

## ÍNDICE DE MATERIAS

	<u>Pág</u>
Prólogo . . . . .	VII
Reconocimiento . . . . .	XI
Símbolos. . . . .	XIII
<b>Cap. 1 ANÁLISIS DE TENSIONES. ESFUERZOS SIMPLES . . . . .</b>	<b>1</b>
1, Introducción. 2, Responsabilidad del proyectista de máquinas.	
3, La lógica del proyecto. 4, Teoría y práctica. 5, Objeto de este libro.	
6, El proyecto de máquinas incumbe al ingeniero. 7, Esfuerzo.	
8, Resistencia a la tracción y resistencia de fluencia. 9, Módulo de elasticidad.	
10, Flexión. 11, Relaciones matemáticas para las vigas. Centro de cortadura.	
12, Determinación del momento de inercia. 13, Torsión. 14, Par de torsión.	
15, Resistencia de materiales. 16, Coeficiente de seguridad. Coeficiente de cálculo.	
17, Variabilidad de la resistencia de los materiales y el esfuerzo de cálculo.	
18, Consideraciones relativas al coeficiente de seguridad y al esfuerzo de cálculo.	
19, Ejemplo. Cálculo de torsión. 20, Esfuerzo de seguridad en compresión.	
21, Ejemplo. Análisis de esfuerzo. 22, Dimensiones preferidas (fracciones normalizadas o estándar).	
23, Corrección en el modo de presentación de los cálculos. 24, Pandeo de un ala de viga.	
25, Recipientes de pared delgada sometidos a presión. 26, Ejemplo. Recipiente de acero al titanio.	
27, Esfuerzos de contacto. 28, Problemas estáticamente indeterminados. 29, Esfuerzos térmicos, o sea debidos a cambios de temperatura.	
30, Nota para el estudiante.	
<b>Cap. 2 LOS MATERIALES Y SUS PROPIEDADES . . . . .</b>	<b>53</b>
1, Introducción. 2, Definiciones. 3, Términos de tratamiento térmico.	
4, Dureza. 5, Números de especificación AISI y SAE. 6, Aceros aleados.	
7, Templabilidad. 8, Endurecimiento superficial. 9, Endurecimiento en el trabajo.	
10, Hierro dulce o forjado. 11, Fundición o hierro colado. 12, Fundición maleable.	
13, Fundición modular. 14, Acero fundido. 15, Acero inoxidable.	
16, Aleaciones de cobre. 17, Aleaciones de aluminio. 18, Aleaciones de magnesio.	
19, Titanio. 20, Plomo, estaño y aleaciones diversas. 21, Servicio a temperaturas elevadas.	
22, Propiedades a baja temperatura. 23, Plásticos. 24, Sugerencias para proyectar.	
25, Materiales y procedimientos diversos. 26, Conclusión.	

