

# ÍNDICE DE MATERIAS

## PRIMERA PARTE

### ESTUDIO DE CARÁCTER GENERAL DE LOS MOTORES ALTERNATIVOS

#### CAPÍTULO I

##### INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LOS MOTORES ALTERNATIVOS

(figs. 1 al 12)

|      |  |    |
|------|--|----|
| I.1. | Conceptos fundamentales .....                                      | 1  |
| I.2. | Esquema y nomenclatura del motor alternativo .....                 | 3  |
| I.3. | Ciclo operativo de 4 tiempos .....                                 | 6  |
| I.4. | Ciclo operativo de 2 tiempos .....                                 | 8  |
| I.5. | Clasificación de los motores alternativos .....                    | 10 |
| I.6. | El motor de encendido por chispa (ECh) .....                       | 11 |
| I.7. | El motor de encendido por compresión (EC) .....                    | 15 |
| I.8. | Las principales diferencias entre los motores ECh y EC .....       | 16 |
| I.9. | El fluido de trabajo como causa de contaminación atmosférica ..... | 17 |

#### CAPÍTULO II

##### PRINCIPIOS DE TERMODINÁMICA

(figs. 13 a 23)

|        |  |    |
|--------|--|----|
| II.1.  | Energía - Trabajo - Calor .....                                      | 19 |
| II.2.  | Principio de la equivalencia o primera ley de la termodinámica ..... | 20 |
| II.3.  | Estados termodinámicos y transformaciones del fluido .....           | 21 |
| II.4.  | Sistemas de flujo continuo y de flujo discontinuo .....              | 22 |
| II.5.  | Ecuación de la energía aplicada a los motores endotérmicos .....     | 24 |
| II.6.  | El trabajo en el diagrama $p-v$ .....                                | 25 |
| II.7.  | Entropía y calor en el diagrama del plano $T-S$ .....                | 27 |
| II.8.  | Calores específicos .....  | 28 |
| II.9.  | Los gases perfectos .....  | 30 |
| II.10. | Relaciones de los gases perfectos .....                              | 31 |
| II.11. | Procesos de los gases perfectos .....                                | 32 |
| II.12. | Ciclos térmicos .....  | 37 |

## CAPÍTULO III

## CICLOS TEÓRICOS DE LOS MOTORES ALTERNATIVOS

(figs. 24 a 32)

|         |  |    |
|---------|--|----|
| III.1.  | Ciclo teórico y ciclo real .....                             | 41 |
| III.2.  | Análisis de un ciclo y su rendimiento térmico .....          | 43 |
| III.3.  | El ciclo Otto teórico .....                                  | 45 |
| III.4.  | Ciclo Diesel teórico .....                                   | 47 |
| III.5.  | Ciclo mixto de Sabathé .....                                 | 50 |
| III.6.  | Comparación entre los tres ciclos teóricos .....             | 53 |
| III.7.  | Presión media de un ciclo .....                              | 56 |
| III.8.  | Valores del exponente $n$ para los politrópicos .....        | 57 |
| III.9.  | Ejemplo de cálculo para un ciclo teórico Otto, de aire ..... | 57 |
| III.10. | Ejemplo de ciclo Otto casi práctico .....                    | 59 |

## CAPÍTULO IV

## CICLOS REALES - DIAGRAMAS DE LAS PRESIONES

(figs. 33 a 44)

|       |   |    |
|-------|---|----|
| IV.1. | Ciclo indicado y presión media indicada .....   | 60 |
| IV.2. | Diferencia entre ciclo Otto real y teórico .....  | 64 |
| IV.3. | Diferencia entre ciclo Diesel real y teórico .....  | 66 |
| IV.4. | Estudio del diagrama indicado .....   | 68 |
| IV.5. | Diagrama de las presiones en función de los desplazamientos angulares del eje para un motor de cuatro tiempos ..... | 71 |
| IV.6. | Diagrama indicado en función de los ángulos de manivela para un motor de dos tiempos .....                          | 73 |
| IV.7. | Ciclo indicado previsto .....   | 75 |

