

Carlos de la Fuente Borreguero

Doctor Ingeniero

Fuentes y estanques ornamentales

Directrices y especificaciones de proyecto, construcción, mantenimiento y explotación



AULAMAGNA
PROYECTO CLAYE

Fuentes y estanques ornamentales

Directrices y especificaciones de proyecto, construcción, mantenimiento y explotación

Primera edición: 2021

ISBN: 9788417979492

© de los textos:

Carlos de la Fuente Borreguero

© de esta edición:

Editorial Aula Magna, 2021. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.

editorialaulamagna.com

info@editorialaulamagna.com

Impreso en España – Printed in Spain

Quedan prohibidos, dentro de los límites establecidos en la ley y bajo los apercibimientos legalmente previstos, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, ya sea electrónico o mecánico, el tratamiento informático, el alquiler o cualquier otra forma de cesión de la obra sin la autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. Diríjase a info@editorialaulamagna.com si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

A Mayte, Lorena y Sara.

A mis padres.

A todos los que comparten y divulgan conocimientos.

Índice

Glosario de términos	35
Letras griegas	41
Prólogo del autor	43
Capítulo 1. Introducción. Objeto y contenido	47
1.1 .Objeto	47
1.2. El hombre y las fuentes ornamentales	50
Capítulo 2. Antecedentes históricos. Orígenes y evolución	55
2.1. Introducción. Breve recorrido histórico	55
2.2. Orígenes	57
2.3. Las primeras fuentes europeas: periodos helenístico y romano	60
2.4. La fuente árabe	62
2.5. La fuente medieval	64
2.6. La fuente renacentista	65
2.7. La fuente barroca	67
2.8. Las fuentes de Roma de los siglos XVI, XVII y XVIII	71
2.9. Las fuentes neoclásicas	72
2.10. Las fuentes románticas	73
2.11. Las fuentes desde finales del siglo XIX hasta nuestros días	75
2.11.1. Implantación de la electricidad. La bomba eléctrica y la lámpara incandescente	76
2.11.2. Las primeras fuentes del siglo XX	77
2.11.3. Fuentes luminosas electromecánicas y cibernéticas	78
2.11.3.1. La Gran Fuente Luminosa de Montjuïc	78
2.11.3.2. Evolución	81
2.11.4. Fuentes ornamentales representativas	87
2.11.5. Últimas innovaciones realizadas en fuentes ornamentales	89
2.12. Conclusión	90
Capítulo 3. Tipología y componentes	91
3.1. Introducción	91
3.2. Clasificación basada en la importancia del agua	91
3.3. Clasificación basada en el sentido del flujo del agua	93

3.4. Tipos de fuentes ornamentales. Descripción y características.	95
3.4.1. Fuentes monumentales o escultóricas.	95
3.4.2. Fuentes con predominio del agua.	96
3.4.3. Fuentes de interior.	96
3.4.4. Fuentes de jardín.	98
3.4.5. Fuentes o conjuntos flotantes	100
3.4.6. Fuentes secas	101
3.4.7. Cortinas y matrices de agua	105
3.4.8. Fuentes cibernéticas.	110
3.4.9. Estanques ornamentales.	112
3.4.10. Rías	115
3.4.11. Estanques para peces.	115
3.5. Componentes de las fuentes ornamentales	116
Capítulo 4. Elementos estructurales: el vaso y la sala de máquinas	119
4.1. Introducción	119
4.2. El Vaso	119
4.2.1. Función e importancia	119
4.2.2. Clasificación de los vasos	121
4.2.2.1. Clasificación de los vasos basada en su forma	122
4.2.2.2. Clasificación de los vasos basada en el tipo de construcción.	124
4.2.3. Elementos que contiene el vaso.	126
4.3. La sala de máquinas	127
4.3.1. Requerimientos constructivos.	128
4.3.2. Elementos y equipos albergados en la sala de máquinas	128
4.3.3. Tipos de salas de máquinas	129
4.3.3.1. Clasificación de las salas de máquinas en función de su complejidad constructiva	130
4.3.3.2. Clasificación de las salas de máquinas en base a su situación	132
Capítulo 5. Obra civil e impermeabilización. Selección de materiales y especificaciones	137
5.1. Introducción y alcance	137
5.2. Proceso constructivo	138
5.2.1. Replanteo.	138
5.2.2. Vaciado y canalizaciones subterráneas	139
5.2.3. Encachado de piedra	140
5.2.4. Hormigón de limpieza y nivelación	140
5.2.5. Construcción de soleras	141
5.2.6. Construcción de muros laterales	142
5.2.7. Albardillas de coronación de los muros laterales y chapado interior de los vasos	143
5.2.8. Vertederos	144
5.2.9. Impermeabilización	144
5.2.10. Construcción de la isleta.	144
5.3. Hormigón <i>in situ</i> . Algunos conocimientos básicos.	145
5.3.1. Hormigón fresco	145
5.3.2. Hormigón endurecido	148

