

Apéndice 4

NORMATIVA ESPAÑOLA*

En España, el cuerpo legal exigible para calderas y aparatos a presión es el «Reglamento de Aparatos a Presión e Instrucciones Técnicas Complementarias» del MINISTERIO (RD 1.244 de 4-4-1979. BOE 29-5-1979, cuyas instrucciones técnicas complementarias son:

ITC-MIE-API: Calderas, economizadores, precalentadores, sobrecalentadores y recalentadores (O 17-3-1982. BOE 8-4-1981) y (O 28-3-1985. BOE 13-4-85).

ITC-MIE-AP2: Tuberías para fluidos relativos a calderas (O 6-10-80. BOE 4-11-1980).

ITC-MIE-AP8: Calderas de recuperación de lejjas negras (O 27-4-1982. BOE 7-5-1982).

ITC-MIE-API1: Aparatos destinados a calentar o acumular agua caliente fabricados en serie (O 31-5-1985. BOE 20-6-1985).

ITC-MIE-API2: Calderas de agua caliente (O 31-5-1985. BOE 20-6-1985).

Estas instrucciones técnicas hacen apelación a la normativa UNE (u otra norma internacionalmente reconocida).

En particular para el «Diseño y construcción de calderas» rige la norma UNE 9-300-90 que, por su extensión y complejidad, se ha dividido en las siguientes partes:

Parte 1: Generalidades.

Parte 2: Materiales.

Parte 3: Diseño de las partes a presión en calderas piro-tubulares.

Parte 4: Diseño de las partes a presión en calderas motubulares.

Parte 5: Soldadura de las partes sometidas a presión.

Parte 6: Fabricación.

Parte 7: Accesorios.

Parte 8: Ensayos e inspecciones.

Parte 9: Certificados y marcas.

Edita estas normas UNE la Asociación Española de Normalizaciones y Certificación (AENOR), Génova, 6, 28004 Madrid. Teléf. 91 432 60 00; Fax: 91 310 36 95.

Con respecto al «Reglamento de Aparatos a Presión», lo edita el Centro de Publicaciones del Ministerio de Industria, Doctor Fleming, 7, 28036 Madrid. Teléfonos 259 92 92-03-04-05.

* *N. del T.*: Recomendamos vivamente su consulta y aplicación, que es la oficial de obligado cumplimiento en nuestro país.

ÍNDICE

- Aberturas, 286-289, 294
 - de inspección, 113
- Ablandamiento
 - de agua, 510-511
 - en caliente por cal y sosa, 511
 - en frío por cal y sosa, 511
 - por cal, 510
 - por zeolita, 511-514
- ABMA (American Boiler Manufactures Association), 20
- Absorción infrarroja, 454-456
 - detector de llama, 456-457
 - radiación, 456
 - termómetro, 356-358
- Accesorios, 618
 - externos, 618
 - y dispositivos, 4, 620
- Accidentes, 606
- Acción galvánica, 571, 583
- Accionamiento mecánico por tuberías de vapor, 487-491
- Aceites destilados del petróleo, 683
- Acero, 17, 195, 198-203
 - aleaciones de, 205-207
 - calmado, 209
 - forjado, 215
 - fundido, 200
 - maleable, 214
 - normalizado, 207
 - resistente al calor, 209
 - semicalmado, 210
- Acidez, 568, 683
 - prueba de, 533
- Ácido, 531, 572
 - ataque, 553-555
 - gases, 150
 - limpieza, 550-552
 - punto de rocío, 69
 - sobrecalentadores, 552
 - sulfúrico, 723
- Acústica
 - detección de fugas, 630
 - emisión, 246
- Adamson
 - anillo, 65, 80, 336
 - hogar, 65, 73, 78
- Adiestramiento, 646
- Afinado, 515, 532, 558
- AGA (American Gas Association), 20
- Agencia de Inspección Autorizada, 28, 44, 183, 189
 - compañía de seguros, 29, 32
- Agua, 532, 567-568, 683-684, 721-722
 - bruta, 509-514, 683
 - de aportación, 532, 683
 - dura, 510, 525, 684
 - nivel bajo de, 2, 26-27, 142, 579-580, 612
- Agua de alimentación, 57-58, 75, 160, 407
 - bombas (*véase también* Bomba), 475-487
 - calentadores, 501-504, 524, 688
 - reguladores, 381-383, 407
 - tratamiento, 504-517, 531-557
- Análisis, 535
- Agujero
 - de hombre, 53, 72, 77, 113
 - aberturas, 343
 - brida de, 80, 319
 - caldera Manning, 70, 75
 - en calderas de tubos de humos, 53, 79
 - Manual de operador, 2, 76
 - de mano, 53, 77, 113, 343, 638, 684
 - para chapas, 51, 124,
 - para material, 211-212
 - para reparación, 624-626
 - para resonador, 712
 - para turbina, 718
 - sin soldadura (sin costura), 202, 302
- Aire, 409-412
 - calentador de, 109, 125, 497, 689