## CAPÍTULO V

## LOS COMBUSTIBLES

(figs. 45 a 57)

|      |   |    |
|------|---|----|
| V.1. | Generalidades .....   | 79 |
| V.2. | Los componentes de los combustibles derivados del petróleo .....  | 80 |
| V.3. | Poder antidetonante de los carburantes. El número de octano ..... | 82 |
| V.4. | Aditivos antidetonación .....                                     | 85 |
| V.5. | Naftas y gasóleos - Número de octano .....                        | 86 |
| V.6. | Volatilidad, tensión de vapor y calor de evaporación .....        | 88 |
| V.7. | Densidad y poder calorífico .....                                 | 91 |
| V.8. | Otras características .....                                       | 93 |
| V.9. | Producción de los combustibles comerciales .....                  | 94 |

## CAPÍTULO VI

**EL FLUIDO DE TRABAJO - LAS EXIGENCIAS DEL MOTOR Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

(figs. 58 a 70)

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| VI.1.  | Composición del fluido de trabajo .....                                    | 100 |
| VI.2.  | El aire atmosférico .....  | 100 |
| VI.3.  | Cantidad de aire necesaria para la combustión. Razón estequiométrica ..... | 102 |
| VI.4.  | La disociación .....   | 104 |
| VI.5.  | Calor total desarrollado por la combustión y tonalidad térmica .....       | 104 |
| VI.6.  | Formación de la mezcla aire-combustible .....                              | 105 |
| VI.7.  | Las exigencias del motor de encendido por chispa .....                     | 106 |
| VI.8.  | Las exigencias del motor de encendido por compresión .....                 | 109 |
| VI.9.  | Las emisiones nocivas de los motores ECh .....                             | 112 |
| VI.10. | Las emisiones en los motores de encendido por compresión .....             | 118 |

## CAPÍTULO VII

**CÁLCULO DE LA POTENCIA - RENDIMIENTOS - BALANCE TÉRMICO**

(figs. 71 a 77)

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| VII.1. | Potencia indicada .....  | 121 |
| VII.2. | Potencia efectiva o potencia al freno .....                                  | 122 |
| VII.3. | La velocidad y la carga .....  | 124 |
| VII.4. | Potencia absorbida por las resistencias pasivas y rendimiento mecánico ..... | 126 |
| VII.5. | La presión media efectiva .....  | 127 |
| VII.6. | Rendimientos .....   | 129 |
| VII.7. | Balance térmico .....  | 131 |

## CAPÍTULO VIII

**LA REFRIGERACIÓN**

(figs. 78 a 86)

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| VIII.1. | Función de la refrigeración .....                | 134 |
| VIII.2. | Cálculo de la cantidad de calor a extraer .....  | 136 |
| VIII.3. | Refrigeración por líquido. Sistemas usados ..... | 138 |
| VIII.4. | Circulación forzada .....                        | 139 |
| VIII.5. | Circulación por termosifón .....                 | 141 |
| VIII.6. | Refrigeración por aire .....                     | 142 |
| VIII.7. | Regulación de la refrigeración .....             | 146 |

## CAPÍTULO IX

## LUBRICACIÓN Y LUBRICANTES

(figs. 87 a 90)

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| IX.1. | Funciones de la lubricación .....                             | 149 |
| IX.2. | Cómo se realiza la lubricación .....                          | 150 |
| IX.3. | Características de los aceites lubricantes para motores ..... | 153 |
| IX.4. | Origen y características de los aceites comerciales .....     | 156 |
| IX.5. | Clasificación de los lubricantes .....                        | 158 |
| IX.6. | Consideraciones sobre el uso de los lubricantes .....         | 159 |
| IX.7. | Sistemas de lubricación .....                                 | 160 |

## CAPÍTULO X

## LAS PRESTACIONES DEL MOTOR Y FACTORES QUE LAS INFLUENCIAN

(figs. 91 a 110)

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| X.1.  | Curvas características .....  | 162 |
| X.2.  | Rendimiento volumétrico .....   | 166 |
| X.3.  | Tiempos de apertura de las válvulas y su influencia en el rendimiento volumétrico .....                               | 167 |
| X.4.  | Influencia de la velocidad de los gases y de los tiempos de apertura de las válvulas sobre la curva de potencia ..... | 171 |
| X.5.  | Pérdida de potencia debida a la resistencia pasiva .....  | 176 |
| X.6.  | El consumo específico de los motores de cuatro tiempos ECh .....  | 179 |
| X.7.  | El consumo específico de los motores de encendido por compresión ..   | 181 |
| X.8.  | Relación entre la potencia y las condiciones atmosféricas .....   | 185 |
| X.9.  | Velocidad media del pistón .....  | 187 |
| X.10. | Relación carrera : diámetro .....   | 189 |
| X.11. | Dimensiones del cilindro .....  | 191 |
| X.12. | Número de revoluciones .....  | 192 |
| X.13. | Número y disposición de los cilindros .....   | 193 |
| X.14. | Estabilidad de funcionamiento del motor .....   | 194 |
| X.15. | Regulación y reguladores .....  | 197 |
| X.16. | Compendio de las variables que influyen las prestaciones .....  | 198 |

