

NORMAS TÉCNICAS DE SANEAMIENTO

Revisión 0 – Abril 2013



NORMAS TÉCNICAS DE
SANEAMIENTO (ZONA SUR)

REVISIÓN Nº	FECHA	CAUSAS DE LA MODIFICACIÓN



ÍNDICE

Capítulo I. CONDICIONES GENERALES, SISTEMA DE UNIDADES Y GLOSARIO	11
1.1. OBJETO	11
1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN	11
1.3. ÁMBITO TERRITORIAL	11
1.4. DISPOSICIONES DE APLICACIÓN GENERAL.....	11
1.4.1. Competencias de intervención.....	11
1.4.2. Interpretación y resolución de cuestiones técnicas	11
1.4.3. Obligado cumplimiento	12
1.4.4. Materiales autorizados	12
1.4.5. Normativa y Reglamentación básica.....	13
1.5. SISTEMA DE UNIDADES	13
1.6. GLOSARIO DE TÉRMINOS	16
1.6.1. Términos relativos a los componentes.....	17
1.6.2. Términos relativos a las redes	19
1.6.3. Terminología relativa a las dimensiones de los componentes	20
1.6.4. Terminología relativa a las presiones.....	21
1.6.5. Terminología relativa a la hidráulica	22
Capítulo II. COMPONENTES DE LA RED DE SANEAMIENTO	23
2.1. GENERALIDADES	23
2.2. CONDUCCIONES.....	25
2.2.1. Campo de aplicación.....	25
2.3. JUNTAS Y UNIONES.....	27
2.4. PIEZAS ESPECIALES.....	27
2.4.1. Definiciones	27
2.4.2. Piezas especiales de hormigón en masa o armado.....	28
2.4.3. Piezas especiales de PVC-U de pared compacta.....	28
2.4.4. Piezas especiales de PE de pared compacta	29
2.4.5. Piezas especiales de materiales termoplásticos de pared estructurada.....	29
2.4.6. Piezas especiales de PRFV	30
2.4.7. Piezas especiales de fundición dúctil.....	30
2.5. ARQUETAS Y POZOS DE REGISTRO.....	32
2.5.1. Definiciones	32

2.5.2.	Arquetas de arranque	33
2.5.3.	Pozos de registro	34
2.5.3.1.	Requisitos generales.....	34
2.5.3.2.	Pozos de registros contruidos "in situ"	36
2.5.3.3.	Pozos de registro prefabricados de hormigón en masa o armado.....	36
2.5.3.4.	Pozos de registros prefabricados de materiales plásticos.....	39
2.5.3.5.	Pozos de resalto	40
2.5.4.	Cámaras	40
2.6.	ACOMETIDAS	41
2.7.	ALIVIADEROS	41
2.8.	DEPÓSITOS DE RETENCIÓN	42
2.8.1.	Depósito anti-DSU o tanque de tormentas	42
2.8.2.	Depósitos laminadores o anti-inundaciones	43
2.9.	ESTACIONES DE BOMBEO	44
2.9.1.	Cámara de entrada	45
2.9.2.	Pozo de gruesos	46
2.9.3.	Desbaste de sólidos	46
2.9.4.	Elevación de agua bruta	47
2.9.4.1.	Características generales de las cámaras de aspiración.....	47
2.9.4.2.	Cámaras tranquilizadoras	47
2.9.4.3.	Bombas	48
2.9.5.	Colector de impulsión	50
2.9.6.	Instalaciones adicionales	50
2.9.6.1.	Instrumentación	51
2.9.6.2.	Instalaciones eléctricas	52
2.9.6.3.	Grupo electrógeno	55
2.9.6.4.	Equipos de elevación	55
2.9.6.5.	Desodorización	55
2.10.	COMPONENTES DE CAPTACIÓN SUPERFICIAL, IMBORNALES	56
2.11.	OTROS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS EN LAS REDES DE SANEAMIENTO	58
2.11.1.	Generalidades	58
2.11.2.	Cámara de rotura	58
2.11.3.	Cámara de válvulas	58
2.11.4.	Elementos de ventilación	59
2.11.5.	Sifones	59
2.11.6.	Válvulas, ventosas, desagües y compuertas	60
2.11.6.1.	Generalidades. Definiciones	60
2.11.6.2.	Características técnicas y dimensiones	60

2.11.6.3. Válvulas de compuerta.....	61
2.11.6.4. Válvulas antirretorno o de retención	61
2.11.6.5. Ventosas.....	62
2.11.6.6. Desagües	62
2.11.6.7. Compuertas.....	63
2.11.7. Elementos auxiliares	63
2.11.7.1. Marcos y tapas de cubrimiento.....	63
2.11.7.2. Escaleras	64
2.11.7.3. Barandillas y cadenas de seguridad.....	65
2.11.7.4. Tramex	65
2.11.8. Sistema de telecontrol.....	66
Capítulo III. ACOMETIDAS	67
3.1. GENERALIDADES DE LAS ACOMETIDAS.....	67
3.2. INSTALACIONES INTERIORES DE SANEAMIENTO	68
3.3. COMPONENTES DE LAS ACOMETIDAS	70
3.3.1. Arqueta de arranque	70
3.3.2. Albañal o ramal de acometida.....	71
3.3.3. Entronque	72
3.3.3.1. Conexión a pozo de registro	72
3.3.3.2. Conexión directa a colector.....	72
3.3.3.3. Elección del tipo de entronque	73
3.4. DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS ACOMETIDAS.....	74
3.4.1. Acometida separativa de aguas residuales.....	74
3.4.2. Acometida separativa de aguas pluviales.....	75
3.4.3. Acometidas unitarias.....	76
Capítulo IV. CONDICIONES GENERALES DE DISEÑO.....	77
4.1. INFORMACIÓN PREVIA	77
4.2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	77
4.3. SISTEMAS DE SANEAMIENTO	78
4.3.1. Generalidades.....	78
4.3.2. Criterios de adopción.....	79
4.4. TRAZADO	79
4.4.1. Consideraciones generales.....	79
4.4.2. Trazado en planta	80

4.4.3.	Trazado en alzado.....	83
4.5.	DIMENSIONAMIENTO DE LAS CONDUCCIONES.....	84
4.5.1.	Dimensionamiento hidráulico.....	84
4.5.1.1.	Consideraciones generales.....	84
4.5.1.2.	Determinación de los caudales de diseño.....	84
4.5.1.2.1.	Dotación de cálculo.....	84
4.5.1.2.2.	Caudales de aguas residuales.....	85
4.5.1.2.3.	Caudal de aguas pluviales.....	86
4.5.1.2.4.	Caudales de cálculo de las conducciones.....	86
4.5.1.3.	Velocidad del agua.....	87
4.5.1.4.	Llenado de la conducción.....	88
4.5.1.5.	Pérdidas de carga.....	88
4.5.1.5.1.	Pérdidas de carga continuas.....	88
4.5.1.5.2.	Pérdidas de carga localizadas.....	90
4.5.1.6.	Autolimpieza de los colectores.....	90
4.5.2.	Dimensionamiento mecánico.....	90
4.6.	DIMENSIONAMIENTO DE ALIVIADEROS.....	91
4.6.1.	Condiciones y criterios generales.....	91
4.6.2.	Caudales de diseño de los aliviaderos. Dilución.....	91
4.7.	DISEÑO DE LOS DEPÓSITOS DE RETENCIÓN.....	92
4.8.	DISEÑO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO.....	93
4.8.1.	Determinación de los caudales de diseño.....	93
4.8.2.	Dimensionamiento hidráulico.....	95
4.8.2.1.	Volumen del depósito de bombeo.....	95
4.8.2.2.	Tubo de aspiración.....	98
4.8.2.3.	Tubo de impulsión.....	99
4.8.2.4.	Diseño de otros elementos de la estación.....	100
4.8.3.	Dimensionamiento geométrico.....	100
4.8.4.	Dimensionamiento mecánico.....	101
4.9.	DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.....	102
4.9.1.	Pozos de registro.....	102
4.9.2.	Elemento de ventilación.....	102
4.9.3.	Sifones.....	103
4.9.4.	Válvulas, ventosas, desagües y sumideros.....	103
4.9.4.1.	Válvulas.....	103
4.9.4.2.	Ventosas.....	103
4.9.4.3.	Desagües.....	104
4.9.4.4.	Sumideros y elementos de recogida de escorrentía.....	105

Capítulo V. INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA	107
5.1. SEGURIDAD Y SALUD	107
5.2. TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN	107
5.2.1. Transporte.....	107
5.2.2. Almacenamiento	108
5.2.3. Manipulación.....	109
5.3. INSTALACIÓN DE CANALIZACIONES ENTERRADAS	109
5.3.1. Ejecución de zanjas para el alojamiento de conducciones	110
5.3.1.1. Geometría de las zanjas.....	110
5.3.1.2. Ejecución de las zanjas.....	112
5.3.1.3. Agotamiento de zanjas y rebajamiento del nivel freático	113
5.3.2. Camas de apoyo	113
5.3.3. Montaje de la tubería	114
5.3.4. Rellenos	116
5.3.5. Entibaciones	117
Capítulo VI. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	119
6.1. CONTROL DE CALIDAD DE LA INSTALACIÓN.....	119
6.2. PRUEBA DE LA TUBERÍA INSTALADA	120
6.2.1. Conducciones enterradas en lámina libre	120
6.2.2. Conducciones enterradas bajo presión hidráulica interior.....	122
6.2.2.1. Metodología.....	123
6.2.2.2. Etapa preliminar	124
6.2.2.3. Etapa principal o de puesta en carga	125
6.3. RECEPCIÓN DE LA RED O INSTALACIÓN.....	127
Capítulo VII. TRAMITACIÓN DE PROYECTOS	128
7.1. INFORME PREVIO	128
7.2. DOCUMENTACIÓN MÍNIMA A PRESENTAR	128
7.3. INCUMPLIMIENTO	129
Anexo I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS CONDUCCIONES	130
AI.1. GENERALIDADES	131
AI.2. TIPOLOGÍA DE CONDUCCIONES.....	131
AI.2.1. Tubos de hormigón armado de sección circular.....	131

AI.2.1.1. Generalidades. Campo de aplicación.....	131
AI.2.1.2. Definiciones.....	131
AI.2.1.3. Clasificación.....	132
AI.2.1.4. Características técnicas.....	133
AI.2.1.5. Dimensiones.....	134
AI.2.1.6. Uniones.....	135
AI.2.1.7. Identificación.....	136
AI.2.2. Tubos de PVC-U de pared estructurada (pared corrugada).....	137
AI.2.2.1. Generalidades. Campo de aplicación.....	137
AI.2.2.2. Definiciones.....	137
AI.2.2.3. Clasificación.....	138
AI.2.2.4. Características técnicas.....	138
AI.2.2.5. Dimensiones.....	138
AI.2.2.6. Uniones.....	139
AI.2.2.7. Identificación.....	139
AI.2.3. Tubos de fundición dúctil.....	140
AI.2.3.1. Generalidades. Campo de aplicación.....	140
AI.2.3.2. Definiciones.....	140
AI.2.3.3. Clasificación.....	140
AI.2.3.4. Características técnicas.....	140
AI.2.3.5. Dimensiones.....	141
AI.2.3.6. Uniones.....	141
AI.2.3.7. Revestimiento de la tubería.....	142
AI.2.3.8. Identificación.....	143
AI.2.4. Tubos de PVC-O.....	144
AI.2.4.1. Generalidades. Campo de aplicación.....	144
AI.2.4.2. Definiciones.....	144
AI.2.4.3. Clasificación.....	146
AI.2.4.4. Características técnicas.....	147
AI.2.4.5. Dimensiones.....	148
AI.2.4.6. Uniones.....	148
AI.2.4.7. Identificación.....	149
AI.2.5. Tubos de PRFV.....	149
AI.2.5.1. Generalidades. Campo de aplicación.....	149
AI.2.5.2. Definiciones.....	149
AI.2.5.3. Clasificación.....	150
AI.2.5.4. Características técnicas.....	151
AI.2.5.5. Dimensiones.....	151
AI.2.5.6. Uniones.....	152
AI.2.5.7. Identificación.....	153

AI.2.6. Tubos de poli (cloruro de vinilo) – (PVC-U) de pared compacta.....	154
AI.2.6.1. Generalidades. Campo de aplicación.....	154
AI.2.6.2. Definiciones.....	154
AI.2.6.3. Clasificación.....	157
AI.2.6.4. Características técnicas.....	157
AI.2.6.5. Dimensiones.....	158
AI.2.6.6. Uniones.....	159
AI.2.6.7. Identificación.....	159
AI.2.7. Tubos de polietileno (PE) de pared compacta.....	160
AI.2.7.1. Generalidades. Campo de aplicación.....	160
AI.2.7.2. Definiciones.....	160
AI.2.7.3. Clasificación.....	160
AI.2.7.4. Características técnicas.....	161
AI.2.7.5. Dimensiones.....	162
AI.2.7.6. Uniones.....	163
AI.2.7.7. Identificación.....	163
 Anexo II. CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUAS PLUVIALES, MÉTODO RACIONAL.....	 165
 Anexo III. CÁLCULO DEL DIMENSIONAMIENTO MECÁNICO.....	 174
AIII.1. CONDICIONES GENERALES.....	175
AIII.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CONDUCCIONES ENTERRADAS.....	176
AIII.2.1. Tubos de hormigón de sección circular.....	176
AIII.2.2. Tubos de fundición dúctil.....	182
AIII.2.3. Tubos de materiales termoplásticos.....	183
AIII.2.4. Tubos de PRFV.....	184
AIII.3. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCCIONES AÉREAS.....	186
 Anexo IV. FICHAS – PLANOS.....	 187
AIV.1. CONEXIÓN DE LA INSTALACIÓN INTERIOR CON LA ACOMETIDA.....	188
AIV.2. ACOMETIDA CON ENTRONQUE A POZO PREFABRICADO DE HORMIGÓN.....	189
AIV.3. ACOMETIDA CON ENTRONQUE A POZO PREFABRICADO DE MATERIAL TERMOPLÁSTICO.....	190
AIV.4. ACOMETIDA CON ENTRONQUE DIRECTO A COLECTOR.....	191
AIV.5. ARQUETAS INTERIORES PREFABRICADAS DE MATERIAL TERMOPLÁSTICO.....	192
AIV.6. POZO DE REGISTRO PREFABRICADO DE HORMIGÓN CIRCULAR.....	193

AIV.7.	POZO DE REGISTRO DE HORMIGÓN SOBRE MARCOS PREFABRICADOS	194
AIV.8.	POZO DE REGISTRO PREFABRICADO DE HORMIGÓN TIPO CHIMENEA.....	195
AIV.9.	POZO DE REGISTRO PREFABRICADO DE MATERIAL TERMOPLÁSTICO	196
AIV.10.	IMBORNAL DE REJILLA	197
AIV.11.	IMBORNAL MIXTO REJILLA - BUZÓN	198
AIV.12.	POZO DE RESALTO CON DESVÍO INTERIOR.....	199
AIV.13.	TAPA Y MARCO PARA TRÁFICO RODADO.....	200
AIV.14.	SECCIÓN TIPO ZANJA	201
 Anexo V. NORMATIVA.....		202
AV.1.	LEGISLACIÓN ESPAÑOLA	203
AV.2.	LEGISLACIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA	204
AV.3.	NORMAS UNE (Una Norma Española).....	205
AV.4.	NORMAS UNE-EN	207

Capítulo I. CONDICIONES GENERALES, SISTEMA DE UNIDADES Y GLOSARIO

1.1. OBJETO

Las presentes Normas tienen por objeto establecer las condiciones técnicas mínimas que han de cumplir las redes de saneamiento gestionadas por el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, así como la determinación de los criterios generales que deberán tenerse en cuenta para su proyecto, instalación y funcionamiento, con el fin de conseguir la máxima uniformidad dentro de su ámbito de aplicación.

1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Estas Normas son de aplicación para todas las redes de saneamiento que tanto por nueva construcción como por renovación de las existentes, vayan a incorporarse a la gestión del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*.

1.3. ÁMBITO TERRITORIAL

El ámbito territorial de estas Normas, comprende a los servicios de saneamiento cuya gestión tiene encomendada el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*.

1.4. DISPOSICIONES DE APLICACIÓN GENERAL

1.4.1. Competencias de intervención

En la red de saneamiento no podrá intervenir ninguna persona ajena al *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* sin la autorización previa por escrito.

1.4.2. Interpretación y resolución de cuestiones técnicas

La resolución de cuestiones técnicas no previstas en las presentes Normas, así como su interpretación, será facultad del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, de acuerdo con la reglamentación vigente en cada momento.

1.4.3. Obligado cumplimiento

Estas Normas serán de obligado cumplimiento para todos los Organismos públicos o privados que realicen obras que supongan instalación o modificación de elementos de las redes de saneamiento. Para ello, es competencia del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* definir, proyectar y dirigir o en su caso autorizar cualquier tipo de obra que afecte a la de saneamiento.

1.4.4. Materiales autorizados

Con objeto de asegurar y poder garantizar unos requisitos mínimos de calidad de los materiales a utilizar en el ámbito de aplicación de estas Normas Técnicas, todos los materiales deberán cumplir con los requisitos de la legislación española que les afecten y las normas de producto que en este documento se indican. En el *Anexo V* está recogida en detalle la normativa y reglamentación básica.

En la *Tabla I-1* se resumen las normas europeas, o proyectos (pr) en su caso, más importantes relativos a los componentes más frecuentes utilizados en las redes de saneamiento.

Tabla I-1. Principales normas de producto EN y UNE-EN en la redes de saneamiento y drenaje

Componente		Norma de aplicación
Tubos de hormigón en masa o armado		UNE-EN 1.916 y UNE 127.916
Tubos de fundición dúctil		UNE-EN 598
Tubos de materiales plásticos	PVC-U pared homogénea	UNE-EN 1.401 (sin presión)
		UNE-EN 1.456 (con presión)
	PE pared homogénea	UNE-EN 12.6661-1 (sin presión)
		UNE-EN 13.244 (con presión)
	PVC-U, PE, o PP pared estructurada	prEN 13.476
PRFV	UNE-EN 14.364	
Uniones	Flexibles (anillos elastoméricos)	UNE-EN 681
	Rígidas (bridas)	UNE-EN 1.092
Arquetas de inspección y pozos de registro	Pozos de registro de hormigón	UNE-EN 1.917 y UNE 127.917
	Arquetas de inspección y pozos de materiales plásticos	UNE-EN 13.598-1
Elementos de cubrición y cierre (tapas, rejillas, etc.)		UNE-En 124

En todo caso, el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* será el que tenga la competencia de autorizar la instalación de cualquier elemento en la red en el ámbito de aplicación de estas Normas Técnicas.

1.4.5. Normativa y Reglamentación básica

Como se ha indicado en el punto 1.4.4, en el Anexo V, está recogida la normativa y reglamentación básica que son de interés para cada uno de los aspectos tratados. Éstas son:

- Legislación española
- Legislación de la Unión Europea
- Normas UNE
- Normas UNE-EN

1.5. SISTEMA DE UNIDADES

Las unidades adoptadas en el presente documento corresponden a las del Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI), cuyas unidades básicas son las siguientes:

Resistencias y tensiones:	N/mm ² = MPa
Fuerzas:	kN
Fuerzas por unidad de longitud:	kN/m
Momentos:	kN x m

La correspondencia entre las unidades del Sistema Internacional (SI) y las del Sistema Metro-Kilopondio-Segundo (MKS) es la siguiente:

1 N = 0,102 kp	e inversamente	1 kp = 9,8 N
1 N/mm ² = 10,2 kp/cm ²	e inversamente	1 kp/cm ² = 0,098 N/mm ²

En las tablas siguientes se indican las equivalencias entre otras unidades que pueden ser frecuentes en el ámbito de las tuberías a presión, así como los prefijos empleados en el SI para los múltiplos y submúltiplos de las unidades básicas.

Tabla I-2. Prefijos para múltiplos y submúltiplos del SI

Factor	Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo
10 ⁻¹	deci	d	10	deca	da
10 ⁻²	centi	c	10 ²	hecto	h
10 ⁻³	mili	m	10 ³	kilo	k

10 ⁻⁶	micro	m	10 ⁶	mega	M
10 ⁻⁹	nano	n	10 ⁹	giga	G
10 ⁻¹²	pico	p	10 ¹²	tera	T
10 ⁻¹⁵	femto	f	10 ¹⁸	atto	A

Tabla I-3. Factores de conversión

	Para convertir	en	Multiplicar por
Longitud	mm	Pulgadas	0,0394
	m	Pies	3,2808
	m	Yardas	1,0936
	m	Brazas	0,5468
	km	Millas tierra	0,6214
	km	Millas mar (USA)	0,5399
	km	Millas mar (UK)	0,5396
Superficie	mm ²	Pulgadas cuadradas	0,001550
	m ²	Pies cuadrados	10,7369
	m ²	Yardas cuadradas	1,1960
	km ²	Acres	247,105
	km ²	Millas cuadradas	0,3861
	Hectáreas	Acres	2,4710
Volumen	cm ³	Pulgadas cúbicas	0,0610
	m ³	Pies cúbicos	35,3145
	m ³	Yardas cúbicas	1,3079
	m ³	Acre-pie	8,107 x 10 ⁻⁴
	m ³	Galones (USA)	264,178
	m ³	Galones (UK)	219,979
Peso	Kg	Libras	2,2046
	Toneladas métricas	Toneladas (USA)	1,1023
	Toneladas métricas	Toneladas (UK)	0,9842
Densidad	kg/m ³	Libra/pie ³	0,06243
	kg/m ³	Libra/pulgada ³	3,613 x 10 ⁻⁵
Caudal	m ³ /s	Pie ³ /min	2.118,6
Velocidad	km/h	Millas hora (mph)	0,6214
	km/h	cm/s	27,78
	km/h	Pie/minuto	54,68
	km/h	Nudo	0,5396
Presión	kg/cm ²	Atmósferas	1,033
	kg/cm ²	Bares	1,000
	kg/cm ²	T/m ²	10
	kg/cm ²	MPa	0,10
	Atmósferas	Metros columna de agua	10,33
	kg/cm ²	Libras/pulgada ² (psi)	14,22
	kg/cm ²	Libra/pie ²	2.048,0

	kg/cm ²	Toneladas/pie ² (tsf)	0,9140
--	--------------------	----------------------------------	--------

En la *Tabla I-4* la relación entre distintas unidades de presión.

Tabla I-4

	$Pa = \frac{N}{m^2}$	$MPa = \frac{N}{mm^2}$	$\frac{kgf}{cm^2}$	<i>atm</i>	<i>m. c. a.</i>	<i>mmHg</i>	<i>bar</i>
$Pa = \frac{N}{m^2}$	1	10 ⁻⁶	10,2 · 10 ⁻⁶	9,87 · 10 ⁻⁶	1,02 · 10 ⁻⁴	0,0075	0,00001
$MPa = \frac{N}{mm^2}$	10 ⁶	1	10,1972	9,86923	101,974	7500,62	10
$\frac{kgf}{cm^2}$	98066,5	0,098067	1	0,96784	10	760	1,01325
<i>atm</i>	101325	0,101325	1,03323	1	10,3326	760	1,01325
<i>m. c. a.</i>	9806,38	0,009806	0,1	0,09678	1	73,5539	0,09806
<i>mmHg</i>	133,322	1,333 · 10 ⁻⁴	0,00136	0,00132	0,013595	1	0,00133
<i>bar</i>	100000	0,1	1,01972	0,98692	10,1974	750,062	1

(atm = atmósfera; m.c.a.= metro de columna de agua; mm Hg = milimetro de mercurio)

Equivalencia con otras unidades de presión:

- 1 kgf/cm² = 14,223 psi (libra por pulgada cuadrada)
- 1 kgf/cm² = 2048,2 psf (libra por pie cuadrado)
- 1 kgf/cm² = 0,9289 tsf (tonelada por pie cuadrado)

1.6. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Se definen una serie de términos de índole general, de aplicación común en las redes de saneamiento y drenaje.

