

# Índice

|   |      |
|---|------|
| <b>Introducción</b> . . . . .   | XI   |
| <b>Prólogo</b> . . . . .  | XIII |
| <b>Presentación</b> . . . . .   | XV   |
| Real Decreto 177/2008 . . . . .   | XV   |
| Metodología de trabajo . . . . .  | XVII |
| Materialización de los esquemas y tecnología estudiada en esta obra . . . . .   | XVII |
| <b>1. Desarrollo de los automatismos en lógica cableada</b> . . . . .   | 1    |
| 1.1. Introducción a los automatismos industriales . . . . .   | 2    |
| 1.1.1. Conceptos fundamentales respecto al aprendizaje de esta materia. . . . .   | 2    |
| 1.1.2. Estudio de los automatismos en cuanto a su aplicación, ventajas, etc. . . . .                                    | 9    |
| 1.1.3. Justificación del porqué de esta actividad-aprendizaje . . . . .   | 10   |
| 1.1.4. Organización del trabajo . . . . .   | 11   |
| 1.2. Estructura y apartamentado de los automatismos cableados . . . . .   | 12   |
| 1.2.1. Principio de un sistema automático. . . . .  | 12   |
| 1.2.2. Estructura de un sistema automático. . . . .   | 13   |
| 1.2.3. Fases del estudio de un sistema automático . . . . .   | 14   |
| 1.2.4. Estudio de la apartamentado. Componentes y aparatos que integran<br>o componen un automatismo o sistema. . . . . | 14   |
| 1.2.5. Tecnologías aplicadas en automatismos . . . . .  | 15   |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 1.2.6.  | Redes de distribución de la energía eléctrica . . . . .                        | 16  |
| 1.2.7.  | Tensiones eléctricas en baja tensión . . . . .                                 | 18  |
| 1.3.    | Aparatura eléctrica aplicada . . . . .   | 19  |
| 1.3.1.  | Aparatura eléctrica . . . . .  | 19  |
| 1.3.2.  | Posibilidad de conectar y desconectar circuitos en carga. . . . .              | 21  |
| 1.3.3.  | Normas aplicadas para diferentes aparatos eléctricos. . . . .                  | 22  |
| 1.3.4.  | Bases de toma de corriente . . . . .   | 25  |
| 1.3.5.  | Seccionadores. . . . .   | 26  |
| 1.3.6.  | Interruptores. . . . .   | 27  |
| 1.3.7.  | Cortacircuitos fusibles . . . . .  | 28  |
| 1.3.8.  | Relés térmicos . . . . .   | 32  |
| 1.3.9.  | Interruptores automáticos . . . . .  | 37  |
| 1.3.10. | Interruptores diferenciales. . . . .   | 43  |
| 1.3.11. | Aplicación de interruptores en instalaciones domésticas y análogas. . . . .    | 46  |
| 1.3.12. | Contactores. . . . .   | 50  |
| 1.3.13. | Interruptores de posición . . . . .  | 58  |
| 1.3.14. | Relés temporizados . . . . .   | 59  |
| 1.3.15. | Interruptores de control de nivel . . . . .                                    | 61  |
| 1.3.16. | Control de temperatura (termostatos) . . . . .                                 | 63  |
| 1.3.17. | Detectores. . . . .  | 64  |
| 1.3.18. | Protección del bobinado de un motor . . . . .                                  | 65  |
| 1.3.19. | Dispositivos electrónicos de protección . . . . .                              | 66  |
| 1.3.20. | Transformadores . . . . .  | 67  |
| 1.3.21. | Rectificadores eléctricos . . . . .  | 69  |
| 1.3.22. | Equipos de medidas . . . . .   | 71  |
| 1.4.    | Esquemas eléctricos . . . . .  | 75  |
| 1.4.1.  | Introducción a los esquemas eléctricos . . . . .                               | 75  |
| 1.4.2.  | Símbolos eléctricos . . . . .  | 77  |
| 1.4.3.  | Identificación de aparatos y funciones . . . . .                               | 86  |
| 1.4.4.  | Esquemas para aplicaciones domésticas y otros usos. . . . .                    | 89  |
| 1.4.5.  | Marcado de redes y aparatos eléctricos. . . . .                                | 92  |
| 1.4.6.  | Documentos técnicos eléctricos. . . . .  | 95  |
| 1.5.    | Receptores eléctricos . . . . .  | 99  |
| 1.5.1.  | Introducción a los receptores eléctricos . . . . .                             | 99  |
| 1.5.2.  | Motores eléctricos . . . . .   | 100 |
| 1.5.3.  | Placa de características y caja de conexiones de un motor trifásico . . . . .  | 101 |
| 1.5.4.  | Características de las distintas formas de arranque de motores. . . . .        | 104 |
| 1.5.5.  | Curvas características de los diferentes arranques . . . . .                   | 105 |
| 1.5.6.  | Formas de conexión del motor, según sea el procedimiento de arranque . . . . . | 106 |
