

## TABLA DE MATERIAS

### INTRODUCCION

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | INTRODUCCION A LA MECANICA DE FLUIDOS.....                               | 21 |
| 1.1.   | Objeto de la mecánica de fluidos.....                                    | 21 |
| 1.2.   | Aplicaciones de la mecánica de fluidos.....                              | 21 |
| 1.2.1. | Máquinas de fluido.....  | 22 |
| 1.2.2. | Redes de distribución.....   | 22 |
| 1.2.3. | Regulación de las máquinas.....  | 22 |
| 1.2.4. | Transmisiones y controles hidráulicos y neumáticos.....                  | 22 |
| 1.2.5. | Acoplamiento y cambio de marchas continuo.....                           | 23 |
| 1.3.   | Resumen histórico de la mecánica de fluidos.....                         | 23 |
| 1.4.   | Sistemas de unidades. Dimensiones.....                                   | 25 |
|        |  |    |
| 2.     | PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS.....  | 32 |
| 2.1.   | Introducción.....  | 32 |
| 2.2.   | Peso específico, densidad específica o absoluta y densidad relativa..... | 33 |
| 2.2.1. | Peso específico.....   | 33 |
| 2.2.2. | Densidad específica o absoluta.....                                      | 33 |
| 2.2.3. | Densidad relativa.....   | 34 |
| 2.2.4. | Volumen específico.....  | 37 |
| 2.3.   | Compresibilidad.....   | 37 |
| 2.4.   | Viscosidad.....  | 38 |
| 2.4.1. | Viscosidad dinámica.....   | 38 |
| 2.4.2. | Viscosidad cinemática.....   | 42 |
| 2.5.   | Tensión superficial.....   | 44 |
| 2.6.   | Tensión de vapor.....  | 44 |
| 2.7.   | Fluido ideal.....  | 45 |
|        |  |    |
| 3.     | PRESION.....   | 46 |
| 3.1.   | Definición y propiedades.....  | 46 |
| 3.2.   | Presión atmosférica.....   | 50 |
| 3.3.   | Unidades de presión.....   | 51 |
| 3.4.   | Presión absoluta y presión relativa.....                                 | 53 |

## HIDROSTATICA

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 4.        | HIDROSTATICA .....   | 59 |
| 4.1.      | Ecuación fundamental de la hidrostática .....                                | 59 |
| 4.2.      | Gráfico de presiones .....   | 61 |
| 4.3.      | Medida de presiones .....  | 62 |
| 4.3.1.    | Tubos piezométricos .....  | 62 |
| 4.3.2.    | Manómetros de líquido .....  | 63 |
| 4.3.2.1.  | Barómetro de cubeta .....  | 63 |
| 4.3.2.2.  | Barómetro en U .....   | 64 |
| 4.3.2.3.  | Manómetro de líquido para presiones relativas .....                          | 65 |
| 4.3.2.4.  | Vacuómetro de líquido para presiones absolutas .....                         | 65 |
| 4.3.2.5.  | Manómetro de mercurio instalado en tubería de agua .....                     | 69 |
| 4.3.2.6.  | Manómetro y vacuómetro de cubeta .....                                       | 70 |
| 4.3.2.7.  | Manómetro diferencial .....  | 70 |
| 4.3.2.8.  | Micromanómetro de tubo inclinado .....                                       | 72 |
| 4.3.2.9.  | Multimanómetros .....  | 75 |
| 4.3.2.10. | Manómetro diferencial tórico .....   | 75 |
| 4.3.3.    | Manómetros metálicos .....   | 75 |
| 4.3.3.1.  | Manómetro de émbolo .....  | 75 |
| 4.3.3.2.  | Manómetro de Bourdon para presiones absolutas .....                          | 76 |
| 4.3.3.3.  | Manómetro de tubo Bourdon .....  | 76 |
| 4.3.3.4.  | Manómetro de membrana .....  | 76 |
| 4.3.3.5.  | Manómetro de fuelle metálico .....   | 77 |
| 4.3.3.6.  | Manómetro para grandes presiones .....                                       | 77 |
| 4.3.3.7.  | Manómetro diferencial combinado de diafragma y resorte .....                 | 77 |