La siguiente terminología se ha estructurado en orden alfabético en las cinco categorías siguientes:

- Componentes
- Redes
- Dimensiones
- Presiones
- Varios

1.6.1. Términos relativos a los componentes

- a) *Acometida*. Conjunto de elementos (arqueta de arranque, albañal, y entronque) que permiten llevar a la red de saneamiento las aguas residuales de un edificio.
- b) *Aliviadero*. Dispositivo destinado a derivar de un colector un exceso de caudal hacia un cauce cercano.
- c) *Arqueta*. Obra de fábrica para el mantenimiento y la explotación de la red de saneamiento, pero que no permite el acceso a su interior por sus reducidas dimensiones.
- d) *Componente*. Es cualquiera de los elementos que constituyen la red de saneamiento (tubos, piezas especiales, uniones, elementos complementarios, accesorios, etc.)
- e) *Conducción*. Componente destinado al transporte de aguas residuales urbanas y que en sentido longitudinal es habitualmente recto.

Atendiendo a su geometría, pueden clasificarse en tubos (de sección circular), ovoides, secciones elípticas o galerías. En función de su ubicación dentro de la red de saneamiento, pueden clasificarse en albañales, alcantarillas o colectores.

- f) *Depósito de retención (o tanque de retención)*. Estructura hidráulica destinada a regular caudales en los periodos de lluvia y posteriormente evacuarlos de forma controlada, con dos posibles objetivos: reducir los vertidos al medio, o evitar inundaciones aguas abajo.
- g) *Elemento complementario de la red*. Cualquier estructura que, intercalada en la red de saneamiento, permite y facilita su explotación. Los más habituales son:
 - *Arenero*. Elemento destinado a retener los arrastres sólidos que pueden llevar las aguas y facilitar su extracción posterior.
 - *Accesorio*. Elemento distinto a los tubos, piezas especiales, válvulas, uniones o elementos complementarios de la red, pero que forman también parte de la tubería, como contra-bridas, tornillos, juntas, etc.
 - *Banqueta*. Andén interior de una alcantarilla sobre el que se desplaza el personal encargado de su mantenimiento.
 - *Cámara de descarga*. Depósito de agua con un dispositivo que produce una descarga de agua limpia para arrastrar los sólidos y sedimentos depositados en un conducto de caudal escaso, como ocurre en las cabeceras de la red.

- *Compuerta*. Elemento de dimensiones mayores a las de una válvula, de geometría generalmente rectangular y accionamiento mediante husillo o mediante cilindros hidráulicos, que se instala en colectores visitables o en depósitos de retención para controlar el paso del agua.
 - *Depósito anti-DSU (anti Descarga de los Sistemas Unitarios) o tanque de tormentas (o cámara de retención)*. Estructura hidráulica destinada a regular en los aliviaderos, en los periodos de lluvia, tanto el caudal de vertido al cauce receptor como el caudal derivado a la red de saneamiento, con el objetivo de reducir los vertidos al medio.
 - *Depósito laminador o anti inundación*. Estructura hidráulica dotada de un volumen de almacenamiento capaz de reducir por almacenamiento y laminación los caudales pico de una avenida hasta el caudal máximo de diseño de la red de saneamiento, con retorno íntegro posterior a la misma, con el objetivo de evitar desbordamientos en la red aguas abajo. Puede tener también una función adicional de reducción de vertidos.
 - *Rápido*. Tramo de alcantarilla o colector de elevada pendiente y poca longitud, dispuesto para salvar grandes desniveles.
 - *Sifón*. Instalación que permite, mediante la conducción a presión de un tramo de red de saneamiento, cruzar con escasa pérdida de carga otras instalaciones o accidentes del terreno que interfieran con la línea piezométrica por gravedad de la conducción de saneamiento.
 - *Válvula*. Elemento hidromecánico que, instalado entre tubos, permite controlar el paso del agua, evitar su retroceso, reducir la presión, dar seguridad a la red, etc.
- h) *Estación de bombeo*. Construcción, estructura y equipamiento utilizado para transferir aguas residuales o pluviales a través de un conducto que eleva dicha agua a una cota superior, generalmente mediante conducción en presión.
- i) *Galería*. Conducción de sección transversal interior uniforme, de forma distinta a la circular, ovoide o elíptica, habitualmente visitable, y que en sentido longitudinal es predominantemente rectilínea.
- j) *Imbornal, sumidero o absorbedero*. Elemento que recoge las aguas pluviales de escorrentía y las introduce en la red de saneamiento.
- k) *Pieza especial*. Elemento que, intercalado entre los tubos, permite cambios de dirección o de diámetro, derivaciones, empalmes, obturaciones, etc.

- l) *Pozo de registro*. Obra de fábrica que permite el acceso a la red de saneamiento para su mantenimiento y explotación. Se disponen en las singularidades de la red (cambios de alineación, pendiente, e incluso espaciados a ciertas distancias), pudiendo ser, además, de varios tipos.
- *Pozo de resalto*. Pozo destinado a absorber una diferencia de nivel entre conductos contiguos.
 - *Pozo de acometida*. Es el pozo de acometida utilizado en la unión de las acometidas a la red de saneamiento.
 - *Pozo arenoso*. Pozo destinado a retener los sólidos circulando por la red de saneamiento, habitualmente mediante un fondo adicional situado a nivel más bajo que los conductos que llegan.
 - *Pozo de limpieza*. Pozo que, situado sobre la clave de una galería visitable, no está destinado al acceso de personal sino a la limpieza y extracción de residuos.
- m) *Tubo*. Conducción de sección transversal interior uniforme, en forma de corona circular, y que en sentido longitudinal es habitualmente recto.
- n) *Unión*. Dispositivo que hace posible enlazar de forma estanca dos elementos consecutivos de la tubería.

1.6.2. Términos relativos a las redes

- a) *Aguas residuales*. Aguas conducidas por los albañales, alcantarillas, colectores y emisarios. En función de su origen, pueden clasificarse de la siguiente manera:
- *Aguas de filtración*. Son las que penetran en las alcantarillas.
 - *Aguas de infiltración*. Es la fracción del agua de precipitación que penetra en el terreno.
 - *Aguas de lluvia o pluviales*. Son las que recogen las alcantarillas o la red de drenaje durante los fenómenos de lluvia o después de estos, debidas a las precipitación pluvial.
 - *Aguas residuales domésticas*. Son las producidas por los elementos sanitarios de uso doméstico.

- *Aguas residuales industriales*. Son las producidas por las instalaciones y actividades comerciales o industriales, que no sean aguas residuales domésticas ni de escorrentía pluvial.
- b) *Ramal de acometida o albañal*. Conducción subterránea que permite evacuar las aguas residuales procedentes de las acometidas de una finca, edificio, industria o instalación dotacional a las alcantarillas.
- c) *Alcantarilla*. Conducto que transporta a un colector las aguas procedentes de las acometidas y de los imbornales.
- d) *Colector*. Conducto que conduce hasta el colector principal las aguas de un conjunto de alcantarillas.
- e) *Colector principal*. Conducto que transporta hasta la estación depuradora, el punto de vertido, o el emisario, las aguas procedentes de un conjunto de alcantarillas y colectores.
- f) *Emisario o interceptor*. Conducto que, sin servicios intermedios, transporta las aguas procedentes de una red de saneamiento hasta la estación depuradora o hasta el punto final de vertido.
- g) *Red de saneamiento o drenaje*. Conjunto de alcantarillas y colectores (junto con los necesarios pozos de registro, aliviaderos, depósitos de retención, estaciones de bombeo y demás elementos complementarios) que recogen y conducen las aguas residuales y pluviales de una población, desde las acometidas hasta la estación depuradora, el punto de vertido o el emisario.
- h) *Sistema doblemente separativo*. Red de saneamiento en el que las aguas residuales domésticas, las industriales y las pluviales circulan independientemente.
- i) *Sistema separativo*. Red de saneamiento diseñado para el transporte de las aguas residuales y de las pluviales independientemente.
- j) *Sistema unitario*. Red de saneamiento diseñado para el transporte de las aguas residuales y pluviales conjuntamente.

1.6.3. Terminología relativa a las dimensiones de los componentes

- a) Diámetro
 - *Diámetro exterior (OD)*. Diámetro exterior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera.

- *Diámetro interior (ID)*. Diámetro interior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera.
 - *Diámetro nominal (DN)*. Valor tomado de una serie de números convencionales que se adopta para caracterizar dimensionalmente a los diámetros, y que coincide aproximadamente, en general con el valor real en milímetros.
- b) *Dimensión nominal*. Valor numérico convencional que se adopta para caracterizar dimensionalmente a los distintos componentes de la red, y se refiere a los diámetros, longitudes, espesores, etc.
- c) *Ovalación*. Diferencia entre la forma real y la teórica de la sección transversal de los tubos.

1.6.4. Terminología relativa a las presiones

- a) Presiones hidráulicas que solicitan a la tubería o a la red.
- *Presión estática*. Es la presión en una sección de la tubería cuando, estando en carga, se encuentra el agua en reposo.
 - *Presión de diseño (DP)*. Es la mayor de la presión estática o la presión máxima de funcionamiento en régimen permanente en una sección de la tubería, excluyendo, por tanto, el golpe de ariete.
 - *Presión máxima de diseño (MDP)*. Es la presión máxima que puede alcanzarse en una sección de la tubería en servicio, fijada por el proyectista, considerando las fluctuaciones producidas por un posible golpe de ariete.
 - *Presión de prueba de la red (STP)*. Es la presión hidráulica interior a la que se prueba la tubería una vez instalada y previo a la recepción para comprobar su estanquidad.
- b) Presión relativa a los componentes
- *Presión nominal (PN)*. Valor numérico de una serie convencional que se adopta, a efectos de referencia, para caracterizar los tubos, las piezas especiales y los demás elementos de la tubería en relación con la presión hidráulica interior (en kp/cm^2) que son capaces de resistir en ausencia de cargas externas. A igualdad de DN, las características geométricas de los elementos de unión (bridas y otros) de una misma serie de PN serán tales que permitan la conexión entre ellos.

- *Presión de funcionamiento admisible (PFA)*. Presión máxima que un componente es capaz de resistir de formas permanente en servicio.
- *Presión máxima admisible (PMA)*. Presión máxima, incluido el golpe de ariete, que un componente es capaz de soportar en servicio.
- *Presión de prueba en obra admisible (PEA)*. Presión hidrostática máxima que un componente recién instalado es capaz de soportar, durante un periodo de tiempo relativamente corto, con objeto de asegurar la integridad y estanquidad de la conducción.
- *Presión de prueba en fábrica*. Es la presión hidráulica interior a la que se prueban los tubos previo al suministro para comprobar su estanquidad.
- *Presión de rotura (P_r)*. Es la presión hidrostática interior que, en ausencia de cargas externas, deja fuera de servicio al material constitutivo de la tubería

1.6.5. Terminología relativa a la hidráulica

- a) *Caudal máximo de diseño*. Caudal máximo que tiene una probabilidad razonable de circular por una conducción. Se calculará conforme a lo especificado en el apartado 4.5.1.2.4.
- b) *Caudal medio (Q_m)*. Caudal que retorna al sistema integral de saneamiento después de aplicar la dotación media específica correspondiente al uso del suelo de cada ámbito, definido por el planeamiento urbanístico en la zona objeto del proyecto.
- c) *Caudal mínimo de diseño*. Caudal mínimo que tiene una probabilidad razonable de circular por una conducción. Se calculará conforme a lo especificado en el apartado 4.5.1.2.4.
- d) *Caudal punta (Q_p)*. Caudal que resulte de aplicar el coeficiente punta al caudal medio.
- e) *Cuenca*. Porción de terreno cuyas aguas afluyen a un mismo punto de la red de saneamiento.
- f) *Perímetro mojado*. Longitud del conducto en contacto con el líquido en una sección perpendicular a la dirección de la velocidad.
- g) *Radio hidráulico*. Relación entre la sección líquida y el perímetro mojado.

Capítulo II. COMPONENTES DE LA RED DE SANEAMIENTO

2.1. GENERALIDADES

Se definen una serie de conceptos comunes a todos los componentes que formen parte de las redes de saneamiento:

- a) *Conducciones*. La tipología que son susceptibles de ser utilizadas en la redes de saneamiento son:
- Tubos de hormigón armado sin camisa de chapa
 - Tubos de PVC-U de pared estructurada (solo el PVC-U corrugado)
 - Tubos de fundición dúctil
 - Tubos de PVC-O
 - Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio PRFV
 - Tubos de PVC-U de pared compacta (liso)
 - Tubos de polietileno (PE) de pared compacta (liso)

Las tipologías de las conducciones a instalar en redes nuevas de alcantarillado del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* están recogidas en el apartado *Al.2 del Anexo I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS CONDUCCIONES*.

El diámetro (DN) mínimo de las tuberías de la red de saneamiento y drenaje será, por motivos de explotación, de 300 mm para las redes y de 200 mm para las acometidas.

- b) *Estanqueidad*. La red debe ser completamente estanca, de manera que no se produzcan ni exfiltraciones contaminantes hacia el subsuelo ni infiltraciones innecesarias hacia la red de alcantarillado.
- c) *Protección contra la septicidad*. Resistencia a los ataques interiores. En la medida de lo posible deberá minimizarse el fenómeno de la septicidad en las redes de alcantarillado. Este fenómeno puede desembocar en la producción de ácido sulfhídrico (SH₂), el cual es tóxico, potencialmente letal, nocivo, de mal olor y, cuando se oxida a ácido sulfúrico (H₂SO₄) tiende a atacar a determinados componentes de la redes, especialmente el hormigón.

Su producción depende de numerosos factores, pueden destacarse:

- Temperatura
- Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)
- Presencia de sulfatos
- Tiempo de retención en el sistema de saneamiento
- Velocidad y condiciones de turbulencia
- pH
- Ventilación

Entre las medidas para minimizar el problema pueden destacarse el aumento de la velocidad, la disminución del tiempo de retención, la ventilación, etc.

- d) *Resistencia a la presión hidráulica interior.* La red deberá resistir una presión hidráulica interior de, al menos, 0,1 Mpa (N/mm²) \approx 1 Kg/cm². Si el funcionamiento previsto de la red es en presión, se deberá diseñar para el valor de la presión correspondiente.

Deberá cuidarse que todas las conducciones y demás componentes de la red estén bien acabados, con espesores uniformes y cuidadosamente trabajados, de manera que las paredes exteriores, y especialmente las interiores, queden regulares, lisas, exentas de rebabas, fisuras, oquedades, incrustaciones u otros defectos que puedan afectar a sus características hidráulicas o mecánicas. Todos los componentes deberán, igualmente, presentar una distribución uniforme de color, densidad y demás propiedades, debiendo ser su sección circular (salvo las secciones ovoides y las galerías), con sus extremos cortados perpendicularmente a su eje, no debiendo tener otros defectos que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias admisibles.

Los materiales a emplear en los elementos complementarios de la red, así como en las obras de fábrica en general, deberán ser conformes a lo que seguidamente se expone, si bien se podrán emplear otros materiales, aunque dicho empleo deberá estar oportunamente justificado e ir acompañado de la realización de los ensayos necesarios para determinar el correcto funcionamiento, las características del material y su comportamiento en el futuro, sometidos a las acciones de toda clase que puedan soportar, incluso la agresión química. En estos casos en el correspondiente proyecto se deberán fijar las condiciones para la recepción de los mencionados materiales.

- *Cemento*. Cumplirá con lo especificado por la vigente RC, debiendo tener en cuenta especialmente en la elección del tipo de cemento la agresividad del agua y del terreno.
- *Agua, áridos, acero para armaduras y hormigones*. Cumplirán las condiciones exigidas en la vigente EHE.
- *Fundición*. La fundición que se emplee en elementos tales como tapas de registro, rejillas, etc. deberá ser conforme a la norma UNE EN 124:1995, debiendo presentar en su fractura grano fino, regular, homogéneo y compacto, así como ser dulce, tenaz y dura, pudiendo, sin embargo, trabajarse a la lima y al buril, y susceptible de ser cortada y taladrada fácilmente. En su moldeo no debe presentar poros, sopladuras, bolsas de aire o huecos, gotas frías, grietas, manchas, pelos ni otros defectos debidos a impurezas que perjudiquen a la resistencia o a la continuidad del material y al buen aspecto de la superficie del producto obtenido. Las paredes interiores y exteriores de las piezas deben estar cuidadosamente acabadas y limpiadas.
- *Acero*. El acero empleado en los elementos complementarios de la conducción cumplirá con lo especificado en las siguientes normas: acero laminado NBE-EA-95, acero estructural en chapas y perfiles UNE-EN 10.025-1 y UNE-EN 10.025-2, y acero inoxidable UNE-EN 10.088.
- *Aleaciones de cobre*. Cumplirán con lo especificado por las normas UNE-EN 1.982 y UNE EN 12.165
- *Ladrillos*. Cumplirán las especificaciones de la vigente RL.

2.2. CONDUCCIONES

En el *Anexo I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS CONDUCCIONES* se indican las especificaciones técnicas básicas que deben cumplir las conducciones a instalar en las nuevas redes de saneamiento.

2.2.1. Campo de aplicación

Las conducciones a instalar en redes nuevas de alcantarillado del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* serán de alguna de las siguientes tipologías:

- Hormigón armado sin camisa de chapa de sección circular

- Materiales termoplásticos de pared estructurada (solo el PVC-U corrugado)
- Fundición dúctil
- PVC-O
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)
- Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U) de pared compacta
- Polietileno (PE) de pared compacta

Deberán cumplir con lo especificado en los apartados A1.2.1 a A1.2.7 según materiales del Anexo I. *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS CONDUCCIONES.*

De manera excepcional, y previa aprobación del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, se podrán usar otros materiales, que deberá justificarse su comportamiento mediante las oportunas normas de producto.

En la tabla siguiente “CAMPO DE APLICACIÓN CONDUCCIONES” se resume la utilización preferente en redes nuevas de alcantarillado del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* de cada una de las posibles tipologías de conducciones en función de cuál sea el funcionamiento hidráulico y el emplazamiento de la misma en la red de alcantarillado.

CAMPO DE APLICACIÓN CONDUCCIONES		
TIPO DE MATERIAL TUBO	Funcionamiento hidráulico	
	Gravedad	Presión
Hormigón armado circular (sin camisa de chapa)	DN 800 – 3.000	
PVC-U pared estructurada (corrugado)	DN 200 – 1.200	
Fundición dúctil	DN 300 – 2.000	DN 80 – 2.000
PVC-O		DN 90 – 500
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)	DN 800 – 2.000	
PVC-U pared compacta	DN 200 – 800	
PE pared lisa		DN 90 – 1.200

Los diámetros mínimos de las tuberías serán los siguientes en función de su emplazamiento:

- Acometidas de viviendas, DN mínimo 200 mm, (ver apartado 3.4)
- Acometidas de imbornales, DN 200 mm
- Tuberías por gravedad de la red de alcantarillado DN mínimo 300 mm

Los diámetros mínimos de las acometidas deberán ser, además, mayores o iguales que el diámetro de las instalaciones en el interior de las viviendas y menores que la conducción a la que acometen.

Con carácter excepcional y previa justificación de la solución adoptada, podrán emplearse diámetros inferiores a los arriba señalados siempre que se cuente con la aprobación técnica del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*.

2.3. JUNTAS Y UNIONES

En lo referente a las uniones, en los respectivos apartados del Anexo I. *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS CONDUCCIONES* de estas Normas se han especificado los sistemas de unión de cada tipo de tubo.

En cualquier caso, se si emplean uniones con junta de elastómero o uniones con bridas, deben ser conformes, respectivamente, con lo especificado por las normas UNE-EN 681 y UNE-EN 1.092.

Además, todos los elementos deben permitir el correcto acoplamiento del sistema de uniones empleado, de forma que éstas sean estancas, a cuyo fin, los extremos de cualquier elemento deben estar perfectamente acabados.

2.4. PIEZAS ESPECIALES

2.4.1. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado 1.6, en las piezas especiales serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- *Codo*. Componente que permite un cambio de dirección en el trazado del tubo. Podrán ser bien moldeados a partir de una sola pieza o bien estar constituidos por trozos de tubos cortados a inglete unidos entre si formando curvas poligonales.
- *Entronque, derivación, té o tubo con acometida*. Componente que permite bien la conexión de dos tubos incidentes en uno único o bien el reparto del caudal circulante por un tubo en varios de sección más reducida.
- *Cono o reductor*. Componente que permite variar la sección del tubo a lo largo de una cierta longitud.

- *Empalme, adaptador, conector o tubo corto o tubo de conexión.* Componente que consiste en un tubo de pequeña longitud con sus extremos terminados bien en enchufe, en campana o directamente lisos.
- *Brida ciega o tapón.* Componente que, habitualmente colocado en los extremos de las conducciones o en sus derivaciones, impide que circule el agua por el tubo, a la vez que evita posibles intrusiones.
- *Placa reductora.* Tapón al que se le ha practicado un orificio, normalmente con rosca, en su zona central.

2.4.2. Piezas especiales de hormigón en masa o armado

Las piezas especiales de hormigón en masa o armado deberán cumplir con lo especificado para las mismas en las normas UNE-EN 1.916 y UNE-EN 127.916. Éstas pueden ser:

- Codos
- Conos
- Adaptadores
- Tubos de acometidas

Los ángulos de los codos normalizados serán, en general, los siguientes:

$$11^{\circ}15' - 15^{\circ} - 22^{\circ}30' - 45^{\circ}$$

Si excepcionalmente, se admitieran codos cuyo ángulo fuera superior a 70° y su DN superior a 200 mm, el radio de la curvatura de los mismos, r , deberá ser al menos, $0,7 \text{ DN}$.

2.4.3. Piezas especiales de PVC-U de pared compacta

Las piezas especiales de PVC-U de pared compacta a emplear en las redes de saneamiento cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 1.401-1 (parte 1). Éstas pueden ser:

- Codos
- Derivaciones
- Conos
- Acometidas directas (injertos)

- Tapones

Los ángulos de los codos normalizados serán, en general, los siguientes:

15° - 30° - 45° - 67°30' - 87°30' y 90°

Los sistemas de unión de los codos serán con enchufe/campana o mediante campana/campana.

2.4.4. Piezas especiales de PE de pared compacta

Las piezas especiales de PE de pared compacta a emplear en las redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior deberán cumplir con lo especificado en la norma UNE-EN 13.244-3 (parte 3), pudiendo ser de la siguiente tipología:

- Codos
- Derivaciones
- Conos
- Tapones

Las dimensiones de las piezas especiales deberán ser especificadas por el respectivo fabricante. El espesor mínimo será el del propio tubo, si bien, en el caso de los conos, el espesor podrá variar gradualmente de un extremo al otro.

Los codos podrán ser bien moldeados en una sola pieza o bien segmentados, contruidos a partir de trozos de tubos cortados al bias.

2.4.5. Piezas especiales de materiales termoplásticos de pared estructurada

Las piezas especiales de materiales termoplásticos de pared estructurada deberán cumplir con lo especificado para las mismas en el proyecto de norma europea prEN13.476 (partes 1, 2 y 3).

