ajuste: 3)
Tsd (s)	NA	0,05
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	OFF

Tabla B 7: Resultado del Cálculo D3.

Fusible y el fusible transportista	D3
Ib	13,4 A
información del apresto	Sized by system
Gama	Fupact
Descripción	INFD400
Icm	176 kA.
Polos & polos protegidos	3P3f
Tipo de fusible transportista	Interruptor de fusible
Fusible	
Tecnología	DIN/aM
Tamaño	NH0
Calibre fase	16 A
Poder de corte fase	100 kA
Calibre de neutro	
Poder de corte neutro	
Tiempo de fusión If	0,1 s
STiempo de fusión Ikmin	0,1 s
Resultados discriminación	
Previo	Límite discriminación

Operating mode Normal	
TM PPAL NS1600N Micrologic 2.0 1600 A / 3P3d	Selectividad total
Contacto	LC1D12
Descripción	LC1D12
Tipo de coordinación	T1
Relé térmico	LRD16
Descripción	LRD16
Ir	13,4130339699665

Cable	CABLE 3
Parámetros	
Longitud	45 m
longitud máxima	146 m
Modo de colocación según tabla 52-3 de la IEC 60364-5-52 (2001) y tabla 52-B2 de la UNE 20460-5-523 (2004)	31 E Cables multiconductores en bandejas perforadas colocadas horizontalmente
Tipo de cable	Multiconductor
Cdad de circuitos juntos suplementarios	0
Aislante	PR
Temperatura ambiente	30 °C
THDI de rango 3 en el neutro	0 %
Ib	13 A
Limitación de dimensionamiento	Iz
Información de dimensionamiento	Dimensionada con In
Factores de corrección	
Factor de temperatura	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-14
Factor de resistividad térmica del	1
Referencia de tabla estándar	B-52-16
Factor de neutro cargado	1
Cuadro de referencia normativa	E-52-1
Factor de agrupamiento	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-20
Usuario factor de corrección	1

Factor global	1
---------------	---

Fase seleccionada							
Sección	1x4 mm ²						
Ánima	Cobre						
Iz	32,1 A						
Neutro seleccionado							
Sección	1x4 mm ²						
Ánima							
Iz	0 A						
PE seleccionado							
Sección	1x25 mm ²						
Ánima	Cobre						
Corrientes de cortocircuito							
	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min
Modo de explotación Normal							
(kA)	24,99	21,64	0,00	0,53	0,00	0,66	0,00

Resumen para todos los modos de explotación							
(kA)	24,99	21,64	0,00	0,53	0,00	0,66	0,00

Tabla B 8: Circuito Carga motor 3.

Apéndice B.7: Diagrama de selectividad para D7 y TM PPAL en Normal modo de explotación

D7 : DIN - aM - 32 A

TM PPAL : NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad total**

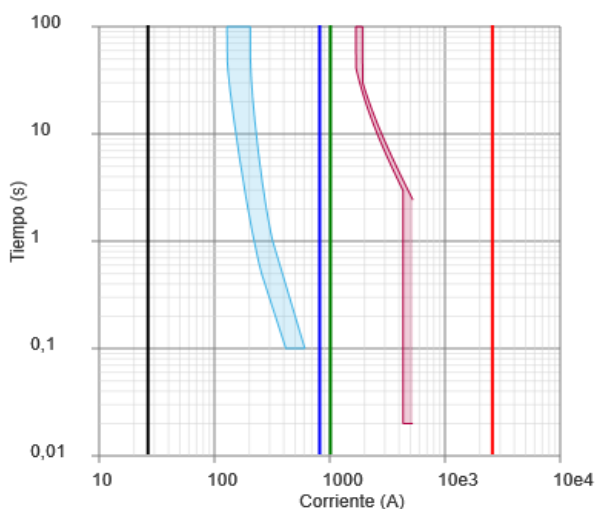


Figura B 3: Curvas de protección D7

__ Transformador / Curva de utilidad __ curva daños __ curva inrush

I_b	I_{k3Máx}	I_{k2mín}	I_{ef}
— 25A	— 24,99 kA	— 0,79 kA	— 0,98 kA

	D7	TM PPAL
Gama	Fupact INFD400	Compact NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	DIN	NS1600N
Disyuntor / fusible del circuito	32	1600
Unidad de disparo	NA	Micrologic 2.0
Viaje de los aparatos	NA	1600

Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	NA	1600 (ajuste: 1)
Tr (s)	NA	0,5
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	NA	4800 (ajuste: 3)
Tsd (s)	NA	0,05
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	OFF

Tabla B 9: Resultado del Cálculo D7.

Fusible y el fusible transportista	D7
Ib	25,7 A
información del apresto	Sized by system
Gama	Fupact
Descripción	INFD400
Icm	176 kA.
Polos & polos protegidos	3P3f
Tipo de fusible transportista	Interruptor de fusible
Fusible	
Tecnología	DIN/aM
Tamaño	NH0
Calibre fase	32 A
Poder de corte fase	100 kA
Calibre de neutro	
Poder de corte neutro	
Tiempo de fusión If	0,1 s
STiempo de fusión Ikmin	0,1 s
Resultados discriminación	
Previo	Límite discriminación

Operating mode Normal	
TM PPAL NS1600N Micrologic 2.0 1600 A / 3P3d	Selectividad total

Contactador	LC1D25
Descripción	LC1D25
Tipo de coordinación	T1

Relé térmico	LRD22
Descripción	LRD22

Ir	25,6597171599359
Cable	CABLE 7
Parámetros	
Longitud	30 m
longitud máxima	72,6 m
Modo de colocación según tabla 52-3 de la IEC 60364-5-52 (2001) y tabla 52-B2 de la UNE 20460-5-523 (2004)	31 E Cables multiconductores en bandejas perforadas colocadas horizontalmente
Tipo de cable	Multiconductor
Cdad de circuitos juntos suplementarios	0
Aislante	PR
Temperatura ambiente	30 °C
THDI de rango 3 en el neutro	0 %
Ib	26 A
Limitación de dimensionamiento	Iz
Información de dimensionamiento	Dimensionada con In
Factores de corrección	
Factor de temperatura	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-14
Factor de resistividad térmica del	1
Referencia de tabla estándar	B-52-16
Factor de neutro cargado	1
Cuadro de referencia normativa	E-52-1
Factor de agrupamiento	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-20
Usuario factor de corrección	1
Factor global	1
Fase seleccionada	
Sección	1x4 mm ²
Ánima	Cobre
Iz	38,2 A
Neutro seleccionado	
Sección	1x4 mm ²
Ánima	
Iz	0 A
PE seleccionada	
Sección	1x25 mm ²

Ánima		Cobre					
Corrientes de cortocircuito							
	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min
Modo de explotación Normal							
(kA)	24,99	21,64	0,00	0,79	0,00	0,98	0,00
Resumen para todos los modos de explotación							
(kA)	24,99	21,64	0,00	0,79	0,00	0,98	0,00

Tabla B 10: Circuito Carga motor 7.

Apéndice B.8: Diagrama de selectividad para NH2 y TM PPAL en Normal modo de explotación

NH2 : DIN - aM - 63 A

TM PPAL : NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad total**

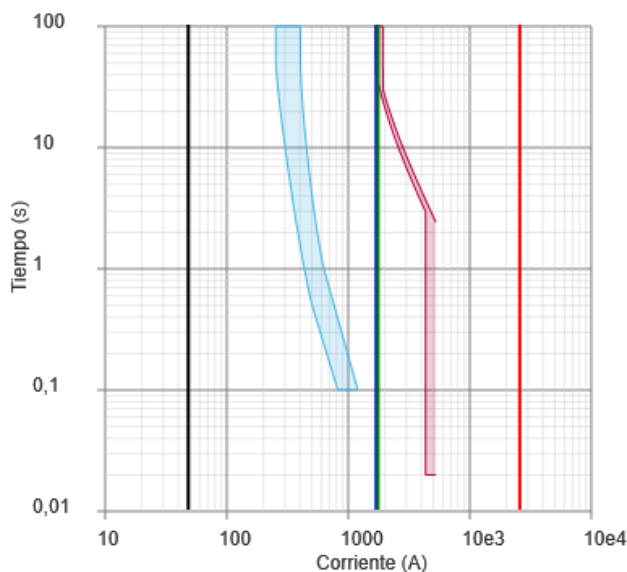


Figura B 4: Curvas de protección NH2

Transformador / Curva de utilidad — curva daños — curva inrush —

lb	Ik3Máx	Ik2mín	Ief
— 46A	— 24,99 kA	— 1,65 kA	— 1,70 kA

	NH2	TM PPAL
Gama	Fupact INFD400	Compact NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	DIN	NS1600N
Disyuntor / fusible del circuito	63	1600
Unidad de disparo	NA	Micrologic 2.0
Viaje de los aparatos	NA	1600
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	NA	1600 (ajuste: 1)
Tr (s)	NA	0,5
Ajustes de retardo corto		
I _{sd} (A)	NA	4800 (ajuste: 3)
T _{sd} (s)	NA	0,05
disparo instantáneo		

— Transformador / Curva de utilidad — curva daños — curva inrush

lb	Ik3Máx	Ik2mín	Ief
— 46A	— 24,99 kA	— 1,65 kA	— 1,70 kA

	NH2	TM PPAL
Gama	Fupact INFD400	Compact NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	DIN	NS1600N
Disyuntor / fusible del circuito	63	1600
Unidad de disparo	NA	Micrologic 2.0
Viaje de los aparatos	NA	1600
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	NA	1600 (ajuste: 1)
Tr (s)	NA	0,5
Ajustes de retardo corto		
I _{sd} (A)	NA	4800 (ajuste: 3)
T _{sd} (s)	NA	0,05
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	OFF

Tabla B 11: Resultado del Cálculo NH2.

