

# Sumario

<b>1. Introducción</b>	1
<b>2. Evolución histórica de los Sistemas de Control</b>	3
2.1 La evolución de la industria de producción	3
2.2 La evolución de la tecnología informática.	4
2.3 La evolución del control automático	5
2.3.1. Orígenes	5
2.3.2 Instrumentación neumática	7
2.3.3 Instrumentación electrónica	9
2.3.4 Introducción de la tecnología digital en el área de control automático.	11
2.3.4.1 Antecedentes	11
2.3.4.2 Expansión	13
2.3.4.3 La informatización	14
2.4 Resumen e integración.	15
2.5 Referencias y Bibliografía	16
<b>3. Microprocesadores</b>	17
3.1 Introducción, Definiciones y Términos Usuales	18
3.2 Descripción de los Componentes y su Interrelación	19
3.2.1 El Microprocesador	20
3.2.2 Buses	20
3.2.3 Memorias	21
3.2.4 Interfases de Entrada/Salida	22
3.2.4.1 Interfases de Entrada/Salida Serie	22
3.2.4.2 Interfases Analógico-Digital	22
3.3 Funcionamiento	23
3.4 Resumen e Integración	25
3.5 Cuestionario	25
3.6 Referencias y Bibliografía	25
<b>4. Controladores Lógicos Programables</b>	27
4.1 Estructura de un PLC	29
4.2 Clasificación	32
4.2.1 Clasificación por construcción	33
4.2.2 Clasificación por capacidad	34
4.2.3 Clasificación por cantidad de E/S	34
4.3 Entradas y Salidas	34
4.3.1 Entradas discretas	37
4.3.2 Salidas discretas	38
4.3.3 Entradas analógicas	39

4.3.4 Salidas analógicas	41
4.3.5 Entradas / Salidas BCD	42
4.3.6 Entradas / Salidas especiales	42
4.3.7 Módulos inteligentes	44
4.4 Unidad central de proceso (CPU)	45
4.4.1 Procesador	45
4.4.2 Memoria	47
4.5 Programación	48
4.5.1 Algebra booleana	48
4.5.2 Operaciones adicionales requeridas para aplicaciones industriales	49
4.5.3 Representaciones utilizadas en aplicaciones industriales	52
4.5.3.1 Diagramas lógicos	53
4.5.3.2 Listado de instrucciones (mnemónicos)	54
4.5.3.3 Lógica en escalera	57
4.5.3.4 Lenguajes de alto nivel	58
4.5.4 Programación estructurada	58
4.6 Equipos de programación	58
4.7 Interfases con el operador	60
4.8 Redundancia	60
4.8.1 Algunas definiciones	60
4.8.2 ¿Cuándo se utiliza redundancia?	61
4.8.3 PLC simple	62
4.8.4 PLC con CPU redundante y E/S simples	63
4.8.5 PLC con CPU y E/S redundantes	64
4.8.6 PLC triple redundante	65
4.8.7 Sistemas de seguridad	65
4.9 Resumen e integración	66
4.10 Cuestionario	67
4.11 Referencias y Bibliografía	68

## 5. Instrumentos Unilazo Programables 69

5.1 Descripción de instrumentos unilazo programables - Introducción	69
5.2 Características generales	70
5.2.1 Interfase con el operador	70
5.2.2 Configuración	70
5.2.3 Comunicaciones	71
5.2.4 Instalación	71
5.2.5 Características adicionales	71
5.3 Características particulares	72
5.3.1 Controladores	72
5.3.2 Computadores de caudal	73
5.3.3 Registradores	73
5.4 Implementación de algoritmos de control en equipos digitales - Introducción.	74
5.5 El algoritmo PID	75
5.6 Controladores PID digitales	79
5.6.1 Tiempo de barrido	79
5.6.2 Discretización del algoritmo	80
5.6.2.1 Algoritmos posicionales	81
5.6.2.2 Algoritmos incrementales	83
5.7 La Autosintonía	84
5.7.1 Autosintonía a lazo abierto	84

5.7.2 Autosintonía a lazo cerrado	85
5.8 La lógica difusa	86
5.9 Resumen e Integración	89
5.10 Cuestionario	90
5.11 Referencias y Bibliografía	90