Éstas pueden ser:

- Codos
- Derivaciones
- Conos
- Tapones

Los ángulos de los codos normalizados serán, en general, los siguientes:

15° - 22,5° - 30° - 45° - 87,5° y 90°

2.4.6. Piezas especiales de PRFV

Las piezas especiales de PRFV a emplear en las redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior deberán cumplir con lo especificado para las mismas en las normas UNE-EN 14.364 y UNE-EN 1.115 (partes 1 a 3) pudiendo ser de la siguiente tipología:

- Codos
- Derivaciones
- Conos (reductores)
- Tubos cortos (bridas)

En el caso de redes cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre, las piezas especiales de PRFV a intercalar en las mismas deberán cumplir con lo especificado en las normas UNE 53.314, UNE 53.323 EX y UNE-EN 1.636-3. Pudiendo emplearse accesorios de cualquiera de las anteriores clases, además de acometidas directas (o entronques).

Los ángulos nominales normalizados, de los codos, serán, en general, los siguientes:

11,25° - 15° - 22,5° - 30° - 45° - 60° y 90°

El radio de curvatura mínimo del codo, r , no deberá ser, en ningún caso, inferior al DN de la conducción.

2.4.7. Piezas especiales de fundición dúctil

Las piezas especiales de fundición dúctil deberán cumplir con lo especificado para las mismas en las normas UNE-EN 545 y UNE-EN 598, pudiendo ser de la siguiente tipología:

- Codos
- Tés
- Conos
- Conectores (brida-enchufe o brida-liso)
- Bidas ciegas

- Placas reductoras

En general, las piezas especiales de fundición dúctil irán provistas con un recubrimiento exterior e interior a base de resinas epoxi, si bien, excepcionalmente, y si así lo acepta la Dirección de Obra, podrá disponerse algún otro recubrimiento de los especificados en la norma UNE-EN 598.

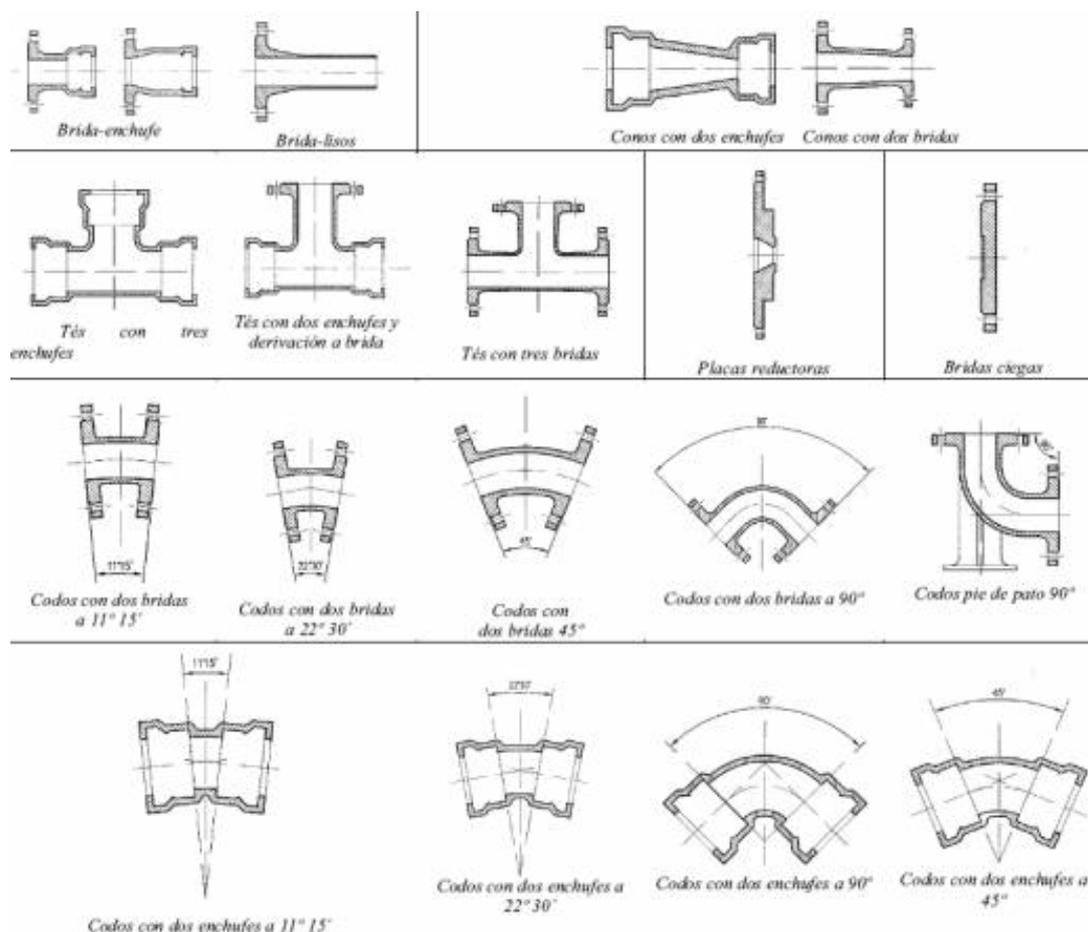
- *Codos*. Los codos de fundición dúctil se fabricarán por moldeo en una sola pieza. En la norma UNE-EN 545:2002 están normalizadas sus dimensiones, si bien, en cualquier caso, los ángulos nominales de los mismos serán, en general, los siguientes: 90° (1/4), 45° (1/8), 22° 30' (1/16) ó 11° 15' (1/32). Ver *Figura II-1*.

Los sistemas de unión normalizados de los codos serán enchufe-enchufe o brida-brida, si bien, podrán admitirse también codos enchufe-brida.

Otra tipología de codos posibles en fundición son los conocidos como codos de pie de pato, los cuales están normalizados para ángulos de 90° (1/4)

- *Tés*. En la norma UNE-EN 545:2002 están normalizadas las dimensiones de la siguiente tipología de té a 90°: con tres enchufes, con tres bridas, con dos enchufes y derivación a brida. Ver *Figura II-1*.
- *Conos*. En la norma UNE-EN 545:2002 están normalizadas las dimensiones de los conos de fundición dúctil. Los sistemas de unión normalizados de estos elementos serán enchufe-enchufe o brida-brida. Ver *Figura II-1*.

Figura II-1. Ejemplos de piezas especiales de fundición dúctil



2.5. ARQUETAS Y POZOS DE REGISTRO.

Los registros normalizados para las tareas de explotación y mantenimiento de las redes de alcantarillado podrán ser de los tipos siguientes: arquetas y pozos (ver definiciones en apartado 2.5.1)

Atendiendo a su finalidad, los pozos podrán ser simplemente para el registro de la conducción, de resalto o para incorporar acometidas; las arquetas únicamente se dispondrán, en general, en las acometidas (arqueta de arranque).

2.5.1. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado 1.6, en las arquetas o en los pozos de sección transversal circular será de aplicación específica la siguiente:

- *Diámetro nominal, DN.* En una sección cualquiera de un pozo o arqueta circular, la designación genérica diámetro nominal DN, se refiere al diámetro interior del componente.

En los módulos cónicos y en las losas de transición de los pozos prefabricados (ver definiciones siguientes), el DN se refiere, respectivamente, al diámetro interior máximo del módulo o al diámetro interior útil de la losa.

En los pozos y arquetas prefabricadas de sección transversal circular y que estén compuestas por varios componentes serán de aplicación las siguientes definiciones específicas:

- *Módulo base.* Es la parte inferior del registro. Comprende tanto la solera (la cual estará inclinada hacia la conducción, con una pendiente mínima del 5%) como un alzado circular de altura suficiente para permitir el entronque de las conducciones incidentes.
- *Módulo de recrecido o anillo.* Corresponde a los alzados de los registros. Es un tramo circular abierto en sus dos extremos.
- *Módulo cónico o tronco-cono.* Elemento que permite la transición entre el diámetro interior del registro y el diámetro de la boca de acceso, o bien la transición entre módulos de recrecido de diferente diámetro.
- *Losas de transición ó reductora.* Elemento plano circular que incluye un orificio circular excéntrico que permite las siguientes funciones:
 - El cierre superior de un alojamiento, en sustitución del elemento cónico, en cuyo caso el orificio de la losa será el correspondiente a la boca de acceso.
 - La transición entre módulos de recrecido de diferente diámetro, en cuyo caso el orificio de la losa corresponde al diámetro del módulo superior.
- *Módulo de ajuste.* Elemento que permite acomodar de forma apropiada el marco de la tapa de registro.

2.5.2. Arquetas de arranque

Las arquetas de arranque deben cumplir con lo especificado en el apartado. 3.3.1.

2.5.3. Pozos de registro

2.5.3.1. Requisitos generales

La tipología de los pozos de registro autorizados en las redes de saneamiento del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* es variada, por lo que la selección del pozo a instalar se deberá realizar teniendo en cuenta, además de los condicionantes establecidos en función del diámetro de la red, las especiales circunstancias que concurren en cada caso.

Los pozos, atendiendo a su finalidad, podrán ser:

- Cabecera de red
- Incorporación de acometidas
- Cambios de alineación
- Cambios de sección
- Cambio de rasante
- Unión de ramales
- En tramos recto de la red, a una distancia no superior a 50 m, salvo casos justificados autorizados por el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*.

Las características de los pozos de registro relacionados se representan en el *Anexo IV. FICHAS – PLANOS*.

En el presente apartado se establecen unas especificaciones que deben cumplir estos elementos. Respecto a los criterios para su ubicación, se seguirá lo especificado en el apartado 4.9.1.

Los pozos de registro, independientemente de su tipología, deben cumplir en cualquier caso con los requisitos establecidos en la norma UNE-EN 476.

Los pozos de registro serán de sección interior circular. El diámetro nominal debe ser, como mínimo, en general, de 1,0 m, de manera que permitan las operaciones de limpieza, mantenimiento de la red, control de las características de las aguas residuales, etc.

Excepcionalmente, en instalaciones de pequeña envergadura (por ejemplo si la altura de tierras sobre la clave de la conducción es menor de 1 m y si el diámetro de la conducción incidente es de hasta 500 mm), el diámetro nominal del pozo puede reducirse hasta 0,80 m.

En cualquier caso, la boca del pozo deberá ser de 0,60 m de diámetro.

Para alturas superiores a 2 metros, se retranqueará el pozo de registro respecto el eje del colector.

No se instalarán escaleras fijas ni pates en los pozos de registro, para su acceso se utilizarán escaleras manuales portátiles.

Deberá procurarse que la solera de los pozos tenga aproximadamente la misma sección hidráulica que la de la mitad de los tubos que acometen, para lo que debe formarse en el fondo de la base una cuna o media caña hasta el eje del colector, de forma que encauce los vertidos en su paso a través del pozo.

Esta cuna o media caña suele ejecutarse en hormigón en masa teniendo forma semicircular en la zona de paso de caudales y una pendiente del 5% hacia dicho paso en la zona de apoyo.

En los pozos de cambio de dirección, es recomendable que la anterior solera tenga, además, forma de transición, de modo que se facilite hidráulicamente el giro.

En los pozos en donde se produzca cambios de sección, la media caña habrá de tener una forma de transición adecuada, efectuándose la conexión de los conductos de forma tal que las claves de los tubos se encuentren a la misma cota.

Las uniones o entronques de colectores y acometidas podrá realizarse de diversas maneras, y dependerá de los materiales de construcción del pozo, en general se empleará una junta elastomérica estanca, pudiéndose utilizar para pozos y tuberías de hormigón, así como para pozos de ladrillo un mortero estanco hidrófugo con cemento sulforresistente, conforme lo especificado a lo especificado en el apartado 3.3.3.1.

A efectos de salvaguardar la estructura resistente del pozo, deben también limitarse el número de perforaciones realizadas para la incorporación de acometidas en un mismo pozo. El criterio que se utilizará para limitar el número de perforaciones en los pozos debido a las acometidas al mismo deberá cumplir estas dos condiciones:

$$P \leq 0,75 \cdot B$$

$$S \geq 25cm$$

Donde:

P: Suma del diámetro de las perforaciones realizadas en el pozo de registro, medidas en el paramento exterior de la banda de 1,2 m de altura más desfavorable.

B: Perímetro exterior del pozo de registro.

S: separación entre perforaciones contiguas.

En las zonas no urbanizables, la coronación del pozo se elevará sobre la rasante del terreno hasta una altura mínima de 50 cm. En estos casos, la unión del dispositivo de cubrición a la fábrica del pozo de registro deberá quedar asegurada mediante los elementos de fijación adecuados.

Con carácter general, el conjunto de tapa/cerco a instalar en los pozos de registro será de fundición dúctil y con una cota de paso de 600 mm.

Respecto a los materiales constitutivos de los mismos, éstos deben ser prefabricados, pudiendo ser de hormigón (en masa o armado) y de materiales plásticos. En algunos casos excepcionales el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* podrá autorizar el pozo construido "in situ".

En aras de conseguir una mayor homogeneidad y estanqueidad, los pozos de registros serán del mismo material que la conducción. Cuando no sea posible por motivos tecnológicos o de mercado el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* indicará, dependiendo del caso particular, qué materiales serán los que se utilizarán para la construcción de los pozos, así como que sistema de juntas y conexiones se instalarán.

2.5.3.2. Pozos de registros construidos "in situ"

Solo se autorizarán en casos excepcionales condicionados por razones tecnológicas y de mercado.

Los alzados pueden ser bien de hormigón, o de fábrica de ladrillo macizo enfoscado interiormente mediante mortero hidrófugo de cemento sulforresistente. El espesor mínimo de las paredes debe ser 15 cm respectivamente, y se deberá extremar las condiciones de ejecución, pues la estanquidad del componente es difícil de conseguir.

Sea cual sea su tipología, la solera de estos pozos construidos "in situ" debe ser siempre de hormigón en masa o armado, con un espesor que no será inferior a 20 cm.

2.5.3.3. Pozos de registro prefabricados de hormigón en masa o armado

Los pozos de registro prefabricados de sección circular de hormigón en masa o armado, así como los elementos que los componen, deberán cumplir con lo especificado al respecto por las normas UNE-EN 1.917 y UNE 127.917.

Cuando el pozo de registro incorpore en su diseño marcos prefabricados de hormigón armado, los mismos deberán cumplir con lo especificado por la vigente Instrucción del Hormigón Estructural, EHE y por el proyecto de norma europea prEN 14.844.

Los pozos de hormigón en masa sólo solo se utilizarán si el DN es inferior a 1.000 mm; para dimensiones iguales o superiores debe recurrirse al hormigón armado.

Atendiendo a su geometría, los pozos de registro prefabricados de hormigón a instalar en las conducciones de saneamiento de sección circular, pueden ser de la siguiente tipología:

- Pozos circulares
- Pozos circulares insertados en la conducción (pozos chimenea)
- Pozos circulares sobre cámaras realizadas mediante marcos prefabricados

Los pozos circulares sólo pueden utilizarse cuando el DN del tubo incidente sea inferior a 1.200 mm; en caso contrario se debe recurrir a los pozos chimenea o a los pozos a base de marcos prefabricados.

Todos ellos, en cualquier caso, están compuestos por módulos prefabricados, habiendo un gran número posible de diseños para cada caso particular. Entre cada dos módulos integrantes del pozo se debe disponer una junta elastomérica que confiera estanquidad a la estructura.

Figura II-2. Elementos de pozos de hormigón prefabricados

Bases circulares		Base chimenea		Base con marco	
					
Módulo recrecido	Módulo cónico	Cono reducción	Losas transición		Aros recrecido
					

En función del DN del módulo base del pozo de registro, se recomienda que los DN de los tubos incidentes sean como máximo los indicados en la *Tabla II-3*.

Tabla II-3. Elementos de pozos de hormigón prefabricados

DN módulo base	DN máximo colectores
800	500
1000	630
1200	800
1500	1000

Los pozos de registro prefabricados de hormigón de sección circular se clasifican por su diámetro nominal (DN) y por su clase de resistencia. En la norma UNE 127.917 están normalizadas todas las combinaciones posibles de los DN y de las clases de resistencia. A la clase 30 se la conoce como serie normal (carga de fisuración y carga de rotura 20 y 30 kN/m² respectivamente), y a la clase 60 como serie reforzada (carga de fisuración y carga de rotura 40 y 60 kN/m² respectivamente). Debiéndose utilizar los de la clase 60 (serie reforzada) para pozos de DN mayor o igual a 1.000.

Las alturas útiles de los módulos deberán estar comprendidas entre los valores especificados en la *Tabla II-3a*. En cualquier caso, la tolerancia admisible sobre la altura útil será el mayor de los siguientes valores: $\pm 1,5\%$ del valor establecido en los documentos de fabricación ó ± 10 mm.

No obstante, para pozos de resalto o con arenoso se admitirán piezas de mayor altura. Igualmente, para pozos de $D \geq 1.000$ mm se deberán disponer elementos partidores de altura al menos cada 3 m.

Tabla II-3a. Altura útil de los módulos de los pozos de registro

DN	Módulos base		Módulos de recrecido		Módulos cónicos		Módulos de ajuste	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
800	1.000	800	1.000	250	1.000	600	250	120
1.000	1.100	900	1.000	250	1.000	700	250	150
1.200	1.400	1.000	1.200	300	1.200	800	250	150
1.500	2.000	1.200	1.200	300	1.500	800	300	200
1.800	2.400	1.200	1.200	300	1.500	1.000	300	200

Los espesores de los módulos, deberán ser como mínimo los especificados en la *Tabla II-4*. Admitiéndose una tolerancia del 5% sobre dichos valores.

Tabla II-4. Espesores mínimos

DN	Módulo base		Módulos de recrecidos cónicos o de ajuste	Losas de cierre o transición
	Alzado	Solera		
800	120	120	120	150
1.000	120	120	120	150
1.200	160	160	160	150
1.500	160	200	160	200

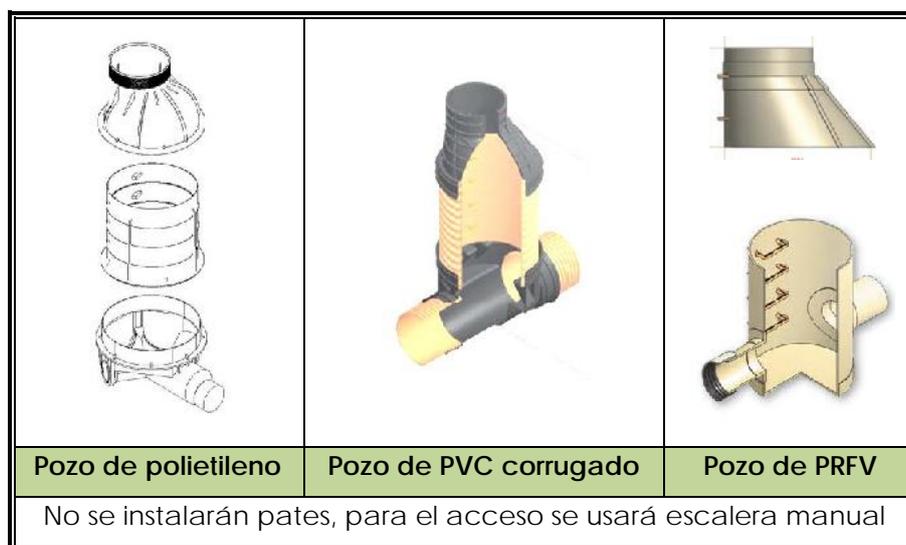
2.5.3.4. Pozos de registros prefabricados de materiales plásticos

Se podrán utilizar las siguientes tipologías de pozos de registro en materiales termoplásticos:

- *Pozos de PE.* Los pozos de registro de PE pueden ser de una sola pieza (de sección interior continua, obtenidos por corte de un tubo de PE colocado verticalmente al que se le suelda una tapa en la base con una reducción excéntrica en la parte superior a diámetro 600 mm para la colocación del cerco y la tapa de registro) o modulares (compuestos por un módulo base, uno de reducción a 600 mm de diámetro y diferentes módulos intermedios para el ajuste de altura que son los llamados empalmes. Deben cumplir con lo especificado en la norma UNE EN 13598-2.
- Pozos de registro de PVC-U, de PP o de PE de pared estructurada. Pueden ser de una única pieza o estar compuestas por un módulo base y otro de recrecido (al cual ajusta directamente el cerco y la tapa de registro) hasta alcanzar la altura necesaria. Incluso pueden disponer de un tercer módulo de ajuste telescópico que permita adaptarse a la forma exacta del terreno que rodea a la arqueta. Deben cumplir, con lo especificado por el proyecto de norma UNE EN 13.598-2.
- Pozos de PRFV. Pueden ser bien pozos de registro visitables de una sola pieza o constituidos por un módulo base, uno de recrecido (que es un tubo de PRFV colocado verticalmente) y un módulo de ajuste en el que se ubica el cerco y la tapa de registro.

No hay ninguna norma nacional sobre ellos, si bien sí hay alguna especificación europea o norteamericana al respecto, como, por ejemplo, la norma DIN 19.565-5 o la ASTM D-3.753, respectivamente.

Figura II-5. Pozos de registro prefabricados de materiales plásticos



2.5.3.5. Pozos de resalto

Con la autorización expresa del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, se instalarán pozos de resalto en los casos en que se produzcan saltos en la rasante de las conducciones de más de 1,00 m. Su diseño dependerá del diámetro de la tubería en la que se instalen, distinguiéndose los dos tipos siguientes:

- Con desvío inferior, que esencialmente consisten en un pozo de registro con un conducto vertical (de diámetro igual o superior a 300 m) que amortigua la caída del agua. Por motivos de seguridad solo deben proyectarse en redes no visitables de $DN < 1.200$ mm.
- Con perfil de lanzamiento, cuyo diseño habrá de justificarse en cada caso, debiendo proyectarse exclusivamente en redes de $DN \geq 1.200$ m.

2.5.4. Cámaras

En redes de grandes dimensiones, especialmente con diámetros superiores a 1.200 mm, se podrán instalar cámaras de sección cuadrada o rectangular intercaladas entre los pozos de registro, con el objetivo fundamental de facilitar la extracción de los productos de limpieza, procurándose su ubicación en los puntos singulares siguientes:

- Cambios de alineación
- Cambios de sección
- Cambios de rasante

- Unión de ramales

En general, el material a utilizar para la construcción de las cámaras será el hormigón armado y sus dimensiones y diseño se determinarán en cada caso.

Deberán ir equipados con doble conjunto de tapa/cerco que, en general, será de fundición dúctil y con una cota de paso de 700 mm.

2.6. ACOMETIDAS

Las generalidades, sus componentes y diseño están detallados en el *Capítulo III. ACOMETIDAS*.

2.7. ALIVIADEROS

Los aliviaderos son dispositivos destinados a derivar de un colector un exceso de caudal hacia un cauce o medio receptor cercano.

Los aliviaderos, atendiendo a su capacidad de regulación, podrán disponer o no de un depósito de retención adosado.

Es deseable que los aliviaderos situados entre las incorporaciones de las redes de saneamiento unitarias urbanas y los interceptores principales (o al menos previo a las depuradoras) estén dotados de un depósito de retención previo al elemento de alivio, diseñado de tal modo que se evite el vertido a los cauces públicos de las primeras aguas de lluvia, en general altamente contaminadas.

Por otro lado, los aliviaderos podrán disponer de un elemento limitador de caudal (una compuerta o una válvula) que regule (incluso cerrando en su totalidad) el paso del caudal hacia el colector situado aguas abajo.

Se dispondrán aliviaderos en:

- En sistemas unitarios cuando se presenta un caudal que excede al previsto para la estación de tratamiento u otra obra de características fijas.
- Para conseguir el trasvase de una alcantarilla a otra que vaya menos sobrecargada o sea de mayor capacidad, o por causa de eventuales reparaciones o limpiezas.
- En las instalaciones de tratamiento o de bombeo, para poder derivar el caudal de aguas residuales directamente al curso receptor en casos de que una avería de la instalación imposibilite el tratamiento de aquellas.