5.3.3. Resistencia del hormigón y su medida	148
5.3.4. Hormigón preparado.	149
5.3.5. Durabilidad del hormigón. Ideas básicas	150
5.3.6. Cómo afecta la temperatura ambiente a la resistencia del hormigón	152
5.3.7. Encofrados	155
5.3.8. Fisuras en el hormigón	158
5.3.8.1. Tipos de fisuras del hormigón y causas que las originan	159
5.3.8.2. Cómo evitar las fisuras en las superficies del hormigón	161
5.3.8.3. Construcción de juntas en el hormigón para evitar su fisuración	163
5.3.9. Huecos en las superficies de hormigón. Cómo evitarlos y su reparación	167
5.3.10. Defectos superficiales en el hormigón. Cómo repararlos	168
5.3.11. Eflorescencias en el hormigón. Tratamiento y prevención.	169
5.3.12. Manchas en las superficies de hormigón. Cómo evitarlas.	170
5.3.13. Armaduras. Tipos y usos	171
5.4. Hormigón prefabricado.	173
5.5. Gunitado	174
5.6. Construcciones de hormigón simulando a la naturaleza	175
5.7. Materiales más utilizados en la construcción de vasos de fuentes y estanques.	176
5.7.1. Ladrillos y baldosas de gres.	176
5.7.2. Azulejos	178
5.7.3. Terrazos	180
5.7.4. Piedras: granitos, areniscas, calizas, pizarras y mármoles	180
5.7.5. Metales: plomo, cobre, latón, bronce, hierro fundido, acero y aluminio	184
5.7.6. Madera	194
5.7.7. Fibra de vidrio.	195
5.7.8. Plásticos	196
5.8. Impermeabilización: materiales y técnicas empleadas. Reparación de impermeabilizaciones deterioradas	197
5.8.1. Tela o manta asfáltica	197
5.8.2. Membranas impermeables	198
5.8.3. Fibra de vidrio.	199
5.8.4. Impermeabilización a base de morteros flexibles y resinas sintéticas	200
5.8.5. Reparación de impermeabilizaciones deterioradas	202
5.9. Evaluación de los principales materiales empleados en la construcción de fuentes y estanques ornamentales.	205
Capítulo 6. Instalación hidráulica. Vertederos	209
6.1. Introducción	209
6.2. Aspectos básicos sobre el flujo de fluidos.	210
6.2.1. Alcance	210
6.2.2. Generalidades	211
6.2.3. Ecuación de continuidad.	212
6.2.4. Presión.	213
6.2.5. Energía y carga mecánica en los fluidos.	214
6.2.6. Ecuación de Bernoulli	215
6.2.7. Pérdida de carga mecánica en los fluidos	218

6.3. Consideraciones sobre cálculos hidráulicos de fuentes ornamentales	218
6.4. Toberas y juegos de agua.	221
6.4.1. Clasificación funcional de las toberas	222
6.4.1.1. Toberas de chorro libre	222
6.4.1.2. Toberas de chorro hueco	231
6.4.1.3. Toberas con arrastre de agua.	232
6.4.1.4. Toberas con succión de aire	236
6.4.1.5. Toberas con arrastre de agua y succión de aire	239
6.4.1.6. Toberas de efecto laminar	242
6.4.1.7. Toberas de pulverización	250
6.4.1.8. Toberas dinámicas	252
6.4.2. Clasificación formal de las toberas.	255
6.4.3. Características de las toberas relacionadas con su funcionamiento.	257
6.5. Surtidores inclinados. Cálculos	258
6.6. Circuitos de aspiración e impulsión. Tuberías y accesorios, distribuidores y válvulas	262
6.6.1. Circuitos de aspiración e impulsión.	262
6.6.2. Tuberías y accesorios	262
6.6.3. Distribuidores	266
6.6.4. Válvulas	268
6.6.5. Electroválvulas.	271
6.7. Cálculos de pérdida de carga en tuberías	272
6.7.1. Pérdida de carga en tuberías empleando ábacos y tablas.	272
6.7.2. Pérdida de carga en tuberías de polietileno (PE) y PVC empleando ábacos y tablas	281
6.7.3. Pérdida de carga empleando programas de ordenador.	285
6.7.4. Cálculo de tuberías aplicando fórmulas de diferentes autores.	285
6.7.4.1. Pérdidas de carga en tuberías rectas con flujo laminar.	286
6.7.4.2. Pérdidas de carga en flujo turbulento	286
6.7.4.3. Pérdidas de carga locales. Longitudes equivalentes	291
6.7.4.4. Pérdidas de carga totales	294
6.8. Bombas.	295
6.8.1. Introducción	295
6.8.2. Conceptos hidráulicos básicos sobre bombas	296
6.8.2.1. Altura manométrica total (H_{man})	296
6.8.2.2. Altura de aspiración manométrica (H_s)	297
6.8.2.3. Cavitación.	298
6.8.2.4. Sumergencia	303
6.8.2.5. Potencia y rendimiento	304
6.8.2.6. Curvas características de una bomba	306
6.8.2.7. Determinación del punto de funcionamiento de un sistema.	308
6.8.2.8. Regulación de bombas centrífugas	309
6.8.3. Bombas para instalar en salas de máquinas de fuentes ornamentales.	314
6.8.4. Bombas para instalación sumergida en los vasos o depósitos adicionales.	319
6.9. Filtros de aspiración.	324
6.10. Instalaciones de llenado.	325
6.11. Instalaciones de vaciado y rebosadero	326