Cap. 3 TOLERANCIAS Y JUEGOS . . . . .	101
1, Introducción. 2, Tolerancia. 3, Juego. 4, Ajustes. 5, Ejemplo. 6, Intercambiabilidad. 7, Ajustes forzados y por contracción. 8, Esfuerzos debidos al apriete o interferencia del metal. 9, Dispersión natural de las dimensiones. 10, Ejemplo. Análisis de una producción real. 11, Desviación tipo y área debajo de la curva normal. 12, Distribuciones estadísticas de los ajustes. 13, Tolerancias en la localización de agujeros. 14, Tolerancia y acabado superficial. 15, Conclusión.	
Cap. 4 CARGAS VARIABLES Y CONCENTRACIONES DE ESFUERZOS . . . . .	129
1, Introducción. 2, Mecanismo de la fatiga. 3, Límites de fatiga o endurancia, resistencia a la fatiga. 4, Gráfico de la resistencia a la fatiga. 5, Variación de los esfuerzos. 6, Representación de la resistencia a la fatiga bajo un esfuerzo alternativo. 7, Cálculos de resistencia a la fatiga. 8, Concentradores de esfuerzo. 9, Coeficientes teóricos de concentración de esfuerzos. 10, Sensibilidad en la entalla. 11, Efecto del estado de la superficie sobre la resistencia a la fatiga. 13, Ecuación del esfuerzo variable con $K_f$ . 14, Ejemplo. Vástago de émbolo. 15, Ejemplo. Momento de torsión variable. 16, Resistencia a la fatiga para duración limitada. (Vida finita.) 17, Ejemplo. Duración limitada. 18, Ejemplo. 19, Esfuerzo equivalente. 20, Coeficientes de cálculo para carga variable. 21, Resumen de las consideraciones de cálculo para esfuerzos variables. 22, Concentradores de esfuerzo acumulados. 23, Esfuerzos o tensiones residuales. 24, Placa con agujero elíptico. 25, Viga con agujeros. 26, Corrosión. 27, Corrosión por ludimiento. 28, Granallado y apisonado superficial. 29, Tratamientos térmicos para aumentar la resistencia a la fatiga. 30, Efectos de superficie diversos. 31, Mitigación de las concentraciones de esfuerzo. 32, Efectos de temperatura. 33, Consideraciones relativas a la resistencia a la fatiga. 34, Impacto. 35, Energía elástica. 36, Barra cargada axialmente. 37, Ejemplo. 38, Carga repentinamente aplicada. Velocidad nula de impacto. 39, Elemento en tracción con dos o más secciones transversales. 40, Proyecto para cargas de impacto. 41, Barra de maza no despreciable. 42, Impacto por un cuerpo que se desplaza horizontalmente. 43, Impacto elástico sobre vigas. 44, Efecto de masa de la viga. 45, Observaciones generales sobre el impacto. 46, Conclusión.	
Cap. 5 UNIONES CON TORNILLOS Y REMACHES . . . . .	201
1, Introducción. 2, Clases de rosca. 3, Definiciones. 4, Roscas normalizadas. 5, Ajustes para roscas. 6, Proyecto de pernos. Tracción inicial desconocida. 7, Tracción inicial y par de apriete. 8, Materiales y resistencia de los elementos roscados. 9, Análisis elástico de pernos para juntas. 10, Constantes elásticas y empaquetaduras para piezas	

unidas. 11, Ejemplo. Espárragos para culata de compresor. 12, Ejemplo. Junta rígida. 13, Tipos de pernos y tornillos. 14, Tornillos prisioneros. 15, Profundidad del agujero roscado y espacio libre alrededor de la cabeza de un perno y de la tuerca. 16, Pernos y tornillos sometidos a esfuerzo cortante. 17, Dispositivos de fijación para asegurar elementos roscados. 18, Perno-roblón Dardelet. 19, Remaches. 20, Conclusión.

Cap. 6 RESORTES . . . . . 235

1, Introducción. 2, Esfuerzos en resortes helicoidales de alambre redondo. 3, Esfuerzos de cálculo y esfuerzos del resorte considerado cerrado. 4, Constante de un resorte. 5, Deformación de resortes helicoidales de alambre redondo. 6, Cálculo para esfuerzos variables. 7, Energía absorbida por un resorte. 8, Altura de cierre y longitud libre. 9, Cálculo de resortes helicoidales. 10, Ejemplo. Servicio medio. 11, Ejemplo. Servicio indefinido. 12, Materiales empleados para resortes helicoidales. 13, Factores que afectan a la resistencia a la fatiga de los resortes helicoidales. 14, Relajación de los materiales de resorte. 15, Diagrama de Goodman. 16, Tolerancias. 17, Oscilaciones en los resortes. 18, Pandeo de los resortes de compresión. 19, Resortes helicoidales concéntricos. 20, Resortes helicoidales de alambre rectangular en compresión. 21, Resortes en extensión o tracción. 22, Resortes de torsión. 23, Otras clases de resortes. 24, Resortes planos. 25, Resortes de hojas o muelles de ballesta. 26, Fatiga de los resortes de hoja. 27, Observaciones generales sobre los resortes de hojas. 28, Conclusión.

Cap. 7 COLUMNAS PARA CARGAS CENTRADAS . . . . . 273

1, Introducción. 2, Fórmula de Euler. 3, Longitud efectiva o libre. 4, Columnas cortas. 5, Fórmulas lineales. 6, Punto de transición entre columnas largas e intermedias. 7, Radio de giro o de inercia. 8, Fórmula de la secante. 9, Cálculo de columnas. 10, Ejemplo. 11, Esfuerzo equivalente en las columnas. 12, Otras fórmulas para cálculo de columnas. 13, Conclusión.

