

# CONTENIDO

## PARTE PRIMERA. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

### CAPÍTULO 1. ANÁLISIS DEL TEMA

1. Introducción.....	3
2. Procedimiento racional de diseño.....	5
3. Aplicación del procedimiento de diseño.....	7
4. Modos generales de falla de los miembros resistentes.....	12
5. Métodos experimentales.....	18
6. Principales temas a tratar.....	20

### CAPÍTULO 2. FÓRMULAS ELEMENTALES DE LAS TENSIONES DEBIDAS A CARGAS ESTÁTICAS

7. Introducción.....	22
8. Procedimiento para deducir las fórmulas de las tensiones.....	28
9. Limitaciones de la fórmula de sollicitación axial, $\tau = P/a$ .....	30
10. Limitaciones de la fórmula de la flexión, $\sigma = M_e/I$ .....	33
11. Limitaciones de la fórmula de la torsión, $\tau = T_e/J$ .....	35
12. Importancia de las limitaciones de las tres fórmulas elementales.....	36
13. Principio de superposición.....	37
14. Efecto de la supresión de material sobre la resistencia estática de un elemento resistente.....	38
15. Deformaciones en los tres tipos de piezas.....	42

### CAPÍTULO 3. TENSIONES Y DEFORMACIONES EN UN PUNTO. TEORÍAS DE LA FALLA POR FLUENCIA

#### § 1. *Relación Entre las Tensiones en un Punto Para Diferentes Planos Pasantes por el Mismo*

16. Introducción.....	43
17. Corte puro.....	45
18. Definición de las tensiones principales.....	45
19. Tensiones principales en el estado de corte puro.....	46
20. Tensiones tangenciales máximas en función de las tensiones principales.....	47
21. Círculo de Mohr; dadas las tensiones principales.....	49
22. Círculo de Mohr; Tensión tangencial combinada con dos tensiones normales.....	54
23. Representación de Mohr; para el estado tensional triple.....	59
24. Tensiones octaédricas.....	61

#### § 2. *Relaciones Entre las Tensiones y las Deformaciones Elásticas en un Punto*

25. Introducción.....	64
26. Deformaciones elásticas en función de las tensiones normales en planos ortogonales.....	65
27. Relación entre los módulos de elasticidad.....	66

§ 3. *Expresiones del Trabajo de Deformación Elástica*

28. Trabajo total de deformación elástica .....	69
29. Componentes del trabajo total de deformación elástica.....	72

§ 4. *Teorías de Falla*

30. Introducción.....	76
31. Enunciado de las teorías de falla.....	79
32. Interpretación de las teorías de falla.....	83
33. Aplicación de las teorías de falla. Fórmulas de dimensionamiento.....	88

PARTE SEGUNDA. TOPICOS ESPECIALES CONCERNIENTES A LA RESISTENCIA  
Y RIGIDEZ DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES SOMETIDOS  
A CARGAS ESTATICAS

## CAPÍTULO 4. CENTRO DE CORTE DE LA SECCIÓN DE UNA VIGA

34. Definición del eje de flexión y del centro de corte.....	97
35. Centro de corte en la sección ángulo de alas iguales.....	99
36. Centro de corte de una sección U.....	101
37. Centro de corte de diversas secciones compuestas por áreas rectangulares delgadas.....	110

## CAPÍTULO 5. FLEXIÓN OBLICUA

38. Introducción.....	111
39. Tensiones en una viga sometida a flexión oblicua.....	112
40. Cambio de dirección del eje neutro y aumento de tensión en los perfiles laminados debido a pequeñas oblicuidades del plano de cargas.....	121
41. Núcleo central de la sección.....	123
42. Módulo de flexión.....	125
43. Fórmulas de las tensiones referidas a un sistema cualquiera de ejes ortogonales.....	125
44. Fórmula de las tensiones referidas a ejes ortogonales, uno de los cuales es el eje neutro.....	129
45. Deformación de una viga sometida a flexión oblicua.....	130
46. Centro de corte de una sección asimétrica.....	132

## CAPÍTULO 6. PIRZAS CURVAS SOLICITADAS A FLEXIÓN

47. Introducción.....	135
48. Tensiones circunferenciales en un punto cualquiera de una viga curva. Fórmula de Winkler-Bach.....	137
49. Factores correctivos para la aplicación de la fórmula de las vigas rectas.....	145
50. Método de la sección equivalente.....	150
51. Tensiones circunferenciales en vigas curvas de sección T, doble T o similares.....	153
52. Tensiones radiales en las vigas curvas.....	160
53. Deformación de vigas curvas que tienen secciones « llenas ».....	164
54. Deformación de vigas curvas que tienen secciones T doble T o similares.....	171
55. Viga curva con extremos fijos.....	173
56. Anillo cerrado sometido a una carga concentrada.....	173
57. Anillo cerrado sometido a una carga uniforme.....	178
58. Tensiones en los eslabones de cadenas.....	180