6.12. Vertederos	328
6.12.1. Clasificación	329
6.12.2. Principales componentes de los vertederos	332
6.12.3. Cálculo de vertederos	332
6.12.3.1. Vertedero con menor tiempo de descenso. Curva braquistócrona	333
6.12.3.2. Diagramas y tablas para cálculos rápidos	333
6.12.3.3. Ecuación general para el cálculo de vertederos sin contracción lateral y con contracción lateral	336
6.12.3.4. Vertederos de pared delgada	338
6.12.3.5. Vertederos de pared gruesa	342
6.13. Conducciones con superficie libre: fuentes con escorrentía superficial y rías	345
6.13.1. Generalidades	345
6.13.2. Características geométricas de la sección transversal	349
6.13.3. Cálculo del calado crítico	351
6.13.4. Cálculo del calado normal	353
6.13.5. Consideraciones prácticas para fuentes con corrientes de agua en superficie libre (canales y rías)	355
6.13.6. Cálculo del caudal circulante y del volumen de los vasos o depósitos de aspiración	356
6.14. Reducción del oleaje	359
Capítulo 7. Iluminación e instalación eléctrica	361
7.1. Introducción	361
7.2. Algunos conceptos básicos de luminotecnia	361
7.2.1. La luz. Espectro de la radiación electromagnética	361
7.2.2. El color	363
7.2.3. Magnitudes luminosas: flujo luminoso, rendimiento luminoso, intensidad luminosa, iluminancia y luminancia	367
7.2.4. Principios fundamentales de la luminotecnia	373
7.2.4.1. Ley de la inversa del cuadrado de la distancia	373
7.2.4.2. Ley del coseno	375
7.2.5. Propiedades ópticas de la materia: reflexión, transmisión, absorción y refracción	376
7.3. Iluminación de fuentes y estanques ornamentales	381
7.3.1. Técnicas de iluminación. Fuentes luminosas y fuentes iluminadas	381
7.3.2. Influencia de la refracción en la iluminación de las fuentes	382
7.3.3. Influencia de las partículas en suspensión y la profundidad de los proyectores	383
7.3.4. Algunas consideraciones básicas sobre iluminación de fuentes	383
7.4. Nuevas tecnologías de iluminación. La iluminación en estado sólido	385
7.4.1. Diodos LED	386
7.5. Luminarias y proyectores de LED	396
7.6. Iluminación de fuentes ornamentales con tecnología LED	399
7.7. Sistemas de control de la iluminación y juegos de agua de las fuentes ornamentales	401
7.7.1. Sistemas basados en autómatas programables	401
7.7.2. Control DMX	402
7.8. Prescripciones de reglamentos y normativa exigible a la instalación eléctrica e iluminación	404

