

INDICE

Prefacio	XII
Parte I. Estructuras y Propiedades	1
1. Estructura Atómica y Enlaces en los Sólidos	2
1.1. Introducción	2
1.2. El átomo aislado	2
1.2.1. Estructura	2
1.2.2. Número atómico	3
1.2.3. Masa atómica	3
1.2.4. Partículas elementales	4
1.3. Disposición de los electrones en los átomos: configuración electrónica	5
1.3.1. Niveles energéticos de los electrones y número cuántico principal	5
1.3.2. Subcapas y otros números cuánticos: estados cuánticos de los electrones	6
1.3.3. Configuración electrónica	6
1.4. Disposición (Tabla) periódica de los materiales y sus características químicas	10
1.5. Emisiones de rayos X característicos y análisis químico	13
1.6. Enlazamiento de átomos para formar moléculas, líquidos o sólidos	15
1.6.1. Fuerza y energía de enlace	15
1.6.2. Principales mecanismos de formación de enlaces y propiedades que se derivan de ellos	16
1.6.3. Enlaces iónicos y covalentes mixtos: electronegatividad	20
1.6.4. Enlaces secundarios: enlace de van der Waals	21
1.7. Tamaño de los átomos y iones	22
Resumen	26
Referencias	26
Términos y conceptos	26
Preguntas y problemas de práctica	27
2. Estructura Cristalinas: Ideales y Reales	29
2.1. Introducción	29
2.2. Materiales cristalinos y amorfos (no cristalinos)	29
2.3. Celda unitaria, sistemas cristalinos y redes puntuales o espaciales	30
2.4. Estructuras metálicas comunes	32
2.4.1. Estructura cúbica centrada en el cuerpo (CCC)	32
2.4.2. Estructura cúbica centrada en las caras (CC)	33
2.4.3. Estructura hexagonal compacta (HC)	34
2.4.4. Intersticios o huecos en la estructuras cristalinas	35
2.5. Estructura covalente: la estructura cúbica de diamante	38
2.6. Estructuras cristalinas iónicas: materiales cerámicos	40
2.6.1. Estructura de CsCl	41
2.6.2. Estructura de NaCl	41
2.6.3. Estructura de blenda de zinc	42
2.6.4. Estructura de sílice	43
2.7. Cristalinidad en los polímeros	44
2.8. Alotropía o polimorfismo	45
2.09. Fracción de empaquetamiento y densidad	47

2.10. Direcciones y planos en los cristales: índices de Miller	49
2.10.1. Direcciones	49
2.10.2. Planos	52
2.10.3. Planos y direcciones HC	57
2.11. Sistemas de deslizamiento en los metales y deformabilidad	60
2.12. Direcciones de deslizamiento	61
2.11.3. Número de sistemas de deslizamiento y deformabilidad	61
2.12. Imperfecciones en las estructuras cristalinas: estructuras reales de los materiales	63
2.12.1. Estructuras de superficie	63
2.12.2. Imperfecciones dentro de un grano o monocristal	66
2.13. Determinación de la estructura cristalina y del parámetro reticular: difracción de rayos X	70
2.13.1. Interferencia constructiva e interferencia destructiva	70
2.13.2. Ley de Bragg	71
2.13.3. Separación entre planos, d	72
2.13.4. Ángulo o dirección de difracción	72
2.13.5. Intensidad de haz refractado	72
2.13.6. Factores estructurales de las estructura cúbicas	73
2.13.7. Determinación de la estructura cristalina y del parámetro de la red	74
Resumen	78
Términos y conceptos	78
Referencias	78
Preguntas y problemas de práctica	79
3. Propiedades Eléctricas de los Materiales	82
3.1. Introducción	82
3.2. Metales y no metales (aisladores)	82
3.2.1. Relación con los enlaces y las bandas de energía	82
3.2.2. Transición de no metal a metal y viceversa	85
3.3. Conductividad eléctrica	89
3.4. Conducción electrónica en metales y aleaciones	91
3.5. Superconductividad y sus características	96
3.5.1. Propiedades críticas	97
3.5.2. Movimiento e interacción de electrones en los materiales SAT	100
3.5.3. Teoría de los materiales SAT	101
3.6. Función de trabajo y potencial de contacto	101
3.7. Semiconductividad	102
3.7.1. Semiconductores intrínsecos	102
3.7.2. Densidad de estados y función de Fermi – Dirac	103
3.7.3. N_{ie} y N_{ih} intrínsecos	108
3.7.4. Semiconductores extrínsecos	108
3.7.5. Conductividad de semiconductores extrínsecos	110
3.7.6. Semiconductores compuestos	112
3.7.7. Interdependencia de N_e y N_h	114
3.7.8. Dispositivos semiconductores con base en uniones p – n	114
Resumen	118
Referencias	119
Términos y conceptos	119

