

# Índice de capítulos

## Parte I

### LOS METODOS CUANTITATIVOS EN MEDICINA

<b>1. Generalidades. Modelos</b>	3
1.1. Los métodos cuantitativos en medicina	3
1. Métodos específicamente matemáticos	3
2. Métodos de estudio analógicos	4
3. Aplicación de la teoría de los sistemas de control	4
1.2. Analogías y modelos: terminología	4
1.3. Utilización de modelos	6
<b>2. Variables, funciones, modos de representación</b>	9
2.1. Variables. Conceptos básicos	9
2.2. Funciones	10
2.3. Modos de representación de una función	11
a) Coordenadas cartesianas ortogonales	12
b) Coordenadas curvilíneas	12
c) Coordenadas logarítmicas	13
d) Coordenadas semilogarítmicas	15
<b>3. Algunos tipos de funciones</b>	17
3.1. Función lineal y función potencial	17
3.2. Función exponencial	20
3.3. Funciones periódicas	22
3.4. Funciones armónicas	23
3.5. Funciones de impulsos	25
3.6. Suma de funciones	26
3.7. Producto de funciones	29
<b>4. Funciones de aproximación. Series de Fourier</b>	33
4.1. El método de los mínimos cuadrados	33
4.2. Suma de funciones armónicas	37
4.3. Teorema de Fourier	38
<b>5. Generalidades, terminología y tipos de sistemas de control</b>	45
5.1. Concepto de sistema de control. Lazo abierto y lazo cerrado	45
5.2. Diagramas de bloques	48
5.3. Terminología de un sistema de control en lazo cerrado	49
5.4. Tipos de realimentación	52
5.5. Tipos de sistemas de control realimentados	56

<b>6. Características de los sistemas de control . . . . .</b>	<b>59</b>
6.1. Linealidad . . . . .	59
6.2. Función de transferencia . . . . .	61
6.3. Algunos tipos de sistemas lineales . . . . .	62
6.4. Forma canónica de un sistema de control . . . . .	67
6.5. Respuesta temporal . . . . .	70
6.6. Respuesta en frecuencia . . . . .	73
6.7. Otras características de los sistemas de control . . . . .	76
6.8. Sistemas no lineales . . . . .	79
a) Sistemas con histéresis . . . . .	79
b) Sistemas de «todo o nada» . . . . .	80

*Parte II*

**INSTRUMENTACION DIAGNOSTICA**

<b>7. Proceso general de medida . . . . .</b>	<b>85</b>
7.1. Clasificación de las variables biológicas . . . . .	85
7.2. Proceso general de medida . . . . .	87
7.3. Estimulación . . . . .	88
<b>8. Conceptos básicos en electricidad . . . . .</b>	<b>89</b>
8.1. Carga eléctrica. Ley de Coulomb . . . . .	89
8.2. Campo y potencial eléctricos . . . . .	90
8.3. Corriente eléctrica . . . . .	92
8.4. Energía y potencia eléctrica . . . . .	93
8.5. Leyes de Ohm, de Joule y de Kirchoff . . . . .	94
8.6. Analogías hidráulica-electricidad . . . . .	97
<b>9. Elementos eléctricos pasivos . . . . .</b>	<b>99</b>
9.1. Resistencia . . . . .	99
9.2. Capacidad . . . . .	102
9.3. Autoinducción . . . . .	105
9.4. Comportamiento de resistencias, autoinducciones y condensadores en corriente continua y en corriente alterna . . . . .	107
9.5. Potencia media en corriente alterna. Valores eficaces . . . . .	110
9.6. Concepto de elemento pasivo. Elementos pasivos reales . . . . .	112
9.7. Impedancia . . . . .	114
9.8. Aplicaciones de las resistencias, autoinducciones y condensadores . . . . .	116
<b>10. Elementos eléctricos activos y receptores . . . . .</b>	<b>119</b>
10.1. Fuentes ideales de tensión . . . . .	119
10.2. Fuentes ideales de intensidad . . . . .	120
10.3. Fuentes reales de tensión . . . . .	122
10.4. Fuentes reales de intensidad . . . . .	123
10.5. Equivalencia entre fuentes reales de tensión e intensidad . . . . .	124
10.6. Generadores. Equivalente en Thevenin de un generador . . . . .	127
10.7. Estimuladores eléctricos . . . . .	129
10.8. Receptores. Impedancia de entrada . . . . .	130
10.9. Acoplamiento de impedancias . . . . .	131