## CAPÍTULO 7. LA VIGA SOBRE APOYO ELÁSTICO CONTINUO

59. Introducción.....	183
60. Definición del problema.....	183
61. Viga con carga concentrada.....	186
62. Viga sobre apoyos elásticos aislados con separación uniforme.....	195
63. Carga uniformemente distribuida sobre parte de la viga.....	199
64. Vigas cortas.....	204
65. Carga concentrada cerca de un extremo de una viga larga.....	210
66. Procedimiento experimental para determinar el valor de $k$ .....	211

## CAPÍTULO 8. PLACAS

## § 1. Introducción

67. Comportamiento general de las placas.....	213
---	-----

## § 2. Placas en que la Flexión es Dominante. Pequeñas Deformaciones

68. Tensiones en placas circulares.....	216
69. Corrimientos en una placa circular.....	220
70. Tensiones en placas cuadradas. Carga uniformemente distribuida.....	221
71. Tensiones en placas rectangulares. Cargas uniformemente distribuidas.....	223
72. Corrimientos en placas rectangulares. Carga uniformemente distribuida.....	227
73. Tensiones en una placa cuadrada. Carga concentrada en el centro.....	231
74. Tensiones en placas rectangulares. Carga concentrada en el centro.....	233
75. Placa rectangular con un borde empotrado y los demás libres.....	236
76. Corrimientos en placas rectangulares. Carga concentrada en el centro.....	237
77. Tensiones en placas rectangulares apoyadas sobre vigas en dos bordes opuestos	238
78. Placa continua sobre apoyos circulares igualmente espaciados en ambas direc- ciones.....	244
79. Tensiones en placas elípticas.....	247

## § 3. Placas en las que la Flexión y la Tracción son Significativas. Grandes Corrimientos

80. Comportamiento de la placa cuando los corrimientos son grandes.....	248
81. Placa circular con grandes corrimientos elásticos; bordes empotrados.....	249
82. Placa circular con grandes corrimientos elásticos; bordes simplemente apoyados	253
83. Placas rectangulares o de otras formas con grandes corrimientos.....	255

## CAPÍTULO 9. RESISTENCIA A LA TORSIÓN DE BARRAS DE SECCIONES NO CIRCULARES

84. Introducción.....	256
85. Torsión de una barra de sección rectangular.....	257
86. Analogía de la membrana elástica (película de jabón).....	261
87. Fórmulas especiales obtenidas por medio del Análisis Matemático para seccio- nes macizas.....	266
88. Fórmulas obtenidas por medio del Análisis Matemático para tubos huecos de paredes delgadas.....	267
89. Torsión de secciones formadas por rectángulos angostos.....	271
90. Torsión de vigas U o doble T cuando se impide el alabeo de una sección.....	272
91. Cargas transversales que no pasan por el centro de corte.....	281

## CAPÍTULO 10. CILINDROS DE PAREDES GRUESAS

92. Definición del problema.....	284
93. Solución de Lamé para las tensiones principales.....	285
94. Corrimiento radial.....	292
95. Máxima tensión tangencial, tensión tangencial octaédrica, dilatación máxima y energía de distorsión.....	295
96. Aplicación de las diversas teorías sobre el colapso de la acción elástica.....	300
97. Comentario sobre las teorías de rotura.....	305
98. Métodos para incrementar la resistencia elástica por pretensado.....	307
99. Análisis de los efectos sobre las tensiones, del montaje de un cilindro hueco sobre el cilindro principal.....	308
100. Análisis de las tensiones en un cilindro hueco construido con láminas muy delgadas.....	315
101. Análisis de los efectos de autozunchaje.....	319

## CAPÍTULO 11. TENSIONES POR CONTACTO

102. Introducción.....	328
103. El problema de la determinación de las tensiones por contacto.....	329
104. Hipótesis en las que se funda la solución del problema de las tensiones por contacto.....	331
105. Notación y significado de los términos.....	336
106. Expresiones de las tensiones principales.....	337
107. Método para calcular las tensiones por contacto.....	338
108. Deformación de los cuerpos en el punto de contacto.....	347
109. Tensiones en dos cuerpos en contacto según un área rectangular angosta (línea de contacto): Cargas aplicadas normalmente al área de contacto.....	348
110. Tensiones en dos cuerpos en contacto según una línea; Cargas normales y tangenciales al área de contacto.....	352
111. Estimación de un coeficiente de seguridad a aplicar a las tensiones por contacto.....	359

