

ÍNDICE

0.1 Prólogo.....	1
0.2 Agradecimientos.....	2
1 PRIMER CAPÍTULO – PRINCIPIANTES.....	3
1.1 El agua.....	3
1.2 Tipos de riego.....	4
1.3 Esquema de un sistema de riego.....	5
1.4 Presión.....	5
1.5 Caudal.....	6
1.6 Transporte de agua. Tuberías.....	7
1.7 Bombas.....	9
1.8 Conexión general. Acometida.....	10
1.9 Riego sectorizado. Zonas hídricas.....	11
1.10 Plano del jardín.....	16
1.11 Colector de válvulas. Electroválvula.....	18
1.12 Tipos de emisores de riego.....	19
1.12.1 Goteros.....	19
1.12.2 Difusores y aspersores.....	21
1.12.3 Difusores.....	22
1.12.4 Aspersores.....	22
1.12.5 Microdifusores y microaspersores.....	23
1.12.6 Inundadores.....	23
1.13 Diseño de riego por difusores y aspersores.....	23
1.13.1 Cuadrado y rectángulo.....	24
1.14 Elección entre difusor o aspersor.....	25
1.15 Mediciones.....	26
1.15.1 Medir la presión estática.....	26
1.15.2 Medir el caudal y la presión dinámica.....	27
1.16 Caudal máximo. Tablas de selección de tuberías.....	28
1.16.1 «¿Cómo determinar el caudal máximo?».....	29
1.17 Tablas rápidas del diseño de riego por aspersión.....	29
1.17.1 Ejemplos de uso de las tablas rápidas del diseño.....	31
1.18 Diseño de riego por goteo.....	38
1.19 Programadores.....	39
1.19.1 Programadores de grifo.....	40
1.19.2 Programadores autónomos con electroválvula.....	40
1.19.3 Programadores murales con alimentación de la red.....	40
1.20 Conexión de un programador.....	41
1.20.1 «¿Qué ajustar en un programador de riego?».....	41
1.20.2 «¿Cuándo regar?».....	42
1.20.3 «¿Cuánto tiempo regará cada uno de los sectores?».....	42
1.20.4 Gestión responsable del agua.....	43
1.21 Guía de instalación.....	43
1.21.1 Instalación de colectores.....	45
1.21.2 Trazado y colocación de tuberías.....	46
1.21.3 Herramientas.....	47
1.21.4 Instalación de difusores y aspersores.....	48
1.21.5 Instalación de goteo.....	51
1.22 Recapitulación del diseño sencillo.....	54
2 SEGUNDO CAPÍTULO – INSTALADORES.....	55
2.1 Ángulo de trayectoria.....	55

2.2 Toberas rotatorias.....	56
2.3 Diseño de riego por aspersión	57
2.3.1 Círculo.....	57
2.3.2 Triángulo equilátero.....	57
2.3.3 Franja.....	57
2.3.4 Una forma general.....	58
2.4 Cálculo de cantidad de emisores.....	58
2.5 Selección de un emisor adecuado.....	60
2.6 Cálculos y unidades.....	60
2.7 Mediciones.....	61
2.8 Condición de funcionamiento.....	62
2.8.1 Pérdidas o ganancias por la gravedad.....	64
2.8.2 Pérdidas de carga por tuberías.....	65
2.8.3 Pérdidas en tubos de plástico.....	66
2.8.4 Pérdidas en tubos metálicos.....	66
2.8.5 Tubería lateral.....	67
2.8.6 Pérdidas de carga por otros obstáculos.....	68
2.8.7 Contadores.....	68
2.8.8 Válvulas de retención.....	70
2.8.9 Cambios de dirección.....	70
2.8.10 Válvulas, llaves de paso.....	71
2.8.11 Colector, electroválvulas.....	72
2.8.12 Presión de trabajo de emisores de riego.....	73
2.9 Uso de la Condición de funcionamiento en práctica.....	73
2.10 Caudal máximo en tuberías.....	74
2.10.1 «¿Cómo establecer el diámetro interior?».....	74
2.10.2 «¿Cómo determinar el caudal máximo?».....	75
2.11 Aplicación de la Condición. Ejemplo A – Difusores.....	76
2.11.1 Ejemplo A – Escoger emisores.....	77
2.11.2 Ejemplo A – Determinar caudal	77
