

Índice de los capítulos

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	III
RESUM	V
ABSTRACT	VII
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN. ASPIRACIÓN DIRECTA EN INSTALACIONES INTERIORES DE EDIFICIOS	1
1.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2 ASPIRACIÓN DE GRUPOS DE PRESIÓN EN INSTALACIONES INTERIORES	5
1.2.1 CONEXIÓN DIRECTA.....	5
1.2.2 CONEXIÓN O ASPIRACIÓN INDIRECTA.....	6
1.2.3 TIPOLOGÍA DE GRUPOS DE PRESIÓN.....	6
1.2.4 NORMATIVA.....	7
1.2.5 VENTAJAS ASOCIADAS A LA ASPIRACIÓN EN DIRECTO.....	10
1.2.6 INCONVENIENTES ASOCIADOS A LA ASPIRACIÓN EN DIRECTO.....	15
1.2.7 RESUMEN DE LAS IMPLICACIONES DE CADA CONEXIÓN.....	22
1.3 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	23
1.4 ANTECEDENTES	24
1.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	27
CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN....	29
2.1 INTRODUCCIÓN	31
2.2 CONCEPTO DE MODELO MATEMÁTICO DE UNA RED	32
2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE ANÁLISIS DINÁMICOS.....	33

2.2.2	ETAPAS EN LA ELABORACIÓN DE UN MODELO	35
2.2.3	CALIBRACIÓN DE UN MODELO.....	46
2.3	EJEMPLO DE CARACTERIZACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO DE UN SECTOR DE RED PARA SU ANÁLISIS EN RÉGIMEN PERMANENTE	49
2.3.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO	49
2.3.2	CARACTERIZACIÓN DE LA RED GENERAL DE DISTRIBUCIÓN	51
2.3.3	CARACTERIZACIÓN DE LAS PAUTAS DE CONSUMO DE LOS USUARIOS.....	55
2.3.4	CARACTERIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN INTERIOR DE LOS EDIFICIOS	58
2.3.5	ESCENARIOS SIMULADOS.....	64
2.4	EJEMPLO DE CARACTERIZACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO DE UN EDIFICIO PARA SU ANÁLISIS EN RÉGIMEN TRANSITORIO	65
2.4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCEDIMIENTO DESARROLLADO	65
2.4.2	CARACTERIZACIÓN DE LA RED GENERAL DE DISTRIBUCIÓN	66
2.4.3	CARACTERIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN INTERIOR DEL EDIFICIO	69
2.4.4	IMPLEMENTACIÓN DE LOS ESQUEMAS DE CONEXIÓN DIRECTA.....	70
2.4.5	ESCENARIOS SIMULADOS.....	71

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA CONEXIÓN DIRECTA EN RÉGIMEN PERMANENTE ... 73

3.1	INTRODUCCIÓN.....	75
3.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA GENERACIÓN DEL MODELO	76
3.2.1	HIPÓTESIS DE PARTIDA.....	76
3.2.2	CARACTERIZACIÓN DE LAS SIMULACIONES	77
3.2.3	COMPARACIÓN DE LOS COMPORTAMIENTOS DE LOS DIFERENTES ESQUEMAS	84
3.3	RESULTADOS EN RÉGIMEN PERMANENTE PARA EL ESQUEMA TIPO I.....	91
3.3.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS EN RÉGIMEN PERMANENTE	94
3.3.2	APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES.....	97
3.4	RESULTADOS EN RÉGIMEN PERMANENTE PARA EL ESQUEMA TIPO II	99
3.4.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS PARA EL ESQUEMA TIPO II	100
3.4.2	REPRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES.....	105
3.5	RESULTADOS EN RÉGIMEN PERMANENTE PARA EL ESQUEMA TIPO III	106
3.5.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS EN RÉGIMEN PERMANENTE	106
3.5.2	REPRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES.....	110
3.6	COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS DE LOS ESQUEMAS DE SUMINISTRO	111
3.7	EJEMPLO DE APLICACIÓN	112
3.7.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	113
3.7.2	DESARROLLO NUMÉRICO	113
3.7.3	CONCLUSIÓN SOBRE LA CAPACIDAD DEL TRAMO	115

