

# Contenido

Prefacio	xv
Lista de símbolos	xxi

## 1 INTRODUCCIÓN. EL CONCEPTO DE ESFUERZO 1

1.1 Introducción	2
1.2 Un breve repaso de los métodos de la estática	2
1.3 Esfuerzos en los elementos de una estructura	5
1.4 Análisis y diseño	6
1.5 Carga axial. Esfuerzo normal	7
1.6 Esfuerzo cortante	9
1.7 Esfuerzo de apoyo en conexiones	11
1.8 Aplicación al análisis y diseño de estructuras sencillas	12
1.9 Método para la solución de problemas	14
1.10 Exactitud numérica	15
1.11 Esfuerzos en un plano oblicuo bajo carga axial	23
1.12 Esfuerzos bajo condiciones generales de carga. Componentes del esfuerzo	24
1.13 Consideraciones de diseño	27
<b>Repasso y resumen del capítulo 1</b>	<b>38</b>

## 2 ESFUERZO Y DEFORMACIÓN. CARGA AXIAL 46

2.1 Introducción	47
2.2 Deformación normal bajo carga axial	48
2.3 Diagrama esfuerzo-deformación	50
*2.4 Esfuerzo y deformación verdaderos	55
2.5 Ley de Hooke. Módulo de elasticidad	56

2.6 Comportamiento elástico contra comportamiento plástico de un material	57	4.4
2.7 Cargas repetidas. Fatiga	59	4.5
2.8 Deformaciones de elementos sometidos a carga axial	61	4.6
2.9 Problemas estáticamente indeterminados	70	4.7
2.10 Problemas que involucran cambios de temperatura	74	*4.8
2.11 Relación de Poisson	84	*4.9
2.12 Carga multiaxial. Ley de Hooke generalizada	85	*4.10
*2.13 Dilatación. Módulo de elasticidad volumétrico (o módulo de compresibilidad)	87	P
2.14 Deformación unitaria cortante	89	4.12
2.15 Análisis adicional de las deformaciones bajo carga axial. Relación entre $E$ , $\nu$ y $G$	92	4.13
*2.16 Relaciones de esfuerzo-deformación para materiales compuestos reforzados con fibras	95	4.14
2.17 Distribución del esfuerzo y de la deformación bajo carga axial. Principio de Saint-Venant	104	F
2.18 Concentraciones de esfuerzos	107	
2.19 Deformaciones plásticas	109	
*2.20 Esfuerzos residuales	113	
<b>Repaso y resumen del capítulo 2</b>	<b>121</b>	

### 3 TORSIÓN 131

3.1 Introducción	132	
3.2 Análisis preliminar de los esfuerzos en un eje	134	
3.3 Deformaciones en un eje circular	136	
3.4 Esfuerzos en el rango elástico	139	
3.5 Ángulo de giro en el rango elástico	150	
3.6 Ejes estáticamente indeterminados	153	
3.7 Diseño de ejes de transmisión	165	
3.8 Concentraciones de esfuerzo en ejes circulares	167	
*3.9 Deformaciones plásticas en ejes circulares	172	
*3.10 Ejes circulares hechos de un material elastoplástico	174	6.1
*3.11 Esfuerzos residuales en ejes circulares	177	6.2
*3.12 Torsión de elementos no circulares	186	6.3
*3.13 Ejes huecos de pared delgada	189	6.4
<b>Repaso y resumen del capítulo 3</b>	<b>198</b>	

### 4 FLEXIÓN PURA 208

4.1 Introducción	209	*6.8
4.2 Elemento simétrico sometido a flexión pura	211	*6.9
4.3 Deformaciones en un elemento simétrico sometido a flexión pura	213	Ce
		Re

57	4.4 Esfuerzos y deformaciones en el rango elástico	216
59	4.5 Deformaciones en una sección transversal	220
61	4.6 Flexión de elementos hechos de varios materiales	230
70	4.7 Concentración de esfuerzos	234
74	*4.8 Deformaciones plásticas	243
84	*4.9 Elementos hechos de material elastoplástico	246
85	*4.10 Deformaciones plásticas en elementos con un solo plano de simetría	250
87	*4.11 Esfuerzos residuales	250
89	4.12 Carga axial excéntrica en un plano de simetría	260
92	4.13 Flexión asimétrica	270
95	4.14 Caso general de carga axial excéntrica	276
	*4.15 Flexión de elementos curvos	285
	<b>Repaso y resumen del capítulo 4</b>	<b>298</b>

**5**  
**ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGAS**  
**PARA FLEXIÓN**  
**307**

104	5.1 Introducción	308
107	5.2 Diagramas de corte y de momento flector	311
109	5.3 Relaciones entre la carga, el corte y el momento flector	322
113	5.4 Diseño de vigas prismáticas a la flexión	332
121	*5.5 Uso de funciones de singularidad para determinar el cortante y el momento flector en una viga	343
132	*5.6 Vigas no prismáticas	354
134	<b>Repaso y resumen del capítulo 5</b>	<b>363</b>
136		
139		
150		

**6**  
**ESFUERZOS CORTANTES EN VIGAS**  
**Y EN ELEMENTOS DE PARED DELGADA**  
**371**

153	6.1 Introducción	372
165	6.2 Cortante en la cara horizontal de un elemento de una viga	374
167	6.3 Determinación de los esfuerzos cortantes en una viga	376
172	6.4 Esfuerzos cortantes $\tau_{xy}$ en tipos comunes de vigas	377
174	*6.5 Análisis adicional sobre la distribución de esfuerzos en una viga rectangular delgada	380
177	6.6 Corte longitudinal en un elemento de viga con forma arbitraria	388
186	6.7 Esfuerzos cortantes en elementos de pared delgada	390
189	*6.8 Deformaciones plásticas	392
198	*6.9 Carga asimétrica de elementos de pared delgada. Centro de cortante	402
209	<b>Repaso y resumen del capítulo 6</b>	<b>414</b>
211		
213		