7.8.1. Reglamento electrotécnico para baja tensión del año 1973 (149)	405
7.8.2. Reglamento electrotécnico para baja tensión del año 2002 (128).	411
7.8.2.1. Instrucción ITC-BT-31 Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes	412
7.8.2.2. Medidas de protección frente a contactos indirectos	419
7.8.2.3. Medidas de protección frente a contactos directos	421
7.8.2.4. Protección contra sobrecorrientes	421
7.8.2.5. Protección contra cortocircuitos.	421
7.8.2.6. Protección contra sobretensiones	421
7.8.2.7. Instalación de puesta a tierra	422
7.8.2.8. Red equipotencial suplementaria	422
7.8.2.9. Documentación y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas de fuentes ornamentales	422
7.8.2.10. Verificaciones e inspecciones	423
7.8.2.11. Directrices y especificaciones para los cuadros de mando y protección	423
7.8.2.12. Sistema de cableado	425
7.9. Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior (142) .	429
7.10. Cálculo de la instalación eléctrica.	432
7.10.1. Fórmulas para circuitos monofásicos	432
7.10.2. Fórmulas para circuitos trifásicos	433
7.10.3. Potencia demandada por la instalación.	433
7.10.4. Intensidad máxima admisible	433
7.10.5. Caídas de tensión.	434
7.11. Sistemas de control de los juegos de agua en función de la velocidad del viento .	434
7.11.1. Control anemométrico fijo	435
7.11.2. Control anemométrico automático	435
7.12. Variadores de velocidad para accionamiento de bombas. Ahorros que proporcionan .	436
7.13. Monitorización y telecontrol del funcionamiento de las fuentes ornamentales . . .	437
7.14. Ahorros energéticos y de agua, así como mejora del nivel de servicio de las fuentes ornamentales.	440
7.14.1. Cálculo de los ahorros energéticos	441
7.14.2. Cálculo de los ahorros de agua.	441
7.14.3. Mejora del nivel de servicio	442
7.14.4. Un caso real de aplicación en fuentes ornamentales de la ciudad de Madrid	443
7.14.5. Conclusiones	447
Capítulo 8. Tratamiento del agua. Prevención de la legionelosis	449
8.1. Introducción	449
8.2. La necesidad de tratar el agua de las fuentes y estanques ornamentales	449
8.3. Parámetros ligados a la calidad del agua	452
8.4. Tratamiento del agua con productos derivados del cloro	454
8.4.1. Conceptos técnicos	454
8.4.2. Productos y tratamientos empleados	459
8.4.2.1. Alguicidas.	459
8.4.2.2. Cloración de disolución rápida	459
8.4.2.3. Cloración de disolución lenta (Cloro-90)	460
8.4.2.4. Tratamiento mediante ácido hipocloroso obtenido por electrólisis de salmuera	460

8.4.3. Tratamiento y control de la calidad del agua de fuentes y estanques ornamentales.	463
8.5. Estaciones de tratamiento	465
8.5.1. Estación de tratamiento mediante filtro de arena y dosificación de reactivos.	466
8.5.2. Estación de tratamiento con prefiltración mediante rototamiz, microtamiz tipo tambor y dosificación de reactivos	467
8.5.3. Tratamiento mediante planta potabilizadora compacta autoportante, compuesta de bombeo de alimentación con retención de gruesos, dosificación de reactivos, decantación lamelar, filtros y sistemas de control y medida.	472
8.6. Oxigenación del agua con aireadores flotantes	481
8.7. Tratamiento mediante ultrasonidos	482
8.8. Equipos de esterilización ultravioleta UV	483
8.9. Estaciones y centros de control para telecontrolar los parámetros de calidad del agua	484
8.10. Tratamiento para prevención de la legionelosis	484
8.10.1. Qué es la legionelosis	484
8.10.2. Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. Real Decreto 865/2003	485
8.10.3. Guía Técnica para la Prevención y Control de la Legionelosis en fuentes ornamentales y Norma UNE 100030:2017 (186)	485
8.10.3.1. Criterios técnicos y protocolos de actuación para prevenir la legionelosis	486
8.10.3.2. Evaluación del riesgo de cada instalación	489
8.10.3.3. Registro de operaciones.	491
8.10.3.4. Limpieza y desinfección de fuentes ornamentales calificadas de riesgo.	496
Capítulo 9. Proyecto y ejecución de la obra	499
9.1. Introducción.	499
9.2. Las fuentes ornamentales y el urbanismo	499
9.3. Condiciones de un buen proyecto.	501
9.4. Factores determinantes del proyecto	503
9.4.1. Climatología	503
9.4.2. Emplazamiento.	504
9.4.3. Servicios existentes.	507
9.4.4. Presupuesto	508
9.4.5. Condiciones de mantenimiento y explotación	508
9.5. Otros aspectos a tener en cuenta en la redacción del proyecto.	509
9.6. Láminas de agua utilizadas como espejos.	513
9.7. Ejecución de la obra	514
9.7.1. Replanteo	514
9.7.2. Control y vigilancia de la obra	514
9.7.3. Recepción de las obras.	516
Capítulo 10. Mantenimiento y explotación	519
10.1. Introducción	519
10.2. Causas de la disminución de prestaciones de las fuentes ornamentales	520
10.3. Operaciones que comprende el mantenimiento.	521