Los aliviaderos, por su propia naturaleza, se suelen ubicar en interceptores de grandes dimensiones, pero si el diámetro del colector en el que se instalase el aliviadero es pequeño, el mismo podría disponerse en un pozo de registro.

Su dimensionamiento está recogido en el apartado 4.6.

2.8. DEPÓSITOS DE RETENCIÓN

El funcionamiento hidráulico de los depósitos de retención con función anticontaminación es siempre similar, independientemente de cómo sea su tipología. La cámara de retención almacena las primeras aguas de lluvia altamente contaminantes, aliviándose los excesos que llegan posteriormente. Finalizado el aguacero, las aguas retenidas se incorporan a la red de saneamiento.

2.8.1. Depósito anti-DSU o tanque de tormentas

Los depósitos anti-DSU (anti Descarga de los Sistemas Unitarios) o tanque de tormentas son estructuras hidráulicas destinadas a regular en los aliviaderos, en los periodos de lluvia, tanto el caudal de vertido al cauce receptor como el caudal derivado a la red de saneamiento, con el objetivo de reducir los vertidos al medio.

El tanque de tormentas es una estructura dividida en, al menos, los siguientes compartimentos:

- Canal principal
- Tanque de tormentas propiamente dicho o cámara de retención
- Canal de alivio
- Cámara para la ubicación del elemento regulador del caudal

Los aliviaderos con tanque de tormenta o cámara de retención pueden ser, en general, de los siguientes tipos, según la disposición de la cámara:

- Aliviadero en línea. En ellos la cámara de retención está situada directamente entre el colector de entrada y el de salida al aliviadero, haciendo el canal principal las veces de cámara de retención.
- Aliviaderos en derivación. En ellos la cámara de retención está situada exteriormente al sistema de colectores. Deberá tener una pendiente longitudinal uniforme del orden del 1 ó el 2%. Esta disposición es la recomendada para los casos en los que haya un peligro alto de contaminación de las aguas de lluvia.

2.8.2. Depósitos laminadores o anti-inundaciones

Son aquellas estructuras dotadas de un volumen de almacenamiento capaces de reducir por almacenamiento y laminación los caudales pico de una avenida hasta el caudal máximo de diseño de la red de saneamiento, con retorno íntegro posterior a la misma.

Los aliviaderos con tanque de tormentas adosado deberán estar dotados con los siguientes elementos auxiliares:

- Elementos de regulación
- Dispositivos para la limpieza de la cámara de retención
- Dispositivos para evitar el vertido de flotantes al cauce receptor (pantalla deflectora o sistema de rejillas autolimpiante)
- Clapetas antirretorno
- Instalaciones de iluminación, electricidad, ventilación, desodorización y seguridad
- Elementos para el telemando y el telecontrol del aliviadero
- Otros elementos auxiliares (marcos y tapas exteriores de cierre, escaleras, barandillas, cadenas de seguridad, rejillas tramex, etc.

En el respectivo Proyecto deberán figurar los requisitos que los mismos deben cumplir, complementariamente a lo especificado a continuación:

a) *Elementos de regulación.* El elemento de regulación para el paso del caudal hacia la red de saneamiento podrá ser, en general, de alguna de las siguientes tipologías:

- Válvula de compuerta
- Válvula de vórtice

Excepcionalmente podrá utilizarse algún otro elemento de regulación, como por ejemplo, una bomba en el caso de que se tratase de una impulsión.

En cualquier caso, deberá disponerse un bypass que permita la sustitución del elemento regulador sin necesidad de interrumpir el servicio.

b) *Dispositivos para la limpieza de la cámara de retención.* La limpieza de la cámara de retención podrá realizarse mediante alguno de los siguientes dispositivos:

- Limpiadores de volquete o basculantes

- Limpiadores giratorios a chorro
 - Sistema de limpieza por vacío
- c) *Dispositivos para evitar el vertido de flotantes al cauce receptor.* Consistirán, preferentemente, en un sistema de tamizado sobre vertedero, si bien, en instalaciones pequeñas, podrán emplearse pantallas deflectoras.
- Tamiz sobre vertedero
 - Pantalla deflectora
- d) *Clapetas antirretorno.* Deberá disponerse una clapeta antirretorno en el punto más bajo de pared de unión entre la cámara de retención y el canal principal para facilitar el vaciado de dicha cámara, imposibilitando que el agua circule en sentido contrario.
- e) *Instalaciones de iluminación, electricidad, ventilación, desodorización y seguridad.* Los aliviaderos deberán estar equipados con las necesarias instalaciones eléctricas, de iluminación, de ventilación, de desodorización y de seguridad conforme a la normativa vigente.
- f) *Elementos para el telemando y el telecontrol del aliviadero.* El respectivo proyecto del aliviadero deberá especificar las instalaciones de telemando y telecontrol a disponer en cada caso particular.
- g) *Otros elementos auxiliares.* Además de los anteriores elementos auxiliares, los aliviaderos con tanque de tormenta deberán ir provistos con otros complementarios, como marcos y tapas exteriores de cierre, escaleras de acceso, barandillas, etc.

2.9. ESTACIONES DE BOMBEO

En el presente apartado se especifican unas prescripciones básicas relativas a los componentes que intervienen en las estaciones de bombeo de las redes de saneamiento, las cuales deberán complementarse con lo especificado en el apartado 4.8 relativo al diseño de estas infraestructuras.

En general, las estaciones de bombeo constarán de los siguientes elementos y procesos unitarios:

- Cámara de entrada
- Pozo de gruesos

- Desbaste de sólidos
- Elevación de agua bruta
- Colector de impulsión
- Instalaciones adicionales

Las estaciones de bombeo tendrán, en general, forma en planta rectangular.

Las dimensiones y geometría exacta de cada compartimento variarán en cada caso particular en función del número de bombas a instalar, de la profundidad del depósito o de la disposición de los emisarios de entrada y salida, si bien en el presente apartado se establecen unos criterios generales que deberán ser observados en su diseño.

Independientemente de cuál sea su geometría, todos los compartimentos que integren la estación de bombeo deberán ser accesibles, debiendo tener capacidad para poder extraer o introducir los equipos instalados en caso de avería o sustitución. Por ello es recomendable que en los techos de los distintos compartimentos dispongan suficientes accesos a los mismos mediante cobijas de hormigón o rejillas tramex.

A tal efecto, es deseable que se disponga una caseta encima de la estación para facilitar el acceso a la misma. En instalaciones pequeñas, alternativamente a la instalación de una caseta, la entrada a la estación podrá realizarse por tapas de registro directamente desde la superficie.

Los accesos a las casetas deberán ser amplios para facilitar las operaciones de entrada y salida de los equipos que integran la estación de bombeo.

En cualquier caso, la estructura de las estaciones de bombeo será de hormigón armado, debiendo cumplir lo especificado al respecto por la vigente EHE.

2.9.1. Cámara de entrada

Cuando a la estación de bombeo acometan varios emisarios simultáneamente, deberá disponerse una cámara de entrada con la misión de recibir y unificar esas incorporaciones y en la que se iniciará la línea de agua.

En la cámara de entrada se dispondrá un aliviadero de emergencia y el bypass general de la instalación.

El aliviadero dispondrá de un sistema autolimpiable de eliminación de residuos. Desembocará en una cámara de alivio, a la cual, además, verterá el desagüe del tubo de impulsión. La

cámara de alivio tendrá pendiente hacia el tubo de alivio, el cual deberá contar con el desagüe oportuno.

El bypass consistirá en una serie de compuertas murales de acero inoxidable, de manera que, maniobrándolas oportunamente, pueda desviarse todo el caudal bien por la estación de bombeo o bien por la cámara de alivio.

Cuando no exista cámara de entrada (bien porque solo acometa un emisario a la estación de bombeo o bien por cualquier otra circunstancia), el aliviadero de emergencia y el bypass asociado se dispondrán en otros elementos de la estación de bombeo, como, por ejemplo, junto al pozo de gruesos, el desbaste o en el propio depósito de bombeo.

2.9.2. Pozo de gruesos

Antes del desbaste se dispondrá un pozo de gruesos que permitirá la sedimentación de los sólidos más pesados y voluminosos con el fin de proteger los equipos de elevación. Tendrá fondo tronco-piramidal invertido de fuerte pendiente con el fin de concentrar los sólidos decantados en una zona específica donde se puedan extraer de forma eficaz, para lo que el pozo se equipará con los equipos necesarios para su recogida, instalándose un sistema de extracción mecánica de residuos. En el caso de estaciones grandes, el sistema de extracción consistirá en una cuchara bivalva o similar sujeta a un puente grúa que permitirá la fácil evacuación de los residuos a contenedores metálicos con capacidad tal que permitan un tiempo de almacenamiento de 24 horas para la máxima producción.

Los contenedores serán de distinta naturaleza en cada instalación, si bien, en cualquier caso, la zona de almacenamiento de los mismos irá dotada de una red de drenaje adecuada que permita su limpieza.

2.9.3. Desbaste de sólidos

Tras el anterior pozo se colocarán las instalaciones de desbaste, las cuales consistirán, al menos, en dos líneas de entrada colocadas en paralelo, en cada una de ellas se colocará una reja de gruesos. Se limitará el ancho de las rejillas a 2 m por unidad y la separación entre barrotes será de 40 mm como máximo.

La reja se colocará preferentemente inclinada y para su limpieza se instalarán equipos automáticos (al menos en una de las dos líneas), salvo en bombeos muy pequeños y previa aprobación del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, en los que podrán instalarse equipos manuales (rastrillos, por ejemplo).

Tanto la reja como los peines del limpiarrejas serán de acero inoxidable. El bastidor será también, preferentemente, de acero inoxidable o, en su defecto, de acero galvanizado en caliente.

De manera excepcional, como alternativa a lo anterior, y también previa aprobación del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, se podrá sustituir la anterior reja por la colocación de dilaceradores o de bombas con rodete dilacerador capaces de triturar y transportar sólidos.

Deberán disponerse también las instalaciones necesarias para la retirada de los residuos depositados en la reja, como por ejemplo, tornillos transportadores compactadores sin fin de acero inoxidable, cestillos perforados o contenedores tipo municipal.

2.9.4. Elevación de agua bruta

El sistema recomendado por *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* es el de estaciones de bombeo con bombas sumergidas en el propio depósito de bombeo.

2.9.4.1. Características generales de las cámaras de aspiración

Para prevenir la acumulación de sedimentos se deberá instalar algún sistema automático de agitación en la solera de la cámara, como por ejemplo, válvulas de limpieza o agitadores. A su vez, las generatrices de la solera de las cámaras de aspiración estarán achaflanadas dándole pendiente hacia el centro de la misma.

En la solera de la cámara de aspiración se construirá una poceta que permita introducir una bomba pequeña con la misión de vaciar completamente el depósito. La solera de la cámara deberá tener pendiente hacia dicha poceta.

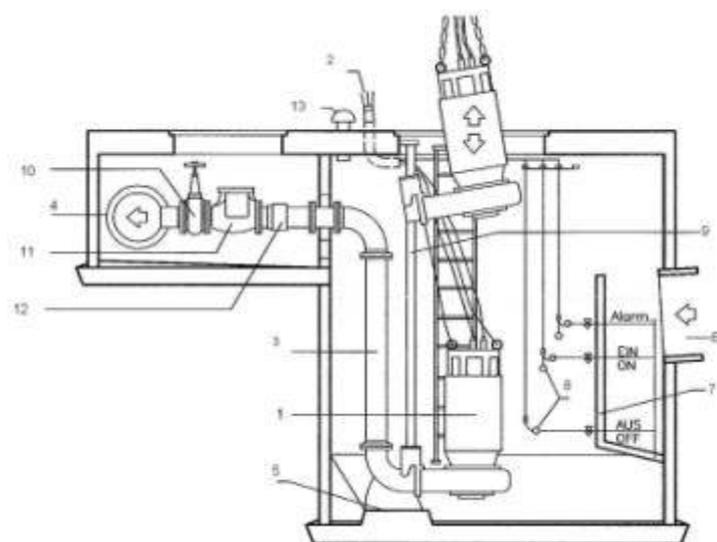
En el caso de existir tres o más bombas en la cámara de bombeo, ésta se compartimentará en varias cámaras de aspiración de forma que haya al menos dos líneas completas de bombeo. En esos casos, además, cada compartimento deberá estar conectado con los adyacentes mediante compuertas murales.

2.9.4.2. Cámaras tranquilizadoras

En la entrada a la cámara de aspiración deberán disponerse cámaras tranquilizadoras para disipar la energía cinética del flujo entrante (ver *Figura II-6*). Estas cámaras serán de hormigón armado y tendrán practicados unos agujeros en la solera enfrentados a las bombas de manera que se distribuya el caudal de entrada entre ellas de manera uniforme.

En instalaciones pequeñas (caudales inferiores a 20 m³/h), y previa autorización expresa del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, podrán sustituirse las anteriores cámaras tranquilizadoras de hormigón armado por pantallas deflectoras de acero inoxidable o galvanizado en caliente.

Figura II-6. Esquema de instalación sumergida con bomba vertical



- 1 Bomba
- 2 Tubo cables eléctricos
- 3 Tubo de impulsión
- 4 Conducción general
- 5 Pedestal
- 6 Emisario de entrada
- 7 Cámara tranquilizadora
- 8 Reguladores de niveles
- 9 Tubo guía
- 10 Válvula de compuerta
- 11 Válvula retención de bola
- 12 Carrete de desmontaje
- 13 Ventilación

2.9.4.3. Bombas

Las bombas a instalar en las estaciones de bombeo de aguas residuales serán centrifugas sumergibles.

El número mínimo de bombas a instalar será de dos, dejando siempre, al menos, una de ellas de reserva. Todas ellas (incluida la de reserva) estarán instaladas y conectadas de manera adecuada para que puedan utilizarse cuando se requieran.

En el caso de disponer varias bombas, serán todas iguales, debiendo estar a una distancia mínima de un metro de los ejes o a la mínima recomendada por los fabricantes. Cada una de las bombas será capaz de elevar el caudal máximo de cálculo dividido entre el número de bombas menos uno.

No obstante lo anterior, cuando el régimen de caudales sea muy variable, podrán instalarse varios grupos de bombas para acoplarse a cada régimen de funcionamiento. Todas las bombas de un mismo grupo serán iguales y, en cualquier caso, las de grupos diferentes tendrán la misma altura de elevación y serán de la misma tipología.

Cuando, conforme a lo especificado en el párrafo anterior, se dispongan bombas de tamaños diferentes, la de reserva será del menor de ellos, salvo indicación en contra de la Dirección Técnica del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*.

El fabricante de la bomba deberá facilitar la curva de altura-caudal de funcionamiento, así como la tensión, intensidad, potencia y velocidad de funcionamiento de la bomba.

Para el arranque de las bombas se seguirán, en general, los siguientes criterios, en función de la potencia P de las bombas instaladas:

- $P < 5$ kW arranque directo de las bombas
- $P \geq 5$ kW arranque mediante arrancadores suaves

En cualquier caso, podrán emplearse variadores de frecuencia para el control de las bombas, si así lo estima conveniente la Dirección técnica del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*.

En general, las bombas estarán fabricadas de fundición, a excepción del eje del motor y la tornillería que serán de acero inoxidable. El tubo guía y la cadena serán de acero galvanizado en caliente y el pedestal o la base soporte de fundición dúctil o de acero inoxidable.

La protección del motor de la bomba será, al menos, del grado IP 55 y el aislamiento de la Clase F. En cualquier caso el necesario cableado de las bombas deberá contar con las protecciones necesarias, así como disponerse alojado en el interior de un tubo cuando atraviese los muros de la estructura.

Las bombas deberán cumplir con la normativa de seguridad vigente en España para aparatos instalados en locales húmedos, y con las siguientes Directivas Europeas y sus modificaciones posteriores:

- 91/368 (maquinaria)
- 89/392 (máquinas)
- 89/336 (compatibilidad electromagnética)
- 73/23 (baja tensión)

Además, las bombas deberán ser conformes a lo especificado en las siguientes normas:

- UNE EN 809 (seguridad)
- UNE EN ISO 12.100 (seguridad)
- UNE EN 60.034 (características técnicas)

- UNE EN 61.000-6 (compatibilidad electromagnética)
- UNE-EN 12050 (diseño)

2.9.5. Colector de impulsión

El colector de impulsión es aquel tramo de conducción que une las bombas con la conducción de impulsión general.

Será preferentemente de acero inoxidable y deberá disponerse con las bridas, carretes de desmontaje y elementos de unión necesarios para que pueda desmontarse en su totalidad, para lo que las longitudes máximas de cada tramo de tubo serán de 4 metros.

El colector de impulsión tendrá dos tramos diferenciados, uno el que conecta a cada bomba en particular y otro el que recoge los anteriores y se une a la conducción general.

En el tramo que conecta cada una de las bombas deberá disponerse una válvula de compuerta y otra de retención de bola, antes de la conexión de todos ellos en el tramo común. La conexión de cada tubería individual a la conducción general se hará preferentemente con injertos a 45°, favoreciendo la dirección del flujo.

Deberá también disponerse un tramo de desagüe en el tubo de impulsión que vierta a la cámara de alivio. Previo a tal vertido se colocará una válvula de compuerta.

El colector de impulsión se alojará en una cámara de las dimensiones necesarias para alojar el tubo de impulsión y la valvulería asociada. La solera de esta cámara deberá disponerse a una cota superior que el nivel máximo que pueda alcanzar el agua en la cámara de aspiración.

La cámara en la que se aloje el colector de impulsión deberá tener pendiente hacia la cámara de alivio, a la que deberá estar conectada.

2.9.6. Instalaciones adicionales

En el presente apartado se especifican las características principales que deben cumplir las instalaciones adicionales básicas (instrumentación, equipos eléctricos, equipos para la desodorización, etc.) que sea necesario instalar en las estaciones de bombeo.

En cualquier caso, los sistemas de control y eléctricos se dispondrán, preferentemente, en un armario instalado en una sala independiente a la cámara de elevación de agua bruta. Es recomendable que el sistema de ventilación de esa sala no tome aire de la zona del pozo de bombeo.

Se deberá estudiar en detalle la posible afección del golpe de ariete a la instalación. Si fuera necesario, la impulsión se equipará con los equipos necesarios para aminorar los efectos de las posibles sobrepresiones debidas al golpe de ariete, como por ejemplo, ventosas, válvulas de alivio, calderines sin membrana u otros mecanismos. Igualmente, deberá constar de las piezas especiales necesarias (codos, tes, pantalones, reducciones, etc.) para dar continuidad a la conducción.

2.9.6.1. Instrumentación

a) *Instalaciones básicas*

Se dispondrá de un equipo automático para medir el pH y la conductividad con salidas a 4-20 mA, así como sensores de nivel para el accionado automático de las bombas.

En los canales de desbaste se incluirán detectores de nivel tipo boya para el control de las rejillas y tamices, aguas arriba de los mismos.

Cuando la cámara de bombeo esté compartimentada habrá que disponer sensores de nivel en cada uno de los compartimentos.

El programa de funcionamiento deberá estar diseñado para que todas las bombas, incluidas las de reserva, trabajen aproximadamente el mismo número de horas mensuales.

Deberá también disponerse una sonda que permita saber si se está vertiendo por el aliviadero de emergencia.

En el interior de la caseta se colocará un armario que contenga el cuadro eléctrico con los automatismos necesarios para, al menos, las siguientes operaciones:

- Arranque y parada de las bombas en función de la altura en las sondas de nivel
- Parada de las bombas por sobrepresiones
- Accionamiento mecánico del limpiarrejas (en su caso)
- Protecciones térmicas de los motores
- Alarmas

Todos los equipos de instrumentación cumplirán el estándar de salidas analógicas con rango de 4-20 mA en corriente.

b) *Controlador programable de las bombas*

La estación de bombeo dispondrá de un Controlador Programable (PLC) que permita controlar el funcionamiento de las bombas de tal manera que los niveles de agua en la cámara de aspiración se mantengan entre los niveles previamente prefijados. Igualmente, deberá poder controlar y gestionar el resto de equipos mecánicos (reja, tornillo, prensa, etc.).

El PLC estará equipado con un microprocesador en que se pueda programar mediante display o desde un PC externo –software modificable- el protocolo de funcionamiento de las bombas en función del nivel en la cámara de aspiración, el caudal entrante y el sistema de rotación elegido.

El protocolo de funcionamiento debe incluir la rotación periódica de las bombas con el fin de que las horas de uso de cada una de ellas sea similar y debe reducir lo más posible el arranque y parada de las bombas.

El microprocesador tendrá la memoria suficiente para poder almacenar el historial de bombeo (incluyendo todos los parámetros significativos) durante al menos 45 días, con independencia de realizar el volcado de la información almacenada cada mes a un PC externo.

c) *Sistema de telecontrol*

El respectivo proyecto de la estación de bombeo deberá especificar las instalaciones de telemando y telecontrol a disponer en cada caso particular, y éstas deben ser compatibles con el sistema de telecontrol existente en el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*.

2.9.6.2. Instalaciones eléctricas

a) *Cuadro de distribución*

El cuadro general de distribución se alimentará de la salida de la red en baja tensión de la estación de bombeo, el cual estará compuesto por diferentes columnas, de acuerdo a las necesidades, en donde se instalarán los interruptores automáticos (incluido el seccionador para la conexión del grupo electrógeno móvil o estacionario), con relés de disparo y enclavados con sus correspondientes interruptores automáticos, así mismo se dispondrá de un analizador de red. Estos interruptores alimentarán al embarrado general del que partirán los distintos interruptores que alimentarán los distintos CCM a la batería de condensadores automáticos y al módulo fijo para cada transformador si los hubiera así como al armario general de alumbrado.

Todas las salidas dispondrán de interruptor automático magneto térmico de potencia adecuada, de corte omnipolar con relé de protección diferencial ajustable, así como del toroidal correspondiente.

El cálculo de la corriente de cortocircuito y de defecto electrodinámico de los embarrados e interruptores automáticos deberá realizarse teniendo en cuenta la potencia total de los transformadores instalados, incluido el de reserva.

b) *Centro Control de Motores (C.C.M.)*

Se dotará a la instalación de los CCM que se precisen, albergando un cubículo para cada equipo unitario, instalándose preferentemente en una sala auxiliar independiente.

Los CCM serán autoportantes, para montaje sobre suelo, y de diseño normalizado. El grado de protección será como mínimo IP-547. Todas las partes metálicas de la envolvente se protegerán contra la corrosión.

Los CCM serán extraíbles montando como máximo seis columnas, estando cada una de ellas dividida en varias celdas o cubículos.

En la primera columna se situará el interruptor general automático magnetotérmico con relé diferencial ajustable y toroidal, así como un amperímetro, un voltímetro con conmutador de fases y un transformador de mando de 380/24V.

En las diferentes columnas se colocaran los distintos cubículos extraíbles para cada equipo unitario compuesto por disyuntor-interruptor magnetotérmico, interruptor diferencial de 300 mA, contactor tripolar y relés auxiliares (tanto de maniobra, señalización como de potencia), así como relé térmico diferencial.

En la puerta frontal se situarán los pilotos de señalización y el pulsador de rearme del relé térmico.

Estos cuadros incluirán un regletero normalizado intermedio, en donde se conectarán todas las señales de entrada al autómatas y de salida del mismo.

c) *Aparellaje eléctrico adicional*

Todo el aparellaje eléctrico, cumplirá con la legislación vigente sobre material eléctrico. El arranque de los motores se podrá efectuar de forma manual desde la botonera situada al pie del motor y en automático desde el PLC.

