
CONTENIDO

Sistemas Automáticos Industriales de Eventos Discretos

Agradecimientos	9
El autor	19
Prólogo	21
Descarga de los programas citados en el libro	23

CAPÍTULO 1

Introducción a los sistemas automáticos industriales

1.1 Introducción

Tipos de sistemas automáticos 26

Lazos de control 28

1.1.1 Sistema de lazo abierto discreto 28

1.1.2 Sistema de lazo cerrado discreto 30

1.1.3 Sistema de lazo cerrado analógico 32

1.2 Sistemas de eventos discretos 34

1.3 Sistemas combinacionales y secuenciales 35

1.3.1 Sistemas combinacionales 35

1.3.2 Sistemas secuenciales 38

1.4 Reconversión de equipo 40

1.4.1 Estudio de factibilidad 41

Factibilidad técnica 41

Factibilidad de diseño 41

Tiempo de diseño e implementación 41

1.5 Costo-beneficio 42

Procesos manuales 42

1.6 Retorno de la inversión 43

1.7 Preguntas de estudio 44

CAPÍTULO 2

Sistemas automáticos con base en relevadores

2.1 Introducción

2.2 Relevadores de control y de potencia

2.2.1 Relevador electromecánico 46

Relevador detector de fases y secuencia 46

Relevador de sobrecarga 47

Relevador electromecánico de control 48

Efecto del viaje de los contactos de un relevador 50

2.2.2 El relevador de potencia o contactor 52

2.2.3 Relevador operado por tiempo 54

Solución de sistemas automáticos con base en relevadores 54

Funciones lógicas con relevadores 55

2.3.1 Sistema combinacional con base en relevadores 56

2.3.2 Sistema secuencial con base en relevadores 63

2.4 Desventajas de los sistemas con base en relevadores 68

Funciones lógicas con relevadores 69

2.5 Preguntas de estudio 70

CAPÍTULO 3

Controlador lógico programable (PLC) 73

3.1 Introducción 73

3.1.1 Ventajas de los sistemas automáticos industriales (SA) con base en PLC 75

3.2 Estructura interna de un PLC 76

PLC del tipo compacto 76

Controles modulares 77

Unidad central de procesamiento (CPU) 78

Tiempo de scan 79

Diagnóstico interno 79

Barrido de entradas 79

Ejecución de la lógica 79

Barrido de salidas 80

Fuente de voltaje (PS) 80

3.3 Módulo de entradas discretas 82

Módulos de entrada de VCD 82

Módulos de entrada positiva de VCD (sink) 83

Módulos de entrada de VCD tipo SOURCE 84

Módulos de entrada de VCA 85

3.4 Módulo de salidas discretas 86

Módulo de salida de VCD 87

Módulo de salida de VCA 87

Módulo de salida tipo relevador 88

3.5 Comunicaciones con el PLC	90	Teoremas de álgebra booleana	132
Interfase de programación y computadora personal	90	Teoremas con múltiples variables	137
3.6 Tipos de programación	92	4.5 Preguntas y problemas de estudio	149
3.6.1 Programación con instrucciones	92	Problemas	149
3.6.2 Programación con funciones lógicas	93		
3.6.3 Programación con lógica de contactos	94	<hr/> CAPÍTULO 5	<hr/> 155
3.7 Selección del PLC	95	Método de "la memoria interna"	155
Selección del PLC	98	5.1 Introducción	155
3.8 Preguntas de estudio	99	5.1.1 Límites de aplicación	156
<hr/> CAPÍTULO 4	<hr/> 101	5.2 Método de "la memoria interna"	158
Sistemas automáticos basados en funciones lógicas	101	5.2.1 Memoria interna	159
4.1 Introducción	101	5.2.2 Metodología de la memoria interna	160
Niveles lógicos	102	5.2.2.1 Tabla natural del proceso	160
4.2 Introducción a las funciones lógicas	103	5.2.2.2 Tabla de memorias	162
Tablas de verdad	103	5.3 Ecuaciones de las memorias	163
4.2.1 Función lógica AND (Y)	104	5.4 Ecuaciones de las variables de salida	171
4.2.2 Función lógica OR (O)	105	5.4.1 Estados aislados	172
4.2.3 Función lógica NOT (NO)	106	Estado aislado en el estado inicial	173
4.3 Ecuaciones de sistemas combinatoriales	107	5.4.2 Estados compartidos	174
Tabla de verdad de un sistema combinatorial	108	Obtención de las ecuaciones de las variables de salida	177
4.3.1 Número de combinaciones del sistema	108	Reducción de memorias por límite de valores de la función de salida	179
