

Índice

Agradecimientos	XI		
Introducción	XIII		
1. Electrotecnia	1		
1.1. El circuito eléctrico	2		
1.2. Magnitudes eléctricas	2		
1.2.1. Voltaje eléctrico	2		
1.2.2. Intensidad eléctrica	3		
1.2.3. Resistencia eléctrica	3		
1.3. La ley de Ohm	5		
1.4. Corriente continua y corriente alterna	5		
1.4.1. Corriente continua	5		
1.4.2. Corriente alterna	6		
1.5. Los sistemas monofásicos y trifásicos	6		
1.6. Los componentes pasivos	7		
1.6.1. La resistencia	7		
1.6.2. La bobina	9		
1.6.3. El condensador	11		
1.6.4. Los circuitos en corriente alterna	12		
1.7. La potencia eléctrica	13		
1.7.1. La potencia en corriente continua	13		
1.7.2. La potencia en corriente alterna monofásica	13		
1.7.3. La potencia en corriente alterna trifásica	14		
1.8. El triángulo de potencias	14		
1.9. Mejora del factor de potencia	15		
1.9.1. Mejora del factor de potencia en corriente alterna monofásica	16		
1.9.2. Mejora del factor de potencia en corriente alterna trifásica	17		
1.10. Los aparatos de medición eléctrica	18		
1.10.1. Medición eléctrica	18		
1.10.2. Medición de la tensión eléctrica	19		
1.10.3. Medición de la corriente eléctrica	19		
1.10.4. Medición de la resistencia eléctrica	20		
1.10.5. El multímetro	20		
1.10.6. Medición de la potencia	21		
1.10.7. Medición del factor de potencia	22		
1.10.8. Medición de la frecuencia	22		
1.10.9. Medición de la energía	23		
1.10.10. Medición de la resistencia de aislamiento	24		
1.10.11. Medición de la resistencia de puesta a tierra	24		
1.11. Seguridad en las medidas eléctricas	25		
1.11.1. Las categorías de los aparatos de medición	25		
1.11.2. Consideraciones prácticas	25		
Actividades finales	28		
2. Montaje de cuadros y sistemas eléctricos	31		
2.1. Los conductores eléctricos	32		
2.1.1. Clasificación de los conductores eléctricos	32		
2.1.2. Partes de un conductor eléctrico	32		
2.1.3. Los aislantes	33		
2.1.4. El código de colores en los conductores	33		
2.1.5. Secciones normalizadas	33		
2.1.6. Designación de los conductores eléctricos	33		
2.2. Las canalizaciones eléctricas	36		
2.2.1. Tubos protectores	36		
2.2.2. Bandejas metálicas	37		
2.2.3. Canales protectoras	37		
2.2.4. Tipos de instalaciones	38		

2.3. El cálculo de secciones	39
2.4. Las envolventes de los cuadros eléctricos	42
2.4.1. Tipos de armarios eléctricos	43
2.4.2. Partes de un armario eléctrico	44
2.4.3. El embarrado	47
2.4.4. La compartimentación	47
2.4.5. Los sistemas de control de la temperatura	47
2.4.6. Otros elementos	48
2.4.7. Consideraciones técnicas respecto al montaje	49
2.5. Los cuadros de protección en viviendas	49
2.5.1. Los grados de electrificación	49
2.5.2. Elementos del cuadro general de mando y protección	49
2.5.3. Electrificación básica	50
2.5.4. Electrificación elevada	51
2.6. El mecanizado de cuadros eléctricos	52
2.6.1. Las herramientas de medida	52
2.6.2. Las herramientas de trazado y marcado	52
2.6.3. Las herramientas de corte	53
2.6.4. Las herramientas de taladrado	53
2.6.5. Las herramientas de acabado	54
2.6.6. Las herramientas de fijación	55
2.6.7. Las herramientas de montaje	55
2.7. Fases del montaje	56
Actividades finales	59
Prácticas de taller	61
2.1. Montaje del panel de prácticas	61
3. Los elementos de conmutación: el relé y el contactor	63
3.1. El contactor	64
3.1.1. Constitución de un contactor	64
3.1.2. Tipos de contactos	66
3.1.3. Simbología eléctrica	67
3.1.4. Contactores auxiliares	68
3.1.5. Elementos complementarios del contactor	68
3.1.6. Las categorías de empleo	69
3.1.7. Cómo seleccionar un contactor	70
3.2. El relé	72
3.2.1. La tecnología de estado sólido	73