Cap. 8 ESFUERZOS COMBINADOS. . . . . 285

1, Introducción. 2, Esfuerzos uniformes y de flexión. 3, Ejemplo. Proyecto de columna con carga excéntrica. 4, Carga excéntrica sobre una sección asimétrica. 5, Esfuerzos cortantes coplanarios en más de una dirección. 6, Esfuerzos normales y cortantes combinados. 7, Esfuerzos principales. 8, Esfuerzo cortante máximo. 9, Elemento sometido a dos esfuerzos normales y uno cortante. 10, Círculo de Mohr. 11, Ejemplo. Esfuerzos de tracción y cortante combinados. 12, Teorías de la rotura. 13, Ecuación de cálculo para las teorías de esfuerzo cortante máximo y de esfuerzo cortante octaédrico. 14, Ejemplo. Flexión, compresión y torsión combinadas. 15, Com-

binación de esfuerzos variables. 16, Ejemplo. Esfuerzos variables de flexión y torsión combinados. 17, Consideraciones complementarias acerca de la fatiga. 18, Tornillos de transmisión de potencia. 19, Paso y avance. 20, Par necesario para girar un tornillo. 21, Coeficiente de rozamiento en los tornillos de potencia. 22, Rendimiento de un tornillo de rosca cuadrada. 23, Condiciones para un tornillo irreversible. 24, Cálculo de tornillos. 25, Vigas curvas. 16, Cilindros de pared gruesa. 27, Ajustes forzados y por contracción. 28, Conclusión.

- Cap. 9 CÁLCULO DE ÁRBOLES Y EJES . . . . . 337
- 1, Introducción. 2, Fuerzas de flexión producidas por correas y cadenas. 3, Proyecto de ejes en cuanto a resistencia. 4, Ejemplo. 5, Diámetros y materiales de los árboles. 6, Ejes huecos de secciones redonda y cuadrada. 7, Esfuerzo cortante vertical. 8, Deformación torsional. 9, Deformaciones transversales. 10, Integración gráfica. 11, Ejemplo. Deformación o flecha de ejes. 12, Vibración y velocidades críticas de los árboles. 13, Proyecto de ejes mediante el código ASME. 14, Conclusión.
- Cap. 10 CHAVETAS Y ACOPLAMIENTOS. . . . . 365
- 1, Introducción. 2, Diseño de chavetas planas y cuadradas. 3, Ejemplo. Proyecto de una chaveta plana. 4, Concentración de esfuerzos en chaveteros. 5, Otros tipos de chavetas. 6, Ejes ranurados. 7, Ranuras de evolvente. 8, Pasadores o clavijas de cortadura. 9, Acoplamientos rígidos. 10, Ejemplo. Acoplamiento de platos. 11, Acoplamientos flexibles. 12, Juntas universales. 13, Embrague de rueda libre. 14, Conclusión.
- Cap. 11 COJINETES DE DESLIZAMIENTO . . . . . 389
- 1, Introducción. 2, Tipos de cojinetes de deslizamiento. 3, Lubricación por película gruesa. 4, Viscosidad. 5, Ecuación de Petroff. 6, Lubricación hidrodinámica. 7, Relaciones geométricas para cojinetes con juego. 8, Capacidad de carga y rozamiento para cojinetes simples de deslizamiento. 9, Cojinetes hidrodinámicos óptimos. 10, Ejemplo. Cojinete completo. 11, Ejemplo. Cojinete óptimo. 12, Flujo de lubricante a través del cojinete. 13, Aumento de energía del aceite. 14, Mínimo valor admisible del espesor de la película lubricante. 15, Ejemplo. Cojinete de apoyo parcial, con aumento de temperatura. 16, Relación de fuego. 17, Relación longitud/diámetro. 18, Calor disipado por un cojinete. 19, Ejemplo. Temperatura de régimen estacionario. 20, Temperaturas de funcionamiento. 21, Flujo de aceite con alimentación a presión. 22, Pérdida por rozamiento en la tapa superior de un cojinete. 23, Significado de  $Zn/p$ . 24, Lubricación de película delgada. 25, Construcción y lubricación. 26, Materiales para cojinetes. 27, Cojinetes semilubricados y no lubricados.

28, Lubricantes. 29, Cojinetes de empuje. 30, Lubricación hidrostática. 31, Cojinetes lubricados por gas. 32, Carga dinámica, 33, Conclusión.