| 1.5.7.  | Elementos de maniobra para motores. Resumen . . . . .                          | 107 |
| 1.6.    | Arranque de motores trifásicos . . . . .                                       | 108 |
| 1.6.1.  | Arranque directo de un motor . . . . .   | 108 |
| 1.6.2.  | Inversión de giro para un motor . . . . .                                      | 114 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 1.6.3.   | Arranque en conexión estrella-triángulo. . . . .  | 120 |
| 1.6.4.   | Arranque con resistencias estáticas . . . . .   | 124 |
| 1.6.5.   | Arranque con autotransformador . . . . .  | 127 |
| 1.6.6.   | Arranque de un motor por medio de un arrancador progresivo . . . . .  | 130 |
| 1.6.7.   | Motor trifásico de dos velocidades con bobinados separados . . . . .  | 131 |
| 1.6.8.   | Motor trifásico de dos velocidades con bobinado único en conexión Dahlander . . . . .                       | 132 |
| 1.6.9.   | Motores con rotor bobinado. . . . .   | 133 |
| 1.7.     | Motores de corriente continua . . . . .   | 134 |
| 1.7.1.   | Introducción . . . . .  | 134 |
| 1.7.2.   | Tipos de motores de corriente continua . . . . .  | 134 |
| 1.7.3.   | Características principales de un motor de corriente continua. . . . .                                      | 134 |
| 1.7.4.   | Relación de bobinados en un motor de C.C. . . . .   | 136 |
| 1.7.5.   | Convertidores estáticos . . . . .   | 136 |
| 1.7.6.   | Placa de conexiones del motor. . . . .  | 136 |
| 1.7.7.   | Inversión del sentido de giro de un motor de corriente continua . . . . .                                   | 136 |
| 1.7.8.   | Arranque de motores de corriente continua . . . . .   | 137 |
| 1.7.9.   | Arranque y regulación de velocidad para un motor de corriente continua de excitación independiente. . . . . | 138 |
| 1.8.     | Frenado de motores. . . . .   | 138 |
| 1.8.1.   | Procedimientos de frenado . . . . .   | 138 |
| 1.8.2.   | Frenado por electroimán (frenado y bloqueado) . . . . .   | 139 |
| 1.8.3.   | Frenado de máquinas . . . . .   | 140 |
| 1.9.     | Motores monofásicos . . . . .   | 146 |
| 1.9.1.   | Arranque de un motor monofásico con condensador . . . . .   | 147 |
| 1.9.2.   | Arranque e inversión de giro de un motor monofásico con condensador. . . . .                                | 148 |
| 1.9.3.   | Motores universales . . . . .   | 148 |
| 1.9.4.   | Motor universal con varias velocidades . . . . .  | 149 |
| 1.9.5.   | Motor monofásico de inducción . . . . .   | 150 |
| 1.9.6.   | Motor monofásico de inducción. Fase partida. . . . .  | 150 |
| 1.9.7.   | Motor monofásico, con espiras en cortocircuito . . . . .  | 151 |
| 1.10.    | Ejercicios de aplicación. . . . .   | 151 |
| 1.10.1.  | Análisis de un equipo guardamotor . . . . .   | 152 |
| 1.10.2.  | Cableado de equipos a partir del esquema de maniobra. . . . .   | 155 |
| 1.10.3.  | Modificación de un esquema. . . . .   | 158 |
| 1.10.4.  | Completar el esquema . . . . .  | 159 |
| 1.10.5.  | Cableado de potencia de un inversor de giro realizado con contactores . . . . .                             | 160 |
| 1.10.6.  | Inversión para motor trifásico . . . . .  | 161 |
| 1.10.7.  | Arranque de un motor en conexión estrella-triángulo ( $\lambda$ - $\Delta$ ) . . . . .                      | 164 |
| 1.10.8.  | Protección contra contacto indirecto por medio de interruptor diferencial (ID) . . . . .                    | 166 |
| 1.10.9.  | Comparación entre conexiones estrella y triángulo . . . . .   | 167 |
| 1.10.10. | Comprobar y medir las fases de un motor trifásico con rotor en cortocircuito . . . . .                      | 168 |
| 1.10.11. | Conexión de los bornes de un motor trifásico con rotor en cortocircuito . . . . .                           | 169 |
| 1.10.12. | Análisis de la placa de características de un motor . . . . .   | 170 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| <b>2.</b> | <b>Equipos electrónicos y autómatas programables</b>   | 173 |
| 2.1.      | Arrancadores progresivos y reguladores   | 174 |
| 2.1.1.    | Arrancadores estáticos   | 174 |
| 2.1.2.    | Reguladores de velocidad para motores de C.A. con rotor en cortocircuito.<br>Introducción a los reguladores de velocidad | 178 |
