

## INDICE GENERAL

	<u>Pag.</u>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LOS EMISORES.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. DISEÑO Y ANÁLISIS DE SUBUNIDADES .....</b>	<b>7</b>
1.3.1. Diseño de subunidades de riego .....	7
1.3.2. Análisis hidráulico de las subunidades .....	14
<b>1.4. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA .....</b>	<b>19</b>
1.4.1. Pérdidas de carga continuas.....	19
1.4.2. Pérdidas de carga localizadas .....	22
<b>1.5. DETERMINACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE RIEGO.....</b>	<b>26</b>
1.5.1. Definición y factores que la afectan .....	26
1.5.2. Causas de falta de uniformidad.....	27
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>33</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2. COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL EMISOR: PREDICCIÓN DEL CAUDAL ARROJADO .....</b>	<b>37</b>
3.2.1. Emisor individual .....	39
3.2.2. Conjunto de emisores .....	45
<b>3.3. VARIABILIDAD DE LOS CAUDALES PREDICHOS .....</b>	<b>52</b>
3.3.1. Propiedades de la varianza y la covarianza .....	53
3.3.2. Ajuste potencial.....	54
3.3.3. Ajuste parabólico.....	57
<b>3.4. ENSAYO DE LOS EMISORES EN EL LABORATORIO.....</b>	<b>59</b>
3.4.1. Descripción del banco de ensayo de emisores.....	60
3.4.2. Descripción de los ensayos.....	62
3.4.3. Emisores ensayados .....	65
<b>3.5. CREACIÓN DE LA POBLACIÓN Y DE LA MUESTRA DE EMISORES .....</b>	<b>66</b>
3.5.1. Comprobación de la normalidad de los datos.....	67
3.5.2. Creación de la población de emisores.....	68
3.5.3. Distribución de los emisores en la subunidad: Siembra aleatoria.....	70
<b>3.6. DETERMINACIÓN DE LAS PRESIONES DE ENTRADA A LOS EMISORES.....</b>	<b>71</b>
3.6.1. Pérdidas de carga continuas.....	72
3.6.2. Pérdidas de carga localizadas .....	73
<b>3.7. UNIFORMIDAD DE RIEGO .....</b>	<b>79</b>
3.7.1. Coeficientes de uniformidad de riego considerados a efectos de análisis.....	81
3.7.2. Coeficientes de uniformidad de riego a efectos de diseño .....	84
<b>3.8. ENTORNO DE PROGRAMACIÓN UTILIZADO PARA LA APLICACIÓN INFORMÁTICA. ....</b>	<b>91</b>
<b>3.9. ANÁLISIS DE SUBUNIDADES TIPO.....</b>	<b>91</b>
3.9.1. Criterios de diseño adoptados.....	92
3.9.2. Elección del tipo de tubería .....	93
3.9.3. Elección del tipo de emisor .....	94
3.9.4. Geometría de la subunidad .....	94
3.9.5. Subunidades definidas .....	95
3.9.6. Criterios y condiciones del análisis.....	96

<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>101</b>
<b>4.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>101</b>
<b>4.2. ENSAYOS DE LOS EMISORES EN LABORATORIO .....</b>	<b>101</b>
4.2.1. Resultados de los ensayos .....	101
4.2.2. Discusión de los resultados.....	106
<b>4.3. COEFICIENTES DE VARIACIÓN, CV .....</b>	<b>113</b>
4.3.1. Descripción de los resultados .....	113
4.3.2. Discusión de los resultados.....	116
<b>4.4. PROGRAMA DE ANÁLISIS DE SUBUNIDADES.....</b>	<b>128</b>
4.4.1. Características del programa .....	129
4.4.2. Módulos del programa .....	129
4.4.3. Algoritmo de análisis hidráulico .....	131
<b>4.5. ANÁLISIS DE SUBUNIDADES TIPO .....</b>	<b>133</b>
4.5.1. Resultados de los análisis de las subunidades.....	133
4.5.2. Discusión de los resultados.....	136
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>147</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>147</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>150</b>
<b>5.3. TRABAJOS FUTUROS.....</b>	<b>151</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>155</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>161</b>
<b>ANEXO I: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE EMISORES COMERCIALES .....</b>	<b>163</b>
<b>I.1. EMISORES ENSAYADOS .....</b>	<b>163</b>
<b>I.2. EMISORES NO AUTOCOMPENSANTES .....</b>	<b>164</b>
I.2.1. Noauto-1 (Netafim botón 2) .....	164
I.2.2. Noauto-2 (Bricorriego 2).....	165
I.2.3. Noauto-2a (Bricorriego 2; Sin datos anómalos).....	166
I.2.4. Noauto-3 (Toroplastro 4).....	167
I.2.5. Noauto-3a (Toroplastro 4; Sin datos anómalos).....	168
I.2.6. Noauto-4 (Bricorriego 4).....	169
I.2.7. Noauto-5 (Azudrip compact 4) .....	170
I.2.8. Noauto-6 (Azudpro 4) .....	171
I.2.9. Noauto-6a (Azud pro 4; Sin datos anómalos) .....	172
I.2.10. Noauto-7 (Azudrip compact 2,2) .....	173
I.2.11. Noauto-8 (Azudpro 2,2) .....	174
I.2.12. Noauto-9 (Tuftiff 8).....	175
<b>I.3. EMISORES AUTOCOMPENSANTES .....</b>	<b>176</b>
I.3.1. Auto-1 (Twin plus 1,8).....	176
I.3.2. Auto-1c (Twin plus 1,8; Intervalo de compensación) .....	177
I.3.3. Auto-2 (Hydro PC 2,2) .....	178
I.3.4. Auto-2c (Hydro PC 2,2; Intervalo de compensación).....	179
I.3.5. Auto-3 (Netafim botón 4) .....	180
I.3.6. Auto-3c (Netafim botón 4; Intervalo de compensación).....	181
I.3.7. Auto-4 (Netafim PCJ 4) .....	182
I.3.8. Auto-4a (Netafim PCJ 4; Sin datos anómalos) .....	183
I.3.9. Auto-5 (Flapper 7).....	184
I.3.10. Auto-6 (Netafim Technet 2) .....	185
I.3.11. Auto-6a (Netafim Technet 2; Sin datos anómalos).....	186

