

INDICE

1. Materiales en Ingeniería	1
1.1. Tipos de materiales	2
a. Metales	3
b. Cerámicas (y vidrios)	5
c. Polímeros	8
d. Compuestos	12
e. Semiconductores	13
1.2. De la estructura a las propiedades	14
1.3. Selección de los materiales	20
a. Alternativas entre los 5 tipos de materiales	20
b. Selección de un metal óptimo	22
b. Selección del sustituto de un metal	23
1.4. Ciencia e ingeniería de materiales	25
Parte I.	
Los Fundamentos	
2. Enlazamiento Atómica	31
2.1. Estructura atómica	32
2.2. El enlace iónico	37
a. Número de coordinación	43
2.3. El enlace covalente	50
2.4. El enlace metálico	57
2.5. El enlace secundario de van der Waals	59
2.6. Materiales: clasificación por sus enlazamientos	62
3. Estructura Cristalina – Perfección	73
3.3. Estructuras de metales	87
3.4. estructura de cerámicas	94
3.5. Estructura de polímeros	106
3.6. Estructuras de semiconductores	109
3.7. Difracción de rayos X	114
4. Estructura no Cristalina - Imperfección	131
4.1. La solución sólida – imperfección química	132
4.2. Defectos puntuales – imperfección “cerodimensional”	138
a. Producción térmica de defectos puntuales	140
b. Defectos puntuales y difusión de estado sólido	144
4.3. Defectos lineales o “dislocaciones” – imperfección unidimensional	157
a. Dislocaciones y deformación mecánica	160
4.4. Defectos planares, imperfección bidimensional	170
4.5. Sólidos no cristalinos – imperfección tridimensional	178
4.6. Cuasicristales	182
4.7. Fractales	188
4.8. Microscopía electrónica	191
5. Diagramas de Fases – Desarrollo de la Microestructural en Equilibrio	209
5.1. La regla de las fases	210
5.2. El diagrama de fases	214
a. Solución eutéctico sin solución sólida	217
b. Diagrama eutéctico sin solución sólida	217

c. Diagrama eutéctico con solución sólida limitada	219
d. Diagrama eutectoide	220
e. Diagramas peritético	224
f. Diagramas binarios generales	224
5.3. LA regla de la palanca	227
5.4. Desarrollo microestructural, durante enfriamiento lento	229
5.5. Algunos diagramas binarios importantes	235
a. Sistema Fe – Fe ₃ C	236
b. Sistema Fe – C	240
c. Sistema Al – Si	241
d. Sistema Al – Cu	242
e. Sistema Al – Mg	242
f. Sistema Cu – Ni	244
g. Sistema Cu – Zn	244
h. Sistema Pb – Sn	244
i. Sistema Al ₂ O ₃ – SiO ₂	246
j. Sistema MgO – Al ₂ O ₃	247
k. Sistema NiO – MgO	248
l. Sistema CaO – ZrO ₂	248
6. Cinética – Tratamiento Térmico	263
6.1. El tiempo – la tercera dimensión	264
6.2. El diagrama TTT	269
a. Transformaciones difusionales	270
b. Transformaciones sin difusión	272
c. Tratamiento térmico del acero	274
6.3. Endurecimiento	284
6.4. Endurecimiento por precipitación	287
6.5. Recicido	291
a. Trabajo en frío	292
b. Recuperación	292
c. Recristalización	293
d. Crecimiento de grano	293
6.6. La cinética de las transformaciones de fases para no metales	297
Parte II	
Los Materiales Estructurales	
7. Metales	311
7.1. Aleaciones ferrosas	312
a. Aceros al carbono y de baja aleación	312
b. Aceros de alta aleación	314
c. Hierros fundidos	317
d. Aleaciones solidificados rápidamente	319
7.2. Aleaciones no ferrosas	324
7.3. Principales propiedades mecánicas	329
a. Esfuerzo contra deformación	329
b. Dureza	347
c. Tenacidad a la fractura	355
e. Fatiga	357
f. Cedencia	363

