

INDICE

Capítulo 1	
Esfuerzo y Deformación Simples	1
1.1. Carga	1
1.2. Esfuerzo directo Q	2
1.3. Deformación directa (e)	2
1.4. Convención de signos para esfuerzos y deformación directos	3
1.5. Materiales elásticos: Ley Hooke	3
1.6. Módulos de elasticidad, módulo de Young	3
1.7. Prueba de tensión	4
1.8. Materiales dúctiles	6
1.9. Materiales de Poisson	6
1.10. Relación de Poisson	6
1.11. Esfuerzo cortante	8
1.12. Deformación cortante	8
1.13. Módulo de rigidez	8
1.14. Esfuerzo cortante doble	9
1.15. Esfuerzo permisible de trabajo. Factor de seguridad	9
1.16. Factor de carga	10
1.17. Esfuerzos por temperatura	10
1.18. Concentraciones de esfuerzo. Factor de concentración de esfuerzo	11
1.19. Dureza	11
1.20. Flujo plástico y fatiga	11
Ejemplos	14
Problemas	21
Bibliografía	22
Capítulo 2.	
Barras Compuestas	23
Resumen	23
2.1. Barras compuestas sometidas a carga externa	24
2.2. barras compuestas – módulo “equivalente” o “combinado”	25
2.3. Barras compuestas sometidas a cambio de temperatura	26
2.4. Barra compuesta (tubo y varilla)	28
2.5. Barra compuestas sometidas a carga y efectos de temperatura	30
2.6. Cilindros de pared gruesa compuestos, sometidos a cambios de temperatura	30
Ejemplos	30
Problemas	36
Capítulo 3.	
Diagrama de Fuerza Cortante y de Momento Flexionante o Flexor	37
Resumen	37
3.1. Fuerza cortante y momento flector	37
3.2. Diagramas de fuerza cortante y momento flector para vigas que soportan únicamente cargas concentradas	39
3.3. Diagramas de fuerza cortante y momento flector para cargas únicamente distribuidas	42
3.4. Diagramas de fuerza cortante y momento flector para cargas concentradas y uniformemente distribuidas, combinadas	43

3.5. Puntos de inflexión	44
3.6. Relación entre la fuerza cortante Q , momento flector M e intensidad de carga W	44
3.7. Diagramas de fuerza cortante y de momento flector para un par de fuerzas o un momento aplicado	46
3.8. Diagramas de fuerza cortante y momento flector para cargas inclinadas	49
3.9. Construcción gráfica de diagramas de fuerza cortante y momento flector	49
3.10. Diagrama de fuerza cortante y momento flector para vigas que soportan cargas distribuidas de valor crecimiento	51
3.11. Fuerzas cortantes en los puntos de aplicación de cargas concentradas	51
Ejemplos	51
Problemas	55
Capítulo 4.	
Flexión	57
Introducción	58
4.1. Teoría de la flexión simple	59
4.2. Eje neutro	61
4.3. Módulos de sección	62
4.4. Segundo momento de área o momento de inercia	63
4.5. Flexión de vigas armadas o compuestas	65
4.6. Vigas de concreto reforzado – Refuerzo por tensión simple	66
4.7. Cargas oblicuas o inclinadas (flexión de secciones simétricas respecto a ejes diferentes de los de simetría)	68
4.8. Flexión y esfuerzo directo: Cargas excéntricas	68
4.9. Flexión del “cuarto medio” y “Tercio medio”	70
4.10. Esfuerzos cortantes debidos a la flexión	72
4.11. Energía de deformación en la flexión	72
Ejemplos	72
Problemas	81
Capítulo 5.	
Pendiente y Deflexión de Vigas	84
Resumen	84
Introducción	86
5.1. Relación entre carga, fuerza cortante, momento flector, pendiente y deflexión	86
5.2. Método de integración directa	89
5.3. Método de Macaulay	94
5.4. Métodos de Macaulay para cargas uniformemente distribuidas	97
5.5. Método de Macaulay para vigas con cargas uniformemente distribuidas aplicadas sobre parte de las mismas	98
5.6. Método de Macaulay para un par de fuerzas aplicado en un punto	98
5.7. Método del “Área - Momento” de Mohr	100
5.8. Principios de superposición	104
5.9. Método de la energía	104
5.10. Teorema de Maxwell de los desplazamientos recíprocos	104
5.11. Vigas continuas – Ecuación de “los tres momentos” de capearon	107