2.11.3 Ejemplo A – Trazado de tubos.....	78
2.11.4 Ejemplo A – Pérdidas por la tubería lateral.....	80
2.11.5 Ejemplo A - Pérdidas de carga por el colector.....	81
2.11.6 Ejemplo A - Pérdidas de carga por la tubería general.....	82
2.11.7 Ejemplo A - Pérdidas de carga por la válvula de retención.....	82
2.11.8 Ejemplo A - Pérdidas de carga por la tubería de suministro.....	82
2.11.9 Ejemplo A - Pérdidas de carga por el contador.....	82
2.11.10 Ejemplo A - Pérdidas de carga por codos, tes y reducciones.....	82
2.11.11 Ejemplo A - Resumir las pérdidas.....	83
2.11.12 Ejemplo A - Aporte de energía al sistema.....	83
2.11.13 Ejemplo A - Conclusión.....	84
2.12 Aplicación de la Condición. Ejemplo B – Aspersores.....	86
2.12.1 Ejemplo B - Pérdidas de carga por la tubería lateral.....	86
2.12.2 Ejemplo B - Pérdidas de carga por el colector.....	87
2.12.3 Ejemplo B - Pérdidas de carga por la tubería general.....	88
2.12.4 Ejemplo B - Pérdidas de carga por la tubería de aspiración.....	88
2.12.5 Ejemplo B - Pérdidas de carga por la válvula de pie.....	88
2.12.6 Ejemplo B - Pérdidas de carga por el filtro de malla.....	89
2.12.7 Ejemplo B - Pérdidas de carga por codos, tes y reducciones.....	89
2.12.8 Ejemplo B - Pérdidas por la elevación.....	89
2.12.9 Ejemplo B - Resumir las pérdidas.....	90
2.12.10 Ejemplo B - Elección de bomba.....	90
2.12.11 Ejemplo B - Conclusión.....	92
2.13 Aplicación de la Condición. Ejemplo C – Sector de goteo.....	93

2.13.1 Ejemplo C - Cálculo de caudal.....	94
2.13.2 Ejemplo C - Pérdidas en tuberías de goteo.....	95
2.13.3 Ejemplo C - Pérdidas en tubería lateral.....	97
2.13.4 Ejemplo C - Pérdidas de carga por el colector.....	97
2.13.5 Ejemplo C - Pérdidas de carga por la tubería general.....	98
2.13.6 Ejemplo C - Pérdidas de carga por la tubería de aspiración.....	98
2.13.7 Ejemplo C - Pérdidas de carga por la válvula de pie.....	98
2.13.8 Ejemplo C - Pérdidas de carga por el filtro de malla.....	98
2.13.9 Ejemplo C - Pérdidas de carga por codos, tes y reducciones.....	98
2.13.10 Ejemplo C - Pérdidas por la elevación.....	100
2.13.11 Ejemplo C - Resumir las pérdidas.....	100
2.13.12 Ejemplo C - Presión de trabajo.....	100
2.13.13 Ejemplo C - Condición de funcionamiento.....	100
2.13.14 Ejemplo C - Conclusión.....	101
2.14 Solución gráfica de un sistema de riego.....	102
2.15 Consejos sobre bombas.....	104
2.15.1 Altura de aspiración.....	104
2.15.2 Solución de problemas en la aspiración.....	107
2.16 Cálculo de potencia.....	108
2.17 Golpe de ariete.....	110
2.18 Bombas gratis – riego por gravedad.....	111
2.19 Peculiaridades de sistemas de riego en taludes.....	114
2.19.1 Goteo.....	114
2.19.2 Aspersores, difusores.....	115
2.19.3 Toberas – reguladoras de presión.....	116
2.19.4 Aspersores, difusores – equilibrio en taludes	116
2.20 Riego por goteo subterráneo.....	118
2.21 Programadores de riego y arranque de bomba	120
2.21.1 Arranque de la bomba.....	120
2.21.2 Válvula maestra.....	122
2.21.3 Programas ABC.....	122
2.22 Preparar sistema de riego para el invierno	124
2.23 Retroceso de agua en los sistemas de riego.....	126
2.24 Guía de instalación. Tubos de PVC.....	127
2.25 Recapitulación del diseño avanzado.....	129
3 TERCER CAPÍTULO – DISEÑADORES.....	130
