

---

# ÍNDICE GENERAL

---

Lista de símbolos

## 1 INTRODUCCIÓN 2

- 1.1 Aplicaciones de la mecánica de sólidos 3
- 1.2 Áreas de aplicación 5
  - 1.2.1 Vehículos aeroespaciales 5
  - 1.2.2 Motor de combustión interna y chasis de automóvil 6
  - 1.2.3 Análisis estructural general 8
- 1.3 Los dos problemas básicos de la mecánica de sólidos 10
- 1.4 Las tres ideas básicas de la mecánica de sólidos 14
- 1.5 Conclusión 20

## 2 EQUILIBRIO Y ESFUERZO 22

- 2.1 Introducción 23
- 2.2 Resultantes de las fuerzas internas 24
- 2.3 Esfuerzo; distribución de las fuerzas internas 32
  - 2.3.1 Definición formal y notación del esfuerzo 32
  - 2.3.2 Esfuerzos medios 38
- 2.4 Transformaciones de esfuerzos 51
- 2.5 Esfuerzos principales 59
- 2.6 Círculo de Mohr para esfuerzo plano 68
- 2.7 Conclusión 76

## 3 DEFORMACIÓN Y DEFORMACIÓN UNITARIA 80

- 3.1 Introducción 81
- 3.2 Desplazamientos 81
- 3.3 Deformaciones unitarias; desplazamientos relativos 86
  - 3.3.1 Deformación unitaria longitudinal 86
  - 3.3.2 Deformación unitaria cortante 94
- 3.4 Relaciones generales entre deformaciones unitarias y desplazamientos 100
- 3.5 Transformación de la deformación unitaria 105
- 3.6 Deformaciones unitarias principales 112
- 3.7 Círculo de Mohr para estados de deformación unitaria bidimensionales 119
- 3.8 Medición de la deformación unitaria; galgas extensiométricas 124
- 3.9 Conclusión 127

## 4 COMPORTAMIENTO Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES 130

- 4.1 Introducción 131
- 4.2 Ensayo de tensión 136
- 4.3 Comportamientos elástico e inelástico 139
  - 4.3.1 Idealizaciones del comportamiento de un material 145
- 4.4 Comportamientos dúctil y frágil 151

- 4.5 Efectos térmicos 159
  - 4.6 Comportamiento elástico lineal; ley de Hooke 163
    - 4.6.1 Materiales compuestos 173
  - 4.7 Comportamiento dependiente del tiempo 178
  - 4.8 Fatiga 180
  - 4.9 Teorías de falla; criterios de falla 183
  - 4.10 Esfuerzos de trabajo y coeficiente de seguridad 198
  - 4.11 Conclusión 204
- 5 DEFORMACIONES AXIALES 206**
- 5.1 Introducción 207
  - 5.2 Equilibrio, deformación y comportamiento del material 208
  - 5.3 Soluciones clásicas 213
  - 5.4 Problemas estáticamente indeterminados 230
    - 5.4.1 Formulaciones de flexibilidad 232
    - 5.4.2 Formulaciones de rigidez 240
  - 5.5 Excepciones de la teoría 245
    - 5.5.1 Concentraciones de esfuerzos 246
    - 5.5.2 Carga 253
    - 5.5.3 Comportamiento inelástico 255
  - 5.6 Carga dinámica 263
  - 5.7 Conclusión 267
- 6 DEFORMACIONES POR TORSIÓN 274**
- 6.1 Introducción 275
  - 6.2 Equilibrio, deformación y comportamiento del material 278
  - 6.3 Soluciones clásicas 289
    - 6.3.1 Transmisión de potencia mediante árboles 307
  - 6.4 Problemas estáticamente indeterminados 312
    - 6.4.1 Formulaciones de flexibilidad 312
    - 6.4.2 Formulaciones de rigidez 326
    - 6.4.3 Visión global del problema de la deformación por torsión 329
  - 6.5 Excepciones de la teoría 330
    - 6.5.1 Concentraciones de esfuerzos 331
    - 6.5.2 Comportamiento inelástico 337
  - 6.6 Torsión de secciones rectangulares y secciones abiertas de pared delgada 347
  - 6.7 Conclusión 356
- 7 DEFORMACIONES POR FLEXIÓN; CONSIDERACIONES DE RESISTENCIA 360**
- 7.1 Introducción 361
  - 7.2 Cargas y ecuaciones de equilibrio 364
  - 7.3 Diagramas de fuerza cortante y de momento de flexión 370
    - 7.3.1 Uso de secciones y diagramas de cuerpo libre 371
    - 7.3.2 Integración de las ecuaciones de equilibrio 377
  - 7.4 Deformación y relaciones entre deformaciones unitarias y desplazamientos 392
  - 7.5 Comportamiento del material: relaciones entre esfuerzo y deformación unitaria 396
  - 7.6 Combinación: ecuaciones que rigen en el problema de la deformación por flexión 399
  - 7.7 Esfuerzos de flexión en vigas 404
  - 7.8 Esfuerzos cortantes transversales en vigas 425
    - 7.8.1 Flujo de cortante en secciones simétricas de pared delgada 436
  - 7.9 Carga asimétrica y flexión de secciones asimétricas 456
  - 7.10 Centro de cortante 466
  - 7.11 Excepciones de la teoría 473
    - 7.11.1 Concentraciones de esfuerzos 473
    - 7.11.2 Comportamiento no lineal e inelástico de vigas 479
  - 7.12 Conclusión 489
- 8 DEFORMACIONES POR FLEXIÓN; CONSIDERACIONES DE RIGIDEZ 496**
- 8.1 Deflexiones transversales de vigas 497
    - 8.1.1 Condiciones de frontera 498