10.3.1. Inspección visual y verificación del funcionamiento de la fuente ornamental y sus componentes	524
10.3.2. Retirada de sólidos del interior de los vasos	525
10.3.3. Limpieza de vasos con vaciado	526
10.3.4. Mantenimiento preventivo y correctivo de la instalación hidráulica	527
10.3.5. Mantenimiento preventivo y correctivo de la instalación eléctrica y la iluminación	528
10.3.6. Mantenimiento preventivo y correctivo de las estaciones de tratamiento y control de calidad del agua	530
10.3.7. Mantenimiento preventivo y correctivo de la obra civil e impermeabilización	531
10.3.8. Actuaciones a realizar en situaciones excepcionales por bajas temperaturas	532
10.4. Locales, materiales, repuestos y tratamiento de residuos	533
10.5. Gestión y administración del servicio.	533
10.6. Actividades de divulgación, proyectos educativos y de formación ambiental	535
10.6.1. Actividades de divulgación	535
10.6.2. Proyectos educativos	536
10.6.3. Programas de formación medioambiental	537
10.6.4. Generación de informes y memorias de actividades	538
10.7. Evaporación	539
Capítulo 11. Diseño y cálculo de una fuente ornamental	545
11.1. Introducción	545
11.2. Juegos de agua	549
11.3. Pérdidas de carga en las tuberías y altura manométrica de las bombas	553
11.3.1 Pérdidas de carga de tuberías de impulsión y altura manométrica de las bombas.	554
11.3.2. Pérdida de carga de las tuberías de aspiración.	563
11.4. Selección de los grupos motobomba.	566
11.5. Filtros de aspiración	568
11.6. Instalación de llenado	569
11.7. Instalación de vaciado	570
11.8. Estación de tratamiento	572
11.9. Iluminación de los juegos de agua	574
11.10. Instalación eléctrica.	585
11.10.1. Alumbrado y ventilación de la sala de máquinas	585
11.10.2. Previsión de potencia	586
11.10.3. Acometida	589
11.10.4. Derivación individual	589
11.10.5. Cuadro de mando y protección	590
11.10.6. Instalación de fuerza	592
11.10.7. Instalación de alumbrado	595
11.10.8. Cálculo de la intensidad de cortocircuito	600
11.10.9. Cálculo de la puesta a tierra.	603
11.10.10. Control anemométrico automático de los juegos de agua.	604

12. Bibliografía	607
Anexos	619
Principales normas de aplicación a las instalaciones eléctricas de fuentes ornamentales	619
Introducción	619
Anexo I. Reglamento electrotécnico para baja tensión del año 1973. MIE BT 027	
Anexo II. Norma UNE-EN 60598-2-18: 1997 (151)	623
Anexo III. Reglamento electrotécnico para baja tensión del año 2002. ITC-BT-01 Terminología (128)	629
Anexo IV. Reglamento electrotécnico para baja tensión del año 2002. ITC-BT-30 Instalaciones en locales de características especiales (128)	630
Anexo V. Reglamento electrotécnico para baja tensión del año 2002. ITC-BT-31 Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes (128)	633
Anexo VI. Reglamento electrotécnico para baja tensión del año 2002. ITC-BT-36	

Índice de Figuras

Figura 1.1. Fuente de la Salud en Sepúlveda, provincia de Segovia (España)	47
Figura 1.2. Fuente de la Rosaleda del Parque de El Retiro en Madrid (España).	47
Figura 1.3. Estanque Carolasee del parque Grober Garten en Dresde (Alemania).	48
Figura 1.4. Fuente en los Ocho Caños en Ronda, provincia de Málaga (España).	50
Figura 1.5. Fuente en Pedraza, provincia de Segovia (España)	50
Figura 1.6. Fuente en la terraza del palacio Zwinger en Dresde (Alemania)	51
Figura 1.7. Fuente de La Fama en Madrid (España)	52
Figura 2.1. Escalera del Agua en el Generalife de Granada (España)	63
Figura 2.2. Fuente de Neptuno —en primer plano— y Fuente del Órgano —al fondo— en los jardines de Villa d’Este en Tívoli (Italia).	67
Figura 2.3. Fuente del Latone en los jardines de Versalles (Francia).	69
Figura 2.4. Fuente de la Cascada Nueva en los jardines de La Granja de San Ildefonso en Segovia (España)	69
Figura 2.5. Fuente de los Baños de Diana en los jardines de La Granja de San Ildefonso en Segovia (España)	70
Figura 2.6. Fontana de Trevi en Roma (Italia).	71
Figura 2.7. Fuente de Apolo o de las Cuatro Estaciones en Madrid (España).	73
Figura 2.8. Fuente de la plaza de la Cruz Verde en Madrid (España).	75
Figura 2.9. La Gran Fuente Luminosa de Montjuïc en Barcelona (España).	79
Figura 2.10. Esquema de funcionamiento de un programador mecánico (21).	83
Figura 2.11. Electroválvula de 2” de Lumiartecnia Internacional (42)	84
Figura 2.12. Fuente cibernética en rotonda Av. Ramírez Betancourt en Las Palmas de Gran Canaria (España)	86
Figura 2.13. Cascada y Fuentes Océanas de la Pza. de Colón en Madrid (España), hoy desaparecidas	88
Figura 3.1. Fuentes de las Conchas y de los Tritones en el Campo del Moro, Palacio Real de Madrid (España)	92
Figura 3.2. Fuente en Gta. De Ruiz Jiménez en Madrid (España).	92
Figura 3.3. Estanque del Parque de El Retiro en Madrid (España)	92