| 4.3.3.8.  | Tarador de manómetro .....   | 79 |
| 4.4.      | Presión hidrostática sobre una superficie plana sumergida .....              | 80 |
| 4.5.      | Presión hidrostática sobre una superficie curva sumergida .....              | 84 |
| 4.6.      | Principio de Arquímedes. Flotación .....                                     | 85 |
| 4.6.1.    | Equilibrio de los cuerpos totalmente sumergidos (submarino, dirigible) ..... | 86 |
| 4.6.2.    | Equilibrio de los cuerpos parcialmente sumergidos (barco) .....              | 87 |
| 4.7.      | Equilibrio relativo de los fluidos .....                                     | 88 |
| 4.7.1.    | Recipiente con aceleración lineal constante .....                            | 88 |
| 4.7.2.    | Recipiente girando a $\omega = C$ .....                                      | 89 |

## HIDRODINAMICA

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| X 5.   | ECUACION FUNDAMENTAL DE LA HIDRODINAMICA O ECUACION DE BERNOUILLI .....                               | 97  |
| 5.1.   | Regímenes de corriente. Línea, hilo y tubo de corriente .....   | 97  |
| 5.2.   | Definición de caudal .....  | 100 |
| 5.3.   | Ecuación de continuidad .....   | 101 |
| 5.3.1. | Ecuación de continuidad para un hilo de corriente .....   | 101 |
| 5.3.2. | Ecuación de continuidad para un tubo de corriente .....   | 102 |
| 5.4.   | Fuerzas que actúan sobre un fluido .....  | 103 |
| 5.5.   | Ecuaciones diferenciales del movimiento de un fluido ideal, o ecuaciones diferenciales de Euler ..... | 104 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 5.5.1. | Componentes de la aceleración en un punto.....   | 104 |
| 5.5.2. | Ecuaciones de Euler.....   | 106 |
| 5.6.   | Ecuación de Bernouilli para el fluido ideal: primera deducción por integración de las ecuaciones de Euler en una línea de corriente..... | 108 |
| 5.7.   | Clasificación de las energías de un fluido.....  | 110 |
| 5.7.1. | Energía potencial geodésica.....   | 110 |
| 5.7.2. | Energía de presión.....  | 110 |
| 5.7.3. | Energía cinética.....  | 111 |
| 5.8.   | Ecuación de Bernouilli: segunda deducción, energética.....   | 112 |
| 5.8.1. | Deducción energética de la ecuación de Bernouilli para un hilo de corriente.....   | 112 |
| 5.8.2. | La ecuación de Bernouilli generalizada para un tubo de corriente.....  | 113 |
| 5.9.   | La ecuación de Bernouilli y el primer principio de la termodinámica.....   | 115 |
| 5.10.  | Ecuaciones diferenciales del movimiento de un fluido real, o ecuaciones de Navier-Stokes.....  | 116 |
| 5.11.  | Ecuación de Bernouilli para el fluido real.....  | 117 |
| 5.12.  | Ecuación de Bernouilli generalizada.....   | 118 |
| 5.13.  | Gráfico de energías.....   | 124 |
| 5.14.  | Ecuación de Bernouilli para un gas incompresible.....  | 124 |
| 6.     | ALGUNAS APLICACIONES DE LA ECUACION DE BERNOUILLI.....   | 129 |
| 6.1.   | Introducción.....  | 129 |
| 6.2.   | Salida por un orificio: Ecuación de Torricelli.....  | 129 |
| 6.3.   | Medida de la presión total: Tubo de Pitot.....   | 131 |
| 6.4.   | Medida de la presión dinámica y de la velocidad: Tubo de Prandtl.....  | 132 |
| 6.5.   | Medida de caudales: Tubo de Venturi.....   | 134 |
| 6.6.   | Medida de caudales: Toberas de medida.....   | 139 |
| 6.7.   | Medida de caudales: Diafragmas.....  | 139 |
| 6.8.   | El sifón.....  | 141 |
| 6.9.   | El eyector.....  | 145 |
| 7.     | LA EXPERIMENTACION EN MECANICA DE FLUIDOS.....   | 148 |
| 7.1.   | Introducción.....  | 148 |
| 7.2.   | Semejanza de modelos.....  | 151 |
| 7.3.   | Teoría de modelos.....   | 154 |
