

Contenido

PARTE I	FUNDAMENTOS	1
CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN AL DISEÑO	3
1.1	Diseño	3
	Diseño de máquinas	3
	Máquina	4
	Iteración	5
1.2	Un proceso de diseño	6
1.3	Formulación y cálculo de problemas	8
	Etapa de definición	9
	Etapa preliminar del diseño	9
	Etapa del diseño detallado	10
	Etapa de documentación	10
1.4	El modelo de ingeniería	10
	Estimación y análisis de primer orden	10
	El bosquejo de ingeniería	11
1.5	Diseño e ingeniería asistidos por computadora	12
	Diseño asistido por computadora (CAD)	12
	Ingeniería asistida por computadora (CAE)	16
	Precisión computacional	17
1.6	El informe de ingeniería	17
1.7	Factores de seguridad y códigos de diseño	18
	Factor de seguridad	18
	Selección de un factor de seguridad	19
	El diseño y los códigos de seguridad	21
1.8	Consideraciones estadísticas	22
1.9	Unidades	22
	Ejemplo 1-1	25
1.10	Introducción a TKSolver	28
	Terminología	29
	Modelos sencillos, hojas de reglas y de variables, subhojas	29
	Ejemplo 1-2	29
	Traslado de variables de la entrada a la salida, y viceversa	32
	Ejemplo 1-3	32

Uso de la iteración y la determinación de raíces	33
Ejemplo 1-4	33
Listas, tablas, trazos, optimización y funciones incorporadas	36
Ejemplo 1-5	36
Uso de funciones incorporadas	39
Ejemplo 1-6	39
Funciones definidas por el usuario	41
Funciones de regla	42
Ejemplo 1-7	42
Funciones de procedimiento	45
Ejemplo 1-8	45
Funciones de lista	47
Ejemplo 1-9	48
Unidades y formato	49
Ejemplo 1-10	50
1.11 Resumen	53
Ecuaciones importantes utilizadas en este capítulo	54
1.12 Referencias	54
1.13 Bibliografía	55
1.14 Problemas	56
CAPÍTULO 2 MATERIALES Y PROCESOS	57
2.0 Introducción	57
2.1 Definiciones de las propiedades de los materiales	57
El ensayo a la tensión	59
Ductilidad y fragilidad	62
Ensayo a la compresión	63
Ensayo a la flexión	64
Ensayo a la torsión	64
Resistencia a la fatiga y límite de resistencia	66
Resistencia al impacto	67
Tenacidad a la fractura	69
Efectos de termofluencia y temperatura	69
2.2 Naturaleza estadística de las propiedades de los materiales	69
2.3 Homogeneidad e isotropía	71
2.4 Dureza	72
Tratamientos térmicos	73
Endurecimiento superficial (cementación)	74
Tratamiento térmico de materiales no ferrosos	75
Conformación y endurecimiento mecánico	76
2.5 Recubrimientos y tratamientos superficiales	78
Acción galvánica	78
Chapas electrolíticas (electrochapas)	79
Chapas no electrolíticas	80
Anodizado	81

	Recubrimientos de rociado por plasma	81
	Recubrimientos químicos	81
2.6	Propiedades generales de los metales	82
	Hierros de fundición	82
	Aceros fundidos	83
	Aceros forjados	83
	Sistema de numeración de los aceros	84
	Aluminio	87
	Titanio	89
	Magnesio	90
	Aleaciones de cobre	90
2.7	Propiedades generales de los no metales	91
	Polímeros	92
	Materiales cerámicos	93
	Materiales compuestos	93
2.8	Resumen	94
	Ecuaciones de importancia utilizadas en este capítulo	95
2.9	Referencias	97
2.10	Bibliografía	97
2.11	Problemas	98
CAPÍTULO 3	DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS	101
3.0	Introducción	101
3.1	Clases de cargas	101
3.2	Diagramas de cuerpo libre	104
3.3	Análisis de las cargas	104
	Análisis tridimensional	105
	Análisis bidimensional	106
	Análisis de carga estática	107
3.4	Casos prácticos de carga estática en dos dimensiones	107
	Caso 1A - Análisis de carga de la palanca del freno de bicicleta	107
	Caso 2A - Análisis de carga de pinzas para emboquillar operadas a mano	114
	Caso 3A - Análisis de carga de gato de tijera	119
3.5	Caso práctico de carga estática tridimensional	126
	Caso 4A - Análisis de carga del sistema del freno de bicicleta	127
3.6	Caso práctico de cargas dinámicas	132
	Caso 5A - Análisis de carga de acoplamiento de cuatro barras	132
3.7	Cargas por vibración	137
	Frecuencia natural	139
	Fuerzas dinámicas	141
	Caso 5B - Medición de cargas dinámicas del acoplamiento de cuatro barras	141
3.8	Cargas por impacto	143
	Método de energía	144
	Ejemplo 3-1	147