Todos los cuadros eléctricos llevarán elemento detector de falta de fase de tipo eléctrico y otro de sobretensión que protegerán a todos los equipos.

Todas las puntas de los conductores serán numeradas de acuerdo al esquema eléctrico a que pertenezcan. La distribución del cableado en los cuadros se realizará a través de canaletas de material plástico, de apertura y cierre rápido y nunca se mezclarán dentro del mismo cuadro distinto tipo de energía.

Todos los cuadros (unitariamente) dispondrán de una carterita interior, en donde se depositará una copia del esquema eléctrico de dicho cuadro, tanto de fuerza, mando, maniobra y señalización.

Todos los circuitos de mando y señalización se realizarán a tensión de 24 V. C.A. mediante circuitos separados (transformadores) y protegidos mediante interruptores automáticos bipolares.

d) *Cableado de fuerza y maniobra*

Toda la distribución se realizará con conductor tipo RV, aislado a 1.000 V sobre bandeja de PVC con tapa (en interiores) o metálica galvanizada en caliente (en exteriores), y discurrirán de forma que tenga fácil acceso para mantenimiento. Cuando no sea posible, la canalización en bandeja se realizará bajo tubería blindada de PVC, con registros accesibles para la inspección y manipulación de los mismos.

En cada zona de la estación de bombeo existirá como mínimo, una base enchufe mural estanca de 3P+T de 33 A para servicios auxiliares.

Todas las conexiones dentro de las cajas de derivación estancas, se realizarán por medio de bornes.

e) *Instalaciones de alumbrado*

El alumbrado en los espacios interiores, se realizará usando pantallas estancas. Todas las conexiones dentro de las cajas de derivación que serán estancas, se realizarán mediante bornes. El alumbrado del bombeo se calculará y proyectará para la siguiente iluminación mínima:

- Zonas de paso: 20 lux
- Cuando sea necesaria pequeña distinción de detalle (vestuarios, aseos, trasteros, etc.): 100 lux.
- Cuando sea necesario una disposición media de detalle (zona de trabajo): 300 lux.

Existirán dispositivos de alumbrado de emergencia adecuados a las dimensiones y naturaleza del local, capaz de mantener, al menos durante una hora, una intensidad de 5 lux y su fuente de energía será independiente del sistema normal de iluminación.

f) *Instalación de tierra*

En la estación de bombeo se instalará una conexión de puesta a tierra, con la finalidad de limitar la tensión que con respecto a tierra, puedan presentar, en un momento dado, las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

2.9.6.3. Grupo electrógeno

En los bombeos ubicados en zonas sensibles o que carezcan de la posibilidad de alivio en caso de parada eléctrica, se deberá instalar un grupo electrógeno con capacidad suficiente para alimentar a los equipos electromecánicos de la estación de bombeo (bombas, polipasto, rejas, cuchara, etc.)

2.9.6.4. Equipos de elevación

Deberán disponerse los equipos necesarios para el izado de las bombas, los cuales, según sea el tamaño de las bombas, serán, en general, de uno de los siguientes tipos:

- Polipastos fijos en pequeñas instalaciones
- Polipastos móviles a lo largo de una viga
- Puentes grúa

Los polipastos serán de accionamiento eléctrico. No obstante, previa autorización del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, se podrán admitir polipastos manuales en instalaciones pequeñas. Su capacidad nominal será de al menos el doble del peso del equipo mayor a extraer o mover.

Los equipos de izado deberán estar a una altura tal que permitan el izado de la bomba y su descarga a nivel del suelo y en un lugar cercano o accesible desde la puerta del edificio.

2.9.6.5. Desodorización

A fin de evitar la proliferación de malos olores, todos los elementos que integran las estaciones de bombeo irán alojados en un edificio cerrado, con renovación y tratamiento del aire.

El sistema de desodorización habitual en estaciones pequeñas será mediante carbón activo. En este caso, la instalación deberá ser tal que permita un fácil sistema de carga y descarga para mantenimiento. En grandes instalaciones se recurrirá a torres de lavado químico o procesos de nebulización o sistemas de atrapadores moleculares mediante mezclas micronizadas, si así lo estima oportuno la Dirección técnica del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*.

Si el tratamiento es vía química, deberá cumplir con el Reglamento APO ITC 006.

El número mínimo de renovaciones será de siete a la hora, proyectándose un ventilador de caudal adecuado y la conducción de aspiración con tomas en diferentes puntos localizadas en los lugares donde se prevea la formación y concentración de malos olores.

2.10. COMPONENTES DE CAPTACIÓN SUPERFICIAL, IMBORNALES

Los imbornales (también llamados absorbaderos o sumideros) son elementos que recogen las aguas pluviales de escorrentía y las introducen en la red de saneamiento. Están constituidos, en general, por los siguientes componentes:

- Elemento de recogida de las aguas pluviales
- Rejilla
- Albañal (ramal de acometida)
- Entronque

Las obras de recogida de aguas pluviales o imbornales se situarán en aquellos puntos de la calzada o vial que permitan interceptar más rápida y eficientemente las aguas pluviales de escorrentía (ver apartado 4.9.4.4), debiendo ser el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, quien autorice de forma definitiva la ubicación de éstos.

Los imbornales obligatoriamente deberán acometer a pozo de registro. En casos excepcionales, donde esto no sea posible, los sumideros acometerán a colector a través de cualquier entronque autorizado por el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, especificados en el apartado 3.3.3.

En redes unitarias los imbornales llevarán sifón, éste se podrá realizar a través de codo vertical de 90° en el pozo de registro, o también se podrá utilizar un imbornal sifónico construido de obra civil o prefabricado de hormigón, siendo este caso el más recomendado.

En las calzadas con pendiente transversal hacia las aceras, que será lo más general, se colocarán junto al bordillo, y en las calzadas con pendiente hacia el eje del vial, solo para el caso de calles peatonales, se colocarán en el centro o en el punto que corresponda.

Las bocas de imbornal estarán siempre protegidas mediante rejillas practicables.

El elemento de recogida podrá ser de dos tipos:

- De hormigón prefabricado, debiendo disponer del certificado de homologación.
- Muro aparejado de ladrillo macizo de 1/2 pie, enfoscado interiormente con mortero de cemento hidrófugo.

En todas las situaciones se dispondrá de losa de hormigón HM-20 de 20 cm de espesor.

La arqueta de recogida tendrá una profundidad mínima de 60 cm., pudiendo ser de tipo arenoso o no, siendo el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* quien decida una opción u otra. El ancho y longitud estará en función de las dimensiones de la rejilla elegida.

La rejilla y marco del imbornal será de fundición dúctil, de acuerdo con la norma UNE-EN-124. Ésta cumplirá:

- Rejilla plana rectangular en fundición dúctil según UNE-EN-124
- Abatible, antirrobo, superficie antideslizante, anti caída de bicicletas y anti ruidos
- Clase C-250 según UNE-EN-124 y marcado según UNE-EN-124
- Revestimiento de pintura bituminosa
- Superficie de absorción > 8 dm²
- Dimensiones mínimas de 550x350 mm (largo x ancho)

Se podrá utilizar, en lugares específicos y con la previa autorización del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, un conjunto de canal y reja de tipo monolítico con uniones machiembradas, realizado íntegramente en hormigón polímero. Éstos deben cumplir íntegramente con los requisitos de la Norma EN 1433.

El tubo del albañal tendrá un DN mínimo de 200 mm y podrá ser de cualquier material autorizado por el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, recomendándose el PVC-U de pared compacta o de pared estructurada. Y su pendiente estará comprendida entre el 1,5% y el 3%

Deberá justificarse el número de sumideros para la recogida de aguas en el área de estudio.

2.11. OTROS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS EN LAS REDES DE SANEAMIENTO

2.11.1. Generalidades

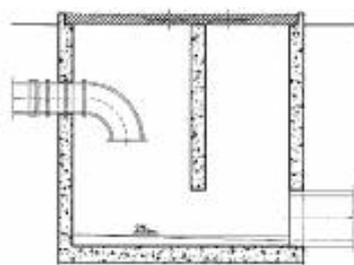
En las redes de saneamiento podrán existir, además de los ya mencionados, otra serie de componentes complementarios:

- Cámaras de rotura
- Cámaras de válvulas
- Elementos de ventilación
- Sifones
- Válvulas, ventosas y desagües
- Elementos auxiliares
- Elementos de automatización y control

2.11.2. Cámara de rotura

Las cámaras de rotura que se dispongan al final de las conducciones a presión serán de hormigón armado, con dos compartimentos separados (uno para la rotura de la carga en sí misma y la necesaria disipación de energía y el otro para la conducción del agua hacia la red en lámina libre), conforme puede verse en la *Figura II-7*. La solera tendrá una pendiente no inferior al 2% e irá revestida con un adoquinado de granito que facilite la disipación de energía.

Figura II-7. Cámara de rotura



2.11.3. Cámara de válvulas

Las válvulas, ventosas o desagües necesarios en las redes de saneamiento cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior deberán ir alojadas en cámaras.

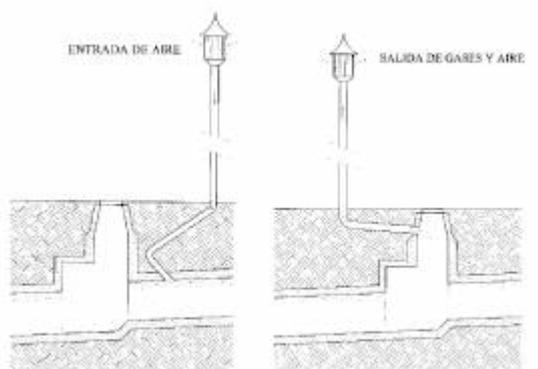
En general, el material a utilizar para la construcción de las cámaras será el hormigón armado, y sus dimensiones y diseño se determinarán según cada caso.

2.11.4. Elementos de ventilación

Los sistemas de ventilación a instalar en las redes de alcantarillado podrán ser, en general, de los dos tipos siguientes:

- a) *Ventilación natural*. La ventilación natural de la red de alcantarillado puede realizarse, a su vez, por alguno de los siguientes procedimientos:
 - Mediante pozos, chimeneas o armarios conectados a la red de alcantarillado (ver *Figura II-8*)
 - Utilizando para este fin las bajantes de las aguas pluviales
- b) *Ventilación forzada*. La ventilación forzada de las redes de alcantarillado consistirá en producir un tiro forzado en los puntos altos de las conducciones.

Figura II-8. Ejemplos de chimeneas de ventilación



2.11.5. Sifones

Los sifones constan de sendos pozos de registro a la entrada y a la salida del sifón (ver *Figura II-9*)

En el pozo de entrada debe disponerse, además, un arenero, una reja que evite la entrada de elementos gruesos, y, si es posible, un aliviadero. En ambos extremos, además, es recomendable instalar compuertas que permitan aislar el sifón.

Sólo podrán emplearse sifones con carácter excepcional y previa justificación de la solución adoptada, siempre que se cuente con la aprobación técnica del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*.

Figura II-9. Esquema de sifón

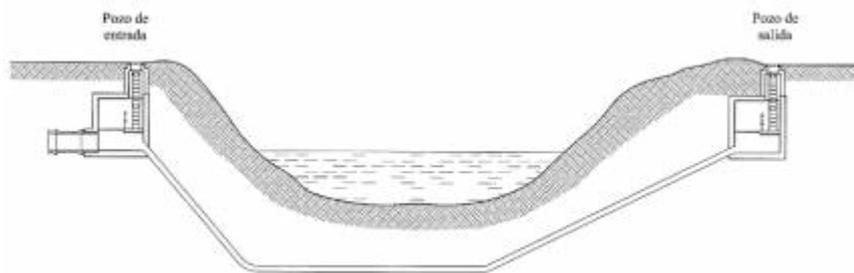


Fig 50. Esquema de sifón

2.11.6. Válvulas, ventosas, desagües y compuertas

2.11.6.1. Generalidades. Definiciones

Las redes de alcantarillado cuyo funcionamiento sea bajo presión hidráulica interior, deberán ir equipadas con las necesarias válvulas (de compuerta, antirretorno o reductoras de presión), ventosas y desagües, las cuales deberán cumplir con los requisitos de diseño y funcionamiento especificados para las mismas por la norma UNE-EN 736:1996.

Normalmente las válvulas, ventosas y desagües irán provistos de juntas de estanquidad de neopreno y recubrimientos a base de resinas epoxy.

2.11.6.2. Características técnicas y dimensiones

Los materiales a emplear en la fabricación de las válvulas, ventosas y desagües de fondo deberán figurar en el respectivo proyecto y en su defecto habrán de ser aprobados expresamente por la Dirección de Obra.

En cualquier caso deberán ser nuevos y libres de defectos, adecuados para alcanzar las características exigidas, no recomendándose admitir la reparación de aquellos que resulten defectuosos, salvo expresa autorización de las normas de aplicación, que, con carácter general, para los distintos materiales, serán los siguientes:

- Acero UNE-EN 1.503-1:2001 ó UNE-EN 1.503-2:2001
- Acero inoxidable UNE-EN 10.088:1996
- Fundición dúctil UNE-EN 1.503-3:2001
- Juntas elastoméricas UNE EN 681-1:1996
- Aleaciones de cobre UNE-EN 1.982:1999 y UNE-EN 12.165:1999

Para otros materiales (bronce, fundición gris, latón, etc.) el correspondiente proyecto deberá especificar la normativa de aplicación.

Los materiales de los distintos elementos constituyentes de las válvulas deberán ser resistentes a las características de las aguas residuales. Se dispondrán macizos de anclaje de hormigón armado en aquellos componentes sometidos a empujes por efecto de la presión, asegurando la inmovilidad de los mismos.

La serie de diámetros nominales normalizados para las válvulas, ventosas y desagües de fondo será la siguiente:

80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000, 1.100, 1.200, 1.250,
1.300, 1.400, 1.500, 1.600, 1.800, 2.000

2.11.6.3. Válvulas de compuerta

Las válvulas de compuerta están constituidas básicamente por un cuerpo, tapa, obturador, husillo o vástago y mecanismo de maniobra.

El cuerpo y la tapa deberán ser de fundición dúctil; el obturador podrá ser bien de fundición dúctil o bien de acero inoxidable; el husillo y el mecanismo de maniobra, deberán ser de acero inoxidable; la tuerca donde gira éste de bronce, latón o cobre de alta resistencia y los pernos o tornillos que unan las distintas partes del cuerpo de fundición dúctil.

El diseño de las válvulas de compuerta debe ser tal que sea posible desmontar y retirar el obturador sin necesidad de separar el cuerpo de la válvula de la conducción. Asimismo, debe ser posible sustituir o reparar los elementos de estanquidad del mecanismo de maniobra, estando la conducción en servicio, sin necesidad de desmontar la válvula ni el obturador. La parte inferior del interior del cuerpo, en general, no debe tener acanaladuras, de forma que una vez abierta la válvula no haya obstáculo alguno en la sección de paso del agua, ni huecos donde puedan depositarse sólidos arrastrados por el agua.

La unión de las válvulas se realiza, habitualmente, mediante bridas o con unión flexible. En el caso de la unión con bridas, ésta se efectúa, por lo general, intercalando un carrete de anclaje por un lado y un carrete de desmontaje por el otro.

2.11.6.4. Válvulas antirretorno o de retención

Las válvulas antirretorno para las redes de saneamiento a presión (impulsiones) deberán ser del tipo de bola, es decir, el elemento de cierre será una bola. El cuerpo de la válvula ha de ser de fundición dúctil y debe estar dotado de una tapa sujeta con tornillos que permita el

mantenimiento de la válvula. En general, la unión de las válvulas a la conducción se realiza mediante bridas.

En los casos donde el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* autorice una válvula antirretorno en acometidas o redes de alcantarillado éstas deberán ser de clapeta. El cuerpo de la válvula podrá ser de PVC y las conexiones a la tubería será a través de uniones flexibles con anillo elastomérico.

2.11.6.5. Ventosas

Las válvulas de expulsión y admisión de aire están constituidas, básicamente, por un cuerpo, flotadores esféricos o cilíndricos y, algunas veces, por un juego de palancas, sobre las que actúa el flotador, las cuales accionan las válvulas de cierre de los orificios de entrada y salida del aire.

El cuerpo ha de ser de fundición dúctil o de acero inoxidable. El cierre de la salida de aire se realiza por contacto de dos materiales, de los cuales uno debe ser acero inoxidable, y el otro un material elastomérico. Los flotadores, si actúan como obturadores, deben ser de acero revestidos de material elastomérico y en otros casos de acero inoxidable, pudiendo disponerse libres, articulados o guiados. Las palancas, de existir, se recomienda sean de bronce o acero inoxidable.

Las ventosas admiten diferentes diseños, fijándose sus dimensiones de forma que se garantice su resistencia, y justificándose, con los cálculos y ensayos oportunos, el diseño adoptado, así como los materiales constitutivos de estas válvulas. Debe tenerse en cuenta en la elección de la ventosa, el caudal de aire necesario para minimizar los efectos del golpe de ariete producido por paradas imprevistas de las bombas o por el cierre de las válvulas.

La conexión de la ventosa a la conducción se realiza, en general, mediante bridas. Se recomienda instalar junto a las ventosas una válvula de compuerta, que permita desmontar la ventosa para su reparación o sustitución, cuando la propia ventosa, en su interior, no disponga de una válvula de obturación a tal fin.

2.11.6.6. Desagües

Están constituidos, básicamente, por un orificio o por una pieza en T, ambos situados en la parte inferior de la conducción, a continuación de los cuales, y mediante las correspondientes piezas especiales, se coloca una válvula de compuerta, y posteriormente un tramo de conducción hasta llegar al punto de desagüe adecuado.

2.11.6.7. Compuertas

Se deben disponer compuertas en las redes de saneamiento en donde se desee impedir el paso del caudal en una determinada dirección. Se utilizan, por tanto, para desviar caudales por causas eventuales previamente previstas, tales como operaciones de limpiezas temporales, reparaciones, desvíos de caudales a colectores menos cargados, etc.

2.11.7. Elementos auxiliares

Los principales elementos auxiliares a instalar en los diferentes componentes de las redes de alcantarillado, así como las características básicas de los mismos serán los siguientes:

2.11.7.1. Marcos y tapas de cubrimiento

Los marcos y tapas de cubrimiento serán, en general, de fundición nodular y deberán cumplir con lo especificado para ellas en la norma UNE-EN 124:1995. Sólo en zonas aisladas, o cuando por razones de urbanismo así lo aconsejen, podrán instalarse tapas de hormigón armado o mixtas de hormigón y fundición, las cuales deberán tener iguales características dimensionales y de resistencia que las anteriores de fundición.

Las tapas serán, en general, redondas y su diámetro será, como mínimo, de 600 mm. Sólo en arquetas de dimensiones interiores igual o menor de 40 x 40 cm se admitirán marcos cuadrados con tapas redondas.

La flecha residual de la tapa (la variación de la cota del centro en razón a un punto cualquiera de la superficie de asiento tomada como referencia) no será superior a 1/500 del diámetro de la misma.

Las tapas de cubrimiento a instalar en redes nuevas de alcantarillado del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* serán, en general, de las siguientes clases de las especificadas en la norma UNE-EN 124:1995, según el emplazamiento de las mismas:

- Clase B 125, (carga de rotura > 125 kN; ó 12,5 Tm en masa) para aceras o superficies similares, tales como zonas de aparcamiento accesibles únicamente a vehículos de turismo.
- Clase C 250, (carga de rotura > 250 kN; ó 25 Tm en masa) para zonas peatonales, aceras, canales de las calles, bordillos de calzadas y aparcamientos accesibles a grandes pesos.

- Clase D 400, (carga de rotura > 400 kN; ó 40 Tm en masa) para calles peatonales, bandas de rodadura, calzadas y carreteras.

En cualquier caso, las tapas deberán ir marcadas con la siguiente información:

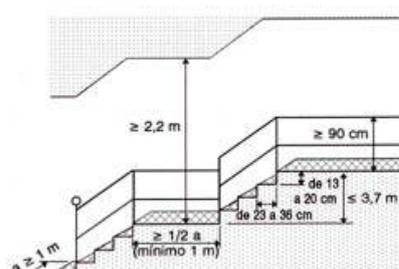
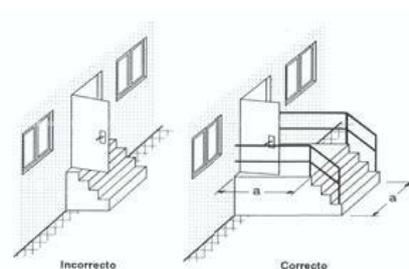
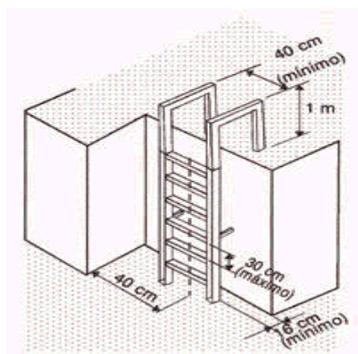
- Referencia a la norma UNE-EN 124
- Clase resistente
- Nombre o marca del fabricante
- Marca de calidad, en su caso
- Marcado "Servicio Municipal de Aguas de Barbate" opcional.
- Identificación del servicio: SANEAMIENTO

En las fichas-planos del Anexo IV. FICHAS – PLANOS se representa la tapa normalizada por el Servicio Municipal de Aguas de Barbate para pozo de registro o para accesos de arquetas de grande dimensiones, con las especificaciones mínimas que debe cumplir.

2.11.7.2. Escaleras

No se instalarán escaleras fijas ni pates en los pozos de registro, para su acceso se utilizarán escaleras manuales transportables.

Para el resto de instalaciones podrán ser fijas ancladas a la pared de la estructura.



Las escaleras verticales de más de 2,5 m deberán disponer de guardacuerpos o aros en estructura cilíndrica tangente a la escalera.

Los pavimentos de las rampas, escaleras y plataformas de trabajo serán de materiales no resbaladizos o dispondrán de elementos antideslizantes.

En las escaleras o plataformas con pavimentos perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm.

Las rampas tendrán una pendiente máxima del 12% cuando su longitud sea menor que 3 m, del 10% cuando su longitud sea menor que 10 m o del 8% en el resto de los casos.

Las escaleras tendrán una anchura mínima de 0,55 m.

Los peldaños de una escalera tendrán las mismas dimensiones.

Los escalones de las escaleras que no sean de servicio tendrán una huella comprendida entre 0,23 y 0,36 m, y una contrahuella entre 0,13 y 0,20 m. Los escalones de las escaleras de servicio tendrán una huella mínima de 0,15 m y una contrahuella máxima de 0,25 m.

La altura máxima entre los descansos de las escaleras será de 3,7 metros. La profundidad de los descansos intermedios, medida en dirección a la escalera, no será menor que la mitad de la anchura de ésta, ni de 1 metro. El espacio libre vertical desde los peldaños no será inferior a 2,2 m.

Las barandillas deben cumplir lo establecido en el R.D. 486/97 Anexo I-A apdo. 3 que indica:

Las barandillas serán de materiales rígidos, tendrán una altura mínima de 0,9 m y dispondrán de una protección que impida el paso (barra intermedia) o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas (rodapié).

Deberán protegerse los lados abiertos de las escaleras y rampas de más de 0,6 m de altura. Los lados cerrados tendrán un pasamanos, a una altura mínima de 0,9 m, si la anchura de la escalera es mayor de 1,2 m; si es menor, pero ambos lados son cerrados, al menos uno de los dos llevará pasamanos.

2.11.7.3. Barandillas y cadenas de seguridad

Cuando se empleen en las redes de alcantarillado las barandillas y cadenas de seguridad, deberán ser de acero inoxidable.