## SEGUNDA PARTE

## LA MECÁNICA DE LOS MOTORES ALTERNATIVOS

## CAPÍTULO XI

## TRANSFORMACIÓN DEL MOVIMIENTO ALTERNATIVO EN MOVIMIENTO ROTATORIO

(figs. 111 a 131)

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| XI.1. | El movimiento del pistón y de la biela ..... | 205 |
| XI.2. | La velocidad del pistón .....                | 207 |
| XI.3. | Aceleración del pistón .....                 | 210 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| XI.4.  | Masas dotadas de movimiento alternativo y masas giratorias . . . .     | 211 |
| XI.5.  | Fuerzas alternativas de inercia . . . . .                              | 214 |
| XI.6.  | Diagrama de las fuerzas resultantes . . . . .                          | 215 |
| XI.7.  | Diagrama del par motor . . . . .                                       | 219 |
| XI.8.  | Repartición de los ciclos en los motores de varios cilindros . . . . . | 221 |
| XI.9.  | El volante . . . . .   | 222 |
| XI.10. | Consideraciones sobre la razón $\lambda$ . . . . .                     | 226 |
| XI.11. | Motor desplazado . . . . .   | 227 |
| XI.12. | Sistemas especiales de biela-manivela . . . . .                        | 233 |

## CAPÍTULO XII

### EQUILIBRADO

(figs. 132 a 158)

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| XII.1.  | Acciones internas en el bloque motor. Momento de reacción . . . .           | 235 |
| XII.2.  | Vibraciones del grupo motor . . . . .                                       | 237 |
| XII.3.  | Equilibrado del cigüeñal . . . . .  | 238 |
| XII.4.  | Equilibrado de las fuerzas alternativas de 1. <sup>er</sup> orden . . . . . | 241 |
| XII.5.  | Fuerzas alternativas de 2. <sup>o</sup> orden . . . . .                     | 243 |
| XII.6.  | Orden de encendido . . . . .  | 246 |
| XII.7.  | Estudio del equilibrado del motor en algunos casos particulares . . .       | 248 |
| XII.8.  | Motor monocilíndrico de cuatro y de dos tiempos . . . . .                   | 248 |
| XII.9.  | Motor de dos cilindros en línea y cuatro tiempos . . . . .                  | 249 |
| XII.10. | Motor de tres cilindros en línea, de cuatro tiempos . . . . .               | 251 |
| XII.11. | Motor de cuatro cilindros en línea y cuatro tiempos . . . . .               | 253 |
| XII.12. | Motor de cinco cilindros en línea, de cuatro tiempos . . . . .              | 255 |
| XII.13. | Motor de seis cilindros en línea, de cuatro tiempos . . . . .               | 257 |
| XII.14. | Motor de ocho cilindros en V de 90°, de cuatro tiempos . . . . .            | 258 |
| XII.15. | Motor de estrella simple . . . . .  | 262 |
| XII.16. | Motores en doble estrella . . . . .   | 263 |

## CAPÍTULO XIII

### VIBRACIONES TORSIONALES Y DE FLEXIÓN

(figs. 159 a 169)

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| XIII.1. | Oscilaciones propias torsionales de un sistema de dos volantes . . . .   | 265 |
| XIII.2. | Oscilaciones propias torsionales de un sistema de $n$ volantes . . . . . | 268 |
| XIII.3. | Oscilaciones torsionales del cigüeñal . . . . .                          | 272 |
| XIII.4. | Excitación de las oscilaciones torsionales del cigüeñal . . . . .        | 274 |
| XIII.5. | Medios para amortiguar las oscilaciones torsionales . . . . .            | 275 |
| XIII.6. | Oscilaciones propias de flexión del cigüeñal . . . . .                   | 276 |

## CAPÍTULO XIV

### LA DISTRIBUCIÓN

(figs. 170 a 204)