3.9	Cargas en vigas	149
	Cortante y momento	150
	Funciones de singularidad	151
	Ejemplo 3-2A	153
	Ejemplo 3-2B	155
	Ejemplo 3-3A	158
	Ejemplo 3-3B	159
	Ejemplo 3-4	161
	Superposición	163
3.10	Resumen	165
	Ecuaciones importantes utilizadas en este capítulo	166
3.11	Referencias	167
3.12	Bibliografía	168
3.13	Problemas	168
CAPÍTULO 4	ESFUERZO, DEFORMACIÓN Y DEFLEXIÓN	175
4.0	Introducción	175
4.1	Esfuerzo	175
4.2	Deformación	179
4.3	Esfuerzos principales	179
4.4	Esfuerzo plano y deformación plana	182
	Esfuerzo plano	182
	Deformación plana	182
4.5	Círculos de Mohr	183
	Ejemplo 4-1	184
	Ejemplo 4-2	186
	Ejemplo 4-3	187
4.6	Esfuerzos aplicados en comparación con esfuerzos principales	188
4.7	Tensión axial	189
4.8	Esfuerzo cortante directo, esfuerzo de apoyo y desgarro	190
	Cortante directo	190
	Apoyo directo	191
	Falla por desgarro	191
4.9	Vigas y esfuerzos de flexión	192
	Vigas a flexión pura	193
	Cortante por cargas transversales	196
4.10	Deflexión de vigas	200
	Deflexión por funciones de singularidad	202
	Ejemplo 4-4	202
	Ejemplo 4-5	207
	Ejemplo 4-6	210
	Vigas estáticamente indeterminadas	212
	Ejemplo 4-7	214
4.11	Método de Castigliano	217

	Deflexión con el método de Castigliano	219
	Determinación de las reacciones redundantes mediante el método de Castigliano	219
4.12	Torsión	219
	Ejemplo 4-8	223
4.13	Esfuerzos combinados	226
	Ejemplo 4-9	226
4.14	Razones de resorte	229
4.15	Concentración de esfuerzos	230
	Concentración de esfuerzos bajo carga estática	231
	Concentración de esfuerzos bajo cargas dinámicas	232
	Determinación de los factores geométricos de concentración de esfuerzos	233
	Diseño para evitar concentraciones de esfuerzos	235
4.16	Compresión axial - columnas	237
	Razón de esbeltez	237
	Columnas cortas	237
	Columnas largas	238
	Condiciones terminales	239
	Columnas intermedias	241
	Ejemplo 4-10	243
	Columnas excéntricas	247
4.17	Esfuerzos en cilindros	249
	Cilindros de pared gruesa	249
	Cilindros de pared delgada	251
4.18	Casos prácticos en análisis de esfuerzos estáticos y de deflexión	251
	Caso 1B - Análisis de esfuerzo y deflexión de la palanca de frenos de bicicleta	252
	Caso 2B - Análisis de esfuerzos y deflexiones de las pinzas para emboquillar	255
	Caso 3B - Análisis de esfuerzo y deflexiones del gato de tijera para automóvil	261
	Caso 4B - Análisis de esfuerzo del brazo del freno de bicicleta	265
4.19	Resumen	269
	Ecuaciones importantes utilizadas en este capítulo	272
4.20	Referencias	275
4.21	Bibliografía	275
4.22	Problemas	276
CAPÍTULO 5	TEORÍA DE LAS FALLAS ESTÁTICAS	287
5.0	Introducción	287
5.1	Falla de materiales dúctiles bajo carga estática	290
	La teoría de Von Mises-Hencky o de energía de distorsión	290
	La teoría del esfuerzo cortante máximo	295
	Teoría del esfuerzo normal máximo	297
	Comparación de los datos experimentales con las teorías de falla	298
	Ejemplo 5-1	299
5.2	Falla de materiales frágiles bajo carga estática	301
	Materiales uniformes y no uniformes	301