3.2.2. Simbología eléctrica del relé	73
3.2.3. Cómo seleccionar un relé	74
3.3. Elementos de mando	75
3.4. Operaciones con los contactos auxiliares	77
3.4.1. La realimentación de la bobina	77
3.4.2. Operaciones de señalización	78
3.4.3. Operaciones con condicionantes	78
Actividades finales	80
Prácticas de taller	83
3.1. El relé y el contactor	83
3.2. El contactor a 24 V _{DC}	87
3.3. Control de un contactor (230 V _{AC}) mediante un relé (24 V _{DC})	91
4. Las protecciones	95
4.1. Fallos en las instalaciones eléctricas	96
4.2. El fusible	97
4.2.1. Partes de un fusible	97
4.2.2. Funcionamiento	98
4.2.3. Parámetros	99
4.2.4. Tipos de fusibles	99
4.2.5. Clasificación de los fusibles	102
4.2.6. Simbología eléctrica	102
4.3. El relé térmico	103
4.3.1. Partes de un relé térmico	104
4.3.2. Funcionamiento	104
4.3.3. Clases de disparo de un relé térmico	105
4.3.4. Simbología eléctrica	106
4.3.5. Selección y ajuste de un relé térmico	106
4.3.6. Esquema eléctrico del relé térmico	107
4.4. Interruptor automático electromagnético	107
4.4.1. Parámetros	108
4.4.2. Selección de un interruptor automático electromagnético	108
4.4.3. Simbología eléctrica	109
4.4.4. Esquema eléctrico del disyuntor electromagnético	109
4.5. El disyuntor guardamotor	109
4.5.1. Partes de un disyuntor guardamotor	110
4.5.2. Simbología eléctrica	111
4.5.3. Esquema eléctrico del disyuntor guardamotor	111
4.5.4. Selección y ajuste de un disyuntor guardamotor	112