Fusible y el fusible transportista	NH2
Ib	46,7 A
información del apresto	Sized by system
Gama	Fupact
Descripción	INFD400
Icm	176 kA.
Polos & polos protegidos	3P3f
Tipo de fusible transportista	Interruptor de fusible
Fusible	
Tecnología	DIN/aM
Tamaño	NH0
Calibre fase	63 A
Poder de corte fase	100 kA
Calibre de neutro	
Poder de corte neutro	
Tiempo de fusión If	0,1 s
STiempo de fusión Ikmin	0,1 s
Resultados discriminación	
Previo	Límite discriminación

Operating mode Normal	
TM PPAL NS1600N Micrologic 2.0 1600 A / 3P3d	Selectividad total

Contactor	LC1D50A
Descripción	LC1D50A
Tipo de coordinación	T1
Relé térmico	
Descripción	LRD350
Ir	46,6540311998834

Cable	CABLE 9
Parámetros	Multiconductor
Longitud de cable	95 m
Longitud máxima	126 m
Método de colocación según	PRE
temperatura ambiente	Cables multiconductores en bandejas
52 (2001) y tabla 52-B2 de la	perforadas colocadas horizontalmente
UNE 20460-5-523 (2004)	47 A

Limitación de dimensionamiento	Iz
Información de dimensionamiento	Dimensionada con In
Factores de corrección	
Factor de temperatura	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-14
Factor de resistividad térmica del	1
Referencia de tabla estándar	B-52-16
Factor de neutro cargado	1
Cuadro de referencia normativa	E-52-1
Factor de agrupamiento	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-20
Usuario factor de corrección	1
Factor global	1
Fase seleccionada	
Sección	1x10 mm ²
Ánima	Cobre
Iz	68,2 A
Neutro seleccionado	
Sección	1x10 mm ²
Ánima	
Iz	0 A
PE seleccionado	
Sección	1x25 mm ²
Ánima	Cobre

Corrientes de cortocircuito							
	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min

Modo de explotación Normal							
(kA)	24,99	21,64	0,00	1,65	0,00	1,70	0,00

Resumen para todos los modos de explotación							
(kA)	24,99	21,64	0,00	1,65	0,00	1,70	0,00

Tabla B 12: Circuito Carga motor 9.

Apéndice B.9: Diagrama de selectividad para NH1 y TM PPAL en Normal modo de explotación

NH1 : DIN - aM - 80 A

TM PPAL : NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad total**

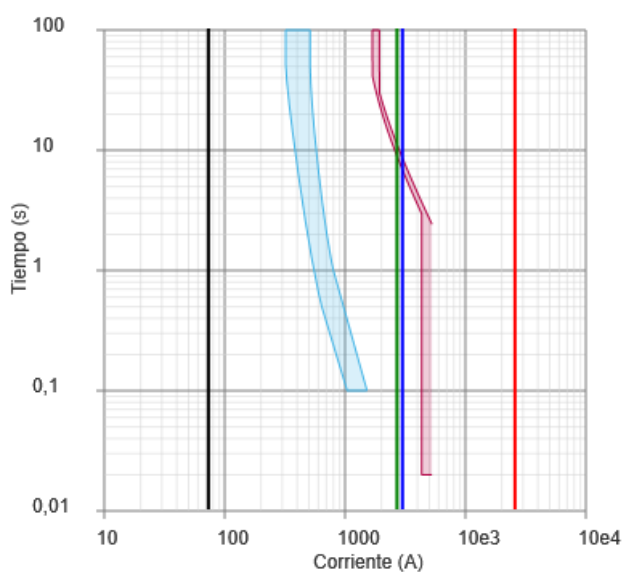


Figura B 5: Curvas de protección NH1

—	Transformador / Curva de utilidad	—	curva daños	—	curva inrush
—	Ib	—	Ik3Máx	—	Ief
—	71A	—	24,99 kA	—	2,62 kA
		—	Ik2mín	—	
		—	2,90 kA	—	

	NH1	TM PPAL
Gama	Fupact INFD400	Compact NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	DIN	NS1600N
Disyuntor / fusible del circuito	80	1600
Unidad de disparo	NA	Micrologic 2.0
Viaje de los aparatos	NA	1600
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	NA	1600 (ajuste: 1)
Tr (s)	NA	0,5
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	NA	4800 (ajuste: 3)
Tsd (s)	NA	0,05
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	OFF

Tabla B 13: Resultado del Cálculo NH1.

Fusible y el fusible transportista	NH1
Ib	71,1 A
información del apresto	Sized by system
Gama	Fupact
Descripción	INFD400
Icm	176 kA.
Polos & polos protegidos	3P3f
Tipo de fusible transportista	Interruptor de fusible
Fusible	
Tecnología	DIN/aM
Tamaño	NH0
Calibre fase	80 A
Poder de corte fase	100 kA
Calibre de neutro	
Poder de corte neutro	
Tiempo de fusión If	0,1 s
STiempo de fusión Ikmin	0,1 s
Resultados discriminación	
Previo	Límite discriminación

Operating mode Normal

TM PPAL NS1600N Micrologic 2.0 1600 A / 3P3d	Selectividad total
---	--------------------

Contactor	LC1D80
Descripción	LC1D80
Tipo de coordinación	T1

Relé térmico	LRD3359
Descripción	LRD3359
Ir	71,0795489194899

Cable	CABLE 8
Parámetros	
Longitud	30 m
longitud máxima	135 m
Modo de colocación según tabla 52-3 de la IEC 60364-5-52 (2001) y tabla 52- B2 de la UNE 20460-5-523 (2004)	31 E Cables multiconductores en bandejas perforadas colocadas horizontalmente
Tipo de cable	Multiconductor
Cdad de circuitos juntos suplementarios	0
Aislante	PR
Temperatura ambiente	30 °C
THDI de rango 3 en el neutro	0 %
Ib	71 A
Limitación de dimensionamiento	Iz
Información de dimensionamiento	Dimensionada con In
Factores de corrección	
Factor de temperatura	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-14
Factor de resistividad térmica del	1
Referencia de tabla estándar	B-52-16
Factor de neutro cargado	1
Cuadro de referencia normativa	E-52-1
Factor de agrupamiento	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-20
Usuario factor de corrección	1

Factor global	1
---------------	---

Fase seleccionada	
Sección	1x16 mm ²
Ánima	Cobre
Iz	90,9 A
Neutro seleccionado	
Sección	1x16 mm ²
Ánima	
Iz	0 A
PE seleccionado	
Sección	1x25 mm ²
Ánima	Cobre

Corrientes de cortocircuito							
	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min

Modo de explotación Normal							
(kA)	24,99	21,64	0,00	2,90	0,00	2,62	0,00

Resumen para todos los modos de explotación							
(kA)	24,99	21,64	0,00	2,90	0,00	2,62	0,00

Tabla B 14: Circuito Carga motor 8.