<b>11. Elementos y dispositivos electrónicos básicos . . . . .</b>	<b>135</b>
11.1. El diodo de vacío . . . . .	135
11.2. El triodo . . . . .	137
11.3. Elementos semiconductores . . . . .	138
11.4. El diodo de semiconductor . . . . .	140
11.5. El transistor . . . . .	142
11.6. Los circuitos integrados . . . . .	145
11.7. Circuitos electrónicos básicos . . . . .	147
<b>12. Detección y transmisión de la información . . . . .</b>	<b>157</b>
12.1. Generalidades sobre transductores . . . . .	157
12.2. Transductores de temperatura . . . . .	158
12.3. Transductores de presión . . . . .	161
12.4. Electrodo . . . . .	165
12.5. Métodos de colocación de electrodos . . . . .	168
12.6. Sistemas telemétricos de transmisión: generalidades . . . . .	173
12.7. Modulación en amplitud . . . . .	174
12.8. Modulación en frecuencia . . . . .	180
<b>13. Amplificación . . . . .</b>	<b>183</b>
13.1. Concepto y tipos de amplificadores . . . . .	183
13.2. Ganancia. Amplificadores en cascada . . . . .	184
13.3. Respuesta en frecuencia. Filtros . . . . .	186
13.4. Separación de señales mezcladas . . . . .	188
13.5. Ruidos . . . . .	192
<b>14. Sistemas electromecánicos de registro . . . . .</b>	<b>197</b>
14.1. Amperímetros, voltímetros, potenciómetros . . . . .	197
14.2. El registrador de bobina móvil . . . . .	201
14.3. Otros registradores de bobina móvil . . . . .	203
14.4. El registrador potenciométrico . . . . .	205
<b>15. Osciloscopio y sistemas afines . . . . .</b>	<b>207</b>
15.1. El tubo de rayos catódicos . . . . .	207
15.2. La base de tiempo . . . . .	208
15.3. Sistema de disparo . . . . .	214
15.4. Amplificadores horizontal y vertical . . . . .	217
15.5. Diagrama general del osciloscopio . . . . .	218
15.6. Otros tipos de osciloscopios . . . . .	219
a) Osciloscopios XY . . . . .	219
b) Osciloscopios con cuantización de la imagen . . . . .	220
15.7. Aplicaciones del osciloscopio en medicina . . . . .	223
<b>16. Métodos de almacenamiento de información . . . . .</b>	<b>225</b>
16.1. Clasificación de los métodos de almacenamiento . . . . .	225
16.2. Almacenamiento analógico en cinta magnética . . . . .	226
16.3. Funcionamiento de las memorias digitales . . . . .	226
a) Memorias de semiconductores o de estado sólido . . . . .	229
b) Grabación de impulsos rectangulares en algún sistema de grabación magnética . . . . .	230
16.4. Tipos de memorias digitales . . . . .	231
a) Memoria central o de trabajo . . . . .	232
b) Memorias auxiliares . . . . .	232
c) Ficheros . . . . .	232
16.5. Ventajas de los métodos de recuperación eléctrica . . . . .	234

<b>17. Sistemas de análisis</b>	237
17.1. Computadores digitales. Generalidades	237
17.2. Estructura y tipos de computadores digitales	239
17.3. Periféricos	241
17.4. Tiempo compartido y tiempo real	245
17.5. Aplicaciones en medicina	247
17.6. Computadores analógicos	248
<b>18. Instrumentación médica diagnóstica</b>	251
18.1. Electrocardiograma: bases fisiológicas	251
18.2. Electrocardiograma: técnica de obtención	252
18.3. Significado del electrocardiograma	255
18.4. El electrocardiograma Holter	256
18.5. El electroencefalograma. Bases biófisicas	257
18.6. Electroencefalograma. Obtención	257
18.7. Electromiografía. Bases fisiológicas	258
18.8. Electromiografía. Técnica. Indicaciones	258