	La teoría Coulomb-Mohr	303
	La teoría Mohr modificada	304
	Ejemplo 5-2	306
5.3	Mecánica de fracturas	309
	Teoría de la mecánica de fracturas	310
	Tenacidad a la fractura K_{Ic}	314
	Ejemplo 5-3	315
5.4	Teorías de falla por carga estática	317
5.5	Casos en análisis de fallas estáticas	318
	Caso 1C - Análisis de fallas de la palanca del freno de bicicleta	318
	Caso 2C - Análisis de fallas de unas pinzas para emboquillar cables	322
	Caso 3C - Análisis de fallas del gato de tijera para automóvil	325
	Caso 4C - Factores de seguridad del brazo del freno de bicicleta	327
5.6	Resumen	330
	Ecuaciones importantes manejadas en este capítulo	331
5.7	Referencias	333
5.8	Bibliografía	334
5.9	Problemas	335
CAPÍTULO 6	TEORÍAS DE LAS FALLAS POR FATIGA	345
6.0	Introducción	345
	Historial de las fallas por fatiga	345
6.1	Mecanismo de las fallas por fatiga	347
	Etapa de iniciación de las grietas	349
	Etapa de propagación de las grietas	349
	Fractura	351
6.2	Modelos de falla por fatiga	352
	Regímenes de fatiga	352
	El procedimiento esfuerzo-vida	352
	El procedimiento deformación-vida	354
	El procedimiento de la mecánica de fracturas elásticas lineales LEFM	354
6.3	Consideraciones de diseño de máquinas	354
6.4	Cargas por fatiga	356
	Cargas de maquinaria rotativa	356
	Cargas de equipo de servicio	357
6.5	Criterios de medición de las fallas por fatiga	359
	Esfuerzos totalmente alternantes	359
	Esfuerzo medio y alternante combinados	366
	Criterios de la mecánica de fracturas	368
	Ensayos de ensambles reales	372
6.6	Estimación de criterios de fallas por fatiga	373
	Estimación de la resistencia teórica a la fatiga S_f' o del límite de resistencia a la fatiga S_e	373
	Factores de corrección aplicables a la resistencia a la fatiga o al límite de resistencia a la fatiga teóricos	374

Cálculo de la resistencia a la fatiga corregida S_p , o el límite de resistencia a la fatiga corregido S_e	383
Creación de diagramas $S-N$ estimados	383
Ejemplo 6-1	385
Ejemplo 6-2	387
6.7 Muestras y concentraciones de esfuerzos	389
Sensibilidad a las muescas	389
Ejemplo 6-3	391
6.8 Esfuerzos residuales	394
6.9 Diseño para fatiga de alto ciclaje	399
6.10 Diseño para esfuerzos uniaxiales totalmente alternantes	400
Pasos de diseño para esfuerzos totalmente alternantes con cargas uniaxiales:	400
Ejemplo 6-4	402
6.11 Diseño para esfuerzos uniaxiales fluctuantes	409
Creación del diagrama Goodman modificado	410
Aplicación de los efectos de concentraciones de esfuerzos con esfuerzos fluctuantes	413
Determinación del factor de seguridad con esfuerzos fluctuantes	415
Pasos de diseño para esfuerzos fluctuantes	418
Ejemplo 6-5	420
6.12 Diseño para esfuerzos multiaxiales a la fatiga	427
Frecuencia y relaciones de fase	427
Esfuerzos multiaxiales simples, totalmente alternantes	428
Esfuerzos multiaxiales fluctuantes simples	429
Esfuerzos multiaxiales complejos	430
6.13 Un procedimiento general para el diseño a la fatiga de alto ciclaje	432
Ejemplo 6-6	434
6.14 Un estudio de caso de diseño por fatiga	438
Caso 6 - Rediseño de una barra soporte para un telar mecánico de chorro de agua	438
6.15 Resumen	451
Ecuaciones importantes utilizadas en este capítulo	452
6.16 Referencias	456
6.17 Bibliografía	459
6.18 Problemas	460
CAPÍTULO 7 FALLAS SUPERFICIALES	471
7.0 Introducción	471
7.1 Geometría de las superficies	473
7.2 Superficies en contacto	474
7.3 Fricción	476
Efecto de la aspereza sobre la fricción	478
Efecto de la velocidad sobre la fricción	478
Fricción al rodamiento	478
Efecto del lubricante en la fricción	478