Ecuaciones del sistema	109	Representación por diagrama de estados	180
4.3.2 Programa con el software del PLC Crouzet	110	5.5 Aplicación del diagrama de estados	182
Simulación con el programa Crouzet	112	Ecuación de la función de salida	186
4.4 Ecuaciones de sistemas secuenciales	120	5.6 Lógica de contactos con ecuaciones	187
4.4.1 Método de "un estado de memoria"	121	Ecuaciones de memorias con lógica de contactos	188
Tabla de estado	121	Diagrama de lógica de contactos para VS_1	190
Estado	121	Diagrama de lógica de contactos de VS_2	191
Representación de funciones lógicas con lógica de contactos	127	Diagrama de lógica de contactos de VS_{n-1}	191
Función lógica AND con circuito de lógica de contactos	127	Diagrama de lógica de contactos de V_{S_n}	191
Función lógica OR con circuito de lógica de contactos	128	Diagrama de lógica de contactos de los dos ejemplos resueltos	192
Función lógica NOT con circuito de lógica de contactos	129	Sistemas con bifurcaciones y retroceso a estados inmediatos anteriores	195
Ecuaciones de sistemas automáticos con circuitos de lógica de contactos	130	5.7 Ejercicios resueltos	201
Álgebra booleana	132	5.8 Simulación con el software FluidSIM-PTM de FESTO	212
		5.9 Ejercicios de estudio	222

CAPÍTULO 6**229****Sistemas secuenciales neumáticos 229**

6.1 Introducción	229
Propiedades físicas del aire	230
Compresibilidad	230
Elasticidad	231
Expansibilidad	231
Seguridad	232
Simplicidad en el diseño y control	232
6.2 Sistema de generación de aire comprimido	232
Compresor	232
Desplazamiento Positivo	233
Desplazamiento Dinámico:	233
Enfriador posterior	233
Tanque acumulador de presión	234
Secador de aire	235
Red de generación de aire comprimido	235
6.3 Sistemas automáticos neumáticos	236
Estructura de un sistema secuencial neumático	237
6.4 Elementos final de control	238
6.4.1 Actuadores de movimiento lineal	239
Actuador lineal de simple efecto	239
Actuador lineal de doble efecto	240
Diagrama espacio-fase	241
6.4.2 Actuadores de movimiento giratorio	244
6.4.3 Actuador oscilatorio	245
6.5 ELEMENTOS DE GANANCIA	246
Válvula de Control de Flujo Variable Bidireccional	246
Válvula de Control de Flujo Unidireccional	247
Control de Velocidad por el Aire de Entrada	247
Control de Velocidad por el Aire de Salida	248
6.6 Elementos de procesamiento	248
Válvulas direccionales	248
Posiciones	249
Vías	249
Tipos de piloto	250
Piloto neumático en A y retorno por resorte en B	250
Pilotos neumáticos en A y en B	251
Estructura de una válvula direccional	251
Configuración de válvulas direccionales	252

Válvula 4/2	252
Válvula 5/2	252
Diagrama de mando de válvulas 4/2 y 5/2	253
Válvula 4/3 y 5/3	254
Válvula 3/2	255
Válvulas de simultaneidad	257
Válvula selectora de circuitos	258
6.7 Dispositivos de entrada	259
6.8 Válvulas de retardo de tiempo y contador neumático	259
Válvula de tiempo	260
Diagrama espacio-tiempo	261
Contador neumático	262
6.9 Sistemas de vacío	263
Principio de funcionamiento de un venturi	264
6.10 Diseño de sistemas secuenciales neumáticos	266
Representación mediante vectores de desplazamiento	268
Representación abreviada con signos	268
6.10.1 Diagrama de funcionamiento	269
Representación de un diagrama de funcionamiento con ecuaciones lógicas	270
6.11 Multiplicación y suma de funciones neumáticas discretas	272
Multiplicación lógica de funciones neumáticas	273
Sumatoria lógica de funciones neumáticas	275
Ejemplos de ecuaciones lógicas en funciones neumáticas	277
6.12 Diseño de un automatismo neumático con métodos analíticos	281
Lista de partes	282
Ecuaciones del sistema	283
Método de ubicación de pulso único (PU)	284
Ecuación de VP2	285
Ecuaciones de las válvulas auxiliares	285
Diagrama de conexiones neumáticas	286
Método memorización de pulsos de dos variables (MP)	288
Lista de partes	290
Ecuaciones del sistema	291
Ecuación de VP1	291