| 2.2.      | Electrónica digital  | 191 |
| 2.2.1.    | Álgebra de Boole   | 191 |
| 2.3.      | El autómata programable  | 208 |
| 2.3.1.    | El autómata programable  | 208 |
| 2.3.2.    | Lenguaje en autómatas programables   | 209 |
| 2.3.3.    | Estructura general de un autómata programable  | 211 |
| 2.3.4.    | Estructura interna de la unidad central de un autómata programable   | 211 |
| 2.3.5.    | Niveles de automatismo   | 212 |
| 2.3.6.    | Programación utilizando el Grafcet   | 213 |
| 2.3.7.    | Aplicación del diagrama funcional Grafcet  | 215 |
| 2.4.      | Programación con PLC   | 219 |
| 2.4.1.    | Autómata programable   | 219 |
| 2.4.2.    | Estructura de una instalación con autómata programable   | 222 |
| 2.4.3.    | Programa para autómata programable   | 223 |
| 2.4.4.    | Forma de alimentación de los autómatas   | 237 |
| 2.4.5.    | Carta de autómata con salida a relés y de éstos, a accionadores  | 238 |
| 2.4.6.    | Carta salida autómata, directamente a accionadores   | 239 |
| <b>3.</b> | <b>Mecánica aplicada</b>   | 241 |
| 3.1.      | Nociones sobre mecanizado  | 242 |
| 3.1.1.    | Sistema métrico de unidades  | 242 |
| 3.1.2.    | Cálculo de figuras geométricas   | 243 |
| 3.1.3.    | Cálculos aplicados   | 244 |
| 3.1.4.    | Trabajos de mecanizado   | 245 |
| 3.1.5.    | Mediciones diversas  | 246 |
| 3.1.6.    | Limado   | 250 |
| 3.1.7.    | Corte y cincelado  | 251 |
| 3.1.8.    | Taladrado  | 253 |
| 3.1.9.    | Roscado  | 256 |
| 3.1.10.   | Roscas. Principales tipos de roscado   | 261 |
| 3.1.11.   | Soldadura blanda   | 262 |
| 3.1.12.   | Soldadura autógena   | 264 |
| 3.1.13.   | Soldadura eléctrica  | 266 |
| 3.1.14.   | Sujeción y anclaje de soportes y máquinas  | 269 |
| 3.1.15.   | Otras tareas a realizar  | 271 |
| 3.1.16.   | Materiales constructivos   | 272 |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 3.1.17.   | Productos siderúrgicos. . . . .   | 276        |
| 3.1.18.   | Tubos para canalizaciones eléctricas. . . . .   | 278        |
| <b>4.</b> | <b>Preparación, instalación y pruebas del cuadro eléctrico . . . . .</b>              | <b>279</b> |
| 4.1.      | Cuadros eléctricos. . . . .   | 280        |
| 4.1.1.    | Grados de protección IP para envolventes . . . . .                                    | 280        |
| 4.1.2.    | Letras adicionales que pueden acompañar al código IP. . . . .                         | 281        |
| 4.1.3.    | Código IK. . . . .  | 281        |
| 4.1.4.    | Protección contra contactos directos e indirectos. . . . .                            | 281        |
| 4.1.5.    | Características constructivas. . . . .  | 282        |
| 4.1.6.    | Características constructivas de los cuadros eléctricos . . . . .                     | 282        |
| 4.1.7.    | Símbolos que aparecen en los cuadros eléctricos . . . . .                             | 286        |
| 4.1.8.    | Algunas formas de anclaje. . . . .  | 287        |
| 4.1.9.    | Funciones y características de envolventes . . . . .                                  | 288        |
| 4.1.10.   | Suministro de cuadros eléctricos. Solicitud de oferta. . . . .                        | 289        |
| 4.1.11.   | Ventilación y refrigeración de armarios eléctricos . . . . .                          | 291        |
| 4.1.12.   | Complementos de cuadros eléctricos . . . . .  | 292        |
| 4.2.      | El proyecto del cuadro eléctrico . . . . .  | 293        |
| 4.2.1.    | Interpretar planos de mecanizado . . . . .  | 293        |
| 4.2.2.    | El proyecto de mecanizado . . . . .   | 296        |
| 4.2.3.    | Realizar secuencias de las distintas operaciones . . . . .                            | 298        |
| 4.2.4.    | Definir herramientas y materiales. . . . .  | 299        |
| 4.2.5.    | Elaborar lista de materiales . . . . .  | 299        |
| 4.2.6.    | Realizar petición y verificar recepción . . . . .                                     | 300        |
| 4.2.7.    | Realizar operaciones de mecanizado. . . . .   | 300        |
| 4.2.8.    | Cuestiones sobre envolventes . . . . .  | 300        |
| 4.3.      | El proyecto del cuadro y los materiales . . . . .                                     | 301        |