- Aire (*cont.*)
 cojín de, 24, 136
 combustible, relación, 413, 661
 eyector de, 508
 pulverizador de barrido, 710
 purga de, 710
 primario, 412, 461, 684
 gases del hogar, 79
 refrigerante nuclear, 169
 secundario, 710
 teórico de combustión, 661, 684
 terciario, 461, 684
 venteo, 720
- Alcali, 531, 721
- Alcalinidad, 684, 721
 prueba de, 533
- Aleaciones hierro-carbono, 201-202
- Alimentación forzada, 684
- Alimentador
 de combustible, 426, 465
 de parrilla de cadenas, 684
 de parrilla móvil, 684
 de retorta múltiple, 684
 mecánico, 691
- Almacenamiento por manta de nitrógeno, 616
- Alteraciones, 623
- Alternativa, 479
- Alto horno, 198-200
- Altura, medidor, 24
- Altura de aspiración de una bomba, 479
- Altura neta de aspiración positiva NPSH, 483
- Aluminio en acero, 206
- American Paper Institute (Instituto Americano del Papel), 154
- Aminas, 558, 575
 neutralizadores, 558
 películas o filmógenas, 558, 724
- Ampolla, 77
- Análisis, 534-535
 del carbón, 421
- Analizador
 de gases de chimenea, 360
 de O₂, 413
- Analógicos, controles, 392
- Ángulo, válvula en, 374
- Anillo
 Adamson, 73, 78
 de ajuste, 367
 de lodos (caldera de locomotora), 61
- ANSI (American National Standard Institute) (Instituto Americano de Normalización), 183
- ANSI-ASME CSD-1, 82, 450, 459
- Antracita, carbón, 421
- Aparato de Orsat, 412, 706
- API (American Petroleum Institute) (Instituto Americano del Petróleo), 431
- API, gravedad específica, 431
- Aprobado, proceso de soldadura, 251
- Arco, soldadura de, 221, 249
 de plasma, 222-223
 metálico, 221, 223
 sumergido, 222
- Área a arristrar, 324-333
- Arrastres, 560, 625
- Arriostramiento continuo, 52
- ASA (American Standard Association) (Asociación Americana de Normas), 301
- Asbesto, 639
- Asiento tubular acanalado, 686
- ASME (American Society of Mechanical Engineers) (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)
 agente de inspección autorizado, 28, 44, 183, 189
 inspector autorizado, 29, 31, 44
 tablas de tensiones admisibles, 305
- ASTM (American Society for Testing and Materials) (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales), 284
- Atemperador, 686
- Atmosférico, quemador, 155-157, 439, 441-442
- Atrición, pulverizador de, 426
- Austenita, 197
- Autorizada, Compañía de seguros, 29, 32
- AWP (Allowable Working Pressure) Babcock & Wilcox (B&W); Calderas de calderines o colectores, 85
- Azufre
 en el acero, 203, 216
 en el combustible (fuel-oil, gas-oil, carbón), 461
- Baffle, 89, 103, 123, 618
- Bagazo, 146
- Bailey, regulador, 381
- Bajante, 686

- Barras
 de combustible nuclear, 168
 de control nuclear, 168
- Barril, caldera de locomotora, 61, 686
- Base, compuesto de, 531
- Bicarbonato cálcico, 510, 525, 722
- Biogas (gas de lodos de depuradoras), 439
- Bituminoso, carbón, 421, 690
- Bomba, 475-487
 alternativa, 479
 centrífuga, 481
 dúplex, 479, 519
 inyectora, 487, 521
 recambios de, 150
 simplex, 479
 tipo barrilete, 484
- Boro en el acero, 206
- Boroscopio, 233, 567
- Brida, 626
 en talón, 63
 invertida, 63
- Bucle
 o circuito Holly, 603
 o lazo Hartford, 603
- Butano, 439, 440
- Caballo de potencia, HP (CV), 18, 38
- Cabeza
 convexa, 349
 hemisférica, 317, 344
 plana, 322-323, 344
- Cadmio, fotocélula de, 456
- Caja o cabezal, 84
 ciego, 101-102
 con bridas, 330, 341
 de acero o fundición, 17, 21, 116-119
 externo, 118
 o tubo de agua, 61-63, 718
 seccionada, 116-117
 sinuosa, 85
- Cajón de aire (caja de aire), 466, 687
- Calafateado, 687
- Calcio en agua, 510, 533
- Cálculos
 de diseño, Código ASME, 297-350
 de espesores, Código, 263-295
 de refuerzo y arriostamiento, 324-333
 de resistencia, 297-350
 de virola y calderín, 310-317
- Caldera
 automática, 21-24
 compacta, 16, 89-90
 tipo A, 89-90
 tipo D, 89-90
 tipo O, 89-90
 construcción modular, 83-84
 de alta presión, 15
 de baja presión, 15
 de calderín, 85
 de calefacción, 15-16
 calor del combustible, 422, 430, 439, 465
 por suministro de agua caliente, 16
 por agua caliente, 24-27, 38-39, 129
 de calor perdido (residual), 16, 140-146, 163
 de circulación controlada, 93, 96, 688
 de combustible combinado, 443
 de combustible líquido, 550, 575
 de combustibles energéticos, 148-150
 de combustibles residuales, 146-147
 de fundición, 17-18, 116-117
 de gas, 441-443
 de hogar interior, 59-60, 64-69, 73, 75-76
 de lecho circulante fluidizado, 157
 de lecho profundo, 157
 de locomotora, 17, 61-64, 633
 inspección de, 63-64
 de potencia, 15, 38
 de recuperación de licor negro, 150-154, 163-164, 598
 de recuperación de licor rojo, 154-155
 de serpiente, 98-101, 128
 de suministro de agua caliente, 38
 de tubos curvados, 87-91
 de tubos de agua, 83-130, 688
 de tubos de humo, 45-82
 detección de llama, 454-456, 696
 de tubos flexibles, 119-120
 de tubos rectos, 86-87
 de vapor, 17, 37
 económica, 60-61
 eléctrica, 131-133, 159-160, 688
 arco (soldadura), 221
 generación eléctrica, 27-28
 HRT (horizontal, pirotubular con retorno), 55-60
 marina, 17
 marina escocesa (SM), 64-69
 fuera de servicio, 3
 miniatura, 15, 38, 45, 80, 688