| 7.4.   | Semejanza dinámica y gradiente de presiones: número de Euler.....  | 158 |
| 7.5.   | Semejanza dinámica con predominio de la gravedad: número de Froude.....  | 160 |
| 7.6.   | Semejanza dinámica con predominio de la viscosidad: número de Reynolds.....  | 164 |
| 7.7.   | Semejanza dinámica con predominio de la elasticidad: número de Mach.....   | 167 |
| 7.8.   | Semejanza dinámica con predominio de la tensión superficial: número de Weber.....  | 169 |
| 8.     | RESISTENCIA DE LOS FLUIDOS EN GENERAL.....   | 172 |
| 8.1.   | Introducción.....  | 172 |
| 8.2.   | Paradoja de d'Alembert.....  | 173 |
| 8.3.   | Capa límite: resistencia de superficie.....  | 176 |
| 8.4.   | Régimen laminar y turbulento.....  | 179 |
| 8.5.   | Capa límite laminar y turbulenta.....  | 182 |
| 8.6.   | El número de Reynolds parámetro adimensional de resistencia.....   | 183 |
| 8.7.   | Número crítico de Reynolds.....  | 184 |
| 8.8.   | Desprendimiento de la capa límite: resistencia de forma.....   | 185 |
| 8.9.   | Resistencia de forma: contornos romos y contornos bien fuselados.....  | 187 |
| 8.10.  | La energía perdida por la resistencia se transforma en energía térmica.....  | 190 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 9.        | RESISTENCIA DE SUPERFICIE: PERDIDAS PRIMARIAS EN CONDUCTOS CERRADOS O TUBERIAS.....                                      | 192 |
| 9.1.      | Introducción.....  | 192 |
| 9.2.      | Pérdidas primarias y secundarias en las tuberías.....  | 192 |
| 9.3.      | Ecuación general de las pérdidas primarias: ecuación de Darcy-Weisbach.....  | 195 |
| 9.4.      | Cálculo del coeficiente de pérdidas primarias $\lambda$ .....  | 199 |
| 9.4.1.    | Cálculo de $\lambda$ en régimen laminar: fórmula de Poiseuille.....  | 199 |
| 9.4.2.    | Cálculo de $\lambda$ en régimen turbulento y tuberías lisas: para $2.000 < R < 100.000$ : fórmula de Blasius.....        | 205 |
| 9.4.3.    | Cálculo de $\lambda$ en régimen turbulento y tuberías lisas: para $R > 100.000$ : fórmula primera de Kármán-Prandtl..... | 206 |
| 9.4.4.    | Cálculo de $\lambda$ en régimen turbulento y tuberías rugosas.....   | 206 |
| 9.4.4.1.  | Tuberías de rugosidad artificial: trabajos de Nikuradse.....   | 207 |
| 9.4.4.2.  | Tuberías comerciales o de rugosidad natural: fórmula segunda de Kármán-Prandtl y fórmula de Colebrook-White.....         | 207 |
| 9.5.      | Diagrama de Moody.....   | 208 |
| 9.6.      | Diámetro de tubería más económico.....   | 212 |
| 10.       | RESISTENCIA DE SUPERFICIE: PERDIDAS PRIMARIAS EN CONDUCTOS ABIERTOS O CANALES.....                                       | 216 |
| 10.1.     | Introducción.....  | 216 |
| 10.2.     | Radio hidráulico.....  | 218 |
| 10.3.     | Velocidad en un canal con movimiento uniforme. Primera fórmula: fórmula de Chézy.....                                    | 219 |
| 10.4.     | Coefficiente $C$ de la fórmula de Chézy. Primera fórmula: fórmula de Bazin.....  | 220 |
| 10.5.     | Coefficiente $C$ de la fórmula de Chézy. Segunda fórmula: fórmula de Kutter.....   | 221 |
| 10.6.     | Velocidad en un canal con movimiento uniforme. Segunda fórmula: fórmula de Manning.....                                  | 223 |
| 10.7.     | Problemas de canales con movimiento uniforme.....  | 224 |
| 11.       | RESISTENCIA DE FORMA: PERDIDAS SECUNDARIAS EN CONDUCTOS CERRADOS O TUBERIAS.....   | 225 |
| 11.1.     | Introducción.....  | 225 |
| 11.2.     | Primer método: Ecuación fundamental de las pérdidas secundarias.....   | 226 |