Ecuación de VP2	291	Ecuaciones del sistema	323
Ecuaciones de las válvulas auxiliares	292	Diagrama de funcionamiento aplicando el método ME	326
Diagrama de conexiones neumáticas	292	Ecuaciones del sistema	327
Método "memoria de estado (ME)"	294	Diagrama de conexiones neumáticas	328
Diagrama de funcionamiento aplicando el método memoria de estado	297	Diagrama de funcionamiento y lista de partes	329
Ecuaciones del sistema	297	6.14 Preguntas y ejercicios de estudio	330
Ecuación de VP1	298	Ejercicios propuestos	333
Ecuación de VP2	298		
Ecuación de Vx1	298	<hr/> CAPÍTULO 7	345
Ecuación de Vx2	298		
Diagrama de conexiones neumáticas	299	Sensores de comportamiento discreto	345
Diagrama de funcionamiento y lista de partes	300	7.1 Introducción	345
Sistema secuencial neumático con retardo de tiempo	300	7.2 Transductores	347
Diagrama de funcionamiento	301	Transductores de desplazamiento	348
Ecuaciones del sistema	303	Transductores de presión o fuerza	350
Ecuaciones de las válvulas principales	303	Transductores de velocidad	351
Ecuaciones de las válvulas auxiliares	303	Transductores de temperatura	352
Diagrama de conexiones neumáticas	305	7.3 Sensores de comportamiento discreto	354
Sistema secuencial neumático con contador de eventos	305	7.3.1 Sensores de objetos por contacto	355
Diagrama natural del proceso	306	Aplicaciones	356
Aplicación de método de trabajo	306	Sensores de variables físicas por contacto	358
Ecuaciones del sistema	307	7.3.2 Sensores de proximidad del tipo discretos	360
Diagrama de conexiones neumáticas	308	Características y especificaciones de los sensores discretos	361
Manipulación de objetos mediante sistemas de vacío	308	Histéresis	362
Diagrama de funcionamiento aplicando algún método de trabajo	309	Repetibilidad	363
Ecuaciones del sistema	310	7.4 Sensores de detección magnética	366
Diagrama de conexiones neumáticas	312	7.5 Sensores inductivos	369
Diagrama de funcionamiento y lista de partes	312	Estructura	369
6.13 Ejemplos resueltos de sistemas secuenciales neumáticos	313	Principio de funcionamiento	370
Esquemático del sistema de traslado de producto	314	Diseño blindado	370
Ecuaciones del sistema	317	Diseño no blindado	372
Ecuaciones de las memorias o válvulas auxiliares (Vx)	318	Factor de reducción	374
Ecuaciones de los temporizadores	319	Símbolo	374
Diagrama de funcionamiento aplicando el método ME	322	Aplicaciones	374
		7.6 Sensores capacitivos	375
		Principio de operación	376
		Diseño blindado	376
		Diseño no blindado	376
		Símbolo	377
		Aplicaciones industriales	377

