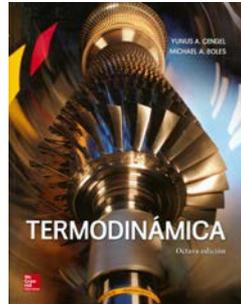
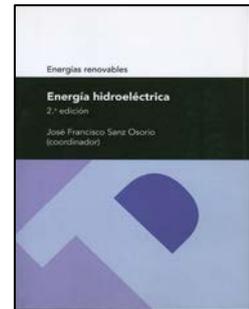


1. Cengel, Yunus A. Termodinámica. México, D.F.: Mc Graw-Hill Interamericana, D.L. 2015. 997p. ISBN 978-607-15-1281-9
Signatura: IB/536.7 CEN ter (8ª ed.)



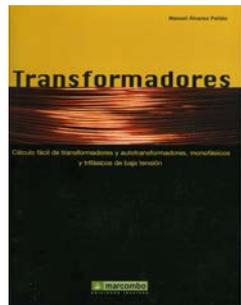
[Índice](#)

2. Carlos Almécija [y otros]. Energía hidroeléctrica. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2016. 396p. ISBN 978-84-16933-31-0
Signatura: IB/627.8 ENE rio



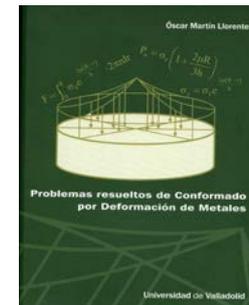
[Índice](#)

3. Álvarez Pulido, Manuel. Transformadores: cálculo fácil de transformadores y autotransformadores, monofásicos y trifásicos de baja tensión. Barcelona: Marcombo, 2009. 211p. ISBN 978-84-267-1551-7
Signatura: IB/621.31 ALV tra



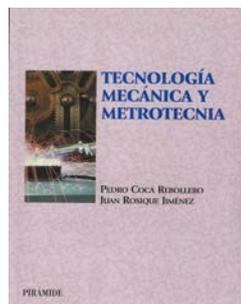
[Índice](#)

4. Martín Llorente, Óscar. Problemas resueltos de conformado por deformación de metales. Valladolid: Universidad de Valladolid, D.L. 2011. 106p. ISBN 978-84-8448-600-8.
Signatura: IB/669.01(076) MAR pro



[Índice](#)

5. Coca Rebollero, Pedro. Tecnología mecánica y metrotecnia. Madrid: Pirámide, D.L. 1996. ISBN 8436804635
Signatura: IB/621.7 COC tec



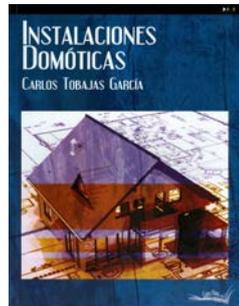
[Índice](#)

6. Tobajas García, Alberto. Infraestructuras comunes de telecomunicación en viviendas y edificios. Barcelona: Ceysa, 2011. 182p. ISBN 978-84-96960-63-3
Signatura: IB/696:681.5 TOB inf



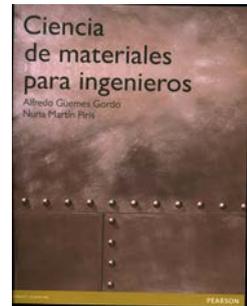
[Índice](#)

7. Tobajas García, Carlos. Instalaciones domóticas. Barcelona: Ceysa, 2011. 151 p. ISBN 978-84-96960-59-6
Signatura: IB/696:621.3 TOB ins



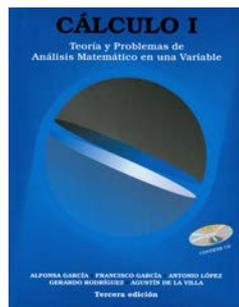
[Índice](#)

8. Ciencia de materiales para ingenieros. Madrid: Pearson Educación, D.L. 2012. 482 p. ISBN 978-84-8322-719-0
Signatura: IB/620.1 CIE ros



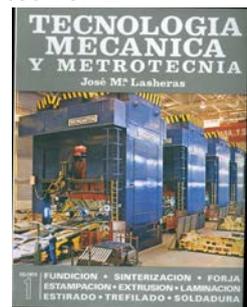
[Índice](#)

9. Cálculo I: teoría y problemas de análisis matemático de una variable. [Madrid]: Clagsa, 1993. 633 p.
Signatura: IB/517 CAL



[Índice](#)

10. Lasheras Esteban, José María. Tecnología mecánica y metrotecnica. San Sebastian: Editorial Donostiarra, 1987. 2 v.
Signatura: IB/621.7 LAS tec Vol. 1
Signatura: IB/621.7 LAS tec Vol. 2



[Índice](#)

Termodinámica

CONTENIDO

Prefacio xv

CAPÍTULO I

Introducción y conceptos básicos 1

- 1-1 **Termodinámica y energía 2**
Áreas de aplicación de la termodinámica 3
- 1-2 **Importancia de las dimensiones y unidades 3**
Algunas unidades SI e inglesas 6
Homogeneidad dimensional 8
Relaciones de conversión de unidades 9
- 1-3 **Sistemas y volúmenes de control 10**
- 1-4 **Propiedades de un sistema 12**
Continuo 12
- 1-5 **Densidad y densidad relativa 13**
- 1-6 **Estado y equilibrio 14**
Postulado de estado 14
- 1-7 **Procesos y ciclos 15**
Proceso de flujo estacionario 16
- 1-8 **Temperatura y ley cero de la termodinámica 17**
Escala de temperatura 17
Escala de temperatura internacional de 1990 (ITS-90) 20
- 1-9 **Presión 21**
Variación de la presión con la profundidad 23
- 1-10 **Dispositivos para la medición de la presión 26**
Barómetro 26
Manómetro 29
Otros dispositivos de medición de presión 32
- 1-11 **Técnica para resolver problemas 33**
Paso 1: enunciado del problema 34
Paso 2: esquema 34
Paso 3: suposiciones y aproximaciones 34
Paso 4: leyes físicas 34
Paso 5: propiedades 34
Paso 6: cálculos 34
Paso 7: razonamiento, comprobación y análisis 35
Paquetes de software de ingeniería 35
Programa para resolver ecuaciones de ingeniería (*Engineering Equation Solver*, EES) 36
Observación acerca de los dígitos significativos 38
Resumen 39
Referencias y lecturas recomendadas 40
Problemas 40

CAPÍTULO 2

Energía, transferencia de energía y análisis general de energía 51

- 2-1 **Introducción 52**
- 2-2 **Formas de energía 53**
Algunas consideraciones físicas de la energía interna 55
Más sobre energía nuclear 56
Energía mecánica 58
- 2-3 **Transferencia de energía por calor 60**
Antecedentes históricos sobre el calor 61
- 2-4 **Transferencia de energía por trabajo 62**
Trabajo eléctrico 65
- 2-5 **Formas mecánicas del trabajo 66**
Trabajo de flecha 66
Trabajo de resorte 67
Trabajo hecho sobre barras sólidas elásticas 67
Trabajo relacionado con el estiramiento de una película líquida 68
Trabajo hecho para elevar o acelerar un cuerpo 68
Formas no mecánicas del trabajo 69
- 2-6 **La primera ley de la termodinámica 70**
Balance de energía 71
Incremento de la energía de un sistema, $\Delta E_{\text{sistema}}$ 72
Mecanismos de transferencia de energía, E_{entrada} y E_{salida} 73
- 2-7 **Eficiencia en la conversión de energía 77**
Eficiencia de dispositivos mecánicos y eléctricos 81
- 2-8 **Energía y ambiente 85**
Ozono y smog 86
Lluvia ácida 87
Efecto invernadero: calentamiento global y cambio climático 88
Tema de interés especial:
Mecanismos de transferencia de calor 91
Resumen 96
Referencias y lecturas recomendadas 96
Problemas 97

CAPÍTULO 3

Propiedades de las sustancias puras 109

- 3-1 **Sustancia pura 110**
- 3-2 **Fases de una sustancia pura 110**

- 3-3 Procesos de cambio de fase en sustancias puras 111**
 Líquido comprimido y líquido saturado 112
 Vapor saturado y vapor sobrecalentado 112
 Temperatura de saturación y presión de saturación 113
 Algunas consecuencias de la dependencia de T_{sat} y P_{sat} 115
- 3-4 Diagramas de propiedades para procesos de cambio de fase 116**
 1 Diagrama T - v 116
 2 Diagrama P - v 118
 Ampliación de los diagramas para incluir la fase sólida 119
 3 Diagrama P - T 122
 Superficie P - v - T 123
- 3-5 Tablas de propiedades 124**
 Entalpía: una propiedad de combinación 124
 1a Estados de líquido saturado y de vapor saturado 125
 1b Mezcla saturada de líquido-vapor 127
 2 Vapor sobrecalentado 130
 3 Líquido comprimido 131
 Estado de referencia y valores de referencia 133
- 3-6 Ecuación de estado de gas ideal 135**
 ¿El vapor de agua es un gas ideal? 137
- 3-7 Factor de compresibilidad, una medida de la desviación del comportamiento de gas ideal 137**
- 3-8 Otras ecuaciones de estado 142**
 Ecuación de estado de Van der Waals 142
 Ecuación de estado de Beattie-Bridgeman 143
 Ecuación de estado de Benedict-Webb-Rubin 143
 Ecuación de estado virial 143
- Tema de interés especial:**
Presión de vapor y equilibrio de fases 147
 Resumen 151
 Referencias y lecturas recomendadas 152
 Problemas 152

CAPÍTULO 4

Análisis de energía de sistemas cerrados 163

- 4-1 Trabajo de frontera móvil 164**
 Proceso politrópico 169
- 4-2 Balance de energía para sistemas cerrados 171**
- 4-3 Calores específicos 176**
- 4-4 Energía interna, entalpía y calores específicos de gases ideales 178**
 Relaciones de calores específicos de gases ideales 180
- 4-5 Energía interna, entalpía y calores específicos de sólidos y líquidos 187**
 Cambios de energía interna 187
 Cambios de entalpía 187

Tema de interés especial:
Aspectos termodinámicos de los sistemas biológicos 191

- Resumen 198
 Referencias y lecturas recomendadas 199
 Problemas 199

CAPÍTULO 5

Análisis de masa y energía de volúmenes de control 215

- 5-1 Conservación de la masa 216**
 Flujos másico y volumétrico 216
 Principio de conservación de la masa 218
 Balance de masa para procesos de flujo estacionario 219
 Caso especial: flujo incompresible 220
- 5-2 Trabajo de flujo y energía de un fluido en movimiento 222**
 Energía total de un fluido en movimiento 223
 Energía transportada por la masa 224
- 5-3 Análisis de energía de sistemas de flujo estacionario 226**
- 5-4 Algunos dispositivos ingenieriles de flujo estacionario 229**
 1 Toberas y difusores 229
 2 Turbinas y compresores 232
 3 Válvulas de estrangulamiento 235
 4a Cámaras de mezclado 236
 4b Intercambiadores de calor 238
 5 Flujo en tuberías y ductos 240
- 5-5 Análisis de procesos de flujo no estacionario 242**
Tema de interés especial:
Ecuación general de energía 247
 Resumen 250
 Referencias y lecturas recomendadas 251
 Problemas 251

CAPÍTULO 6

La segunda ley de la termodinámica 275

- 6-1 Introducción a la segunda ley 276**
- 6-2 Depósitos de energía térmica 277**
- 6-3 Máquinas térmicas 278**
 Eficiencia térmica 279
 ¿Es posible ahorrar Q_{salida} ? 281
 La segunda ley de la termodinámica: enunciado de Kelvin-Planck 283
- 6-4 Refrigeradores y bombas de calor 283**
 Coeficiente de desempeño 284
 Bombas de calor 285

	Desempeño de refrigeradores, acondicionadores de aire y bombas de calor	286
	La segunda ley de la termodinámica: enunciado de Clausius	288
	Equivalencia de los dos enunciados	289
6-5	Máquinas de movimiento perpetuo	290
6-6	Procesos reversibles e irreversibles	292
	Irreversibilidades	293
	Procesos interna y externamente reversibles	294
6-7	El ciclo de Carnot	295
	Ciclo de Carnot inverso	297
6-8	Principios de Carnot	297
6-9	Escala termodinámica de temperatura	299
6-10	La máquina térmica de Carnot	301
	Calidad de la energía	303
	Cantidad contra calidad en la vida diaria	303
6-11	El refrigerador de Carnot y la bomba de calor	304
	<i>Tema de interés especial:</i>	
	Refrigeradores domésticos	307
	Resumen	311
	Referencias y lecturas recomendadas	312
	Problemas	312

CAPÍTULO 7

Entropía 329

7-1	Entropía	330
	Caso especial: procesos isotérmicos de transferencia de calor internamente reversibles	332
7-2	El principio del incremento de entropía	333
	Algunos comentarios sobre la entropía	335
7-3	Cambio de entropía de sustancias puras	337
7-4	Procesos isentrópicos	341
7-5	Diagramas de propiedades que involucran a la entropía	342
7-6	¿Qué es la entropía?	344
	La entropía y la generación de entropía en la vida diaria	346
7-7	Las relaciones $T ds$	348
7-8	Cambio de entropía de líquidos y sólidos	349
7-9	Cambio de entropía de gases ideales	352
	Calores específicos constantes (análisis aproximado)	353
	Calores específicos variables (análisis exacto)	354
	Procesos isentrópicos de gases ideales	356
	Calores específicos constantes (análisis aproximado)	356
	Calores específicos variables (análisis exacto)	357
	Presión relativa y volumen específico relativo	357

7-10	Trabajo reversible de flujo estacionario	360
	Demostración que los dispositivos de flujo estacionario entregan el máximo trabajo y consumen el mínimo cuando el proceso es reversible	363
7-11	Minimización del trabajo del compresor	364
	Compresión en etapas múltiples con interenfriamiento	365
7-12	Eficiencias isentrópicas de dispositivos de flujo estacionario	368
	Eficiencia isentrópica de turbinas	369
	Eficiencias isentrópicas de compresores y bombas	371
	Eficiencia isentrópica de toberas	373
7-13	Balance de entropía	375
	Cambio de entropía de un sistema, $\Delta S_{\text{sistema}}$	376
	Mecanismos de transferencia de entropía, S_{entrada} y S_{salida}	376
	1 Transferencia de calor	376
	2 Flujo másico	377
	Generación de entropía, S_{gen}	378
	Sistemas cerrados	379
	Volúmenes de control	379
	Generación de entropía asociada con un proceso de transferencia de calor	386
	<i>Tema de interés especial:</i>	
	Reducción del costo del aire comprimido	388
	Resumen	398
	Referencias y lecturas recomendadas	399
	Problemas	400

CAPÍTULO 8

Exergía: una medida del potencial de trabajo 423

8-1	Exergía: potencial de trabajo de la energía	424
	Exergía (potencial de trabajo) asociada con la energía cinética y potencial	425
8-2	Trabajo reversible e irreversibilidad	427
8-3	Eficiencia según la segunda ley, η_{II}	432
8-4	Cambio de exergía de un sistema	435
	Exergía de una masa fija: exergía sin flujo (o de sistema cerrado)	435
	Exergía de una corriente de flujo: exergía de flujo (o corriente)	438
8-5	Transferencia de exergía por calor, trabajo y masa	441
	Transferencia de exergía por calor, Q	441
	Transferencia de exergía por trabajo, W	442
	Transferencia de exergía por masa, m	443
8-6	Principio de disminución de exergía y destrucción de exergía	443
	Destrucción de exergía	444
8-7	Balance de exergía: sistemas cerrados	445

- 8-8 Balance de exergía: volúmenes de control 456**
 Balance de exergía para sistemas de flujo estacionario 457
 Trabajo reversible, W_{rev} 458
 Eficiencia según la segunda ley para dispositivos de flujo estacionario, η_{II} 458
- Tema de interés especial: Aspectos cotidianos de la segunda ley 464**
 Resumen 469
 Referencias y lecturas recomendadas 470
 Problemas 470

CAPÍTULO 9

Ciclos de potencia de gas 487

- 9-1 Consideraciones básicas para el análisis de los ciclos de potencia 488**
- 9-2 El ciclo de Carnot y su valor en ingeniería 490**
- 9-3 Suposiciones de aire estándar 492**
- 9-4 Breve panorama de las máquinas recíprocas 493**
- 9-5 Ciclo de Otto: el ciclo ideal para las máquinas de encendido por chispa 494**
- 9-6 Ciclo Diesel: el ciclo ideal para las máquinas de encendido por compresión 501**
- 9-7 Ciclos Stirling y Ericsson 504**
- 9-8 Ciclo Brayton: el ciclo ideal para los motores de turbina de gas 508**
 Desarrollo de las turbinas de gas 511
 Desviación de los ciclos reales de turbina de gas en comparación con los idealizados 514
- 9-9 Ciclo Brayton con regeneración 516**
- 9-10 Ciclo Brayton con interenfriamiento, recalentamiento y regeneración 518**
- 9-11 Ciclos ideales de propulsión por reacción 522**
 Modificaciones para motores de turboreactor 526
- 9-12 Análisis de ciclos de potencia de gas con base en la segunda ley 528**
Tema de interés especial: Ahorro de combustible y dinero al manejar con sensatez 531
 Resumen 538
 Referencias y lecturas recomendadas 540
 Problemas* 540

CAPÍTULO 10

Ciclos de potencia de vapor y combinados 555

- 10-1 El ciclo de vapor de Carnot 556**
- 10-2 Ciclo Rankine: el ciclo ideal para los ciclos de potencia de vapor 557**
 Análisis de energía del ciclo Rankine ideal 558
- 10-3 Desviación de los ciclos de potencia de vapor reales respecto de los idealizados 561**
- 10-4 ¿Cómo incrementar la eficiencia del ciclo Rankine? 564**
 Reducción de la presión del condensador (*reducción de $T_{\text{baja, prom}}$*) 564
 Sobrecalentamiento del vapor a altas temperaturas (*incremento de $T_{\text{alta, prom}}$*) 565
 Incremento de la presión de la caldera (*incremento de $T_{\text{alta, prom}}$*) 565
- 10-5 El ciclo Rankine ideal con recalentamiento 568**
- 10-6 El ciclo Rankine ideal regenerativo 572**
 Calentadores abiertos de agua de alimentación 572
 Calentadores cerrados de agua de alimentación 574
- 10-7 Análisis de ciclos de potencia de vapor con base en la segunda ley 580**
- 10-8 Cogeneración 583**
- 10-9 Ciclos de potencia combinados de gas y vapor 587**
Tema de interés especial: Ciclos binarios de vapor 590
 Resumen 593
 Referencias y lecturas recomendadas 593
 Problemas 594