## PARTE TERCERA. TENSIONES LOCALIZADAS. CONCENTRACION DE TENSIONES

## CAPITULO 12. VALORES Y SIGNIFICADO DE LAS TENSIONES LOCALIZADAS EN DISTINTAS PIEZAS

112. Introducción.....	365
113. Método matemático para determinar las tensiones localizadas.....	366
114. Métodos experimentales.....	367
<i>§ 1. Factor Teórico de Concentración de Tensiones</i>	
115. Definición del factor teórico de concentración.....	367
116. Determinación de la tensión localizada por medio de la Teoría matemática de la elasticidad.....	368
117. Determinación de la tensión de concentración por el método fotoelástico.....	376
118. Concentración de las tensiones analizada por el método de medición de las deformaciones elásticas.....	381
119. Factor de concentración en sollicitación de torsión para un filete en un árbol obtenido por el método de la analogía eléctrica.....	385
120. Factor de concentración en torsión obtenido por el método de la membrana elástica.....	386

§ 2. *Coefficientes Efectivos de Concentración*

121. Definición de coeficiente efectivo de concentración de tensiones.....	388
122. Condiciones que influyen en el valor de $k_t$ . Sensibilidad a la entalla.....	388
123. Influencia de la corrosión en la fatiga.....	394
124. Efecto del campo de variación de la tensión.....	396
125. Método para atenuar los efectos perjudiciales de la concentración de tensiones.	396

PARTE CUARTA. METODOS ENERGETICOS

CAPITULO 13. CONSIDERACIONES SOBRE LOS PRINCIPIOS ENERGÉTICOS  
EN LA DETERMINACIÓN DE RELACIONES ENTRE CARGAS Y DEFORMACIONES

126. Importancia de la deformación.....	403
127. Dos planteos generales del problema.....	403
128. Primer teorema : Energía de deformación.....	403
129. Segundo teorema : Método de la energía complementaria.....	409
130. Comparación de los dos teoremas.....	413
131. Teorema de Castigliano.....	415
132. Otros métodos.....	415

CAPÍTULO 14. ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN DE PIEZAS O ESTRUCTURAS  
SIMPLES POR MEDIO DEL TEOREMA DE CASTIGLIANO

133. Introducción.....	418
------------------------	-----

*Aplicaciones del Teorema de Castigliano*

134. Piezas sometidas a sollicitación axil.....	418
135. Deformación elástica de una viga.....	422
136. Rotación de la sección transversal de una pieza o estructura.....	426
137. Rotación de la sección transversal de una viga, Cambio de pendiente.....	428
138. Angulo de torsión correspondiente a barras cilíndricas sollicitadas por un par torsor.....	430
139. Sollicitación combinada de flexión y torsión. Cálculo de corrimientos y ángulo de torsión.....	433

CAPÍTULO 15. DEFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS SIMPLES MEDIANTE EL MÉTODO  
DE LAS CARGAS UNITARIAS O FICTICIAS

140. Introducción.....	439
141. Piezas sujetas a fuerzas axiles.....	439
142. Deformación de vigas.....	444
143. Rotación de una sección.....	446
144. Giro de una sección en una barra sujeta a torsión.....	446
145. Corrimientos y giros en una barra expuesta a cargas combinadas.....	449
146. Método especial para vigas cargadas únicamente en sus extremos.....	453

## CAPITULO 16. RESOLUCIÓN DE PIEZAS Y ESTRUCTURAS ESTÁTICAMENTE INDETERMINADAS

147. Introducción.....	458
------------------------	-----

*Aplicación del Método de las Cargas Ficticias*

148. Viga empotrada en un extremo y simplemente apoyada en el otro.....	462
149. Viga empotrada en ambos extremos.....	463
150. Viga semicircular empotrada en sus dos extremos.....	464
151. Pórtico doblemente articulado.....	466
152. Reticulado continuo sobre tres apoyos.....	467
153. Viga armada.....	468
154. Fuerzas y momentos en tuberías debidos a cambios de temperatura.....	469

*Aplicaciones del Teorema de Castigliano*

155. Ventajas del teorema.....	474
156. Viga empotrada en un extremo y apoyada en un resorte elástico en el otro..	474
157. Interpretación de la ecuación $\delta U = 0$ .....	476
158. Variante del método energético.....	480
159. Peso soportado por varias varillas.....	481