Factor de reducción	378	Modo de operación	408
7.7 Sensores ópticos	378	8.3 Instrucción de tiempo en el PLC Siemens	410
Estructura	379	Temporizador TON retentivo (R)	411
Fuente de luz	379	Representación con el diagrama de tiempos	411
Detector de luz	379	Identificando un método	413
Lentes	380	Ecuaciones lógicas del sistema	414
Circuito lógico	380	Diagrama de lógica de contactos	416
Salida	380	Programa para el PLC Siemens	417
7.7.1 Tipos de sensores ópticos	381	8.4 Función contador	428
Sensor de haz transmitido	381	Función contador con el PLC Siemens	429
Aplicación del sensor	382	Contador ascendente/descendente (CTUD)	434
Sensor retrorreflexivo	382	8.5 Funciones de comparación de valores numéricos	437
Aplicación del sensor	383	8.6 Ajuste de valores preestablecidos mediante una HMI	443
Sensor del tipo difuso	384	Aplicación de la TD 200 de Siemens	444
Aplicación del sensor	384	8.7 Sistemas secuenciales basados en las funciones de tiempo y conteo	458
Símbolo	385	Ecuaciones del sistema	462
Factor de reducción	385	Ecuaciones de los temporizadores	462
7.8 Salidas PNP y NPN en sensores de corriente directa	386	Ecuación del contador	463
Sensor con salida PNP	386	Ecuación de la función de salida	464
Sensor con salida NPN	386	Diagrama de lógica escalera para los mensajes	464
Tipos de conexiones eléctricas en sensores	387	Mensajes	469
Sensores de dos hilos	388	Diagrama de flujo de los mensajes	470
Sensores de tres y cuatro hilos	388	Diagrama de lógica escalera	477
Conexión en serie de sensores	389	Mensajes	479
Conexión en paralelo de sensores	390	Diagrama de flujo de los mensajes	480
Conexión de un sensor como entrada a un PLC	391	Diagrama de lógica escalera	482
Entradas Sink / Source	392	Diagrama de conexiones eléctricas	483
7.9 Ejercicios resueltos	394	8.8 Sistemas automáticos del tipo industrial	484
7.10 Preguntas y ejercicios para estudio	396	Cronograma de las funciones	486
CAPÍTULO 8	401	Diagrama de flujo de los mensajes	487
Sistemas secuenciales basados en la función tiempo y conteo	401	Diagrama de flujo de la secuencia	488
8.1 Introducción	401	Diagrama de lógica escalera	491
8.2 Funciones de tiempo	403	Sistema de alarmas	500
Estructura de un temporizador electromecánico	403	Ecuaciones para alarma 1 (AL1)	501
Temporizador con retardo al encendido (TON)	404	Ecuaciones para alarma 2	501
Modo de operación	405	Ecuaciones para alarma 3	502
Diagrama de tiempos	406	Funciones de salida	502
Temporizador con retardo para apagar (tof)	407	Desplegado de mensajes	503
		Diagrama de lógica de contactos	504

Etapa de subrutinas	508	9.7 Funciones de salida localizadas en una subrutina	549
8.9 Preguntas y ejercicios de estudio	510	Diagrama de lógica de contactos para el PLC Siemens	552
Preguntas	510	9.8 Subrutinas que dependen de dos temporizadores no subsecuentes	554
Problemas	511	9.9 Sistema de temporizadores con m ramales	562
<hr/>		9.9.1 Operaciones de suma y multiplicación en un sistema secuencial	564
CAPÍTULO 9	519	Multiplicación	564
<hr/>		Suma	565
Temporizadores en cascada	519	Cálculo de tiempo para el ramal 1	567
9.1 Introducción	519	9.9.2 Cálculo del tiempo de ciclo de un sistema con m ramales y línea principal	567
Límites de aplicación del método	520	Resultado del ramal 1	569
9.2 Estructura del método de temporizadores en cascada	521	Resultado del ramal 2	569
Simbología del método	522	Resultado del ramal 3	570
Conector de enlace	522	9.9.3 Sistema con q funciones de salida y m ramales	570
Función de entrada, suma y multiplicación	522	9.9.3.1 Función dependiente de temporizadores localizados en la línea principal (F1,b0)	572
Funciones de tiempo, salida y memoria	523	Tiempo de operación de la función F1,b0	573
Cuadrante de contactos de "Temporizadores en Cascada"	523	9.9.3.2 Función dependiente de temporizadores localizados en uno o varios ramales (Fq,Rm)	573
9.3 Gráfico de un sistema en cascada con una línea principal	524	9.9.3.3 Función dependiente de temporizadores localizados en ramal y línea principal (Fq,Rm)	575
Gráfico de sistema sin retroalimentación en lazo	524	Tiempo de operación de la función F1,R2 en el ramal 1	576
9.3.1 Gráfico de un sistema con n temporizadores y q funciones	525	9.9.3.4 Función dependiente de temporizadores localizados en un ramal (encendido) y línea principal (apagado) (Fq,Rm)	577
Gráfico con una función de salida (F1)	526	Ecuaciones de temporizadores	582
Gráfico de sistema con retroalimentación en lazo	527	Función localizada en la línea principal	583
9.4 Sistema con una línea principal de tiempos	528	Función dependiente de línea principal y ramales	584
9.4.1 Ubicación de un conector de enlace horizontal	529	Funciones dependientes de ramales	584
9.4.2 Conector de enlace vertical	530	9.10 Funciones de entrada como condiciones externas de operación	588
9.4.3 Conector de enlace con varias direcciones en su trayectoria	531	Ecuaciones de las funciones de salida	590
9.4.4 Conector de enlace en el cuarto cuadrante	532	9.11 Memorias y temporizadores	597
9.4.5 Ecuaciones de las variables lógicas del sistema	533	9.12 Ejercicios resueltos	604
Ecuaciones lógicas de las funciones de salida	533	Desplegado de mensajes	608
Ecuaciones de las funciones de tiempo	534	9.13 Problemas y preguntas	622
9.5 Cálculos requeridos en un sistema con una línea principal	537		
9.5.1 Cálculo del tiempo de encendido de las funciones de salida	538		
9.6 Sistemas con una línea principal y subrutinas de tiempos	544		
Cálculo de P_{T_2} y P_{T_4}	548		