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA CONEXIÓN DIRECTA EN RÉGIMEN TRANSITORIO 117

4.1 INTRODUCCIÓN.....	119
4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS SOLICITACIONES TRANSITORIAS EN UNA INSTALACIÓN MONITORIZADA	120
4.2.1 BOMBA DE VELOCIDAD FIJA CONECTADA EN DIRECTO	120
4.2.2 BOMBA DE VELOCIDAD VARIABLE CONECTADA EN DIRECTO	122
4.2.3 COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS	123
4.3 RESPUESTA DE LA INSTALACIÓN OBTENIDA MEDIANTE SU MODELO HIDRÁULICO.....	124
4.3.1 EVOLUCIÓN DE LOS CAUDALES EN EL MODELO	124
4.3.2 EVOLUCIÓN DE LA PRESIÓN EN LOS DIFERENTES PUNTOS DEL MODELO	126
4.3.3 COMPORTAMIENTO DE LA BOMBA.....	127
4.3.4 CONSIDERACIONES DE CÁLCULO.....	128
4.4 VALIDACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO	129
4.4.1 ARRANQUE DE LA BOMBA DE VELOCIDAD FIJA.....	130
4.4.2 PARADA DE LA BOMBA DE VELOCIDAD FIJA	132
4.4.3 VALIDACIÓN DEL MODELO DE LA BOMBA DE VELOCIDAD VARIABLE	134
4.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO	136
4.5.1 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE LA RGD	136
4.5.2 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE LA INSTALACIÓN INTERIOR.....	145
4.5.3 TRANSITORIO POR PARADA DEL GRUPO	165
4.6 CONCLUSIONES	166

CAPÍTULO 5. MECANISMOS DE PROTECCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LOS EFECTOS

TRANSITORIOS POR LA CONEXIÓN DIRECTA	169
5.1 INTRODUCCIÓN.....	171
5.2 SOLICITACIONES MÁXIMAS RECOMENDADAS	172
5.2.1 PRESIÓN MÍNIMA EN RED, $P_{\text{MIN RED}}$	173
5.2.2 CAÍDA MÁXIMA ASOCIADA AL TRANSITORIO DE ARRANQUE O EQUIVALENTE, ΔP_{TA}	173
5.2.3 CAÍDA DE PRESIÓN MÁXIMA EN RÉGIMEN PERMANENTE, ΔP_{RP}	174
5.2.4 SOBREPRESIÓN MÁXIMA ASOCIADA AL TRANSITORIO DE PARO O EQUIVALENTE.....	174
5.2.5 PRESIÓN MÁXIMA ASOCIADA AL TRANSITORIO DE PARO O EQUIVALENTE.....	174
5.3 UTILIZACIÓN DE DEPÓSITO HIDRONEUMÁTICO EN ASPIRACIÓN	175
5.3.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	175
5.3.2 ESQUEMA DE INSTALACIÓN	176
5.3.3 MONITORIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UN CALDERÍN EN ASPIRACIÓN	176
5.3.4 MEJORAS OBTENIDAS EN LA INSTALACIÓN DE REFERENCIA CON CALDERÍN DE ASPIRACIÓN.....	177
5.3.5 MODELO DE SIMULACIÓN DEL TRAMO	178

5.3.6	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA INSTALACIÓN EQUIPADA CON CALDERÍN	179
5.3.7	INFLUENCIA DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CONSTRUCTIVAS	183
5.3.8	INFLUENCIA DEL CAUDAL DEL GRUPO DE PRESIÓN	197
5.4	DIMENSIONADO DE LA PROTECCIÓN.....	204
5.4.1	CRITERIO DE DIMENSIONADO DE LA PROTECCIÓN	205
5.5	CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	207
5.5.1	CONSIDERACIONES GENERALES	207
5.5.2	DIÁMETRO DE LA CONEXIÓN DEL CALDERÍN.....	208
5.5.3	RAMAL DE CONEXIÓN.....	208
5.5.4	ANCLAJE DEL CALDERÍN	208
5.5.5	BATERÍA DE CALDERINES	208
5.5.6	SISTEMAS DE ARRANQUE DE LAS BOMBAS	208
5.6	CONSIDERACIONES SOBRE EL MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	209
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.....		211
6.1	INTRODUCCIÓN.....	213
6.1.1	PROBLEMÁTICA ASOCIADA A LA ASPIRACIÓN INDIRECTA	214
6.1.2	PROBLEMÁTICA ASOCIADA A LA ASPIRACIÓN DIRECTA	215
6.1.3	NECESIDADES DE UN MODELO DE SIMULACIÓN.....	216
6.1.4	CAPACIDAD DE LA RED GENERAL	217
6.1.5	SOLICITACIONES TRANSITORIAS ASOCIADAS A LA CONEXIÓN DIRECTA	222
6.1.6	ALTERNATIVAS PARA LA PROTECCIÓN DE INSTALACIONES PARA LA CONEXIÓN DIRECTA.....	223
6.2	RESULTADOS DIRECTOS DE LA TESIS.....	226
6.3	DESARROLLOS FUTUROS.....	227