*Parte III*

**INSTRUMENTACION DE LA IMAGEN**

<b>19. La estructura atómica</b>	263
19.1. Evolución histórica del atomismo	263
19.2. Los modelos atómicos de Rutherford y Bohr	265
19.3. La estructura atómica	267
19.4. Los electrones corticales	268
19.5. La estructura del núcleo atómico	270
19.6. Materia y antimateria	271
19.7. Las partículas elementales	274
19.8. Isótopos, isóbaros e isómeros	274
<b>20. Radiactividad</b>	277
20.1. Descubrimiento	277
20.2. Constantes radiactivas	278
a) La constante de desintegración $\lambda$	278
b) El período de semidesintegración T	279
c) La vida media $\theta$	280
20.3. Reacciones nucleares	281
a) Emisión alfa	282
b) Emisión beta negativa	283
c) Emisión beta positiva	283
d) Emisión gama	284
e) Emisión de neutrones	284
f) Captura electrónica	284
g) Conversión interna	285
h) Transición isomérica	285
20.4. Radiactividad natural	285
20.5. El rádium y sus productos de desintegración	287
20.6. Otros radionúclidos naturales: el $^{40}\text{K}$ y el $^{14}\text{C}$	288
20.7. Unidades de medida de la radiactividad	288

20.8.	Radionúclidos artificiales: producción . . . . .	290
20.9.	Producción de radionúclidos de vida corta . . . . .	292
<b>21.</b>	<b>Producción de los rayos X . . . . .</b>	<b>295</b>
21.1.	El descubrimiento de Röntgen . . . . .	295
21.2.	Naturaleza de los rayos X . . . . .	296
	a) En cuanto a su naturaleza . . . . .	297
	b) En cuanto a sus efectos . . . . .	297
21.3.	Mecanismo de producción de los rayos X . . . . .	297
21.4.	Los aparatos productores de rayos X . . . . .	303
21.5.	La filtración de los rayos X . . . . .	306
21.6.	Aparatos de supervoltaje . . . . .	307
	a) El acelerador lineal . . . . .	307
	b) El betatrón . . . . .	310
	c) Otras unidades de alta energía . . . . .	311
<b>22.</b>	<b>Absorción de las radiaciones ionizantes . . . . .</b>	<b>313</b>
22.1.	Factores que influyen en la absorción . . . . .	313
22.2.	Formas de expresión del espesor del absorbente . . . . .	314
22.3.	Coefficientes de atenuación . . . . .	316
22.4.	Variación de la intensidad en el absorbente. Capa hemirreductora . . . . .	318
22.5.	Los mecanismos de la absorción . . . . .	319
22.6.	Efecto fotoeléctrico ( $\tau$ ) . . . . .	319
22.7.	Efecto Compton ( $\sigma$ ) . . . . .	322
22.8.	Efecto de materialización (formación de pares) ( $\pi$ ) . . . . .	324
22.9.	Coefficientes generales de atenuación, absorción y difusión . . . . .	326
22.10.	Importancia relativa de los diferentes tipos de absorción . . . . .	327
22.11.	Absorción de electrones . . . . .	329
<b>23.</b>	<b>Dosimetría de las radiaciones ionizantes . . . . .</b>	<b>335</b>
23.1.	Medida de la dosis de exposición . . . . .	335
23.2.	Fundamento del método de ionización . . . . .	337
23.3.	Las unidades de exposición: unidad R, el culombio/kilogramo . . . . .	338
23.4.	Unidades de dosis absorbida: el rad, el Gray, el rem, el Sievert . . . . .	339
23.5.	Medida de la calidad de la radiación . . . . .	341
<b>24.</b>	<b>Aparatos de medida empleados en dosimetría . . . . .</b>	<b>343</b>
24.1.	La cámara de ionización . . . . .	343
24.2.	Las cámaras condensadoras. Otros detectores de radiación . . . . .	347
24.3.	El detector Geiger-Müller . . . . .	348
24.4.	Dosimetría química . . . . .	349
24.5.	Dosimetría fotográfica . . . . .	349
24.6.	Dosimetría por cuerpos sólidos . . . . .	350
<b>25.</b>	<b>El radiodiagnóstico en general. La radioscopia . . . . .</b>	<b>353</b>
25.1.	Bases físicas del radiodiagnóstico . . . . .	353
25.2.	Radiación X utilizada en diagnóstico . . . . .	353
25.3.	Fundamentos geométricos de la imagen radiológica . . . . .	356
	1) La imagen radiológica . . . . .	356
	2) Variaciones dependientes del foco . . . . .	357
	3) Variaciones dependientes del objeto . . . . .	359
	4) Variaciones dependientes de la pantalla . . . . .	361
25.4.	La pantalla radioscópica . . . . .	362
25.5.	Los aparatos de radioscopia . . . . .	363