Figura 3.4. Fuente en Pza. del Liceo en Madrid (España)	92
Figura 3.5. Fuente en Bulevar José Prat con Ladera de los Almendros en Madrid (España). 93	
Figura 3.6. Fuente en Majadahonda (España)	93
Figura 3.7. Fuente en Gta. de Santa M ^a de la Cabeza en Madrid (España).	94
Figura 3.8. Fuente delante del palacio de justicia en Brühlsche Terrasse de Dresde (Alemania).	94
Figura 3.9. Lago en Parque Lineal del Manzanares en Madrid (España).	94
Figura 3.10. Fuente elíptica en Parque del Oeste de Alcorcón (España).	94
Figura 3.11. Fuente en Paseo Marítimo de Valencia (España).	94
Figura 3.12. Cascada en Parque Fuente del Berro en Madrid (España)	94
Figura 3.13. Fuente de Plaza de San Juan de la Cruz en Madrid (España)	95
Figura 3.14. Fuente en hall del hotel Leonardo en Weimar (Alemania).	96
Figura 3.15. Cortina de agua sobre superficie de cristal de establecimiento comercial en C/ Orense 24 en Madrid (España)	98
Figura 3.16. Fuente del Jardín Andalusí del Palacio de Mayorazgo en Arcos de la Frontera (España)	99
Figura 3.17. Fuente en el jardín Huerto de las Monjas en Madrid (España).	100
Figura 3.18. Surtidor con tobera de chorro hueco, lagos parque Tierno Galván en Madrid (España).	101
Figura 3.19. Fuente transitable de Marktplatz en Freudenstadt (Alemania).	102
Figura 3.20. Conjunto compuesto por tobera, proyectores y baldosa de Safe Rain (44) . .	103
Figura 3.21. Conjunto de fuente seca transitable para suelo y ejemplo de funcionamiento (45)	103
Figura 3.22. Fuente seca con estanque diáfano (46)	104
Figura 3.23. Fuente seca con canales comunicados (47).	104
Figura 3.24. Cortina de agua sobre superficie plana frente a edificio en Calle María de Molina 48-50 en Madrid (España).	106
Figura 3.25. Esquema de funcionamiento de cortina de agua de hilos (48).	106
Figura 3.26. Cortina sin superficie plana ni hilos frente a edificio en Calle Martin Luther Ring en Leipzig (Alemania).	107
Figura 3.27. Cortina de agua sin superficie plana ni hilos en Postplatz de Dresde (Alemania).	107
Figura 3.28. Cortina de agua digital (49)	108
Figura 3.29. Cortina de agua del Centro Cultural Fernán Gómez en Madrid (España). . .	108
Figura 3.30. Colector de cortina de agua (50)	109
Figura 3.31. Fuente cibernética en Dársena Los Llanos del Puerto de Santa Cruz de Tenerife (España)	110
Figura 3.32. Estanque en Parque de Felipe VI en Madrid (España).	113
Figura 3.33. Estanque en Parque de Av. De los Andes en Madrid (España)	113
Figura 3.34. Ría del Parque del Oeste en Madrid (España)	115

Figura 3.35. Componentes y diseño de una fuente ornamental (51)	117
Figura 4.1. Fuente frente a Junta Municipal de Retiro en Madrid (España).	120
Figura 4.2. Fuente de la Plaza de República Argentina en Madrid (España)	121
Figura 4.3. Formas clásicas de vasos sencillos, regulares y simples (21)	122
Figura 4.4. Fuentes del jardín del palacio de Zwinger en Dresden (Alemania)	123
Figura 4.5. Fuente de Gta. De Bilbao en Madrid (España)	123
Figura 4.6. Estanque del Parque de Europa en Torrejón de Ardoz (España).	125
Figura 4.7. Fuente Homenaje a Gustavo Adolfo Bécquer en P. Fuente del Berro en Madrid (España)	127
Figura 4.8. Sala de máquinas del estanque del parque de la Dehesa Boyal en Madrid (España).	127
Figura 4.9. Planos de fuente ornamental con arqueta de bombeo	131
Figura 4.10. Planos de planta de sala de máquinas visitable y parte del vaso	131
Figura 4.11. Croquis de sala de máquinas centrada	132
Figura 4.12. Croquis de sala de máquinas secante	133
Figura 4.13. Croquis de sala de máquinas tangente	134
Figura 4.14. Croquis de sala de máquinas subterránea y separada del vaso.	134
Figura 4.15. Croquis de sala de máquinas elevada y separada del vaso	135
Figura 5.1 Sección constructiva de una fuente ornamental	140
Figura 5.2 Colocación de la armadura de la solera y muros laterales.	141
Figura 5.3 Colocación de albardilla de coronación del muro lateral	143
Figura 5.4 Cono de Abrams (54).	146
Figura 5.5. Encofrado del vaso circular de una fuente ornamental	156
Figura 5.6. Sellado de junta con movimiento mediante bandas elásticas tipo Masterseal 930 (55).	165
Figura 5.7. Instalación de Waterstops	165
Figura 5.8. Tipos de perfiles Sika Waterstops® (57).	166
Figura 5.9. Colocación de una albardilla prefabricada.	173
Figura 5.10. Proyección de gunita.	174
Figura 5.11. Vaso revestido de baldosas de gres y vertederos de latón. Fuente en Pza. José Banús en Madrid (España).	177
Figura 5.12. Fuente revestida de gres en parque Grober Garten de Dresde (Alemania) . .	177
Figura 5.13. Vaso revestido de azulejos. Fuente del Jardín Andaluz del Palacio de Mayorazgo en Arcos de la Frontera (España)	179
Figura 5.14. Fuente de granito en Av. Padre Piquer de Madrid (España)	181
Figura 5.15. Fuente de piedra caliza en Paseo del Prado de Madrid (España)	182
Figura 5.16. Fuente de mármol; fuente de Finlandia en Paseo del Prado de Madrid (España).	184