- 3.2 Deflexiones usando la integración de  $EIv'' = M$  502
- 3.3 Deflexiones usando la integración de  $EI d^4v/dx^4 = -w(x)$  512
- 3.4 Desarrollo y uso de las funciones de singularidad 515
- 3.5 Deflexiones usando superposición 527
- 3.6 Método de integración del área de momentos para el cálculo de deflexiones 538
- 3.7 Problemas estáticamente indeterminados 548
  - 8.7.1 Uso de la superposición 549
  - 8.7.2 Integración de  $EIv'' = M$  559
- 8.8 Deformación por cortante en vigas 566
- 8.9 Carga dinámica 570
- 8.10 Conclusión y perspectiva de conjunto del problema de la flexión 575

## 9 CARGAS COMBINADAS 582

- 9.1 Introducción 583
- 9.2 Cargas axial y de flexión combinadas 585
- 9.3 Carga axial, de flexión y de torsión combinadas 613
- 9.4 Recipientes a presión de pared delgada 626
- 9.5 Límites en las aplicaciones de las cargas combinadas 644
- 9.6 Conclusión 646

## 10 MÉTODOS ENERGÉTICOS 650

- 10.1 Introducción 651
- 10.2 Trabajo, energía y energía potencial estacionaria 653
- 10.3 Métodos de la energía de deformación y de la rigidez 666
  - 10.3.1 Energías de deformación para elementos con carga axial, de torsión y de flexión 671
  - 10.3.2 Análisis de estructuras usando formulaciones basados en la variable

- de desplazamiento; primer teorema de Castigliano 677
- 10.4 Métodos de la energía complementaria y de la flexibilidad 690
  - 10.4.1 Energías complementarias para elementos con cargas axial, de torsión y de flexión 694
  - 10.4.2 Análisis de estructuras usando formulaciones basadas en la variable de fuerza; primer teorema de Engesser 703
  - 10.4.3 Métodos de la carga virtual 723
  - 10.4.4 Estructuras estáticamente indeterminadas; principio del trabajo mínimo 732
- 10.5 Conclusión 744

## 11 ESTABILIDAD 748

- 11.1 Introducción 749
- 11.2 Estabilidad de sistemas discretos 753
- 11.3 Columnas con extremos articulados; carga de pandeo de Euler 763
- 11.4 Otras condiciones de apoyo y de frontera 773
- 11.5 Columnas imperfectas 785
- 11.6 Conclusión 794

## APÉNDICES

- A Propiedades de superficies planas 797
- B Propiedades mecánicas de materiales de ingeniería seleccionados 811
- C Propiedades de perfiles estructurales de acero 813
- D Fórmulas para el cálculo de deflexiones en vigas 825
- E Respuestas a problemas seleccionados 829

Índice de materias 845