Apéndice B.10: Diagrama de selectividad para NH5 y TM PPAL en Normal modo de explotación

NH5 : DIN - aM - 125 A

TM PPAL : NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad total**

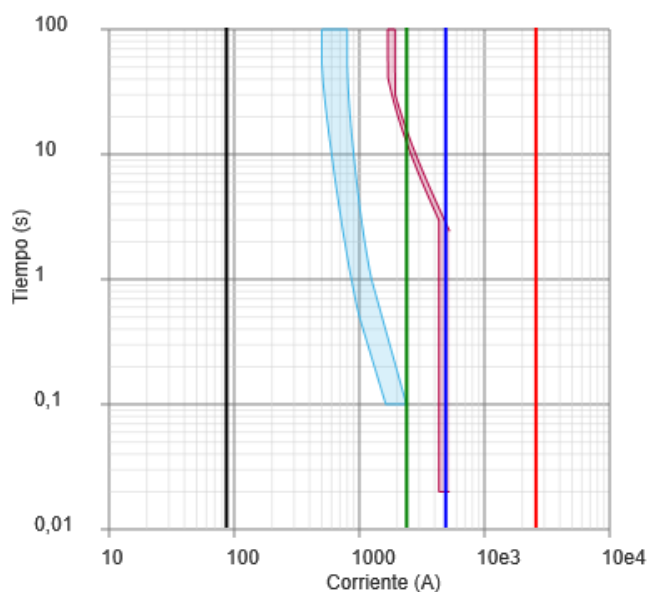


Figura B 6: Curvas de protección NH5

— Transformador / Curva de utilidad	— curva daños	— curva inrush
I _b	I _{k3Máx}	I _{ef}
— 84A	— 24,99 kA	— 4,75 kA
		— 2,31 kA

	NH5	TM PPAL
Gama	Fupact INFD400	Compact NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	DIN	NS1600N
Disyuntor / fusible del circuito	125	1600
Unidad de disparo	NA	Micrologic 2.0
Viaje de los aparatos	NA	1600
Ajustes de retardo largo		
Ir (A)	NA	1600 (ajuste: 1)
Tr (s)	NA	0,5
Ajustes de retardo corto		
Isd (A)	NA	4800 (ajuste: 3)
Tsd (s)	NA	0,05
disparo instantáneo		
Ii (A)	OFF	OFF

Tabla B 15: Resultado del Cálculo NH5.

Fusible y el fusible transportista	NH5
Ib	84,2 A
información del apresto	Sized by system
Gama	Fupact
Descripción	INFD400
Icm	176 kA.
Polos & polos protegidos	3P3f
Tipo de fusible transportista	Interruptor de fusible
Fusible	
Tecnología	DIN/aM
Tamaño	NH0
Calibre fase	125 A
Poder de corte fase	100 kA
Calibre de neutro	
Poder de corte neutro	
Tiempo de fusión If	0,11 s
STiempo de fusión Ikmin	0,1 s
Resultados discriminación	
Previo	Límite discriminación

Operating mode Normal	
TM PPAL NS1600N Micrologic 2.0 1600 A / 3P3d	Selectividad total

Contactador	LC1D115
Descripción	LC1D115
Tipo de coordinación	T1

Relé térmico	LR9D5367
Descripción	LR9D5367
Ir	84,2105263157895

Cable	CABLE 29
Parámetros	
Longitud	50 m
longitud máxima	125 m
Modo de colocación según tabla 52-3 de la IEC 60364-5-52 (2001) y tabla 52-B2 de la UNE 20460-5-523 (2004)	31 E Cables multiconductores en bandejas perforadas colocadas horizontalmente
Tipo de cable	Multiconductor
Cdad de circuitos juntos suplementarios	0
Aislante	PR
Temperatura ambiente	30 °C
THDI de rango 3 en el neutro	0 %
Ib	84 A
Limitación de dimensionamiento	Iz
Información de dimensionamiento	Dimensionada con In
Factores de corrección	
Factor de temperatura	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-14
Factor de resistividad térmica del	1
Referencia de tabla estándar	B-52-16
Factor de neutro cargado	1
Cuadro de referencia normativa	E-52-1
Factor de agrupamiento	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-20
Usuario factor de corrección	1
Factor global	1

Fase seleccionada	
Sección	1x50 mm ²
Ánima	Cobre
Iz	175 A
Neutro seleccionado	
Sección	1x25 mm ²
Ánima	
Iz	0 A
PE seleccionado	
Sección	1x25 mm ²
Ánima	Cobre

Corrientes de cortocircuito							
	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min

Modo de explotación Normal							
(kA)	24,99	21,64	0,00	4,75	0,00	2,31	0,00

Resumen para todos los modos de explotación							
(kA)	24,99	21,64	0,00	4,75	0,00	2,31	0,00

Tabla B 16: Circuito Carga motor 29.

Apéndice B.11: Diagrama de selectividad para NH6 y TM PPAL en Normal modo de explotación

NH6: DIN - aM - 200 A

TM PPAL: NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad total**

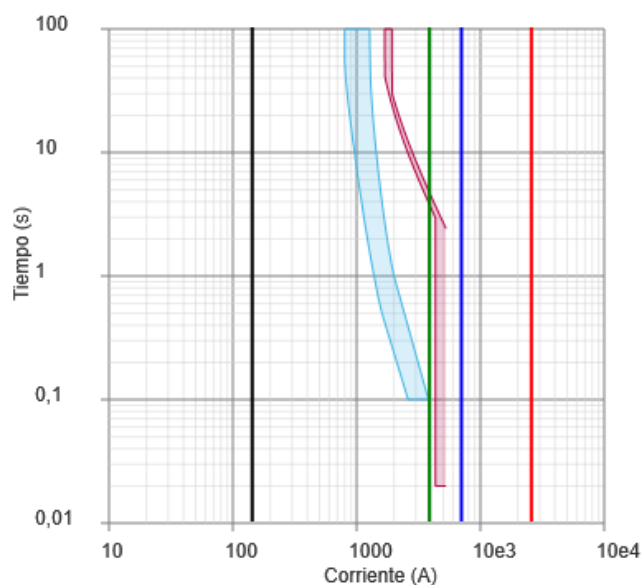


Figura B 7:Curvas de protección NH6

— Transformador / Curva de utilidad	— curva daños	— curva inrush
lb	Ik3Máx	Ik2mín
— 138A	— 24,99 kA	— 6,82 kA
		— 3,76 kA

	NH6	TM PPAL
--	------------	----------------

Gama	Fupact INFD400	Compact NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	DIN	NS1600N
Disyuntor / fusible del circuito	200	1600
Unidad de disparo	NA	Micrologic 2.0
Viaje de los aparatos	NA	1600
Ajustes de retardo largo		
I _r (A)	NA	1600 (ajuste: 1)
T _r (s)	NA	0,5
Ajustes de retardo corto		
I _{sd} (A)	NA	4800 (ajuste: 3)
T _{sd} (s)	NA	0,05
disparo instantáneo		
I _i (A)	OFF	OFF

Tabla B 17: Resultado del Cálculo NH6.

Fusible y el fusible transportista	NH6
I _b	139 A
información del apresto	Sized by system
Gama	Fupact
Descripción	INFD400
I _{cm}	176 kA.
Polos & polos protegidos	3P3f
Tipo de fusible transportista	Interruptor de fusible
Fusible	
Tecnología	DIN/aM
Tamaño	NH1
Calibre fase	200 A
Poder de corte fase	100 kA
Calibre de neutro	
Poder de corte neutro	
Tiempo de fusión I _f	0,104 s
STiempo de fusión I _{kmin}	0,1 s
Resultados discriminación	
Previo	Límite discriminación

Operating mode Normal	
TM PPAL NS1600N Micrologic 2.0 1600 A / 3P3d	Selectividad total

Contactor	LC1F185
Descripción	LC1F185

Tipo de coordinación	T1
----------------------	----

Relé térmico	LR9F5369
Descripción	LR9F5369
Ir	138,947368421053

Cable	CABLE 30
Parámetros	
Longitud	40 m
longitud máxima	106 m
Modo de colocación según tabla 52-3 de la IEC 60364-5-52 (2001) y tabla 52-B2 de la UNE 20460-5-523 (2004)	31 E Cables multiconductores en bandejas perforadas colocadas horizontalmente
Tipo de cable	Multiconductor
Cdad de circuitos juntos suplementarios	0
Aislante	PR
Temperatura ambiente	30 °C
THDI de rango 3 en el neutro	0 %
Ib	139 A
Limitación de dimensionamiento	Iz
Información de dimensionamiento	Dimensionada con In
Factores de corrección	
Factor de temperatura	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-14
Factor de resistividad térmica del	1
Referencia de tabla estándar	B-52-16
Factor de neutro cargado	1
Cuadro de referencia normativa	E-52-1
Factor de agrupamiento	1
Cuadro de referencia normativa	B-52-20
Usuario factor de corrección	1
Factor global	1

Fase seleccionada	
Sección	1x70 mm ²
Ánima	Cobre
Iz	224 A
Neutro seleccionado	
Sección	1x35 mm ²
Ánima	
Iz	0 A
PE seleccionado	
Sección	1x35 mm ²
Ánima	Cobre

Corrientes de cortocircuito							
	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min

Modo de explotación Normal							
(kA)	24,99	21,64	0,00	6,82	0,00	3,76	0,00

Resumen para todos los modos de explotación							
(kA)	24,99	21,64	0,00	6,82	0,00	3,76	0,00

Tabla B 18: Circuito Carga motor 30.