2.11.7.4. Tramex

Los tramex serán de acero inoxidable o de PRFV. Los de acero estarán constituidos por pletinas 30 x 2 ó 30 x 3 mm unidas formando mallas de 30 x 30 mm, que, a su vez, conformarán piezas unitarias de dimensiones máximas 3,0 m x 1,0 m.

2.11.8. Sistema de telecontrol

Los respectivos proyectos de las futuras actuaciones deberán especificar las instalaciones de telemando y telecontrol a disponer en cada caso particular, y éstas deben ser compatibles con el sistema de telecontrol existente en el Servicio Municipal de Aguas de Barbate.

Capítulo III. ACOMETIDAS

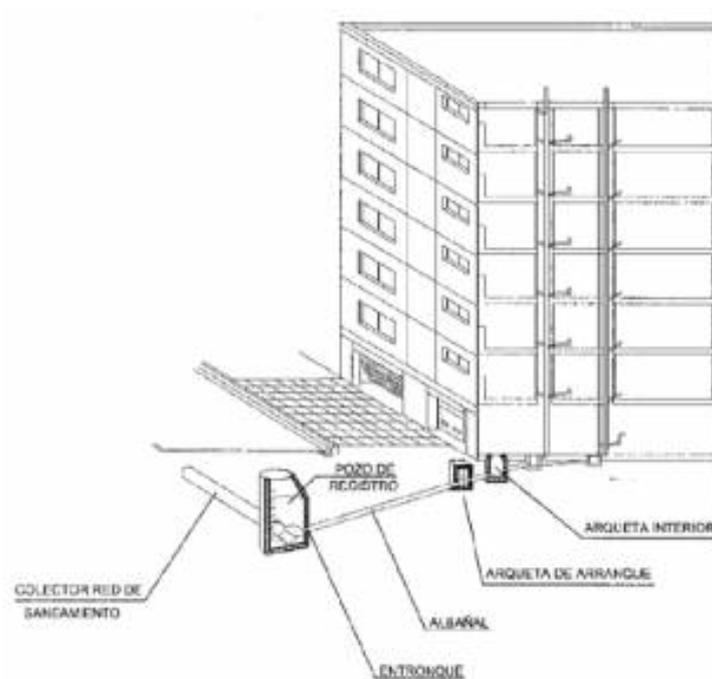
3.1. GENERALIDADES DE LAS ACOMETIDAS

Las acometidas estarán constituidas, en general, por los siguientes componentes (ver *Figura III-1*):

- Arqueta de arranque
- Albañal o ramal de acometida
- Entronque

La arqueta de arranque se ubicará en la vía pública.

Figura III-1. Componentes de una acometida



3.2. INSTALACIONES INTERIORES DE SANEAMIENTO

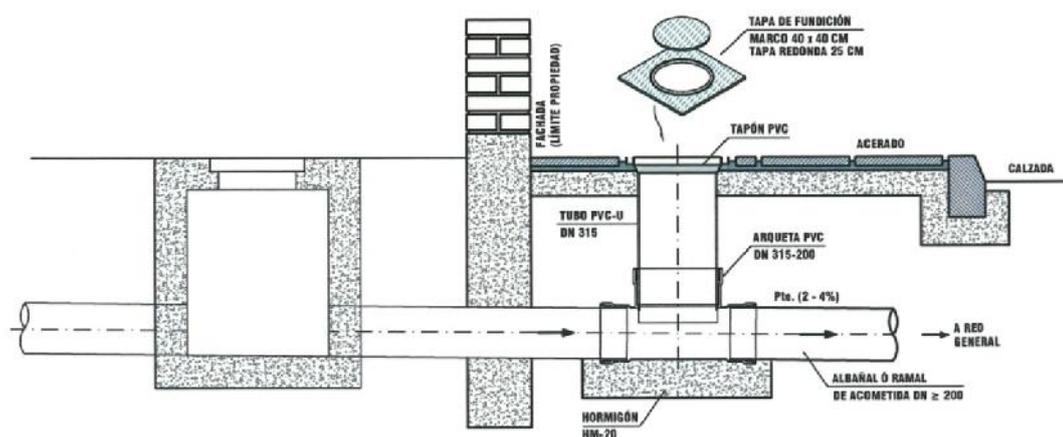
Se consideran instalaciones propias del inmueble toda la red de alcantarillado de éste hasta la arqueta de arranque.

Así mismo se consideran instalaciones interiores las situadas dentro de un espacio al que pertenezcan uno o varios inmuebles y que tengan un uso común y restringido, con conexión con la red pública de saneamiento.

El mantenimiento, adecuación y reparación de dichas instalaciones corresponde a los propietarios del inmueble.

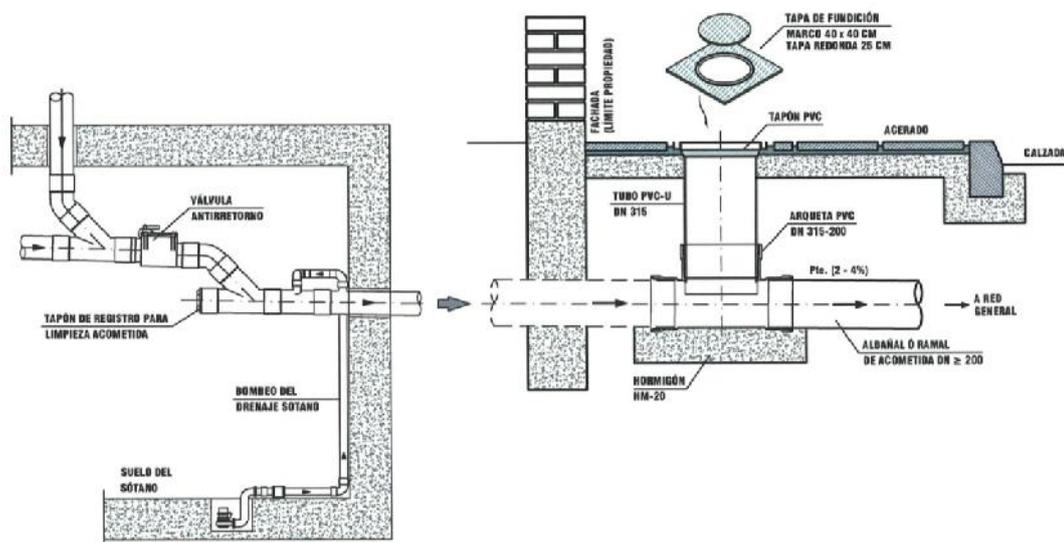
Además de la arqueta de arranque ubicada en vía pública, en las edificaciones sin sótano se construirá una arqueta interna o pozo general del edificio que recogerá todos los caudales interiores, ésta dispondrá una tapa practicable con junta de goma y perfectamente hermética para evitar la salida de olores y gases. Desde esta arqueta partirá la tubería general de evacuación de la edificación. Se ubicará en el interior del perímetro construido de la edificación, debiendo buscarse zaguán o lugar de uso común no habitable lo más próximo posible a la red general de alcantarillado. El mantenimiento del tramo entre el pozo general del edificio y la arqueta de arranque será responsabilidad de la propiedad.

Figura III-2. Edificación sin sótano



En las edificaciones con sótano, con objeto de que la propiedad pueda realizar el mantenimiento de la instalación interior, se instalará como elemento de registro, en línea con la acometida una pieza en "Y" a 45° con tapón de registro para permitir su limpieza. Para su ubicación se aplicarán los mismos criterios que en el caso de la arqueta, es decir, zona común.

Figura III-3. Edificación con sótano



El tubo de salida del edificio, que se considera también instalación propia del inmueble, será de un material autorizado por el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, tendrá un diámetro mínimo de 200 mm y una pendiente como mínimo del 2,5%. La profundidad (rasante de la generatriz inferior), medida en la vía pública y en el paramento exterior de la finca, deberá ser como máximo de 1,0 m. La imposibilidad de cumplimiento de este requisito de profundidad deberá justificarse fehacientemente, resultando necesaria la aprobación expresa del Servicio Municipal de Aguas de Barbate.

Todos los vertidos provenientes de aparatos o elementos situados a cotas superiores a la vía pública lo harán por gravedad y los situados a cotas inferiores (aunque exista cota disponible en la red pública) efectuarán su vertido mediante bombeo a la red interior superior.

En caso de edificios con sótanos dotados de muros pantalla o lasa armada en planta baja, dispondrá de un pasa muros estanco con objeto de hacer pasar el tubo de salida de la instalación interior.

Toda la red interior deberá ser construida de forma tal que se garantice su estanqueidad frente a la eventual entrada en carga de dicha red. Así mismo, todo el sótano deberá estar debidamente impermeabilizado, para impedir las filtraciones desde el exterior.

Para el correcto control y evaluación de los caudales, todos los suministros no domésticos, excepto en aquellos que por sus características especiales y a juicio del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* no resulte necesario, deberán instalar una arqueta de toma de muestras

cuyas características responderán a lo representado en la ficha-plano del *Anexo IV. FICHAS – PLANOS*.

Todos los vertidos que provengan de actividades que sean susceptibles a aportar grasas a la red pública, tales como bares, restaurantes, hoteles, estaciones de lavado y engrases, aparcamientos, etc., deberán instalar una arqueta separadora de grasas, la cual responderá al modelo aportado por el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* y que se representa en la ficha-plano del *Anexo IV. FICHAS – PLANOS*.

Así mismo, los vertidos provenientes de actividades que puedan aportar sedimentos a la red pública, deberán contar con una arqueta decantadora de sólidos cuyo modelo fijará el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* en función de las características de los vertidos que se efectúen.

3.3. COMPONENTES DE LAS ACOMETIDAS

3.3.1. Arqueta de arranque

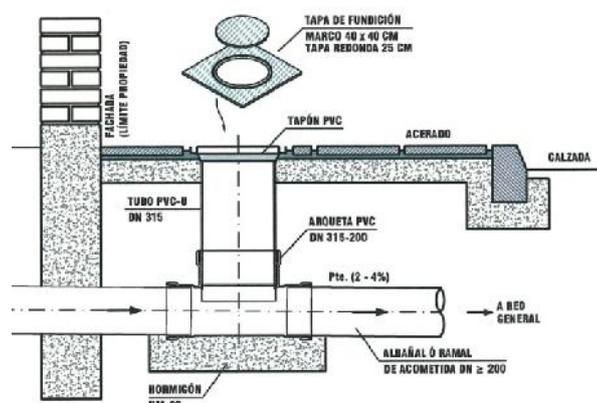
Las funciones básicas de las arquetas de arranque serán las siguientes:

- Facilitar las labores de limpieza
- Localización del arranque de la acometida
- Conexión entre la conducción de salida de las aguas residuales de la propiedad y el albañal de la acometida

Todas las parcelas o inmuebles tendrán una arqueta de arranque, tanto para las aguas residuales como para las pluviales en caso de redes separativas, situadas en la acera, junto a la fachada, lo más cercana posible a la misma, recogiendo las aguas procedentes del desagüe interior del edificio, y enviándolas a la red de alcantarillado.

En su construcción se deberá garantizar la estanqueidad de las conexiones y se realizará a través de arqueta de registro prefabricada de PVC de paso directo.

Figura III-4. Arqueta de arranque con registro PVC de paso directo



El tubo vertical hasta el nivel del acerado será de PVC-U de pared compacta DN 315 mm con tapón de PVC incorporado para evitar la salida de gases y olores. Y en la parte superior se rematará, a nivel de acerado, con un registro de marco cuadrado de 40 x 40 cm y tapa redonda de 25 cm de diámetro.

3.3.2. Albañal o ramal de acometida

Todos los albañales se construirán con tubos de PVC-U de pared compacta (lisa) o estructurada (corrugada). El dimensionamiento se calculará según apartado 3.4, siendo el diámetro mínimo DN 200 mm. Las tuberías que se instalen deberán cumplir las prescripciones que se recogen en el apartados 2.2.

Su trazado en alzado deberá ser siempre descendente y con pendiente uniforme, hacia la red de saneamiento. La pendiente estará comprendida entre el 2 y el 4%.

No estará permitida la instalación de codos en el trazado en alzado, salvo casos de absoluta necesidad y previa autorización del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*. En estos casos, deberán construirse en todo caso mediante codos o piezas especiales propias del tipo de material del albañal, y nunca mediante arquetas ciegas o no registrables.

El trazado en planta del albañal deberá ser ortogonal a la red de saneamiento y, siempre que resulte posible, su conexión se hará al pozo de registro más cercano aguas abajo, en cuyo caso se permitirán desviaciones sobre la perpendicularidad.

3.3.3. Entronque

El entronque del albañal a la red de saneamiento se podrá hacer de dos formas:

- Conexión a pozo de registro
- Conexión directa a colector

3.3.3.1. Conexión a pozo de registro

El entronque del albañal con el pozo de registro de la red de alcantarillado deberá garantizar un resalto (medido entre las cotas inferiores del albañal y del colector receptor) entre 40 y 80 cm, respetando siempre que sea posible una distancia mínima de 20 cm entre las generatrices inferior del albañal y superior del colector.

Salvo en pozos prefabricados que dispongan de los correspondientes orificios, la perforación de los pozos, deberá efectuarse (siempre que sea constructivamente posible) mediante taladro con máquina adecuada con broca de tipo corona.

El entronque del conducto de la acometida al pozo de la red de alcantarillado podrá realizarse de diversas maneras, y dependerá de los materiales de construcción del pozo, en general se empleará una junta elastomérica estanca, pudiéndose utilizar para pozos y tuberías de hormigón, así como para pozos de ladrillo un mortero estanco hidrófugo con cemento sulforresistente.

El número máximo de acometidas que se permiten conectar a un pozo está indicado en el apartado 2.5.3.1.

3.3.3.2. Conexión directa a colector

El sistema de unión a emplear resultará dependiente del material de fabricación de las tuberías y de la relación entre los DN del albañal y del colector. Se enumeran los dos siguientes casos:

- a) Para colectores de material termoplástico como son los PVC-U de pared compacta y los PVC-U de pared estructurada (corrugados), la conexión directa a dicho colector se realizará a través de derivación acoplada mecánica "injertos mecánicos".
- b) Para colectores de material de hormigón en masa, la conexión directa dicho colector se realizará mediante derivación acoplada mecánica "injertos mecánicos", junta de goma normalizada, o derivación acoplada para colectores de hormigón.

Figura III-5. Piezas especiales para conexiones directas a colector

MATERIAL DE LOS COLECTORES	PIEZAS ESPECIALES		
Termoplástico de pared compacta	 Injerto clip mecánico universal		
Termoplástico de pared estructurada (corrugado)	 Injerto clip mecánico universal	 Junta elastomérica 90°	
Hormigón	 Injerto clip mecánico univ.	 Junta elastomérica	 Derivación acoplada

La perforación al colector se realizará con maquinaria adecuada, como por ejemplo taladro equipado con corona de diámetro igual al DN de la acometida. Siempre teniendo en cuenta no sobrepasar la relación, entre el diámetro del colector y diámetro de la perforación, recomendado por el fabricante del colector.

3.3.3.3. Elección del tipo de entronque

Los entronques deberán reunir las condiciones de estanqueidad y elasticidad, para cualquiera de las soluciones que se adopten.

Se procurará que sea siempre a través de conexión a pozo de registro, no obstante para no condicionar el excesivo número de pozos en la vía pública, ni alargar en demasía los albañales, se deberá cumplir como norma general, para el entronque, lo especificado en la *Tabla III-6*:

Tabla III-6. Tipo de entronque en función de la longitud del albañal

Longitud del albañal	TIPO ENTRONQUE A REALIZAR
$L \leq 10$ m a pozo existente	Conexión a pozo existente
$10 < L \leq 30$ m a pozo existente	Conexión directa a colector
$L > 30$ m a pozo existente	Conexión a pozo de nueva construcción

No obstante el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, será quien en último caso determine, en función de las características y estado del colector, del vial, etc. el tipo de entronque que mejor contribuya al buen funcionamiento del sistema.

3.4. DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS ACOMETIDAS

El diámetro mínimo de las acometidas, tanto de residuales, pluviales o unitarias, será DN 200 mm.

El dimensionamiento de una acometida en función del caudal a evacuar por la misma, y en ausencia de cálculos justificativos, podrán utilizarse los valores de la *Tabla III-7*.

Tabla III-7. Caudales en función de la pendiente (Manning. 75 % de llenado; n=0,015)

DN (mm)	Caudal (l/s)				
	Pendiente 2%	Pendiente 2,5%	Pendiente 3%	Pendiente 3,5%	Pendiente 4%
200	37	41	45	48	52
250	66	74	81	88	94
315	108	121	132	143	153
350	163	182	200	216	231
400	233	260	285	308	329
450	317	356	390	422	451
500	422	472	517	558	597

3.4.1. Acometida separativa de aguas residuales

A los efectos del diseño hidráulico de una acometida separativa de aguas residuales, se define el caudal instalado como la suma de los caudales instantáneos mínimos de diseño correspondientes a todos los aparatos instalados, que se obtiene de la *Tabla III-8*, extraída del Código Técnico de la Edificación.

Tabla III-8. Caudal instantáneo mínimo por aparato

Tipo de aparato	Q _i Caudal instantáneo mínimo de agua fría (l/s)
Lavamanos	0,05
Lavabo	0,10
Ducha	0,20
Bañera ≥ 1,40 m	0,30
Bañera < 1,40 m	0,20
Bidé	0,10
Inodoro con cisterna	0,10
Inodoro con fluxor	1,25
Urinario con grifo temporizado	0,15
Urinario con cisterna	0,04
Fregadero doméstico	0,20
Fregadero no doméstico	0,30
Lavavajillas doméstico	0,15
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25
Lavadero	0,20
Lavadora doméstica	0,20
Lavadora industrial (8 kg)	0,60
Grifo aislado	0,15
Grifo garaje	0,20
Vertedero	0,20

Y con la suma de los caudales instantáneos mínimos se obtiene el caudal total instalado, que será el que servirá para elegir el diámetro de la acometida. Con este caudal total instalado, elegimos en la *Tabla III-7*, en función de la pendiente de la acometida, un diámetro nominal que sea capaz de evacuar este caudal.

3.4.2. Acometida separativa de aguas pluviales

Las acometidas de pluviales deberán dimensionarse en el proyecto correspondiente en función de la superficie a drenar, la pluviometría de la zona, la escorrentía, el tiempo de concentración del área a evacuar y el período de retorno fijado, adjuntándose los correspondientes cálculos justificativos.

Para el cálculo del caudal de aguas pluviales QP procedentes de cubiertas, terrazas y viales de las distintas áreas geográficas, se podrá emplear el Método Racional, descrito en el Anexo II. *CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUAS PLUVIALES, MÉTODO RACIONAL.*

Si bien, las acometidas separativas de aguas pluviales de un edificio de viviendas podrán dimensionarse conforme los valores de la *Tabla III-9* y la *Tabla III-7*. Para ello, con QP obtenido de la *Tabla III-9* se elige el diámetro DN de la acometida en la *Tabla III-7*.

Tabla III-9. Caudal de aguas pluviales en función del área a evacuar. Método racional

Superficie a drenar (A)	Caudal de pluviales QP	Superficie a drenar (A)	Caudal de pluviales QP
100 m ²	16 l/s	1.750 m ²	277
250 m ²	40 l/s	2.000 m ²	316
500 m ²	79 l/s	2.250 m ²	356
750 m ²	119 l/s	2.500 m ²	395
1.000 m ²	158 l/s	2.750 m ²	435
1.250 m ²	198 l/s	3.000 m ²	474
1.500 m ²	237 l/s	3.250 m ²	514

3.4.3. Acometidas unitarias

Para el dimensionamiento hidráulico de una acometida unitaria (residuales más pluviales), se determinará por separado el caudal total instalado y el caudal de aguas pluviales (QP), según lo especificado en los anteriores apartados 3.4.1 y 3.4.2, respectivamente. El diámetro de la acometida se obtendrá a partir de la suma de los anteriores caudales y de la *Tabla III-7*.

Capítulo IV. CONDICIONES GENERALES DE DISEÑO

4.1. INFORMACIÓN PREVIA

Antes de proceder al estudio de una red de alcantarillado será necesario disponer de la siguiente documentación mínima:

- Plano altimétrico de la zona
- Plano con la red hidrográfica y las cuencas vertientes
- Ordenanzas municipales
- Planos de ordenación y clasificación del suelo
- Planos de situación de todos los servicios e instalaciones subterráneas y aéreas
- Características máximas de población y superficie edificable (techo de planeamiento)

4.2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

El diseño de las redes nuevas de alcantarillado deberá realizarse conforme a los siguientes criterios generales:

- a) *Capacidad de la red.* La red deberá tener capacidad suficiente para la evacuación de la totalidad de las aguas residuales generadas en la zona atendida por la red y de las aguas de lluvia asociadas a un determinado período de retorno.

En cualquier caso, el cálculo de los caudales de diseño deberá realizarse conforme lo especificado en el apartado 4.5.1.2.

- b) *Protección contra la contaminación. Respeto al medio ambiente.* En general, el diseño del sistema de saneamiento en su conjunto (redes de alcantarillado y depuradoras) deberá ser tal que tenga en cuenta la capacidad de admisión del medio receptor, de manera que la calidad, cantidad y frecuencia de cualquier descarga a los cauces cumplan con los requisitos establecidos por la legislación vigente.

En el cálculo de la capacidad de admisión del medio receptor deberán tenerse en cuenta aspectos físicos, químicos, bioquímicos, bacteriológicos, visuales, olfativos y cualquier otra consideración que se considere relevante en su capacidad de autodepuración.

En el caso particular de las redes de alcantarillado deberá prestarse especial atención a las descargas al medio receptor producidas a través de los aliviaderos del sistema.

- c) *Trazado*. El trazado de la red deberá ser conforme a lo especificado en el apartado 4.4.
- d) *Diseño hidráulico de las conducciones que integran la red*. Las redes de alcantarillado podrán ser unitarias o separativas, conforme a lo especificado en el apartado 4.3.

En cuanto al funcionamiento hidráulico de la red, en la medida de lo posible deberá ser por gravedad, reduciendo al máximo las impulsiones y las estaciones de bombeo.

Con todo, el dimensionamiento hidráulico de las conducciones que componen una red de alcantarillado debe ser realizado conforme a lo especificado en el apartado 4.5.1.

- e) *Diseño mecánico de las conducciones que integran la red*. El cálculo mecánico se realizará conforme a lo establecido en el apartado 4.5.2.

4.3. SISTEMAS DE SANEAMIENTO

4.3.1. Generalidades

Atendiendo a la naturaleza del agua residual a evacuar, las redes de alcantarillado podrán ser básicamente de los dos tipos siguientes:

- a) *Redes unitarias*. La red se dimensiona con capacidad suficiente para recoger y transportar en un mismo conducto las aguas residuales y pluviales generadas en la cuenca o zona objeto de proyecto.
- b) *Redes separativas*. La red consta de dos canalizaciones independientes: una de ellas transporta las aguas residuales de origen doméstico, comercial o industrial hasta la estación depuradora, y la otra conduce las aguas pluviales hasta el medio receptor.

Por otra parte, atendiendo al funcionamiento hidráulico de la red, las mismas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a) *Por gravedad*. Las aguas discurren a lo largo de la red por causa de la propia pendiente de las conducciones, en régimen hidráulico de lámina libre.
- b) *Bajo presión hidráulica interior*. Las aguas discurren a lo largo de la red sometidas a una cierta presión hidráulica interior, generalmente por la acción de medios mecánicos.

4.3.2. Criterios de adopción

En cada proyecto en particular se definirá cuál de los sistemas de alcantarillado descritos en el anterior apartado se adapta mejor a las necesidades específicas de cada caso concreto.