CAPÍTULO 11

Ciclos de refrigeración 609

- 11-1 Refrigeradores y bombas de calor 610**
- 11-2 El ciclo invertido de Carnot 611**
- 11-3 El ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor 612**
- 11-4 Ciclo real de refrigeración por compresión de vapor 616**
- 11-5 Análisis de la segunda ley del ciclo de refrigeración por compresión de vapor 618**
- 11-6 Selección del refrigerante adecuado 623**
- 11-7 Sistemas de bombas de calor 625**

- 11-8 Sistemas innovadores de refrigeración por compresión de vapor 627**
Sistemas de refrigeración en cascada 627
Sistemas de refrigeración por compresión de múltiples etapas 630
Sistemas de refrigeración de propósito múltiple con un solo compresor 632
Licuefacción de gases 633
- 11-9 Ciclos de refrigeración de gas 635**
- 11-10 Sistemas de refrigeración por absorción 638**
Tema de interés especial:
Sistemas termoeléctricos de generación de potencia y de refrigeración 641
Resumen 643
Referencias y lecturas recomendadas 644
Problemas 644

CAPÍTULO 12

Relaciones de propiedades termodinámicas 659

- 12-1 Un poco de matemáticas: derivadas parciales y relaciones asociadas 660**
Diferenciales parciales 661
Relaciones de derivadas parciales 663
- 12-2 Relaciones de Maxwell 664**
- 12-3 La ecuación de Clapeyron 666**
- 12-4 Relaciones generales para du, dh, ds, c_v y c_p 669**
Cambios en la energía interna 669
Cambios de entalpía 670
Cambios de entropía 671
Calores específicos c_v y c_p 672
- 12-5 El coeficiente de Joule-Thomson 676**
- 12-6 Las $\Delta h, \Delta u$ y Δs de gases reales 677**
Cambios en la entalpía de gases reales 678
Cambios de energía interna de gases ideales 679
Cambios de entropía de gases reales 679
Resumen 682
Referencias y lecturas recomendadas 683
Problemas 683

CAPÍTULO 13

Mezcla de gases 691

- 13-1 Composición de una mezcla de gases: fracciones molares y de masa 692**
- 13-2 Comportamiento P - v - T de mezclas de gases: gases ideales y reales 694**
Mezclas de gases ideales 695
Mezclas de gases reales 695

- 13-3 Propiedades de mezclas de gases: gases ideales y reales 699**
Mezclas de gases ideales 700
Mezclas de gases reales 703
Tema de interés especial:
Potencial químico y el trabajo de separación de mezclas 707
Resumen 718
Referencias y lecturas recomendadas 719
Problemas 719

CAPÍTULO 14

Mezclas de gas-vapor y acondicionamiento de aire 727

- 14-1 Aire seco y aire atmosférico 728**
- 14-2 Humedad específica y relativa del aire 729**
- 14-3 Temperatura de punto de rocío 731**
- 14-4 Temperaturas de saturación adiabática y de bulbo húmedo 733**
- 14-5 La carta psicrométrica 736**
- 14-6 Comodidad humana y acondicionamiento de aire 737**
- 14-7 Procesos de acondicionamiento de aire 739**
Calentamiento y enfriamiento simples ($\omega = \text{constante}$) 740
Calentamiento con humidificación 741
Enfriamiento con deshumidificación 742
Enfriamiento evaporativo 744
Mezclado adiabático de flujos de aire 745
Torres de enfriamiento húmedo 747
Resumen 749
Referencias y lecturas recomendadas 751
Problemas 751

CAPÍTULO 15

Reacciones químicas 761

- 15-1 Combustibles y combustión 762**
- 15-2 Procesos de combustión teórica y real 766**
- 15-3 Entalpía de formación y entalpía de combustión 772**
- 15-4 Análisis de sistemas reactivos con base en la primera ley 775**
Sistemas de flujo estacionario 776
Sistemas cerrados 777
- 15-5 Temperatura de flama adiabática 780**

- 15-6 Cambio de entropía de sistemas reactivos 783**
- 15-7 Análisis de sistemas reactivos con base en la segunda ley 785**
Tema de interés especial:
Celdas de combustible 790
Resumen 792
Referencias y lecturas recomendadas 793
Problemas 793

CAPÍTULO 16

Equilibrio químico y de fase 805

- 16-1 Criterio para el equilibrio químico 806**
- 16-2 La constante de equilibrio para mezclas de gases ideales 808**
- 16-3 Algunas observaciones respecto a la K_p de las mezclas de gases ideales 812**
- 16-4 Equilibrio químico para reacciones simultáneas 816**
- 16-5 Variación de K_p con la temperatura 818**
- 16-6 Equilibrio de fase 820**
Equilibrio de fase para un sistema de un solo componente 820
La regla de fases 821
Equilibrio de fases para un sistema multicomponente 822
Resumen 827
Referencias y lecturas recomendadas 828
Problemas 829

CAPÍTULO 17

Flujo compresible 837

- 17-1 Propiedades de estancamiento 838**
- 17-2 Velocidad del sonido y número de Mach 841**
- 17-3 Flujo isentrópico unidimensional 843**
Variación de la velocidad del fluido con el área de flujo 846
Relaciones de propiedades para el flujo isentrópico de gases ideales 848
- 17-4 Flujo isentrópico a través de toberas aceleradoras 850**
Toberas convergentes 850
Toberas convergentes-divergentes 855

17-5 Ondas de choque y ondas de expansión 859

- Choques normales 859
Choques oblicuos 866
Ondas expansivas de Prandtl-Meyer 870

17-6 Flujo en un ducto con transferencia de calor, de fricción insignificante (flujo de Rayleigh) 874

- Relaciones de propiedades para flujos de Rayleigh 880
Flujo de Rayleigh ahogado 881

17-7 Toberas de vapor de agua 883

- Resumen 886
Referencias y lecturas recomendadas 887
Problemas 888

CAPÍTULO 18 (CAPÍTULO EN WEB) disponible en www.mhhe.com/cengel/termo8e

Energía renovable

18-1 Introducción

18-2 Energía solar

- Radiación solar
Captador solar de placa plana
Captador solar concentrador
Captador de energía solar concentrador lineal
Centrales solares de torre
Estanque solar
Celdas fotovoltaicas
Aplicaciones solares pasivas
Ganancia de calor solar a través de las ventanas

18-3 Energía eólica

- Tipos de turbinas eólicas y curva de rendimiento energético
Potencial de energía eólica
Densidad de energía eólica
Eficiencia de turbina eólica
Límite de Betz para la eficiencia de turbina eólica

18-4 Energía hidráulica

- Análisis de una planta de energía hidroeléctrica
Tipos de turbinas

18-5 Energía geotérmica

- Producción de energía geotérmica

18-6 Energía de biomasa

- Recursos de biomasa
Conversión de la biomasa en biocombustible
Productos de biomasa
Producción de electricidad y calor por medio de biomasa
Deshechos sólidos municipales
Resumen
Referencias y lecturas sugeridas
Problemas

APÉNDICE I

Tablas de propiedades, figuras y diagramas (unidades SI) 897

Tabla A-1	Masa molar, constante de gas y propiedades del punto crítico 898
Tabla A-2	Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes 899
Tabla A-3	Propiedades de líquidos, sólidos y alimentos comunes 902
Tabla A-4	Agua saturada. Tabla de temperaturas 904
Tabla A-5	Agua saturada. Tabla de presiones 906
Tabla A-6	Vapor de agua sobrecalentado 908
Tabla A-7	Agua líquida comprimida 912
Tabla A-8	Hielo saturado. Vapor de agua 913
Figura A-9	Diagrama $T-s$ para el agua 914
Figura A-10	Diagrama de Mollier para el agua 915
Tabla A-11	Refrigerante 134a saturado. Tabla de temperatura 916
Tabla A-12	Refrigerante 134a saturado. Tabla de presión 918
Tabla A-13	Refrigerante 134a sobrecalentado 919
Figura A-14	Diagrama $P-h$ para el refrigerante 134a 921
Figura A-15	Carta generalizada de compresibilidad de Nelson-Obert 922
Tabla A-16	Propiedades de la atmósfera a gran altitud 923
Tabla A-17	Propiedades de gas ideal del aire 924
Tabla A-18	Propiedades de gas ideal del nitrógeno, N_2 926
Tabla A-19	Propiedades de gas ideal del oxígeno, O_2 928
Tabla A-20	Propiedades de gas ideal del dióxido de carbono, CO_2 930
Tabla A-21	Propiedades de gas ideal del monóxido de carbono, CO 932
Tabla A-22	Propiedades de gas ideal del hidrógeno, H_2 934

Tabla A-23	Propiedades de gas ideal del vapor de agua, H_2O 935
Tabla A-24	Propiedades de gas ideal del oxígeno monoatómico, O 937
Tabla A-25	Propiedades de gas ideal del hidroxilo, OH 937
Tabla A-26	Entalpía de formación, función de Gibbs de formación y entropía absoluta a $25^\circ C$, 1 atm 938
Tabla A-27	Propiedades de algunos combustibles e hidrocarburos comunes 939
Tabla A-28	Logaritmos naturales de la constante de equilibrio K_p 940
Figura A-29	Carta generalizada de desviación de entalpía 941
Figura A-30	Carta generalizada de desviación de entropía 942
Figura A-31	Carta psicrométrica a 1 atm de presión total 943
Tabla A-32	Funciones de flujo compresible unidimensional e isentrópico de un gas ideal con $k = 1.4$ 944
Tabla A-33	Funciones de choque normal unidimensional de un gas ideal con $k = 1.4$ 945
Tabla A-34	Funciones del flujo de Rayleigh para un gas ideal con $k = 1.4$ 946

APÉNDICE 2

Tablas de propiedades, figuras y diagramas (unidades inglesas) 947

Tabla A-1E	Masa molar, constante de gas y propiedades del punto crítico 948
Tabla A-2E	Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes 949
Tabla A-3E	Propiedades de líquidos, sólidos y alimentos comunes 952
Tabla A-4E	Agua saturada. Tabla de temperaturas 954
Tabla A-5E	Agua saturada. Tabla de presiones 956

Tabla A-6E	Vapor de agua sobrecalentado	958	Tabla A-19E	Propiedades de gas ideal del oxígeno, O ₂	976
Tabla A-7E	Agua líquida comprimida	962	Tabla A-20E	Propiedades de gas ideal del dióxido de carbono, CO ₂	978
Tabla A-8E	Hielo saturado. Vapor de agua	963	Tabla A-21E	Propiedades de gas ideal del monóxido de carbono, CO	980
Figura A-9E	Diagrama <i>T-s</i> para el agua	964	Tabla A-22E	Propiedades de gas ideal del hidrógeno, H ₂	982
Figura A-10E	Diagrama de Mollier para el agua	965	Tabla A-23E	Propiedades de gas ideal del vapor de agua, H ₂ O	983
Tabla A-11E	Refrigerante 134a saturado. Tabla de temperatura	966	Tabla A-26E	Entalpía de formación, función de Gibbs de formación y entropía absoluta a 77°C 1 atm	985
Tabla A-12E	Refrigerante 134a saturado. Tabla de presión	967	Tabla A-27E	Propiedades de algunos combustibles e hidrocarburos comunes	986
Tabla A-13E	Refrigerante 134a sobrecalentado	968	Figura A-31E	Gráfica psicrométrica a 1 atm de presión total	987
Figura A-14E	Diagrama <i>P-h</i> para el refrigerante 134a	970	Índice analítico	989	
Tabla A-16E	Propiedades de la atmósfera a gran altitud	971			
Tabla A-17E	Propiedades de gas ideal del aire	972			
Tabla A-18E	Propiedades de gas ideal del nitrógeno, N ₂	974			

Energía hidroeléctrica

Índice

Presentación. Las energías renovables y tu compromiso con el futuro	7
Prólogo	9
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Perspectiva de la energía hidroeléctrica	13
1.2. La energía hidroeléctrica en el mundo	15
1.3. La energía hidroeléctrica en la Unión Europea	16
1.4. La energía hidroeléctrica en España	19
2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN	
DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	23
2.1. Definición de central hidroeléctrica	23
2.2. Clasificación de las centrales hidroeléctricas	24
2.2.1. Clasificación administrativa	24
2.2.2. Clasificación técnica	25
3. ASPECTOS BÁSICOS DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	37
3.0. Introducción	37
3.1. Potencia instalada P_{inst}	37
3.2. Energía producida y horas equivalentes h_e	38
3.3. Altura del salto de agua H	42
3.3.1. Métodos de medida del salto	44
3.4. Caudal Q	45
3.4.1. Definición del caudal	45
3.4.2. Métodos de medida del caudal disponible	49
3.5. Cálculo de la energía anual en función de Q_e	57
3.5.1. Cálculo de la curva de caudales medios clasificados	57
3.5.2. Determinación del salto neto H_n	59
3.5.3. Cálculo de la potencia media diaria	60
3.5.4. Cálculo de la energía	65

4. ANÁLISIS ECONÓMICO	69
4.0. Introducción	69
4.1. Ingresos anuales en función de Q_e	70
4.1.1. Participar en el mercado de producción energética	71
4.1.2. Contratos bilaterales de suministro	72
4.1.3. Autoconsumo	72
4.2. Coste de explotación aproximado en función de Q_e	72
4.3. Coste aproximado de instalación en función de Q_e	74
4.3.1. Coste total de la instalación en función de potencia y salto	75
4.3.2. Costes de cada elemento en función de curvas o tablas	76
4.3.3. Costes en función de ecuaciones empíricas	77
4.3.4. Coste total de la instalación	78
4.3.5. Distribución porcentual del coste de una instalación	78
4.4. VAN y TIR en función de Q_e	79
4.4.1. Resultado del VAN	79
4.4.2. Resultado del TIR	80
4.5. Selección del caudal de máximo rendimiento económico	81
4.6. Análisis de sensibilidad	82
5. ELEMENTOS DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS:	
OBRA CIVIL	85
5.0. Introducción	85
5.1. Elementos de retención y almacenaje de agua	86
5.1.1. Embalse y presa	86
5.1.2. Azud	90
5.2. Elementos de evacuación controlada de caudales	92
5.2.1. Desagües	92
5.2.2. Aliviaderos	93
5.3. Elementos de conducción del agua	97
5.3.1. Obra de toma	97
5.3.2. Canal de derivación	100
5.3.3. Cámara de carga	106
5.3.4. Tubería forzada	108
5.3.5. El golpe de ariete	113
5.3.6. Chimenea de equilibrio	118
5.3.7. Cámara de turbinas	120

5.3.8. Tubo de aspiración	124
5.3.9. Canal de restitución	125
5.3.10. Edificio de la central	125
6. ELEMENTOS DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS:	
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO	131
6.0. Introducción	131
6.1. Rejas y limpiarrejas	131
6.1.1. Rejas	131
6.1.2. Limpiarrejas	133
6.2. Elementos de apertura y cierre del paso de agua	134
6.2.1. Compuertas	134
6.2.2. Válvulas	139
6.2.3. Ataguías	142
6.3. Equipamiento hidráulico: turbinas	143
6.3.1. Introducción	143
6.3.2. Clasificación de las turbinas hidráulicas	144
6.3.3. Turbinas Pelton	145
6.3.4. Turbinas Francis	150
6.3.5. Turbinas Kaplan	161
6.3.6. Selección de las turbinas	170
6.4. Equipamiento hidráulico: multiplicador	180
6.5. Equipo eléctrico de potencia	181
6.5.1. Generador	182
6.5.2. Transformador de potencia	186
6.5.3. Interruptores	188
6.5.4. Seccionadores	190
6.5.5. Elementos de control	191
6.5.6. Elementos de protección	194
6.5.7. Servicios auxiliares de las centrales hidroeléctricas	200
7. PÉRDIDAS EN CONDUCCIONES	217
7.0. Introducción	217
7.1. Propiedades de un fluido	217
7.1.1. Densidad	217
7.1.2. Viscosidad	218
7.2. Caracterización del flujo	219
7.2.1. La capa límite	219
7.2.2. Tipos de régimen	221

7.3. Pérdidas de carga en conductos cerrados	224
7.3.1. Régimen laminar y turbulento en conductos cerrados	224
7.3.2. Ecuación general de pérdidas de carga	227
7.3.3. Rugosidad y tipos de régimen	231
7.3.4. Pérdidas longitudinales	232
7.3.5. Pérdidas singulares	240
7.4. Pérdidas en canales	258
7.4.1. Proceso de flujo en canales	258
7.4.2. Pérdidas en altura para la conducción	260
7.4.3. Cálculo de la fórmula de Chézy-Manning	262
7.4.4. Cálculo de la sección	265
7.4.5. Pérdidas en elementos particulares de canales	266
7.5. Método de cálculo conjunto	270
8. REGULACIÓN Y CONTROL DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS..	273
8.0. Introducción	273
8.1. Regulación de la tensión de generación	276
8.1.1. Generador asíncrono	278
8.2. Regulador de velocidad de la turbina	280
8.3. Respuesta dinámica de una central hidroeléctrica	286
8.3.1. Regulador de velocidad	286
8.3.2. Conjunto turbina-conducciones	288
8.3.3. Lazo de regulación primaria	290
8.3.4. Estabilidad dinámica	290
8.4. Acoplamiento de generadores a la red	291
8.4.1. Sincronización de un alternador a la red	291
8.4.2. Acoplamiento a la red de generadores asíncronos	294
8.5. Área de control. Regulación secundaria	295
9. FUNCIONAMIENTO DE UNA MINICENTRAL	297
9.0. Introducción	297
9.1. Automatización de una central hidroeléctrica	301
9.1.1. Jerarquía	301
9.1.2. Actuadores y captadores de los elementos de una central hidroeléctrica	302
9.1.3. Funciones del automatismo de la central	305
9.2. Modos de funcionamiento de la central	306
9.2.1. Selector automático/manual	306
9.2.2. Selector fuera de servicio / paso a paso / local / remoto	307

9.3. Secuencias de funcionamiento	308
9.3.1. Secuencia de funcionamiento de una minicentral hidroeléctrica con generador asíncrono	308
9.3.2. Secuencia de funcionamiento de una minicentral hidroeléctrica con generador síncrono	318
10. MANTENIMIENTO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS	323
10.0. Introducción	323
10.1. Equipo mecánico-hidráulico	324
10.1.1. Cámara de carga	324
10.1.2. Reja	325
10.1.3. Tubería forzada	325
10.1.4. Válvula de mariposa	325
10.1.5. Distribuidor de la turbina	325
10.1.6. Rodete de la turbina	326
10.2. Hidráulica de mando y servicios (sistema oleohidráulico)	327
10.3. Neumática	328
10.4. Multiplicador	328
10.5. Circuito hidráulico (circuitos de agua de refrigeración)	329
10.6. Equipos mecánicos auxiliares	329
10.6.1. Bombas	329
10.6.2. Motores	329
10.7. Mantenimiento eléctrico	329
10.7.1. Celdas de media tensión	329
10.7.2. Transformadores de potencia	330
10.7.3. Generador	332
10.7.4. Varios	333
10.8. Mantenimiento electrónico e informático	335
10.8.1. Equipos de regulación y mando	335
10.8.2. Electrónica de potencia	335
10.9. Mantenimiento general	336
10.10. Inspección trianual de acuerdo con la revisión de industria	337
10.10.1. Protecciones eléctricas	337
10.10.2. Transformadores de potencia	337
10.10.3. Disyuntores	337
10.10.4. Seccionadores	339
10.10.5. Seguridad	339
10.11. Anexo al mantenimiento eléctrico en alta tensión	339
10.11.1. Descarga en alta tensión	339
10.11.2. Medición de resistencia de aislamiento	340

11. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL Y ASPECTOS LEGALES	343
11.1. Impacto medioambiental.....	343
11.2. Aspectos legales	344
11.2.1 Introducción	344
11.2.2. Concesiones y normativa	347
11.3. Anexos	370
11.3.1. Real Decreto 916/1985, de 25 de mayo	370
11.3.2. Real Decreto 849/1986, de 11 de abril	377
11.3.3. Real Decreto 249/1988, de 18 de marzo	385
Bibliografía	389

Transformadores

Índice general

Prólogo	xvii
Introducción	xix
Capítulo 1	
Generalidades	1
1.1 ¿Qué es y para que sirve un transformador?	1
1.2 Constitución	2
1.3 Circuito eléctrico	2
1.4 Circuito magnético	3
1.5 Simbología	4
1.6 Flujo de dispersión	4
1.7 Densidad de corriente	5
Capítulo 2	
Funcionamiento	9
Capítulo 3	
Chapas magnéticas	17
1.1 A tope	18
1.2 A solape	19
Capítulo 4	
Carretes de plástico	25
1.1 Devanados consecutivos	28
1.2 Devanados alternos	29
Capítulo 5	
Cálculo de transformador monofásico	31
1. Método de tablas	31
1.1 Potencia del transformador	31
1.2 Sección del núcleo	32

Transformadores

1.3	Elección de la chapa magnética	33
1.4	Número de espiras del devanado primario	34
1.5	Número de espiras del devanado secundario	35
1.6	Diámetro del hilo del devanado secundario	35
1.7	Diámetro del hilo del devanado primario	36
	Resumen	36

Capítulo 6

Cálculo práctico de un transformador monofásico 39

1. Método de tablas **39**

1.1	Potencia del transformador	39
1.2	Sección del núcleo	40
1.3	Elección de la chapa magnética	40
1.4	Número de espiras del devanado primario	41
1.5	Número de espiras del devanado secundario	41
1.6	Diámetro del hilo del devanado secundario	42
1.7	Diámetro del hilo del devanado primario	42
1.8	Resumen de los datos calculados	43
1.9	Ajustes de los hilos calculados	43

Capítulo 7

Cálculo de transformadores monofásico **47**

1. Método analítico **47**

1.1	Datos	47
1.2	Espiras/ Voltios	47
1.3	Número de espiras del devanado primario	48
1.4	Número de espiras del devanado secundario	48
1.5	Sección del núcleo	48
1.6	Elección de la chapa magnética	48
1.7	Intensidad del devanado primario	49
1.8	Intensidad del devanado secundario	49
1.9	Sección del hilo del devanado primario	49
1.10	Sección del hilo del devanado secundario	49
1.11	Diámetro del hilo del devanado primario	49
1.12	Diámetro del hilo del devanado secundario	50
	Resumen	50

Capítulo 8

Cálculo práctico de transformador monofásico **51**

1.1	Datos	51
1.2	Espiras/ Voltios	51
1.3	Número de espiras del devanado primario	51
1.4	Número de espiras del devanado secundario	51
1.5	Sección del núcleo	52
1.6	Elección de la chapa magnética	52
1.7	Intensidad del devanado primario	53
1.8	Intensidad del devanado secundario	53
1.9	Sección del hilo del devanado primario	53
1.10	Sección del hilo del devanado secundario	53
1.11	Diámetro del hilo del devanado primario	53
1.12	Diámetro del hilo del devanado secundario	53
	Resumen	54

Capítulo 9

Transformadores con devanados múltiples		55
1.1	Devanados múltiples en circuito primario	55
1.2	Devanados múltiples en circuito secundario	56
1.3	Transformadores con devanados múltiples en el circuito primario y secundario	57
1.4	Sustitución de un transformador con devanados múltiples	57
1.5	Sustitución de un transformador con devanados múltiples y cero común	58
1.6	Cálculo de de transformadores con devanados múltiples	59
1.7	Conexión de los devanados secundarios	60

Capítulo 10

Modificación de las características de un transformador	63
--	-----------

Capítulo 11

Acoplamiento en paralelo de transformadores monofásicos		67
1. Tipos de bobinados		67
1.1	Bobinado a derecha	67
1.2	Bobinado a izquierda	68
2. Terminales homólogos		69

Capítulo 12

Transformadores de intensidad	71
--	-----------

Transformadores

1. ¿Qué son y para qué se utilizan?	71
2. Símbolo	72
3. Modificación de transformadores de intensidad	72
3.1 Modificando el bobinado primario	74
3.2 Modificando el bobinado secundario	76
4. Contrastación de un transformador de intensidad modificado .	76
5. Transformador de intensidad con núcleo partido	79

Capítulo 13

Transformadores utilizados en soldadura al arco	81
1. Particularidades de los transformadores utilizados en equipos de soldadura al arco	81
2. Equipo de soldadura por flujo de dispersión	82
3. Equipo de soldadura con regulación por conmutador	84
4. Equipo de soldadura trifásica por flujo de dispersión	85
5. Equipo de soldadura con regulación electrónica	88
5.1 Transformador de soldadura	89
5.2 Conmutador de tensión	89
5.3 Triac	90
5.4 Circuito de disparo	90

Capítulo 14

Sustitución de hilo de aluminio por cobre	91
--	-----------

Capítulo 15

Cálculo de un transformador de alta intensidad	93
1.1 Datos	93
1.2 Espiras/Voltios	94
1.3 Número de espiras del devanado primario	94
1.4 Número de espiras del devanado secundario	94
1.5 Sección del núcleo	94
1.6 Intensidad del devanado primario	94
1.7 Intensidad del devanado secundario	94
1.8 Sección del hilo del devanado primario	95
1.9 Sección del hilo del devanado secundario	95
1.10 Diámetro del hilo del devanado primario	95
1.11 Diámetro del hilo del devanado secundario	95
1.12 Elección de la chapa magnética	95

Capítulo 16

Transformadores trifásicos	103
1. Cálculo de transformadores III	103
1.1 Sección de cada núcleo	104
1.2 Flujo magnético	104
1.3 Potencia del bobinado primario	104
1.4 Intensidad del bobinado primario	105
1.5 Intensidad del bobinado secundario	105
1.6 Potencia perdida en el transformador	105
1.7 Resistencia Óhmica de la bobina del bobinado primario	105
1.8 Resistencia Óhmica de la bobina del bobinado secundario	105
1.9 Tensión de fase primaria en triángulo	105
1.10 Tensión de fase secundaria en estrella	105
1.11 Número de espiras del bobinado primario	105
1.12 Número de espiras del bobinado secundario	105
1.13 Sección del hilo del bobinado primario	106
1.14 Diámetro del devanado primario	107
1.15 Sección del hilo del bobinado secundario	107
1.16 Diámetro del devanado secundario	107
1.17 Ajustar los hilos a las medidas del carrete	107

Capítulo 17

Cálculo práctico de un transformador trifásico	111
1.1 Sección de cada núcleo	111
1.2 Flujo magnético	111
1.3 Potencia del bobinado primario	111
1.4 Intensidad del bobinado primario	112
1.5 Intensidad del bobinado secundario	112
1.6 Potencia perdida en el transformador	112
1.7 Resistencia Óhmica de la bobina del bobinado primario	112
1.8 Resistencia Óhmica de la bobina del bobinado secundario	112
1.9 Tensión de fase primaria en triángulo	112
1.10 Tensión de fase secundaria en estrella	112
1.11 Número de espiras del bobinado primario	112
1.12 Número de espiras del bobinado secundario	112
1.13 Sección del hilo del bobinado primario	112
1.14 Diámetro del devanado primario	113
1.15 Sección del hilo del bobinado secundario	113
1.16 Diámetro del devanado secundario	113
1.17 Ajustar los hilos a las medidas del carrete	113

Transformadores

Capítulo 18

Conexiones normalizadas de los transformadores trifásicos	117
1.1 Grupo A	117
1.2 Grupo B	117
1.3 Grupo C	118
1.4 Grupo D	119

Capítulo 19

Sustitución de un transformador trifásico por tres monofásicos	121
---	------------

Capítulo 20

Autotransformadores monofásicos	125
1. Generalidades	125
2. Ventajas e inconvenientes	126
3. Autotransformador reductor	127
4. Autotransformador elevador	128

Capítulo 21

Cálculo de autotransformadores monofásicos	129
1. Proceso de cálculo	129
1.1 Datos	129
1.2 Incremento de la tensión secundaria	129
1.3 Relación de transformación	130
1.4 Espiras por voltio	130
1.5 Espiras totales	130
1.6 Espiras en el circuito secundario	130
1.7 Espiras en el circuito primario	130
1.8 Sección del núcleo	131
1.9 Intensidad del circuito secundario	131
1.10 Intensidad del circuito primario	131
1.11 Intensidad de paso	131
1.12 Sección del hilo del devanado primario	132
1.13 Sección del devanado primario	132
1.14 Diámetro del devanado primario	132
1.15 Diámetro del devanado secundario	132

Capítulo 22

Cálculo práctico de autotransformador monofásico reductor

	133
1. Proceso de cálculo	133
1.1 Datos	133
1.2 Incremento de la tensión secundaria	133
1.3 Relación de transformación	134
1.4 Espiras por voltio	134
1.5 Espiras totales	134
1.6 Espiras en el circuito secundario	134
1.7 Espiras en el circuito primario	134
1.8 Sección del núcleo	134
1.9 Intensidad del circuito secundario	135
1.10 Intensidad del circuito primario	135
1.11 Intensidad de paso	135
1.12 Sección del hilo del devanado primario	135
1.13 Sección del devanado primario	135
1.14 Diámetro del devanado primario	135
1.15 Diámetro del devanado secundario	135
Resumen de los datos calculados	135

Capítulo 23

Cálculo práctico de un autotransformador elevador

	139
1. Proceso de cálculo	139
1.1 Datos	139
1.2 Incremento de la tensión secundaria	139
1.3 Relación de transformación	140
1.4 Espiras por voltio	140
1.5 Espiras totales	140
1.6 Espiras en el circuito secundario	140
1.7 Espiras en el circuito primario	140
1.8 Sección del núcleo	140
1.9 Intensidad del circuito secundario	140
1.10 Intensidad del circuito primario	140
1.11 Intensidad de paso	141
1.12 Sección del hilo del devanado primario	141
1.13 Sección del devanado primario	141
1.14 Diámetro del devanado primario	141
1.15 Diámetro del devanado secundario	141
Resumen de los datos calculados	142

Capítulo 24

Cálculo de autotransformadores trifásicos 143

1. Proceso de cálculo 143

1.1	Datos	143
1.2	Incremento de la tensión secundaria	143
1.3	Relación de transformación	144
1.4	Espiras por voltio	144
1.5	Espiras totales	144
1.6	Espiras del circuito secundario	144
1.7	Espiras del circuito primario	144
1.8	Sección del núcleo	144
1.9	Intensidad del circuito secundario	144
1.10	Intensidad del circuito primario	144
1.11	Intensidad de paso	144
1.12	Sección del devanado primario	144
1.13	Sección del devanado secundario	144
1.14	Diámetro del devanado primario	145
1.15	Diámetro del devanado secundario	145

Capítulo 25

Cálculo práctico de un autotransformador trifásico . . . 147

1. Proceso de cálculo 147

1.1	Datos	147
1.2	Incremento de la tensión secundaria	147
1.3	Relación de transformación	147
1.4	Espiras por voltio	147
1.5	Espiras totales	147
1.6	Espiras del circuito secundario	147
1.7	Espiras del circuito primario	148
1.8	Sección del núcleo	148
1.9	Intensidad del circuito secundario	148
1.10	Intensidad del circuito primario	148
1.11	Intensidad de paso	148
1.12	Sección del devanado primario	148
1.13	Sección del devanado secundario	148
1.14	Diámetro del devanado primario	148
1.15	Diámetro del devanado secundario	148
	Resumen	149

Capítulo 26

Conexión de los autotransformadores trifásicos 151

Capítulo 27

Autotransformadores trifásicos para arranque de motores de inducción 153

Capítulo 28

Pruebas a realizar en un transformador terminado . . . 157

1.1	Ensayo de la chapa magnética	157
1.2	Ensayo de aislamiento. (Comprobación de derivaciones a masa) . .	158
1.3	Ensayo de aislamiento. (Comprobación de derivaciones entre devanados)	159
1.4	Relación de transformación	160
1.5	Ensayo de la relación de transformación de vacío de un transformador monofásico	161
1.6	Ensayo de la relación de transformación de vacío de un transformador trifásico	161
1.7	Ensayo de vacío (Pérdidas en el hierro)	163
1.8	Ensayo en vacío en un transformador monofásico	163
1.9	Ensayo en vacío en un transformador trifásico	164
1.10	Ensayo de la relación de transformación en carga	165
1.11	Ensayo de cortocircuito (Pérdidas en el cobre)	166
1.12	Ensayo de las pérdidas en el cobre en un transformador monofásico	167
1.13	Ensayo de las pérdidas en el cobre en un transformador trifásico .	168
1.14	Rendimiento de un transformador	168
1.15	Ensayo del rendimiento en un transformador monofásico	169
1.16	Ensayo del rendimiento en un transformador trifásico	169
1.17	Calentamiento de un transformador	169
1.18	Medida de la resistencia de los devanados	170
1.19	Medida de la resistencia de los devanados en transformadores monofásicos	171
1.20	Medida de la resistencia de los devanados en transformadores trifásicos	171
1.21	Pérdidas por corriente parásitas	172
1.22	Número de espiras del primario	172
1.23	Número de espiras del secundario	173
1.24	Corriente activa de vacío	173
1.25	Corriente magnetizante	173

Transformadores

Capítulo 29

Identificación de los devanados de un transformador trifásico	175
1.1 Identificación del neutro	176
1.2 Identificación de los devanados de alta tensión y baja tensión.	178
1.3 Identificación de los terminales homólogos	178

Capítulo 30

Protecciones para transformadores	181
1. Protección de transformadores mediante sondas térmicas	181
2. Protectores térmicos	181
3. Termistores y termistancias	183

Capítulo 31

Arrancador suave para transformador	187
--	------------

Capítulo 32

Tipos de transformadores	191
1.1 Transformadores para piscinas	191
1.2 Transformadores para usos clínicos	192
1.3 Transformadores para ignición de calderas	193
1.4 Transformadores toroidales	193
1.5 Transformadores de compoundaje	194
1.6 Transformadores para convertidores C.C.-C.A.	196

Capítulo 33

Proceso del bobinado de un transformador o autotransformador	199
---	------------

Capítulo 34

Instrucciones para el manejo de los programas de cálculo en Excel	203
1.1 Partes comunes	203
1.2 Programa para el cálculo de transformadores monofásicos	204
1.3 Programa para el cálculo de autotransformadores monofásicos	206
1.4 Programa para el cálculo de transformadores trifásicos	208
1.5 Programa para el cálculo de autotransformadores trifásicos	210

Problemas resueltos de conformado por deformación de metales

ÍNDICE

PRÓLOGO	15
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO 2. EMBUTICIÓN	23
PROBLEMA 2.1	23
PROBLEMA 2.2	24
PROBLEMA 2.3	27
PROBLEMA 2.4	29
PROBLEMA 2.5	31
CAPÍTULO 3. EXTRUSIÓN	37
PROBLEMA 3.1	37
PROBLEMA 3.2	40
PROBLEMA 3.3	42
PROBLEMA 3.4	43
PROBLEMA 3.5	44
CAPÍTULO 4. FORJA	47
PROBLEMA 4.1	47
PROBLEMA 4.2	53
PROBLEMA 4.3	57
PROBLEMA 4.4	59
PROBLEMA 4.5	60
PROBLEMA 4.6	64

PROBLEMA 4.7	66
CAPÍTULO 5. LAMINACIÓN	69
PROBLEMA 5.1	69
PROBLEMA 5.2	70
PROBLEMA 5.3	72
PROBLEMA 5.4	76
PROBLEMA 5.5	82
PROBLEMA 5.6	84
CAPÍTULO 6. PLEGADO	87
PROBLEMA 6.1	87
PROBLEMA 6.2	88
CAPÍTULO 7. TREFILADO	91
PROBLEMA 7.1	91
PROBLEMA 7.2	94
PROBLEMA 7.3	100
REFERENCIAS	105

Tecnología mecánica y metrotecnia

INDICE DE MATERIAS

PRIMERA PARTE

METROTECNIA

1. Medición. Unidades y patrones de medida. Verificación. 1
2. Errores en la medición. Estudio tecnológico 10
3. Tratamiento matemático de los errores. 20
4. Mediciones de longitud 32
5. Mediciones angulares 47
6. Mediciones por comparación. 57
7. Normalización. Ajustes. Tolerancias 67
8. Control de cilindros, conos y roscas 85
9. Control de engranajes 102
10. Control de acabado superficial 113
11. Introducción al control estadístico de calidad 123

SEGUNDA PARTE

CONFORMACION POR MOLDEO

2. Materiales para moldes y machos. Ensayo y control 137
3. Modelos. Herramientas para moldear. Moldeo a mano 151
4. Moldeo mecánico. Moldeo de precisión. 165
5. Moldeo en moldes metálicos. Colada por centrifugación 177
6. Tecnología de la fusión. Hornos 188
7. Tecnología de las aleaciones empleadas en fundición 208

18. Cálculo de los sistemas de distribución 217
19. Tecnología de la colada. Mazaretas 230
20. Operaciones de acabado. Defectos de las piezas fundidas. Inspección 247

TERCERA PARTE

CONFORMACION CON DESPLAZAMIENTO DE MATERIAL

21. Teoría de la conformación plástica 263
22. Tecnología de la forja 276
23. estampación. Recalcado. Extrusión. 293
24. Laminación 310
25. Estirado y trefilado. 325
26. Conformación de la chapa. 336
27. Conformación de tubos 360

CUARTA PARTE

SOLDADURA

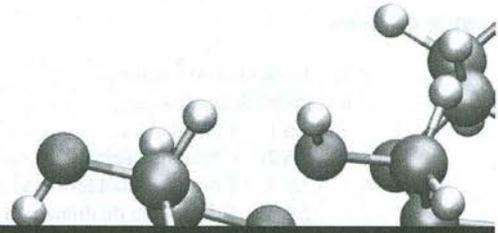
28. Soldadura heterogénea o de aleación 371
29. Soldadura por fusión con gas. Soldadura aluminotérmica. Oxicorte 382
30. Soldaduras por arco y por presión 398
31. Metalurgia de la soldadura. Soldabilidad. Control y ensayos de las soldaduras 419