Apéndice B.12: Diagrama de selectividad fusible 16A y TM Principal

DIN – gG / gL - 16 A

TM PPAL : NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad total**

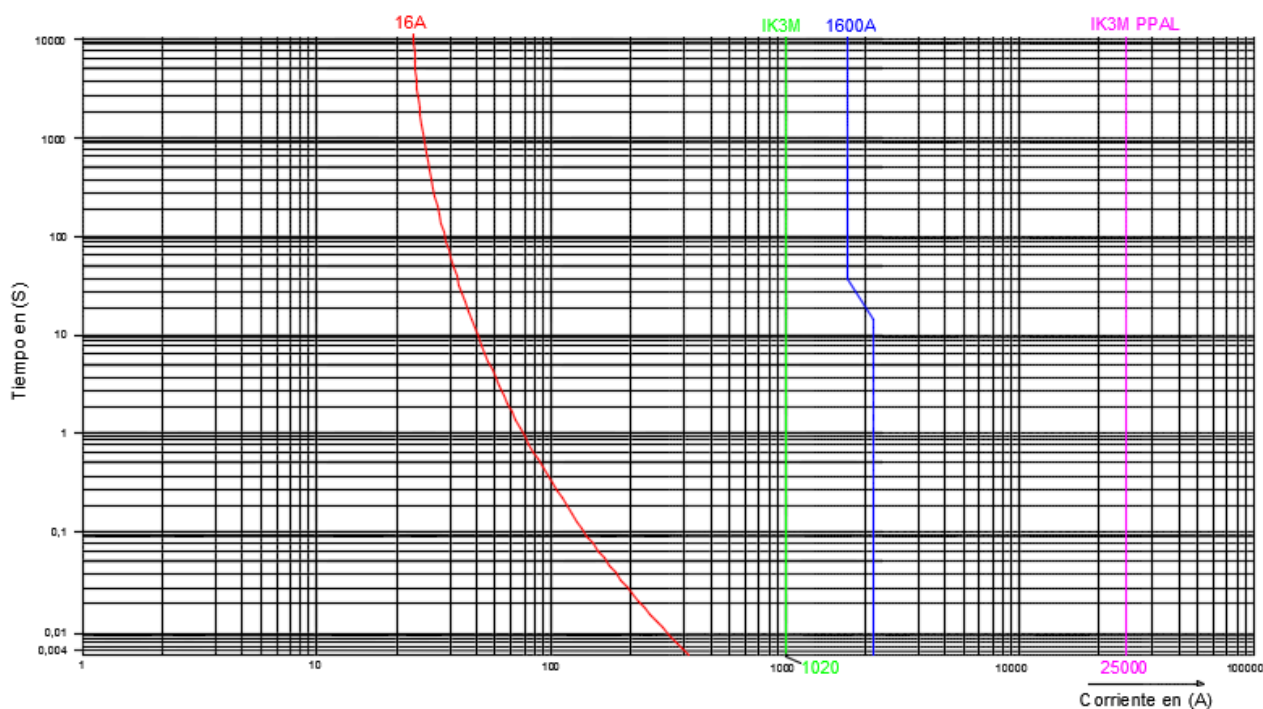


Figura B 8: Curvas de protección F 16A

Apéndice B.13: Diagrama de selectividad fusible 35A y TM Principal

DIN – gG / gL - 35 A

TM PPAL : NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad total**