| 11.3.     | El coeficiente $\zeta$ de la ecuación fundamental de pérdidas secundarias.....   | 226 |
| 11.3.1.   | Salida brusca y suave de un depósito.....  | 226 |
| 11.3.2.   | Ensanchamientos bruscos y suaves.....  | 227 |
| 11.3.3.   | Contracciones bruscas y suaves.....  | 228 |
| 11.3.4.   | Tes.....   | 228 |
| 11.3.5.   | Codos.....   | 229 |
| 11.3.6.   | Válvulas.....  | 231 |
| 11.3.6.1. | Válvulas de compuerta.....   | 231 |
| 11.3.6.2. | Válvula de mariposa.....   | 232 |
| 11.3.6.3. | Válvula de macho.....  | 232 |
| 11.3.6.4. | Válvula de retención de charnela.....  | 233 |
| 11.3.6.5. | Válvula de pie con alcachofa.....  | 233 |
| 11.3.6.6. | Otras válvulas.....  | 234 |
| 11.4.     | Coefficiente total de pérdidas, $\zeta_t$ .....  | 235 |
| 11.5.     | Segundo método: longitud de tubería equivalente.....   | 238 |
| 11.6.     | Gráfico de la ecuación de Bernoulli con pérdidas.....  | 239 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 12.       | REDES DE DISTRIBUCION.....   | 244 |
| 12.1.     | Introducción.....  | 244 |
| 12.2.     | Tuberías en serie.....   | 245 |
| 12.3.     | Tuberías en paralelo.....  | 249 |
| 12.4.     | Tuberías ramificadas.....  | 251 |
| 12.5.     | Redes de tuberías.....   | 253 |
| 13.       | RESISTENCIA DE SUPERFICIE Y DE FORMA EN UN CUERPO QUE SE MUEVE EN UN FLUIDO: NAVEGACION AEREA Y MARITIMA. ....   | 259 |
| 13.1.     | Introducción.....  | 259 |
| 13.2.     | Ideas generales sobre la resistencia de un cuerpo que se mueve en un fluido.....                                 | 260 |
| 13.3.     | Fórmula general de resistencia y coeficiente adimensional de arrastre.....                                       | 261 |
| 13.4.     | Resistencia de los barcos.....   | 264 |
| 14.       | ORIFICIOS, TUBOS, TOBERAS Y VERTEDEROS.....  | 267 |
| 14.1.     | Introducción.....  | 267 |
| 14.2.     | Orificios, tubos y toberas.....  | 268 |
| 14.2.1.   | Fórmulas.....  | 268 |
| 14.2.2.   | Aplicaciones.....  | 271 |
| 14.2.2.1. | Control de flujo.....  | 271 |
| 14.2.2.2. | Medición de caudales.....  | 272 |
| 14.3.     | Desagüe por una compuerta de fondo.....  | 273 |
| 14.4.     | Régimen variable: tiempo de desagüe de un depósito.....  | 273 |
| 14.5.     | Vertederos.....  | 275 |
| 14.5.1.   | Tipos de vertederos.....   | 276 |
| 14.5.1.1. | Vertederos de pared delgada.....   | 277 |
| 14.5.1.2. | Vertederos de pared gruesa.....  | 278 |
| 14.5.2.   | Fórmulas de los vertederos de pared delgada.....   | 279 |
| 14.5.2.1. | Vertedero rectangular.....   | 279 |
| 14.5.2.2. | Vertedero triangular.....  | 281 |
| 14.5.2.3. | Otros vertederos.....  | 282 |
| 15.       | SOBREPRESIONES Y DEPRESIONES PELIGROSAS EN ESTRUCTURAS Y MAQUINAS HIDRAULICAS: GOLPE DE ARIETE Y CAVITACION..... | 287 |
| 15.1.     | Golpe de ariete.....   | 287 |
| 15.1.1.   | Introducción.....  | 287 |
| 15.1.2.   | Explicación del fenómeno.....  | 288 |
| 15.1.3.   | Fórmulas de la presión máxima o sobrepresión.....  | 290 |
| 15.1.3.1. | Presión máxima en cierre total o parcial instantáneo de la válvula en una tubería elástica.....                  | 291 |
| 15.1.3.2. | Presión máxima en cierre lento total de la válvula en una tubería rígida.....                                    | 293 |
| 15.2.     | Cavitación.....  | 294 |
| 15.2.1.   | La depresión, causa de la cavitación.....  | 294 |
| 15.2.2.   | Descripción de la cavitación.....  | 298 |
| 15.2.3.   | Control de la cavitación.....  | 299 |
| 16.       | TEOREMA DEL IMPULSO EN MECANICA DE FLUIDOS.....  | 302 |
| 16.1.     | Introducción.....  | 302 |