QUINTA PARTE

MECANIZADO DE METALES

32.	Teoría del corte de metales . . .	439	36.	Trabajos con el torno	501
33.	El trabajo con las máquinas herramientas. Factores que lo definen	453	37.	Taladradora. Mandrinadora. Punteadora.	520
34.	Accionamiento y regulación en máquinas-herramientas	464	38.	Fresadora	537
35.	Torno	480	39.	Trabajos con la fresadora	554
			40.	Máquinas-herramientas con movimiento de corte rectilíneo	576
			41.	Tallado de ruedas dentadas	599
			42.	Mecanizado con abrasivos	621
			43.	Mecanizados especiales	639
			44.	Producción automática. Control numérico (CN)	659

Contenido



1. Introducción a la Ciencia de los materiales	1
1.1. Tipos de materiales estructurales	2
1.2. Los elementos químicos y el enlace químico	4
1.3. Materiales y medio ambiente	6
2. Propiedades de los materiales	9
2.1. Conceptos básicos	10
2.1.1. Propiedades de los materiales	10
2.1.2. Conceptos de tensión y deformación	10
2.2. Propiedades mecánicas: comportamiento en tracción	11
2.2.1. El ensayo de tracción	11
2.2.2. Curva tensión-deformación ingenieril	13
2.2.3. Curva tensión-deformación verdadera	14
2.2.4. Deformación elástica. Módulo elástico	15
Otras constantes elásticas	16
2.2.5. Límite elástico	17
2.2.6. Resistencia a tracción	20
2.2.7. Plasticidad y ductilidad	21
2.2.8. Fractura	21
2.2.8.a. Rotura dúctil	22
2.2.8.b. Rotura frágil	23
2.3. Dureza	24
2.3.1. Definiciones	24
2.3.2. Escalas de dureza	25
2.3.2.a. Método Brinell	25
2.3.2.b. Método Vickers	26
2.3.2.c. Método Rockwell	26
2.4. Tenacidad	28
2.4.1. Definición	28
2.4.2. Ensayos de impacto	29
2.4.3. Transición dúctil-frágil	29

2.5.	Tenacidad de fractura	30
2.6.	Propiedades físicas	32
2.6.1.	Densidad	32
2.6.2.	Capacidad calorífica	32
2.6.3.	Conductividad térmica	33
2.6.4.	Coefficiente de dilatación	34
3.	Estructura cristalina	37
3.1.	Sistemas cristalinos y redes de Bravais	38
3.2.	Notación de Miller de direcciones y planos cristalinos	42
3.2.1.	Notación de Miller para puntos reticulares	42
3.2.2.	Notación de Miller para direcciones cristalinas	43
3.2.3.	Notación de Miller para planos cristalinos	45
3.2.4.	Notación de Miller-Bravais para el sistema hexagonal	48
3.3.	Empaquetamiento en redes cristalinas	50
3.3.1.	Índice (o número) de coordinación	50
3.3.2.	Factor de empaquetamiento	50
3.3.3.	Densidad atómica lineal y densidad atómica superficial	51
3.3.4.	Densidad volumétrica	53
3.4.	Redes cristalinas metálicas	54
3.4.1.	Red cúbica centrada en las caras (FCC)	55
3.4.2.	Red hexagonal compacta (HCP)	57
3.4.3.	Red cúbica centrada en el cuerpo (BCC)	59
3.5.	Redes cristalinas en materiales cerámicos	61
3.5.1.	Sólidos covalentes	61
3.5.2.	Sólidos iónicos	63
3.5.2.a.	Sólidos iónicos tipo MX	65
3.5.2.b.	Otras estructuras iónicas	66
3.6.	Difracción de rayos X	68
3.6.1.	Naturaleza de la radiación X	68
3.6.2.	Ley de Bragg	69
3.6.3.	Técnicas de difracción	71
4.	Imperfecciones de la estructura cristalina	75
4.1.	Defectos puntuales	76
4.1.1.	Origen de los defectos puntuales	76
4.1.2.	Defectos puntuales en redes metálicas	77
4.1.2.a.	Vacantes	78
	Concentración de vacantes en equilibrio	79
4.1.2.b.	Átomos autointersticiales	81
	Dañado por irradiación	82
4.1.3.	Defectos puntuales en cristales iónicos	83
4.1.3.a.	Defectos de Frenkel	83
4.1.3.b.	Defectos de Schottky	84
4.1.3.c.	Formación de defectos por disolución de elementos	85
4.1.3.d.	Formación de defectos por fallos estequiométricos	85
4.2.	Defectos lineales: dislocaciones	86

4.2.1.	Introducción.	86
4.2.2.	Definiciones.	90
4.2.3.	Movimiento de las dislocaciones.	93
4.2.3.a.	Deslizamiento de las dislocaciones a través de la red cristalina	93
4.2.3.b.	Movimiento conservativo y movimiento no conservativo de dislocaciones	95
	Movimiento conservativo	95
	Movimiento no conservativo	96
	Velocidad de las dislocaciones.	97
4.2.3.c.	Ley de Schmid.	97
4.2.3.d.	Leyes que rigen el deslizamiento de las dislocaciones	98
4.2.4.	Propiedades elásticas de las dislocaciones	99
4.2.4.a.	Campo de tensiones asociado a una dislocación	99
	Campo de tensiones generado por una dislocación helicoidal	101
	Campo de tensiones generado por una dislocación en arista.	102
	Campo de tensiones generado por una dislocación mixta.	103
4.2.4.b.	Energía asociada a una dislocación	103
	Recombinación y disociación de dislocaciones.	104
4.2.4.c.	Fuerza que actúa sobre una dislocación.	104
4.2.4.d.	Tensión de línea que actúa a lo largo de una dislocación	105
4.2.5.	Interacción entre dislocaciones	106
4.2.5.a.	Fuerzas de interacción entre dislocaciones	106
	Caso 1. Dislocaciones paralelas situadas en el mismo plano	106
	Caso 2. Dislocaciones paralelas situadas en planos paralelos.	107
	Dislocaciones en arista	107
	Dislocaciones helicoidales.	109
	Caso 3. Caso general: dislocaciones que se cruzan.	109
4.2.5.b.	Intersección de dislocaciones	110
	Influencia de los codos y escalones en el movimiento de las dislocaciones	111
4.2.6.	Origen y multiplicación de dislocaciones	113
4.2.6.a.	Origen de las dislocaciones	113
4.2.6.b.	Mecanismos de multiplicación de dislocaciones.	113
	Primer mecanismo: fuente de Frank-Read con un punto de anclaje	114
	Segundo mecanismo: fuente de Frank-Read con dos puntos de anclaje.	114
	Tercer mecanismo: deslizamiento cruzado múltiple	115
4.2.6.c.	Algunas consecuencias de la multiplicación de dislocaciones	116
	Bucles de dislocación	116
	Apilamiento de dislocaciones	117
4.2.7.	Deformación plástica producida por movimiento de dislocaciones	117
4.2.7.a.	Relación entre la deformación plástica y la densidad de dislocaciones	118
4.2.7.b.	Sistemas de deslizamiento y capacidad de deformación en monocristales metálicos	119
4.2.8.	Núcleo de las dislocaciones.	121
4.2.9.	Dislocaciones en redes metálicas	121
4.2.9.a.	Definiciones.	121
	Dislocaciones perfectas y dislocaciones parciales.	122
	Defectos de apilamiento	122
4.2.9.b.	Dislocaciones en redes cúbicas centradas en las caras	122
4.2.9.c.	Dislocaciones en redes cúbicas centradas en el cuerpo.	125
4.2.9.d.	Dislocaciones en estructuras ordenadas.	126

083	4.2.10. Dislocaciones en materiales cerámicos	127
083	4.2.10.a. Cristales iónicos	127
083	4.2.10.b. Cristales covalentes	128
083	4.2.11. Variación de τ_{CRSS} con la temperatura y la velocidad de deformación	128
083	4.2.11.a. Variación de τ_{CRSS} con la temperatura	128
083	4.2.11.b. Variación de τ_{CRSS} con la velocidad de deformación	130
083	4.3. Defectos bidimensionales: defectos de superficie	131
083	4.3.1. Superficie cristalina	131
083	4.3.2. Bordes de grano	132
083	4.3.3. Maclas	133
083	Importancia del maclado en las redes metálicas	135
083	4.4. Defectos volumétricos	136
083	5. Diagramas de fases	137
083	5.1. Regla de las fases	138
083	5.2. Diagramas de fases de sustancias puras	139
083	5.2.1. Regla de las fases en diagramas de un componente	140
083	5.3. Fases y constituyentes en los diagramas de fases de dos componentes	141
083	5.3.1. Elementos puros o sustancias puras	142
083	5.3.2. Soluciones sólidas	142
083	5.3.2.a. Soluciones sólidas sustitucionales	143
083	Soluciones sólidas metálicas	143
083	Soluciones sólidas cerámicas	144
083	5.3.2.b. Soluciones sólidas intersticiales	145
083	5.3.3. Fases intermedias	146
083	5.3.3.a. Compuestos químicos	146
083	5.3.3.b. Compuestos intermetálicos de valencia normal. (Compuestos electroquímicos)	146
083	5.3.3.c. Fases de Laves	146
083	5.3.3.d. Compuestos intermetálicos de valencia anormal. (Fases electrónicas)	147
083	5.3.3.e. Compuestos intersticiales	147
083	5.4. Diagramas de fases de dos componentes con solubilidad total en estado sólido: sistemas isomorfos	148
083	5.4.1. Regla de las fases en sistemas isomorfos	149
083	5.4.2. Curvas de enfriamiento en sistemas isomorfos	150
083	5.4.3. Microestructura y composición de las fases en equilibrio	150
083	5.5. Regla de la palanca: cálculo de las cantidades de cada fase en las regiones bifásicas	153
083	5.5.1. Ejemplo de utilización de la regla de la palanca	154
083	5.6. Transformaciones líquido-sólido: transformación eutéctica	155
083	5.6.1. Regla de las fases en sistemas binarios con eutéctico	156
083	5.6.2. Curvas de enfriamiento en sistemas binarios con eutéctico	157
083	5.6.3. Microestructura, composición y cantidad de cada fase en el equilibrio	158
083	5.6.3.a. Ejemplo de utilización de diagramas binarios eutécticos	162
083	5.7. Transformaciones líquido-sólido: transformación peritética	163
083	5.7.1. Regla de las fases en sistemas binarios que presentan una transformación peritética	165
083	5.7.2. Curvas de enfriamiento en sistemas binarios con transformación peritética	166
083	5.7.3. Microestructura, composición y cantidad de fases en el equilibrio	167

5.7.3.a. Ejemplo	168
5.8. Otras transformaciones líquido-sólido	170
5.9. Transformaciones sólido-sólido: transformación eutectoide y peritectoide.....	171
5.10. Condiciones de no equilibrio	174
6. Transformaciones de la estructura cristalina	177
6.1. Difusión en estado sólido	178
6.1.1. Procesos térmicamente activados	179
Representación de Arrhenius.....	179
6.1.2. Fenomenología y mecanismos de la difusión en estado sólido.....	180
6.1.2.a. Fenomenología de la difusión en materiales metálicos.....	181
6.1.2.b. Mecanismos fundamentales de difusión en estado sólido.....	182
6.1.3. Difusión en estado estacionario y difusividad. Primera ley de Fick.....	184
Coeficiente de difusión o difusividad	186
6.1.4. Difusión en estado no estacionario. Segunda ley de Fick.....	187
6.2. Transformaciones líquido-sólido en materiales metálicos	189
6.2.1. Solidificación.....	189
6.2.2. Nucleación y crecimiento	191
6.2.2.a. Nucleación	191
6.2.2.b. Crecimiento	195
6.2.2.c. Velocidad de solidificación	195
6.2.3. Control de la forma y tamaño de grano en la solidificación	196
6.2.3.a. Tamaño del grano obtenido en la solidificación	196
6.2.3.b. Forma del grano obtenido en la solidificación.....	196
6.2.3.c. Solidificación direccional	197
6.2.4. Defectos que pueden producirse en la solidificación	198
6.2.4.a. Rechupes y cavidades de contracción	199
6.2.4.b. Segregación	199
Macrosegregación	199
Microsegregación.....	200
6.2.4.c. Porosidad y microrrechupes	201
6.3. Transformaciones en estado sólido: transformaciones térmicas	201
6.3.1. Transformaciones térmicas. Características y representación.....	202
6.3.1.a. Características de las transformaciones térmicas en estado sólido	202
6.3.1.b. Representación gráfica de las transformaciones térmicas: diagramas <i>TTT</i>	202
6.3.2. Transformaciones de fase	204
6.3.2.a. Transformaciones alotrópicas	204
6.3.2.b. Transformaciones de precipitación	207
6.3.2.c. Transformaciones de orden-desorden	208
6.3.3. Recristalización	208
6.4. Transformaciones en estado sólido: transformaciones a térmicas.....	209
7. Mecanismos de endurecimiento de materiales cristalinos	211
7.1. Deformación de policristales metálicos	212
7.1.1. Condición de Von Mises	213
7.1.2. Resistencia del borde de grano frente a las dislocaciones.....	214

801	7.1.3.	Textura	217
051	7.1.3.a.	Definición	217
171	7.1.3.b.	Tipos de textura	218
301		Textura por deformación plástica	218
		Texturas de recristalización	219
		Otros tipos de textura	219
571	7.1.3.c.	Estudio de texturas	220
871		Difracción de rayos X	220
971		Parámetro de anisotropía en chapas	221
057	7.2.	Endurecimiento por acritud	222
081	7.2.1.	Mecanismos de endurecimiento por acritud	224
131	7.2.2.	Recocido contra acritud	226
231	7.2.2.a.	Restauración (<i>recovery</i>)	226
331	7.2.2.b.	Recristalización (<i>recrystallization</i>)	227
431	7.2.2.c.	Crecimiento de grano (<i>grain growth</i>)	228
531	7.3.	Endurecimiento por solución sólida	230
631	7.3.1.	Mecanismos de endurecimiento por solución sólida	230
731	7.3.1.a.	Distorsión de la red	231
831	7.3.1.b.	Endurecimiento por diferencias en el módulo elástico a cizalladura	232
931	7.3.1.c.	Endurecimiento químico	232
037	7.3.2.	Envejecimiento estático	233
137	7.3.3.	Envejecimiento dinámico por deformación	235
237	7.4.	Endurecimiento por segundas fases	236
337	7.5.	Endurecimiento por partículas	237
437	7.5.1.	Tipos de partículas de refuerzo	237
537	7.5.2.	Mecanismos mediante los que una dislocación puede superar una partícula	238
637	7.5.3.	Mecanismos de endurecimiento por partículas	239
737	7.5.3.a.	Mecanismos de endurecimiento con partículas no cizallables	239
837	7.5.3.b.	Mecanismos de endurecimiento con partículas cizallables	241
937	8.	Comportamiento en servicio de los materiales metálicos	243
038	8.1.	Oxidación y corrosión	244
138	8.1.1.	Oxidación directa	245
238	8.1.1.a.	Relación de Pilling-Bedworth	245
338	8.1.1.b.	Cinética de la oxidación	247
438	8.1.2.	Corrosión electroquímica	248
538	8.1.2.a.	Descripción del proceso	248
638	8.1.2.b.	Potenciales electroquímicos	250
738	8.1.2.c.	Papel de las heterogeneidades en la corrosión electroquímica	250
838	8.1.3.	Tipos de corrosión	251
938	8.1.3.a.	Corrosión uniforme	251
039	8.1.3.b.	Corrosión localizada	252
139		Corrosión galvánica	252
239		Corrosión por aireación diferencial	253
339	8.1.3.c.	Corrosión por picaduras	253
439	8.1.3.d.	Corrosión intergranular o intercrystalina	254
539	8.1.3.e.	Corrosión por exfoliación	255
639	8.1.3.f.	Corrosión bajo tensiones	256

8.1.3.g.	Corrosión microbiológica	257
8.1.3.h.	Corrosión asistida por fenómenos mecánicos	257
8.1.4.	Acciones contra la corrosión	258
8.2.	Fatiga	259
8.2.1.	Generalidades	259
8.2.2.	Vida a fatiga y curvas <i>S-N</i>	260
8.2.3.	Etapas del proceso de fatiga	263
8.2.3.a.	Nucleación de la grieta	264
8.2.3.b.	Propagación de la grieta	264
8.2.3.c.	Rotura final instantánea	266
8.2.4.	Factores que afectan a la vida a fatiga	267
8.3.	Fluencia	268
8.3.1.	Definición	268
8.3.2.	Fluencia a baja temperatura	269
8.3.3.	Fluencia a alta temperatura	269
8.3.3.a.	Primera etapa de fluencia	270
8.3.3.b.	Segunda etapa de fluencia (estado estacionario)	271
	Fluencia por difusión	271
	Fluencia por dislocaciones	272
	Fluencia por deslizamiento de bordes de grano	273
8.3.3.c.	Tercera etapa de fluencia	273
8.3.4.	Parámetros de diseño en fluencia	274
8.3.5.	Diseño de aleaciones para trabajar en fluencia	276
9.	Materiales metálicos	277
9.1.	El hierro y sus aleaciones	278
9.1.1.	El diagrama hierro-carbono	280
9.1.2.	Transformaciones de la austenita	284
9.1.2.a.	Austenización	284
9.1.2.b.	La transformación martensítica	285
	Características de la transformación martensítica	286
9.1.2.c.	La transformación bainítica	286
9.1.2.d.	Diagramas temperatura-tiempo-transformación. Curvas TTT del acero	288
9.1.2.e.	Influencia de los elementos de aleación en las transformaciones de la austenita	289
9.1.3.	Temple y templabilidad de los aceros	290
9.1.3.a.	Características del medio de enfriamiento en el temple	291
9.1.3.b.	Tensiones y agrietabilidad durante el temple	292
9.1.3.c.	Templabilidad del acero	293
9.1.3.d.	El ensayo Jominy	294
9.1.3.e.	Temple incompleto	297
9.1.4.	Tratamiento de revenido de los aceros	298
9.1.4.a.	Etapas del revenido	299
9.1.4.b.	Influencia de los elementos de aleación en el revenido	300
9.1.4.c.	Procesos de fragilización durante el revenido	301
	Fragilidad de revenidos bajos	301
	Fragilidad de revenido	302
9.1.5.	Otros tratamientos térmicos de los aceros	302