25.6.	Intensificador de luminosidad. Radioscopia televisada. Conservación magnética de la imagen . . . . .	364
<b>26.</b>	<b>Bases físicas de la radiografía . . . . .</b>	<b>369</b>
26.1.	La película radiográfica. El chasis. Las hojas de refuerzo . . . . .	369
26.2.	El antidifusor . . . . .	372
26.3.	Aparatos radiográficos . . . . .	374
26.4.	El procesado de la película radiográfica . . . . .	380
<b>27.</b>	<b>Técnicas radiográficas especiales . . . . .</b>	<b>387</b>
27.1.	Los medios de contraste . . . . .	387
27.2.	Algunas técnicas radiográficas especiales . . . . .	390
27.3.	Tomografía . . . . .	394
27.4.	Radiografía mamaria . . . . .	396
27.5.	La xerorradiografía . . . . .	397
27.6.	Cámara multiformato . . . . .	400
27.7.	Densitometría ósea . . . . .	400
27.8.	Radiografía digital . . . . .	402
<b>28.</b>	<b>Tomografía axial computarizada . . . . .</b>	<b>405</b>
28.1.	Tomografía axial computarizada. Historia . . . . .	405
28.2.	Fundamentos físicos . . . . .	405
28.3.	Unidades de la primera generación . . . . .	406
28.4.	Obtención de valores de absorción . . . . .	406
28.5.	Tratamiento de los datos . . . . .	408
28.6.	Obtención de la imagen . . . . .	409
28.7.	Generaciones de unidades de TAC . . . . .	410
28.8.	La unidad de TAC . . . . .	412
	a) El <i>gantry</i> . . . . .	412
	b) El computador . . . . .	413
	c) La consola . . . . .	414
28.9.	Estudios con contraste . . . . .	414
28.10.	Indicaciones . . . . .	415
<b>29.</b>	<b>Resonancia magnética nuclear: bases físicas e instrumentación . . . . .</b>	<b>417</b>
29.1.	Historia . . . . .	417
29.2.	Fundamentos físicos . . . . .	417
29.3.	Comportamiento magnético de los protones . . . . .	418
	a) Comportamiento individualizado de los protones . . . . .	418
	b) Comportamiento magnético de los núcleos atómicos . . . . .	419
	c) Comportamiento de los protones de un volumen elemental de materia . . . . .	419
29.4.	Acción de un campo magnético exterior . . . . .	420
29.5.	El fenómeno de la resonancia magnética . . . . .	421
29.6.	Los valores de la relajación . . . . .	423
	a) Relajación longitudinal o T1 . . . . .	423
	b) Relajación transversal o T2 . . . . .	425
	c) El fenómeno en su totalidad. Combinación de T1 y T2 . . . . .	426
29.7.	Técnica de utilización de la resonancia magnética . . . . .	427
29.8.	Unidades de resonancia magnética . . . . .	431
29.9.	Utilización de contrastes en resonancia magnética . . . . .	432
29.10.	Estudios vasculares . . . . .	433

29.11. Las imágenes en resonancia magnética . . . . .	434
29.12. Resonancia magnética. Ventajas e inconvenientes . . . . .	435
<b>30. Bases físicas de la medicina nuclear . . . . .</b>	<b>437</b>
30.1. Fundamentos de la medicina nuclear diagnóstica . . . . .	437
30.2. Radionúclidos y radiofármacos . . . . .	438
30.3. Cristal de centelleo. Tubo fotomultiplicador. Colimadores . . . . .	440
30.4. Analizadores de amplitud. Contador de impulsos . . . . .	442
30.5. El gammógrafo . . . . .	444
30.6. Gammacámara. Estudios morfológicos y funcionales . . . . .	445
30.7. Tomografía por emisión de fotones únicos (SPECT) . . . . .	448
30.8. Tomografía por emisión de positrones (PET) . . . . .	449
30.9. Radioinmunoanálisis . . . . .	451