7.4	Desgaste por adhesión	479
	El coeficiente de desgaste por adhesión	482
7.5	Desgaste por abrasión	483
	Materiales abrasivos	486
	Materiales resistentes a la abrasión	486
7.6	Desgaste por corrosión	487
	Fatiga por corrosión	489
	Vibrocorrosión	489
7.7	Fatiga superficial	490
7.8	Contacto esférico	493
	Presión de contacto y huella de contacto en un contacto esférico	493
	Distribuciones de esfuerzos estáticos en un contacto esférico	495
	Ejemplo 7-1	497
7.9	Contacto cilíndrico	499
	Presión de contacto y huella de contacto en un contacto cilíndrico paralelo	499
	Distribuciones de esfuerzos estáticos en un contacto cilíndrico paralelo	500
	Ejemplo 7-2	502
7.10	Contacto de tipo general	503
	Presión de contacto y huella de contacto en el contacto de tipo general	503
	Distribuciones de esfuerzos en contacto general	504
	Ejemplo 7-3	505
7.11	Esfuerzos dinámicos de contacto	508
	Efecto sobre los esfuerzos de contacto de un componente deslizante	508
	Ejemplo 7-4	514
7.12	Modelos de falla de fatiga superficial: contacto dinámico	516
7.13	Resistencia a la fatiga superficial	519
	Ejemplo 7-5	525
7.14	Resumen	526
	Diseño para evitar fallas superficiales	526
	Ecuaciones importantes manejadas en este capítulo	527
7.15	Referencias	530
7.16	Problemas	532

PARTE II DISEÑO DE MÁQUINAS **535**

CAPÍTULO 8 CASOS PRÁCTICOS DE DISEÑO **537**

8.0	Introducción	537
8.1	Una compresora portátil de aire	538
	Caso 7A - Diseño preliminar de un tren de transmisión para un compresor	540
8.2	Un elevador para pacas de paja	542
	Caso 8A - Diseño preliminar de un malacate	542

8.3	Máquina para probar levas	546
	Caso 9A - Diseño preliminar de un dispositivo de prueba dinámico para levas	547
8.4	Resumen	552
8.5	Referencias	553
8.6	Proyectos de diseño	553
CAPÍTULO 9 FLECHAS, CUÑAS Y ACOPLAMIENTOS		563
9.0	Introducción	563
9.1	Cargas en las flechas	563
9.2	Sujeciones y concentraciones de esfuerzos	565
9.3	Materiales para flechas	567
9.4	Potencia en la flecha	568
9.5	Cargas sobre las flechas	568
9.6	Esfuerzos en la flecha	569
9.7	Falla de la flecha por cargas combinadas	570
9.8	Diseño de flechas	570
	Consideraciones generales	571
	Diseño para flexión totalmente alternante con torsión uniforme	572
	Diseño para una flexión fluctuante y una torsión fluctuante	574
	Ejemplo 9-1	575
	Ejemplo 9-2	580
9.9	Deflexión en flechas	582
	Flechas como vigas	582
	Las flechas como barras de torsión	583
	Ejemplo 9-3	584
9.10	Cuñas y cuñeros	586
	Cuñas paralelas	586
	Cuñas trapezoidales o inclinadas	588
	Cuñas Woodruff	588
	Esfuerzos sobre las cuñas	588
	Materiales de las cuñas	589
	Diseño de la cuña	590
	Concentraciones de esfuerzos en cuñeros	590
	Ejemplo 9-4	591
9.11	Ranuras	595
9.12	Ajustes por interferencia	597
	Esfuerzos en uniones o ajustes forzados por interferencia	597
	Concentración de esfuerzos en ajustes por interferencia	598
	Vibrocorrosión	599
	Ejemplo 9-5	600
9.13	Diseño de volantes	603
	Variación de la energía en un sistema en rotación	604