9.1.5.a.	Recocidos	302
	Recocido total o de regeneración (<i>full annealing</i>)	303
	Recocido de homogeneización	303
	Recocido globular	303
	Recocido contra acritud	304
9.1.5.b.	Normalizado	304
9.1.5.c.	Tratamientos isotérmicos	305
	Recocido isotérmico	305
	<i>Martempering</i>	306
	<i>Austempering</i>	306
9.1.6.	Tratamientos superficiales del acero	307
9.1.6.a.	Temple superficial	307
9.1.6.b.	Cementación	308
9.1.6.c.	Carbonitruración	310
9.1.6.d.	Nitruración	310
9.1.7.	Clasificación de los aceros	311
9.1.7.a.	Aceros al carbono (o aceros no aleados)	312
9.1.7.b.	Aceros aleados	312
9.1.8.	Aceros para herramientas	313
9.1.8.a.	Aceros al carbono para herramientas	314
9.1.8.b.	Aceros de herramientas para trabajar en frío	315
9.1.8.c.	Aceros de herramientas para trabajar en caliente	315
9.1.8.d.	Aceros rápidos	316
9.1.9.	Aceros inoxidables	316
9.1.9.a.	El diagrama hierro-cromo	317
9.1.9.b.	Tipos de aceros inoxidables	318
9.1.9.c.	Aceros inoxidables ferríticos	319
9.1.9.d.	Aceros inoxidables martensíticos	320
9.1.9.e.	Aceros inoxidables austeníticos	321
	Sensibilización de aceros inoxidables austeníticos	322
9.1.9.f.	Aceros austenoferríticos	323
9.1.9.g.	Aceros endurecibles por precipitación (PH)	323
9.1.10.	Aceros de muy alta resistencia (UHS)	324
9.1.10.a.	Aceros de baja aleación	325
9.1.10.b.	Aceros con 5 % de cromo (aceros de matricería)	325
9.1.10.c.	Aceros con 9 % de níquel	325
9.1.10.d.	Aceros con 14 % de cobalto	326
9.1.10.e.	Aceros Maraging	326
9.1.11.	Aceros especiales	327
9.1.11.a.	Aceros microaleados	327
9.1.11.b.	Aceros para muelles	327
9.1.11.c.	Aceros de fácil mecanización	328
9.1.12.	Las fundiciones	328
9.1.12.a.	Fundiciones blancas	329
9.1.12.b.	Fundiciones grises	329
9.1.12.c.	Fundiciones dúctiles	330
9.1.12.d.	Fundiciones maleables	331
9.1.12.e.	Fundiciones atruchadas	331
9.2.	El aluminio y sus aleaciones	331

9.2.1.	Propiedades del aluminio	331
9.2.2.	Estados de tratamiento del aluminio y sus aleaciones	333
9.2.2.a.	Endurecimiento por acritud del aluminio	333
	Estabilizado	334
	Subdivisiones del estado H (acritud)	335
9.2.2.b.	Endurecimiento por solución sólida	336
9.2.2.c.	Tratamiento térmico de las aleaciones de aluminio (bonificado)	336
	Tratamiento de solución	337
	Secuencia de descomposición de la solución sólida sobresaturada	339
	Tratamiento de maduración	340
	Tensiones residuales de enfriamiento	344
9.2.3.	Clasificación y designación de las aleaciones de aluminio	345
9.2.3.a.	Designación numérica de las aleaciones de forja	345
9.2.3.b.	Designación numérica de las aleaciones de moldeo	346
	Designación americana	346
	Nomenclatura europea	346
9.2.4.	Aleaciones de aluminio para forja	347
9.2.4.a.	Microestructura de las aleaciones de forja	347
9.2.4.b.	Aleaciones de forja no tratables térmicamente	348
	Aluminio sin alear (Serie 1XXX)	348
	Aleaciones Al-Mn (serie 3XXX)	348
	Aleaciones Al-Mg (serie 5XXX)	349
9.2.4.c.	Aleaciones de forja tratables térmicamente	350
	Aleaciones Al-Mg-Si (serie 6XXX)	350
	Aleaciones Al-Cu (serie 2XXX)	351
	Aleaciones Al-Zn-Mg (serie 7XXX)	352
	Aleaciones Al-Li	354
9.2.5.	Aleaciones de aluminio para moldeo	355

10.	Materiales poliméricos	357
10.1.	Clasificación	359
10.1.1.	Polímeros naturales y sintéticos	359
10.1.2.	Homopolímeros y copolímeros	360
10.1.3.	Polímeros orgánicos e inorgánicos	360
10.1.4.	Polímeros lineales, ramificados y reticulados	360
10.1.5.	Termoplásticos, termoestables y elastómeros	362
10.2.	Características estructurales	363
10.2.1.	Flexibilidad molecular. Conformaciones	363
10.2.2.	Estereorregularidad, tacticidad	364
10.2.3.	Isomería <i>cis-trans</i>	364
10.3.	Masa molecular y polidispersidad	366
10.4.	Técnicas de determinación de masas moleculares	368
10.4.1.	Osmometría de membrana	369
10.4.2.	Viscosimetría	370
10.4.3.	Cromatografía de permeación de gel, GPC	372
10.5.	Polimerización	373
10.5.1.	Polimerización por adición en cadena	374
10.5.2.	Polimerización en etapas: policondensación	376

10.6.	Estados amorfo y cristalino en polímeros: transiciones térmicas	378
10.6.1.	Estado amorfo y transición vítrea	378
10.6.1.a.	Factores que influyen en la transición vítrea	381
10.6.2.	Estado cristalino en polímeros	382
10.6.2.a.	Estructuras cristalinas en polímeros	383
10.6.2.b.	Morfología cristalina en polímeros	385
10.6.2.c.	Grado de cristalinidad	387
10.6.3.	Transiciones térmicas: T_g y T_m	389
10.6.4.	Carácter amorfo y cristalino de los termoplásticos de uso general y de ingeniería	392
10.7.	Polímeros reticulados: termoeestables	393
10.7.1.	Termoeestables: epoxi, de poliéster insaturado y fenólicos	394
10.7.1.a.	Termoeestables epoxi	394
10.7.1.b.	Termoeestables de poliéster insaturado	395
10.7.1.c.	Termoeestables fenólicos	396
10.7.2.	Proceso de curado: gelificación y vitrificación	397
10.7.3.	Diagrama temperatura-tiempo-transformación	399
10.8.	Propiedades mecánicas de los polímeros	400
10.8.1.	Comportamiento viscoelástico	400
10.8.2.	Análisis térmico dinámico	406
10.8.3.	Curvas tensión-deformación	409
10.8.3.a.	Microfisuración	410
10.8.3.b.	Fluencia y estirado en frío	411
10.8.3.c.	Transición frágil-dúctil	412
10.8.4.	Comportamiento elastomérico	413
10.8.5.	Resistencia al impacto. Tenacidad de fractura	415
10.9.	Solubilidad de los polímeros	416
10.10.	Propiedades eléctricas de los polímeros	420
10.10.1.	Resistividad y rigidez dieléctrica	420
10.10.2.	Constante dieléctrica	421
10.11.	Propiedades ópticas de los polímeros	423
10.12.	Degradación de polímeros	424
10.12.1.	Estabilidad térmica	424
10.12.2.	Degradación por radiación solar	425
10.12.3.	Degradación química	425
10.13.	Conformado de materiales poliméricos	426
10.14.	Aplicaciones de los materiales poliméricos	426
11.	Materiales cerámicos	431
11.1.	Clasificación de los materiales cerámicos. Estructura	432
11.2.	Diagramas de fases de los materiales cerámicos	435
11.3.	Procesado de los materiales cerámicos	436
11.3.1.	Preparación del material o elaboración de polvos	436
11.3.2.	Compactación-elaboración del «verde» o de la preforma	437
11.3.3.	Tratamiento térmico	438
11.4.	Propiedades de los materiales cerámicos	439
11.4.1.	Propiedades térmicas	439
11.4.1.a.	Conductividad térmica	439
11.4.1.b.	Coefficiente de expansión térmica	441

11.4.1.c.	Resistencia al choque térmico	442
11.4.2.	Propiedades mecánicas	442
11.4.2.a.	Resistencia a tracción y a compresión	442
11.4.2.b.	Tenacidad de fractura	443
11.4.2.b.	Fatiga estática	444
11.4.3.	Propiedades eléctricas	445
11.4.3.a.	Materiales cerámicos aislantes o dieléctricos	446
11.4.3.b.	Materiales cerámicos ferroeléctricos	447
11.4.3.c.	Materiales cerámicos piezoeléctricos	448
11.5.	Mecanismos de aumento de la tenacidad de los materiales cerámicos	449
11.5.1.	Transformación martensítica	449
11.5.2.	Reforzamiento por deflexión de grietas	451
11.5.3.	Reforzamiento por microgrietas	451
11.6.	Cerámicos técnicos o ingenieriles	452
11.7.	Vidrios	453
11.7.1.	Temperatura de transición vítrea	453
11.7.2.	Composición y estructura de los vidrios	453
11.7.2.a.	Óxidos modificadores de vidrios	454
11.7.2.b.	Óxidos intermedios en vidrios	455
11.7.3.	Viscosidad de los vidrios	455
11.7.4.	Propiedades y composición de diversos vidrios	456
12.	Materiales compuestos	459
12.1.	Materiales compuestos. Clasificación y selección	460
12.2.	Función de la fibra en el material compuesto	463
12.3.	Función de la matriz en el material compuesto	467
12.4.	La anisotropía del material compuesto	471
12.5.	Ventajas y limitaciones de los materiales compuestos. Aplicaciones	472
Anexo	475
A.1.	Humectación	476
A.2.	Espesamiento	477
A.3.	Adherencia	478
A.4.	Cohesión	479
A.5.	Tratamiento de preparación superficial	479
A.6.	Familia de adhesivos y criterios de selección	479
Bibliografía	481

Instalaciones domóticas

ÍNDICE

1 INSTALACIONES DOMÓTICAS

1.1 Término de domótica	10
1.2 Término de inmótica	10
1.3 Características de las instalaciones domóticas	11
1.4 Áreas de aplicación que comprende la domótica	12
1.4.1 Gestión de confort	13
1.4.2 Gestión de la energía	13
1.4.3 Comunicaciones	14
1.4.4 Seguridad	14
1.5 Hogar digital	15
1.5.1 Grupos y niveles de servicios del Hogar digital	15
1.5.2 Instalaciones del hogar digital	16
1.6 Terminología de dispositivos que comprenden una instalación domótica	16
1.7 Normativa de una instalación domótica	17
1.7.1 Ámbito Europeo	17
1.7.2 Ámbito Nacional	17
1.7.3 Organismos de normalización	18
1.8 Sistemas de control	19
1.8.1 Sistema de control centralizado	19
1.8.2 Sistema de control descentralizado	20
1.8.3 Sistema de control distribuido	20
1.9 Topologías de red	21
1.9.1 Red en estrella	21
1.9.2 Red en anillo	22
1.9.3 Red de bus	22
1.9.4 Red en árbol	23
1.9.5 Red en malla	23
CUESTIONES	25

2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DOMÓTICO

2.1 Unidad de control	28
2.1.1 Tipos de señales	28
2.2 Dispositivos de entrada	29
2.2.1 Sensor de temperatura: termostatos	30
2.2.2 Sondos de temperatura	30

2.2.3 Sensor detector de gas.....	31
2.2.4 Sensor detector de incendio	32
2.2.5 Sensor detector de inundación.....	32
2.2.6 Sensor de luminosidad	33
2.2.7 Sensor de viento: anemómetro.....	33
2.2.8 Sensor detector de intrusión	34
2.3 Actuadores.....	42
2.3.1 Electroválvulas	43
2.3.2 Automatización de las persianas	45
2.3.3 Contactores	47
2.3.4 Relés	49
2.3.5 Relés temporizadores	49
2.3.6 Telerruptores.....	51
2.3.7 Interruptores horarios	51
2.3.8 Reguladores de iluminación.....	52
2.4 Electrodomésticos domóticos	53
2.5 Medios de comunicación en redes domésticas	53
2.5.1 Corrientes portadoras.....	54
2.5.2 Cables determinados.....	54
2.5.3 Señales radiales	56
2.6 Tecnologías aplicadas en los sistemas domóticos	57
2.7 Mantenimiento de un sistema domótico.....	58
2.7.1 Mantenimiento de los sensores	59
2.7.2 Mantenimiento de los actuadores	60
2.8 Simbología.....	61
CUESTIONES	65

3 INSTALACIONES DOMÓTICAS CON CORRIENTES PORTADORAS

3.1 Sistemas domóticos basados en corrientes portadoras	68
3.2 Estándar X-10	68
3.3 Principio de funcionamiento de la transmisión de datos	69
3.3.1 Información que se envía.....	69
3.3.2 Codificación de los telegramas X-10	70
3.3.3 Códigos de la casa y código de control.....	70
3.3.4 Modo de comunicación	72
3.4 Componentes del estándar X-10.....	73
3.5 Clasificación de dispositivos del estándar X-10 dependiendo de su función	74
3.6 Esquema general de una instalación con el estándar X-10.....	75
3.7 Filtros para evitar interferencias en la red eléctrica	75

3.8 Instalación y montaje de dispositivos.....	76
3.9 Software Active Home.....	77
3.10 Aplicaciones	79
3.10.1 Otras aplicaciones con dispositivos avanzados.....	79
CASO PRÁCTICO 1.....	80
CASO PRÁCTICO 2.....	81
CASO PRÁCTICO 3.....	82
CASO PRÁCTICO 4.....	84
CASO PRÁCTICO 5.....	85
CUESTIONES	87

4 INSTALACIONES DOMÓTICAS CON AUTÓMATAS PROGRAMABLES

4.1 Sistemas domóticos con autómatas programables	90
4.2 Autómata programable	90
4.2.1 Elementos que componen un autómata programable	91
4.3 Autómata programable LOGO!	93
4.3.1 Montaje del autómata programable LOGO!	94
4.4 Lenguajes de programación de los autómatas	95
4.5 Programación del autómata LOGO!	96
4.5.1 Programación de autómata LOGO! con el PC.....	96
4.5.2 Funciones lógicas del autómata LOGO!	97
4.5.3 Funciones conectores "Co"	97
4.5.4 Funciones básicas "GF"	98
4.5.5 Funciones especiales "SF" para la programación de autómatas.....	103
CASO PRÁCTICO 1.....	107
CASO PRÁCTICO 2.....	109
CASO PRÁCTICO 3.....	111
4.6 Mantenimiento de la instalación y posibles averías.....	115
4.6.1 Mantenimiento preventivo.....	115
4.6.2 Identificación y resolución de averías.....	116
CUESTIONES	117

5 INSTALACIONES DOMÓTICAS BASADAS EN CABLEADO ESPECÍFICO BUS DE CAMPO

5.1 Sistemas domóticos basados en cableado específico bus de campo	120
5.2 Tipos de sistemas domóticos basados en cableado específico bus de campo existentes.....	121
5.3 Sistema bus de campo EIB.....	121
5.4 Sistema bus de campo KNX.....	121
5.4.1 Componentes del bus de campo KNX/EIB.....	122
5.4.2 Topología del bus de campo KNX/EIB.....	122

5.4.3 Software de programación del bus de campo KNX/EIB	123
5.4.4 Características del bus de campo KNX/EIB	123
5.5 Sistema bus de campo LonWORKS	123
5.5.1 Protocolo de LonTalk	124
5.5.2 Neuron Chip.....	124
5.5.3 Transceptores.....	125
5.6 Sistema Simon Vit@.....	125
5.6.1 Módulos del sistema.....	125
5.6.2 Esquema de conexión general Simon Vit@	128
5.6.3 Esquema de instalación de persianas con Simon Vit@.....	130
5.6.4 Esquema de instalación del control de calefacción	131
5.6.5 Esquema de instalación de detector de inundación y gas	132
5.6.6 Software Simon Vit@	132
5.6.7 Funcionalidades del sistema	133
CUESTIONES	135

6 INSTALACIONES DOMÓTICAS INALÁMBRICAS

6.1 Instalaciones domóticas inalámbricas.....	138
6.2 Impacto de la tecnología inalámbrica	138
6.3 Redes inalámbricas de comunicación	139
6.4 Modo de comunicación de los dispositivos inalámbricos	141
6.5 Dispositivos inalámbricos en el campo de la domótica	141
CUESTIONES	143

7 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN SISTEMAS O INSTALACIONES DOMÓTICAS

7.1 Posibles riesgos que puede ocasionar la instalación.....	146
7.1.1 Riesgos eléctricos	146
7.2 Contacto eléctrico	148
7.2.1 Contacto directo	149
7.2.2 Contacto indirecto.....	149
7.3 Prevención y protección de instalaciones eléctricas	149
7.3.1 Medidas de protección frente contactos directos.....	149
7.3.2 Medidas de protección frente contactos indirectos	150

ÍNDICE

1 INSTALACIONES DE ICT

1.1 Definición de ICT	10
1.2 Motivación de la normativa sobre ICT	10
1.3 Ámbito de aplicación	11
1.4 Procedimiento para la implantación de una ICT	11
1.5 Topología de la ICT.....	11
1.6 Zona exterior	12
1.7 Zona común	12
1.8 Zona privada	12
1.9 Red de alimentación	12
1.10 Red de distribución.....	17
1.11 Red de dispersión.....	20
1.12 Red interior de usuario.....	23
1.13 Hogar digital.....	26
CUESTIONES	31
EJERCICIOS PROPUESTOS	32

2 SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

2.1 Ondas y sus características.....	34
2.2 Sistemas de telecomunicaciones	36
2.3 Modulaciones y multiplexación por división de frecuencia.....	38
2.4 Simbología de telecomunicaciones.....	41
CUESTIONES	48
EJERCICIOS PROPUESTOS	49

3 SISTEMAS TÉCNICOS DE RECEPCIÓN DE TV TERRESTRE

3.1 Introducción.....	52
3.2 Ondas electromagnéticas de la señal de TV.....	52
3.3 Tipos de instalaciones: individuales y colectivas	53
3.4 Partes de una instalación de TV.....	54
3.5 Sistema captador de señales: antena y preamplificador.....	55

3.6 Tipos de antenas más comunes	57
3.7 Características mecánicas de las antenas	60
3.8 Preamplificadores.....	60
3.9 Equipo de cabecera	61
3.10 Red de distribución	65
3.11 Tipos de distribución	69
3.12 Red de distribución de usuario	71
3.13 Medidor de campo	71
3.14 Localización y reparación de averías en instalaciones para la recepción de TV terrestre ...	73
CUESTIONES	81
EJERCICIOS PROPUESTOS	83
ACTIVIDADES EN GRUPO	84

4 RECEPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE SEÑAL DE TV SATÉLITE

4.1 Conceptos generales	86
4.2 Características de las comunicaciones satélite	87
4.3 Sistema receptor	88
4.4 Unidad exterior.....	90
4.5 Unidad interior.....	91
4.6 Instalación de la antena parabólica.....	92
4.7 Distribución de la señal de televisión satélite	98
4.8 Localización y reparación de averías en instalaciones para la recepción de TV satélite.....	102
CUESTIONES	111
EJERCICIOS PROPUESTOS	112