- Caldera (*cont.*)
 multicalderín, 124
 parada, 3, 604-605
 pirotubular, 47-51
 puercoespín, 687
 RDF, 148
Stirling, 88-89, 124
 supercrítica o hipercrítica, 16, 39, 93-98, 127-128
 excepciones legales, 96-98
 tubular vertical, 70-72, 75, 80, 633
- Calderín, 688
 de lodos, 84-86, 89, 688
 de vapor, 122
 distorsión en, 49, 78, 231
 o virola, 310-323
 partes internas, 111
 presión admisible, 313-323
 sin costura, 311
 soldado, 311
- Calentador
 abierto de agua, 504
 aceite combustible, 438
 cerrado de agua, 501-504
 de aire, 109, 125
 recuperativo, 497
 regenerativo, 109, 497
 de alimentación de agua, 501-504, 524
 de fuel-oil, 438, 689
 de fuel-oil, carbón, 420-424
- Calentamiento corto del acero, 209
- Calibración
 de base ultrasónica, 243
 de instrumentos y controles, 359-361
- Calidad
 del acero de las bridas, 209-210, 216
 del acero del hogar, 209, 211, 213, 216
- Calor perdido de gases residuales, 141-142
- Cámara de combustión, 64
- Capacidad, 18-20, 366, 369, 690
- Cara de soldadura, 223
- Carbón, 420-422, 424-430
 de leña, 151
 semibituminoso, 421
 sub-bituminoso (lignito negro), 421
- Carbonato cálcico, 511, 527, 540, 543, 570, 722
- Carbonato magnésico, 511
 cloruro, 722
 hidróxido, 723
 sulfato, 511, 514, 525, 544
- Carbono
 en combustión, 411
 fijo, 690
- Casquete de fondo esférico, 317-319
- Causas de explosión, 450, 604-605
- Causas de fallo y roturas, 119, 579-580, 582
- Cavitación, 483
- Cegados, pasos de convección, 593
- Cementita, 198
- Cenizas, 428, 463, 466, 690
 compuerta de, 692
 de fondo, 150, 463
 volantes, 150, 428, 467, 595, 690
- Certificación ISO 9000, 35-36
- Certificado de autorización ASME, 28-31, 183
- Certificado de inspección, 32, 76
- Chapa, 627
 bóveda, 61, 73, 81, 690
 laminada, 215
- Chapa de acero, 211, 212, 214
 distorsión en, 343
 espesor de tubo, 50
 mínimo espesor, 23, 213
- Chapas de pruebas, 227-232, 250
- Chevron, 109, 111
- Ciclo
 Cheng, 144-146
 de recuperación Kraft, 151
- Ciclónico, quemador, 428
- Circuito hidráulico, 9
- Circulación natural, 691
- Cizalladura, 267-268
- Clarificación, tratamiento de agua, 525
- Clase de película radiográfica, 256
- Clases de fuel-oil, 431-432
- Cloruros, 721
- Coagulación, 525-526
- Cobalto, examen radiográfico, 234
- Código, 28-37, 44-45, 210-212
 ASME, 28-31
 de construcción, 364-366
 de identificación de calderas, 339-340
 de soldadura, 251
 libros, 31
 nuclear ASME, 177-184
 secciones, 21, 43, 179-180, 297
 sellos, 30, 43-44
 tubería exterior de calderas, 299-302
- Coefficiente
 de conductividad térmica, 7

- de dilatación térmica, 278
- superficial, 7
- Coloide, 531, 691
- Columna de nivel de agua, 114, 128, 352, 361-364, 691
- Combustible
 - gaseoso, 438-39
 - generadores y control, 409-449
 - licor negro, 151
 - líquido, 430-432, 467, 469
 - madera, 441-443
 - residual, 146, 441-443, 692
 - residuos sólidos municipales, 148-150
- Combustión, 409-413, 692
 - del carbon, 424-428
 - del carbón pulverizado, 424-428, 464
 - en ángulo (combustión tangencial), 692
 - en lecho burbujeante, 157
 - en lecho del combustible, 463
 - en lecho fluidizado, 155-157, 164, 418, 467
 - en seco, 578-581
 - acumulación, 567, 605
 - magnetización, 241
 - tubería, 718
 - vapor, 719
 - en suspensión, 462-463
 - incompleta, 692
 - libre de carbón, 463
 - perfecta o estequiométrica, 692
 - secundaria, 692
 - suplementaria, 141-142, 143
 - tangencial, 427, 692
- Comisión Nuclear Reguladora, 169, 177-179
- Comité asesor de calderas de recuperación de licor negro (BLRBAC), 152-154, 598
- Compuerta, 3, 374, 375, 692
- Concentración de tensiones, 282-283, 290, 295
- Condensado, 693
- Conducción, 7, 565, 693
- Conductividad eléctrica, 534
- Conector, 118, 123, 693
- Conexión, 366
 - de purga, 57, 125, 402, 407
 - del manómetro de prueba, 350, 353-356
 - mínima del manómetro de presión, 354
- Conexiones
 - de la columna de agua, 114-115, 121
 - roscadas, 219
 - accesorios e instrumentación, 351-407
- Confines o límites del grano
 - dureza, 513, 568
 - finura, 198, 214
 - granos por pie cúbico, 700
- Consideraciones financieras en el reemplazo de equipos, 646
- Consideraciones metalúrgicas, soldadura, 227
- Construcción sin costura, 311, 313
 - sin soldadura, tubo, 202
- Contador nuclear de impulsos, 177
 - Geiger-Müller, 186
- Contención nuclear, 168, 175, 188, 192
- Contraste en radiografía, 235-236, 255
- Control, 449
 - automático, 1, 4, 69, 76, 359
 - colector, 691
 - convección, 108
 - de calidad, 43, 248, 348-349
 - de carga, 444, 446-449
 - de combustión por ordenador, 446
 - de encendido, 450, 459
 - de límite superior, 23, 25, 450-452, 472, 693
 - de medidas de combustión, 446
 - de operación, 21-24, 449-452, 693
 - de presión, 450-452
 - de seguridad, 21-27, 449-452, 693
 - de seguridad de llama, 24, 25, 454-457, 471-472
 - de tasa de combustible (*véase también* Combustión), 693
 - digital, 42, 446
 - discreto, 392
 - distribuido, 446
 - drenables, 127
 - electrónico, 470
 - nuclear de barras, 168
 - posicionado, 446
 - sala de operaciones, 650
 - sobrecalentamiento, 625, 635
 - suspendido, 108
 - todo/nada, 386, 444
 - problemas de encendido, 69
- Controles y aparatos de control, 392-396
 - de combustión, 444, 450-452, 459-460
 - distribuido, 446-449
 - electrónico, 394, 470-471
 - integrado, 1, 4
 - nuclear, 176-177
 - presión, 21-22, 386, 450
 - seguridad, 21-27, 450-452, 693