Preguntas y problemas de práctica	120
4. Propiedades de los Materiales para el Diseño de Estructuras y Componentes	122
4.1. Introducción	122
4.2. Propiedades físicas, insensibles a la microestructura	123
4.2.1. Densidad	123
4.2.2. Punto de fusión	123
4.2.3. Temperatura de transición vítrea	124
4.2.4. Coeficiente de expansión térmica lineal	124
4.2.5. Conductividad térmica	125
4.3. Conceptos de esfuerzo, deformaciones y módulo de Young	127
4.3.1. Concepto de esfuerzo	127
4.3.2. Cambios de forma y concepto de deformación	128
4.3.3. Módulo de Young y enlaces interatómicos [2]	131
4.4. Propiedades mecánicas de los materiales y métodos de ensayo	133
4.4.1. Resistencia de materiales	134
4.4.2. Reforzamiento de materiales metálicos	134
4.4.2.a. Reforzamiento por solución sólida	
4.4.2.b. Reforzamiento por tamaño de grano	
4.4.2.c. Reforzamiento por dislocaciones	
4.4.2.d. Reforzamiento por fases dispersas o partículas	
4.4.3. Ductilidad	139
4.4.4. Ensayo de tensión: el E-8 de la ASTM y propiedades derivadas de él	140
4.4.4.a. Curva de esfuerzo y no uniforme del espécimen de ensayo	143
4.4.4.b. Deformación uniforme y no uniforme del espécimen de ensayo	143
4.4.4.c. Medidas de la ductibilidad	144
4.4.4.d. Curva de esfuerzo verdadero - deformación verdadera	144
4.4.5. Prueba de tensión de los plásticos ASTM D	68
4.4.6. Factor de seguridad y esfuerzo de diseño permisible	150
4.4.7. Mecánica de fractura y tenacidad a la fractura [5]	151
4.4.8. Ensayo de la tenacidad a la fractura	153
4.4.9. Diseño con tenacidad a la fractura	154
4.4.10. Propiedades de fatiga y ensayo de la fatiga	156
4.4.10.a. Ensayo de esfuerzo con amplitud constante	156
4.4.10.b. Ensayo de deformación con amplitud constante	158
4.4.11. Termofluencia y ensayo de termofluencia	164
4.4.12. Diseño con termofluencia: parámetros de tiempo/Temperatura	167
4.4.12.a. Parámetros de Sherby – Dorn	168
4.4.12.b. parámetros de Larson – Miller	169
4.4.12. Propiedades y ensayos de impacto	171
Resumen	175
Referencias	176
Términos y conceptos	177
Preguntas y problemas de práctica	178
Parte II. Procesos	183
5. Diagramas de Fases en Equilibrio	184
5.1. Introducción	184
5.2. Conceptos y términos fundamentales	185