5 INSTALACIONES DE INTERFONÍA Y VIDEO PORTERO

5.1 Introducción	114
5.2 Comunicación por medio de timbres o zumbadores.....	114
5.3 Sistema de instalación de timbres con botonera de pulsadores centralizados.....	115
5.4 Comunicación por medio de interfonos.....	116
5.5 Comunicación por medio de video portero	118
5.6 Localización, identificación y reparación de averías en instalaciones de interfonía y video portero	119
CUESTIONES	126
EJERCICIOS PROPUESTOS	126

6 INSTALACIONES DE TELEFONÍA BÁSICA

6.1 Introducción.....	128
6.2 Conductor de cobre.....	129
6.3 Conectores fijos.....	131
6.4 Puntos de interconexión.....	133
6.5 Puntos de distribución.....	133
6.6 Línea de abonado.....	135
6.7 ADSL.....	137
6.8 Localización y reparación de averías en instalaciones de telefonía básica conmutada	140
CUESTIONES	141

7 INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE NUEVA GENERACIÓN

7.1 Modelo OSI.....	144
7.2 Tipos de redes.....	145
7.3 Grupo de trabajo Ethernet.....	149
7.4 Tecnología de transmisión por fibra óptica	153
7.5 DWDM.....	156
7.6 Cable Ethernet.....	157
7.7 Transceivers ópticos	159
7.8 Elementos de una red.....	160
CUESTIONES	162

8 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

8.1 Consideraciones generales	166
8.2 Salud, trabajo y prevención.....	166
8.3 Riesgos y medidas preventivas	170
8.4 Transporte y uso	176
8.5 Herramientas	177
8.6 Torres de antenas	178
8.7 Carga – descarga.....	178
8.8 Orden y limpieza.....	178
8.9 Señalización	179
CUESTIONES	181

Cálculo I: teoría y problemas de análisis matemático de una variable

ÍNDICE GENERAL

	página
Prólogo	v
Nota de los autores	vii
Lista de símbolos	ix
PRIMERA PARTE: MÉTODOS ANALÍTICOS DEL CÁLCULO	1
Capítulo 1. Conjuntos numéricos	3
1. El principio de inducción en el conjunto \mathbb{N}	3
2. Axiomática de los números reales	4
3. El valor absoluto	5
4. Intervalos	6
5. Números complejos	7
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	12
PROBLEMAS RESUELTOS	14
PROBLEMAS PROPUESTOS	33
Capítulo 2. Breves nociones de Topología en \mathbb{R} y \mathbb{C}	37
1. Espacios métricos. Definiciones generales	37
2. Clasificación de los puntos de un conjunto	39
3. Conjuntos acotados. Conjuntos compactos en \mathbb{R}	41
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	42
PROBLEMAS RESUELTOS	43
PROBLEMAS PROPUESTOS	50
Capítulo 3. Funciones elementales	53
1. Definiciones previas	53
2. Funciones potencial entera, polinómica y racional	56
3. Funciones circulares	60
4. Funciones circulares inversas	63
5. Funciones exponenciales y logarítmicas	64
6. Funciones hiperbólicas	66
7. Funciones hiperbólicas inversas	68
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	70
PROBLEMAS RESUELTOS	71
PROBLEMAS PROPUESTOS	87

Capítulo 4. Sucesiones numéricas	91
1. Definiciones generales	91
2. Sucesiones de Cauchy, monótonas y recurrentes	94
3. Ecuaciones en diferencias	96
4. Algunas propiedades de los límites de sucesiones	98
5. Cálculo práctico de límites	99
6. Sucesiones de números complejos	102
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	103
PROBLEMAS RESUELTOS	104
PROBLEMAS PROPUESTOS	137
Capítulo 5. Series numéricas	145
1. Definiciones generales	145
2. Operaciones con series	147
3. Series de términos positivos	148
4. Series alternadas	151
5. Series de términos arbitrarios	152
6. Suma de series: exacta y aproximada	153
7. Series de términos complejos	155
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	156
PROBLEMAS RESUELTOS	158
PROBLEMAS PROPUESTOS	189
Capítulo 6. Límites y continuidad	195
1. El concepto de límite	195
2. Teoremas fundamentales sobre límites	197
3. Asíntotas	198
4. Infinitésimos e infinitos	200
5. Continuidad	201
6. Continuidad en conjuntos	203
7. Continuidad uniforme	204
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	205
PROBLEMAS RESUELTOS	207
PROBLEMAS PROPUESTOS	231
Capítulo 7. Derivadas I	237
1. Derivada y diferencial en un punto	237
2. Propiedades de la derivada	241
3. Función derivada. Derivadas sucesivas	243
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	246
PROBLEMAS RESUELTOS	247
PROBLEMAS PROPUESTOS	266

Capítulo 8. Derivadas II (Teoremas importantes)	271
1. Teoremas del valor medio	271
2. Consecuencias de los teoremas	274
3. Aproximación de funciones mediante polinomios. Teorema de Taylor	275
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	277
PROBLEMAS RESUELTOS	278
PROBLEMAS PROPUESTOS	300
Capítulo 9. Aplicaciones de la derivada	305
1. Crecimiento. Extremos	305
2. Convexidad y concavidad. Puntos de inflexión	309
3. Representación gráfica de funciones explícitas	310
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	311
PROBLEMAS RESUELTOS	312
PROBLEMAS PROPUESTOS	332
Capítulo 10. Curvas en paramétricas y polares	335
1. Curvas en forma paramétrica	335
2. Curvas en polares	338
PROBLEMAS RESUELTOS	341
PROBLEMAS PROPUESTOS	352
Capítulo 11. Cálculo de primitivas	355
1. Conceptos preliminares	355
2. Técnicas generales de integración	356
3. Integrales de funciones racionales	358
4. Integración de funciones reducibles a racionales	359
PROBLEMAS RESUELTOS	360
PROBLEMAS PROPUESTOS	370
Capítulo 12. Integral de Riemann	373
1. Definiciones generales	373
2. Propiedades básicas de la integral	376
3. La clase de las funciones integrables	377
4. Promedio integral. Teoremas del valor medio	378
5. Teorema Fundamental del Cálculo	379
6. Evaluación de integrales	380
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	381
PROBLEMAS RESUELTOS	382
PROBLEMAS PROPUESTOS	407

Capítulo 13. Integrales elípticas	413
1. Integrales elípticas	413
2. Funciones elípticas de primera especie	421
3. Funciones elípticas de segunda especie	423
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	425
PROBLEMAS RESUELTOS	425
PROBLEMAS PROPUESTOS	438
Capítulo 14. Integrales impropias	439
1. Integrales en intervalos no acotados	439
2. Integrales de funciones no acotadas	442
3. Integral impropia de tercera especie	446
4. Función Γ de Euler	447
5. Función B de Euler	448
6. Integrales y series	448
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	449
PROBLEMAS RESUELTOS	451
PROBLEMAS PROPUESTOS	470
Capítulo 15. Aplicaciones de la integral	473
1. Área de una región plana	473
2. Longitud de un arco de curva	475
3. Cálculo de volúmenes	476
4. Área de una superficie de revolución	477
PROBLEMAS RESUELTOS	478
PROBLEMAS PROPUESTOS	495
Capítulo 16. Ecuaciones diferenciales	499
1. Conceptos generales	499
2. Algunos tipos de E.D.O. de primer orden	501
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	502
PROBLEMAS RESUELTOS	503
PROBLEMAS PROPUESTOS	519
Capítulo 17. Sucesiones y series de funciones	521
1. Definiciones y resultados generales	521
2. Series de potencias	524
3. Series de Fourier	527
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	530
PROBLEMAS RESUELTOS	531
PROBLEMAS PROPUESTOS	561

SEGUNDA PARTE: MÉTODOS NUMÉRICOS	565
Presentación	567
Precisión en los métodos numéricos	567
Capítulo 18. Resolución de ecuaciones no lineales	571
1. Método de la bisección	572
2. Método de Newton-Raphson	572
3. Método iterativo del punto fijo	574
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	575
PROBLEMAS RESUELTOS	576
PROBLEMAS PROPUESTOS	583
Capítulo 19. Interpolación	585
1. Construcción del polinomio interpolador	585
2. Error del polinomio de interpolación	587
3. Interpolación a trozos	588
4. Interpolación con condiciones sobre la derivada	590
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	591
PROBLEMAS RESUELTOS	592
PROBLEMAS PROPUESTOS	604
Capítulo 20. Integración numérica	607
1. Métodos de Newton-Côtes	607
2. Integración numérica compuesta	609
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	611
PROBLEMAS RESUELTOS	612
PROBLEMAS PROPUESTOS	620
Capítulo 21. Métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales	623
1. Ideas generales	623
2. Métodos de Taylor	624
3. Métodos de Runge-Kutta	626
TEST DE AUTOEVALUACIÓN	627
PROBLEMAS RESUELTOS	628
PROBLEMAS PROPUESTOS	634
Apéndice 1. Información sobre el CD	637
Apéndice 2. Respuestas a los test de autoevaluación	639
Bibliografía	643
Índice alfabético	645

Tecnología mecánica y metrotecnia

IX

INDICE ANALITICO DEL VOLUMEN I

Parte I. — CONFORMACION POR MOLDEO

	Pág.
CAPÍTULO I	
I. — GENERALIDADES, METALES Y ALEACIONES CONFORMADOS POR FUNDICION	3
1-1. Procedimientos de conformación de los metales.—1-2. Fundición.—1-3. Operaciones fundamentales de la fundición.—1-4. Procedimientos de fundición.—1-5. Metales y aleaciones conformados por fundición.—1-6. Aleaciones de hierro para moldeo. Aceros.—1-7. Fundiciones.—1-8. Fundiciones aleadas.—1-9. Fundiciones especiales.—1-10. Aleaciones de cobre para moldeo.—1-11. Aleaciones de aluminio para moldeo.—1-12. Aleaciones de magnesio para moldeo.—1-13. Aleaciones de cinc para moldeo.	
CAPÍTULO II	
II. — HORNOS DE FUSION	29
2-1. Generalidades.—2-2. Cubilotes.—2-3. Encendido del cubilote.—2-4. Cargas del cubilote.—2-5. Marcha de la fusión en el cubilote.—2-6. Zonas del cubilote.—2-7. Funcionamiento del cubilote.—2-8. Hornos de reverbero.—2-9. Hornos rotativos.—2-10. Hornos de crisoles.—2-11. Hornos eléctricos.—2-12. Hornos eléctricos de arco.—2-13. Hornos eléctricos de inducción.—2-14. Hornos eléctricos de baja frecuencia.—2-15. Hornos eléctricos de alta frecuencia.—2-16. Hornos eléctricos de resistencias.	
CAPÍTULO III	
III. — MOLDEO EN ARENA	50
3-1. Generalidades.—3-2. Construcción de los modelos.—3-3. Materiales empleados para la fabricación de modelos.—3-4. Características de las arenas de moldeo.—3-5. Ensayos para la determinación de las características de las arenas de moldeo.—3-6. Propiedades de las arenas de moldeo.—3-7. Ensayo de las propiedades de las arenas de moldeo.—3-8. Clases de arenas de moldeo.—3-9. Otras clases de arenas de moldeo.—3-10. Aditivos de las arenas.	
CAPÍTULO IV	
IV. — MOLDEO A MANO Y A MAQUINA	75
4-1. Moldeo a mano.—4-2. Colada.—4-3. Desmoldeo.—4-4. Estufado de moldes.—4-5. Moldeo a mano con moldes partidos y caja intermedia.—4-6. Moldeo con machos.—4-7. Estufado de machos.—4-8. Moldeo mecánico.—4-9. Placas modelo.—4-10. Máquinas de desmodelar.—4-11. Máquinas de moldear completas.—4-12. Máquinas de moldeo por presión.—4-13. Clases de prensas empleadas para el moldeo por presión.—4-14. Máquinas de moldeo por sacudidas.—4-15. Máquinas de moldear mixtas.—4-16. Máquinas de moldeo por proyección de arena.—4-17. Moldeo mecánico de machos.—4-18. Ventajas e inconvenientes de las máquinas de moldear.	

CAPÍTULO V

V. — OTROS PROCEDIMIENTOS DE MOLDEO EN MATERIALES NO METÁLICOS	99
5-1. Generalidades. — 5-2. Moldeo con terraja. — 5-3. Moldeo en cáscara. — 5-4. Materiales utilizados para el moldeo en cáscara. — 5-5. Modelos para el moldeo en cáscara. — 5-6. Máquinas para moldeo en cáscara. — 5-7. Ventajas e inconvenientes del moldeo en cáscara. — 5-8. Moldeo al CO ₂ . — 5-9. Mezclas para el moldeo al CO ₂ . — 5-10. Preparación de las mezclas para el moldeo al CO ₂ . — 5-11. Modelos para el proceso al CO ₂ . — 5-12. Aplicación del CO ₂ . — 5-13. Ventajas e inconvenientes del moldeo al CO ₂ . — 5-14. Moldeo a la cera perdida. — 5-15. Técnica actual del moldeo a la cera perdida. — 5-16. Procedimiento de moldeo Mercast.	

CAPÍTULO VI

VI. — MOLDEO EN COQUILLA	119
6-1. Generalidades. — 6-2. Cuerpo del molde. — 6-3. Núcleos de las coquillas. — 6-4. Organos de maniobra. — 6-5. Colada del metal. — 6-6. Condiciones de utilización de las coquillas. — 6-7. Ventajas e inconvenientes del moldeo en coquilla.	

CAPÍTULO VII

VII. — FUNDICION A PRESION	131
7-1. Generalidades. — 7-2. Fundición centrifugada. — 7-3. Velocidad de giro de los moldes. — 7-4. Ventajas e inconvenientes de la fundición centrifugada. — 7-5. Fundición a presión. — 7-6. Matrices para la fundición a presión. — 7-7. Materiales para la construcción de matrices. — 7-8. Máquinas para la fundición a presión. — 7-9. Aleaciones fundidas a presión. — 7-10. Aplicaciones de la fundición a presión. — 7-11. Ventajas e inconvenientes de la fundición a presión.	

CAPÍTULO VIII

VIII. — ACABADO, CONTROL, SEGURIDAD, HIGIENE EN LA FUNDICION.	146
8-1. Operaciones de acabado. — 8-2. Operaciones de limpieza. — 8-3. Operaciones de desbarbado. — 8-4. Control de la fundición. — 8-5. Control de las materias primas para la fundición. — 8-6. Control de las operaciones de fundición. — 8-7. Control de las piezas fabricadas. — 8-8. Seguridad e higiene en la fundición.	

CAPÍTULO IX

IX. — PROYECTO DE PIEZAS FUNDIDAS	155
9-1. Generalidades. — 9-2. Características tecnológicas de la fundición. — 9-3. Rechupes. — 9-4. Grietas. — 9-5. Recomendaciones generales para el proyecto de las piezas fundidas. — 9-6. Normas sobre el espesor de las paredes. — 9-7. Uniones. — 9-8. Angulos. — 9-9. Ensamblados heterogéneos. — 9-10. Sobre-espesores de mecanizados. — 9-11. Tolerancias dimensionales. — 9-12. Disposiciones que facilitan el moldeo. — 9-13. Disposiciones que facilitan la limpieza y rebarbado. — 9-14. Conclusiones.	

CAPÍTULO X

X. — ORGANIZACION DE UN TALLER DE FUNDICION	171
10-1. Generalidades. — 10-2. Sección de modelos. — 10-3. Sección de preparación de arenas. — 10-4. Maquinaria empleada en los circuitos de preparación de las arenas. — 10-5. Sección de preparación de moldes. — 10-6. Sección de preparación de machos. — 10-7. Sección de colada. — 10-8. Sección de limpieza y desbarbado.	

CAPÍTULO XI

XI. — SINTERIZACION	185
11-1. Generalidades. — 11-2. Fabricación de los polvos metálicos. — 11-3. Procedimientos mecánicos para la fabricación de polvos metálicos. — 11-4. Procedimientos físico-químicos para la fabricación de polvos metálicos. — 11-5. Compresión en frío de los polvos metálicos. — 11-6. Sinterización. — 11-7. Compresión en caliente. — 11-8. Operaciones de acabado. — 11-9. Principales aplicaciones de la conformación por sinterización. — 11-10. Limitaciones de la conformación por sinterización.	

Parte II. — CONFORMACION POR DEFORMACION Y CORTE

CAPÍTULO XII

I. — FORJA	197
12-1. Generalidades. — 12-2. Forja. — 12-3. Objeto de la forja. — 12-4. Metales y aleaciones forjables. — 12-5. Ciclo térmico de la forja. — 12-6. Fraguas y hornos de forja. — 12-7. Forja a mano. — 12-8. Operaciones de forja a mano. — 12-9. Defectos en la forja.	

CAPÍTULO XIII

II. — FORJA MECANICA. ESTAMPACION EN CALIENTE	219
13-1. Generalidades. — 13-2. Martinetes para forja mecánica. — 13-3. Martinetes mecánicos. — 13-4. Martinetes neumáticos. — 13-5. Martinetes de vapor. — 13-6. Deformaciones producidas por los martinetes. — 13-7. Prensas para forja mecánica. — 13-8. Prensas de fricción. — 13-9. Prensas excéntricas. — 13-10. Prensas hidráulicas. — 13-11. Potencias de las prensas. — 13-12. Deformaciones producidas por las prensas. — 13-13. Manipuladores de forja. — 13-14. Estampación en caliente. — 13-15. Estampas para estampación en caliente. — 13-16. Proyecto de estampas para estampación en caliente. — 13-17. Materiales para la construcción de las estampas. — 13-18. Construcción de estampas para estampación en caliente.	

CAPÍTULO XIV

III. — EXTRUSION	240
14-1. Generalidades. — 14-2. Extrusión en frío. — 14-3. Máquinas y utillaje para la extrusión en frío. — 14-4. Métodos operatorios para la extrusión en frío. — 14-5. Fuerza necesaria para la extrusión en frío. — 14-6. Aplicaciones de la extrusión en frío. — 14-7. Extrusión en caliente. — 14-8. Metales y aleaciones extruidas en caliente. — 14-9. Prensas para extrusión. — 14-10. Métodos de trabajo para la extrusión en caliente. — 14-11. Otros procedimientos de extrusión en caliente. — 14-12. Utillaje para la extrusión. — 14-13. Utillaje complementario para la extrusión en caliente. — 14-14. Presión necesaria para la extrusión en caliente. — 14-15. Aplicaciones de la extrusión en caliente.	

CAPÍTULO XV

IV. — ESTAMPACION EN FRIO DE LA CHAPA	258
15-1. Generalidades. — 15-2. Metales y aleaciones para estampación en frío. — 15-3. Operaciones fundamentales de la estampación en frío. — 15-4. Punzonado o corte de la chapa (troquelado). — 15-5. Fuerza necesaria para el corte y punzonado (troquelado). — 15-6. Doblado y curvado. — 15-7. Fuerza necesaria para el doblado. — 15-8. Desarrollo de una pieza doblada. — 15-9. Embutición. — 15-10. Fuerza necesaria para la embutición. — 15-11. Desarrollo de una pieza embutida. — 15-12. Estirado. — 15-13. Proyecto de piezas estampadas.	