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| XIV.1. | Premisas . . . . .  | 280 |
| XIV.2. | Funcionamiento de las válvulas. Disposiciones y esquemas de mando . . . | 285 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| XIV.3.  | Sección de paso a través de la válvula .....                               | 288 |
| XIV.4.  | Velocidad media de los gases en el conducto y a través de la válvula ..... | 291 |
| XIV.5.  | Levas, empujadores, balancines .....                                       | 292 |
| XIV.6.  | Trazado del perfil .....   | 295 |
| XIV.7.  | Diagramas de los desplazamientos, velocidades, aceleraciones ....          | 296 |
| XIV.8.  | Carga del resorte .....  | 297 |
| XIV.9.  | Juego entre válvulas y órganos de mandó .....                              | 299 |
| XIV.10. | La distribución en los motores de dos tiempos .....                        | 303 |
| XIV.11. | El barrido en los motores de dos tiempos .....                             | 305 |
| XIV.12. | Rendimiento del barrido en los motores de dos tiempos .....                | 311 |

### CAPÍTULO XV

#### LAS LEVAS Y LA CADENA CINEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN

(figs. 205 a 222)

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| XV.1.  | Premisas .....   | 315 |
| XV.2.  | Leva de arcos de círculo para empujador de talón plano .....   | 316 |
| XV.3.  | Leva de arcos de círculo y flanco rectilíneo para empujador de rodillo .....                               | 318 |
| XV.4.  | Leva para empujador de talón plano obtenida a partir de un determinado diagrama de las aceleraciones ..... | 321 |
| XV.5.  | El movimiento efectivo de la válvula comparado con el movimiento definido por la leva .....                | 327 |
| XV.6.  | Movimiento oscilatorio que a regímenes elevados puede influenciar el de la válvula .....                   | 329 |
| XV.7.  | Consideraciones, en la etapa de proyecto, de los factores que influyen en el movimiento oscilatorio .....  | 331 |
| XV.8.  | Análisis del movimiento de la válvula según el esquema con un grado de libertad .....                      | 333 |
| XV.9.  | Efectos sobre la regularidad del movimiento de la válvula de algunos tipos de diagramas teóricos .....     | 336 |
| XV.10. | Detalles referentes a los resortes para válvulas .....   |     |

### TERCERA PARTE

#### MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA (ECh)

### CAPÍTULO XVI

#### LA COMBUSTIÓN EN LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA

(figs. 223 a 233)

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| XVI.1. | Combustión normal .....                             | 343 |
| XVI.2. | Velocidad de propagación de la llama .....          | 344 |
| XVI.3. | Factores que influyen en la combustión .....        | 345 |
| XVI.4. | Variación de la presión durante la combustión ..... | 346 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| XVI.5.  | Combustiones anormales .....                  | 348 |
| XVI.6.  | Encendidos superficiales .....                | 349 |
| XVI.7.  | La detonación .....                           | 349 |
| XVI.8.  | Variables que influyen en la detonación ..... | 351 |
| XVI.9.  | Avance del encendido .....                    | 352 |
| XVI.10. | La cámara de combustión .....                 | 354 |
| XVI.11. | Principales cámaras de combustión .....       | 357 |

## CAPÍTULO XVII

### CARBURACIÓN E INYECCIÓN

(figs. 234 a 275)

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| XVII.1.  | La alimentación por depresión y por inyección .....                                    | 363 |
| XVII.2.  | Circuito de aire y combustible - Filtros, bombas .....                                 | 365 |
| XVII.3.  | El carburador .....  | 368 |
| XVII.4.  | Regulación automática de la razón de mezcla .....                                      | 370 |
| XVII.5.  | Dispositivos del carburador para el arranque, el régimen mínimo y la aceleración ..... | 374 |
| XVII.6.  | La carburación y las exigencias del vehículo .....                                     | 379 |
| XVII.7.  | Los conductos de admisión de la mezcla .....   | 384 |
| XVII.8.  | La inyección de gasolina en los motores de aviación .....                              | 388 |
| XVII.9.  | La inyección de gasolina para los automóviles .....                                    | 390 |
| XVII.10. | Inyección Bosch K-Jetronic .....   | 392 |
| XVII.11. | Inyección Bosch D y L-Jetronic .....   | 393 |
| XVII.12. | Sistema Weber I.A.W. ....  | 396 |
| XVII.13. | Carburadores especiales .....  | 398 |
| XVII.14. | Alimentación a gas .....   | 399 |
| XVII.15. | Alimentación a gases licuados .....  | 402 |
| XVII.16. | Gasógenos .....  | 405 |