## 6. Sistemas de Control Distribuido 91

6.1 Concepto de Sistema de Control Distribuido	91
6.2 Arquitectura de los Sistemas de Control Distribuidos	93
6.2.1 Subsistema de interfase con los operadores y usuarios varios	93
6.2.2 Subsistema de procesamiento de los algoritmos de control	95
6.2.2.1 Implementando la estrategia de control	96
6.2.2.2. Creación de pantallas	100
6.2.2.3 Ejecución de la estrategia de control	100
6.2.3 Subsistema de almacenamiento de información para el adecuado funcionamiento del sistema y otras aplicaciones	105
6.2.3.1 Otras aplicaciones	105
6.2.3.1.1. Módulo de registro histórico	105
6.2.3.1.2 Paquete de reportes	107
6.2.4 Subsistema de conversión y adecuación de señales provenientes del proceso	107
6.2.5 Subsistema de interfase con otros sistemas	108
6.2.6 Subsistema de interconexión y de comunicaciones	109
6.3 Algunas recomendaciones asociadas con los DCS	109
6.4 Resumen e Integración	110
6.5 Cuestionario	111
6.6 Referencias y Bibliografía	111

## 7. Redes Digitales de Datos y Sistemas de Control de Procesos 113

7.1 El esquema maestro-esclavo	114
7.1.1 RS-232 y RS-485	116
7.1.2 El acceso al medio físico	119
7.1.3 Envío de mensajes	119
7.1.3.1 Transmisión sin delimitadores	120
7.1.3.2 Transmisión en formato ASCII, con delimitadores	120
7.1.3.3 Transmisión con delimitadores e inserción de carácter	122
7.1.4 Reconocimiento de errores	123
7.1.4.1 Bit de paridad	124
7.1.4.2 Bit de paridad transversal y longitudinal	124
7.1.4.3 Código de Redundancia Cíclica o CRC	125
7.1.4.4 ¿Y si alguno de estos métodos detecta un error?	125
7.1.5 Comandos	126

7.2 El modelo ISO/OSI	127
7.2.1 Nivel 1: Físico (Physical Layer)	127
7.2.2 Nivel 2: Enlace (Data Link Layer)	128
7.2.3 Nivel 3: Red (Network Layer)	129
7.2.4 Nivel 4: Transporte (Transport Layer)	129
7.2.5 Nivel 5: Sesión (Session Layer)	129
7.2.6 Nivel 6: Presentación (Presentation Layer)	129
7.2.7 Nivel 7: Aplicación (Application Layer)	130
7.2.8 Resumen del modelo ISO/OSI	130
7.3 Topologías	131
7.3.1. Enlaces punto a punto	131
7.3.2 Redes de difusión	132
7.4. Medios físicos de transmisión	132
7.5. Codificación de bits	134
7.6 Direccionalidad de la comunicación	134
7.7 Análisis del esquema maestro-esclavo, desde el punto de vista del modelo ISO/OSI	135
7.8 Ejemplos de protocolos, Parte 1	135
7.8.1 Ethernet, IEEE 802.2 e IEEE 802.3	136
7.8.2 Token bus, IEEE 802.4	137
7.8.3 Token ring, IEEE 802.5	138
7.8.4 Comparación entre las LAN presentadas	140
7.8.5 Protocolo X.25	141
7.8.6 Tecnología ATM	142
7.8.7 TCP/IP	144
7.8.8 Novell NetWare, SPX/IPX	144
7.8.9 Net BIOS	144
7.8.10 Technical Office Protocol, TOP	145
7.9 Análisis de los servicios existentes en el nivel de la capa de aplicación de los protocolos presentados, y de aquellos servicios requeridos en un protocolo industrial.	145
7.10 Ejemplos de protocolos, Parte 2	146
7.10.1 Manufacturing Automation Protocol; MAP	147
7.10.2 Fieldbus	148
7.10.2.1 El comité ISA SP50	151
7.10.2.2 La norma alemana Profibus y el grupo ISP	152
7.10.2.3 La norma francesa FIP y el grupo WORLDIFIP	153
7.10.2.4 Conclusiones sobre el fieldbus	154
7.11 Repetidores, bridges, enrutadores y gateways	155
7.12 Resumen e Integración	155
7.13 Cuestionario	156
7.14 Referencias y Bibliografía	156
<b>8. Sistemas de Control Basados en PC</b>	<b>159</b>
8.1 Partes de un sistema de control basado en PC	160
8.2 Clasificación	161
8.2.1 Sistemas externos	161
8.2.2 Sistemas Internos	162
8.3 El dispositivo de entrada/salida	163
8.4 El Software de Control y Adquisición de Datos.	164
8.5 Partes básicas de un paquete de software basado en PC	165
8.5.1 Creando la estrategia de control	165
8.5.2 Creando las pantallas	166
8.5.3 Ejecución de la estrategia de control	167