- Controles y aparatos de control (*cont.*)
 sensores, 358-359, 393-394
 temperatura, 25, 386, 387, 452
 todo/nada, 386, 444
 Convección, 8, 9, 694
 Corrientes parásitas, 245, 261-262
 Corrosión, 71-72, 532, 553-558, 572, 583-585, 593-594, 694
 depósitos y emisiones, 497-500
 en el lado de fuego, 68, 155, 164
 externa, 592, 631, 694
 fría final, 593
 por baja temperatura, 524, 593
 por punto de rocío, 593, 640
 Corte del combustible por bajo nivel de agua, 2, 23, 25, 40-41, 129, 133, 136, 142, 352, 383, 407
 actuadores, 612
 en calderas eléctricas, 133
 pruebas, 352, 386
 magnético, 383-385
 mediante electrodo, 385
 Costes de la parada, 606
 Crane, Compañía, 374
 Cristal para pruebas de ultrasonidos, 243
 Cristalización de los metales, 195, 197
 Cromo en acero, 206
 CRT (tubo de rayos catódicos), 243, 406
 Curios, 234
- Daño
 por fragilidad de hidrógeno, 286, 699
 por rotura inducida de hidrógeno, 589-590, 695
 Datos sobre tratamientos de agua, 533-535, 723-725
 Defectos
 dimensionales, 248
 material, 200-201
 soldadura, 224-225
 Deformabilidad del acero, 208
 Deformación plástica, 217
 Depósito de expansión, 24, 136
 Depósito de sales, 151
 Desaireador, 504-507
 Descarga de la válvula de seguridad, 367, 401, 719
 Descarga de partículas, 498-500
 Descontaminación de material radiactivo, 187-188
- Desmineralizador, 514, 526
 por membranas, 516-517, 529
 Desobrecalentador, 389, 392, 695
 Desulfuración
 carbón, 155-157, 418-420, 421
 gases, 417, 497-500
 detalles constructivos, 48-51
 Detector de llama ultravioleta (UV), 455-456
 Detectores, 454-456
 Detergente (limpieza), 571
 Diagnóstico por monitorización, 43
 Diagrama
 de equilibrio, 197
 hierro/carbono, 196
 de tensiones, 270
 S-N, 280-281
 Digestor, 151
 Dilatación, 113, 120
 Dinamómetros, 273
 Dióxido de azufre, 358
 Dióxido de carbono, 358, 553, 722
 Disco, ruptura del, 161
 Discontinuidad, 240, 248, 260-261
 Disponible tiro, 717
 Dispositivo
 de comprobación del flujo de aire, 696
 presión alta, 386, 696
 presión baja, 386, 696
 Dispositivos de protección
 mínimos, caldera de calefacción de agua caliente, 24-27
 mínimos, caldera de calefacción de vapor, 21-24
 mínimos, caldera de potencia automática, 450-452, 459
 Distorsión del calderín, 49, 78, 231
 Doble álcali, 417
 Doble válvula de corte, 77, 372-373, 638, 643
 Domo de vapor, 61
 Dowtherm, 137-140, 696
 Drenaje, 121, 352, 362, 370, 399-400
 columna de agua, 121, 352, 361-362, 399-400
 corte por bajo nivel, 352, 385
 entre válvulas, 77, 373
 nivel de vidrio, 361, 581
 Ductilidad, 208, 214, 289, 290, 696
 Dureza, 208, 214, 294
 Brinell, 208, 212

- permisible del agua, 510-511, 568
 Rockwell, 208, 212
 temporal, 510, 525, 538-339
- Economizador, 108, 122, 696
 válvula de seguridad requerida, 108, 404
- Ecuaciones, 410, 414-416
- EDR (radiación directa equivalente), 19, 39
- Efectos del bajo nivel de agua, recalentamiento del acero, 198
- Eficiencia o rendimiento, 14, 42, 653, 697
 de calderas, 14, 42, 653, 697
 de la unión, 311, 341
 de la unión soldada, 239, 310, 312
 método directo, 653-654
 método indirecto, 654
- Electrodo (selección), 221
- Electrodo-probeta, del corte de combustible del bajo nivel de agua, 384-385
- Electroodos
 de soldadura, números F, 228
 desnudos, 221
 revestidos, 221, 250
- Elementos combustibles en los combustibles, 410
- Elementos y reacciones químicas, 535-539
- Eliminación
 de calor residual, 165
 de tensiones, 207, 225, 251, 252, 254
 mecánica de la incrustación, 541
- Elongación, 274
- Embielaje del flotador del corte por nivel bajo, 384-385
- Emergencias, 649
- Encendido intermitente, 697
- Enclavamiento, 491, 697
- Endurecimiento
 del acero, 207
 o tenacidad, 697
 por precipitación del acero, 207
- Energía, 38
- Ensayo de flexión, 226
- Ensayo de formación de incrustación, 532
- Ensayo de partículas magnéticas, 240-242, 257
- Ensayos químicos, tratamiento de agua, 533-535
- Entalpía, 12, 697
- Entrada de agua de alimentación, 57-58
- Entrada en espacios confinados, 232, 615
- Entrenamiento para emergencias, 649
- EPA (Agencia de Protección Ambiental), 417, 462
- Erosión, 157, 592-593, 595, 632, 698
 de escorias, 593
 de sopladores de hollín, 592-593
 en pasos de convección, 157
- Escaneo C, 698
- Escleroscopio de dureza Shore, 208, 212
- Escudo biológico nuclear, 175-176, 188
- Esfuerzos de tensión, 265-266
- Espectrómetro de masas, 247
- Espesor desigual, 231
- Espuma, 558-559
- Estabilidad de la ignición, 597-598
- Estructura cristalina de los metales, 194-195
- Estructura material, 194-198
- Estructura y energía atómicas, 165-168
- Evaporador, 507-508, 698
 condensador, 693
 de efecto múltiple, 507
 tipo flash, 508
- Examen con tinte penetrante fluorescente, 258
- Exceso de aire, 414, 460, 473, 661-663
- Exfoliación por óxido, 595
- Explosímetro, 615
- Explosiones e implosiones, 453-454
- Explosiones
 de hogar, 264, 605, 606, 607
 lado fuego, 471
- Extendida (superficie), 715
- Extensómetro, 270
- Eyector, 698
- Fabricación del acero, 201-207
 conformado del acero, 203-204
 proceso de horno eléctrico, 201-202, 211-213, 701
- Fabricante de calderas, 698
- Factor de seguridad, 286-289, 698
- Factores que afectan a la transmisión de calor, 8
- Falta de fusión, 251
- Falta de penetración, 236, 251-252, 257
- Fatiga, 699
 corrosión, 282
 de ciclo alto o alta frecuencia, 289, 699
 de ciclo bajo o baja frecuencia, 289, 699
 límite de resistencia, 281, 703
 por corrosión, 282, 587