ÍNDICE DE LOS ANEXOS

ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DE UNA INSTALACIÓN		
INTERIOR DE SUMINISTRO DE AGUA		233
1.1	INTRODUCCIÓN.....	235
1.2	RED GENERAL DE DISTRIBUCIÓN (RGD)	235
1.2.1	CONSIDERACIONES SOBRE LA RGD.....	235
1.2.2	TUBERÍAS DE LA RGD	235
1.2.3	VÁLVULAS Y ELEMENTOS DE CONTROL RGD	236
1.2.4	TRAMO DE ACOMETIDA	237

1.3	INSTALACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO	239
1.3.1	LLAVE DE PASO O DE CORTE GENERAL (SITUADA EN EL INTERIOR DEL EDIFICIO).....	240
1.3.2	FILTRO GENERAL DE LA INSTALACIÓN.....	240
1.3.3	CONTADOR GENERAL.....	241
1.3.4	LLAVE, GRIFO O RACOR DE PRUEBA	241
1.3.5	VÁLVULA DE RETENCIÓN (DISPOSITIVO ANTIRRETORNO).....	241
1.3.6	LLAVE DE SALIDA DE ARQUETA	241
1.3.7	TUBO DE ALIMENTACIÓN	241
1.3.8	DISTRIBUIDOR O BATERÍA DE CONTADORES.....	241
1.3.9	CONTADORES DIVISIONARIOS	242
1.3.10	ASCENDENTES O MONTANTES.....	242
1.4	INSTALACIÓN PARTICULAR Y DERIVACIONES COLECTIVAS.....	243
1.4.1	INSTALACIÓN PARTICULAR	244
1.4.2	DERIVACIONES COLECTIVAS.....	244
 ANEXO 2. ESQUEMAS DE SUMINISTRO ADOPTADOS EN LAS INSTALACIONES INTERIORES		245
2.1	INTRODUCCIÓN.....	247
2.2	SUMINISTRO EN DIRECTO SIN GRUPO DE PRESIÓN (TIPO I).....	247
2.3	SUMINISTRO EN DIRECTO CON BOMBA DE VELOCIDAD FIJA (TIPO II).....	249
2.4	SUMINISTRO EN DIRECTO Y CON GRUPO DE VELOCIDAD FIJA (TIPO III)	250
2.5	SUMINISTRO CON GRUPO DE VELOCIDAD VARIABLE (TIPO IV)	251
2.6	SUMINISTRO CON GRUPO DE VELOCIDAD FIJA Y DEPÓSITO ATMOSFÉRICO (CONVENCIONAL)	252
2.7	SUMINISTRO CON DEPÓSITO EN LA PARTE SUPERIOR DEL EDIFICIO	253
 ANEXO 3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA EN VIVIENDAS EN EL ENTORNO		
RESIDENCIAL		255
3.1	INTRODUCCIÓN.....	257
3.2	METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL SIMULTÁNEO EN UN TRAMO	258
3.2.1	PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO EN LA NIA.....	258
3.2.2	PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO POR LAS NORMAS FRANCESAS (NF P 41-204).....	261
3.2.3	PROCEDIMIENTO RACIONAL (MÉTODO ESPAÑOL)	265
3.2.4	PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO EN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	266
3.2.5	PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO POR LAS NORMAS ESPAÑOLAS (UNE 149201)	267
3.3	RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA BASE DE DATOS DE CONSUMOS	270
3.4	COMPARACIÓN CON LAS SIMULACIONES DE LOS CONSUMOS DE LA BASE DE DATOS	273
3.4.1	COMPARACIÓN CON LA METODOLOGÍA DERIVADA DE LA NIA.....	274

3.4.2	COMPARACIÓN CON LA METODOLOGÍA ESTABLECIDA EN LA NF P 41-204.....	275
3.5	COMPARACIÓN CON EL MÉTODO RACIONAL.....	276
3.5.1	COMPARACIÓN CON LA METODOLOGÍA ESTABLECIDA EN LA UNE 149201.....	277
3.6	CONCLUSIONES.....	278