| 16.2.     | Deducción del teorema del impulso o de la cantidad de movimiento.....  | 303 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 16.3.   | Aplicaciones.....  | 306 |
| 16.3.1. | Fuerza sobre un codo.....  | 306 |
| 16.3.2. | Fuerza sobre un álabe y potencia de una turbina de acción..  | 309 |
| 16.3.3. | Propulsión a chorro.....   | 312 |
| 17.     | EMPUJE ASCENSIONAL.....  | 316 |
| 17.1.   | Introducción.....  | 316 |
| 17.2.   | Empuje ascensional en un cilindro circular.....  | 317 |
| 17.2.1. | Cilindro circular en corriente ideal irrotacional y uniforme..   | 317 |
| 17.2.2. | Cilindro circular en corriente ideal irrotacional y uniforme con<br>circulación: fórmula del empuje ascensional..... | 317 |
| 17.2.3. | Cilindro circular en corriente real uniforme.....  | 319 |
| 17.3.   | Empuje ascensional en un perfil de ala de avión: fórmula de Kutta-<br>Joukowski.....                                 | 320 |
| 17.4.   | Empuje ascensional y propulsión por hélice: rendimiento de la propul-<br>sión.....                                   | 322 |

### MAQUINAS HIDRAULICAS

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| 18.        | TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS: GENERALIDADES.....   | 329 |
| 18.1.      | Definición de máquina hidráulica.....   | 329 |
| 18.2.      | Clasificación de las máquinas hidráulicas.....  | 331 |
| 18.3.      | Primera forma de la ecuación fundamental de las turbomáquinas. Ecuación de Euler.....         | 332 |
| 18.3.1.    | Planos de representación de una turbomáquina.....   | 332 |
| 18.3.2.    | Deducción de la ecuación de Euler.....  | 334 |
| 18.4.      | Triángulos de velocidades: notación internacional.....  | 338 |
| 18.5.      | Segunda forma de la ecuación de Euler.....  | 338 |
| 18.6.      | Grado de reacción.....  | 340 |
| 18.7.      | Clasificación de las turbomáquinas según la dirección del flujo.....                          | 341 |
| 19.        | TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS: BOMBAS ROTODINAMICAS....   | 343 |
| 19.1.      | Definición y clasificación.....   | 343 |
| 19.2.      | Clasificación de las bombas rotodinámicas.....  | 344 |
| 19.3.      | Elementos constitutivos.....  | 344 |
| 19.4.      | ¿Dónde empieza y dónde termina la máquina?: Secciones de entrada $e$<br>y de salida $s$ ..... | 345 |
| 19.5.      | Tipos constructivos.....  | 347 |
| 19.6.      | El rodete: clasificación de las bombas por el número específico de revoluciones.....          | 354 |
| 19.7.      | El sistema difusor.....   | 356 |
| 19.8.      | Cebado de la bomba.....   | 357 |
| 19.9.      | Instalación de una bomba. Definición de altura manométrica.....                               | 357 |
| 19.9.1.    | Primera expresión de la altura manométrica.....   | 360 |
| 19.9.2.    | Segunda expresión de la altura manométrica.....   | 362 |
| 19.10.     | Pérdidas, rendimientos y potencias.....   | 364 |
| 19.10.1.   | Pérdidas.....   | 364 |
| 19.10.1.1. | Pérdidas hidráulicas.....   | 364 |
| 19.10.1.2. | Pérdidas volumétricas.....  | 365 |
| 19.10.1.3. | Pérdidas mecánicas.....   | 367 |
| 19.10.2.   | Rendimientos y potencias.....   | 368 |
| 19.11.     | Cavitación y golpe de ariete de una bomba.....  | 381 |
| 19.11.1.   | Cavitación.....   | 381 |
| 19.11.2.   | Golpe de ariete.....  | 385 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 20.      | TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS: VENTILADORES.....  | 392 |
| 20.1.    | Definición de los ventiladores.....   | 392 |