5.3. Solubilidad total en el estado sólido	186
5.4. Regla de las fases de Gibbs	188
5.5. Regla de la palanca	189
5.6. Reacciones de tres fases	191
5.7. Sistemas eutécticos	192
5.7.1. Insolubilidad total en el estado sólido	192
5.7.2. Solubilidad parcial en un componente	193
5.7.3. Solubilidad parciales en ambos componentes	193
5.7.4. Formación y regulación de las microestructuras en los sistemas eutécticos	195
5.8. El sistema hierro – carbono	199
5.8.1. El sistema metaestable Fe – Fe ₃ C	202
5.8.2. El sistema estable Fe – C (grafito)	206
5.9. Compuestos intermetálicos y soluciones sólidas secundarias	207
5.10. Diagramas de fases más complicados: otras reacciones invariantes de tres fases	208
5.11. Determinación de las curvas de líquidos y de solidus del diagrama de fases	211
5.11.1. Curvas de enfriamiento y curvas de liquidus	211
5.11.2. Curvas de calentamiento y curvas de solidus	213
Resumen	215
Referencias	215
Términos y conceptos	215
Preguntas y problemas de práctica	216
6. Difusión en Sólidos	219
6.1. Introducción	219
6.2. Movimientos macroscópicos de los átomos: leyes de difusión de Fick	200
6.2.1. Primera ley de Fick	220
6.2.2. Coeficientes de difusión	221
6.2.3. Segunda ley de Fick	221
6.2.4. Aplicaciones de la segunda ley de Fick en los procesos	222
6.2.4.a. Homogeneización (Ref. 1)	222
6.2.4.b. Procesos de carburización y nitruración [Ref. 2]	223
6.2.4.c. Descarburación [Ref. 1]	227
6.2.4.d. Dopado (impurificación) de silicio puro	231
6.2.5. Procesamiento de microcircuitos electrónicos	233
6.3. Movimientos atómicos microscópicos: mecanismos de difusión	236
6.3.1. Naturaleza del coeficiente de difusión, D	236
6.3.2. Mecanismos de difusión, energía de activación y T	237
6.3.3. Difusión a lo largo de defectos y en superficies	238
Resumen	239
Referencias	239
Términos y conceptos	240
Preguntas y problemas de práctica	240
7. Fusión, Solidificación y Colado	243
7.1. Introducción	243
7.2. Procesamiento de las fundiciones	244
7.2.1. Procesamiento primario	244
7.2.2. Procesamiento secundario o metalurgia de olla o cuchara	246

7.2.3. Refusión	249
7.3. Características del estado líquido	250
7.4. Solidificación: un proceso de nucleación y crecimiento	251
7.4.1. Nucleación homogénea	252
7.4.2. Nucleación heterogénea	254
7.4.3. Crecimiento de núcleos	256
7.5. Colado y control de la estructura de las piezas fundidas	258
7.5.1. Posibles defectos macroscópicos en piezas fundidas y longotes	258
7.5.2. Estructura de piezas fundidas y segregación	260
7.5.3. Colada continua	263
7.6. Vidrios metálicos o metales amorfos [6c]	264
7.7. Monocristales	265
7.8. Homogeneización	266
Resumen	266
Referencias	267
Términos y conceptos	267
Preguntas y problemas de práctica	268
8. Deformación Plástica y Recocido	270
8.1. Introducción	270
8.2. Procesos de deformación	271
8.3. Deformación plástica de monocristales	273
8.3.1. Existencia e indicios de dislocaciones	273
8.3.2. Esfuerzo cortante resuelto crítico (ECRC) de Schmid para el deslizamiento	275
8.3.3. Rotación de planos cristalinos y efectos de las restricciones durante la deformación	277
8.4. Trabajado en frío y en tibio	278
8.4.1. Reforzamiento por el trabajo en frío	279
8.4.2. Especificación de la condición de trabajo en frío	281
8.4.3. Textura de deformación (cristalográfica)	285
8.4.4. Propiedades de las láminas para una buena formalidad	286
8.4.4.a. Embutición y propiedades para una buena embutibilidad	286
8.4.4.b. Estirado y propiedades para la estirabilidad	289
8.4.4.c. Operaciones reales de formado	291
8.4.5. Esfuerzos residuales	291
8.4.6. Trabajo plástico y energía almacenada por el trabajo en frío	292
8.4.6.a. Trabajo plástico en una probeta en un ensayo de tensión	292
8.4.6.b. Extrusión y estirado de alambres	295
8.5. Recocido: Calentamiento para Ablandar Materiales	296
8.5.1. Recuperación: primera etapa	297
8.5.2. Recristalización o recristalización primaria: segunda etapa	298
8.5.2.a. Cinética de la recristalización	299
8.5.2.b. Textura de recristalización o de recido	300
8.5.3. Crecimiento del grano: tercera etapa	301
8.6. Trabajado en caliente	302
8.6.1. Recuperación dinámica y recristalización	303
8.6.2. Recristalización estática	304
8.6.3. Procesamiento controlado mecánica térmico: diseño de un proceso	306