En cualquier caso, en el diseño de nuevas redes de alcantarillado, y atendiendo a la naturaleza del agua residual a evacuar, se adoptarán, siempre que sea posible, redes separativas.

Por otro lado, atendiendo al funcionamiento hidráulico de la red, deberán seguirse los siguientes criterios para la selección del sistema de alcantarillado:

- a) Siempre que sea posible, deberá adoptarse un sistema por gravedad.
- b) Los alcantarillados bajo presión hidráulica interior deberán minimizarse, si bien, no obstante, podrán adoptarse en casos como los siguientes, entre otros:
 - Que las pendientes disponibles no permitan velocidades del agua en los conductos de acuerdo con los límites definidos en el apartado 4.5.1.3.
 - Que las características del terreno dificulten gravemente, imposibiliten o encarezcan extraordinariamente un sistema por gravedad. Especial atención se prestará cuando un sistema por gravedad exigiese profundidades de enterramiento superiores a valores del orden de 5 m de profundidad.
 - Que la existencia de obras de infraestructura impidan el paso de los conductos.
 - Que sea necesario disponer el agua residual a una cota tal que la misma sea inalcanzable en un sistema por gravedad.

4.4. TRAZADO

4.4.1. Consideraciones generales

El trazado de las redes de alcantarillado deberá consistir, en general, en alineaciones rectas tanto en alzado como en planta entre las que se intercalarán pozos de registro.

4.4.2. Trazado en planta

En las redes urbanas el trazado de las redes de alcantarillado deberá seguir el viario, recomendándose que las conducciones discurren bajo las aceras para así disminuir las cargas actuantes y facilitar las tareas de reparación.

En los viales de más de 15 m de ancho se instalarán dos conducciones de fecales, una a cada lado del vial, salvo que en alguno de los lados se prevean menos de dos acometidas por manzana. En los viales más estrechos se instalará una única conducción por el centro de la calzada preferentemente, salvo que se prevea una diferencia significativa de acometidas entre ambos lados del vial, en cuyo caso la conducción podrá discurrir por aquel lado que tenga el mayor número de acometidas.

En relación con las distancias mínimas a los edificios, deberán tomarse las necesarias precauciones para evitar cualquier afección a sus cimientos, debiendo respetar, en cualquier caso, una separación mínima de unos 2 m, así como una distancia mínima de 1 m a los bordillos.

En cualquier caso, las redes urbanas de alcantarillado deberán situarse a una distancia mínima en planta de 1,0 m respecto de las redes de abastecimiento de agua. Es obligatorio que las tuberías de abastecimiento de agua de consumo humano estén siempre en un plano superior con respecto a las tuberías de alcantarillado y saneamiento.

La distancia mínima entre las conducciones de fecales y pluviales (caso de tratarse de redes separativas) será de 80 cm.

Las separaciones mínimas entre las generatrices externas de las tuberías de alcantarillado y saneamiento alojadas en zanja y las de los conductos, o las aristas de los prismas, de los demás servicios instalados con posterioridad serán las indicadas en la *Tabla IV-1*:

Tabla IV-1. Separaciones mínimas entre servicios

Servicio	Separación en planta (cm)	Separación en alzado (cm)
Abastecimiento	60	50
Gas	50	50
Electricidad AT	30	30
Electricidad BT	20	20
Comunicaciones	30	30

Cuando no sea posible mantener estas distancias mínimas de separación, será necesario disponer protecciones especiales aprobadas por el Ayuntamiento o la empresa suministradora correspondiente, según los casos.

En el caso de conducciones metálicas, deberá alejarse el trazado de la conducción de las líneas eléctricas aéreas de tensión superior a 15 kV por el peligro de corrosión.

En el proyecto se establecerán las siguientes limitaciones por afecciones a:

a) Dominio público hidráulico

Las limitaciones en la afección al dominio público hidráulico quedan recogidas en la Ley de Aguas y en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico que la desarrolla, y atendiendo a ello, el organismo competente para la gestión del dominio público hidráulico es el Organismo de cuenca.

Los cruces serán preferentemente por debajo del cauce, modificando la sección tipo de la zanja con el fin de evitar erosiones y proteger la tubería (zanja macizada de hormigón).

b) Carreteras

Si la conducción proyectada afecta de forma definitiva o temporal a viales o terrenos no públicos, se establecerá el correspondiente documento de imposición de uso, servidumbre o expropiación, según proceda. Los datos para estos documentos podrán formar parte del propio proyecto, y en ellos deberán señalarse tanto los propietarios privados como los Organismos Públicos afectados.

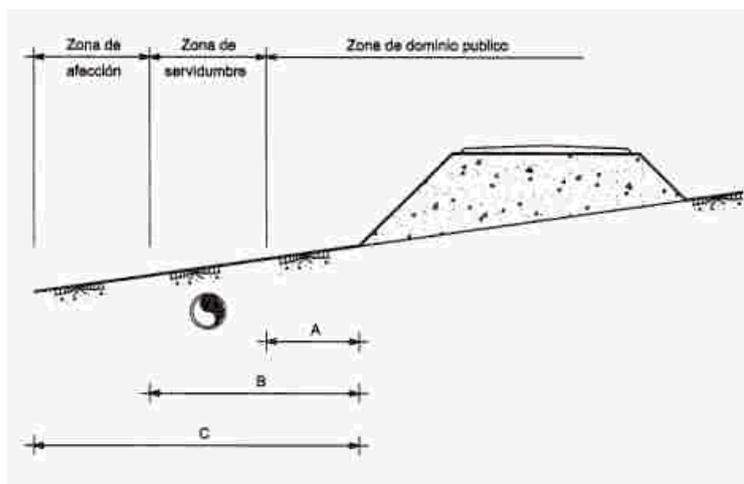
Se deberá consultar al organismo responsable las previsiones de futuro en relación a duplicaciones de calzada, enlaces, glorietas, etc.

En el caso de trazar una tubería paralela a una carretera, ésta discurrirá por la *zona de servidumbre*, que es la zona de terreno que va de 8 a 25 m (autopistas, autovías y vías rápidas), contados a partir de la arista exterior de la explanación, o de 3 a 8 m, para los restantes tipos de carreteras (Ley 25/1988 de Carreteras). La *zona de dominio público* (0 a 8 m para autopistas, autovías y vías rápidas y 0 a 3 m para las restantes carreteras) estará sujeta al art. 76.4 del Reglamento que desarrolla la anterior Ley, el cual establece que "se podría autorizar excepcionalmente la utilización del subsuelo en la zona de dominio público, para la implantación o construcción de infraestructuras imprescindibles para la prestación de servicios públicos de interés general..."

Tabla IV-2. Zonas de dominio público, servidumbre y afección en carreteras

	Distancia		
	A	B	C
Autopistas, autovías y vías rápidas	8 m	25 m	100 m
Resto de carreteras	3 m	8 m	50 m

Figura IV-3. Disposición de tuberías cuando discurren paralelas a carreteras



c) Ferrocarril

En el caso de líneas ferroviarias, la tubería discurrirá por la *zona de protección*, que es la zona de terreno que va de 8 a 70 m, contados a partir de la arista exterior de la explanación (Ley 39/2003 del Sector Ferroviario). La *zona de dominio público* (0 a 8 m) estará sujeta al art. 25.2 del Reglamento que desarrolla la anterior Ley, el cual establece que "en zona de dominio público [...] sólo podrán realizarse obras e instalaciones, previa autorización del administrador del infraestructuras ferroviarias, cuando sean necesarias para la prestación del servicio ferroviario o cuando la prestación de un servicio público o de un servicio o actividad de interés general así lo requiera"

En el caso de tuberías metálicas, debe alejarse el trazado de la tubería de las líneas eléctricas de tensión superior a 15 kV por el peligro de corrosión. Esto afecta, por ejemplo a las catenarias de los ferrocarriles electrificados. Las distancias mínimos están recogidas en la *Tabla IV-4*.

Tabla IV-4. Distancias mínimas recomendadas a líneas aéreas de alta tensión

Tensión en kV	Resistividad del suelo (ohm/m)	Distancia mínima (m)	
		Sin cable de guarda	Con cable de guarda
15		10	10
63	300	30	15
225	300	110	20
225	60	90	20
380	1000	200	50
380	300	170	35
380	100	120	25

4.4.3. Trazado en alzado

La profundidad mínima de las conducciones de alcantarillado se determinará de forma que la conducción quede protegida frente a las acciones externas, especialmente el tráfico rodado.

No obstante, como criterio general, puede establecerse que, si no hay tráfico rodado, la profundidad mínima de enterramiento sea de 60 centímetros, y, si se prevé tráfico, un metro o un valor igual al diámetro exterior (el mayor de ambos). Cuando estos recubrimientos mínimos no puedan respetarse deben tomarse las medidas de protección necesarias. En tráfico rodado 1 m de prof. Mínima.

Los valores máximos y mínimos de pendiente de las conducciones de alcantarillado deberán ser tales que garanticen las condiciones de funcionamiento hidráulico especificadas en el apartado 4.5.1.

En cualquier caso, como umbral orientativo de la pendiente mínima podrá adoptarse el valor de 0,5%. Y en cuanto a la pendiente máxima, ésta no deberá ser superior al 3 ó 4 %.

En el caso de redes separativas, las conducciones de aguas residuales deberán proyectarse a una cota inferior a los de pluviales, de manera que se faciliten las acometidas a todos los edificios. La clave de las conducciones de aguas residuales se dispondrá, siempre que sea posible, al menos a 0,30 metros por debajo de la rasante de los de aguas pluviales.

4.5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CONDUCCIONES

4.5.1. Dimensionamiento hidráulico

4.5.1.1. Consideraciones generales

El diseño hidráulico debe comprender, al menos, las siguientes comprobaciones:

- Velocidades máximas y mínimas
- Llenado de las conducciones
- Cálculo de pérdidas de carga lineales y localizadas
- Autolimpieza de la conducción

Previo a todo ello, en cualquier caso, deberán calcularse los caudales de diseño de las conducciones conforme a lo especificado en el apartado 4.5.1.2.

4.5.1.2. Determinación de los caudales de diseño

Las conducciones deberán diseñarse de manera que se consideren en su cálculo la totalidad de las aguas residuales generadas en las zonas atendidas por las mismas y las aguas de lluvia.

4.5.1.2.1. Dotación de cálculo

Las dotaciones de cálculo a emplear en los proyectos de redes nuevas de alcantarillado serán las que se indican a continuación.

a) Dotación de aguas domésticas, D_d

Se entiende por dotación de aguas domésticas al volumen medio diario de agua a suministrar para atender las necesidades domésticas.

Tabla IV-5. Dotaciones D_d de cálculo

Tipología vivienda y tamaño S_v (m ²)	Dotación (m ³ /viv/día)
Viviendas multifamiliares $S_v \leq 120$	0,90
Viviendas multifamiliares $120 < S_v \leq 180$	1,05
Viviendas multifamiliares $S_v > 180$	1,20
Viviendas unifamiliares	1,20

La dotación máxima de cálculo será de 1,20 m³/viv/día

b) Dotación de aguas industriales, Di

Esta dotación se refieren al volumen medio diario de agua a suministrar para atender las necesidades hídricas de las actividades de las grandes industrias, la de las actividades del sector terciario, tales como restauración, etc. o las derivadas de los grandes equipamientos dotacionales, como por ejemplo hoteles, hospitales, escuelas, oficinas, mataderos, mercados, etc.

Se expresará en función de la superficie edificable permitida para tales actividades, adoptando el valor genérico de 8,64 l/m²/día para las mismas, salvo que se disponga de información más detallada al respecto.

4.5.1.2.2. Caudales de aguas residuales

Para el cálculo de las aguas residuales generadas en la zona objeto de proyecto se seguirán los criterios que se indican a continuación.

a) Caudales de aguas residuales domésticas, QD

$$\text{Caudal medio} \quad QD_m = \frac{Dd \cdot Cr \cdot V}{86,40}$$

$$\text{Caudal mínimo} \quad QD_{min} = 0,25 \cdot QD_m$$

Dd: Dotación de aguas domésticas (m³/viv/día)

Cr: Coeficiente de retorno de valor 0,8

V: nº de viviendas (ud)

QD_m: Caudal medio de aguas residuales domésticas (l/s)

QD_{min}: Caudal mínimo de aguas residuales domésticas (l/s)

b) Caudales de aguas residuales industriales, QI

$$\text{Caudal medio} \quad QI_m = \frac{Di \cdot Cr \cdot S_I}{h_I \cdot 86,40}$$

$$\text{Caudal mínimo} \quad QI_{min} = 0,25 \cdot QI_m$$

Di: Dotación de aguas industriales (l/m²/día)

Cr: Coeficiente de retorno de valor 0,8

- S_i : Superficie edificable permitida para las industrias ó servicios (m^2)
 h_i : Número de horas al día de demanda de agua (a falta de datos, tomar un valor de 24 h)
 Q_{I_m} : Caudal medio de aguas residuales industriales, del sector terciario ó dotacional (l/s)
 $Q_{I_{min}}$: Caudal mínimo de aguas residuales industriales, del sector terciario ó dotacional (l/s)

c) Caudal punta de aguas residuales, Q_p

$$\text{Caudal punta } Q_p = 1,6 \cdot \left[(Q_{D_m} + Q_{I_m})^{1/2} + (Q_{D_m} + Q_{I_m}) \right] \leq 3 \cdot (Q_{D_m} + Q_{I_m})$$

Q_p : Caudal punta de aguas residuales (l/s)

4.5.1.2.3. Caudal de aguas pluviales

El caudal de aguas pluviales Q_P se calculará por el método que juzgue oportuno el proyectista, contando con la aprobación técnica del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*.

Caso de emplearse el Método Racional, en el *Anexo II. CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUAS PLUVIALES, MÉTODO RACIONAL* de estas Normas se resume la metodología básica de dicho procedimiento.

4.5.1.2.4. Caudales de cálculo de las conducciones

Para las necesarias comprobaciones hidráulicas de las conducciones, se calcularán el caudal máximo y mínimo de diseño, conforme a los criterios que se indican a continuación:

a) Caudal máximo de diseño, Q_{max}

- Redes unitarias

- Conducciones aguas arriba de los aliviaderos

$$Q_{max} = Q_p + Q_P$$

- Conducciones aguas abajo de los aliviaderos

En redes de saneamiento de tipo unitario el coeficiente de dilución C_d se debe fijar en el respectivo proyecto (atendiéndose a la Reglamentación vigente en cada caso). Éste debe oscilar entre 3 y 5.

- Redes separativas

- Conducciones de aguas residuales

$$Q_{\max} = Q_p$$

- Conducciones de aguas pluviales

$$Q_{\max} = QP$$

Q_{\max} : Caudal máximo de diseño de las conducciones de la red de alcantarillado (l/s)

Q_p : Caudal punta de aguas residuales (l/s)

QP : Caudal de aguas pluviales (l/s)

b) Caudal mínimo de diseño, Q_{\min}

El caudal mínimo de diseño será el menor de los siguientes valores: $Q_{D\min}$ y $Q_{I\min}$

Q_{\min} : Caudal mínimo de diseño de las conducciones (l/s)

$Q_{D\min}$: Caudal de aguas residuales domésticas mínimo (l/s)

$Q_{I\min}$: Caudal de aguas residuales industriales mínimo (l/s)

4.5.1.3. Velocidad del agua

Deberá comprobarse la velocidad de circulación del agua en las secciones que se consideren representativas de las conducciones en, al menos, las siguientes hipótesis:

- Circulación del caudal máximo de diseño

En la hipótesis de circulación del caudal máximo de diseño (Q_{\max}), deberá verificarse que la velocidad de circulación del agua no excede, en general, el valor de 3 m/s, sin sobrepasar nunca el de 5 m/s.

- Circulación del caudal mínimo de diseño

En la hipótesis de circulación del caudal mínimo de diseño (Q_{\min}), deberá verificarse que la velocidad de circulación del agua supera, en general, el valor de 0,60 m/s.

Las velocidades se calcularán conforme a lo establecido en el apartado 4.5.1.5.

4.5.1.4. Llenado de la conducción

En las conducciones cuyo funcionamiento sea en lámina libre, deberá comprobarse que, en la hipótesis de circulación del caudal máximo de proyecto (Q_{max}), el llenado de las mismas es inferior al 75 u 85 % de la sección en los casos de conducciones de aguas residuales o de aguas pluviales, respectivamente.

Para el caso de redes unitarias el llenado será inferior al 75%.

El cálculo de la capacidad de la conducción a sección parcialmente llena deberá realizarse conforme a lo establecido en el apartado 4.5.1.5.

4.5.1.5. Pérdidas de carga4.5.1.5.1. Pérdidas de carga continuas

Para su cálculo se recomienda utilizar la fórmula universal de Darcy-Weisbach:

$$J = \frac{\Delta H_c}{L} = \frac{f}{ID} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

J: pérdida de carga continua, por unidad de longitud, en m/m (igual a la pendiente de la conducción)

ΔH_c : Pérdida de carga continua, en m

L: Longitud del tramo, en m

ID: Diámetro interior del tubo, en m

v: Velocidad del agua, en m/s

g: Aceleración de la gravedad, en m/s²

f: Coeficiente de fricción, adimensional

En general el cálculo de coeficiente de fricción, f, debe calcularse mediante la expresión de Colebrook-White:

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{k}{3,71 \cdot ID} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \right]^2}$$

Re: Número de Reynolds, adimensional

$$Re = \frac{ID \cdot v}{\nu_c}$$

v_c : Viscosidad cinemática del agua, en m^2/s . En ausencia de datos específicos, puede utilizarse el valor de $1,31 \times 10^{-6} m^2/s$

k : Rugosidad absoluta de la tubería, en m

Combinando las expresiones de Darcy-Weisbach y Colebrook-White se obtiene la expresión que permite calcular la velocidad de circulación del agua en la conducción.

$$v = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot J \cdot g \cdot ID} \cdot \log \left[\frac{k}{3,71 \cdot ID} + \frac{2,51 \cdot v_c}{ID \cdot \sqrt{2 \cdot J \cdot g \cdot ID}} \right]$$

Con las expresiones anteriores la velocidad obtenida es la correspondiente a conducciones circulares a sección llena.

La capacidad de una conducción a sección llena viene dada por la expresión de continuidad:

$$Q = v \cdot A$$

Q : Capacidad de una conducción a sección llena, en m^3/s

v : Velocidad de circulación del agua dentro de la conducción, en m/s

A : Área interior de la conducción, en m^2

Para las tuberías circulares a sección parcialmente llena, debe sustituirse el diámetro interior (ID) por 4 veces el radio hidráulico (R_H) de manera que la ecuación general queda:

$$v = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot J \cdot g \cdot 4 \cdot R_H} \cdot \log \left[\frac{k}{3,71 \cdot 4 \cdot R_H} + \frac{2,51 \cdot v_c}{4 \cdot R_H \cdot \sqrt{2 \cdot J \cdot g \cdot 4 \cdot R_H}} \right]$$

$$R_H = \frac{A_m}{P_m}$$

R_H : Radio hidráulico, en m

A_m : Área mojada de la conducción, en m^2

P_m : Perímetro mojado de la conducción, en m

La capacidad de una conducción a sección parcialmente llena se calcula también por la ecuación de continuidad:

$$Q = v \cdot A_m$$

4.5.1.5.2. Pérdidas de carga localizadas

Adicionalmente a las pérdidas de carga continuas, deberán calcularse las pérdidas de carga localizadas ΔH_i en las piezas especiales, las cuales suelen evaluarse como una fracción k_i del término $v^2/2g$, en la que el término v es la máxima velocidad de paso del agua a través de la pieza especial.

4.5.1.6. Autolimpieza de los colectores

En las redes de alcantarillado, y en la hipótesis de circulación del caudal mínimo de diseño (Q_{\min}), deberá verificarse que todas las partículas del agua residual de diámetro equivalente inferior a 3 mm son arrastradas por la corriente, para que la velocidad mínima de circulación del agua pueda garantizar esta condición.

Lo anterior puede verificarse mediante la expresión de Shields:

$$\gamma_w \cdot R_H \cdot J \geq 0,047 \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot D$$

γ_w : Peso específico del agua, 1,00 t/m³

γ_s : Peso específico de la partícula a arrastrar (2,65 t/m³ por defecto)

R_H : Radio hidráulico de la conducción, en m

J : Pendiente de la conducción, en m/m

D : Diámetro de la partícula arrastrada (3 mm)

Cuando la condición anterior sea difícilmente cumplible, será admisible con que se verifique para el caudal medio de aguas residuales correspondiente ($Q_{Dm} + Q_{Im}$).

Q_{Dm} : Caudal medio de aguas residuales domésticas (l/s)

Q_{Im} : Caudal medio de aguas residuales industriales (l/s)

4.5.2. Dimensionamiento mecánico

En el *Anexo III. CÁLCULO DEL DIMENSIONAMIENTO MECÁNICO* de estas Normas se resume la metodología básica para el cálculo del dimensionamiento mecánico de las conducciones.

4.6. DIMENSIONAMIENTO DE ALVIADEROS

4.6.1. Condiciones y criterios generales

En general, podrán disponerse aliviaderos de crecida en redes unitarias de saneamiento (con o sin depósito de retención asociado) en, al menos, las siguientes situaciones:

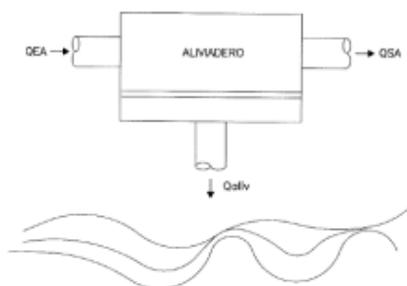
- Cuando el caudal circulante por el colector sea excesivo para su capacidad y pueda verterse a algún cauce cercano, el cual deberá admitir la dilución de proyecto.
- Previo a las instalaciones que por su diseño tienen un caudal admisible limitado: estaciones de bombeo, estaciones depuradoras de aguas residuales, sifones, etc.

Cuando sean de prever problemas de contaminación de las aguas de tormenta, es deseable que los aliviaderos vayan complementados con un depósito de retención que evite el vertido a los cauces de las primeras aguas de lluvia.

4.6.2. Caudales de diseño de los aliviaderos. Dilución

En el *Esquema IV-6* se representa esquemáticamente los caudales de los aliviaderos.

Esquema IV-6. Caudales en los aliviaderos



Para la determinación de los caudales de diseño en los aliviaderos pueden seguirse los siguientes criterios:

- a) Caudal de entrada en el aliviadero, QEA

En redes unitarias, el máximo caudal de entrada al aliviadero, QEA, vendrá dado por la siguiente expresión:

$$QEA = Q_P + QP$$

Q_P: Caudal punta de aguas residuales

QP: Caudal de aguas pluviales

b) Caudal de salida del aliviadero, QSA

El caudal de salida del aliviadero QSA (en l/s) se calculará mediante la siguiente expresión:

$$QSA = C_d(QD_m + QI_m)$$

QD_m: Caudal medio de aguas residuales domésticas, en l/s

QI_m: Caudal medio de aguas residuales industriales, en l/s

C_d: Coeficiente de dilución

El coeficiente de dilución, C_d, se deberá fijar en el respectivo proyecto (atendiéndose a la Reglamentación vigente en cada caso, como por ejemplo, a lo establecido en los respectivos Planes Hidrológicos de Cuenca), si bien usualmente oscila entre 3 y 5.