| 20.2.    | Clasificación de los ventiladores.....  | 393 |
| 20.2.1.  | Clasificación según la presión total desarrollada.....  | 393 |
| 20.2.2.  | Clasificación según la dirección del flujo.....   | 393 |
| 20.3.    | Teoría de los ventiladores.....   | 396 |
| 21.      | CENTRALES HIDRAULICAS.....  | 408 |
| 21.1.    | Salto naturales: potencial hidroeléctrico.....  | 408 |
| 21.2.    | Explotación de los saltos naturales: caudal instalado.....  | 409 |
| 21.3.    | Centrales hidroeléctricas.....  | 410 |
| 21.4.    | Clasificación de las centrales.....   | 411 |
| 21.4.1.  | Según el tipo de embalse.....   | 411 |
| 21.4.2.  | Según la potencia.....  | 413 |
| 21.4.3.  | Según la altura del salto.....  | 413 |
| 21.4.4.  | Según la economía de la explotación.....  | 415 |
| 21.5.    | Ejemplos de centrales.....  | 415 |
| 22.      | TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS: TURBINAS.....  | 418 |
| 22.1.    | Definición.....   | 418 |
| 22.2.    | Elementos constitutivos.....  | 418 |
| 22.3.    | Clasificación de las turbinas hidráulicas.....  | 419 |
| 22.3.1.  | Clasificación según el grado de reacción.....   | 419 |
| 22.3.2.  | Tipos actuales.....   | 421 |
| 22.3.3.  | Clasificación según el número específico de revoluciones.....   | 421 |
| 22.4.    | Turbinas de acción: Turbinas Pelton.....  | 422 |
| 22.4.1.  | Descripción.....  | 422 |
| 22.4.2.  | Triángulos de velocidad.....  | 425 |
| 22.4.3.  | Clasificación de las turbinas Pelton según el número específico de revoluciones.....                    | 428 |
| 22.5.    | Turbinas de reacción: Turbinas Francis y Hélice.....  | 429 |
| 22.5.1.  | Descripción.....  | 431 |
| 22.5.2.  | Clasificación de las turbinas de reacción según el número específico de revoluciones.....               | 435 |
| 22.6.    | Turbinas de reacción: Turbinas Kaplan y Dériaz.....   | 437 |
| 22.6.1.  | Turbinas de álabes orientables.....   | 437 |
| 22.6.2.  | Descripción de una central con turbinas Kaplan.....   | 437 |
| 22.6.3.  | Mecanismo de orientación de los álabes.....   | 442 |
| 22.7.    | Desarrollo y tendencias actuales.....   | 443 |
| 22.8.    | Altura neta.....  | 444 |
| 22.8.1.  | Primera expresión de la altura neta: normas europeas.....   | 444 |
| 22.8.2.  | Segunda expresión de la altura neta.....  | 447 |
| 22.9.    | Pérdidas, potencias y rendimientos.....   | 448 |
| 22.10.   | Cavitación y golpe de ariete de una turbina.....  | 456 |
| 22.10.1. | Cavitación: tubo de aspiración.....   | 456 |
| 22.10.2. | Golpe de ariete de una turbina: pantalla deflectora, orificio compensador y chimenea de equilibrio..... | 460 |
| 23.      | FUENTES ESPECIALES DE ENERGIA: ENERGIA EOLICA Y CENTRALES MAREOMOTRICES.....                            | 469 |
| 23.1.    | Energía eólica.....   | 469 |
| 23.2.    | Centrales mareomotrices y grupos bulbo.....   | 470 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 24.       | TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS: TRANSMISIONES HIDRODINAMICAS.....  | 473 |
| 24.1.     | Introducción.....   | 473 |
| 24.2.     | Acoplamiento hidrodinámico.....   | 474 |
| 24.3.     | Convertidor de par hidrodinámico.....   | 475 |
| 25.       | TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS: LEYES DE SEMEJANZA Y CURVAS CARACTERISTICAS.....                           | 479 |
| 25.1.     | Introducción.....   | 479 |
| 25.2.     | Las seis leyes de semejanza de las bombas hidráulicas.....  | 481 |
| 25.3.     | Las seis leyes de semejanza de las turbinas hidráulicas.....  | 484 |