Figura 5.17. Fuente con vaso y vertedero de plomo, situada en escalinata de los jardines del palacio Zwinger de Dresde (Alemania)	185
Figura 5. 18. Fuente de la Selva, jardines de la Granja de San Ildefonso en Segovia (España).	185
Figura 5.19. Cascada de Colón en los Jardines del Descubrimiento en Madrid (España) (hoy desaparecida).	187
Figura 5.20. Elemento escultórico y vertedero de bronce. Fuente de las Conchas en la Plaza de España en Madrid (España)	188
Figura 5.21. Fuente de hierro fundido en la Plaza de la Cebada en Madrid (España)	189
Figura 5.22. Elemento escultórico construido en acero corten y acero inoxidable. Fuente de Av. De Andalucía en Madrid (España).	191
Figura 5.23. Esquema del proceso de corrosión de los metales (72).	192
Figura 5.24. Serie galvánica de metales empleados en construcción (73)	192
Figura 5.25. Elemento de madera sobre la Ría Elíptica del Parque de El Retiro en Madrid (España)	194
Figura 5.26. Vasos de poliéster con fibra de vidrio	195
Figura 5.27. Cascada de agua con tubo de metacrilato, próxima a Rockefeller Center, en New York	197
Figura 5.28. Impermeabilización de vasos de hormigón con productos Quimivisa (78).. . . .	201
Figura 5.29. Impermeabilización de vasos de ladrillo enfoscado con productos Quimivisa (78)	202
Figura 5.30. Estado de la solera una vez retirada la impermeabilización existente.	202
Figura 5.31. Limpieza y saneamiento de grietas.	203
Figura 5.32. Sellado de fisura mediante vertido de resina	203
Figura 5.33. Imprimación de la superficie con resina epoxi de dos componentes para garantizar la adherencia del recubrimiento posterior.	204
Figura 5.34. Aplicación del mortero de reparación	204
Figura 5.35. Impermeabilización de toda la superficie. Resultado final	205
Figura 6.1. Surtidores o chorros	210
Figura 6.2. Lámina de agua	210
Figura 6.3. Cascada	210
Figura 6.4. Representación en un sistema de ejes cartesianos las líneas de carga, energía y piezométrica de un tramo de tubería recta (43)	216
Figura 6.5. Representación en un sistema de ejes cartesianos las líneas de carga, energía y piezométrica de un tramo de tubería recta con válvula intercalada (43).. . . .	217
Figura 6.6. Representación en un sistema de ejes cartesianos las líneas de carga, energía y piezométrica en un sistema de tubería con depósitos abiertos y bombeo (43).	217
Figura 6.7. Esquema de una fuente ornamental con una sola bomba y un único surtidor (94).	220
Figura 6.8. Tubo hueco o caño (96)	223