Example 9-6	605	
Determinación de la inercia del volante		607
Esfuerzos en los volantes		609
Criterios de falla		610
Ejemplo 9-7	610	
9.14 Velocidad crítica de las flechas		612
Vibración lateral de flechas y vigas—método de Rayleigh		615
Balanceo de las flechas		617
Vibración torsional		619
Dos discos sobre una flecha común		620
Varios discos montados en una flecha común		621
Control de las vibraciones torsionales		622
Ejemplo 9-8	622	
9.15 Acoplamientos		624
Acoplamientos rígidos		625
Acoplamientos elásticos		626
9.16 Caso práctico		628
Diseño de flecha de transmisión para una compresora portátil de aire		628
Caso 7B - Diseño preliminar de flechas para un tren de transmisión de compresora		629
9.17 Resumen		633
Ecuaciones importantes utilizadas en este capítulo		634
9.18 Referencias		635
9.19 Problemas		636
CAPÍTULO 10 COJINETES Y LUBRICACIÓN		641
10.0 Introducción		641
Advertencia		643
10.1 Lubricantes		644
10.2 Viscosidad		646
10.3 Tipos de lubricación		646
Lubricación de película completa		648
Lubricación marginal		651
10.4 Combinaciones de materiales en cojinetes deslizantes		651
10.5 Teoría de la lubricación hidrodinámica		653
Ecuación de Petroff para el par de torsión sin carga		653
Ecuación de Reynolds para cojinetes excéntricos		654
Par de torsión y pérdidas de potencia en cojinetes		660
10.6 Diseño de cojinetes hidrodinámicos		661
Factor de carga de diseño—El número de Ocvirk		662
Procedimientos de diseño		662
Ejemplo 10-1	665	
10.7 Contactos no concordantes		668
Ejemplo 10-2	673	

10.8	Cojinetes de elementos rodantes	675
	Comparación de cojinetes de rodamiento y deslizamiento	676
	Tipos de cojinetes de elementos rodantes	677
10.9	Falla de los cojinetes de elementos rodantes	681
10.10	Selección de cojinetes de elementos rodantes	681
	Clasificación básica de carga dinámica C	681
	Clasificación básica de carga C_0	682
	Cargas radiales y de empuje combinadas	683
	Procedimientos de cálculo	683
	Ejemplo 10-3	686
	Ejemplo 10-4	687
10.11	Detalles de montaje de los cojinetes	688
10.12	Cojinetes especiales	689
10.13	Caso práctico	690
	Caso 9B - Diseño de cojinetes hidrodinámicos para un dispositivo de prueba de levas	691
10.14	Resumen	694
	Ecuaciones importantes en este capítulo	695
10.15	Referencias	698
10.16	Problemas	699
CAPÍTULO 11 ENGRANES RECTOS		703
11.0	Introducción	703
11.1	Teoría de los dientes de engrane	705
	Ley fundamental de los engranes	705
	La forma involuta en dientes	707
	Ángulo de presión	708
	Geometría del acoplamiento	708
	Piñón y cremallera	709
	Modificación de la distancia entre centros	710
	Huelgo o juego	711
	Movimiento relativo de los dientes	712
11.2	Nomenclatura de los dientes de engrane	712
11.3	Interferencia y rebaje	714
	Formas de diente de desigual altura de cabeza	716
11.4	Razón de contacto	717
	Ejemplo 11-1	718
11.5	Trenes de engranes	720
	Trenes de engranes simples	720
	Trenes de engranes compuestos	720
	Trenes compuestos revertidos	721
	Ejemplo 11-2	722
	Trenes de engranajes epicíclicos o planetarios	723
	Ejemplo 11-3	725