Ejemplos	110
Problemas	122
Capítulo 6.	
Vigas Empotradas	124
Resumen	124
Introducción	124
6.1. Viga empotrada que soporta una carga concentrada en el centro	125
6.2. Viga empotrada que soporta una carga uniformemente distribuida en todo el tramo	126
6.3. Viga empotrada que soporta una carga concentrada en un punto diferente del centro	127
6.4. Viga empotrada que soporta una carga distribuida no uniformemente	128
6.5. Ventajas y desventajas de las vigas empotradas	129
6.6. Efecto del movimiento de los apoyos	130
Ejemplos	131
Problemas	136
Capítulo 7.	
Distribución del Esfuerzo Cortante	137
Resumen	137
Introducción	138
7.1. Distribución de esfuerzo cortante debido a flexión	139
7.2. Aplicación a secciones rectangulares	140
7.3. Aplicación a vigas de sección 1	141
7.3.1. Esfuerzo cortante vertical en el alma	142
7.3.2. Esfuerzo cortante vertical en los patines	142
7.3.3. Esfuerzo cortante horizontal en los patines	143
7.4. Aplicación a secciones circulares	144
7.5. Centro de cortante	146
Ejemplos	147
Problemas	153
Capítulo 8.	
Torsión	156
Resumen	156
8.1. Teoría de la torsión simple	157
8.2. Segundo momento polar de área	159
8.3. Esfuerzo cortante y deformación por corte en barras	160
8.4. Módulo de sección	161
8.5. Rigidez a la torsión	162
8.6. Torsión de barras huecas	162
8.7. Torsión de tubos de pared delgada	163
8.8. Barras compuestas: Unión en serie	163
8.9. Barras compuestas: Unión en paralelo	164
8.10. Esfuerzos principales	164
8.11. Energía de deformación en la torsión	166
8.12. Variación de datos a lo largo de la barra: Torsión e barras cónicas	166
8.13. Flexión y torsión combinadas: Momento de flexión equivalente	167
8.14. Flexión y torsión combinadas: Momento de torsión equivalente	168
8.15. Flexión, torsión y fuerza axial o normal combinados	169
Ejemplos	169

Problemas	174
Capítulo 9.	
Cilindros Cascarones de Pared Delgada	177
9.1. Cilindros de pared delgada con presión interna	177
9.1.1. Esfuerzo anular o perimetral	178
9.1.2. Esfuerzo longitudinal	178
9.1.3. Cambios en las dimensiones	179
9.2. Cascarón esférico de pared delgada con presión interna	181
9.2.1. Cambio en el volumen interno	181
9.3. Recipientes sometidos a la presión de un fluido	182
9.4. Vaso cilíndrico con extremos hemisféricos	182
9.5. Efectos en las placas y juntas de los extremos	184
9.6. Cilindros de pared delgada con devanado o de alambre	184
Ejemplos	186
Problemas	193
Capítulo 10.	
Cilindros de Pared Gruesa	194
Resumen	194
10.1. Diferencia de los análisis para cilindros de pared delgada y gruesa: Suposiciones básicas	195
10.2. Desarrollo de la teoría de Lamé	196
10.3. Cilindro de pared gruesa: sólo existe presión interna	198
10.4. Esfuerzo longitudinal	199
10.5. Esfuerzo cortante máximo	200
10.6. Cambio en las dimensiones del cilindro	200
10.7. Comparación con la teoría de los cilindros de pared delgada	201
10.8. Análisis gráfico: Recta de Lamé	202
10.9. Cilindros compuestos	203
10.10. Cilindros compuestos: Análisis gráfico	205
10.11. Tolerancia de contracción	206
10.12. Camisa sobre una barra sólida	208
10.13. Ajuste forzado	208
10.14. Cilindro compuesto: Materiales distintos	209
10.15. Calentamiento uniforme en cilindros compuestos de materiales distintos	210
10.16. Deformación plástica: "Autopresfuerzo"	212
10.17. Teorías de fallas: Criterio de Fluencia	212
10.18. Teoría plástica: presión de Fluencia	212
10.19. Cilindros de pared gruesa con devanado de alambre	215
Ejemplos	217
Problemas	233
Capítulo 11.	
Energía de Deformación	236
Resumen	236
Introducción	238
11.1. Energía de deformación Tensión o compresión	239
11.2. Energía de deformación por cortante	241
11.3. Energía de deformación por flexión	242
11.4. Energía de deformación por torsión	243