## CAPÍTULO XVIII

### EL ENCENDIDO

(figs. 276 a 295)

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| XVIII.1.  | Sistemas de encendido .....   | 409 |
| XVIII.2.  | Inducción electromagnética .....  | 409 |
| XVIII.3.  | Autoinducción .....   | 411 |
| XVIII.4.  | Inducción mutua .....   | 411 |
| XVIII.5.  | Composición de los dispositivos de encendido. Encendido a magneto ..... | 411 |
| XVIII.6.  | Encendido a batería y distribuidor (Delco) .....                        | 414 |
| XVIII.7.  | El encendido electrónico a batería .....                                | 416 |
| XVIII.8.  | Volante generador-magneto .....   | 420 |
| XVIII.9.  | Volante magneto con encendido a descarga de condensador .....           | 421 |
| XVIII.10. | Bujías .....  | 423 |
| XVIII.11. | Batería .....   | 426 |
| XVIII.12. | Mantenimiento de la batería de plomo .....                              | 428 |

## CAPÍTULO XIX

**ÓRGANOS PRINCIPALES DE LOS MOTORES ECH**

(figs. 296 a 348)

|        |                                       |     |
|--------|---------------------------------------|-----|
| XIX.1. | Cilindros .....                       | 432 |
| XIX.2. | Culata o cabeza .....                 | 438 |
| XIX.3. | Bancada (base) .....                  | 440 |
| XIX.4. | Pistones y segmentos .....            | 444 |
| XIX.5. | Biela .....                           | 448 |
| XIX.6. | Cigüeñal y cojinetes .....            | 452 |
| XIX.7. | El mecanismo de la distribución ..... | 457 |
| XIX.8. | Las válvulas .....                    | 465 |

## CAPÍTULO XX

**GRUPOS AUXILIARES**

(figs. 349 a 375)

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| XX.1. | Órgano de refrigeración. Bomba de agua ..... | 469 |
| XX.2. | Radiadores .....                             | 473 |
| XX.3. | Ventiladores. Termostatos .....              | 478 |
| XX.4. | Circulación del aceite lubricante .....      | 481 |
| XX.5. | Bombas de aceite. Filtros .....              | 484 |
| XX.6. | El arranque del motor .....                  | 488 |
| XX.7. | Arranque eléctrico .....                     | 491 |

## CAPÍTULO XXI

**MOTORES DE DOS TIEMPOS Y MOTORES POLICOMBUSTIBLES**

(figs. 376 a 380)

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| XXI.1. | Consideraciones sobre los motores de dos tiempos .....         | 495 |
| XXI.2. | Comparación con el motor de cuatro tiempos a carburación ..... | 498 |
| XXI.3. | El motor de 2 tiempos a inyección de gasolina .....            | 499 |
| XXI.4. | Motores policombustibles .....                                 | 501 |

## CAPÍTULO XXII

**SOBREALIMENTACIÓN DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA.  
COMPRESORES Y TURBOCOMPRESORES**

(figs. 381 a 392)

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| XXII.1. | La sobrealimentación .....                             | 505 |
| XXII.2. | Sistemas de sobrealimentación y sus aplicaciones ..... | 506 |
| XXII.3. | Compresores volumétricos .....                         | 508 |
| XXII.4. | El turbocompresor .....                                | 511 |
| XXII.5. | La aplicación del turbocompresor al motor .....        | 512 |



|         |   |     |
|---------|---|-----|
| XXVI.3. | Variables que influyen en el retraso del encendido .....          | 575 |
| XXVI.4. | Consideraciones sobre el funcionamiento de los motores Diesel ..  | 577 |
| XXVI.5. | Las cámaras de combustión y sus características principales ..... | 578 |
| XXVI.6. | Cámaras de combustión a inyección directa .....                   | 579 |
| XXVI.7. | Cámaras separadas; precámaras de alta turbulencia .....           | 583 |
| XXVI.8. | Cámaras de acumulación .....                                      | 587 |
| XXVI.9. | Comparación entre los diferentes tipos de cámaras .....           | 587 |

## CAPÍTULO XXVII INYECCIÓN Y REGULACIÓN

(figs. 442 a 468)