- Fatiga (*cont.*)
 rotura, 214, 585-587
 tasa de crecimiento, 281
- Ferrita, 195, 196, 197
 aleaciones ferrosas, 194
- Fibroscopio, 233
- Filete (de soldadura), 223
- Filtración, 509
- Filtro de mangas, 500, 524, 699
- Filtros textiles, 500, 524
- Fisión (nuclear), 166
- Fluidos de transferencia de calor a alta temperatura, 136-140, 161
 análisis, 413
 desulfuración, 417, 498-500
 registro de temperaturas, 55
 rotura oxidante, 140
 rotura térmica, 140
 sistemas de líquidos, 137
 sistemas de vapor, 137, 160
- Foco caliente, 699
- Fondo
 bombeado (ovalado), 317-321
 cálculos de espesor, 317-323
 con agujeros de hombre, 319-321
 de hogar inclinado, 153
 esférico o abombado, 317-323
 húmedo, 64-66
 plano, 317-318
 seco, 64-66
- Fosfato, en agua, 533, 574, 721
 pruebas, 533
 tratamiento, 539
- Fósforo en acero, 203, 216
- Fotocélula de sulfuro de plomo, 457
- Fractura
 frágil, 217
 mecánica, 281-282
- Fragilidad, 208, 214, 217, 587-589, 699
- Fuel-oil, 430-431
 calentadores, 438
 específico, 431
 guía de operaciones, 437, 469
 propiedades de, 430
 punto de goteo, 432
 punto de inflamación, 468
 quemadores, 433-438
 viscosidad, 431
- Fusión nuclear, 172
- Fuga
 de caldera, 3, 44
 por manguitos o accesorios, 85
- Fundición, 198-201
 blanca, 200
 gris, 200, 211
- Fusión incompleta, 221, 257
- Garganta de la soldadura, 223
- Gas, 221-223, 439
 Gas absorbido en agua, 535
 Gas de carbón, 422, 439, 440
 Gas natural, 438, 440
 Gas residual, 141-142
 Gas-tungsteno, 221-223
 y humos de soldadura, 232
- Gases de combustión, 700
- Gasificación del carbón, 422
- Generador de vapor, 700
- Golpe de ariete, 638, 700
- Grietas o roturas, 225, 591-592
 cáustica, 587, 713
 crecimiento, 281-282
 de enfriamiento, 701
 dilatación, 118
 fatiga, 585
 fuego, 632
 fundición, 119
 solape, 589
 soldaduras, 225, 591-592
 tubería, 599
- Grifos de prueba, 701
 de nivel de agua, 2, 352
- HAZ (zona afectada por el calor), 225-226, 285, 720
- Hervido de caldera, 701
- Hidrazina, 358, 569
- Hidrógeno
 en acero, 205
 en combustión, 410
- Hidróxido cálcico, 541
- Hierro
 alfa, 195-196, 212
 bruto, 201
 delta, 195, 196
 gamma, 195, 196
- Hogar
 cálculos de espesor, 333-337
 cilíndrico o circular, 66, 80, 332-333, 336
 de solera seca, 462
 excéntrico, 49

- explosiones de hogar, 152, 163-164, 471-473, 698
- holandés, 146, 598, 701
- implosión, 454
- interior, 64-65, 74, 75-76
- Morrison, 336
- ondulado corrugado, 65, 80, 336
- Ward, 146
- HRSG (Heat Recovering Steam Generator) (Generador de vapor recuperador de calor perdido), 143-144, 163
- IBR (Institute of Boiler and Radiator Manufacturers) (Instituto de Fabricantes de Calderas y Radiadores), 19, 39
- Impacto de llama, 596
- Impurezas
 - agua, 531-535, 567
 - de manufactura del acero, 203-205
- Inclusiones, 205, 235-236
 - no metálicas, 205
- Incrustación, 532, 540-547, 631, 702
 - de laminación, 215, 703
 - del serpentín, 631
- Indicador de nivel remoto, 115, 363-364
- Índice de Hardgrove, 422, 465
- Inductor, 261
- Inflamabilidad, 409
- Informe de datos, 678
- Informe de tensiones, 293
- Informe o raport de laminación, 216, 702
- Inhibidor, 702
- Inspección, 231, 233
- Inspección de soldadura en campo, 231-232
 - en taller, 31, 44
 - externa, 59-60, 63-64, 614
 - interna, 59, 63-64, 69, 76, 614-617
 - jurisdiccional o legal, 32, 76, 614, 673
 - nuclear, 183-184
 - por líquidos penetrantes (tintes), 242-243, 258
 - ultrasonica, 243-245
 - visual NDT, 233-234
- Inspector autorizado, 29, 31-32, 44
 - del National Board, 29, 31-32, 44-45, 364, 614, 622-624
 - estatal, 32
 - nuclear, 177-180, 183-184, 189-190
 - propietario-usuario, 32
- Instalación
 - existente, 298-299
 - exterior, 604
- Instrumentación, 564
 - ASME recomendada, 353
 - código nuclear, 180-182
 - control de calidad, 43, 248, 348-349
 - mantenimiento de registro, 349
 - recomendada, 353
 - válvulas de seguridad, 364-375
- Intensidad de radiación, 234
- Intercambio
 - catiónico, 514
 - iónico, 514, 526
- Ion, 514, 526
 - hidrógeno, 532
 - hidróxido o oxhidrilo, 532
- IRI (Aseguradores de riesgos industriales), 35
- Isótopo, 187, 255
- Junta o unión, 340, 618
 - del fondo bombeado, 317-321
 - eficiencia, 310-313
 - expandida, 702
 - longitudinal, 310, 341
 - sin costura, 311, 313
 - solape, 341, 618
 - soldada, 311, 313
- Lado de agua, 540, 553-558
- Laminación, 215, 703
- Lanza de mano, 703
- Lavado de gases, 417-418
- Lecho fluidizado o fluidificado, 157-159, 164, 467
 - circulante, 157
 - presurizado, 157
- Leyes canadienses, 6, 33
 - adiestramiento de, 646-649
 - de calderas, 5-6
 - de seguridad, 651-653
 - de seguridad de calderas, 28-37, 651-653
- Licor
 - negro, 151-154, 703
 - recuperación, 151-152
 - rojo, 154-155
- Lignito, 421

