

SUMARIO

PARTE I. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE ENERGÍA	3
1.1 Concepto y definición de energía	3
1.2 Formas de la energía	3
1.3 Calidad de la energía	7
1.4 Unidades de medida de la energía	8
1.5 Leyes de conservación y disipación de la energía.....	9
1.6 Eficiencia de la energía, trabajo y potencia	12
1.7 Principios de la termodinámica	13
1.7.1 Primer principio de la termodinámica	15
1.7.2 Segundo principio de la termodinámica	18
CAPÍTULO 2. RECURSOS NATURALES.....	21
2.1 Tipos de recursos naturales	21
2.2 El Sol como fuente primaria	22
2.3 Recursos energéticos	23
2.3.1 Petróleo	24
2.3.2 Carbón	27
2.3.3 Gas natural	29
2.4 Reservas y consumo de combustibles fósiles de algunos países latinoamericanos	30
2.5 Impactos ambientales de los hidrocarburos fósiles	31
CAPÍTULO 3. ENERGÍA ELÉCTRICA	37
3.1 Elementos de electrostática	37
3.2 Corriente eléctrica	39

3.3	Magnetismo y electromagnetismo	47
3.3.1	Campo magnético	48
3.3.2	Fuerza electromotriz inducida	55
3.4	Máquinas eléctricas	57
3.4.1	Generador eléctrico	60
3.4.2	Motor eléctrico	64
3.4.3	Transformadores	69
3.5	Transmisión y distribución de la energía eléctrica	71
3.6	Situación de la energía eléctrica en algunos países latinoamericanos	75
3.6.1	México	76
3.6.2	Colombia	77
3.6.3	Argentina	79
3.6.4	Chile	81
	Ejercicios y preguntas	83
	CAPÍTULO 4. ENERGÍA ELECTROQUÍMICA	85
4.1	Reacciones de oxidación y reducción	85
4.2	Celdas electroquímicas	87
4.3	Potencial estándar de electrodos	90
4.3.1	Potencial estándar del electrodo de hidrógeno.....	91
4.3.2	Potencial estándar de otros electrodos	92
4.4	Potenciales de electrodos en condiciones no estándar	96
4.5	Pilas, baterías y celda de combustión	99
4.5.1	Baterías o pilas primarias	99
4.5.2	Baterías secundarias	101
4.5.3	Celda de combustible	106
4.6	Usos y características de las pilas y baterías	108
4.7	Impacto ambiental de las pilas y baterías usadas	110
	Ejercicios y preguntas.....	111

2ª PARTE. FUENTES DE ENERGÍAS NO RENOVABLES.	
APLICACIONES	113
CAPÍTULO 5. ENERGÍA TÉRMICA	115
5.1 Calor latente y calor específico	115
5.1.1 Calor latente	115
5.1.2 Calor específico	117
5.2 Transferencia de calor	118
5.2.1 Conducción del calor	119
5.2.2 Convección del calor	120
5.2.3 Radiación del calor	121
5.2.4 Transferencia general de calor	122
5.3 Termoquímica	122
5.4 Máquinas térmicas	127
5.4.1 Fundamento de las máquinas térmicas	127
5.4.2 Eficiencia energética de la máquina de vapor	132
5.4.3 Eficiencia energética de los motores Otto y Diesel	136
5.4.4 Eficiencia energética de refrigeradores, acondicionadores de aire y bombas de calor	138
5.5 Centrales termoeléctricas	141
5.5.1 Centrales termoeléctricas de un ciclo	142
5.5.1.1 Caldera de vapor	142
5.5.1.2 Turbina de vapor.....	145
5.5.1.3 Condensador	146
5.5.2 Centrales de ciclo combinado	148
5.6 Impacto ambiental de las centrales termoeléctricas y tecnologías de abatimiento de emisiones	149
Ejercicios y preguntas	152
CAPÍTULO 6. ENERGÍA NUCLEAR	155
6.1 Estructura del átomo.....	155
6.2 Isótopos	157

6.3	Radiactividad	158
6.4	Fisión nuclear	161
6.5	Reactores nucleares.....	163
	6.5.1 Reactor de agua a presión	163
	6.5.2 Otros reactores de fisión nuclear.....	166
6.6	Enriquecimiento del uranio-235	167
6.7	Manejo de los productos de desintegración del uranio-235.....	168
6.8	Fusión nuclear	172
6.9	Impacto ambiental de las centrales de fisión nuclear	174
	6.9.1 Accidentes nucleares más significativos	175
	6.9.2 Ventajas del combustible nuclear sobre los combustibles fósiles	177
6.10	Situación de la energía nuclear en algunos países latinoamericanos	178
	6.10.1 México	178
	6.10.2 Argentina.....	179
	Ejercicios y preguntas.....	180

3ª PARTE. FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES.