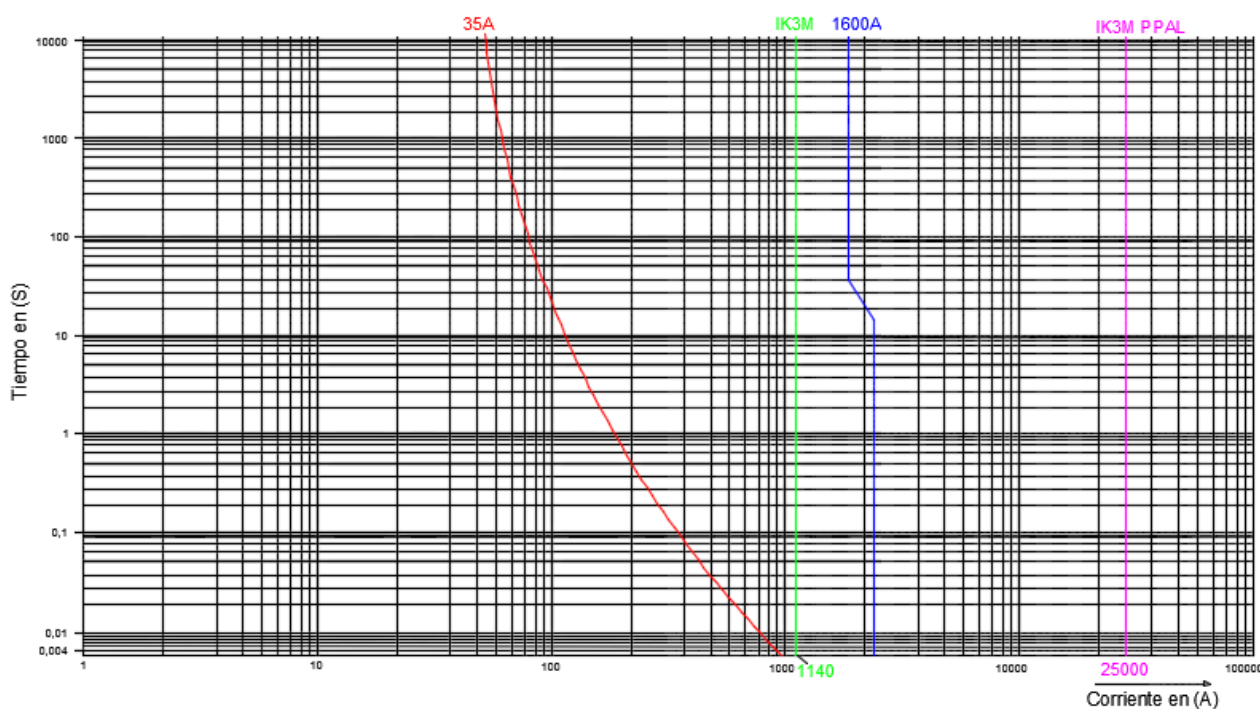


Figura B 9: Curvas de protección F 35A

Apéndice B.14: Diagrama de selectividad fusible NH 63A y TM Principal

DIN NH – gG / gL - 63 A

TM PPAL : NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad Nula**

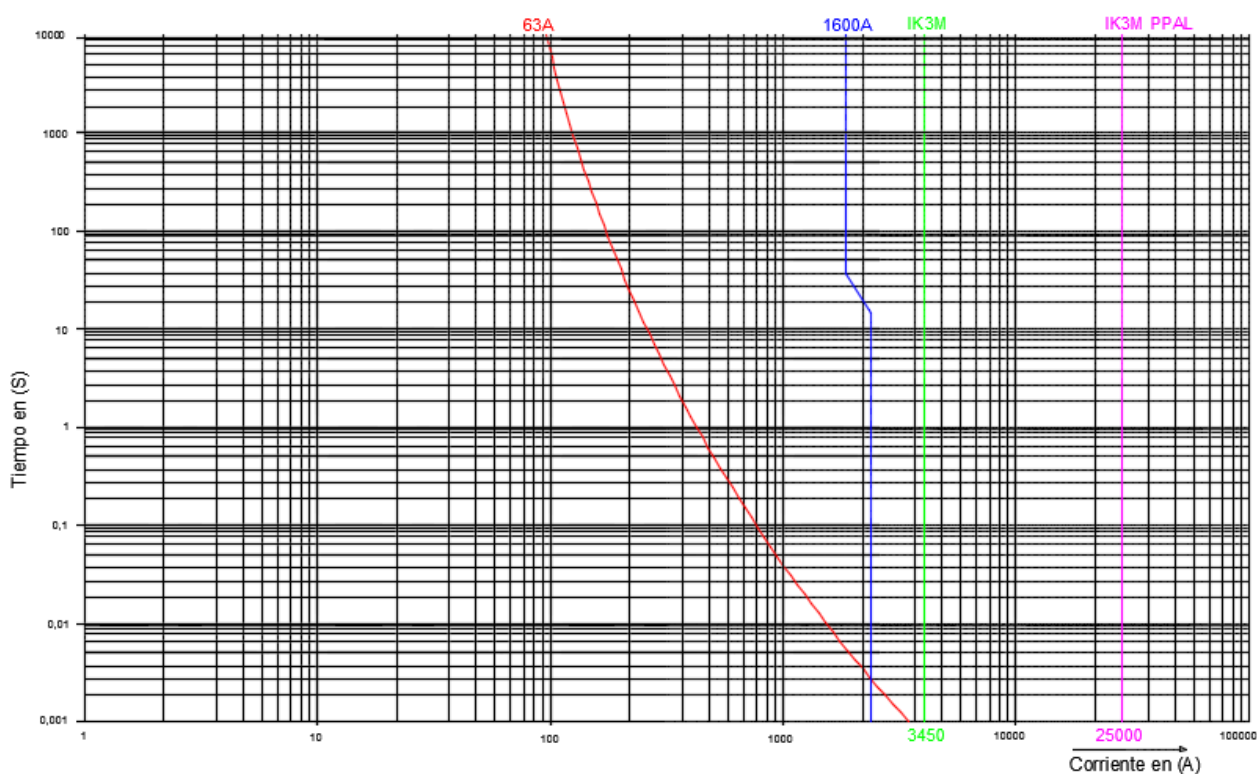


Figura B 10: Curvas de protección F 63A

Apéndice B.15: Diagrama de selectividad fusible NH 80A y TM Principal