- Límite
 - de proporcionalidad, 270-271
 - de radiación, 168, 189
 - de refuerzo, 338
 - de resistencia, 281
 - elástico, 212, 274
- Limpieza
 - húmeda de gases (*scrubbing*), 417, 500
 - química, 571
- Líquido penetrante tipo A y B, 258
- Listado, 704
- Llama, 455
- Luz, 456

- Magnetización en CC, 241
- Mandrilado, 73-74, 113, 121, 302-303
- Manganeso en el acero, 206
- Manómetro
 - compuesto, 42, 403
 - conexión de manómetro, 354
 - grifo de prueba, 361, 634
 - indicador, 359-361
 - presión, 45, 115, 265, 351
 - presión-temperatura, 26, 356-358
 - pruebas, 351-352, 354-355
 - requisitos del Código, 354-355
 - vacío (vacuómetro), 353, 403
- Mantenimiento
 - basado en ordenador, 645
 - predictivo, 608
 - preventivo, ingeniería, 608
- Marcado, estampado e informes, 30-31, 340
- nuclear, 182-183
- Martensita, 209
- Martilleo (reductor de tensiones), 227
- Material, 210
 - fértil (nuclear), 189
 - frágil, 283-284, 290
 - resiliente, 290
- Matriz espacial, 194-195
- Máxima dosis permisible de radiación, 168,
- Máxima presión admisible de trabajo, 708
- Mecanismo de campana Ledoux, 386, 388
- Medida de caudal, 386-392
- Métodos de soldadura, 220
 - de replicación, 620
 - de transferencia ultrasónico, 260, 261
 - fotoelástico, 281
 - húmedo de almacenaje, 575
- Mezcla aire/combustión, 414
- Mezcla pobre de combustible, 410-412
- Mezcla rica de combustible, 410-412
- Microestructura, 209, 704
- Milirem, 169
- Minimización de la erosión por cenizas volantes, 595
- Modos de control, 444, 471
- Módulo de elasticidad, 208, 212, 270, 273
 - de tenacidad, 208
- Molibdeno en acero, 206
- Molino pulverizador, 426-427, 704
 - de bolas, 426
- Molturabilidad, 422
 - del carbón, 422, 704
- Monitorización de la llama, 454-457
- Monóxido de carbono, 358
- Mordaza, 705
- Muelle, 366
- Muesca, 215, 284
 - ranuras, 585
 - sensibilidad, 713
- Muro puente, 124, 705

- National Board (NB), 31-34, 364-366, 621-624
- NDT
 - examen superficial, 191-192, 637
 - examen volumétrico, 191-192, 637
 - personal, 185, 191
- Neutrón, 165-166
 - detector de, 177-178
 - fragilidad, 210
 - irradiación del acero, 286
 - radiación, 176
- NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Incendios), 451, 457
- Nitrógeno
 - en acero, 205
 - en el aire, 410
 - protección con manto de, 616
- Nivel de agua, 2, 40, 53, 71, 114-115
 - comprobación, 80, 352, 399, 580-581
 - indicador remoto, 115, 364, 401
 - nivel mínimo de seguridad de agua, 363
 - punto visible más bajo, 363
 - vidrio de, 23, 81-82, 114-115, 160, 352, 361, 705
- NO_x, emisión de, 360, 413-414, 417
 - reducción de, 419-420
- Normas de emisiones, 410-414, 417

- Observación de las reglas de seguridad de calderas, 727-729
- Ondas en inspección ultrasónica, 243-245
- Ondulaciones, 257, 346
- Operación de conexión/desconexión de un quemador, 385-386, 446
- Orificios chivatos, 50, 705
de tubo, 49, 74-75
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration), 37, 651-652
- Ósmosis inversa, 529
- Oxígeno
en acero, 205
en agua, 555-556
en combustión, 409-410, 413-416, 460, 462
en vapor, 504-508
- Palanca elevadora, 366, 706
válvula de seguridad, 367-386
- Pantalla o panel de agua, 103, 104-106, 706
- Paralaje (radiografía), 234
- Parche duro, 706
- Parrilla, 582, 706
- Partículas magnéticas, 240-242, 257-258
personal, 185, 191, 219, 240, 247
procedimiento de prueba, 248
radiografía, 234-239, 256-257
selección, 247
ultrasónico, 259-260
- Pasos de gases, 67-68, 121
- Penetrámetro, 256, 257, 706
- Perlita, 210
- Permiso de trabajo, 615
- pH, 359, 532, 539, 565-568, 571, 572
- Picado, 583
- Pie de soldadura, 223
- Piedra caliza, 155, 417
- Piezoelectrico, transductor, 243
- Placa nombre del fabricante, 339-340
- Plantas de ciclo combinado, 142-143
- Plantas de cogeneración de ciclo combinado, 142-144
- Plenum, 707
- Poder calorífico
del combustible, 423, 430, 438-440, 465
inferior, 460
- Polímero o acondicionamiento de lodos, 549
- Porcentaje de purga, 561-564
- Porosidad, 224
- Postpurga, 707
- Precalentamiento, 226
de soldadura, 254, 642
- Precauciones antiheladas, de seguridad al cierre o corte de calderas, 642
- Precipitación química, 510, 526, 532
- Precipitador electrostático, 499, 708
- Presión, 264, 287, 353
absoluta, 10, 265, 299, 351, 708
admisible, 286-288, 298
cálculos de bombeo, 475-476, 520
crítica, 16, 39, 93-94, 708
de diseño, 708
de estallido (rotura), 287-288
de trabajo, 288, 708
- Presostato, 387
- Presurización, 136
- Pretratamiento de agua, 504-517
- Prevención
de incendios, 667
de la formación de incrustaciones, 544-550
- Primado (imprimación), 558-559, 572, 708
- Probeta, ultrasónica, 243-244
- Problemas de tubería, 599-601
paso, 706
- Procedimiento
de corte de emergencia, caldera recuperación, 152-154, 598
de soldadura calificado, 251
Productos venenosos, 189
- Programas de mantenimiento, 2-4, 606, 607-614
- Propiedades
de llama, 455
físicas del acero, 207-208
mecánicas del material, 207-208, 212
- Protón, 165
- Prueba
con muesca, test de impacto, 283-284, 294
de acidez, 533
de alcalinidad, 533
de calificación de soldaduras, 228
de corrientes parásitas, 245-246, 709
de doblado libre, 227, 250, 294
de doblado o flexión de raíz, 227, 294
de emisión de burbujas, 247
de encendido, 457-459, 709
de flexión, 227-228, 294
de fugas, 246-247, 262
de halógeno para fugas, 247