3.1 Sistemas con filtración de agua. Fertirrigación.....	130
3.1.1 Filtros de malla.....	132
3.1.2 Filtros de anillas.....	134
3.1.3 Filtros de arena.....	135
3.1.4 Filtros de carbón.....	136
3.1.5 Contralavado de filtros.....	137
3.1.6 Fertirrigación.....	138
3.2 Planos de los sistemas de riego.....	140
3.3 Ecuación de funcionamiento.....	141
3.4 Fórmulas para pérdidas de carga en elementos hidráulicos.....	142
3.4.1 Fórmulas relacionadas con la gravedad terrestre.....	143
3.4.2 Fórmulas relacionadas con tuberías.....	143
3.4.3 Fórmulas relacionadas con pérdidas locales.....	144
3.4.4 Fórmulas para válvulas eléctricas.....	146
3.4.5 Fórmulas para filtros.....	147
3.4.6 Fórmulas para bombas.....	149
3.4.7 Más fórmulas para bombas.....	151

3.4.8	Fórmula para caudal óptimo de bomba.....	153
3.4.9	Fórmulas para emisores de riego.....	154
3.4.10	Fórmulas para difusores y aspersores – función potencial.....	155
3.4.11	Fórmulas para difusores y aspersores – función exponencial.....	155
3.4.12	Fórmulas para emisores de goteo.....	156
3.5	Ejemplo D – Solución fina de un sector con un aspersor.....	160
3.6	Métodos de optimización	164
3.6.1	Ejemplo D – Disminuir pérdidas, elegir un emisor apto para la bomba dada.....	164
3.6.2	Ejemplo D – Selección de bomba para instalación definida.....	167
3.6.3	Ejemplo D – Ajustes finos.....	169
3.6.4	Ejemplo D – Conclusión.....	171
3.7	Analogía entre sector hidráulico y circuito eléctrico.....	171
3.7.1	Ejemplo E – 2 difusores en línea. Solución fina.....	173
3.7.2	Ejemplo F – 6 aspersores en 2 líneas. Solución fina.....	175
3.7.3	Ejemplo G – 3 emisores de toberas rotatorias. Sistema de ecuaciones.....	180
3.7.4	Ejemplo G – 3 emisores de toberas rotatorias. Aplicación de Hardy Cross.....	181
3.8	Consideraciones sobre redondeo en los cálculos.....	185
3.9	NPSH, cambio de temperatura y presión atmosférica.....	186
3.9.1	Presión atmosférica y altitud.....	186
3.9.2	Tensión del vapor y temperatura.....	187
3.9.3	Densidad del agua y temperatura.....	187
3.9.4	Pérdidas de carga y temperatura.....	188
3.9.5	Ejemplo de cálculo de NPSH.....	188
3.10	Influencia de temperatura a tuberías.....	189
3.11	Gestión del agua. Tasa de precipitación.....	190
3.11.1	Pluviometría de difusores y aspersores.....	192
3.11.2	Cantidad necesaria de emisores.....	193
3.11.3	Pluviometría en redes de goteo	194
3.11.4	Tiempos de riego para diferentes tipos de suelo.....	195
3.12	Gastos de instalación versus consumo de energía.....	195
3.12.1	Consumo de energía.....	198
3.12.2	Ejemplo H – Optimización del diámetro de tubería.....	199
3.12.3	Ejemplo H – Optimización del consumo de energía para otros elementos.....	202
3.13	Optimización de cantidad y tipo de emisores.....	203
3.13.1	Ejemplo I – Cantidad y tipo de emisores.....	204
3.13.2	Ejemplo J – Cantidad y tipo de emisores.....	206
3.13.3	Ejemplo K – Separación y presión de trabajo óptimas de un aspersor.....	207
3.14	Influencia de vientos.....	209
3.15	Alcance de emisores en taludes.....	213
3.15.1	Tiempos de riego en taludes.....	216
3.15.2	Vientos en taludes.....	217
3.16	Conexión de varias bombas.....	218
3.16.1	Conexión de bombas idénticas en paralelo.....	219
3.16.2	Conexión de bombas idénticas en serie.....	219