8. Cerámicas y Vidrios	379
8.1. Cerámicas – materiales cristalinos	380
8.2. Vidrios – materiales no cristalinos	384
8.3. Cerámica de vidrio	387
8.4. Principales propiedades mecánicas	389
a. Fractura por fragilidad	389
b. Fatiga estática	394
c. Cedencia	396
d. Choque térmico	396
e. Deformación viscosa de los vidrios	403
8.5. Principales Propiedades Ópticas	413
a. Índice de refracción	413
b. Reflectancia	414
c. Transparencia, translucidez y opacidad	417
d. Color	417
9. Polímeros	431
9.1. Polimeración	432
9.2. Rayos estructurales de los polímeros	439
9.3. Polímeros termoplásticos	445
9.4. Polímeros termoendurecidos	451
9.5. Aditivos	457
9.6. Principales propiedades mecánicas	458
a. Módulo de flexión y módulo dinámica	459
b. Deformación viscoelástica	461
c. Deformación elastomérica	463
d. Deformación por cedencia y relajación del esfuerzo	465
e. Datos mecánicos	
9. Principales propiedades ópticas	473
10. Compuestos	483
10.1. Compuestos artificiales con fibras de repuesto	485
10.2. Madera – un compuesto natural reforzado con fibra	490
10.3. Compuestos agregados o aglomerados	493
10.4. Promedio de propiedades	500
a. Carga paralela a las fibras de refuerzo – isodeformación	500
b. Carga perpendicular a las fibras de refuerzo – isoefuerzo	504
c. Carga a un compuesto aglomerado disperso uniformemente	507
d. Resistencia interfacial	511
10.5. Principales propiedades mecánicas	512
Parte III	
Los Materiales Electrónicos y Magnéticos	
11. Conducción eléctrica	527
11.1. Portadores de cargas y conducción	528
11.2. Niveles de energía y bandas de energía	533
11.3. Conductores	540
a. Termopares	544
b. Superconductores	547
11.4. Aislantes	553
a. Dieléctricos y piezoeléctricos	555

11.5. Semiconductores	562
11.6. Compuestos	564
11.7. Materiales – la clasificación eléctrica	565
12. Semiconductores	573
12.1. Semiconductores elementales intrínsecos	574
12.2. Semiconductores elementales extrínsecos	579
a. Semiconductores tipo n	580
b. Semiconductores tipo p	584
12.3. Semiconductores compuestos	590
12.4. Semiconductores amorfos	591
12.5. Dispositivos sencillos	593
12.6. Propiedades eléctricas principales	603
13. Materiales Magnéticos	617
13.1. Magnetismos	618
13.2. Ferromagnetismo	623
13.3. Ferrimagnetismo	631
13.4. Materiales magnéticos metálicos	633
a. Materiales magnéticos blandos	633
b. Materiales magnéticos duros	636
c. Materiales magnéticos superconductores	637
13.5. Materiales magnéticos cerámicos	639
a. Materiales magnéticos de baja conductividad	640
b. Materiales magnéticos superconductores	641
Parte IV	
Materiales en el Diseño de Ingeniería	
14. Degradación Ambiental	651
14.1. Oxidación - ataque atmosférico directo	653
14.2. Corrosión acuosa – ataque electroquímico	658
14.3. Corrosión galvánica de dos metales	660
14.4. Corrosión por reducción gaseosa	664
14.5. Efecto del esfuerzo mecánico sobre la corrosión	668
14.6. Métodos para prevenir la corrosión	669
14.7. Degradación química de las cerámicas y polímeros	673
14.8. Daños por radiación	673
14.9. Desgaste	677
14.10. Análisis de superficie	679
15. Selección de Materiales	691
15.1. Propiedades de los materiales – parámetros de diseño de ingeniera	692
15.2. Efectos generales de los procesos sobre los parámetros	693
15.3. Selección de materiales estructurales – casos para estudio	722
a. Sustitución de metales con un polímero	722
b. Sustitución de metales con compuestos	723
c. Metal y polímero para reemplazo de la articulación de la cadera	724
15.4. Selección de materiales magnéticos y electrónicos - casos para estudio	726
a. Sustitución de cable de cobre por fibra de vidrio	726
b. Reemplazo de un polímero termoendurecido con un termoplástico	727
c. Uso de un metal amorfo para el núcleo de un transformador	728

Apéndices	
1. Datos físicos y químicos de los elementos	737
2. Radio atómico y iónico de los elementos	741
3. Constante y factores de conversión	745
4. Localización de propiedades para los materiales estructurales	746
5. Localización de propiedades para los materiales electrónicos y magnéticos	748
6. Localización de caracterización de materiales	749
7. Glosario	750
Respuestas a los ejercicios de ejemplo (EM) y a los problemas con número impar	771
Índice	785