8.7. Superplasticidad y formato superplástico	308
8.8. Formato de cerámica, vidrio, plástico/plásticos reforzados (materiales compuestos)	310
Resumen	311
Referencias	312
Términos y conceptos	312
Preguntas y problemas de práctica	313
9. Procesos Térmicos: Tratamiento Térmico	316
9.1. Introducción	316
9.2. Procesos térmicos no endurecedores	316
9.2.1. Alivio térmico de esfuerzos residuales	316
9.2.2. Recocido	319
9.2.3. Normalización	322
9.3. Procesos de endurecimiento (tratamiento térmico): principios generales	323
9.3.1. Curvas en C de transformaciones y sus implicaciones	325
9.3.2. Transformaciones martensítica: una transformación por desplazamiento	328
9.4. Endurecimiento por precipitación	331
9.4.1. Aleaciones de aluminio	332
9.5. Tratamiento térmico de aleaciones de titanio [6]	335
9.6. Endurecimiento debido a transformación espinodal y de orden	339
9.7. Tratamiento térmico de aceros	342
9.7.1. Diagramas de proceso fuera del equilibrio	343
9.7.1.a. Diagramas de transformación isotérmica (I - T) (Curvas en C) de aceros	343
9.7.1.b. Revenido y predicción de la condición de revenido	351
9.7.2.c. Endurecimiento y ensayo Jominy	355
9.7.2.d. Bandas de endurecimiento	358
9.7.2.e. Severidad del temple	358
9.7.2.f. Diámetros críticos ideales y reales	365
9.7.2.g. Procesos especiales con base en los diagramas I - T	367
9.7.3. Precauciones para el tratamiento y utilización de aceros endurecidos completamente	369
9.7.3.a. Austenita homogénea y retenida	391
9.7.3.b. Procesos con cambio en la composición superficial	377
Resumen	384
Referencias	385
Términos y conceptos	386
Preguntas y problemas de práctica	387
Parte III. Comportamiento y Selección de Materiales para Diseños de Ingeniería	389
10. Corrosión y Control de la Corrosión	390
10.1. Introducción	390
10.2. Formas de corrosión y ambientes	391
10.3. Corrosión electroquímica acuosa	391
10.3.1. Reacciones electroquímicas en el ánodo y el cátodo	392
10.3.2. Voltaje de celda y potencial de electrodo	393
10.3.3. Termodinámica y voltaje de celda	394

10.3.4. Dependencia de los voltajes de celda de equilibrio y los potenciales de electrodo respecto a la concentración: ecuación de Nernst	396
10.3.5. Tipos de celdas electroquímicas de corrosión	397
10.3.5.a. Celdas de concentración de electrólitos	397
10.3.5.b. Celdas de concentración de electrólitos	397
10.3.5.c. Celdas de temperatura diferencial	401
10.3.5.d. Celdas de trabajo en frío o de esfuerzo diferencial	401
10.3.6. Diagrama de Pourbaix	404
10.4. Cantidad y velocidad de corrosión	409
10.5. Corriente de corrosión y cambio en los potenciales de electrodo	412
10.6. Algunos factores que influyen en la rapidez de la corrosión acuosa	414
10.6.1. Presencia de oxígeno en el electrólito: soluciones aeradas	414
10.6.2. Agua dura y agua blanda	414
10.6.3. Presencia de iones más nobles en el agua	415
10.7. Efecto del electrólito en movimiento	415
10.8. Efecto de la corrosión en la propiedades mecánicas	416
10.9. Diseño para el control de la corrosión	418
10.9.1. Eliminación de los electrodos	418
10.9.2. Elimine o evite el contacto de los electrodos	420
10.9.3. Elimine o controle el electrólito	420
10.9.4. Protección catódica	421
10.9.5. Protección anódica	422
10.9.6. Detalles de diseño y montaje de componentes para reducir la corrosión al mínimo	424
Resumen	426
Referencias	426
Términos y conceptos	426
Preguntas y problemas de práctica	427
11. Diseño, Selección y Falla de Materiales	429
11.1. Introducción	429
11.2. Metodología general del diseño	429
11.2.1. Fases del diseño	430
11.2.2. Actividades de diseño	431
11.2.3. Selección de materiales	431
11.3. Factores que intervienen en la selección de materiales	431
11.3.1. Restricciones relacionadas entre sí	431
11.3.1.a. Factores físicos	433
11.3.1.b. Factores mecánicos	433
11.3.1.c. Procesamiento y fabricabilidad	433
11.3.1.d. Factores de duración de los componentes	433
11.3.1.e. Costos y disponibilidad	433
11.3.1.f. Códigos, factores estatutarios y otros factores	433
11.3.2. Criterios y herramientas para la selección de materiales [2]	434
11.3.3. Rendimiento y eficiencia de los materiales	437
11.3.4. Diagramas de materiales [3,5]	439
11.3.5. Factores de forma [4,5]	445
11.3.6. Eficiencia de las secciones de perfil	448
11.3.7. Influencia de las características internas de forma regular	450
11.4. Aspectos prácticos del diseño de ingeniería	451