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| XXVII.1.  | Función y requisitos del dispositivo de inyección .....    | 591 |
| XXVII.2.  | Inyección mecánica e inyección neumática .....             | 592 |
| XXVII.3.  | Sistemas de inyección mecánica .....                       | 593 |
| XXVII.4.  | Principales sistemas de dosificación del combustible ..... | 598 |
| XXVII.5.  | Bomba con regulación por émbolo rotante .....              | 598 |
| XXVII.6.  | Bomba con regulación por válvula de reflujo .....          | 605 |
| XXVII.7.  | El inyector .....  | 607 |
| XXVII.8.  | El inyector-bomba .....                                    | 610 |
| XXVII.9.  | La inyección de gasolina .....                             | 612 |
| XXVII.10. | Sistemas de regulación automática del motor .....          | 615 |
| XXVII.11. | Inyección neumática .....                                  | 619 |

## CAPÍTULO XXVIII ÓRGANOS PRINCIPALES DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN (AC)

(figs. 469 a 499)

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| XXVIII.1. | Órganos principales de los motores rápidos .....   | 622 |
| XXVIII.2. | Órganos principales de los motores semi-rápidos y medios .....   | 627 |
| XXVIII.3. | Estructuras de los grandes motores lentos (base o bancada -<br>armazón o bloque - cilindro - camisa - culata o cabeza) .....           | 629 |
| XXVIII.4. | Órganos del mecanismo biela-manivela de los grandes motores<br>lentos (pistones - vástago y cruceta - biela - cigüeñal - cojinetes) .. | 636 |
| XXVIII.5. | Órganos de la distribución de los motores lentos (válvulas -<br>accionamientos - bombas de barrido - válvulas de barrido) .....        | 642 |

## CAPÍTULO XXIX LA SOBREALIMENTACIÓN EN LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN

(figs. 500 a 517)

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| XXIX.1. | Utilidad y modos de sobrealimentación .....    | 649 |
| XXIX.2. | Tipos de compresores para los motores EC ..... | 650 |
| XXIX.3. | El turbocompresor en los motores Diesel .....  | 652 |
| XXIX.4. | El sobrealimentador Comprex .....              | 657 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| XXIX.5. | Resultados posibles con la sobrealimentación .....                                    | 659 |
| XXIX.6. | El acoplamiento fluidodinámico entre motor y turbocompresor ..                        | 660 |
| XXIX.7. | Sobrealimentación de los grandes motores de dos tiempos .....                         | 661 |
| XXIX.8. | La sobrealimentación de dos etapas y los motores de baja relación de compresión ..... | 663 |

### CAPÍTULO XXX

#### ÓRGANOS AUXILIARES DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN

(figs. 518 a 525)

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| XXX.1. | Órganos auxiliares de los motores rápidos y medios .....                                       | 667 |
| XXX.2. | Refrigeración de los motores lentos (circuitos de refrigeración - bombas - refrigerante) ..... | 668 |
| XXX.3. | Grupos para la lubricación de los motores lentos .....   | 671 |
| XXX.4. | Grupos para el arranque de los motores lentos .....  | 673 |
| XXX.5. | Órganos para la inversión de marcha .....  | 673 |

### CAPÍTULO XXXI

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN EN RELACIÓN CON SU USO

(figs. 526 a 549)

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| XXXI.1. | Motores para autovehículos .....                              | 677 |
| XXXI.2. | Motores para la agricultura y aplicaciones industriales ..... | 684 |
| XXXI.3. | Motores para tracción ferroviaria .....                       | 687 |
| XXXI.4. | Motores para aplicaciones marinas .....                       | 690 |
| XXXI.5. | Motores para instalaciones fijas .....                        | 701 |

### QUINTA PARTE

#### MOTORES ROTATIVOS: TURBINA DE GAS - MOTOR WANKEL

### CAPÍTULO XXXII

#### LA TURBINA - NOCIONES GENERALES Y CICLOS

(figs. 550 a 554)

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| XXXII.1. | La turbina de combustión a presión constante .....               | 705 |
| XXXII.2. | La turbina de combustión a volumen constante .....               | 706 |
| XXXII.3. | Ciclo teórico de la turbina de combustión a presión constante .. | 707 |
| XXXII.4. | Rendimiento térmico ideal .....                                  | 708 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| XXXII.5. | Rendimiento de ciclo real .....                     | 710 |
| XXXII.6. | Cálculo del ciclo de la turbina de combustión ..... | 711 |