I.3.12. Auto-7 (Netafim botón 2) .....	187
I.3.13. Auto-8 (Turboplus 4) .....	188
I.3.14. Auto-8a (Turboplus 4; Sin datos anómalos) .....	189
I.3.15. Auto-8ac (Turboplus 4; Sin datos anómalos; Intervalo de compensación) .....	190
I.3.16. Auto-9 (Azud premier line 2,3) .....	191
I.3.17. Auto-9a (Azud premier line 2,3; Sin datos anómalos) .....	192
I.3.18. Auto-10 (Azud premier line 1,5) .....	193
I.3.19. Auto-11 (Azud premier line 1,1) .....	194
I.3.20. Auto-11a (Azud premier line 1,1; Sin datos anómalos) .....	195
I.3.21. Auto-12 (LBC 4) .....	196
I.3.22. Auto-12a (LBC 4; Sin datos anómalos) .....	197
I.3.23. Auto-12ac (LBC 4; Sin datos anómalos; Intervalo de compensación) .....	198
I.3.24. Auto-13 (Azud premier line 2.3L 9261) .....	199
I.3.25. Auto-14 (Azud premier line 1.6L 9261) .....	200
I.3.26. Auto-15 (Azud premier line 1.0L 9261) .....	201
I.3.27. Auto-16 (Azud premier line 3.0L 9261) .....	202
I.3.28. Auto-17 (Azud premier line 3.5L 9261) .....	203
I.3.29. Auto-18 (Ibán 1,6) .....	204
I.3.30. Auto-19 (Ibán 2,3) .....	205
<b>ANEXO II: COEFICIENTES DE VARIACIÓN .....</b>	<b>207</b>
<b>II.1. EMISORES ENSAYADOS.....</b>	<b>207</b>
<b>II.2. EMISORES NO AUTOCOMPENSANTES.....</b>	<b>208</b>
II.2.1. Noauto-1 (Netafim botón 2).....	208
II.2.2. Noauto-2 (Bricorriego 2 ).....	209
II.2.3. Noauto-2a (Bricorriego 2; Sin datos anómalos) .....	210
II.2.4. Noauto-3 (Toroplastro 4).....	211
II.2.5. Noauto-3a (Toroplastro 4; Sin datos anómalos) .....	212
II.2.6. Noauto-4 (Bricorriego 4) .....	213
II.2.7. Noauto-5 (Azudrip compact 4) .....	214
II.2.8. Noauto-6 (Azudpro 4).....	215
II.2.9. Noauto-6a (Azudpro 4; Sin datos anómalos).....	216
II.2.10. Noauto-7 (Azudrip compact 2,2) .....	217
II.2.11. Noauto-8 (Azudpro 2,2).....	218
II.2.12. Noauto-9 (Tuftiff 8) .....	219
<b>II.3. EMISORES AUTOCOMPENSANTES .....</b>	<b>220</b>
II.3.1. Auto-1 (Twin plus 1,8) .....	220
II.3.2. Auto-1c (Twin plus 1,8; Intervalo de compensación) .....	221
II.3.3. Auto-2 (Hydro PC 2,2).....	222
II.3.4. Auto-2c (Hydro PC 2,2; Intervalo de compensación) .....	223
II.3.5. Auto-3 (Netafim botón 4).....	224
II.3.6. Auto-3c (Netafim botón 4; Intervalo de compensación).....	225
II.3.7. Auto-4 (Netafim PCJ 4) .....	226
II.3.8. Auto-4a (Netafim PCJ 4; Sin datos anómalos) .....	227
II.3.9. Auto-5 (Flapper 7) .....	228
II.3.10. Auto-6 (Netafim technet 2) .....	229
II.3.11. Auto-6a (Netafim technet 2; Sin datos anómalos) .....	230
II.3.12. Auto-7 (Netafim botón 2) .....	231
II.3.13. Auto-8 (Turboplus 4) .....	232
II.3.14. Auto-8a (Turboplus 4; Sin datos anómalos) .....	233