DIN NH – gG / gL - 80 A

TM PPAL : NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad Nula**

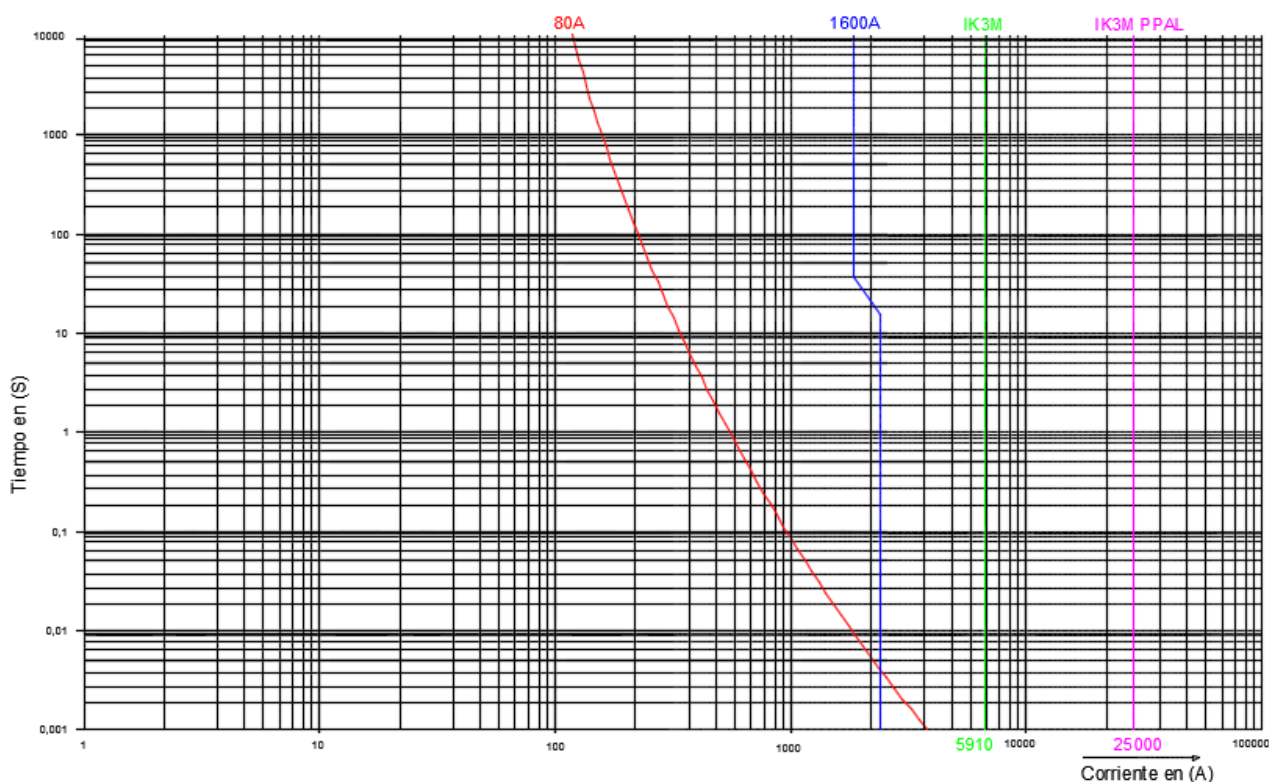


Figura B 11: Curvas de protección F 80A

Apéndice B.16: Diagrama de selectividad fusible NH 125A y TM Principal

DIN NH – gG / gL - 125 A

TM PPAL : NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad Nula**

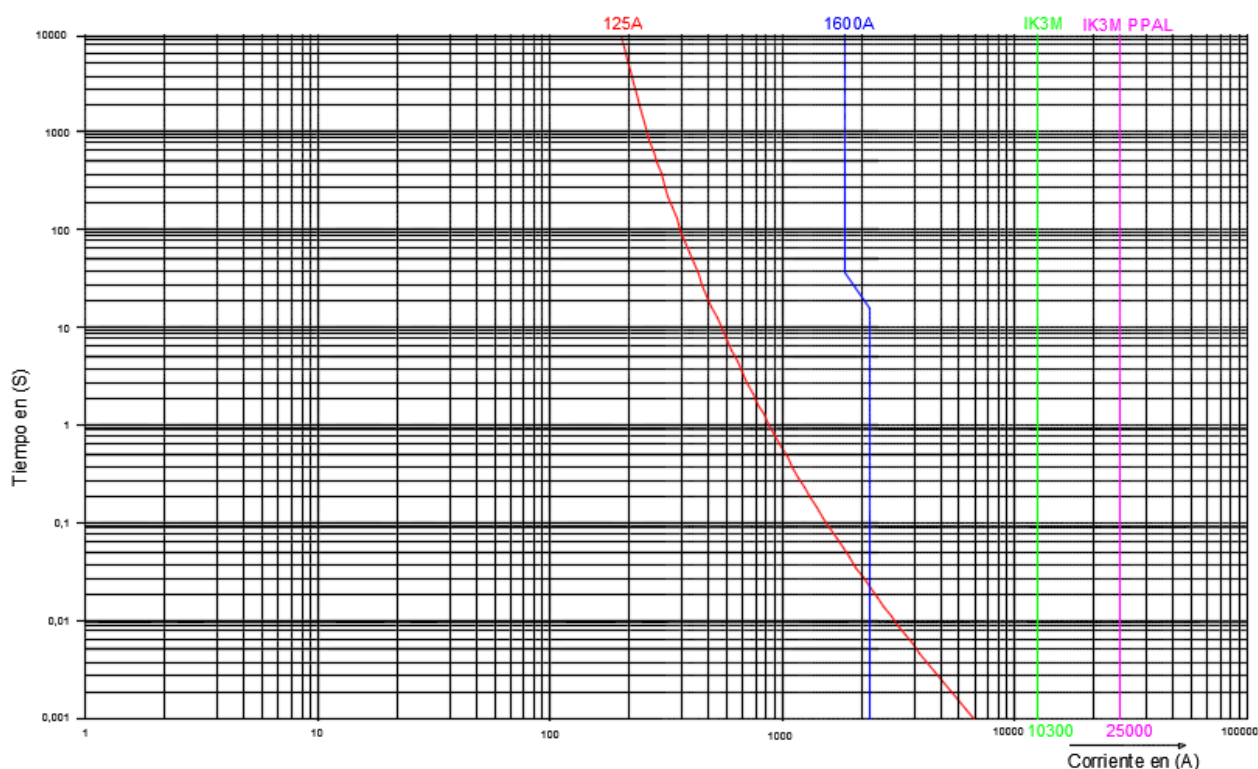


Figura B 12: Curvas de protección F 125A