CAPÍTULO 10 **627**

Sistemas secuenciales electro neumáticos industriales **627**
10.1 Introducción **627**

Circuito eléctrico 628

Circuito neumático 628

10.2 Elementos de control de un sistema secuencial electro neumático **629**

Dispositivos de entrada 629

Dispositivos de procesamiento 630

Dispositivos de salida 630

10.3 Tipos de mandos en sistemas secuenciales electro neumáticos **631**

Válvula del tipo monoestable 631

Válvula del tipo biestable 631

Válvula de tres posiciones 632

10.4 Diseño del diagrama de funcionamiento de un sistema electro neumático **633**

Selección de válvulas direccionales 637

10.5 Ecuaciones lógicas de un sistema electro neumático **641**
10.6 Método de la memoria de estado en automatismos electro neumáticos **644**
10.7 El presostato y vacuostato en un automatismo electro neumático **655**

10.7.1 Presostato 656

10.7.2 Vacuostato 658

10.8 Temporizadores en cascada en un automatismo electro neumático **659**
10.9 Contadores en un automatismo electro neumático **664**

10.10 Aplicaciones industriales 665

10.11 Ejercicios a resolver **677**

CAPÍTULO 11 **679**

Introducción a los sistemas electrohidráulicos **679**
11.1 Introducción **679**

11.1.1 Verificaciones periódicas en sistemas hidráulicos 680

11.1.2 Elementos de control de un sistema secuencial electrohidráulico 682

Circuito eléctrico 682

Circuito hidráulico 682

11.2 Tipos de bombas hidráulicas **683**

Bombas de engranes 684

Bombas de pistones 685

Bombas de paletas 685

11.3 Tipos de mandos en sistemas secuenciales electrohidráulicos **686**

Válvula del tipo monoestable 686

Válvula del tipo biestable 686

Válvula de tres posiciones 687

11.4 Diagrama de funcionamiento en un sistema electrohidráulico **687**

Ecuaciones del sistema 695

11.5 Método temporizadores en cascada aplicado a sistemas electrohidráulicos **696**

 Ejemplos a partir del diagrama de funcionamiento 698

CAPÍTULO 12 **703**

Introducción a los sistemas analógicos **703**
12.1 Introducción **703**
12.2 Clasificación de señales **704**

12.2.1 De acuerdo a la naturaleza de la variable 704

12.2.2 Señales estocásticas y señales deterministas 705

12.2.3 Señales digitales y señales analógicas 705

Clasificación de las señales de acuerdo a su naturaleza temporal 705

Clasificación de las señales de acuerdo a su naturaleza en magnitud 706

12.3 Atributos de una señal analógica **707**
12.4 Sistemas **710**
12.5 Procesamiento analógico de una señal analógica **712**

12.5.1 El amplificador operacional 712

12.5.2 Op amp en lazo abierto 713

 12.5.3 Op amp en lazo cerrado 714

CAPÍTULO 10 627

Sistemas secuenciales electro neumáticos industriales 627
10.1 Introducción 627

Circuito eléctrico 628

Circuito neumático 628

10.2 Elementos de control de un sistema secuencial electro neumático 629

Dispositivos de entrada 629

Dispositivos de procesamiento 630

Dispositivos de salida 630

10.3 Tipos de mandos en sistemas secuenciales electro neumáticos 631

Válvula del tipo monoestable 631

Válvula del tipo biestable 631

Válvula de tres posiciones 632

10.4 Diseño del diagrama de funcionamiento de un sistema electro neumático 633

Selección de válvulas direccionales 637

10.5 Ecuaciones lógicas de un sistema electro neumático 641
10.6 Método de la memoria de estado en automatismos electro neumáticos 644
10.7 El presostato y vacuostato en un automatismo electro neumático 655