II.3.15. Auto-8ac (Turboplus 4; Sin datos anómalos; Intervalo de compensación) .....	234
II.3.16. Auto-9 (Azud premier line 2,3) .....	235
II.3.17. Auto-9a (Azud premier line 2,3; Sin datos anómalos) .....	236
II.3.18. Auto-10 (Azud premier line 1,5) .....	237
II.3.19. Auto-11 (Azud premier line 1,1) .....	238
II.3.20. Auto-11a (Azud premier line 1,1; Sin datos anómalos) .....	239
II.3.21. Auto-12 (LBC 4) .....	240
II.3.22. Auto-12a (LBC 4; Sin datos anómalos).....	241
II.3.23. Auto-12ac (LBC 4; Sin datos anómalos; Intervalo de compensación) .....	242
II.3.24. Auto-13 (Azud premier line 2.3L 9261).....	243
II.3.25. Auto-14 (Azud premier line 1.6L 9261).....	244
II.3.26. Auto-15 (Azud premier line 1.0L 9261).....	245
II.3.27. Auto-16 (Azud premier line 3.0L 9261).....	246
II.3.28. Auto-17 (Azud premier line 3.5L 9261).....	247
II.3.29. Auto-18 (Ibán 1,6).....	248
II.3.30. Auto-19 (Ibán 2,3).....	249
<b>ANEXO III: DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA INFORMÁTICO “ANASUB” .....</b>	<b>251</b>
<b>III.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>251</b>
<b>III.2. INICIO .....</b>	<b>253</b>
<b>III.3. GESTIÓN DE SUBUNIDADES .....</b>	<b>254</b>
III.3.1. Introducción de una nueva subunidad .....	254
III.3.1.1 disposición de emisores.....	256
III.3.1.2 DISPOSICIÓN DE LATERALES .....	257
III.3.1.3 datos completados .....	260
III.3.2. Recuperar subunidad.....	260
III.3.3. Completar datos restantes .....	261
III.3.3.1 Guardar subunidad .....	262
III.3.3.2 Obturar y cerrar emisores .....	262
<b>III.4. GESTIÓN DE EMISORES.....</b>	<b>263</b>
III.4.1. Introducción de un nuevo emisor.....	263
III.4.2. Recuperar emisor .....	265
III.4.3. Guardar emisor .....	266
<b>III.5. GENERACIÓN DE LA POBLACIÓN Y LA MUESTRA DE EMISORES .....</b>	<b>266</b>
III.5.1. Ecuaciones de descarga de los emisores. Relaciones entre coeficientes .....	266
III.5.2. Datos de la población y la muestra generadas .....	267
<b>III.6. PARÁMETROS HIDRÁULICOS .....</b>	<b>269</b>
III.6.1. Pérdidas de carga continuas .....	269
III.6.2. Pérdidas de carga localizadas .....	270
III.6.2.1 fórmulas empíricas .....	270
III.6.2.2 LONGITUD EQUIVALENTE DE LA CONEXIÓN.....	271
III.6.2.3 coeficiente mayorante de pérdidas.....	272
III.6.2.4 coeficiente de resistencia .....	272
<b>III.7. ANÁLISIS DE LA SUBUNIDAD .....</b>	<b>273</b>
<b>III.8. OBTENCIÓN DE RESULTADOS Y GRÁFICOS.....</b>	<b>277</b>
III.8.1. Uniformidad de distribución.....	277
III.8.2. Gráficos .....	278
III.8.2.1 caudales y presiones.....	278
III.8.2.2 líneas de energía.....	279
<b>ANEXO IV: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS SUBUNIDADES TIPO .....</b>	<b>281</b>

---

<b>IV.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>281</b>
<b>IV.2. SUBUNIDADES ANALIZADAS.....</b>	<b>281</b>
IV.2.1. Con emisores no autocompensantes .....	282
IV.2.1.1 <i>Subnocomp-1</i> .....	282
IV.2.1.2 <i>Subnocomp-2</i> .....	284
IV.2.1.3 <i>Subnocomp-3</i> .....	286
IV.2.1.4 <i>Subnocomp-4</i> .....	288
IV.2.2. Con emisores autocompensantes .....	290
IV.2.2.1 <i>Subcomp-1</i> .....	290
IV.2.2.2 <i>Subcomp-2</i> .....	292
IV.2.2.3 <i>Subcomp-3</i> .....	294
IV.2.2.4 <i>Subcomp-4</i> .....	296