### CAPÍTULO XXXIII

#### ÓRGANOS PRINCIPALES DE LAS TURBINAS DE GAS

(figs. 555 a 571)

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| XXXIII.1. | El compresor centrífugo .....                  | 717 |
| XXXIII.2. | El compresor axial .....                       | 719 |
| XXXIII.3. | Las cámaras de combustión .....                | 722 |
| XXXIII.4. | Sistemas de alimentación del combustible ..... | 724 |
| XXXIII.5. | La turbina .....                               | 726 |
| XXXIII.6. | Los materiales .....                           | 729 |
| XXXIII.8. | Órganos auxiliares .....                       | 731 |

### CAPÍTULO XXXIV

#### APLICACIONES DE LAS TURBOMÁQUINAS

(figs. 572 a 594)

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| XXXIV.1. | La turbina de combustión interna como unidad motriz terrestre y marítima .....           | 733 |
| XXXIV.2. | La turbina como propulsor a reacción: turborreactor o «turbojet». Motor «a chorro» ..... | 739 |
| XXXIV.3. | Turborreactor de doble flujo y turboventilador .....                                     | 745 |
| XXXIV.4. | Turbohélice y turboeje .....   | 748 |
| XXXIV.5. | Motor compuesto .....  | 749 |

### CAPÍTULO XXXV

#### EL MOTOR ROTATIVO WANKEL

(figs. 595 a 621)

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| XXXV.1.  | Los motores rotativos .....                           | 753 |
| XXXV.2.  | Funcionamiento del motor Wankel .....                 | 755 |
| XXXV.3.  | Geometría del motor .....                             | 759 |
| XXXV.4.  | Tipos de máquinas de pistón rotativo .....            | 762 |
| XXXV.5.  | Estudio del perfil trocoidal .....                    | 765 |
| XXXV.6.  | Cilindrada de los motores de pistones rotativos ..... | 770 |
| XXXV.7.  | Relación de compresión .....                          | 774 |
| XXXV.8.  | La cámara de combustión y aspectos térmicos .....     | 777 |
| XXXV.9.  | La distribución en el motor Wankel .....              | 779 |
| XXXV.10. | Detalles constructivos del motor Wankel .....         | 782 |

## APÉNDICE

## ENSAYOS DE LOS MOTORES ENDOTÉRMICOS

## CAPÍTULO XXXVI

## ENSAYOS - MEDICIONES DE POTENCIA - CONSUMOS Y RENDIMIENTOS

(figs. 622 a 639)

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| XXXVI.1.  | Ensayos de puesta a punto y pruebas .....                                 | 791 |
| XXXVI.2.  | Medición de la potencia de freno .....                                    | 793 |
| XXXVI.3.  | Frenos hidráulicos .....  | 795 |
| XXXVI.4.  | Frenos eléctricos .....   | 798 |
| XXXVI.5.  | Frenos aerodinámicos .....  | 804 |
| XXXVI.6.  | Medición de los consumos .....  | 805 |
| XXXVI.7.  | Unidades electrónicas para los ensayos y la obtención de resultados ..... | 808 |
| XXXVI.8.  | Rendimientos .....  | 810 |
| XXXVI.9.  | Mediciones de potencia y de empuje de las turbinas .....                  | 811 |
| XXXVI.10. | Ensayos de las turbinas .....   | 811 |

## CAPÍTULO XXXVII

MEDICIONES DE PRESIÓN - ANÁLISIS DE LOS GASES DE ESCAPE -  
MEDICIONES DEL NÚMERO DE OCTANO Y DEL NÚMERO DE CETANO

(figs. 640 a 656)

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| XXXVII.1. | Mediciones de las presiones y determinación de los ciclos .....           | 814 |
| XXXVII.2. | Medidores de presión .....  | 816 |
| XXXVII.3. | Indicadores para motores lentos .....                                     | 818 |
| XXXVII.4. | Indicadores para motores rápidos .....                                    | 819 |
| XXXVII.5. | Medición de los números de octano y de cetano .....                       | 822 |
| XXXVII.6. | Ensayos para el análisis de los gases de escape .....                     | 827 |
| XXXVII.7. | Análisis químicos y químico-físicos de los gases de escape .....          | 829 |
| XXXVII.8. | Instrumentos para la medición de las emisiones contaminantes ..           | 829 |
| XXXVII.9. | Ensayos para la determinación de las emisiones de los autovehículos ..... | 831 |