Cap. 12 RODAMIENTOS DE BOLAS Y DE RODILLOS . . . . . 437

1, Introducción. 2, Esfuerzos durante el contacto de rodadura. 3, Naturaleza estadística de la duración de un rodamiento. 4, Capacidad de carga estática. 5, Capacidad de carga dinámica. 6, Carga dinámica equivalente. 7, Selección de los rodamientos utilizando las tallas. 8, Ejemplo. 9, Elección de rodamientos cuando la probabilidad de supervivencia es diferente del 90 %. 10, Ejemplos. Probabilidades y vidas útiles de los rodamientos giratorios. 11, Carga variable. 12, Materiales y acabados. 13, Dimensiones de los rodamientos. 14, Rozamiento en los rodamientos de rodadura. 15, Tipos de rodamientos de rodadura. 16, Rodamientos axiales. 17, Soportes para rodamientos y lubricación. 18, Otros dispositivos de rodamientos de bolas. 19, Comparación entre los cojinetes lisos y los rodamientos. 20, Conclusión.

Cap. 13 ENGRANAJES CILÍNDRICOS RECTOS . . . . . 465

1, Introducción. 2, Definiciones. 3, Circunferencia-base y ángulo de presión. 4, Paso. 5, Longitud de acción y relación de contacto. 6, Ley de engrane y acción de los dientes. 7, Interferencia entre dientes con perfil de evolvente. 8, Sistemas de engranajes de evolvente intercambiables. 9, Resistencia de los dientes de engranaje. 10, Concentración de esfuerzos. 11, Esfuerzos de cálculo. 12, Anchura de la cara. 13, Carga transmitida. 14, Cargas dinámicas sobre los dientes de engranajes. 15, Carga dinámica en función de la velocidad únicamente. Dientes metálicos. 16, Ejemplo. Engranajes cilíndricos rectos, servicio intermitente. 17, Carga dinámica media de Buckingham para dientes metálicos. 18, Coeficientes de servicio. 19, Errores admisibles y probables. 20, Ejemplo. Ecuación de Buckingham para carga dinámica. 21, Carga límite respecto al desgaste. 22, Ejemplo. Desgaste de dientes de hierro fundido. 23, Desgaste de los dientes de engranajes. 24, Materiales empleados para engranajes. 25, Ejemplo. Proyecto de engranajes de acero para servicio continuo. 26, Consideraciones acerca del cálculo de dientes de engranaje. 27, Cálculo de dientes de engranajes no metálicos. 28, Ejemplo. Dientes de engranaje en material fenólico laminado. 29, Cálculo de dientes de fundición. 30, Dientes de compensación. 31, Cubos. Engranajes metálicos. 32, Brazos y almas centrales. 33, Llantana y refuerzo. 34, Dientes de addendum y dedendum desiguales. 35, Engranajes interiores. 36, Trenes de engranajes. 37, Rendimiento de los engranajes y capacidad térmica. 38, Lubricación de los dientes de engranaje. 39, Conclusión.