11.4.1. Aspectos de riesgo	451
11.4.2. Rendimiento y costo	452
11.5. Fallas de materiales y de componentes como fuentes de experiencia de ingeniería [10]	422
11.5.1. Deficiencias de diseño	452
11.5.2. Deficiencias en la selección de materiales	453
11.5.3. Imperfecciones del material	455
11.5.4. Fallas derivadas del tratamiento y la fabricación	455
11.5.5. Fallas debidas a errores de manejo y montaje	456
11.5.6. Fallas debidas a las condiciones de servicio	456
11.6. Fuentes de información y especificaciones	456
Resumen	457
Referencias	458
Términos y conceptos	458
Preguntas y problemas de práctica	459
12. Selección de Materiales Ferrosos	460
12.1. Introducción	460
12.2. Clasificación, designaciones y especificaciones de los aceros	461
12.2.1. Clasificación según su composición	462
12.2.2. Clasificación según su resistencia	464
12.2.3. Clasificación según la forma del producto, el tratamiento de acabado y los descriptores de calidad	469
12.3. Obtención y especificaciones	477
12.4. Selección de aceros estructurales al carbono y de baja aleación [4a]	479
12.4.1. Soldabilidad, formabilidad y maquinabilidad de los aceros al carbono y de baja aleación	480
12.5. Aceros al carbono y de baja aleación termotratables	486
12.5.1. Aceros al carbono	489
12.5.2. Aceros aleados	491
12.6. Selección de aceros para herramientas [5,6]	498
12.6.1. Aceros de alta velocidad	498
12.6.2. Aceros para herramientas de trabajo en caliente, Grupo H	500
12.6.3. Aceros para herramientas para trabajo en frío	501
12.6.4. Aceros resistentes al impacto, Grupo S	501
12.6.5. Aceros de baja aleación para usos especiales, Grupo L	501
12.6.6. Aceros de herramientas para moldes Grupo P	501
12.6.7. Aceros para herramientas endurecibles en agua, Grupo W	502
12.6.8. Guía de selección y resumen de propiedades de los aceros para herramientas	502
12.7. Selección de aceros inoxidables [7]	502
12.7.1. Designaciones, clases y propiedades de los aceros inoxidables (AI)	503
12.7.2. Selección de aceros inoxidables	512
12.8. Selección de hierros de función	512
12.8.1. Tipos y características de las fundiciones de hierro	516
12.8.2. Especificaciones, calidades y propiedades de hierro	522
12.8.2.a. Fundiciones de hierro gris	522
12.8.2.b. Fundición de hierro dúctil	525