4.6. Las sondas de temperatura 112

4.6.1. Simbología eléctrica 113

4.6.2. Conexado de un relé de termistores 113

4.7. El interruptor automático magnetotérmico. 113

4.7.1. Parámetros 114

4.7.2. Tipos de interruptores automáticos magnetotérmicos 115

4.7.3. Simbología eléctrica 115

4.8. El interruptor diferencial. 116

4.8.1. Funcionamiento 116

4.8.2. Parámetros 117

4.8.3. Simbología eléctrica 118

4.9. La protección contra sobretensiones. 118

4.9.1. Parámetros 119

4.9.2. Tipos de protecciones contra sobretensiones 119

4.9.3. Mantenimiento. 120

4.9.4. Simbología eléctrica 120

4.10. La protección contra subtensiones 120

4.10.1. Simbología eléctrica 121

4.11. Técnicas de selección para la protección eléctrica. 122

4.11.1. Selectividad 122

4.11.2. Filiación 123

4.12. Protección de motores. 123

Actividades finales. 126

Prácticas de taller. 129

4.1. Protección de un motor trifásico mediante fusible y relé térmico. 129

4.2. Protección de un motor trifásico mediante interruptor automático electromagnético y relé térmico. 132

4.3. Protección de un motor trifásico mediante disyuntor guardamotor. 135

5. El motor eléctrico **139**

5.1. Las máquinas eléctricas 140

5.1.1. Clasificación de las máquinas eléctricas 140

5.1.2. Clasificación de los motores eléctricos 140

5.1.3. Fundamentos de las máquinas eléctricas 140

5.1.4. El par de fuerza. 141

5.1.5. El factor de potencia 141

5.1.6. La potencia de un motor eléctrico 142

5.1.7. Las pérdidas en un motor eléctrico. 143

5.1.8. Tipos de servicio 143

5.2. El motor de corriente alterna trifásico 144

5.2.1. Tipos de motores de corriente alterna. ... 144

5.2.2. Partes de un motor eléctrico de corriente alterna trifásico 145

5.2.3. Funcionamiento de los motores de corriente alterna 146

5.2.4. Simbología 147

5.2.5. La conexión eléctrica de un motor trifásico asíncrono 148

5.2.6. La placa de características 150

5.2.7. Las formas constructivas. 150

5.2.8. Las clases de aislamiento 150

5.3. El motor monofásico de corriente alterna 151

5.3.1. El motor monofásico de arranque por condensador 151

5.3.2. El motor monofásico de fase partida ... 151

5.3.3. El motor monofásico con espira de sombra 152

5.3.4. La conexión eléctrica de un motor monofásico 152

5.3.5. Simbología 153

5.4. El motor de corriente continua 153

5.4.1. Partes de un motor eléctrico de corriente continua. 153

5.4.2. Funcionamiento de un motor de corriente continua. 154

5.4.3. La reacción del inducido. 156

5.4.4. Los tipos de motores de corriente continua. 157

5.4.5. La conexión eléctrica del motor 159

5.4.6. Simbología 159

5.5. El motor universal. 160

5.6. Las medidas eléctricas en los motores 160

5.7. El mantenimiento y las averías en los motores. 162

5.7.1. Tipos de mantenimiento. 162

5.7.2. Mantenimiento preventivo 162

5.7.3. Las averías 163

Actividades finales. 166

6. Arranque y maniobra de motores **169**

6.1. El proceso de arranque de un motor de inducción 170

6.1.1. Curva característica de par-velocidad... 170

6.1.2. Curva característica de corriente-velocidad.....	171
6.2. El temporizador.....	173
6.2.1. La temporización a la conexión.....	174
6.2.2. La temporización a la desconexión.....	174
6.2.3. Otras temporizaciones.....	175
6.2.4. Partes de un relé temporizador.....	175
6.3. El relé horario.....	176
6.4. El arranque directo.....	177
6.5. La inversión de giro.....	177
6.6. El arranque estrella-triángulo.....	180
6.6.1. El esquema del arranque estrella-triángulo.....	180
6.6.2. El arranque estrella-triángulo con inversión de giro.....	182
6.7. El arranque con autotransformador.....	182
6.8. El arranque con resistencias estáticas.....	184
6.9. El arranque con resistencias rotóricas.....	184
6.10. El arranque de un motor con devanados separados (<i>part-winding</i>).....	186
6.11. El arranque mediante arrancadores progresivos.....	187
6.11.1. Funcionamiento.....	188
6.11.2. Configuración de un arrancador progresivo.....	189
6.11.3. Partes de un arrancador progresivo.....	189
6.11.4. Simbología.....	190
6.11.5. Esquemas eléctricos con arrancadores progresivos.....	190
6.12. El arranque de un motor monofásico.....	190
6.13. Resumen de los tipos de arranques de motores trifásicos.....	192
Actividades finales.....	194
Prácticas de taller.....	197
6.1. Inversión de giro de un motor trifásico pasando por paro.....	197
6.2. Inversión de giro de un motor trifásico sin pasar por paro.....	201
6.3. Arranque temporizado de un motor.....	204
6.4. Paro temporizado de un motor.....	210
6.5. Marcha temporizada de un motor.....	213
6.6. Arranque estrella-triángulo.....	216
6.7. Inversión de giro estrella-triángulo.....	219
6.8. Arranque de un motor con devanados separados o <i>part-winding</i>	221
6.9. Arranque mediante arrancador progresivo.....	224

6.10. Arranque y paro progresivo de un motor trifásico.....	227
6.11. Arranque progresivo con inversión de giro de un motor trifásico.....	230
6.12. Arranque con inversión de giro de un motor monofásico.....	233

■ 7. Los esquemas eléctricos 237

7.1. La normalización.....	238
7.2. Los símbolos.....	238
7.3. Los esquemas eléctricos.....	240
7.3.1. Tipos de representación.....	240
7.3.2. El esquema de conjunto.....	241
7.3.3. El esquema de fuerza y el esquema de maniobra.....	242
7.4. La numeración de conductores.....	243
7.5. Las referencias cruzadas.....	245
7.6. El bornero.....	247
7.6.1. Simbología eléctrica.....	248
7.6.2. Los esquemas de borneros.....	249
7.6.3. La lista de bornero.....	249
7.7. Las mangueras.....	251
7.8. Los materiales en los esquemas eléctricos.....	251
7.8.1. Las lista de materiales.....	251
7.8.2. La lista de pedidos.....	251
7.9. La distribución de materiales en el armario eléctrico.....	253
7.10. El software de diseño eléctrico.....	253
7.11. El proyecto eléctrico.....	254
Actividades finales.....	256

■ 8. Los elementos de detección 261

8.1. El interruptor de posición.....	262
8.1.1. Partes.....	263
8.1.2. Tipos de cabezales.....	264
8.1.3. Simbología.....	264
8.1.4. Esquemas eléctricos.....	265
8.2. Los sensores de proximidad.....	265
8.2.1. Los sensores de proximidad inductivos.....	265
8.2.2. Los sensores de proximidad capacitivos.....	267
8.2.3. Simbología.....	267
8.2.4. Conexionado.....	267
8.2.5. Parámetros.....	269