	<i>Pág.</i>
CAPÍTULO XVI	
V. — ESTAMPAS PARA ESTAMPACION EN FRIO	279
16-1. Generalidades. — 16-2. Punzones y porta-punzones. — 16-3. Matrices y porta-matrices. — 16-4. Topes. — 16-5. Guías. — 16-6. Extractores. — 16-7. Alimentadores. — 16-8. Estampas de punzonado y corte. — 16-9. Estampas para plegar y curvar. — 16-10. Estampas de embutición. — 16-11. Estampas mixtas. — 16-12. Estampas progresivas. — 16-13. Materiales para la construcción de estampas. — 16-14. Construcción de las estampas. — 16-15. Armazones normalizados.	
CAPÍTULO XVII	
VI. — MAQUINAS PARA LA CONFORMACION DE LA CHAPA	306
17-1. Clases de máquinas para la conformación de la chapa. — 17-2. Prensas. — 17-3. Prensas excéntricas. — 17-4. Elección de las prensas excéntricas para trabajos de embutición. — 17-5. Prensas hidráulicas. — 17-6. Prensas de husillo, palanca y fricción. — 17-7. Plegadoras. — 17-8. Cizallas de guillotina. — 17-9. Cizallas de tijera. — 17-10. Tornos de entallar. — 17-11. Aplanadoras de rodillos. — 17-12. Curvadoras de rodillos. — 17-13. Tijeras circulares. — 17-14. Dobladoras. — 17-15. Arrolladoras, bordadoras y cercadoras. — 17-16. Perfiladoras. — 17-17. Engrapadoras.	
CAPÍTULO XVIII	
VII. — LAMINACION. A) TEORIA	327
18-1. Generalidades. — 18-2. Metales y aleaciones trabajados por laminación. — 18-3. Deformaciones producidas en laminación con cilindros lisos. — 18-4. Valores que caracterizan las deformaciones producidas en laminación. — 18-5. Arrastre del tocho con cilindros lisos. — 18-6. Presión máxima según el diámetro de los cilindros. — 18-7. Cilindros acanalados. — 18-8. Trabajos necesarios para la laminación. — 18-9. Par motor necesario para laminación.	
CAPÍTULO XIX	
VIII. — LAMINACION. B) PRACTICA	340
19-1. Características de los laminadores. — 19-2. Tipos de laminadores. — 19-3. Trenes de laminación. — 19-4. Trenes de laminación para el acero. — 19-5. Trenes desbastadores (Bloomng-Slabbing). — 19-6. Trenes de palanquilla. — 19-7. Trenes para fermachine. — 19-8. Trenes estructurales. — 19-9. Trenes comerciales. — 19-10. Trenes para chapa. — 19-11. Hornos para el calentamiento de los lingotes. — 19-12. Hornos para el calentamiento de los semi-elaborados. — 19-13. Hornos para el recocido de chapas. — 19-14. Instalaciones accesorias en laminación. — 19-15. Fabricación de la hojalata. — 19-16. Procedimientos para la fabricación de la hojalata. — 19-17. Estañado en caliente. — 19-18. Estañado electrolítico. — 19-19. Laminación de planchas y bandas de aluminio y sus aleaciones. — 19-20. Laminación del cobre y sus aleaciones.	
CAPÍTULO XX	
IX. — ESTIRADO Y TREFILADO	365
20-1. Estirado y trefilado. — 20-2. Metales y aleaciones aptos para conformación por estirado. — 20-3. Alargamiento producido por el estirado. — 20-4. Práctica del estirado de barras. — 20-5. Operaciones preparatorias. — 20-6. Estirado propiamente dicho. — 20-7. Operaciones de acabado. — 20-8. Estirado de tubos. — 20-9. Operaciones de acabado en el estirado de tubos. — 20-10. Lubricación de barras y tubos. — 20-11. Trefilado. — 20-12. Materiales trefilados. — 20-13. Práctica del trefilado. — 20-14. Operaciones preparatorias. — 20-15. Trefilado propiamente dicho. — 20-16. Clases de máquinas de trefilar. — 20-17. Operaciones de acabado. — 20-18. Lubricación. — 20-19. Aplicaciones de los alambres trefilados.	

CAPÍTULO XXI

X. — FABRICACION DE TUBOS	378
21-1. Fabricación de tubos metálicos. — 21-2. Tubos abiertos. — 21-3. Tubos engrapados. — 21-4. Tubos soldados eléctricamente por costura. — 21-5. Tubos soldados eléctricamente por arco. — 21-6. Tubos soldados oxiacetilénicamente. — 21-7. Tubos soldados a tope con bocina. — 21-8. Tubos soldados a tope y solape con rodillos. — 21-9. Tubos fundidos. — 21-10. Tubos embutidos en caliente. — 21-11. Tubos extruidos en caliente. — 21-12. Fabricación de tubos por perforación con mandril. — Tubos perforados por el sistema Mannesmann. — 21-14. Tubos perforados por el sistema Stiefel. — 21-15. Acabado de tubos por estirado y laminación rotativa. — 21-16. Tubos fabricados por mecanizado y electrodeposición.	

Parte III. — CONFORMACION POR SOLDADURA

CAPÍTULO XXII

I. — SOLDADURA	385
22-1. Definiciones. — 22-2. Importancia de la soldadura. — 22-3. Clases de soldadura. — 22-4. Soldadura blanda. — 22-5. Soldadura fuerte amarilla. — 22-6. Soldadura fuerte con plata. — 22-7. Soldadura fuerte por difusión. — 22-8. Soldadura por forja. — 22-9. Soldadura aluminotérmica. — 22-10. Soldadura por puntos ultrasónica. — 22-11. Soldadura a tope por frotamiento.	

CAPÍTULO XXIII

II. — SOLDADURA OXIACETILENICA	401
23-1. Generalidades. — 23-2. El acetileno. — 23-3. Generadores de acetileno. — 23-4. Aparatos complementarios de los generadores de acetileno. — 23-5. Embotellado del acetileno. — 23-6. El oxígeno. — 23-7. Manorreductores. — 23-8. Sopletes. — 23-9. Equipos de soldadura oxiacetilénica.	

CAPÍTULO XXIV

III. — PRACTICA DE LA SOLDADURA OXIACETILENICA Y DEL OXICORTE.	418
24-1. Generalidades. — 24-2. La llama oxiacetilénica. — 24-3. Clases de llamas y su empleo. — 24-4. Metales de aportación. — 24-5. Fundentes. — 24-6. Métodos de soldadura. — 24-7. Posiciones de las piezas en la soldadura. — 24-8. Preparación de las piezas a soldar. — 24-9. Deformaciones y tensiones internas en la soldadura. — 24-10. Defectos de la soldadura. — 24-11. Coste de la soldadura. — 24-12. Soldadura automática. — 24-13. Oxícorte. — 24-14. Oxitomo.	

CAPÍTULO XXV

IV. — SOLDADURA ELECTRICA POR ARCO	441
25-1. Generalidades. — 25-2. El arco eléctrico. — 25-3. Procedimientos de soldadura por arco. — 25-4. Soldadura por arco con electrodos de carbón. — 25-5. Soldadura por arco con electrodos metálicos. — 25-6. Electrodos para soldadura por arco. — 25-7. Clases de electrodos. — 25-8. Clases de electrodos según la varilla. — 25-9. Clases de electrodos según el recubrimiento. — 25-10. Electrodos normalizados para soldadura de aceros al carbono. — 25-11. Equipos de soldadura manual por arco. — 25-12. Máquinas de corriente continua para soldadura. — 25-13. Máquinas de corriente alterna para soldadura. — 25-14. Ventajas e inconvenientes de los equipos para soldadura de corriente continua y alterna. — 25-15. Bancos múltiples de soldadura. — 25-16. Accesorios complementarios de los equipos de soldadura. — 25-17. Práctica de la soldadura por arco. — 25-18. Cálculo del precio de coste de la soldadura.	

CAPÍTULO XXVI

- MODALIDADES Y ENSAYOS DE LA SOLDADURA ELECTRICA POR ARCO ... 463
26-1. Generalidades. — 26-2. Soldadura automática por arco. — 26-3. Soldadura en atmósfera inerte. — 26-4. Práctica de la soldadura en atmósfera inerte. — 26-5. Soldadura con hidrógeno atómico. — 26-6. Ensayo de propiedades mecánicas de la soldadura. — 26-7. Corte por arco eléctrico.

CAPÍTULO XXVII

- SOLDADURA ELECTRICA POR RESISTENCIA 473
27-1. Generalidades. — 27-2. Soldadura eléctrica por puntos. — 27-3. Práctica de la soldadura por puntos. — 27-4. Factores que influyen en la soldadura eléctrica por puntos. — 27-5. Electrodo. — 27-6. Máquinas para soldadura por puntos. — 27-7. Temporizadores de las máquinas de soldadura por puntos. — 27-8. Variantes de la soldadura por puntos. — 27-9. Aplicaciones de la soldadura eléctrica por puntos. — 27-10. Soldadura eléctrica por costura. — 27-11. Práctica de la soldadura por costura. — 27-12. Soldadura eléctrica a tope. — 27-13. Soldadura eléctrica a tope por compresión. — 27-14. Soldadura eléctrica a tope por arco o ignición.

INDICE ANALITICO DEL VOLUMEN II

Parte IV. — CONFORMACION POR ARRANQUE DE MATERIAL

	<i>Pág.</i>
CAPÍTULO XXVIII	
I. — TEORIA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE	489
28-1. Generalidades. — 28-2. Metales y aleaciones para conformar por arranque de material. — 28-3. Maquinabilidad. — 28-4. Aceros de alta maquinabilidad. — 28-5. Procedimientos de conformación por arranque de material. — 28-6. Arranque de material por medio de cuchillas. — 28-7. Características del trabajo de las herramientas de corte. — 28-8. Materiales para herramientas de corte. — 28-9. Aceros al carbono para herramientas. — 28-10. Aceros aleados para herramientas. — 28-11. Aceros rápidos para herramientas. — 28-12. Estelitas para herramientas de corte. — 28-13. Carburos metálicos utilizados para herramientas. — 28-14. Diamantes para herramientas. — 28-15. Herramientas de cerámica. — 28-16. Tratamientos térmicos de las herramientas de corte.	
CAPÍTULO XXIX	
II. — CARACTERISTICAS FORMALES DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE .	506
29-1. Características formales de una cuchilla elemental. — 29-2. Influencia de la forma de la cuchilla elemental en sus condiciones de trabajo. — 29-3. Influencia del ángulo de incidencia. — 29-4. Influencia del ángulo de incidencia secundario. — 29-5. Influencia del ángulo de desprendimiento o ataque. — 29-6. Influencia del ángulo de oblicuidad del filo principal. — 29-7. Influencia del ángulo de oblicuidad del contrafilo. — 29-8. Angulo de inclinación longitudinal. — 29-9. Enlace del filo y contrafilo. — 29-10. Rompevirutas.	
CAPÍTULO XXX	
III. — CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE	526
30-1. Generalidades. — 30-2. Velocidad de corte. — 30-3. Determinación de las velocidades de corte por la duración del afilado (método Taylor). — 30-4. Determinación de la velocidad de corte por la mayor producción de viruta entre dos afilados. — 30-5. Tablas y gráficos para la determinación de las velocidades de corte. — 30-6. Fuerza de corte. — 30-7. Fuerza específica de corte. — 30-8. Potencia necesaria para las máquinas herramientas. — 30-9. Desgaste de las herramientas. — 30-10. Lubrificantes para el mecanizado de los metales. — 30-11. Aceites de corte empleados. — 30-12. Práctica de la lubricación del mecanizado.	
CAPÍTULO XXXI	
IV. — CALCULO DE TIEMPOS DE FABRICACION	543
31-1. Generalidades. — 31-2. Métodos para establecer los tiempos de fabricación. — 31-3. Cálculo de tiempos por cronometraje. — 31-4. Cálculo de tiempos por la suma de tiempos elementales preestablecidos. — 31-5. Operaciones manuales (de maniobra y verificación). — 31-6. Operaciones de mecanización. — 31-7. Determinación de la velocidad de corte. — 31-8. Cuadernos-Máquinas. — 31-9. Cálculo completo del tiempo de fabricación de una pieza.	
CAPÍTULO XXXII	
V. — MAQUINAS HERRAMIENTAS: CEPILLADORAS	567
32-1. Generalidades. — 32-2. Cepilladoras. — 32-3. Componentes principales de las cepilladoras. — 32-4. Sujeción de la herramienta. — 32-5. Movimientos de la herramienta.	

32-6. Movimientos de la pieza.— 32-7. Mecanismo del retroceso de la mesa.— 32-8. Tipos de cepilladoras.— 32-9. Herramientas y condiciones de corte para las cepilladoras.— 32-10. Operaciones que se realizan con las cepilladoras. 32-11. Fuerza de corte en las cepilladoras.— 32-12. Potencia necesaria para el corte en las cepilladoras.— 32-13. Cálculos de los tiempos de máquina para las cepilladoras.

CAPÍTULO XXXIII

VI.— MAQUINAS HERRAMIENTAS: LIMADORAS 588
 33-1. Generalidades.— 33-2. Componentes principales de las limadoras.— 33-3. Sujeción de la herramienta.— 33-4. Movimientos de la herramienta.— 33-5. Accionamiento del carnero por cremallera.— 33-6. Accionamiento del carnero por biela y plato manivela.— 33-7. Accionamiento del carnero por palanca oscilante y plato-manivela. 33-8. Velocidades instantáneas y medias del carnero en las limadoras con accionamiento por palanca y plato manivela.— 33-9. Accionamiento hidráulico del carnero. 33-10. Movimientos de la pieza.— 33-11. Tipos de limadoras.— 33-12. Herramientas y condiciones de corte para las limadoras.— 33-13. Operaciones que se realizan con las limadoras.— 33-14. Fuerza de corte y potencia absorbida por las limadoras.— 33-15. Cálculo de los tiempos de máquina para las limadoras.

CAPÍTULO XXXIV

VII.— MAQUINAS HERRAMIENTAS: MORTAJADORAS 610
 34-1. Generalidades.— 34-2. Componentes principales de las mortajadoras.— 34-3. Sujeción de la herramienta.— 34-4. Movimientos de la herramienta.— 34-5. Accionamiento del carro portaherramienta por biela y plato-manivela.— 34-6. Accionamiento del carro portaherramienta por biela y manivela excéntrica. 34-7. Accionamiento del carro portaherramienta por biela y plato oscilante.— 34-8. Accionamiento del carro portaherramienta por piñón y cremallera.— 34-9. Accionamiento del carro portaherramienta por tornillo y tuerca.— 34-10. Accionamiento del carro portaherramienta por mando hidráulico.— 34-11. Movimientos de la pieza.— 34-12. Tipos de mortajadoras.— 34-13. Herramientas y condiciones de corte para las mortajadoras. 34-14. Operaciones realizables con las mortajadoras.— 34-15. Fuerza de corte y potencia absorbida por las mortajadoras.— 34-16. Cálculos de los tiempos de máquina para las mortajadoras.

CAPÍTULO XXXV

VIII.— MAQUINAS HERRAMIENTAS: BROCHADORAS 625
 35-1. Generalidades.— 35-2. Componentes principales de las brochadoras.— 35-3. Herramientas para el brochado. Brochas.— 35-4. Brochas para mecanizar interiores. 35-5. Detalles constructivos de las brochas para interiores.— 35-6. Características de las brochas.— 35-7. Sección resistente mínima de las brochas.— 35-8. Materiales para la construcción de brochas.— 35-9. Sujeción de la herramienta.— 35-10. Movimientos de la herramienta.— 35-11. Tipos de brochadoras.— 35-12. Potencia necesaria para el brochado.— 35-13. Cálculo de los tiempos de máquina para el brochado.— 35-14. Brochado de repaso y pulido.— 35-15. Brochado helicoidal.— 35-16. Brochado de exteriores.— 35-17. Manipulación y afilado de las brochas.— 35-18. Ventajas e inconvenientes del brochado.

CAPÍTULO XXXVI

IX.— MAQUINAS HERRAMIENTAS: TORNOS 647
 36-1. Generalidades.— 36-2. Componentes principales de los tornos.— 36-3. Sujeción de la herramienta.— 36-4. Movimientos de la herramienta.— 36-5. Sujeción de la pieza.— 36-6. Movimientos de la pieza.— 36-7. Operaciones que se realizan con los tornos.— 36-8. Trabajos especiales ejecutados sobre tornos cilíndricos.— 36-9. Clases de tornos.— 36-10. Tornos al aire.— 36-11. Tornos verticales.— 36-12. Herramientas y condiciones de corte para el torneado.— 36-13. Fuerza de corte y potencia absorbida por el torneado. 36-14. Cálculos de tiempos de máquina para el torneado.