12.8.2.c. Fundición de hierro con gráfico compactado (CG)	526
12.8.2.d. Fundiciones de hierro maleable	528
12.8.3. Diseño de piezas fundidas de hierro [8]	531
12.8.4. Conceptos especiales de diseño en el uso de hierro gris	534
Resumen	535
Referencias	536
Términos y conceptos	537
Preguntas y problemas de práctica	537
13. Selección de Metales no Ferrosos	539
13.1. Introducción	539
13.2. Aluminio y aleaciones aluminio [1,2]	540
13.2.1. Designación de las aleaciones	540
13.2.1.a. Aluminio y aleaciones de aluminio forjados	540
13.2.1.b. Aluminio y aleaciones de aluminio	542
13.2.2. Designaciones de temple	542
13.2.2.a. Designaciones de temple básicas	542
13.2.2.b. Designaciones por grado de trabajo en frío o de endurecimiento por deformación	544
13.2.2.c. Designaciones por condiciones de tratamiento térmico	545
13.2.2.d. Otras variantes del temple T	546
13.2.2.e. Productos recocidos	546
13.2.3. Selección y aplicaciones de aluminio y aleaciones de aluminio forjadas [2]	547
13.2.3.a. Aleaciones no termotratables	547
13.2.3.b. Aleaciones termotratables	554
13.2.4. Selección de piezas fundidas de aluminio y de aleaciones de aluminio [2]	557
13.3. Titanio y aleaciones de titanio [5]	563
13.3.1. Titanio comercialmente puro y modificado	563
13.3.2. Aleaciones de titanio	568
13.3.2.a. Clasificaciones y designaciones de las aleaciones	570
13.3.2.b. Propiedades mecánicas a temperatura ambiente	571
13.3.2.c. Selección de aleaciones de titanio forjadas	573
13.3.2.d. Piezas fundidas de titanio	573
13.4. Magnesio y aleaciones de magnesio [6]	580
13.4.1. Aleaciones de magnesio y sus designaciones	581
13.4.2. Aplicaciones del magnesio	583
13.5. Cobre y aleaciones de cobre	583
13.5.1. Designaciones de aleación y temple del cobre y sus aleaciones	583
13.5.2. Propiedades y criterios de selección del cobre y sus aleaciones	585
13.5.3. Aplicaciones del cobre y sus aleaciones	591
13.6. Níquel y Aleaciones de Níquel [6]	592
13.6.1. Aleaciones: sus designaciones u características	593
Resumen	601
Referencias	601
Términos y conceptos	602
Preguntas y problemas de práctica	602
14. Materiales Inorgánicos: Cerámicas y Vidrios	604
14.1. Introducción	604

14.2. Cerámicas	605
14.2.1. Estructuras cristalinas	605
14.2.2. Diagramas de fases de las cerámicas	608
14.2.3. Elaboración de cerámicas	611
14.2.3.a. Preparación de lotes y de polvos	611
14.2.3.b. Conformado	612
14.2.3.c. Secado y coacción	614
14.2.3.d. Formado y acabado de superficies	618
14.2.4. Propiedades de las cerámicas estructurales	620
14.2.4.a. Porosidad o contenido de huecos	621
14.2.4.b. Resistencia a la tensión uniaxial	621
14.2.4.c. Resistencia a la compresión uniaxial	626
14.2.5. Tenacidad a la fractura de las cerámicas y de la zirconia	628
14.2.5.a. ZrO ₂ en otra matriz cerámica	628
14.2.5.b. Zirconia parcialmente estabilizada (CPE)	629
14.2.5.c. Polocristales de zirconia tetragonal (PCT)	630
14.3. Vidrios	631
14.3.1. Formación y tratamiento primario del vidrio	631
14.3.1.a. Manufactura de recipientes	632
14.3.1.b. Vidrio plano: Láminas y placas	633
14.3.1.c. Tubos	634
14.3.1.d. Fibras de vidrio	634
14.3.2. Silicatos y estructura vítreas	634
14.3.2.a. Estructuras insulares	635
14.3.2.b. Estructuras de grupos aislados	636
14.3.2.c. Estructura en cadena	636
14.3.2.d. Estructuras laminares	636
14.3.2.e. Estructuras de armazón o reticulares	636
14.3.2.f. Módulo de Young E, y razón de Poisson	642
14.3.4. Propiedades mecánicas	643
14.4. Cerámica vítrea y tratamiento secundario	644
14.4.1. Cerámicas vítreas	644
14.4.1.a. Proceso de templado	648
14.4.1.b. Intercambio de iones	649
14.5. Diseño y selección de cerámicas y vidrios	650
14.5.1. Metodología de diseño	650
14.5.2. Selección de cerámicas estructurales	652
14.5.3. Selección de refractarios	655
Resumen	662
Referencias	663
Términos y conceptos	664
Preguntas y problemas de práctica	665
15. Plástico y Plástico Reforzados	666
15.1. Introducción	666
15.2. Procesos de polimerización	667
15.2.1. Polimerización por adición	667
15.2.2. Polimerización por condensación	668
15.2.3. Polimerización combinada	668