8.3. Los detectores ópticos	269	9.2. Frenado de un motor trifásico por inyección de corriente continua.....	304
8.3.1. Métodos de detección.....	270	9.3. El motor Dahlander de dos velocidades con detectores.....	307
8.3.2. Parámetros.....	271	9.4. El variador de frecuencia. Modo manual.....	310
8.3.3. Encapsulados.....	271	9.5. El variador de frecuencia. Entradas digitales.....	313
8.3.4. Simbología.....	271	9.6. El variador de frecuencia. Entrada analógica.....	316
8.3.5. Esquemas de conexionado.....	272		
8.4. Los detectores por ultrasonidos	272		
8.5. Los sensores de temperatura	274		
8.5.1. Tipos de sensores de temperatura.....	274		
8.5.2. La medición de la temperatura.....	274		
8.5.3. La sonda Pt-100.....	275		
8.5.4. Los termostatos.....	276		
8.5.5. Simbología.....	276		
8.6. Los sensores de presión	277		
8.6.1. Los presostatos.....	277		
8.6.2. Simbología.....	278		
Actividades finales.....	280		
Prácticas de taller.....	283		
8.1. Inversión de giro de un motor trifásico con finales de carrera.....	283		
8.2. Inversión de giro de un motor trifásico con sensores de proximidad inductivos.....	286		
■ 9. El control de velocidad de motores	289	■ 10. El autómatas programable	319
9.1. El frenado de motores	290	10.1. Los automatismos programados.....	320
9.1.1. El frenado mecánico.....	290	10.2. Las ventajas y los inconvenientes.....	320
9.1.2. El frenado por contracorriente.....	290	10.3. La estructura del autómatas programable.....	320
9.1.3. El frenado por inyección de corriente continua.....	291	10.3.1. La CPU.....	321
9.1.4. El frenado mediante el arrancador electrónico.....	292	10.3.2. La fuente de alimentación.....	322
9.2. El motor Dahlander	292	10.3.3. Los módulos de entradas y salidas.....	322
9.2.1. Esquema eléctrico.....	293	10.4. Los paneles de operación.....	325
9.3. El variador de velocidad	294	10.5. Las tarjetas de memoria.....	325
9.3.1. Métodos de control.....	295	10.6. Las comunicaciones industriales.....	326
9.3.2. Partes de un variador de frecuencia.....	296	10.6.1. Modbus.....	326
9.3.3. Precauciones.....	297	10.6.2. Profibus.....	326
9.3.4. Características de cargas.....	297	10.6.3. AS-i.....	327
9.3.5. Ventajas e inconvenientes.....	297	10.6.4. Ethernet industrial.....	328
9.3.6. Aplicaciones.....	298	10.7. Los sistemas SCADA.....	329
9.3.7. El variador de velocidad para motores de corriente continua.....	298	10.8. Los circuitos eléctricos en los autómatas.....	329
Actividades finales.....	300	10.8.1. Los contactos de seguridad.....	331
Prácticas de taller.....	301	10.9. La programación de autómatas.....	331
9.1. Frenado de un motor trifásico por contracorriente.....	301	10.9.1. Los lenguajes de programación.....	331
		10.9.2. Las áreas o mapa de memoria.....	332
		10.10. La programación mediante bloques funcionales.....	332
		10.10.1. Las entradas.....	333
		10.10.2. Las salidas.....	333
		10.10.3. La función OR.....	333
		10.10.4. La función NOR.....	333
		10.10.5. La función AND.....	334
		10.10.6. La función NAND.....	334
		10.10.7. La función NOT.....	334
		10.10.8. La resolución de problemas.....	335
		10.10.9. El temporizador.....	336
		10.10.10. El contador.....	336
		10.10.11. Otras funciones.....	337
		10.11. La programación mediante diagrama de contactos.....	337

10.12. La programación mediante lista de instrucciones 338

10.13. Los diagramas de Grafcet 338

 10.13.1. Los elementos del diagrama 339

 10.13.2. Las etapas 339

 10.13.3. Las reglas 339

 10.13.4. Las estructuras 340

 10.13.5. Implementación del Grafcet 340

Actividades finales 344

Prácticas de taller 346

 10.1. Arranque de un motor trifásico mediante un PLC 346

 10.2. Inversión de giro de un motor trifásico mediante un PLC 349

11. Prevención de riesgos laborales 353

11.1. El riesgo eléctrico 354

 11.1.1. Tipos de lesiones 354

11.2. Los riesgos comunes 355

11.3. Los riesgos específicos 355

 11.3.1. El contacto directo 355

 11.3.2. El contacto indirecto 356

11.4. Los equipos de protección individual (EPI) 356

 11.4.1. Los equipos de protección frente a los riesgos eléctricos 356

 11.4.2. Los equipos de protección frente a otros riesgos 357

11.5. El trabajo en la zona de riesgo eléctrico 358

 11.5.1. El trabajo en ausencia de tensión 358

 11.5.2. El trabajo en tensión 359

11.6. Actuación en caso de accidente 359

11.7. La señalización 360

 11.7.1. Las señales de riesgo 360

 11.7.2. Las señales de prohibición 360

 11.7.3. Las señales de obligación 361

 11.7.4. Las señales de seguridad 362

 11.7.5. Las señales contra incendios 363

11.8. Orden y limpieza en el puesto de trabajo 363

Actividades finales 366

Anexos 369

Anexo I. Cuadro de seguimiento de prácticas del alumno 370

Anexo II. Designación de aparatos 371

Anexo III. Los índices de protección 372

Anexo IV. El código de colores 373

Anexo V. Páginas web de interés 374