Apéndice B.17: Diagrama de selectividad fusible NH 315A y TM Principal

DIN NH – gG / gL - 315 A

TM PPAL : NS1600N - Micrologic 2.0 - 1600 A

Estado de la Discriminación: **Selectividad Nula**

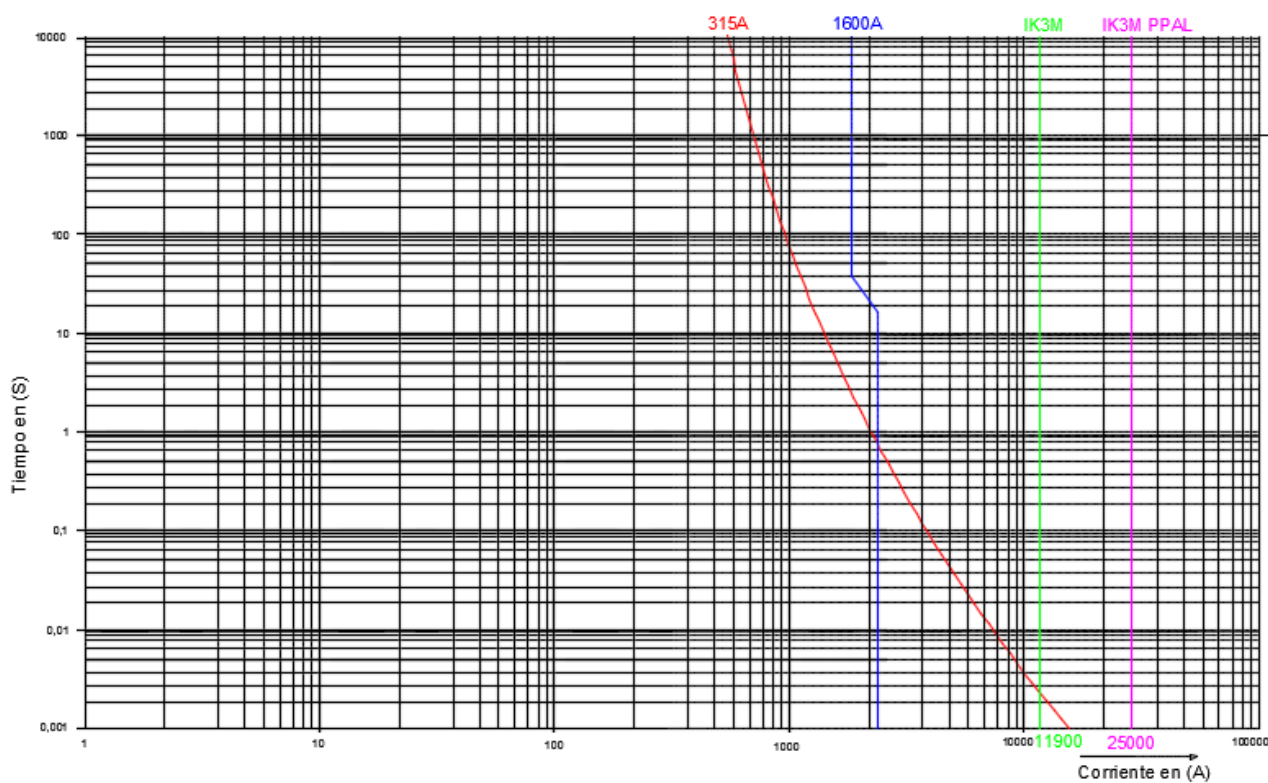
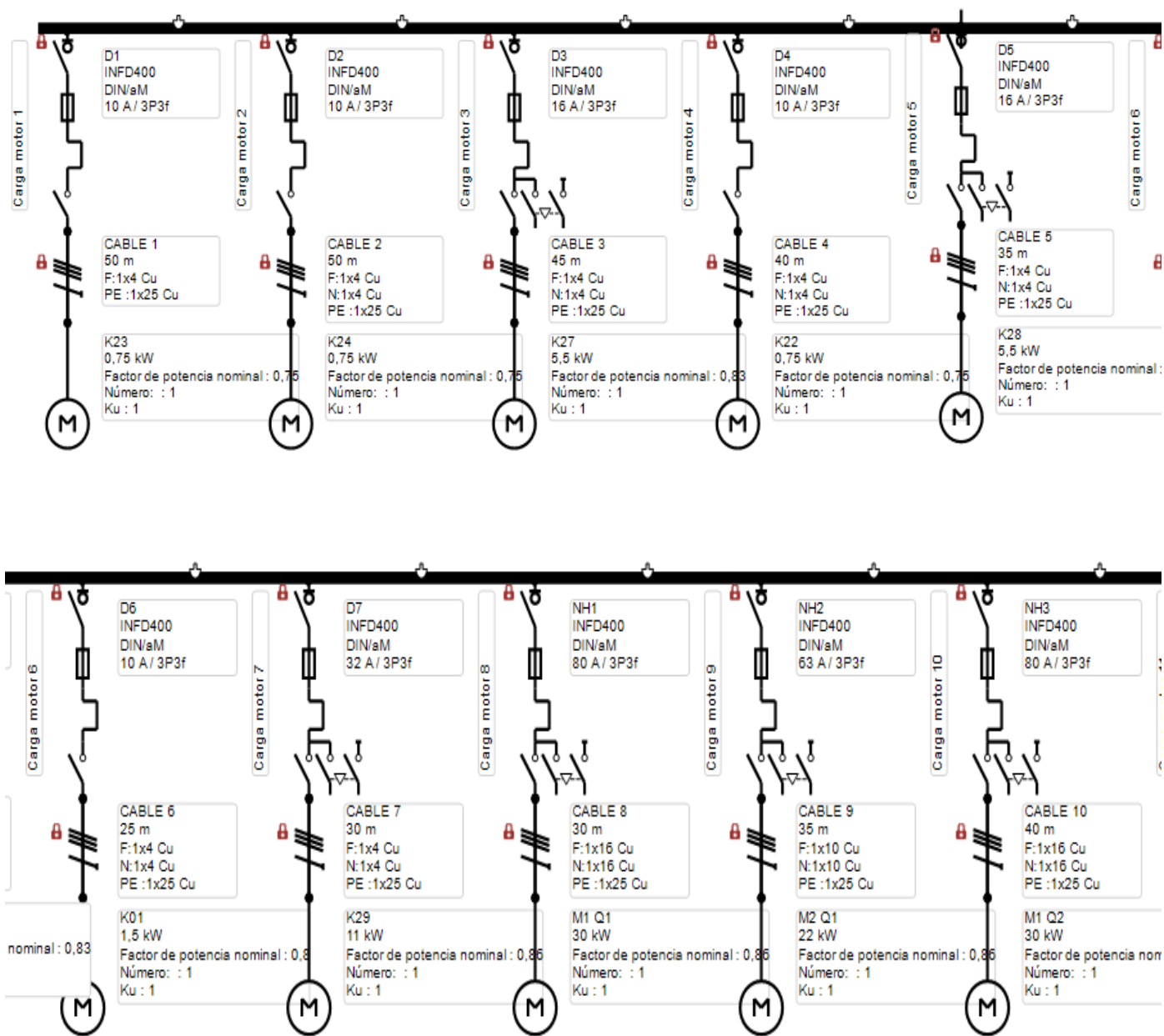
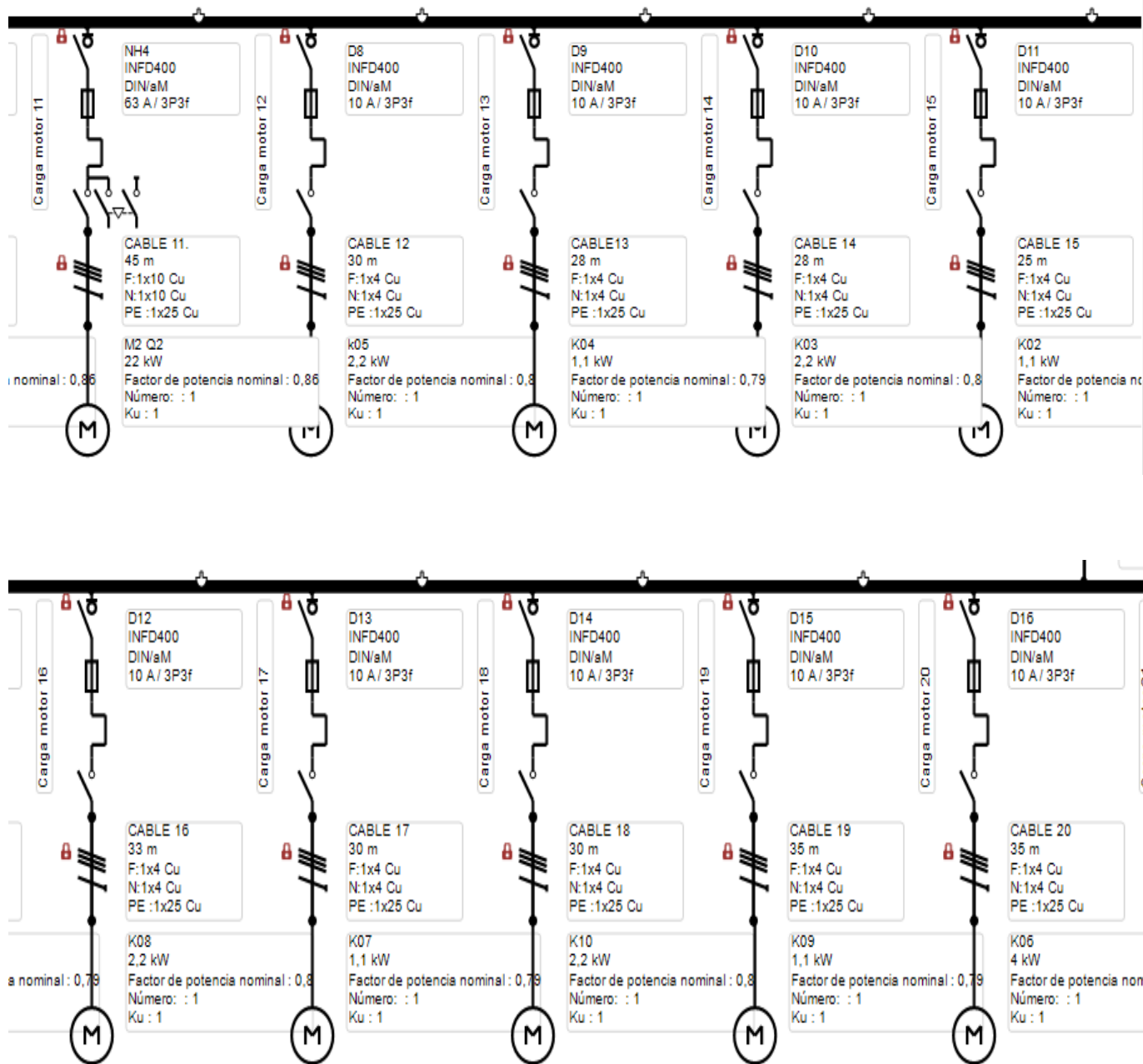
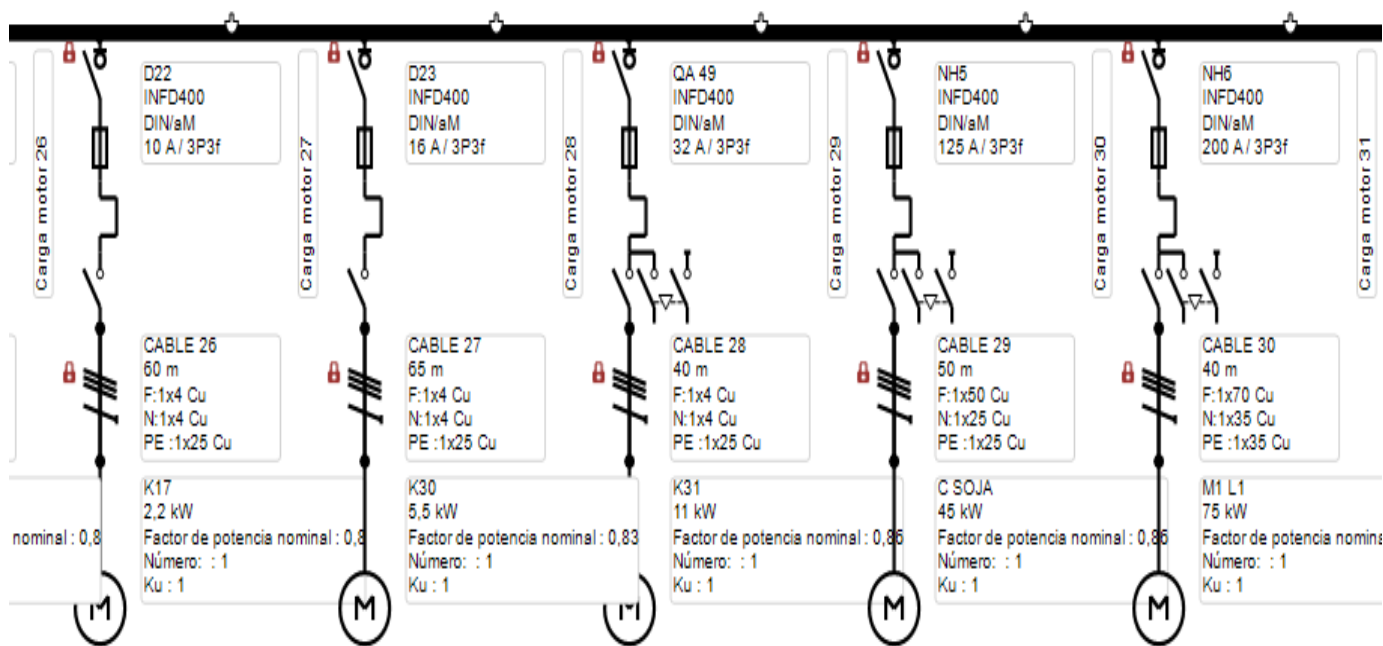
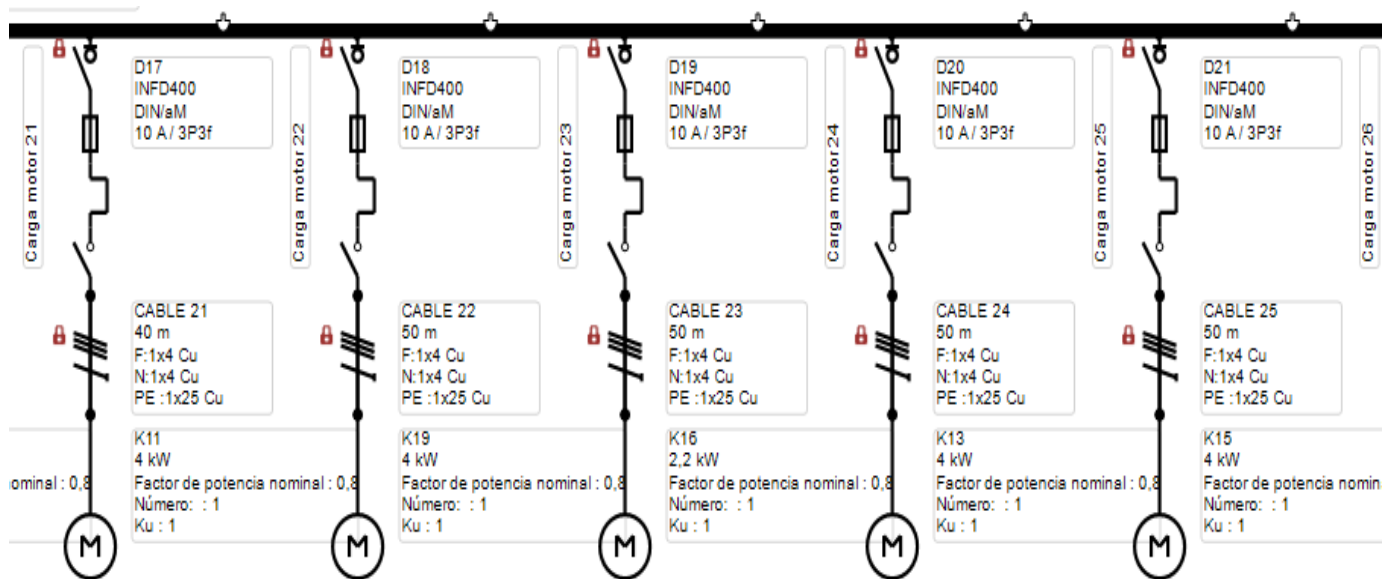