APLICACIONES 181

CAPÍTULO 7. LA TIERRA Y LA BIÓSFERA	183	
7.1 Origen, dimensiones y movimientos de la Tierra.....	183	
7.2 Líneas divisorias de la Tierra y posicionamiento geográfico.....	185	
7.3 Componentes de la Tierra	188	
7.4 Características de los ecosistemas	189	
7.5 Factores bióticos y abióticos de los ecosistemas	190	
	7.5.1 Factores bióticos.....	190
	7.5.2 Factores abióticos.....	191
7.6 Flujo de energía en los ecosistemas	192	
7.7 Estructura trófica de los ecosistemas.....	192	
7.8 Impacto ambiental por empleo de energía.....	195	
	7.8.1 Impacto en la atmósfera.....	195

7.8.2	Impacto en la hidrósfera	197
7.8.3	Impacto en el suelo.....	197
7.8.4	Impacto sobre la biósfera	198
7.9	Consumo de energía en la sociedad actual	199
7.10	Huella ecológica	201
	Ejercicios y preguntas.....	203

CAPÍTULO 8. ENERGÍA SOLAR..... 205

8.1	El Sol: principal fuente de energía de la Tierra	205
8.2	Características de la radiación solar	206
8.3	Flujo y balance de energía en la Tierra	211
8.4	Energía solar como regulador del clima y la biota	217
8.5	Radiación solar en algunos países latinoamericanos	223
8.5.1	México	224
8.5.2	Colombia.....	227
8.5.3	Argentina.....	228
8.5.4	Chile.....	229
8.6	Estimación y medición de la radiación solar	230
8.7	Captación de la energía solar térmica.....	238
8.8	Utilización de la energía solar térmica.....	240
8.8.1	Fundamento de la utilización de la energía solar térmica en colectores solares planos	241
8.8.2	Tecnologías de la energía solar térmica para calentar agua y para calefacción	243
8.8.3	Diseño de un sistema solar térmico con colectores planos para obtener agua caliente sanitaria	249
8.8.3.1	Características de la vivienda y cálculo de su consumo energético	249
8.8.3.2	Dimensionamiento de la instalación.....	253
8.8.3.3	Componentes y características del sistema solar térmico.....	258
8.8.3.4	Viabilidad económica del proyecto.....	264

8.8.3.5	Beneficio ambiental del sistema solar térmico	267
8.8.4	Tecnologías para la conversión de energía solar térmica en energía eléctrica.....	267
8.8.4.1	Concentradores Cilindros Parabólicos (CCP)	268
8.8.4.2	Concentradores discos parabólicos	270
8.8.4.3	Concentradores de torre central con campo de helióstatos	271
8.8.4.4	Almacenamiento de calor mediante sales fundidas .	273
8.9	Energía solar fotovoltaica.....	276
8.9.1	Fundamento de la energía solar fotovoltaica.....	276
8.9.2	Tecnologías para la utilización de la energía solar fotovoltaica	281
8.9.3	Diseño de una planta de energía solar fotovoltaica aislada....	286
8.9.3.1	Definición del tipo de planta.....	286
8.9.3.2	Determinación del consumo	289
8.9.3.3	Caracterización de la localización.....	290
8.9.3.4	Caracterización y dimensionado de los componentes.....	292
8.10	Impactos ambientales de la energía solar térmica y solar fotovoltaica	301
8.11	Aprovechamiento de la energía solar en algunos países latinoamericanos	302
8.11.1	México	303
8.11.2	Colombia.....	303
8.11.3	Argentina	304
8.11.4	Chile	305
	Ejercicios y preguntas.....	306
CAPÍTULO 9. ENERGÍA DE LA BIOMASA		309
9.1	Ciclo biológico del carbono	309
9.2	Producción y productividad de biomasa.....	312
9.3	Clasificación de la biomasa	314
9.4	Características de la biomasa aprovechable	316

9.5	Composición y combustión de la madera	318
9.6	Características de los biocombustibles líquidos	322
9.6.1	Biometanol.....	323
9.6.2	Bioetanol.....	324
9.6.3	Biobutanol	324
9.6.4	Biodiesel.....	325
9.7	Características de los biocombustibles gaseosos.....	326
9.7.1	Biogás	326
9.7.2	Biohidrógeno	326
9.8	Tecnologías para el aprovechamiento de los biocombustibles	327
9.8.1	Combustión directa	329
9.8.1.1	Combustión en hornos para secado	329
9.8.1.2	Combustión en calderas para generar electricidad... ..	330
9.8.1.3	Combustión mixta.....	331
9.8.1.4	Combustión de residuos forestales para centrales termoeléctricas	331
9.8.2	Procesos termoquímicos	333
9.8.2.1	Pirólisis	334
9.8.2.2	Gasificación.....	334
9.8.2.2.1	Biometanol vía gas de síntesis	340
9.8.2.2.2	Biohidrógeno vía gas de síntesis	340
9.8.2.2.3	Biodiesel vía gas de síntesis	341
9.8.3	Diseño de planta piloto para generar electricidad vía gas de síntesis	341
9.8.3.1	Descripción del sistema	342
9.8.3.2	Cálculo del gasificador de flujo descendente	345
9.8.3.3	Dimensionamiento de los equipos principales	351
9.8.3.4	Balances de materia y energía	353
9.8.4	Procesos bioquímicos	357
9.8.4.1	Bioetanol	358
9.8.4.2	Biobutanol.....	362
9.8.4.3	Biodiesel.....	363
9.8.4.4	Biogás.....	365