<b>7</b>		
<b>TRANSFORMACIONES DE ESFUERZOS</b>		
<b>Y DEFORMACIONES</b>		
<b>422</b>		
		*9.9
		*9.10
7.1	Introducción	423
7.2	Transformación de esfuerzo plano	425
7.3	Esfuerzos principales. Esfuerzo cortante máximo	428
7.4	Círculo de Mohr para esfuerzo plano	436
7.5	Estado general de esfuerzos	446
7.6	Aplicación del círculo de Mohr al análisis tridimensional de esfuerzos	448
*7.7	Criterios de fluencia para materiales dúctiles bajo esfuerzo plano	451
*7.8	Criterios de fractura para materiales frágiles bajo esfuerzo plano	453
7.9	Esfuerzos en recipientes de pared delgada bajo presión	462
*7.10	Transformación de deformación plana	470
*7.11	Círculo de Mohr para deformación plana	473
*7.12	Análisis tridimensional de la deformación	475
*7.13	Mediciones de la deformación. Roseta de deformación	478
<b>Repaso y resumen del capítulo 7</b>		<b>486</b>
		*10.5
		10.6
		10.7
<b>8</b>		
<b>ESFUERZOS PRINCIPALES BAJO UNA CARGA DADA</b>		
<b>495</b>		
		11.1
		11.2
		11.3
		11.4
		11.5
		11.6
		11.7
		11.8
		11.9
		11.10
		d
		*11.11
		*11.12
		*11.13
		*11.14
		R
*8.1	Introducción	496
*8.2	Esfuerzos principales en una viga	497
*8.3	Diseño de ejes de transmisión	500
*8.4	Esfuerzos bajo cargas combinadas	508
<b>Repaso y resumen del capítulo 8</b>		<b>521</b>
<b>9</b>		
<b>DEFLEXIÓN DE VIGAS</b>		
<b>529</b>		
		12.1
9.1	Introducción	530
9.2	Deformación de una viga bajo carga transversal	532
9.3	Ecuación de la curva elástica	533
*9.4	Determinación directa de la curva elástica a partir de la distribución de carga	538
9.5	Vigas estáticamente indeterminadas	540
*9.6	Uso de funciones de singularidad para hallar la pendiente y la deflexión de una viga	549
9.7	Método de superposición	558

23	*9.8 Aplicación de la superposición a vigas estáticamente indeterminadas	560
25	*9.9 Teoremas de momento de área	569
28	*9.10 Aplicación a vigas en voladizo y vigas con cargas simétricas	571
36	*9.11 Diagramas de momento flector por partes	573
46	*9.12 Aplicación de los teoremas de momento de área a vigas con cargas asimétricas	582
48	*9.13 Deflexión máxima	584
51	*9.14 Uso de los teoremas de momento de área con vigas estáticamente indeterminadas	586
53	<b>Repaso y resumen del capítulo 9</b>	<b>594</b>
62		

## 10 COLUMNAS 606

70	10.1 Introducción	607
73	10.2 Estabilidad de estructuras	608
75	10.3 Fórmula de Euler para columnas articuladas	610
78	10.4 Extensión de la fórmula de Euler para columnas con otras condiciones de extremo	614
86	*10.5 Carga excéntrica. Fórmula de la secante	625
96	10.6 Diseño de columnas bajo una carga céntrica	636
497	10.7 Diseño de columnas bajo una carga excéntrica	652
500	<b>Repaso y resumen del capítulo 10</b>	<b>662</b>
508		

## 11 MÉTODOS DE ENERGÍA 669

521	11.1 Introducción	670
530	11.2 Energía de deformación	670
532	11.3 Densidad de energía de deformación	672
533	11.4 Energía elástica de deformación para esfuerzos normales	674
538	11.5 Energía de deformación elástica para esfuerzos cortantes	677
540	11.6 Energía de deformación para un estado general de esfuerzos	680
549	11.7 Cargas de impacto	693
558	11.8 Diseño para cargas de impacto	695
558	11.9 Trabajo y energía bajo una carga única	696
558	11.10 Deflexión bajo una carga única por el método de trabajo-energía	698
558	*11.11 Trabajo y energía bajo varias cargas	709
558	*11.12 Teorema de Castigiano	711
558	*11.13 Deflexiones por el teorema de Castigiano	712
558	*11.14 Estructuras estáticamente indeterminadas	716
558	<b>Repaso y resumen del capítulo 11</b>	<b>726</b>
558		

**APÉNDICES**  
**735**

<b>A</b>	Momentos de áreas	736
<b>B</b>	Propiedades típicas de materiales seleccionados usados en ingeniería	746
<b>C</b>	Propiedades de perfiles laminados de acero	750
<b>D</b>	Deflexiones y pendientes de vigas	762
<b>E</b>	Fundamentos de la certificación en ingeniería en Estados Unidos	763
<b>Créditos de fotografías</b>		765
<b>Índice</b>		767
<b>Respuestas a los problemas</b>		777

**OBJ**

El ob  
dianto  
senci  
cos p  
primer  
que s  
autore  
en un  
haber

**ENFO**

En es  
sióne  
foque  
racion  
con se  
de má

**L**  
diagra  
termin  
tambié  
así con

**L**  
**y en e**  
lisis de  
tan los  
por fac

**S**  
**las de**  
capace  
sistema  
blemas