## PARTE QUINTA. INFLUENCIA DE PEQUEÑAS DEFORMACIONES ANELASTICAS EN LA CAPACIDAD DE CARGA DE LAS ESTRUCTURAS

60. Introducción.....	483
-----------------------	-----

## CAPITULO 17. EFECTO DE PEQUEÑAS DEFORMACIONES ANELÁSTICAS EN BARRAS CARGADAS AXILMENTE Y EN VIGAS RECTAS

161. Consideraciones preliminares.....	486
162. Agujero circular en una chapa traccionada uniformemente en una dirección...	489
163. Barra con cambio de sección solicitada a tracción.....	493
164. Ecuaciones para calcular $S\sigma_{\text{máx}}$ .....	495
165. Relación $M/M_e$ para una viga recta de sección rectangular.....	498
166. Influencia de la forma de la sección en la relación $M/M_e$ .....	504
167. Relación $M/M_e$ para vigas de material sin límite de fluencia definido.....	509
168. Tensiones residuales.....	514
169. Deformaciones en el período plástico.....	514

## CAPITULO 18. ANÁLISIS DE LA FLEXIÓN COMPUESTA CUANDO SE ADMITEN PEQUEÑAS DEFORMACIONES ANELÁSTICAS

170. Curvas de interacción.....	519
171. Influencia de la forma de la sección en las curvas de interacción.....	525
172. Curvas de interacción para flexión compuesta de piezas curvas.....	532
173. Curvas de interacción para flexión y corte.....	532

**CAPITULO 19. INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS ESTÁTICAMENTE  
INDETERMINADAS POR EL MÉTODO DE LA CARGA DE COLAPSO**

174. Introducción.....	534
175. Barra sometida a tracción.....	535
176. Viga empotrada en un extremo y simplemente apoyada en el otro. Carga concentrada en el centro.....	537
177. Influencia de la imperfección en el empotramiento.....	539
178. Anillo cerrado sujeto a una carga concentrada.....	540

**PARTE SEXTA. INTRODUCCION A LA INESTABILIDAD  
DEL EQUILIBRIO ELASTICO — PANDEO**

**CAPITULO 20. PANDEO DE COLUMNAS EN LOS PERIODOS ELÁSTICO Y ANELÁSTICO**

179. Introducción.....	547
180. Pandeo en el período elástico de una columna esbelta ideal.....	548
181. Columnas esbeltas imperfectas.....	552
182. Pandeo en el período anelástico.....	554
183. Dos soluciones para la determinación de la carga crítica en columnas ideales que pandean en el período anelástico.....	555
184. Teoría del módulo tangente para la determinación de la carga de pandeo en el período anelástico. Carga para la que comienza la flexión anelástica de una columna ideal.....	556
185. Teoría del doble módulo.....	560
186. Análisis de las dos soluciones para obtener el valor de la carga de pandeo en el período anelástico.....	563

**CAPITULO 21. PANDEO DE TUBOS CILINDRICOS SOMETIDOS  
A UNA PRESIÓN EXTERNA UNIFORME**

187. Planteo del problema.....	567
188. Carga crítica de pandeo elástico de cilindros largos de pared delgada.....	569
189. Fórmulas empíricas.....	573
190. Influencia de la vinculación de los extremos sobre el pandeo elástico de tubos.....	574
191. Pandeo anelástico de tubos.....	577
192. Pandeo de chapas planas delgadas.....	580

**APÉNDICE I. BREVE INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA MATEMÁTICA DE LA ELASTICIDAD**

193. Introducción.....	585
194. Teoría elemental de la elasticidad.....	586
195. Diferencia esencial entre el método de la Resistencia de materiales y la Teoría de la elasticidad.....	593

**APÉNDICE II. ANALOGÍA DE LA MEMBRANA ELÁSTICA (PELÍCULA DE JABÓN) PARA TORSIÓN**

196. Propósito del análisis.....	595
197. Función de tensión para torsión.....	595
198. La analogía de la membrana elástica (película de jabón) para secciones macizas.....	600
199. Resistencia a la torsión de tubos huecos de paredes delgadas.....	602

## APÉNDICE III. PROPIEDADES DE LAS SUPERFICIES

1. *Momento Centrifugo y Momentos de Inercia Principales*

200. Introducción.....	605
201. Teorema de los ejes paralelos para los momentos centrifugos.....	608
202. Relación entre momentos de inercia y momentos centrifugos.....	610
203. Ejes principales.....	611
204. Solución gráfica para los momentos de inercia.....	613

*Valores de Z a Utilizar en la Fórmula para Piezas Curvas*

205. Valores de $Z$ hallados por integración.....	617
206. Método gráfico para la determinación de $Z$ .....	619
207. Método de integración numérica para la determinación de $Z$ .....	624
Indice alfabético.....	627