	Pág.
CAPÍTULO XXXVII	
X. — MAQUINAS HERRAMIENTAS: TORNOS SEMIAUTOMATICOS Y AUTOMATICOS	680
37-1. Generalidades. — 37-2. Tornos con copiador. — 37-3. Copiado con mando por tensión elástica. — 37-4. Copiado con mando por transmisión eléctrica. — 37-5 Copiado con mando por transmisión hidráulica. — 37-6. Copiado con mando electrónico-hidráulico. — 37-7. Tornos revólver. — 37-8. Funcionamiento de un torno revólver. — 37-9. Componentes principales de los tornos revólver. — 37-10. Clases de tornos revólver. — 37-11. Herramientas de los tornos revólver. — 37-12. Tornos automáticos. — 37-13. Funcionamiento de los tornos automáticos. — 37-14. Tornos automáticos de herramientas radiales. — 37-15. Tornos automáticos de varios ejes.	
CAPÍTULO XXXVIII	
XI. — MAQUINAS HERRAMIENTAS: TALADRADORAS	702
38-1. Generalidades. — 38-2. Componentes principales de las taladradoras. — 38-3. Sujeción de la herramienta. — 38-4. Movimientos de la herramienta. — 38-5. Sujeción de la pieza. — 38-6. Movimientos de la pieza. — 38-7. Tipos de taladradoras. — 38-8. Herramientas de las taladradoras: brocas. — 38-9. Brocas de lanza. — 38-10. Brocas espirales. — 38-11. Operaciones realizables con las taladradoras. — 38-12. Condiciones de corte de las taladradoras. — 38-13. Fuerza de corte en el taladrado. — 38-14. Momento de torsión y potencia absorbida por el taladrado. — 38-15. Cálculo de los tiempos de máquina para el taladrado.	
CAPÍTULO XXXIX	
XII. — MAQUINAS HERRAMIENTAS: MANDRINADORAS	735
39-1. Generalidades. — 39-2. Componentes principales de las mandrinadoras. — 39-3. Sujeción de la herramienta. — 39-4. Movimientos de la herramienta. — 39-5. Sujeción y movimientos de la pieza. — 39-6. Herramientas de las mandrinadoras. — 39-7. Operaciones realizables con las mandrinadoras. — 39-8. Clases de mandrinadoras. — 39-9. Condiciones de corte para las mandrinadoras. — 39-10. Fuerza de corte, potencia absorbida y tiempos de máquina para el mandrinado.	
CAPÍTULO XL	
XIII. — MAQUINAS HERRAMIENTAS: FRESADORAS	755
40-1. Generalidades. — 40-2. Componentes principales de las fresadoras. — 40-3. Sujeción de la herramienta. — 40-4. Movimientos de la herramienta. — 40-5. Sujeción de las piezas. — 40-6. Cabezal divisor. — 40-7. Movimientos de la pieza. — 40-8. Herramientas de las fresadoras: Fresas. — 40-9. Angulos de las fresas. — 40-10. Afilado de las fresas. — 40-11. Clases de fresas. — 40-12. Operaciones que realizan las fresadoras. — 40-13. Tipos de fresadoras. — 40-14. Fresadoras especiales. — 40-15. Condiciones de corte para el fresado. — 40-16. Fuerza, momento torsor y potencia absorbida en el fresado. — 40-17. Cálculos de tiempos de máquina para el fresado.	
CAPÍTULO XLI	
XIV. — MECANIZACION CON ABRASIVOS. A) MUELAS	790
41-1. Generalidades. — 41-2. Clases de abrasivos. — 41-3. Aplicaciones de los abrasivos. — 41-4. Muelas. — 41-5. Muelas artificiales. — 41-6. Otras características de las muelas. — 41-7. Velocidad de giro de las muelas. — 41-8. Montaje de las muelas. — 41-9. Selección de las muelas más apropiadas. — 41-10. Regeneración de las muelas. — 41-11. Muelas diamantadas.	
CAPÍTULO XLII	
XV. — MECANIZACION CON ABRASIVOS. B) MAQUINAS	810
42-1. Generalidades. — 42-2. Esmeriladoras. — 42-3. Afiladoras de herramientas. — 42-4. — Afiladoras electrolíticas. — 42-5. Rectificadoras. — 42-6. Rectificadoras cilíndricas de exteriores. — 42-7. Rectificadoras cilíndricas de interiores. — 42-8. Rectificadoras cilíndricas universales. — 42-9. Rectificadoras sin centros. — 42-10. Rectificadoras de superficies planas. — 42-11. Rectificadoras especiales. — 42-12. Máquinas aca-	

badoras. — 42-13. Condiciones de corte para las rectificadoras. — 42-14. Fuerza de corte y potencia absorbida por las rectificadoras. — 42-15. Cálculo de tiempos de máquina para el rectificado. Pág. —

CAPÍTULO XLIII

XVI. — UNIDADES AUTONOMAS DE MECANIZADO 849
 43-1. Generalidades. — 43-2. Componentes de una unidad autónoma de mecanizado. — 43-3. Máquinas para mecanizado automático. — 43-4. Máquinas de mesa fija. — 43-5. Máquinas de mesa giratoria. — 43-6. Máquinas transfert.

CAPÍTULO XLIV

XVII. — MECANIZACION SIN CONTACTO DIRECTO CON LA HERRAMIENTA. 860
 44-1. Generalidades. — 44-2. Mecanizado por electroerosión. — 44-3. Componentes principales de una electroerosionadora. — 44-4. Electroútil. 44-5. Sujeción y movimientos de la pieza. — 44-6. Clases de máquinas empleadas para la electroerosión. — 44-7. Aplicaciones del mecanizado por electroerosión. — 44-8. Mecanizado por ultrasonidos. — 44-9. Componentes principales de una máquina para mecanizado por ultrasonidos. — 44-10. La herramienta para el mecanizado por ultrasonidos. — 44-11. Sujeción y movimientos de la pieza. — 44-12. Clases de máquinas para el mecanizado por ultrasonidos. — 44-13. Aplicaciones del mecanizado por ultrasonidos. — 44-14. Mecanizado por haces de electrones. — 44-15. Fundamentos del mecanizado por haces de electrones. — 44-16. Componentes de una instalación de mecanizado por haces electrónicos. — 44-17. Aplicaciones del mecanizado por haces de electrones.

Parte V — CONTROL NUMERICO Y SUS APLICACIONES

CAPÍTULO XLV

INTRODUCCION AL CONTROL NUMERICO 879
 45-1. Generalidades. — 45-2. Antecedentes del CN. — 45-3. Aplicaciones del CN. — 45-4. Ventajas e inconvenientes del CN. — 45-5. Clasificación de las máquinas de CN. 45-6. Características de las máquinas-herramientas gobernadas por CN. — 45-7. Estructura de una máquina de CN. — 45-8. Organos de mando y control de la máquina herramienta. — 45-9. Captadores de posición. — 45-10. Puntos de referencia. — 45-11. Nomenclatura de ejes y movimientos. — 45-12. Sistemas de valorar los desplazamientos.

CAPÍTULO XLVI

PROGRAMACION PARA EL CONTROL NUMERICO 912
 46-1. Generalidades. — 46-2. Letras que caracterizan las funciones. — 46-3. Formatos. 46-4. Programación de las funciones de orden (P y N). — 46-5. Funciones preparatorias (G). — 46-6. Programación en cotas e incrementales (G90 y G91). — 46-7. Programación en milímetros y en pulgadas (G71 y G70). — 46-8. Programación de la búsqueda del cero máquina con (G74) y del desplazamiento del cero pieza con (G92). 46-9. Programación de la forma de los desplazamientos (G00, G01, G02, G03). — 46-10. Programaciones especiales (G04), (G05, 07), (G11, G12, G13, G10). — 46-11. Programación de las compensaciones de las herramientas (G40, G41, G42, 43). — 46-12. Programación de ciclos fijos (G80, G81, G82, G83, G84, G85, G86 y G89). — 46-13. Programación de los desplazamientos. — 46-14. Programación de los centros de los círculos. — 46-15. Programación del avance. — 46-16. Programación de la velocidad de giro del husillo principal (S). — 46-17. Programación de las herramientas (T). — 46-18. Programación de las funciones auxiliares (M). — 46-19. Programación de subrutinas normales y paramétricas. — 46-20. Programación asistida por ordenador. — 46-21. Estructura de un sistema de programación asistida.

CAPÍTULO XLVII

OPERACION DE LAS MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO 950
 47-1. Generalidades. — 47-2. Mandos y controles de una máquina industrial de CN. — 47-3. Operación manual (Modo n.º 5). — 47-4. Introducción de la programación en la

máquina (Modo n.º 6-Editor). — 47-5. Borrado de un programa completo. — 47-6. Programación ayudada. — 47-7. Modo Play-Back (n.º 2). — 47-8. Modo Teach-In (n.º 3). — 47-9. Ejecución automática de un programa (Modo n.º 0). — 47-10. Ejecución bloque a bloque (Modo n.º 1). — 47-11. En vacío (Modo n.º 4). — 47-12. Periféricos. — 47-13. Tabla de herramientas. — 47-14. Modos especiales. Test. — 47-15. Asignación de valores a los parámetros-máquina. — 47-16. Personalización de las funciones M decodificadas. — 47-17. Errores. — 47-18. Máquinas de CN para formación profesional.

CAPÍTULO XLVIII

MAQUINAS HERRAMIENTAS: PUNTEADORAS 977
 48-1. Generalidades. — 48-2. Componentes principales de las punteadoras. — 48-3. Sujeción y movimientos de la herramienta. — 48-4. Movimientos de la pieza. — 48-5. Control de los desplazamientos. — 48-6. Dispositivo repetidor automático. — 48-7. Control Numérico por cinta perforada. — 48-8. Dispositivos complementarios de las máquinas con control Numérico por cinta perforada. — 48-9. Herramientas empleadas en las punteadoras. — 48-10. Operaciones realizables con las punteadoras.

CAPÍTULO XLIX

CENTROS DE MECANIZADO 999
 49-1. Generalidades. — 49-2. Estructura de un centro de mecanizado. — 49-3. Almacén de herramientas. — 49-4. Portaherramientas. — 49-5. Sistema de bloqueo de los portaherramientas en el husillo. — 49-6. Cambiador automático de herramientas. — 49-7. Movimientos automatizados. — 49-8. Motores. — 49-9. Dispositivos complementarios de los centros de mecanizado. — 49-10. Alimentadores de paletas.

CAPÍTULO L

ROBOTS INDUSTRIALES 1.013
 50-1. Generalidades. — 50-2. Antecedentes de los robots. — 50-3. Ventajas de los robots. — 50-4. Generaciones de robots. — 50-5. Elementos que componen un robot industrial. — 50-6. Motores. — 50-7. La mano de los robots. — 50-8. Clases de robots. — 50-9. Programación de los robots. — 50-10. Programación textual. — 50-11. Aplicación de los robots industriales a la soldadura por puntos. — 50-12. Aplicación de los robots a la pintura con pistola. — 50-13. Amortización de los robots. — 50-14. Robots inteligentes. — 50-15. Robots para formación profesional e investigación.

Parte VI — CONFORMACIONES ESPECIALES

CAPÍTULO LI

I. — ASERRADO 1.043
 51-1. Generalidades. — 51-2. Aserrado. — 51-3. Sierras alternativas. — 51-4. Sierras de arco. — 51-5. Sierras de cinta. — 51-6. Sierras de cinta sinfin. — 51-7. Sierras de cinta de fricción. — 51-8. Sierras circulares. — 51-9. Sierras de disco dentadas. — 51-10. Sierras de disco de fricción. — 51-11. Sierras de disco abrasivo.

CAPÍTULO LII

II. — CONFORMACION DE ROSCAS 1.054
 52-1. Las roscas. — 52-2. Conformación de las roscas. — 52-3. — Roscado en el torno. — 52-4. Cálculo de las ruedas de enlace para el roscado en el torno. — 52-5. Ejemplos de aplicación del cálculo de las ruedas de enlace para roscar en el torno. — 52-6. Ejecución de roscas cuando no se dispone de la rueda de 127 dientes. — 52-7. Roscado en el torno con paso aproximado. — 52-8. Roscado en el torno revólver. — 52-9. Roscado en la taladradora. — 52-10. Roscado en la fresadora. — 52-11. Roscado con máquina de roscar con peines. — 52-12. Roscado por laminación. — 52-13. Rectificado de roscas.

CAPÍTULO LIII

III. — CONFORMACION DE ENGRANAJES. A) RUEDAS CILINDRICAS 1.076
 53-1. Generalidades. — 53-2. Clases de engranajes. — 53-3. Características de los engra-

najes.— 53-4. Procedimientos de conformación de los engranajes.— 53-5. Conformación de engranajes por laminación.— 53-6. Conformación de engranajes por cepillado y fresado.— 53-7. Tallado de ruedas cilíndricas por reproducción.— 53-8. Tallado de ruedas cilíndricas con fresas de forma o módulo.— 53-9. Tallado de ruedas cilíndricas con dentado helicoidal en la fresadora con fresas de módulo.— 53-10. Tallado de ruedas chevron con fresas de punta.— 53-11. Tallado de ruedas cilíndricas por generación.— 53-12. Máquinas de generación por cremallera. Procedimiento Maag.— 53-13. Procedimiento Sunderland.— 53-14. Máquinas de generación con piñón mortajador. Procedimiento Fellows.— 53-15. Máquinas de generación por fresa madre.— 53-16. Estudio comparativo de los procedimientos de tallado por generación.— 53-17. Tallado de ruedas con dentado interior.— 53-18. Tallado de cremalleras.— 53-19. Tallado de ruedas para cadenas de rodillos.— 53-20.—Tallado de ruedas para cadenas de rodillos.

CAPÍTULO LIV

IV. — CONFORMACION DE ENGRANAJES. B) RUEDAS CONICAS Y OTRAS ... 1.103
54-1. Tallado de ruedas cónicas.— 54-2. Tallado de ruedas cónicas por cepillado con plantilla.— 54-3. Tallado de ruedas cónicas por cepillado con generación.— 54-4. Tallado de ruedas cónicas por fresado con generación.— 54-5. Tallado de ruedas cónicas con fresa de módulo.— 54-6. Tallado de ruedas cónicas con dentado helicoidal.— 54-7. Tallado de ruedas cónicas con dentado espiral.— 54-8. Tallado de ruedas cónicas con dentado espiral Gleason.— 54-9. Tallado de dentados Gleason espirales hipoides.— 54-10. Tallado de ruedas cónicas con dentado espiral Oerlikon.— 54-11. Tallado de ruedas cónicas con dentado espiral Klingelnberg.— 54-12. Tallado de tornillos sinfin.— 54-13. Tallado de ruedas glólicas.— 54-14. Tallado de ruedas y tornillos sinfin globoides.— 54-15. Acabado de los engranajes.— 54-16. Rectificado de los engranajes.— 54-17. Afeitado de los engranajes.— 54-18. Rodaje de los engranajes.— 54-19. Tratamiento térmico de los engranajes.

Parte VII — METROTECNIA

CAPÍTULO LV

V. — ORGANIZACION DE UN TALLER MECANICO 1.136
55-1. Generalidades.— 55-2. Edificio.— 55-3. Iluminación natural de los talleres.— 55-4. Alumbrado artificial de los talleres.— 55-5. Pintura de los talleres.— 55-6. Calefacción de los talleres.— 55-7. Distribución eléctrica en los talleres.— 55-8. Distribución de agua y aire en los talleres.— 55-9. Secciones básicas de un taller mecánico.— 55-10. Sección técnica.— 55-11. Sección de fabricación.— 55-12. Almacenes.— 55-13. Entretenimiento.— 55-14. Transportes.— 55-15. Secciones complementarias.— 55-16. Recepción de las máquinas herramientas.

CAPÍTULO LVI

I. — METROLOGIA 1.155
56-1. Generalidades.— 56-2. Antecedentes históricos de la metrología dimensional actual.— 56-3. El sistema métrico.— 56-4. Los sistemas de medidas anglosajones.— 56-5. Práctica de la medición.— 56-6. Errores en la medición.— 56-7. Errores de los aparatos de medidas.— 56-8. Errores debidos al operador.— 56-9. Errores debidos al ambiente.— 56-10. Instrumentos de medida.— 56-11. Características de los instrumentos de medida.

CAPÍTULO LVII

II. — MEDIDA DE LONGITUDES 1.168
57-1. Instrumentos utilizados.— 57-2. Metros.— 57-3. Reglas graduadas.— 57-4. Calibres pie de rey.— 57-5. Fundamento del nonius.— 57-6. Manera de utilizar el calibre pie de rey.— 57-7. Tipos de calibres.— 57-8. Características de un calibre.— 57-9. Calibres micrométricos o micrómetros.— 57-10. Tipos de micrómetros.— 57-11. Recomendaciones para el uso de los micrómetros.— 57-12. Máquinas de medir.— 57-13. Medida de los espesores de los dientes de los engranajes.— 57-14. Calibres de módulos.— 57-15. Aparato Maag para medir el espesor de los dientes y paso de

XVI	<u>Pág.</u>
los engranajes. 57-16. Visualizadores electrónicos de cotas.— 57-17. Medidas con rayos laser.	
CAPÍTULO LVIII	
III.— CONTROL DE LONGITUDES POR COMPARACION	1.194
58-1. Comparación.— 58-2. Aparatos comparadores.— 58-3. Comparadores de amplificación mecánica.— 58-4. Comparadores de amplificación óptica.— 58-5. Comparadores de amplificación neumática.— 58-6. Micrómetro neumático Solex.— 58-7. Aplicaciones del micrómetro neumático.	
CAPÍTULO LIX	
IV.— VERIFICADORES DE DIMENSIONES FIJAS	1.205
59-1. Calibres de verificación.— 59-2. Clasificación de los aparatos de verificación de dimensiones fijas.— 59-3. Calibres para piezas machos.— 59-4. Calibres para piezas hembras.— 59-5. Calibres fijos para roscas.— 59-6. Verificación de piezas roscadas.— 59-7. Verificación de piezas roscadas con calibres límites.— 59-8. Verificación de cuerpos cónicos con calibres fijos.— 59-9. Calas patrón.— 59-10. Control de los verificadores de dimensiones fijas.— 59-11. Metrología óptico-mecánica.	
CAPÍTULO LX	
V.— CONTROL DE ANGULOS	1.226
60-1. Generalidades.— 60-2. Aparatos de medida de ángulos.— 60-3. Falsas escuadras.— 60-4. Transportadores de ángulos.— 60-5. Microscopios goniométricos.— 60-6. Control trigonométrico de los ángulos.— 60-7. Verificadores de ángulos.	
CAPÍTULO LXI	
VI.— CONTROL DE SUPERFICIES	1.237
61-1. Control de superficies planas.— 61-2. Mármoles de verificación.— 61-3. Reglas.— 61-4. Nivel de burbuja.— 61-5. Verificaciones macrogeométricas.— 61-6. Verificación de mármoles de precisión.— 61-7. Control de superficies esféricas.— 61-8. Control de paralelismo.— 61-9. Control del estado superficial.— 61-10. Factores que definen un estado superficial.— 61-11. Valoración de la rugosidad.— 61-12. Normas sobre los acabados superficiales.	
CAPÍTULO LXII	
VII.— TOLERANCIAS	1.255
62-1. Generalidades.— 62-2. Tolerancias.— 62-3. Normalización de las tolerancias.— 62-4.— Tolerancias ISO.— 62-5. Calidades de las Tolerancias.— 62-6. Posiciones de las tolerancias.— 62-7. Tolerancias para medidas de 500 a 3.150 mm.— 62-8. Escritura de cotas con tolerancias.— 62-9. Sustitución de cotas con tolerancias.	
CAPÍTULO LXIII	
VIII.— AJUSTES	1.267
63-1. Generalidades.— 63-2. Ajustes de piezas fabricadas con tolerancias.— 63-3. Tolerancias de los ajustes.— 63-4. Ajustes normalizados.— 63-5. Ajustes de agujero único.— 63-6. Ajustes de eje único.— 63-7. Ajustes de sistema mixto.— 63-8. Reglas generales para la elección de los ajustes.	
APÉNDICE I.— PROCEDIMIENTOS DE CONFORMACION DE LOS METALES EN FASE EXPERIMENTAL	1.281
64-1. Generalidades.— 64-2. Moldeo electrolítico.— 64-3. Conformación por explosión.— 64-4. Corte por plasma de arco.— 64-5. Conformación por el Laser.— 64-6. Conformación por arranque electrolítico del material.— 64-7. Conformación por ataque químico del material.	
APÉNDICE II.— CONDICIONES PARA LA RECEPCION DE TORNOS	1.299
BIBLIOGRAFIA	1.305
INDICE ALFABETICO	1.309