8.5.4 Visualización de la base de datos	168
8.6 El driver de comunicaciones	169
8.7 Otras aplicaciones	171
8.8 Sistema operativo y plataformas	172
8.9 Características de la computadora	172
8.10 Integración de PCs en red	173
8.10.1 Concentrador de datos	174
8.10.2 Duplicación de la base de datos	175
8.10.3 Tablas cruzadas	175
8.10.4 Acceso por identificación de nodo y TAG	176
8.11 Ejemplos de aplicación	176
8.12 Resumen e integración	177
8.13 Cuestionario	179
8.14 Referencias y Bibliografía	180
<b>9. La interfase al operador</b>	<b>181</b>
9.1. Evolución histórica	182
9.2. Aspectos tecnológicos	186
9.2.1 Componentes de una Estación de Trabajo	186
9.2.1.1 Monitor	186
9.2.1.2 Periféricos	189
9.2.2 Creación de pantallas	190
9.2.2.1 El Template	191
9.2.2.2. La conexión a la base de datos.	191
9.2.3. Visualización de pantallas	192
9.2.4 Formatos para la presentación de información	192
9.2.4.1. Pantallas predefinidas	193
9.2.4.2 Pantalla tipo mímico	194
9.2.4.3 Mediciones Dinámicas de Rendimiento	195
9.2.5 Influencia del avance tecnológico de los sistemas informáticos.	196
9.3 Aspectos humanos del diseño de pantallas.	197
9.3.1. El usuario	199
9.3.2. La disposición de los elementos en la pantalla	200
9.3.3 Detalles de la pantalla	201
9.3.4 Características del monitor y de la sala	202
9.4 Resumen e Integración	202
9.5 Cuestionario	203
9.6. Referencias Bibliografía	204
<b>10. Transmisores Inteligentes</b>	<b>205</b>
10.1 Características generales de un transmisor	207
10.2 Indicadores de performance de un transmisor	212
10.3 Introducción a los transmisores basados en microprocesador (transmisores inteligentes).	213
10.4 Arquitectura de un transmisor inteligente	214
10.5 Características de exactitud, rangeability, efecto de la temperatura ambiente y turndown.	215
10.6 Modificación en campo del rango	217
10.7 Generación de señal de 4 a 20 mA.	218
10.8 Diagnóstico continuo de los componentes	219
10.9 Configuración por software	220
10.10 Base de datos local con información correspondiente al transmisor	220

10.11	Introducción a las comunicaciones de transmisores inteligentes con Sistemas de Control	221
10.11.1	El transmisor comunicando la variable de proceso por medio de una señal de 4 a 20 mA.	221
10.11.2	El transmisor comunicándose digitalmente con el Sistema de Control	222
10.12	El dispositivo de configuración	223
10.13	Resumen e Integración	225
10.14	Cuestionario	226
10.15	Referencias y Bibliografía	226
<b>11.</b>	<b>Sistemas Industriales Abiertos</b>	<b>229</b>
11.1	Introducción a los sistemas administrativos abiertos	229
11.1.1	La tecnología Cliente/Servidor	232
11.1.2	Bases de Datos Relacionales	235
11.1.3	Sistemas Operativos (Operating System, OS)	237
11.1.4	Interfase Abierta para Programas de Aplicación	238
11.1.5	X-Window	239
11.2	¿Y cuál es la situación de los sistemas de control de procesos?	240
11.3	Arquitectura	242
11.4	Integración de los dominios de control	245
11.5	Administración de Información en Tiempo Real	246
11.6	Administración de la información histórica	248
11.7	Sistema Operativo (OS)	250
11.8	¿Estamos más cerca del CIM?	251
11.9	Resumen e integración: ¿Cerrando el círculo?	252
11.10	Cuestionario	253
11.11	Referencias y Bibliografía	254
<b>12.</b>	<b>Sistemas SCADA</b>	<b>255</b>
12.1	Remote Terminal Units, RTU	256
12.1.1.	Clasificación de RTUs por su capacidad	257
12.1.2.	Clasificación de RTUs por la cantidad de E/S	257
12.1.3	Otras características de las RTUs	258
12.2.	Estación Maestra	260
12.3	El Sistema de Comunicaciones	263
12.4	Clasificación de sistemas SCADA	263
12.4.1	Sistemas lineales	264
12.4.2	Sistemas ramificados:	265
12.5	Ejemplos	265
12.5.1	Aplicación en un yacimiento de petróleo	265
12.5.2	Lectura Automática de Mediciones (Automated Metering Reading, AMR)	266
12.5.3	Aplicación en un oleoducto	267
12.6	Resumen e Integración	270
12.7	Cuestionario	270
12.8	Referencias y Bibliografía	270
<b>Indice temático</b>		<b>271</b>