Parte IV

**INSTRUMENTACION TERAPEUTICA**

<b>31. Movimiento ondulatorio. Sonido: naturaleza y propiedades . . . . .</b>	<b>457</b>
31.1. Movimiento oscilatorio . . . . .	457
31.2. Movimiento ondulatorio . . . . .	458
31.3. Propagación de ondas . . . . .	461
31.4. Reflexión y refracción de ondas planas . . . . .	465
31.5. Difracción de ondas . . . . .	466
31.6. Efecto Doppler . . . . .	468
31.7. Las ondas sonoras . . . . .	470
31.8. Propagación de las ondas sonoras . . . . .	472
31.9. Tipos de sonidos . . . . .	474
a) Ruidos musicales . . . . .	475
b) Ruidos continuos . . . . .	475
c) Ruidos transitorios . . . . .	475
31.10. Características biofísicas del sonido . . . . .	477
<b>32. Ultrasonidos. Ecografía . . . . .</b>	<b>483</b>
32.1. Historia . . . . .	483
32.2. Producción de los ultrasonidos . . . . .	483
32.3. Propiedades de los ultrasonidos . . . . .	484
32.4. Efectos físicos y biofísicos de los ultrasonidos . . . . .	486
32.5. Ultrasonidos en diagnóstico. La ecografía. Historia . . . . .	486
32.6. Fundamentos de la ecografía . . . . .	487
32.7. Ecografía A . . . . .	489
32.8. Ecografía B o de <i>scan</i> . . . . .	490
32.9. Ecografía T-M . . . . .	492
32.10. Ecografía Doppler . . . . .	493
32.11. Ventajas de la ecografía diagnóstica . . . . .	494
<b>33. Bases físicas de la electroterapia y del electrodiagnóstico de estimulación . . . . .</b>	<b>497</b>
33.1. Corriente continua. Corriente galvánica . . . . .	497
33.2. Efectos fisicoquímicos de la corriente galvánica . . . . .	500
a) Efectos polares . . . . .	500
b) Efectos interpolares . . . . .	501
33.3. Fundamentos físicos de la iontoforesis . . . . .	502

33.4.	Fundamentos físicos de la electrólisis . . . . .	504
33.5.	Corrientes variables de baja frecuencia . . . . .	505
	a) Corrientes ininterrumpidas . . . . .	506
	b) Corrientes interrumpidas . . . . .	506
33.6.	Efectos biológicos de las corrientes de baja frecuencia . . . . .	508
33.7.	Bases fisiológicas del electrodiagnóstico de estimulación . . . . .	510
33.8.	Aparatos de corrientes de baja frecuencia. Aplicaciones espe- ciales . . . . .	511
33.9.	Electroanalgesia . . . . .	512
33.10.	Corrientes interferenciales . . . . .	513
<b>34.</b>	<b>Campo electromagnético . . . . .</b>	<b>517</b>
34.1.	Campo eléctrico y campo magnético . . . . .	517
34.2.	Campo electromagnético . . . . .	519
34.3.	Doble naturaleza de la radiación electromagnética . . . . .	520
34.4.	Propiedades de las radiaciones electromagnéticas . . . . .	522
34.5.	Espectro de la radiación electromagnética . . . . .	523
<b>35.</b>	<b>Corrientes de alta frecuencia. Concepto y producción. Aparatos . . . . .</b>	<b>527</b>
35.1.	Producción de las corrientes de alta frecuencia . . . . .	527
35.2.	Absorción de las corrientes de alta frecuencia . . . . .	530
35.3.	Terapéutica por onda corta. El bisturí eléctrico . . . . .	532
35.4.	Radar: producción y propiedades . . . . .	534
35.5.	Ondas decimétricas: propiedades . . . . .	538
35.6.	La alta frecuencia pulsante . . . . .	538
35.7.	Hipertermia en terapéutica . . . . .	538
<b>36.</b>	<b>Ultrasonidos en terapéutica. Magnetoterapia . . . . .</b>	<b>541</b>
	<b>Ultrasonidos en terapéutica . . . . .</b>	<b>541</b>
36.1.	Efectos fisiológicos y terapéuticos . . . . .	541
36.2.	Unidades de ultrasonido terapéutico . . . . .	543
36.3.	Técnica de aplicación . . . . .	544
36.4.	Efectos mecánicos de los ultrasonidos . . . . .	545
36.5.	Litotripsia . . . . .	546
	<b>Magnetoterapia . . . . .</b>	<b>549</b>
36.6.	Magnetoterapia. Historia . . . . .	549
36.7.	Características del campo magnético aplicado . . . . .	549
36.8.	Efectos biofísicos . . . . .	550
36.9.	Aparatos de magnetoterapia . . . . .	552
<b>37.</b>	<b>Radiación infrarroja . . . . .</b>	<b>553</b>
37.1.	Física de la radiación infrarroja . . . . .	553
37.2.	Propiedades fisicoquímicas de la radiación infrarroja . . . . .	554
37.3.	Aparatos productores de radiación infrarroja. Dosimetría . . . . .	555
37.4.	Fotografía infrarroja . . . . .	556
37.5.	Termometría infrarroja . . . . .	557
<b>38.</b>	<b>Luz visible. Luz ultravioleta . . . . .</b>	<b>561</b>
38.1.	Física de la radiación ultravioleta . . . . .	561
38.2.	Producción de la radiación ultravioleta: fundamentos . . . . .	562
38.3.	Propiedades fisicoquímicas de los rayos ultravioleta . . . . .	564
	a) Fluorescencia . . . . .	564