11.5. Energía de deformación de un sistema tridimensional de esfuerzos principales	243
11.6. Energía de deformación volumétrica o dilatación	244
11.7. Energía de deformación por esfuerzo cortante o distorsional	244
11.8. Cargas aplicadas repentinamente	244
11.9. Cargas por impacto: Aplicaciones de carga axial	245
11.10. Cargas por impacto: Aplicaciones a la flexión	247
11.11. Primer teorema de Castigliano para la deflexión	248
11.12. Aplicación del teorema de Castigliano a movimientos angulares	25
11.13. Método de la "Carga unitaria"	250
11.14. Deflexión por cortante	251
Ejemplos	255
Problemas	272
Capítulo 12.	
Resortes	279
Resumen	276
12.1. Resorte helicoidal de espiral cerrada a una carga axial W	278
12.2. Resorte helicoidal de espiral cerrado sometido a un momento de torsión axial T	279
12.3. Resorte helicoidal de espiral sometido a una carga axial W	280
12.4. Resorte helicoidal de espiral abierta sometido a un momento de torsión axial T	283
12.5. Resortes en serie	284
12.6. Resortes en paralelo	285
12.7. Resorte de hojas: semielíptico	285
12.8. Resortes de hojas o de carruje de un cuarto de elipse	289
12.9. Resorte en espiral	290
Ejemplos	293
Problemas	299
Capítulo 13.	
Esfuerzo Complejos	302
13.1. Esfuerzo en planos oblicuos	303
13.2. Material sometido a esfuerzo cortante puro	303
13.3. Material sometido a dos esfuerzos directos mutuamente perpendiculares	305
13.4. Material sometido a esfuerzos cortante y directo combinados	305
13.5. Inclinación del plano principal en términos del esfuerzo principal asociado	307
13.6. Solución gráfica: Círculos de esfuerzos de Mohr	308
13.7. Esfuerzos tridimensionales: Representación gráfica	310
Ejemplos	312
Problemas	328
Capítulo 14.	
Deformación Compleja y Constante de Elasticidad	332
14.1. Deformación lineal para un estado de esfuerzo triaxial	332
14.2. Deformaciones principales en términos de esfuerzos	333
14.3. Esfuerzos principales en término de deformaciones: Sistemas de esfuerzos bidimensional	333
14.4. Módulo volumétrico K	334

14.5. Deformación volumétrica	334
14.6. Deformación volumétrica para esfuerzos desiguales	335
14.7. Cambio de volumen de una barra circular	336
14.8. Efecto de una restricción lateral	336
14.9. Relación entre las constantes elásticas E, G, K y ν	338
14.10. Deformaciones en un plano oblicuo	341
14.11. Deformación principal: Círculo de deformación de Mohr	343
14.12. Círculo de deformación de Mohr: Deducción alternativa a partir de las ecuaciones generales de esfuerzos	345
14.13. Relación entre los círculos de esfuerzos y los deformación de Mohr	347
14.14. Construcción del círculo de deformación de tres deformaciones conocidas (Métodos de McClintock): Análisis de rosetas	349
14.15. Cálculo analítico de deformaciones principales con base en las lecturas de roseta	351
14.16. Energía de deformación de un sistema tridimensional de esfuerzo	353
Ejemplos	355
Problemas	365
Capítulo 15.	
Teorías de la Falla Elástica	370
Resumen	370
Introducción	370
15.1. Teoría del esfuerzo principal máximo	371
15.2. Teoría del esfuerzo cortante máximo	372
15.3. Teoría de la deformación principal máxima	372
15.4. Teoría de la energía total de deformación máxima por volumen unitario	372
15.5. Teoría de la energía máxima de deformación por esfuerzo cortante máximo (o energía de distorsión) por unidad de volumen	372
15.6. Teoría modificada de Mohr del esfuerzo cortante para materiales frágiles (Algunas veces conocida como teoría de fricción interna)	373
15.7. Representación gráfica de las teorías de falla para sistemas de esfuerzos bidimensionales (en donde uno de los esfuerzos principales es igual a cero)	375
15.8. Solución gráfica de la teoría bidimensional de problemas de falla	379
15.9. Representación gráfica de las teorías de falla para sistemas tridimensionales de esfuerzo	380
15.9.1. Materiales dúctiles	380
15.9.2. Materiales frágiles	382
15.10. Conclusiones	382
Ejemplos	382
Problemas	392
Capítulo 16.	
Flexión Asimétrica	395
Resumen	395
Introducción	395
16.1. Producto de inercia	397
16.2. Momentos de inercia principales	398
16.3. Círculo de Mohr de los momentos de inercia	400