15.3. Características estructurales u propiedades fundamentales de los polímeros	669
15.3.1. Peso molecular (PM)	669
15.3.2. Distribución de pesos moleculares	671
15.3.3. Moléculas lineales y ramificadas	671
15.3.4. Moléculas con enlaces transversales	672
15.3.5. Polímeros cristalinos y amorfos	672
15.3.6. Composición química intramolecular	675
15.3.7. Copolimeración	675
15.3.7. Polímeros de esqueleto no carbono	678
15.4. Tipos de plásticos y su clasificación	678
15.4.1. Clasificación de los termoplásticos	681
15.4.1.a. Termoplásticos comerciales	681
15.4.1.b. Termoplásticos de ingeniería	684
15.4.2. Termofijos	690
15.5. Formulación de polímeros	696
15.5.1. Aleación y mezcla	696
15.5.2. Plásticos reforzados	703
15.6.2.a. Fibras	703
15.6.2.b. Matrices	708
15.7. Propiedades de los plásticos que se utilizan en el diseño	709
15.7.1. Densidad	709
15.7.2. Absorción y transmisión de agua	709
15.7.3. Propiedades térmicas	710
15.7.4. Propiedades mecánicas	710
15.7.4.a. Propiedades de corto plazo	712
15.7.4.b. Propiedades de largo plazo	716
15.8. Propiedades de los plásticos reforzados y de los materiales compuestos	719
15.8.1. Tipos de materiales compuestos	720
15.8.2. Propiedades de loa plásticos reforzados con fibras	720
15.8.2.a. Aplicación de esfuerzos en dirección lñongitudinal a un material compuesto con fibra unidireccional	721
15.8.2.b. Aplicación de esfuerzos al material compuesto en dirección transversal a la fibra	722
15.8.2.c. Fracción volumétrica crítica de fibra	722
15.9. Laminados	725
15.9.1. Orientación de las fibras	725
15.9.2. Códigos para laminados [5]	726
15.9.3. Propiedades de los laminados	727
15.10. Fabricación de Plásticos	727
15.10.1. Extrusión	729
15.10.2. Moldeo por inyección	730
15.10.3. Moldeo por soplado	730
15.10.4. Procesos de conformado	731
15.10.5. Otros procesos	733
15.11. Fabricación de plásticos reforzados	734
15.11.1. Métodos de moldeo por contacto	734
15.11.2. Método de molde hermanado	735

15.11.3. Otros métodos	735
15.12. Diseño con plásticos y plásticos reforzados	736
15.12.1. Diseño de plásticos reforzados/materiales compuestos de fibra continua, materiales con ingeniería	738
15.13. Selección de plásticos	740
15.13.1. Guías para la selección de plásticos	740
15.13.2. Selección de matrices para plásticos reforzados / materiales compuestos	740
15.13.3. Metodología de selección de materiales compuestos	744
15.14. D 4000 Line Callout de la ASTM para materiales plásticos	749
Resumen	750
Referencias	751
Términos y conceptos	751
Preguntas y problemas de práctica	752
16. Estudios de Casos de Selección de Materiales	754
16.1. Introducción	754
16.2. Aceros	754
16.2.1. Aceros estructurales	755
16.2.1.a. Estructuras con carga estática [1a]	762
16.2.2.b. Estructuras con carga dinámica [1a.c]	763
16.2.2.c. Uso de aceros de microaleación en automóviles y en vehículos y equipo todo terreno	764
16.2.2.d. Ventajas de la adopción de aceros de alto rendimiento: un ejemplo	765
16.2.2. El acero inoxidable como material estructural viable (1g)	766
16.2.2.a. Estudio de caso: aceros inoxidables para el reforzamiento de concreto en puentes de carreteras	766
16.2.3. Selección de aceros con tratamiento térmico [4]	771
16.3. Aleaciones de aluminio	771
16.3.1. Justificación del uso de aluminio en los forros de las aeronaves [5]	771
16.4. Selección de materiales para la industria del automóvil	781
16.4.1. Cerámicas estructurales para componentes de motores	782
16.4.1.a. Cámara de remolino [9b, 10]	782
16.4.1.b. Rotor de turboalimentador [9b, c, d]	785
16.4.1.c. Selección del material cerámico	789
16.4.2. Aplicación de la ingeniería concurrentes en la creación de productos [11]	787
16.5. Selección con base en el análisis de ciclo de uso [ACU] [12,13]	790
16.5.1. Selección de materiales para recipientes de bebidas [12]	793
16.5.2. Selección de materiales para defensas (guardabarros) de automóvil [13]	795
16.6. Selección de plásticos reforzados con vidrio [14]	797
16.7. Aplicación de la mecánica de fractura a la selección de materiales	797
Referencias	802
Apéndice	803
Índice	818