ANEXO 4. MONITORIZACIÓN DE UN EDIFICIO PARA REGISTRAR LOS EFECTOS TRANSITORIOS

GENERADOS EN CONEXIÓN DIRECTA.....		279
4.1	INTRODUCCIÓN.....	281
4.2	OBJETIVOS PERSEGUIDOS.....	281
4.3	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN MONITORIZADA.....	282
4.3.1	DESCRIPCIÓN DE LA RED GENERAL DE DISTRIBUCIÓN.....	282
4.3.2	INSTALACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.....	283
4.3.3	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES INDIVIDUALES.....	288
4.4	MONITORIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL EDIFICIO.....	289
4.4.1	REGISTRO DE DATOS DE CAUDAL.....	289
4.4.2	REGISTRO DE DATOS DE PRESIÓN.....	290
4.4.3	CARACTERÍSTICAS DE LAS SONDAS DE PRESIÓN.....	291
4.4.4	ALTERNANCIA DEL ESQUEMA DE SUMINISTRO.....	292
4.4.5	CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE PRESIÓN.....	293
4.5	DURACIÓN DE LAS MEDICIONES.....	294
4.6	RESULTADOS DE LA MONITORIZACIÓN DEL EDIFICIO.....	295
4.6.1	REGISTROS DEL GRUPO DE VELOCIDAD FIJA CONECTADO EN DIRECTO.....	295
4.6.2	REGISTROS DEL GRUPO DE VELOCIDAD VARIABLE CONECTADO EN DIRECTO.....	297
4.6.3	RESPUESTA ANTE MEDIDAS DE PROTECCIÓN.....	298
4.6.4	COMPARACIÓN DE SOLICITACIONES.....	299
4.7	CONCLUSIONES.....	301

ANEXO 5. CONSIDERACIONES SOBRE LA CONEXIÓN INDIRECTA CON DEPÓSITO ATMOSFÉRICO 303

5.1	INTRODUCCIÓN.....	305
5.2	ESQUEMA DE INSTALACIÓN.....	306
5.2.1	SOLICITACIONES ASOCIADAS AL LLENADO DEL DEPÓSITO ATMOSFÉRICO.....	306
5.3	SIMULACIÓN DE LAS SOLICITACIONES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL DE LLENADO.....	309
5.3.1	MANIOBRAS EN RÉGIMEN TRANSITORIO DE LA VÁLVULA.....	310
5.3.2	RÉGIMEN PERMANENTE.....	311
5.4	DIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.....	311
5.4.1	DEPÓSITO AUXILIAR DE ALIMENTACIÓN.....	311

5.4.2	VÁLVULA DE CONTROL DE LLENADO	312
5.5	SITUACIONES ACONSEJADAS DE USO COMO ELEMENTO DE PROTECCIÓN	312
5.6	RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN DEL DEPÓSITO ATMOSFÉRICO	313
ANEXO 6.	FUNDAMENTOS DEL CÁLCULO TRANSITORIO DE ALLIEVI.....	315
6.1	INTRODUCCIÓN.....	317
6.2	FUNDAMENTOS DEL CÁLCULO TRANSITORIO DE ALLIEVI	317
6.2.1	ECUACIONES FUNDAMENTALES DEL MODELO ELÁSTICO	317
6.3	MODELACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONTORNO	319
6.4	NUDOS.....	320
6.5	DEPÓSITOS.....	321
6.6	TUBERÍAS	321
6.7	VÁLVULAS	322
6.7.1	VÁLVULA DE REGULACIÓN	322
6.7.2	VÁLVULA DE RETENCIÓN.....	323
6.8	ESTACIONES DE BOMBEO	323
6.8.1	BOMBAS.....	323
6.8.2	VÁLVULAS DEL GRUPO	325
6.9	ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN.....	325
6.9.1	DEPÓSITO HIDRONEUMÁTICO O CALDERÍN	325
6.9.2	DATOS DEL RAMAL DE UNIÓN	326
6.9.3	CONDICIONES DE CONTORNO DEL CALDERÍN	326
6.10	CÁLCULO DEL RÉGIMEN PERMANENTE.....	327
ANEXO 7.	NOTACIÓN, DEFINICIONES Y SIMBOLOGÍA	329
7.1	NOTACIÓN.....	331
7.2	DEFINICIONES.....	333
7.3	SIMBOLOGÍA	337
ANEXO 8.	REFERENCIAS	341