Figura B 13: Curvas de protección F 315A

Apéndice B.18: Coordinación Adecuada con Software Schneider







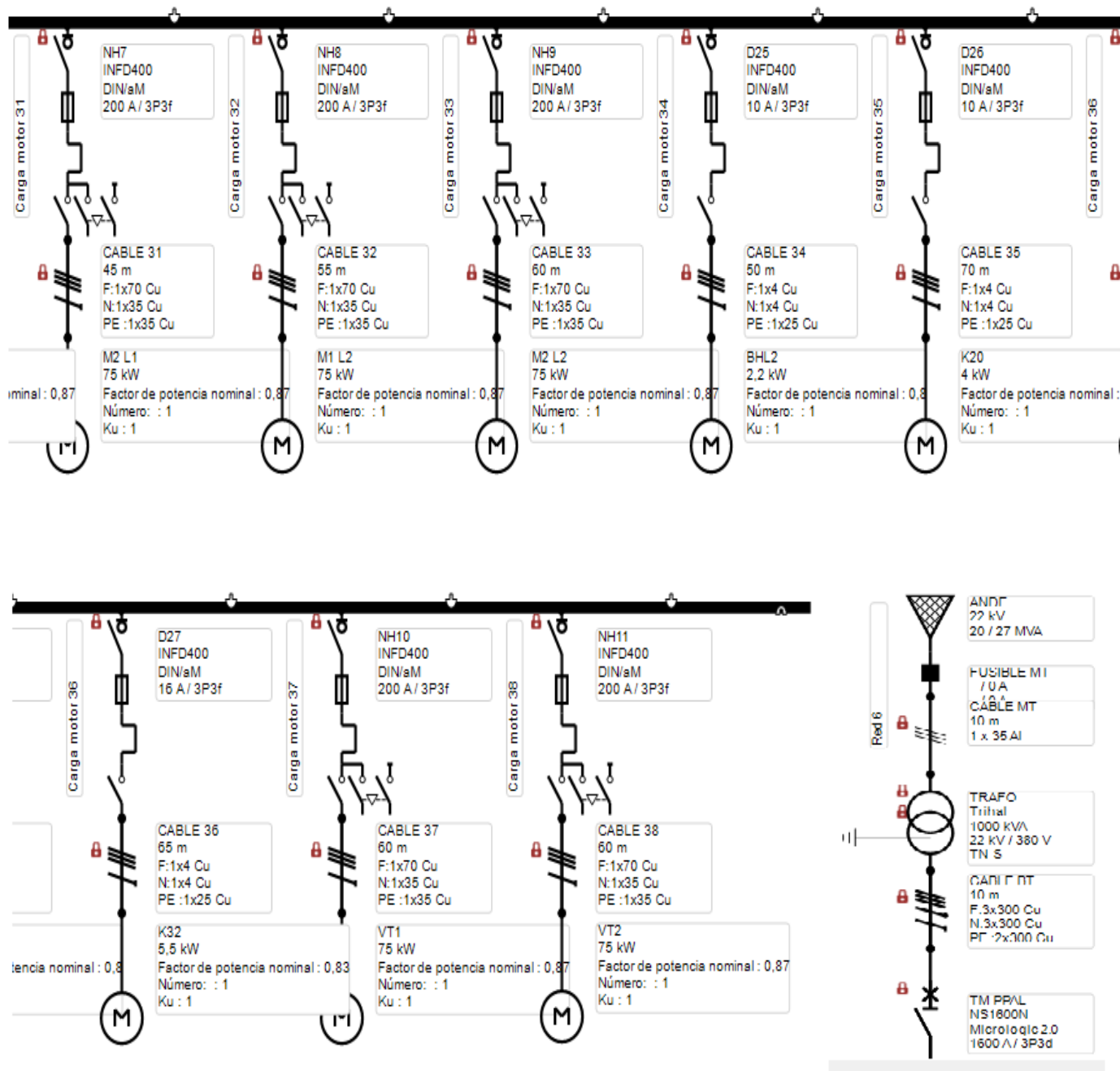


Figura B 14: Diseño del nuevo esquema de protección.

Apéndice C: Evaluación económica

Apéndice C.1: Determinación del Flujo de Caja Proyectada, Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN) Y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

C.1.1 Determinación del flujo de caja proyectada

En la tabla siguiente se observa el informe financiero que presenta un detalle de **los flujos de ingresos y egresos de dinero** que tiene la empresa MERCO S.A. en un periodo de 5 años.

HORIZONTE DEL PROYECTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
TOTAL, DE INGRESO	115.391.000	115.391.000	115.391.000	115.391.000	115.391.000	115.391.000
BENEFICIO POR LA NO PERDIDA EN LA PRODUCCIÓN POR FALLA DE PROTECCIONES	115.391.000	115.391.000	115.391.000	115.391.000	115.391.000	115.391.000
TOTAL, DE EGRESOS	233.805.000	22.000.000	22.000.000	22.000.000	22.000.000	22.000.000
COSTO DE MATERIALES	145.005.000					
MANO DE OBRA ING. JUNIOR	54.000.000					
MANO DE OBRA INSTALACION Y MONTAJE	22.800.000					
MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000
IMPREVISTOS	12.000.000	12.000.000	12.000.000	12.000.000	12.000.000	12.000.000
UTILIDADES ANTES DE IMPUESTOS	(118.414.000)	93.391.000	93.391.000	93.391.000	93.391.000	93.391.000
IMPUESTOS	(11.841.400)	9.339.100	9.339.100	9.339.100	9.339.100	9.339.100
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS	(106.572.600)	84.051.900	84.051.900	84.051.900	84.051.900	84.051.900
FLUJO NETO DE CAJA						

Tabla C 1: Flujo de caja proyectada.

C.1.2 Determinación de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Una vez realizado y obtenido los valores del flujo de caja proyectada, se determina la Tasa Interna de Retorno de la inversión,

Si la TIR es $\geq R$...El proyecto es rentable. Si la TIR es $< R$...El proyecto no es rentable.

[14]

Donde R representa el costo de oportunidad.

Según el índice anterior se obtiene un valor de:

TIR	74%
-----	-----

Tabla C 2: Tasa Interna de retorno.

Se demuestra que el proyecto es rentable.

C.1.3. Determinación del Valor Presente Neto (VPN)

En base a los valores obtenidos en el flujo de caja y teniendo en cuenta un periodo de tiempo de 5 años. Se utiliza la fórmula del VPN con los criterios mencionado en el Capítulo 5.1.3.

Aplicando la fórmula del VPN con una proyección de 5 años se obtuvo un resultado de:

VPN	124.182.176
-----	-------------

Tabla C 3: Valor Presente Neto.

Como el $VPN > 0$ se concluye que el proyecto es rentable.

C.1.3. Determinación del Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

Teniendo en cuenta los valores del flujo de caja se puede aplicar la fórmula siguiente para la obtención del periodo de recuperación de la inversión que se vuelve muy importante, ya que de esto dependerá cuan rentable es, y qué tan riesgoso será llevarlo a cabo. Cuanto más corto sea el periodo de recuperación, menos riesgoso será el proyecto.

[16]

$$PRI = (A) + \frac{|B|}{C}$$

$$PRI = (0) + \frac{|106.572.600|}{84.051.900}$$

PRI = 1,27

PRI = 1 año 3 meses y 7 días

Tabla C 4: Periodo de recuperación de la inversión.

Se concluye que la inversión para este proyecto se recuperará en un periodo de tiempo muy corto, por lo tanto, es rentable en términos económicos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] P. a. p. f. a. b. wordl, «cuaderno de aplicaciones tecnicas,» *selectividad en baja tensioncon interruptores automaticos ABB*, 2000.
- [2] S. Electric, Coordinación de Protecciones BT, España, 2001.
- [3] e. y. t. Organizacion de normalizacion en los campos: electrico, Comision Eletrotecnica Internacional, Ginebra, 2012.
- [4] «Wikipedia,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Interruptor_magnetot%C3%A9rmico. [Último acceso: Martes Noviembre 2016].
- [5] «Wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Guardamotor>. [Último acceso: Martes Noviembre 2016].
- [6] «Wikipedia,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Interruptor_diferencial. [Último acceso: Martes Noviembre 2016].
- [7] «Wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Fusible>. [Último acceso: Martes Noviembre 2016].
- [8] W. E. E. S.A., Curvas Caracteristicas de fusibles, Brasil, 2001.
- [9] P. C. G. Cruz, Calculo de corrientes de cortocircuito de Baja Tension, CHILE, 2001.
- [10] F. D. G. T. Benoit de METZ - NOBLAT, Cálculos de Corrientes de Cortocircuito, España: Schneider Electric, 2000.
- [11] ADMIN, «Google,» [En línea]. Available: <http://www.aulaeléctrica.es>. [Último acceso: Jueves Diciembre 2016].
- [12] Pablosen, Comando y Proteccion de Motores Eléctricos, España, 2004.
- [13] SIEMENS, AUTOMATIZACION INDUSTRIAL, Munich, 2011.
- [14] G. LÒPEZ DUMRAUF, Cálculo Financiero Aplicado, Buenos Aires: La Ley 2da edición, 2006.

- [15] C. BU, Anàlisis y Evaluaciòn de proyectos de Inversiòn, Mèxico, 2009.
- [16] &. A. T. L. Blank, Ingeniería Econòmica, Mèxico: McGrawHill, 2006.