16.4. Círculo de Land de momentos de inercia	401
16.5. Giro de ejes: Cálculo de momentos de inercia términos de los valores principales	401
16.6. Elipse de momentos de inercia	403
16.7. Elipse de momentos	404
16.8. Determinación del esfuerzo	405
16.9. Procedimiento alternativo para el cálculo del esfuerzo	405
16.10. Procedimiento alternativo empleado la elipse de momentos	407
16.11. Deflexiones	408
Ejemplos	409
Problemas	418
Capítulo 17.	
Columnas	421
Resumen	421
Introducción	423
17.1. Teoría de Euler	424
17.2. Longitud equivalente de la columna	428
17.3. Comparación de la teoría de Euler con los resultados experimentales (Véase la figura 17.7)	429
17.4. "Limite de validez" de la carga de Euler	430
17.5. Fórmula de Rankine o de Rankine – Gordon	431
17.6. Fórmula de Perry – Robertson	432
17.7. Procedimientos según las normas Británicas (BS 499)	434
17.8. Columnas con curvatura inicial	434
17.9. Columnas con carga excéntrica	435
17.10. Columnas con cargas laterales	439
17.11. Procedimiento alternativo para cualquier condición de carga de columnas	441
17.12. Columnas con sesiones transversales asimétricas	442
Ejemplos	443
Problemas	450
Capítulo 18.	
Deformaciones más Allá Límites Elástico	454
Resumen	454
Introducción	454
18.1. Flexión plástica de vigas de sección rectangular	457
18.2. Factor de forma: secciones simétricas	458
18.3. Aplicación a vigas de sección 1	460
18.4. Flexión parcialmente plástica de secciones asimétricas	460
18.5. Factor de forma: secciones asimétricas	462
18.6. Deflexiones de vigas parcialmente plásticas	462
18.7. Longitud del área parcialmente de las vigas	462
18.8. Cargas de colapso: Diseño al límite plástico	464
18.9. Esfuerzos residuales más allá del límite elástico: Material elástico plástico	468
18.10. Torsión de barras más allá del límite: Torsión plástica	468
18.11. Ángulos de torsión de barras deformadas más allá del límite elástico	470
18.12. Torsión plástica en tubos huecos	471

18.13. Torsión plástica de barras con funda templada	472
18.14. Esfuerzos residuales después de alcanzarse la fluencia en torsión	473
18.15. Flexión y torsión plásticas en materiales endurecidos por deformación	474
18.16. Esfuerzos residuales: material, endurecido por deformación	475
18.17. Influencia de los esfuerzos residuales en las resistencias a la flexión y a la torsión	475
18.18. Deformación plástica en la carga excéntrica de secciones rectangulares	475
18.19. Deformación plástica y esfuerzo residuales bajo carga axial con concentración de esfuerzo	477
18.20. Deformación plástica de componentes axialmente simétricas	478
Ejemplos	480
Problemas	492
Capítulo 19.	
Anillos, Discos y Cilindros Sometidos a Rotaciones y a Gradientes	499
Términos	
Resumen	499
19.1. Anillos o cilindro de pared delgada giratorio	500
19.2. Disco sólido giratorio	501
19.3. Disco giratorio con un orificio central	504
19.4. Cilindros de pared gruesa o barras sólidas giratorias	506
19.5. Disco giratorio de resistencia uniforme	508
19.6. Esfuerzos de rotación y término combinados en discos uniformes y cilindros de pared gruesa	509
Ejemplos	511
Problemas	519
Capítulo 20.	
Torsión de Secciones no Circulares de Pared Delgada	524
Resumen	524
20.1. Secciones rectangulares	525
20.2. Secciones rectangulares estrechas	526
20.3. Secciones abiertas de pared delgada	526
20.4. Tubo abierto de pared delgada	528
20.5. Otras barras sólidas (no tubulares)	528
20.6. Tubos cerrados de pared delgada de sección no circular (teoría de Bredt – Batho)	528
20.7. Secciones de la membrana	532
20.8. Analogías de la membrana	532
20.9. Efecto del alabeo en secciones abiertas	533
Ejemplos	533
Problemas	540
Capítulo 21.	
Análisis Experimental de Esfuerzo	545
Introducción	545
21.1. Lacas quebradizas	546
21.2. Calibraciones de deformación	549
21.3. Circuito de puente en desequilibrio	552
21.4. Circuito de puente equilibrado o equilibrio nulo	552