- Prueba (*cont.*)
 de hidróxido, 533
 de la muesca en V de Charpy, 283-285, 294-295
 de McQuaid-Ehn, 198, 209
 de sulfito, 533
 de tensión, 227, 269-270, 294
 de válvulas de seguridad, 371
 del cobre, 534
 del martillo, 618
 del método húmedo, 241
 destructivo, 641
 flexión lateral, 227, 294
 hidrostática, 129, 254, 343, 629-630, 640, 709
 no destructivas (NTD), 185, 233-247, 254-255, 262, 619
 no destructivas acústica, 246
 periódica de controles de seguridad, 452
 piloto, 450-452, 459-460, 709
 químicas, 533-535
 ultrasónica, 244-259
 ultrasónicas de impulso-eco, 259
- Puerta o portillo de fuego, 103, 121
 con autocierre, 400
- Punto
 de encendido del petróleo, 468
 de goteo del aceite, 432, 468
 de inflamación, 432, 468
 de límite elástico, 270, 272
 de rocío ácido, 69
- Purga, 4, 122, 128, 527, 532, 544-545, 561-564, 570-571, 710
 superficial, 561-564
- Purgadores, 378-381, 401, 402-403, 710
 de flotador, 379
 de retorno, 378-381, 401, 402-403, 710
- PURPA (Public Utility Regulatory Policies Act), 143, 148
- Quelantes, 549, 570
- Quemador, 711
 atomizador rotativo de copa, 435
 ciclónico, 427, 428
 con bajo nivel de exceso de aire, 419
 de atomización mecánica, 433, 434, 711
 de combustión líquido, 433-439, 711
 mantenimiento, 437, 469
 de gas, 439-441
 tipo túnel, 442
 de turbulencia, 711
 pulsatorio, 443
 vaporizador, 433
- Radiación, 456
 α , 169
 β , 169
 de fondo, 169
 γ , 169, 234
 infrarroja, 456
 monitorización de, 176-177, 186
 nuclear, 169, 186
 riesgo de, 175-176
- Radiactividad, 169, 186
- Radiografía, 234-238, 711
 pantalla de plomo, 256
- Raíz de la soldadura, 223
- Rayos X, 234, 255
- Reacciones químicas en combustión, 411
- Reactor
 contención, 188
 de agua en ebullición (BWR), 27, 169-171
 de agua presurizada, 27, 170-172
 de vapor, 169-172
 enfriado por gas, 172
 nuclear, 168, 169-174, 188
 alarma, 177
 patrón, 172,
 refrigeración de emergencia del núcleo, 169
- Reciclado, 712
- Recirculación de gases, 712
- Rectificación (eléctrica) de llama, 454-456
 electrodo rectificador de llama, 456-457
- Recubrimiento, 209
- Reducción catalítica selectiva, 420
- Reducción de tensiones, 207, 251, 254
- Refractario, 148-150, 712
 del quemador de gas, 441
- Refuerzo, 47, 220, 249
 de aberturas, 337-339
 de soldadura, 249
- Reglas de seguridad, 232
- Regulación medioambiental, 36-37
- Regulador
 Bailey, 381, 382
 Copes, 381
 de presión, 389
 Stets, 382
- Relación de datos del fabricante, 28-32, 667-668

- Relación de Poison, 291-292
- Relaciones aire/combustible, 414
 - analizadores, 413
- Reparaciones
 - aprobadas, 641
 - de caldera, 4, 620-624
 - de válvulas de seguridad, 371
 - de zonas corroídas, 627-628
 - grietas, 639
- Requisitos del código NFPA, 457-460
- Requisitos del material, Código, 210-211
- Resinas, 514
- Responsabilidades fundamentales de la operación, 2-4
- Retardador, 712
- Retorno
 - por condensación mecánica, 21
 - por gravedad, 21
- Retroceso de llama, 713
- Riostra, 51-53, 325-326, 713
 - diagonal, 327
 - Huston, 51, 331
 - MacGregor, 51, 331
 - radial, 332-333
 - Scully, 51, 331
 - soldada, 50
- Rizadora (herramienta), 701
- Rotura
 - cáustica, 587-589
 - por oxidación, 140
- Rotura térmica, 140
 - de NO_x, 413
- Sal de Glauber, 722
- Sales, tratamiento del agua, 510, 532, 546, 721-722
- Salmuera e intercambio iónico, 514
- SBI (Steel Boiler Institute) (Instituto de Calderas de acero), 19, 39
- Seguridad
 - en la inspección, 615
 - en la soldadura, 232
 - nuclear profunda, 174-177
- Seguro de caldera, 672-674
- Selección de empleados, 646
- Sello o endoso, 30, 366, 674
 - «A», 31, 43-44
 - «N», 31, 183
 - «R», 31, 621-622
- Sensores, 358, 393-396
- Señal de la película, monitorización para la detección de radiaciones, 236
- Separador, 713
- Silicio en el acero, 206
 - efectos del, 358, 541, 543
- Símbles, 479
- Sistemas de caldera, 21
 - de agua caliente a elevada temperatura (HTHW), 39, 133-140, 161-162
 - de proceso de alta presión, 28
 - de reactores de energía nuclear, 28-29, 165-192
 - de seguridad de llama del quemador, 452-456
 - supertherm, 24
- Sobrecalentador, 106-110, 125, 371, 398, 402, 714
 - colgante, 714
 - de platina, 714
 - por convección, 108
 - inter-bancadas, 714
- Soda de hornear (levadura), 722
- Soldador cualificado, 229, 641
 - Código Normativo, 229-231, 255
- Soldadura, 220-223, 249, 714
 - a tope, 223, 249
 - a tope doble, 223
 - de arco de plasma, 222
 - de arco sumergida, 223
 - de chorro eléctrico, 222
 - de fusión, 221, 714
 - de metales por arco, 221, 249
 - de termita, 222
 - láser, 223
 - números P, 228
 - oxiacetilénica, 222
 - por electroescoria, 222
- Sólidos en suspensión, 714
- Soplador de cenizas retractable, 714
- Soplo libre, 715
- Soporte
 - de caldera, 58
 - de calderín, 110-111
 - de seguridad para colocación de riostras, 51-52
 - de tubería, 601
- Sulfato cálcico, 525, 540-541, 543
- Superficie
 - de calefacción, 18, 38, 53, 405, 715
 - plana, 47, 50