| 25.4.     | Las once leyes de semejanza de los ventiladores.....  | 487 |
| 25.5.     | Curvas características de las turbomáquinas hidráulicas.....  | 489 |
| 25.5.1.   | Curvas características de las bombas rotodinámicas y ventiladores.....                                | 489 |
| 25.5.1.1. | Ensayo elemental de una bomba.....  | 489 |
| 25.5.1.2. | Ensayo completo de una bomba.....   | 490 |
| 25.5.2.   | Curvas características de las turbinas hidráulicas.....   | 492 |
| 25.6.     | Bancos de ensayo.....   | 494 |
| 26.       | MAQUINAS HIDRAULICAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO: BOMBAS DE EMBOLO.....                                | 500 |
| 26.1.     | Introducción.....   | 500 |
| 26.2.     | Principio del desplazamiento positivo.....  | 500 |
| 26.3.     | Clasificación de las máquinas de desplazamiento positivo.....   | 503 |
| 26.4.     | Bombas de émbolo.....   | 504 |
| 26.4.1.   | Comparación de las bombas rotodinámicas y las bombas de émbolo.....                                   | 504 |
| 26.4.2.   | Caudal teórico, caudal real y caudal instantáneo.....   | 506 |
| 26.4.3.   | Potencia indicada y potencia útil: diagrama del indicador.....  | 510 |
| 26.4.4.   | Tipos diversos de bombas de émbolo.....   | 512 |
| 27.       | MAQUINAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO: MAQUINAS ROTOESTATICAS.....                                      | 518 |
| 27.1.     | Clasificación.....  | 518 |
| 27.2.     | Descripción.....  | 520 |
| 27.3.     | Teoría.....   | 522 |
| 27.3.1.   | Teoría de la bomba o motor de paletas deslizantes.....  | 522 |
| 27.3.2.   | Teoría de la bomba o motor de engranajes.....   | 524 |
| 28.       | TRANSMISIONES Y CONTROLES HIDRAULICOS Y NEUMATICOS.....   | 525 |
| 28.1.     | Introducción.....   | 525 |
| 28.2.     | Principio de Pascal.....  | 525 |
| 28.3.     | Breve historia desde el principio de Pascal a las transmisiones y controles hidráulicos modernos..... | 526 |
| 28.4.     | Evolución del esquema básico de Pascal al esquema de una transmisión hidráulica moderna.....          | 526 |
| 28.5.     | Comparación entre las transmisiones hidráulicas y mecánicas.....                                      | 533 |
| 28.6.     | Comparación entre las transmisiones hidráulicas y eléctricas.....                                     | 535 |
| 28.7.     | Aplicaciones.....   | 535 |
| 28.8.     | Válvulas hidráulicas.....   | 536 |
| 28.8.1.   | Válvulas de control de presión.....   | 537 |
| 28.8.1.1. | Válvulas de seguridad.....  | 537 |
| 28.8.1.2. | Válvulas reductoras de presión.....   | 537 |
| 28.8.1.3. | Válvulas de secuencia.....  | 539 |



|   |     |
|---|-----|
| 28.8.2. Válvulas de control de flujo.....   | 539 |
| 28.8.3. Válvulas de control de dirección.....   | 539 |
| 28.9. Símbolos.....   | 541 |
| 28.10. Circuitos.....   | 542 |
| 28.11. Automatismo.....   | 546 |
| 28.12. Servomecanismos hidráulicos.....   | 547 |
| 29. REGULACION DE LAS TURBINAS HIDRAULICAS.....   | 550 |
| 29.1. Introducción.....   | 550 |
| 29.2. Regulación taquimétrica.....  | 552 |
| 29.3. Regulación directa.....   | 552 |
| 29.4. Regulación indirecta con amplificación sin retroalimentación.....                             | 553 |
| 29.5. Regulación indirecta con amplificación y retroalimentación: servomecanismo de regulación..... | 555 |
| 29.6. Regulación de una turbina de acción.....  | 556 |
| 29.7. Regulación de una turbina de reacción.....  | 558 |
| Apéndices.....  | 560 |
| Bibliografía.....   | 565 |
| Nomenclatura empleada.....  | 569 |
| Índice.....   | 573 |