21.5. Construcción del calibrador	552
21.6. Selección del calibrador	554
21.7. Compensación por temperatura	554
21.8. Procedimiento de instalación	554
21.9. Sistemas básicos de medición	556
21.10. Sistemas de corriente alterna y de corriente directa	557
21.11. Otros tipos de calibrador de deformación	558
21.12. Fotoelasticidad	558
21.13. Luz polarizada en un plano: Disposiciones polariscópicas básicas	560
21.14. Birrefringencia temporal	561
21.15. Producción de patrones de franjas	561
21.16. Interpretación de los patrones de franjas	563
21.17. Calibración	564
21.18. Determinación del orden de franjas fraccionario: Técnicas de compensación	564
21.19. Líneas de igual inclinación (isoclinales): Polarización circular	566
21.20. Procedimientos de separación de esfuerzos	567
21.21. Fotoelasticidad tridimensional	568
21.22. Técnica del revestimiento de reflexión	568
21.23. Otros métodos de medición de deformación	569
Bibliografía	570
Capítulo 22.	
Placas y Diafragmas Circulares	571
Resumen	571
22.1. Esfuerzos	573
22.2. Momentos flectores	575
22.3. Ecuación general para la pendiente y la deflexión	575
22.4. Caso general de una placa o diafragma circulares sometidas a una carga uniformemente distribuida a (Presión) y una carga concentrada F Central combinadas	577
22.5. Placa circular con carga uniforme y bordes empotrados	578
22.6. Placa circular con carga uniforme y con bordes libremente apoyados	580
22.7. Placa circular con carga concentrada central F y bordes empotrados	581
22.8. Placa circular con carga concentrada central F y bordes libremente apoyados	582
22.9. Placa circular sometida a una carga F distribuida alrededor de un círculo	584
22.10. Aplicación a la carga de anillos	585
22.11. Distribución de esfuerzos en placas y diafragmas circulares sometidos a presiones laterales	586
22.12. Análisis de resultados. limitaciones de la teoría	587
22.13. Otros casos de carga de importancia práctica	589
B. Flexión de placas rectangulares	590
22.14. Placas rectangulares con bordes simplemente apoyados que soportan cargas uniformemente distribuidas	590
22.15. Placas rectangulares con bordes empotrados que soportan cargas uniformemente distribuidas	591

Ejemplos	592
Problemas	594
Capítulo 23	
Introducción a la Teoría Avanzada de la Elasticidad	597
23.1. Tipos de esfuerzo	597
23.2. Componentes cartesianas de esfuerzo; Notación y convención de signos	597
23.3. Estado de esfuerzo en un punto	598
23.4. Esfuerzo y deformaciones principales en tres dimensiones: Representación el círculo de Mohr	601
23.5. Diagrama combinado Mohr para sistemas tridimensionales de esfuerzo y deformación	602
23.6. Aplicación del círculo combinado a sistemas bidimensionales de esfuerzo	605
23.7. Construcción gráfica para el estado de esfuerzo en un punto	606
23.8. Construcción para el estado de deformación en un plano general de deformación	607
23.9. Ecuaciones de equilibrio para esfuerzo	308
23.10. Esfuerzo principales en un sistema tridimensional cartesiano de esfuerzos	613
23.11. Planos y esfuerzos octaédricos	614
23.13. Esfuerzos de desviación	616
23.14. Esfuerzo y deformación en un plano	618
23.14.1. Esfuerzo plano	619
23.14.2. Deformación plana	620
23.15. Relaciones esfuerzo – deformación	620
23.16. Relaciones deformación – desplazamiento	621
23.17. Ecuaciones de transformación de la deformación	623
23.18. Compatibilidad	624
Ejemplos	625
Problemas	632
Apéndice. Propiedades físicas y mecánicas típicas de los materiales de ingeniería	
Índice alfabético	641