b) Efecto fotoquímico . . . . .	565
c) Efecto fotoeléctrico . . . . .	566
38.4. Dosimetría de la radiación ultravioleta . . . . .	566
38.5. Aparatos de producción de radiación ultravioleta . . . . .	567
38.6. Luz visible . . . . .	568
<b>39. Laserterapia. Fundamentos físicos . . . . .</b>	<b>571</b>
39.1. Láser. Historia . . . . .	571
39.2. Producción de la luz . . . . .	572
39.3. Producción de la radiación láser . . . . .	574
39.4. Parámetros físicos de la radiación láser . . . . .	576
39.5. Dosimetría de la radiación láser . . . . .	578
39.6. Absorción de la radiación láser . . . . .	579
39.7. Efectos biológicos del láser . . . . .	581
39.8. Láser terapéutico. Esquema general de efectos . . . . .	582
<b>40. Laserterapia. Unidades . . . . .</b>	<b>583</b>
40.1. Láseres sólidos . . . . .	583
40.2. Láseres líquidos . . . . .	583
40.3. Láseres de gas . . . . .	584
40.4. Láseres de semiconductores . . . . .	585
40.5. Unidades de laserterapia de uso médico . . . . .	586
40.6. Unidades láser de utilización quirúrgica . . . . .	589
<b>41. Bases físicas de la radioterapia . . . . .</b>	<b>593</b>
41.1. Modalidades de radioterapia . . . . .	593
41.2. La energía de la radiación en radioterapia externa . . . . .	594
41.3. La distancia fuente-piel en la radioterapia externa . . . . .	598
41.4. Radioterapia superficial y braquiterapia . . . . .	599
41.5. Radioterapia profunda . . . . .	602
a) Telegammaterapia . . . . .	604
b) Radioterapia externa con electrones . . . . .	606
41.6. Radioterapia intersticial, endocavitaria y metabólica . . . . .	606
<b>42. Bases físicas de radioprotección . . . . .</b>	<b>609</b>
42.1. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes . . . . .	609
42.2. Fuentes de la irradiación del organismo . . . . .	611
a) Fuentes naturales . . . . .	611
b) Fuentes artificiales . . . . .	612
42.3. Conceptos fundamentales en radioprotección . . . . .	613
42.4. Normas generales de protección . . . . .	614
42.5. La protección en radiología médica . . . . .	615
42.6. Protección en centrales nucleares . . . . .	616
<b>Bibliografía general . . . . .</b>	<b>619</b>
<b>Cuestiones tipo test para autovaloración . . . . .</b>	<b>623</b>
Preguntas . . . . .	623
Respuestas . . . . .	670
<b>Apéndice. Constantes, unidades físicas . . . . .</b>	<b>673</b>
<b>Índice alfabético de materias . . . . .</b>	<b>677</b>