9.9	Producción y aprovechamiento de biocombustibles en algunos países latinoamericanos	370
9.9.1	México.....	370
9.9.2	Colombia.....	371
9.9.3	Argentina	372
9.9.4	Chile.....	374
9.10	Impacto ambiental de los biocombustibles	375
	Ejercicios y preguntas.....	376
 CAPÍTULO 10. LA ATMÓSFERA Y LA ENERGÍA EÓLICA		379
10.1	Atmósfera: estructura, composición y propiedades	379
10.1.1	Estructura	380
10.1.2	Composición	381
10.1.3	Propiedades	383
10.2	Clima y tiempo atmosférico	385
10.2.1	Factores que determinan el clima y el tiempo atmosférico....	385
10.2.2	Contaminación del aire	388
10.3	Cambio climático	391
10.3.1	Gases de efecto invernadero	393
10.3.2	Cambio climático producido por los GEI	399
10.3.3	Impactos globales producidos por el cambio climático	400
10.3.4	Energía y cambio climático.....	401
10.4	Clasificación y distribución de los climas en algunos países latinoamericanos	403
10.4.1	México	403
10.4.2	Colombia	404
10.4.3	Argentina.....	406
10.4.4	Chile.....	408
10.5	Antecedentes históricos del uso del viento.....	409
10.6	Circulación general de la atmósfera.....	412
10.7	Dirección y velocidad del viento	418
10.8	Tipos de vientos inmediatos a la superficie	422

10.8.1 Vientos o brisas costeras	423
10.8.2 Vientos de montaña	424
10.8.3 Vientos originados por una barrera orográfica	425
10.8.4 Vientos en valles encajonados	425
10.9 Principios de la conversión de energía eólica en eléctrica	426
10.10 Características técnicas de los aerogeneradores.....	430
10.10.1 Aerogeneradores de eje horizontal	431
10.10.2 Aerogeneradores de eje vertical.....	438
10.10.3 Aerogeneradores de tracción directa	439
10.11 Parques eólicos.....	439
10.12 Impactos ambientales de los parques eólicos.....	441
10.13 Potencial y estado actual de la energía eólica en países latinoamericanos	445
10.13.1 México	445
10.13.2 Colombia.....	446
10.13.3 Argentina.....	447
10.13.4 Chile.....	449
Ejercicios y preguntas.....	451
 CAPÍTULO 11. LA HIDRÓSFERA Y LA ENERGÍA HIDRÁULICA	453
11.1 La hidrósfera	453
11.1.1 Propiedades del agua y su importancia en la naturaleza.....	454
11.1.1.1 Estructura del agua	454
11.1.1.2 Propiedades físicas del agua.....	457
11.1.2 Ciclo hidrológico y precipitaciones.....	463
11.1.2.1 Ciclo hidrológico externo e interno	463
11.1.2.2 Fases del ciclo hidrológico.....	464
11.1.2.3 Alteraciones del ciclo hidrológico	466
11.1.2.4 Precipitaciones	467
11.1.2.5 Balance hídrico	468
11.1.3 Distribución y calidad del agua en la hidrósfera	470
11.2 Cuencas hidrográficas	471

11.2.1 Aguas superficiales	472
11.2.1.1 Ríos	472
11.2.1.2 Lagos	474
11.2.1.3 Glaciares	477
11.2.2 Aguas subterráneas	478
11.3 Gestión integrada del recurso hídrico. Huella hídrica	481
11.3.1 Gestión integrada del agua.....	481
11.3.2 Huella hídrica	485
11.4 Aprovechamiento del agua para generación de energía eléctrica	491
11.4.1 Principios de la conversión de energía hidráulica en eléctrica.....	492
11.4.2 Centrales hidroeléctricas.....	493
11.4.2.1 Centrales hidroeléctricas de embalse	493
11.4.2.2 Impactos ambientales de las centrales hidroeléctricas de embalse	498
11.4.2.3 Centrales hidroeléctricas de pasada	499
11.4.2.4 Bases para el diseño de una central minihidroeléctrica.....	504
11.5 Potencial y estado actual de la energía hidroeléctrica en algunos países latinoamericanos	507
11.5.1 México.....	507
11.5.2 Colombia.....	508
11.5.3 Argentina	510
11.5.4 Chile	511
Ejercicios y preguntas.....	512