| 4.3.1.    | Estudio de una instalación. . . . .   | 301        |
| 4.3.2.    | Automatización del transporte de áridos por medio de bandas transportadoras . . . . . | 302        |
| 4.3.3.    | Cableado de armario . . . . .   | 312        |
| 4.3.4.    | Marcado de los bornes en el bornero . . . . .   | 313        |
| 4.3.5.    | Sección de los conductores . . . . .  | 315        |
| 4.3.6.    | Armario eléctrico. . . . .  | 315        |
| 4.3.7.    | Ejercicio de modificación del circuito eléctrico . . . . .                            | 318        |
| 4.4.      | Distribución de elementos en el cuadro . . . . .                                      | 319        |
| 4.4.1.    | Introducción a la distribución de elementos en el cuadro. . . . .                     | 319        |
| 4.4.2.    | Ejercicios prácticos desarrollados . . . . .  | 320        |
| 4.4.3.    | Ejercicios de aplicaciones prácticas a desarrollar. . . . .                           | 339        |
| 4.5.      | Cableado del cuadro . . . . .   | 352        |
| 4.5.1.    | Preparación del trabajo . . . . .   | 352        |
| 4.5.2.    | Cableado del cuadro. . . . .  | 354        |
| 4.5.3.    | Armario eléctrico. . . . .  | 355        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 4.5.4.    | Marcado de un esquema . . . . .  | 355        |
| 4.5.5.    | Borneros y canalización de cables. . . . .   | 359        |
| 4.5.6.    | Cuadros eléctricos. Ejemplos de cableado . . . . .   | 360        |
| 4.5.7.    | Conductores . . . . .  | 361        |
| 4.5.8.    | Terminales . . . . .   | 366        |
| 4.5.9.    | Realizar cableado del automatismo en la placa. . . . .   | 366        |
| 4.5.10.   | Fijar terminales identificativos . . . . .   | 368        |
| 4.5.11.   | Identificación de los conductores y aparatos eléctricos . . . . .  | 368        |
| 4.5.12.   | Fijar la placa dentro del cuadro . . . . .   | 369        |
| 4.5.13.   | Realizar el cableado entre envolvente y elementos sobre máquina . . . . .                                    | 370        |
| 4.5.14.   | Presentación de cuadros y chasis cableados . . . . .   | 370        |
| 4.5.15.   | Desarrollo de los esquemas de una instalación compuesta . . . . .  | 371        |
| 4.6.      | Pruebas y plan de mantenimiento . . . . .  | 378        |
| 4.6.1.    | Realizar pruebas funcionales. . . . .  | 378        |
| 4.6.2.    | Puesta en servicio de una instalación con autómatas programables . . . . .                                   | 379        |
| 4.6.3.    | Detección de averías . . . . .   | 382        |
| 4.6.4.    | Plan de mantenimiento preventivo . . . . .   | 383        |
| 4.6.5.    | Stocks de repuestos (preventivo + correctivo) . . . . .  | 390        |
| 4.6.6.    | Peligros de la electricidad . . . . .  | 391        |
| 4.6.7.    | Señales y balizamiento de riesgo eléctrico . . . . .   | 393        |
| <b>5.</b> | <b>Consultorio técnico . . . . .</b>   | <b>395</b> |
| 5.1.      | Electricidad y mecánica aplicada . . . . .   | 396        |
| 5.1.1.    | Fórmulas básicas de electricidad. . . . .  | 396        |
| 5.1.2.    | Fórmulas aplicadas a motores eléctricos. . . . .   | 397        |
| 5.1.3.    | Potencias en redes eléctricas . . . . .  | 398        |
| 5.1.4.    | Energías eléctricas . . . . .  | 399        |
| 5.1.5.    | Potencias en un receptor eléctrico. . . . .  | 399        |
| 5.1.6.    | Motores trifásicos con rotor en cortocircuito de $f = 50$ Hz,<br>conectados a redes de $f = 60$ Hz . . . . . | 400        |
| 5.1.7.    | Fórmulas mecánicas utilizadas en transmisiones . . . . .   | 401        |
| 5.2.      | Anexo de complementos eléctricos . . . . .   | 404        |
| 5.2.1.    | Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) . . . . .   | 404        |
| 5.2.2.    | Clasificación de las tensiones . . . . .   | 407        |
| 5.2.3.    | Clase de materiales eléctricos . . . . .   | 410        |
| 5.2.4.    | Sección mínima del conductor neutro . . . . .  | 411        |
| 5.2.5.    | Conductores eléctricos (cables) . . . . .  | 413        |
| 5.2.6.    | Conductor de protección (PE) . . . . .   | 416        |
| 5.2.7.    | Forma de actuar ante el accidente eléctrico . . . . .  | 422        |