11.6	Fabricación de engranes	726
	Conformación de dientes de engrane	726
	Maquinado	727
	Procesos de desbastado	727
	Procesos de terminado	729
	Calidad del engrane	729
11.7	Carga en engranes rectos	730
	Ejemplo 11-4	732
11.8	Esfuerzos en engranes rectos	733
	Esfuerzos a flexión	733
	Ejemplo 11-5	742
	Esfuerzos superficiales	743
	Ejemplo 11-6	746
11.9	Materiales para engranes	748
	Resistencias de los materiales	749
	Resistencia a la fatiga por flexión AGMA de materiales para engranes	750
	Resistencia a la fatiga superficial AGMA para materiales de engranes	753
	Ejemplo 11-7	755
11.10	Lubricación de los engranajes	759
11.11	Diseño de engranes rectos	759
11.12	Estudio de caso	761
	Caso 7C - Diseño de engranes rectos para un tren de transmisión de compresor	761
11.13	Resumen	767
	Ecuaciones importantes en este capítulo	768
11.14	Referencias	769
11.15	Problemas	770
CAPÍTULO 12	ENGRANES HELICOIDALES, CÓNICOS Y DE TORNILLO SINFIN	773
12.0	Introducción	773
12.1	Engranes helicoidales	773
	Geometría del engrane helicoidal	776
	Fuerzas en los engranes helicoidales	777
	Número virtual de dientes	777
	Razones de contacto	778
	Esfuerzos en engranes helicoidales	779
	Ejemplo 12-1	782
12.2	Engranes cónicos	785
	Geometría y nomenclatura de los engranes cónicos	786
	Montaje de los engranes cónicos	787
	Fuerzas sobre los engranes cónicos	787
	Esfuerzos en los engranes cónicos	788
	Ejemplo 12-2	789

12.3	Engranajes de sinfín	794
	Materiales para engranajes de sinfín	795
	Lubricación de engranajes de sinfín	796
	Fuerzas en los engranajes de sinfín	796
	Geometría del engranaje de sinfín	796
	Métodos de clasificación	797
	Un procedimiento de diseño para engranajes de sinfín	799
12.4	Caso práctico	800
	Caso 8B - Diseño de un reductor de velocidad de engranaje de sinfín para un elevador de malacate	800
12.5	Resumen	803
	Ecuaciones importantes utilizadas en este capítulo	805
12.6	Referencias	808
12.7	Problemas	809
CAPÍTULO 13	DISEÑO DE RESORTES	811
13.0	Introducción	811
13.1	Tasa de resorte	811
13.2	Configuraciones de resortes	814
13.3	Materiales para resortes	816
	Alambre para resorte	817
	Material plano para resorte	819
13.4	Resortes helicoidales de compresión	822
	Longitud de los resortes	822
	Detalles de terminación	823
	Espiras activas	823
	Índice del resorte	824
	Deflexión del resorte	824
	Tasa o constante de resorte	824
	Esfuerzos en las espiras de resortes helicoidales de compresión	825
	Esfuerzos residuales	826
	Pandeo de los resortes de compresión	827
	Oscilación del resorte a la compresión	828
	Resistencias permisibles para los resortes a la compresión	829
	Diagrama <i>S-N</i> de cortante por torsión del alambre para resorte	831
	Ejemplo 13-1	831
	El diagrama Goodman modificado para el alambre de resorte	832
	Ejemplo 13-2	833
13.5	Diseño de resortes helicoidales a la compresión para cargas estáticas	835
	Ejemplo 13-3	836
13.6	Diseño de resortes helicoidales a la compresión para cargas a la fatiga	841
	Ejemplo 13-4	844

13.7	Resortes helicoidales a la extensión	850
	Espiras activas en resortes de extensión	850
	Tasa de resorte de los resortes de extensión	850
	Índice del resorte de los resortes de extensión	850
	Precarga de las espiras de los resortes de compresión	851
	Deflexión de los resortes de extensión	851
	Esfuerzos en las espiras de los resortes de extensión	852
	Esfuerzos en los extremos de los resortes de extensión	852
	Oscilaciones en los resortes de extensión	852
	Resistencias del material para resortes de extensión	853
	Diseño de resortes helicoidales de extensión	853
	Ejemplo 13-5	854
13.8	Resortes helicoidales a la torsión	861
	Terminología para los resortes de torsión	862
	Número de espiras en los resortes de torsión	862
	Deflexión de los resortes de torsión	863
	Tasa de resorte de los resortes de torsión	863
	Cierre de espiras	863
	Esfuerzos en las espiras de los resortes de torsión	864
	Parámetros del material para resortes de torsión	865
	Factores de seguridad para resortes de torsión	866
	Diseño de los resortes helicoidales de torsión	866
	Ejemplo 13-6	866
13.9	Roldanas de resorte Belleville	869
	Función carga deflexión de las roldanas Belleville	872
	Esfuerzos en la roldana Belleville	872
	Carga estática de roldanas Belleville	873
	Carga dinámica	874
	Resortes apilados	874
	Diseño de los resortes Belleville	874
	Ejemplo 13-7	875
13.10	Estudios de caso	877
	Diseño de un resorte de retorno para una máquina de prueba levas	877
	Caso 9C - Diseño de un resorte de retorno para el brazo de un seguidor de levas	877
13.11	Resumen	882
	Ecuaciones importantes empleadas en este capítulo	882
CAPÍTULO 14	TORNILLOS Y SUJETADORES	889
14.0	Introducción	889
14.1	Formas estándar de roscas	891
	Área de esfuerzo a tensión	893
	Dimensiones estándar de las roscas	894
14.2	Tornillos de potencia	894
	Roscas cuadradas, Acme y trapezoidales	894