Tablas

- de presiones exteriores, 308-309
- de tensiones, 212, 305-306

Taladro, 74

Tamaño de tubería, vapor, 599-601

Tanque de purga, 376

Tapas o cierres

- de agujero de hombre, 628
- de agujero de mano, 628

Tapón fusible, 73, 716

Taponado u obstrucción por sales, 547-549

Tarado, 19-20

- caldera de tubos de agua, 115

Tasa de agua, turbina de vapor, 523

Tasa de desprendimiento térmico, 54

Tasa de producción, 58-59

Tasa o rampa de subida, 127

Teja, 716

Temperatura

- Celsius o centígrada, 355-356
- controles de, 25, 450-452
- de ignición, 716
- de transformación del acero, 198, 213
- diales de medida, 356-358
- efecto sobre los materiales, 277-278
- Fahrenheit, 355
- Kelvin o absoluta, 356

Tenacidad, 208, 214, 291

Tensión, 264-265

- admisible, 200, 267, 286-289, 305-306
- circunferencial, 275
- concentración de, 279-281
- de cizalladura, 267-268
- de tracción, 267
- interna por efecto de soldadura, 225, 251
- interna por efecto longitudinal, 275-277
- longitudinal, 275
- normal, 266
- o esfuerzo flector, 269
- residual, 225, 251
- tenacidad, 293
- transversal, 275
- unitaria, 271

Termia, 717

Termómetro bimetalico, 356-357

Termopar, 358

Termostato, 26, 356-358, 452

- purgador, 710

Tetralin, 137

Therminol, 137

Tinte

- penetrante, 242-243, 258-259
- postemulsionante, 258

Tipos de controles de combustión, 444

Tipos de sistemas de reactor, 169-174

Tirante de arriostamiento, 50-53, 81, 118, 332, 717

Tiro, 416, 461-462, 717

- control barométrico, 693

de ventilador, 491, 720

diferencial, 495, 717

equilibrado, 462

mecánico, 416, 495

natural, 416

Titulación (ácida, básica o neutra), 717

Tobera, 466, 717

Tolerancia de descarga, 370

Tornillos riostras, 50, 324-326

Transductor, 243, 718

Transferencia térmica, 7-10

- a alta temperatura mediante fluidos orgánicos, 136-140, 161

a través de radiación, 9

válvulas de seguridad para, 161

Transformación del acero, 198, 213

Transmisión transversal ultrasónica, 244

Tratamiento

coordinado de fosfato, 546-547

de agua, 528, 531-576

de agua congruente, 547

de agua de caldera, 4, 528, 531-576

de agua interno, 545-547, 576

externo del agua de alimentación, 504-514

secundario, 718

térmico de los aceros, 207

térmico postsoldadura, 226, 642

Tubería de descarga, 368

Tubo, 49, 113, 126, 625, 718

bimetalico, 126, 163

Bourdon, 354, 400, 718

composite, 155

curvado, 88-89

de acero, 301

de agua de alimentación, 57-58

de caldera, 302

de circulación, 124, 718

de descarga, válvula de seguridad, 368

ecualizador, 124, 718

en U, 386

flexible, 119

laminado, 126

- mandrilado, 49, 113, 120, 121
- montante, 111, 718
- Tungsteno en acero, 206
- Turbidez, 528, 718
- Turbulencia en el encendido, 427

- UL (Underwriters Laboratory) (Laboratorio de aseguradoras), 34
- Uranio, 166
- Utilización del tubo de cobre y bronce, 354

- Vacío, condiciones de, 353
- Valencia, 536, 724-725
- Válvula
 - antirretorno, 374
 - automática, 374
 - Crosby, 365
 - de comprobación de disco oscilante, 376-378, 402, 719
 - de compuerta de espiga sobresaliente, 375, 402, 719
 - de compuerta de espita, 375
 - de corte (seccionamientos), 372-373, 643
 - de drenaje, 372-373
 - de purga, 104, 376
 - de seguridad, 2, 23, 25, 130, 133, 160, 288, 351, 364-372, 396, 398-399, 403, 719
 - de yugo y husillo exterior (OS&Y), 373
 - descarga de, 367
 - en ángulo, 375
 - globo, 374, 719
 - reductora de presión, 389-392, 401
 - reguladora, 375
- Vanadio
 - en acero, 206
 - en combustible, 468-469
- Vapor, 10-14
 - en bomba hidráulica, 519
 - recalentador, 109, 127, 712
 - sobrecalentado, 13
 - vivo, 720
- Varillas de soldar, 221
- Vaso de expansión, 24, 136
- Ventiladores, 491-495, 521
 - operación y mantenimiento, 495
 - tiro forzado, 491-492
 - tiro inducido, 491-492
- Vida remanente, 620
- Viscosidad, 431, 478-479
 - Saybolt, 431
- Volumen del hogar, 410

- Yugo de magnetización, 704

- Zona afectada por el calor (HAZ), 225