3.16.3	Conexión de bombas no idénticas en serie.....	220
3.16.4	Conexión de bombas no idénticas en paralelo.....	220
3.17	Influencia de cambios de tensión en bombas eléctricas.....	223
3.18	Peculiaridades de suministros de «la calle».....	225
3.18.1	Ejemplo L – Suministro de «la calle» como una bomba.....	225
3.18.2	Bomba en serie con un suministro público.....	227
3.18.3	Ejemplo L – Bomba en paralelo con un suministro público.....	227
3.19	Ejemplo L – Análisis ampliado del consumo eléctrico.....	230
3.20	Reductores y reguladores de presión y de caudal.....	234

3.21 Exigencia energética del riego. Elección de bomba.....	238
3.21.1 Ejemplo M – Análisis de un sistema con diferentes tipos de emisores.....	238
3.21.2 Ejemplo M – Elección de una bomba común para varios sectores.....	240
3.21.3 Ejemplo M – Exigencia energética eficaz.....	242
3.22 Reguladores de presión en difusores y consumo de agua.....	243
3.23 Uniformidad de riego con toberas rotatorias.....	246
3.24 Conexión de electroválvulas. Longitud de cables.....	248
3.24.1 Conexión simultánea de electroválvulas.....	250
3.24.2 Sistema de codificación por dos hilos.....	251
3.25 Sensores tradicionales e inteligentes.....	251
3.25.1 Sistemas inteligentes	252
3.26 Pozos y su coste.....	254
3.27 Tamaño de aljibe.....	258
3.28 Grupos de presión.....	260
3.28.1 Funcionamiento de los grupos.....	260
3.28.2 Presostato y cuadro eléctrico.....	262
3.28.3 Depósitos hidroneumáticos.....	263
3.28.4 Ejemplo N - Grupos de presión y diseño de riego.....	265
3.28.5 Ejemplo N - Descarga del tanque hidroneumático. Capacitancia hidráulica.....	268
3.28.6 Ejemplo N - Carga del tanque hidroneumático.....	271
3.28.7 Ejemplo N - Carga del tanque hidroneumático con el difusor en marcha.....	274
3.29 Fenómenos transitorios en sistemas de riego.....	278
3.29.1 Parada del flujo en tuberías.....	279
3.29.2 Inductancia hidráulica.....	281
3.29.3 Aceleración del flujo en tuberías.....	282
3.29.4 Capacitancia e inductancia de sistemas hidráulicos.....	285
3.30 Recapitulación del diseño profesional.....	285
4 CUARTO CAPÍTULO – AHORRO DE AGUA Y ENERGÍA.....	287
4.1 Uso de aguas recicladas.....	287
4.2 Recogida de aguas pluviales.....	288
4.3 Xerojardinería.....	289
4.4 Ahorro de materiales.....	290
4.5 Jardín autosuficiente.....	291
4.6 Métodos de ahorro de agua – resumen.....	293
4.7 Métodos de ahorro de energía – resumen.....	294
5 QUINTO CAPÍTULO – APÉNDICE.....	295
5.1 Método de mínimos cuadrados.....	295
5.1.1 Ajuste potencial (y lineal).....	295
5.1.2 Ajuste exponencial.....	296
5.1.3 Ajuste cuadrático.....	296
5.2 Más problemas resueltos.....	297
5.2.1 Conexión de bombas no idénticas en paralelo. Aplicación del Hardy Cross.....	297
5.2.2 Ejemplo H – Solución exacta de optimización del diámetro de tubería.....	299
5.2.3 Ejemplo de un diseño sencillo.....	301
5.3 Información complementaria.....	303
5.3.1 Viscosidad versus temperatura.....	303
5.3.2 Limitaciones del uso de las fórmulas de las pérdidas de carga.....	303
5.3.3 Capacitancia e inductancia de tuberías largas.....	306
5.3.4 Detección de fugas en líneas hidráulicas.....	310
5.3.5 Sol y sombra.....	311
5.4 Literatura.....	313
5.5 Símbolos y unidades.....	314