Aplicación de tornillos de potencia	896
Análisis de la fuerza y del par de torsión del tornillo de potencia	897
Coefficientes de fricción	901
Autobloqueo y giro a la inversa de tornillos	901
Eficiencia del tornillo	902
Tornillos de bolas	903
Ejemplo 14-1	904
14.3 Esfuerzos en las roscas	906
Esfuerzo axial	906
Esfuerzo cortante	907
Esfuerzos a torsión	908
14.4 Tipos de sujetadores de tornillo	908
Clasificación por su uso	908
Clasificación por tipo de rosca	909
Clasificación por tipo de cabeza	909
Tuercas y arandelas	911
14.5 Manufactura de sujetadores	912
14.6 Resistencia de los pernos y tornillos de máquina estándar	914
14.7 Sujetadores precargados a tensión	914
Pernos precargados bajo carga estática	917
Ejemplo 14-2	920
Pernos precargados bajo carga dinámica	923
Ejemplo 14-3	924
14.8 Determinación del factor de rigidez de la junta	928
Uniones con junta	931
Ejemplo 14-4	932
14.9 Control de la precarga	935
El método de número de vueltas a la tuerca	937
Sujetadores limitadores de par de torsión	937
Arandelas indicadoras de carga	937
Esfuerzos a torsión debido al apriete de los pernos	938
Ejemplo 14-5	939
14.10 Sujetadores al cortante	939
Espigas localizadoras	941
Centroides de los grupos de sujetadores	942
Determinación de las cargas de cortante en los sujetadores	943
Ejemplo 14-6	944
14.11 Casos prácticos	945
Diseño de los pernos de la cabeza del compresor de aire	945
Caso 7D - Diseño de los pernos de la cabeza de un compresor de aire	945
14.12 Resumen	951
Ecuaciones importantes utilizadas en este capítulo	951
14.13 Referencias	953
14.14 Bibliografía	954
14.15 Problemas	955

CAPÍTULO 15	EMBRAGUES Y FRENOS	959
15.0	Introducción	959
15.1	Tipos de frenos y embragues	961
15.2	Selección y especificación de embragues y frenos	967
15.3	Materiales para embragues y frenos	968
15.4	Embragues de disco	968
	Presión uniforme	969
	Desgaste uniforme	970
	Ejemplo 15-1	971
15.5	Frenos de disco	972
15.6	Frenos de tambor	973
	Frenos de tambor externos de zapata corta	974
	Ejemplo 15-2	975
	Frenos de tambor externos de zapata larga	976
	Ejemplo 15-3	979
	Frenos de tambor internos de zapata larga	981
15.7	Resumen	981
	Ecuaciones importantes utilizadas en este capítulo	983
15.8	Referencias	984
15.9	Bibliografía	984
15.10	Problemas	985
APÉNDICE A	PROPIEDADES DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES	989
APÉNDICE B	PROPIEDADES DE LA MASA	991
APÉNDICE C	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	993
APÉNDICE D	TABLAS DE VIGAS	1001
APÉNDICE E	FACTORES DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS	1005
APÉNDICE F	FACTORES DE CONVERSIÓN	1013
APÉNDICE G	RESPUESTAS A PROBLEMAS SELECCIONADOS	1015
APÉNDICE H	LISTA DE SOFTWARE INCLUIDO EN EL CD-ROM	1025
ÍNDICE		1037