Figura 6.9. Croquis de la tobera de chorro libre (97)	223
Figura 6.10. Toberas de chorro libre o chorro de lanza (95)	223
Figura 6.11. Toberas con rótulas de orientación (95)	223
Figura 6.12. Tobera de chorro libre desmontada donde se aprecia la rótula y el tranquilizador.	224
Figura 6.13. Fuente en Glorieta de Sandro Pertini en Madrid (España)	227
Figura 6.14. Coronas de surtidores (95)	227
Figura 6.15. Fuente delante del palacio de Orangeriescholss en Potsdam (Alemania).	227
Figura 6.16. Surtidores abanico y ejemplos de su funcionamiento (95).	229
Figura 6.17. Surtidores columna y ejemplo de funcionamiento (95)	230
Figura 6.18. Surtidor palmera (97)	231
Figura 6.19. Plano de la tobera de chorro hueco (95).	232
Figura 6.20. Geiser flotante en el lago de la Casa de Campo en Madrid (España)	232
Figura 6.21. Croquis de la tobera con arrastre de agua (98)	233
Figura 6.22. Funcionamiento de la tobera de arrastre de agua (98).	233
Figura 6.23. Toberas con arrastre de agua, surtidor cascada	234
Figura 6.24. Fuente en el Puente de Segovia de Madrid (España) (95)	235
Figura 6.25. Tobera surtidor casca plana (95).	235
Figura 6.26. Fuente en el Paseo de Atapuerca de Burgos (España) (95).	236
Figura 6.27. Croquis de la tobera con succión de aire	237
Figura 6.28. Croquis de la tobera con succión de aire con funcionamiento mejorado (97)237	237
Figura 6.29. Toberas surtidor de nieve (95).	237
Figura 6.30. Fuente en Plaza de la Virgen Guadalupana de Madrid (España).	238
Figura 6.31. Croquis de la tobera con arrastre de agua y succión de aire de surtidor cilíndrico (98)	240
Figura 6.32. Croquis de la tobera con arrastre de agua y succión de aire de surtidor c�nico (98)	240
Figura 6.33. Toberas abeto de nieve (95).	240
Figura 6.34. Fuente en Cedar St. con William St. en New York (EEUU)	241
Figura 6.35. Fuente en intersección C/ Fuente Carrantona con Arroyo Fontarr�n en Madrid (España)	242
Figura 6.36. Tobera abanico laminar (95).	242
Figura 6.37. Fuente Puerta Independencia del Parque de El Retiro en Madrid (España)	242
Figura 6.38. Tobera surtidor campana (95) y ejemplo de su funcionamiento en la fuente en hall del hotel Leonardo en Weimar (Alemania).	243
Figura 6.39. Tobera cono de agua (95) y ejemplo de su funcionamiento en la fuente de Av. Del Mediterráneo con Castrillo de Aza (Barrio de Sta. Eugenia) en Madrid (España).	244
Figura 6.40. Toberas cáliz (95) y ejemplo de su funcionamiento en la fuente de la Gta. De Cádiz en Madrid (España).	245

Figura 6.41. Tobera flor de cáliz y ejemplo de su funcionamiento (95).	246
Figura 6.42. Tobera pantalla de agua (95).	247
Figura 6.43. Ejemplo de proyección sobre una pantalla de agua (95)	247
Figura 6.44. Ejemplo de funcionamiento de una pantalla de agua (95)	247
Figura 6.45. Semiesfera de agua (95).	248
Figura 6.46. Esfera de agua (95).	248
Figura 6.47. Ejemplo de funcionamiento de semiesferas y esferas de agua (95).	249
Figura 6.48. Esfera de agua con Cascada en 6ª Av. Con 55 St. de New York (EEUU)	249
Figura 6.49. Tobera de pulverización (95)	250
Figura 6.50. Ejemplo de funcionamiento de las toberas de pulverización en la fuente de la Gta. de Embajadores en Madrid (España).	251
Figura 6.51. Piña de pulverización y ejemplo de su funcionamiento (95)	252
Figura 6.52. Tobera flor de agua (95) y ejemplo de su funcionamiento en la fuente que hubo en la Red de San Luis en Madrid (España).	252
Figura 6.53. Surtidores bailarina y ejemplo de su funcionamiento (95).	253
Figura 6.54. Molinetes y ejemplos de su funcionamiento (95).	254
Figura 6.55. Lazo de agua y ejemplos de su funcionamiento (95)	255
Figura 6.56. Surtidores parabólicos en la fuente de la Gta. de Sandro Pertini de Madrid (España).	259
Figura 6.57. Representación en un sistema cartesiano la trayectoria de un surtidor parabólico (43).	259
Figura 6.58. Representación en un sistema de ejes cartesianos la trayectoria de un surtidor parabólico en el que la tobera y caída del agua están a la misma altura	260
Figura 6.59. Instalación hidráulica de acero galvanizado en caliente de una fuente ornamental.	263
Figura 6.60. Accesorios de acero inoxidable para tuberías (101).	265
Figura 6.61. Plano con distribuidores longitudinales correspondientes a la fuente Avda. de Andalucía en Madrid (España)	267
Figura 6.62. Distribuidor circular. Fuente en Pza. de la Beata Mª Ana de Jesús en Madrid (España).	267
Figura 6.63. Válvulas de cierre y regulación para instalaciones hidráulicas	269
Figura 6.64. Esquema de funcionamiento de válvula antirretorno y algunos modelos empleados en fuentes ornamentales	269
Figura 6.65. Válvula motorizada de dos vías	271
Figura 6.66. Electroválvula de 2" de Lumiartecnia Internacional (95).	271
Figura 6.67. Ábaco para determinar la pérdida de carga por rozamiento, expresado en m.c.l. por cada 100 de tubería recta, y la velocidad del fluido en tuberías de hierro fundido (104).	278
Figura 6.68. Pérdida de carga en accesorios expresado como longitud en metros de tubería recta (103).	279