- Cap. 14 ENGRANAJES HELICOIDALES . . . . . 521  
 1, Introducción. 2, Ángulo de la hélice. 3, Pasos. 4, Ángulos de presión. 5, Carga dinámica. Engranajes helicoidales. 6, Resistencia de los dientes helicoidales. 7, Carga límite de desgaste. 8, Engranajes helicoidales dobles. 9, Engranajes helicoidales cruzados. 10, Conclusión.
- Cap. 15 ENGRANAJES CÓNICOS . . . . . 533  
 1, Introducción. 2, Nomenclatura de los engranajes cónicos. 3, Resistencia de los dientes de los engranajes cónicos rectos. 4, Proporciones del diente en engranajes cónicos. 5, Factor de forma. 6, Carga dinámica para engranajes cónicos generados. 7, Resistencia nominal de los engranajes cónicos. 8, Carga nominal de desgaste para engranajes cónicos. 9, Ejemplo. Potencia para engranajes cónicos. 10, Engranajes cónicos coniflex y zerol. 11, Engranajes cónicos en espiral. 12, Engranajes hipoides. 13, Otros tipos de engranajes cónicos. 14, Fuerzas actuantes sobre un engranaje cónico. 15, Detalles del diseño. 16, Materiales empleados para engranajes cónicos. 17, Conclusión.
- Cap. 16 ENGRANAJES DE TORNILLO SINFIN . . . . . 557  
 1, Introducción. 2, Paso y avance. 3, Resistencia de los dientes de la rueda de tornillo sinfin. 4, Carga dinámica de los engranajes de tornillo sinfin. 5, Carga de desgaste para engranajes de tornillo sinfin. 6, Capacidad térmica. 7, Relación entre los ángulos de presión normal y diametral. 8, Rendimiento del engranaje de tornillo sinfin. 9, Coeficiente de rozamiento, engranajes de tornillo sinfin. 10, Fuerza de separación entre el tornillo sinfin y la rueda dentada. 11, Proporciones para los engranajes de tornillo sinfin. 12, Observaciones generales acerca del diseño de los engranajes de tornillo sinfin. 13, Procedimiento de cálculo. 14, Materiales para engranajes de tornillo sinfin. 15, Conclusión.
- Cap. 17 ELEMENTOS FLEXIBLES DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA. . . . . 575  
 1, Introducción. 2, Fuerza tangencial neta y variación de esfuerzo en las correas. 3, Capacidad de una correa plana. 4, Espesor y anchura de la correa. 5, Coeficiente de rozamiento. 6, Resistencia del cuero. 7, Longitud de las correas. 8, Ángulo de contacto. 9, Velocidad de la correa. 10, Tracción inicial. 11, Capacidad nominal de las correas de cuero. 12, Ejemplo. Correa plana de cuero. 13, Mantenimiento de la tracción inicial. 14, Análisis de la transmisión de motor pivotado. 15, Correas de caucho. 16, Transmisiones con correa plana para ejes no paralelos. 17, Correas trapezoidales. 18, Transmisiones polea V-polea plana y otras. 19, Transmisiones de velocidad variable. 20, Correas dentadas. 21, Transmisiones por cadenas de

rodillos. 22, Ejemplo. Transmisión con cadena de rodillos. 23, Cadenas de dientes invertidos. 24, Cables de alambre o metálicos. 25, Consideraciones de proyecto para cables metálicos. 26, Ejemplo. Cable metálico para cabrestantes de minas. 27, Transmisiones por tracción. 28, Accesorios para cables metálicos. 29, Poleas planas y poleas con gargantas. 30, Transmisión armónica. 31, Conclusion.

Cap. 18 FRENOS Y EMBRAGUES . . . . . 631

1, Introducción. 2, Trabajo de fricción y potencia. 3, Cálculo de la energía que debe ser absorbida. 4, Absorción admisible de energía y otros datos de cálculo. 5, Ejemplo. Temperatura de tambor y fCV. 6, Freno de zapatas. Zapatas pequeñas. 7, Fuerzas actuantes para el caso de zapatas largas. 8, Zapata interior. 9, Frenos de cinta. 10, Par de rozamiento de un disco. 11, Observaciones generales sobre los embragues de disco. 12, Embrague cónico. 13, Materiales de freno. 14, Coeficiente de rozamiento. 15, Otros tipos de frenos y embragues. 16, Conclusión.

Cap. 19 CÁLCULO DE UNIONES SOLDADAS. . . . . 659

1, Introducción. 2, Unión a tope. 3, Soldaduras de filete o en ángulo. 4, Soldaduras en ángulo con carga excéntrica. 5, Ejemplo. Soldadura con filete cargada excéntricamente. 6, Soldadura anular en ángulo trabajando a flexión. 7, Esfuerzos de cálculo. 8, Cálculo por resistencia a la fatiga. 9, Otros tipos de soldaduras. 10, Dimensiones mínimas de la soldadura en ángulo. 11, Tipos de procesos de soldadura. 12, Ensayo de uniones soldadas. 13, Otros métodos de unir metales. 14, Conclusión.

Cap. 20 PROBLEMAS DIVERSOS . . . . . 681

1, Introducción. 2, Tubos cilíndricos delgados sometidos a presión exterior. 3, Tubos de acero sometidos a presión exterior. 4, Placas planas. 5, Levas. 6, Volantes. 7, Ejemplo. Llanta de volante para prensa punzonadora. 8, Esfuerzos en las llantas de volante. 9, Discos giratorios. 10, Conclusión.

REFERENCIAS. . . . . 713

APÉNDICE. . . . . 723