4ª PARTE. OTRAS FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES. APLICACIONES515

CAPÍTULO 12. ENERGÍA DEL MAR	517
12.1 Distribución geográfica y características de las aguas oceánicas	517
12.2 Movimientos de las aguas marinas	519
12.3 Energía térmica oceánica	526

12.4	Energía de las mareas.....	527
12.4.1	Tipos y características de las mareas	528
12.4.2	Aprovechamiento de la energía de las mareas para producir electricidad	530
12.5	Energía de las olas.....	537
12.5.1	Tipos y características de las olas.....	537
12.5.2	Aprovechamiento de la energía de las olas para producir electricidad	539
12.5.2.1	Convertidores instalados en la costa.....	541
12.5.2.2	Convertidores instalados en el mar	543
12.6	Potencial de la energía del mar en algunos países latinoamericanos	547
12.6.1	México.....	548
12.6.2	Colombia.....	548
12.6.3	Argentina	549
12.6.4	Chile.....	549
	Ejercicios y preguntas.....	550
CAPÍTULO 13. ENERGÍA GEOTÉRMICA		551
13.1	Estructura interna de la Tierra	551
13.2	Origen y distribución de los recursos geotérmicos.....	556
13.3	Estructura de los recursos geotérmicos.....	558
13.4	Tipos de recursos geotérmicos según su naturaleza y aplicación	559
13.4.1	Recursos de alta temperatura	561
13.4.2	Recursos de temperatura media	562
13.4.3	Recursos de baja temperatura	562
13.5	Usos de la energía geotérmica.....	563
13.6	Exploración de reservorios geotérmicos para ejecutar un proyecto eléctrico.....	564
13.6.1	Estudios previos a la perforación exploratoria	564
13.6.2	Perforaciones de pozos exploratorios.....	566
13.7	Generación de electricidad mediante energía geotérmica	567
13.8	Tipos de centrales geotermoeléctricas	569

13.8.1 Centrales de <i>flash</i> simple	569
13.8.2 Centrales de <i>flash</i> doble	571
13.8.3 Centrales de ciclo binario.....	572
13.8.4 Centrales de rocas calientes secas.....	572
13.9 Uso directo del calor interno de la Tierra	573
13.9.1 Funcionamiento y eficiencia de la bomba de calor geotérmica	574
13.9.2 Tecnología del sistema bomba de calor geotérmica.....	578
13.9.2.1 Características de los captadores.....	579
13.9.2.2. Variables del intercambio de calor en los captadores. Material de fabricación.....	582
13.10 Diseño de un sistema de climatización geotérmico de una casa	584
13.10.1 Características de la casa.....	584
13.10.2 Determinación de cargas térmicas para climatización.....	585
13.10.2.1 Cálculo de la transmitancia térmica de los cerramientos.....	587
13.10.2.2 Cálculo de la transmitancia térmica de fachadas....	589
13.10.3 Determinación de cargas térmicas de refrigeración.....	591
13.10.3.1 Cálculo de la carga térmica externa de refrigeración	592
13.10.3.2 Cálculo de la carga térmica interna de refrigeración	594
13.10.4 Determinación de cargas térmicas de calefacción.....	595
13.10.5 Resultados del cálculo de climatización	598
13.10.6 Elección de la bomba de calor geotérmica y del sistema interior de refrigeración y calefacción	601
13.11 Diseño de un sistema geotérmico de agua caliente sanitaria	601
13.11.1 Cálculo para instalar un sistema geotérmico de agua caliente sanitaria	602
13.11.2 Diseño del intercambiador de calor enterrado de la bomba de calor geotérmica	603
13.12 Impacto ambiental de la explotación de la energía geotérmica	605

13.13 Situación de la energía geotérmica en algunos países	
latinoamericanos	608
13.13.1 México	608
13.13.2 Colombia.....	610
13.13.3 Argentina	611
13.13.4 Chile.....	612
Ejercicios y preguntas.....	615
CAPÍTULO 14. EMPLEO EFICIENTE Y SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA .	619
14.1 Motivación para la eficiencia energética.....	619
14.2 Mejoras en la eficiencia energética de la industria.....	621
14.3 Eficiencia en la generación y distribución de la energía eléctrica	623
14.4 Eficiencia energética en el transporte.....	625
14.5 Eficiencia energética en la vivienda	626
14.6 Eficiencia energética en los artefactos domésticos.....	628
14.7 Eficiencia energética en la iluminación de interiores y exteriores....	629
14.8 Origen del concepto de desarrollo sustentable.....	631
14.9 Desarrollo sustentable de la energía	633