10.7.1 Presostato 656

10.7.2 Vacuostato 658

10.8 Temporizadores en cascada en un automatismo electro neumático 659
10.9 Contadores en un automatismo electro neumático 664

10.10 Aplicaciones industriales 665

10.11 Ejercicios a resolver 677

CAPÍTULO 11 679

Introducción a los sistemas electrohidráulicos 679
11.1 Introducción 679

11.1.1 Verificaciones periódicas en sistemas hidráulicos 680

11.1.2 Elementos de control de un sistema secuencial electrohidráulico 682

Circuito eléctrico 682

Circuito hidráulico 682

11.2 Tipos de bombas hidráulicas 683

Bombas de engranes 684

Bombas de pistones 685

Bombas de paletas 685

11.3 Tipos de mandos en sistemas secuenciales electrohidráulicos 686

Válvula del tipo monoestable 686

Válvula del tipo biestable 686

Válvula de tres posiciones 687

11.4 Diagrama de funcionamiento en un sistema electrohidráulico 687

Ecuaciones del sistema 695

11.5 Método de temporizadores en cascada aplicado a sistemas electrohidráulicos 696

Ejemplos a partir del diagrama de funcionamiento 698

CAPÍTULO 12 703

Introducción a los sistemas analógicos 703
12.1 Introducción 703
12.2 Clasificación de señales 704

12.2.1 De acuerdo a la naturaleza de la variable 704

12.2.2 Señales estocásticas y señales deterministas 705

12.2.3 Señales digitales y señales analógicas 705

Clasificación de las señales de acuerdo a su naturaleza temporal 705

Clasificación de las señales de acuerdo a su naturaleza en magnitud 706

12.3 Atributos de una señal analógica 707
12.4 Sistemas 710
12.5 Procesamiento analógico de una señal analógica 712

12.5.1 El amplificador operacional 712

12.5.2 Op amp en lazo abierto 713

12.5.3 Op amp en lazo cerrado 714

Amplificador inversor	715	Ejemplo de uso del asistente para configurar instrucción PID	780
Amplificador no inversor	716	12.11 Sintonización	786
Buffer o Seguidor	716	12.11.1 Reglas de sintonización de Zeiger-Nichols	786
Amplificador Diferenciador	717	12.11.2 Sintonización de PID en MicroWin	789
Amplificador de instrumentación	718		
Derivador e Integrador	719		
12.6 Procesamiento digital de una señal analógica	720		
12.6.1 Convertidor AD	721		
12.6.3 Errores en el cuantificador	724		
12.6.4 Convertidor de aproximaciones sucesivas	728		
12.6.5 Convertidor tipo flash	730		
12.6.6 Convertidor DA	732		
12.6.6.1 Convertidor R-2R	734		
12.7 Módulos analógicos de la familia S7-200	736		
12.7.1 Módulos analógicos en el S7-200 - CPU 22X	737		
12.7.2 Direccionamiento	738		
Direccionamiento de un dato analógico	738		
12.7.3 Codificación	740		
12.7.4 Especificaciones de los módulos analógicos	744		
12.7.5 Configuración y calibración de los módulos de entrada	745		
12.7.6 Diagramas de conexión	748		
Conexión de una salida	748		
Entrada no usada	751		
12.8 Ejemplos	758		
12.8.1 Primer ejemplo: Prueba del módulo analógico	758		
12.8.2 Ejemplo 2: Alarmas	759		
12.8.3 El concepto de escala	760		
Escala	761		
12.8.4 Control de velocidad de conveyor	766		
12.8.5 Control ON-OFF	768		
12.9 Control en lazo cerrado	771		
12.9.1 El control proporcional	772		
12.9.2 El control proporcional más integral	774		
12.9.3 El control proporcional + i ntegral + derivativo	777		
12.10 Control PID implementado con el S7-200	779		

BIBLIOGRAFÍA 791