Entendiéndose como vertido diluido, por ejemplo, 1:5, cuatro partes de caudal de agua de lluvia y una de caudal de agua residual, siendo el caudal de agua residual el caudal punta en tiempo seco obtenido en la sección de vertido.

c) Caudal aliviado, Q_{aliv}

El caudal aliviado por el aliviadero Q_{aliv} estará en función de la dilución admitida por el cauce receptor, la cual deberá figurar justificada en el Proyecto de acuerdo con las características del efluente y las del propio cauce.

El máximo caudal aliviado (suponiendo abierto el elemento de regulación del aliviadero) vendrá dado por la expresión:

$$Q_{aliv} = QEA - QSA$$

En cualquier caso, la capacidad del tubo de alivio será idéntica a la del tubo de entrada.

4.7. DISEÑO DE LOS DEPÓSITOS DE RETENCIÓN

Para el diseño de los depósitos de retención, se aconseja seguir el procedimiento expuesto en el punto 5.6. "Diseño de los depósitos de retención" de la "Guía técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano" del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, del Ministerio de Fomento.

4.8. DISEÑO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

En el presente apartado se establecen unos criterios básicos que deberán observarse en el dimensionamiento de las estaciones de bombeo, los cuales deberán complementarse con lo especificado en el apartado 2.9 relativo a los componentes de estas infraestructuras.

4.8.1. Determinación de los caudales de diseño

Los caudales de diseño que intervienen en el dimensionamiento de las estaciones de bombeo son los siguientes:

- a) Caudal de entrada a la estación de bombeo, QEB

En redes unitarias, el máximo caudal de entrada a la estación de bombeo, QEB, vendrá dado por la siguiente expresión:

$$QEB = C_d \cdot Q_p$$

C_d: Coeficiente de dilución

Q_p: Caudal punta de aguas residuales

En consecuencia, en las redes unitarias deberá colocarse aguas arriba de la estación de bombeo un aliviadero limitante de caudal que disminuya el máximo caudal circulante por la red hasta el valor anterior.

Si no se localizase un cauce próximo aguas arriba de la estación al que verter el alivio, se llevará todo el caudal hasta la estación de bombeo, en donde se aliviará todo el excedente antes de la elevación.

En redes separativas, el máximo caudal de entrada a la estación de bombeo que eleve el caudal de aguas residuales, QEB será la suma de los caudales de aguas residuales domésticas e industriales punta.

- b) Caudal unitario de cada bomba, Q_b

Cuando todas las bombas de la estación sean iguales, el caudal unitario de cada bomba Q_b será, como mínimo, el caudal de entrada a la estación de bombeo QEB dividido entre el número de bombas a instalar menos uno:

$$Q_b = \frac{QEB}{(n - n_r)}$$

Además, en todo momento deberá cumplirse la siguiente relación:

$$(n_f - 1)Q_b < Q_{EB} < n_f \cdot Q_b$$

- n: Número de bombas instaladas
 n_r: Número de bombas de reserva
 n_f: Número de bombas en funcionamiento
 Q_{EB}: Caudal de entrada al estación de bombeo, (m³/s)
 Q_b: Caudal unitario de cada bomba (m³/s)

Cuando, por el contrario, las bombas de la estación sean de dos tamaños diferentes por que el régimen de caudales sea muy variable, el caudal unitario de cada una de las bombas se calculará mediante las siguientes expresiones:

Bombas de menor tamaño
$$Q_{b,1} \geq \frac{C_d \cdot (Q_{D_m} + Q_{I_m})}{(n_1 - n_r)}$$

Bombas de mayor tamaño
$$Q_{b,2} \geq \frac{Q_{EB} - C_d \cdot (Q_{D_m} + Q_{I_m})}{n_2}$$

- C_d: Coeficiente de dilución del aliviadero anterior al bombeo (entre 3 y 5)
 n₁: Número de bombas de menor tamaño
 n₂: Número de bombas de mayor tamaño
 n_r: Número de bombas en reserva
 Q_{EB}: Caudal de entrada a la estación de bombeo (m³/s)
 Q_{b,1}: Caudal unitario de cada una de las bombas de menor tamaño (m³/s)
 Q_{b,2}: Caudal unitario de cada una de las bombas de mayor tamaño (m³/s)
 Q_{D_m}: Caudal medio de aguas residuales domésticas (m³/s)
 Q_{I_m}: Caudal medio de aguas residuales industriales (m³/s)

c) Caudal de salida de la estación de bombeo

Cuando todas las bombas de la estación sean iguales, el máximo caudal de salida de la estación de bombeo Q_{SB} se calculará mediante la siguiente expresión (igual notación que en el caso anterior):

$$Q_{SB} = (n - n_r) \cdot Q_b$$

Cuando, por el contrario, las bombas de la estación sean de dos tamaños diferentes por que el régimen de caudales sea muy variable, el máximo caudal de salida de la

estación de bombeo QSB se calculará mediante la siguiente expresión (igual notación que en el caso anterior):

$$QSB = (n_1 - n_r) \cdot Q_{b,1} + n_2 \cdot Q_{b,2}$$

4.8.2. Dimensionamiento hidráulico

4.8.2.1. Volumen del depósito de bombeo

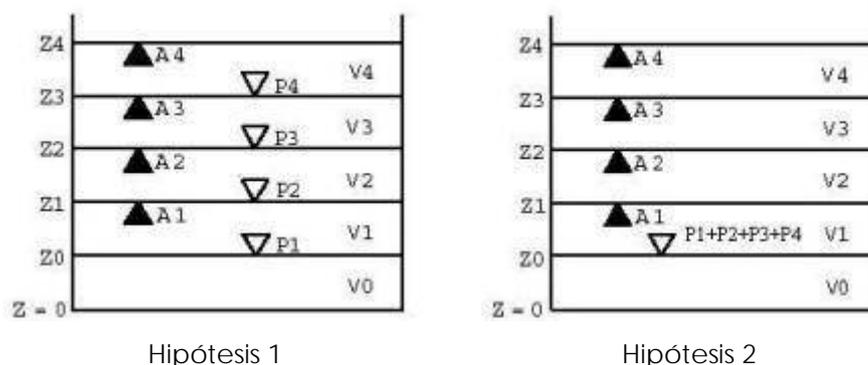
El volumen total del depósito de bombeo será la suma del volumen útil más el volumen muerto condicionado por la cota de aspiración.

El volumen útil será el volumen de la cámara de aspiración comprendido entre el máximo nivel de arranque de las bombas (justo debajo del tubo de entrada) y el mínimo de parada (en el tope de la carcasa de la bomba).

Aunque la explotación de tales estaciones se realizará, habitualmente, de manera que el nivel de agua en su interior se mantenga constante (mediante variadores de frecuencia), el cálculo del volumen útil necesario podrá hacerse de forma conservadora en alguna de las dos hipótesis de arranque y parada de las bombas que a continuación se establecen, suponiendo, además que el caudal bombeado sea constante e igual para todas las bombas que integran la estación e independiente de la altura manométrica:

- Hipótesis 1: Arranque y paro sucesivos de las bombas
- Hipótesis 2: Arranque sucesivo y paro común de las bombas

Esquema IV-7. Ejemplo de arranque de una estación con cuatro bombas



En ambas hipótesis, conforme aumenta el caudal de entrada, van entrando en accionamiento las distintas bombas. En la hipótesis 1, al disminuir el citado caudal de entrada, las bombas van

deteniéndose sucesivamente, mientras que en la hipótesis 2 todas las bombas dejan de funcionar a la vez, cuando se ha vaciado por completo el depósito.

La primera hipótesis proporciona un caudal de salida más uniforme (tanto más cuantas más bombas se instalen), mientras en la segunda hipótesis el caudal es más variable, si bien el volumen necesario para el depósito es menor en este caso.

El cálculo del volumen del depósito de bombeo se realizará conforme se especifica a continuación, según cuál sea la hipótesis de funcionamiento seleccionada.

- Hipótesis 1.

En este caso, el volumen V del depósito de bombeo vendrá dado por la siguiente expresión, supuesto el caudal bombeado es constante e igual para todas las bombas:

$$V = (n - n_r) \frac{900 \cdot Q_b}{N_a} = (n - n_r) \cdot V_i \quad \frac{900}{N_a} = \frac{V_i}{Q_b}$$

V : Volumen mínimo del depósito de bombeo, en m^3

V_i : Volumen parcial mínimo del depósito de bombeo para 1 bomba, en m^3

n : Número de bombas instaladas

n_r : Número de bombas de reserva

Q_b : Caudal unitario de cada bomba, en m^3/s

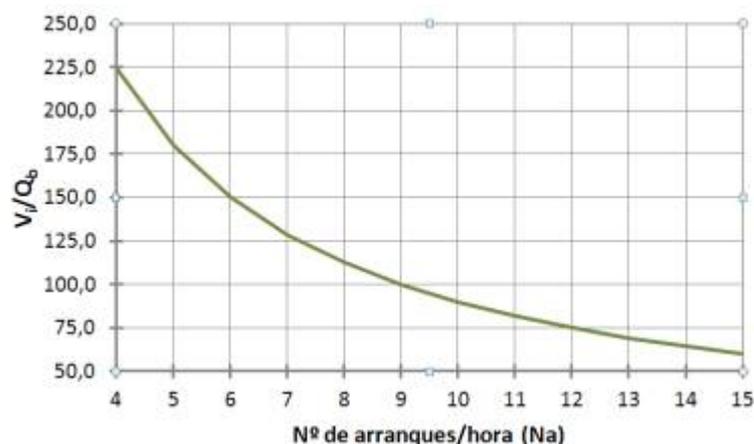
N_a : Número de arranques permitidos de las bombas por hora (ver *Tabla IV-8*)

En la *Tabla IV-8* se indican unos valores orientativos del número de arranques por hora en una bomba en función de su potencia nominal, si bien el fabricante del equipo deberá especificar el valor concreto en cada caso particular.

Tabla IV-8. Número máximo de arranques/hora recomendado en función de la potencia

Potencia (kW)	Arranques/hora
< 37	8
> 37	5

Figura IV-9. Diagrama para el cálculo de la hipótesis 1



- Hipótesis 2

En este caso, el volumen V del depósito de bombeo vendrá dado por la siguiente expresión, supuesto el caudal bombeado constante e igual para todas las bombas:

$$V = \sum_{i=1}^{n-n_r} V_i$$

Determinándose V_i en la Tabla IV-10

Tabla IV-10. Volúmenes parciales del depósito de bombeo en función del número de bombas

Nº de bombas	Volumen parcial (m ³)
1	$V_1 = (0,9Q_b)/N_a$
2	$V_2 = 0,392 \cdot (0,9Q_b)/N_a$
3	$V_3 = 0,264 \cdot (0,9Q_b)/N_a$
4	$V_4 = 0,216 \cdot (0,9Q_b)/N_a$
5	$V_5 = 0,188 \cdot (0,9Q_b)/N_a$
6	$V_6 = 0,167 \cdot (0,9Q_b)/N_a$
7	$V_7 = 0,152 \cdot (0,9Q_b)/N_a$
8	$V_8 = 0,140 \cdot (0,9Q_b)/N_a$

V : Volumen mínimo del depósito de bombeo (m³)

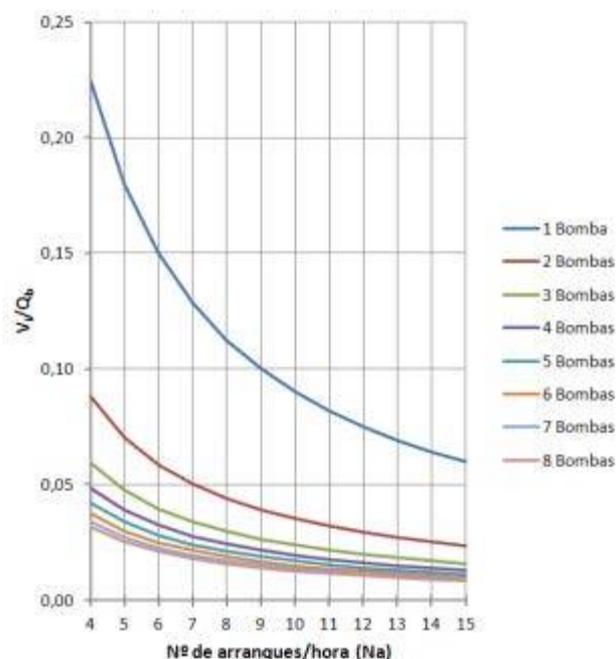
V_i : Volumen parcial mínimo requerido (m³)

Q_b : Caudal unitario de cada bomba (l/s)

N : Número de bombas instaladas

nr: Número de bombas en reserva
 Na: N° de arranques por hora (ver Tabla 45)

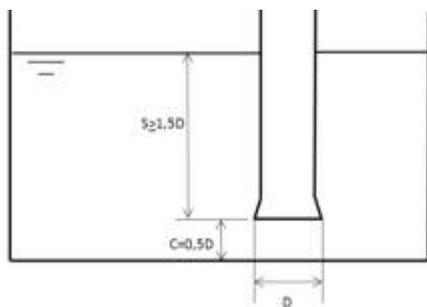
Figura IV-11. Diagrama para el cálculo de la hipótesis 2



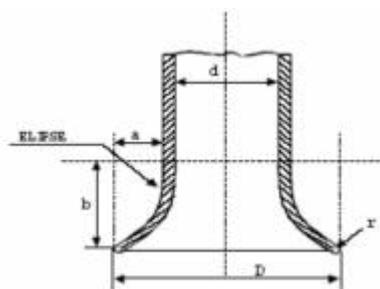
4.8.2.2. Tubo de aspiración

Cuando en la estación de bombeo vaya equipada con tubo de aspiración, la cota mínima de agua sobre el extremo de tal tubo (sumergencia), será como mínimo 1,5 veces el diámetro exterior de la campana de entrada al tubo de aspiración. Asimismo, la distancia de entrada de la campana a la solera del depósito será un valor próximo a 0,5 veces el diámetro exterior de la campana de entrada al tubo de aspiración.

Esquema IV-12. Esquema de sumergencia y campana de aspiración



Esquema de sumergencia



Campana de entrada a tubería de aspiración

La relación entre el diámetro de entrada a la campana y el del tubo de aspiración (D/d) estará comprendida entre 1,5 y 1,8.

El diámetro del tubo de aspiración será al menos igual al de la brida de aspiración de la bomba. Los codos, caso de ser necesarios, tendrán un radio R igual o superior a 1,5 veces el diámetro de la tubería de aspiración.

Los cambios de sección en el tubo de aspiración, en su caso, deberán ser graduales y realizados mediante conos excéntricos para evitar acumulaciones de aire. Igualmente, entre dos secciones de diferentes características o entre las que varíe la dirección del flujo se dispondrá un tramo recto de longitud igual o superior a 1,5 veces el diámetro del tubo.

4.8.2.3. Tubo de impulsión

El tubo de impulsión de cada bomba será al menos del mismo diámetro que la brida de descarga.

La velocidad del agua no será superior a 3 m/s. No obstante, en tramos muy cortos, como los previos al colector general, podrán permitirse velocidades mayores.

La velocidad mínima no será inferior, en general, a 0,6-0,7 m/s para evitar sedimentaciones en la tubería. A la salida de las bombas, la velocidad mínima será de 1,00 m/s para evitar atascos en el impulsor.

El diámetro del tubo de la impulsión se podrá calcular mediante la siguiente expresión (seleccionado el diámetro comercial más próximo al obtenido con ella):

$$D = 1,128 \sqrt{\frac{Q_b}{v}}$$

D: Diámetro teórico de la conducción (m)

Q_b: Caudal (m³/s)

v: Velocidad (m/s)

Entre la salida de la bomba y el tubo de impulsión se acoplará un difusor, consistente en un cono recto con un ángulo de 8 a 10°.

4.8.2.4. Diseño de otros elementos de la estación

En el diseño del resto de elementos que componen la estación de bombeo, se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones, complementariamente a lo expuesto en apartados anteriores:

- Desbaste de sólidos

La reja de gruesos a colocar en las instalaciones de desbaste se dimensionará de forma que pueda circular por ella el caudal máximo con una velocidad máxima de 1,20 m/s por la superficie libre de paso entre barrotes.

El resguardo de la coronación de la reja sobre el nivel máximo de la lámina prevista será de, al menos, 50 cm.

- Pozo de gruesos.

Se dimensionará para un tiempo de estancia mínimo de 1 minuto para el caudal punta. La velocidad ascensional será inferior a 300 m³/m²/hora para el mismo caudal punta.

Las dimensiones mínimas del pozo de gruesos serán 1,0 x 1,0 m² en planta, debiendo, en cualquier caso, ser tales que sean compatibles con el sistema de extracción de los residuos empleados (cuchara bivalva, etc.).

4.8.3. Dimensionamiento geométrico

Las dimensiones del depósito de bombeo deberán ser conformes a lo especificado a continuación.

Esquema IV-13. Esquema de dimensiones de pozos rectangulares

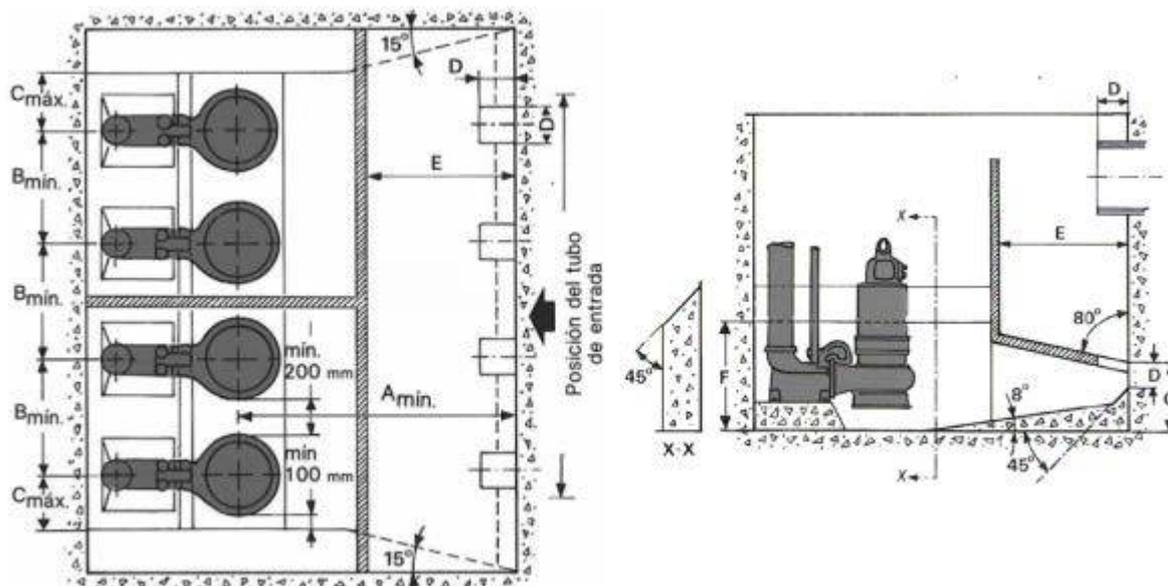


Tabla IV-14. Dimensiones recomendadas de los pozos rectangulares

Cota	Descripción	Valor recomendado (mm) [Q en (l/s)]
A mínimo	Distancia entre ejes de bombas y entrada de agua	$162Q^{0,5}$
B mínimo	Distancia entre ejes de bombas contiguas	$70Q^{0,5}$
C máximo	Distancia entre eje de bomba a muro más próximo	$34Q^{0,5}$
D	Lado del hueco de comunicación	$22Q^{0,5}$
E	Distancia entrada de agua y pantalla deflectora	$304Q^{0,28}$
F mínimo	Nivel de agua	$178Q^{0,274}$
G mínimo	Distancia entre volutas contiguas	200
H mínimo	Distancia entre muro y voluta extrema	200

4.8.4. Dimensionamiento mecánico

El dimensionamiento mecánico de las estaciones de bombeo se realizará conforme a lo establecido por la vigente EHE.

4.9. DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

4.9.1. Pozos de registro

En general, se deberán disponer pozos de registro en las siguientes situaciones:

- En los inicios de cada ramal
- En los cambios de pendiente en alzado y alineación en planta de la conducción.
- De forma general, en las acometida. En las condiciones descritas en el apartado 3.3.3.
- En los tramos rectos, a una distancia máxima variable en función del diámetro de la conducción (ver *Tabla IV-15*)
- En los cambios de diámetro o de material de la conducción
- En general, en todas las singularidades de la red

Tabla IV-15. Separación máxima entre pozos en función del DN del colector

DN colector	Separación máxima entre pozos (m)
DN < 1.500	50
Visitable o DN \geq 1.500	100

El diseño de los pozos de las acometidas deberá ser tal que la generatriz inferior de la acometida se situará 20 cm por encima de la clave del colector al que acomete.

Con objeto de facilitar la localización de los registros en las labores de explotación, los pozos de registro ubicados en zona no urbana no transitable deberán sobresalir como mínimo 50 cm respecto a la cota de terreno, salvo que por condicionados medioambientales se exija un límite menor.

4.9.2. Elemento de ventilación

En el proyecto de la red de alcantarillado se incluirán los cálculos oportunos para la determinación de los elementos de ventilación necesarios en cada caso.

Se ubicarán elementos de ventilación en las redes en las que la pendiente no sea adecuada para una evacuación de los sedimentos originados por las aguas residuales. También para

evitar procesos anaerobios por falta de aire, evitar retención de gases en los puntos altos, en las cámaras de bombeo y en zonas de entrada a estaciones depuradoras.

Habitualmente, se dispondrán chimeneas de ventilación natural separadas entre sí 200 ó 300 metros, con una altura de al menos dos metros y separadas de los edificios cinco metros como mínimo. El diámetro interior mínimo será de 200 mm. Se procurará su ubicación en parques y jardines alejados de las zonas habitadas. Cuando esto no sea posible, se disimularán en fachadas de edificios o en elementos como postes o columnas.

4.9.3. Sifones

Deberán disponerse sifones en aquellos tramos de la red de alcantarillado en los que la rasante interfiera con un elemento que no puede modificarse (cauce de un río, cruce con un ferrocarril, etc.).

Los sifones se proyectan con una diferencia de cotas entre la entrada y la salida para compensar las pérdidas de carga que se producen en ellos. La pendiente del ramal de entrada estará comprendida, en general, entre 45° y 90°, y la del de salida será inferior a 26,5° (talud 1:2).

La velocidad mínima será de 1 m/s en sistemas unitarios y de 1,5 m/s en sistemas separativos.

En cualquier caso, el diseño de la red de alcantarillado deberá ser tal que se limiten al mínimo el número de sifones a instalar.

4.9.4. Válvulas, ventosas, desagües y sumideros

4.9.4.1. Válvulas

En las redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior (impulsiones) se deberán instalar válvulas de paso aguas arriba de las ventosas, así como en las derivaciones, en los desagües y para aislar tramos de conducción.

Las longitudes de los tramos de conducciones a aislar mediante válvulas de paso serán de 1.000 a 2.000 metros en los grandes emisarios y de unos 500 metros en las conducciones.

4.9.4.2. Ventosas

En las redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior (impulsiones) deberá disponerse de ventosas en los puntos altos relativos de la

conducción, junto a válvulas importantes y en tramos largos de poca pendiente con una separación máxima de unos 500 metros.

El diámetro de las ventosas de admisión de aire será el que se indica en la *Tabla IV-16* en función del tamaño de la conducción.

Tabla IV-16. DN de las ventosas en función del DN de la conducción

DN de la conducción	DN de la ventosa
$DN \leq 250$	50, 60, 65
$250 < DN \leq 600$	80, 100
$600 < DN \leq 900$	125, 150
$900 < DN \leq 1.200$	200
$DN > 1.200$	2 x 200

4.9.4.3. Desagües

En las redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior (impulsiones) deberá disponerse de desagües en los puntos bajos relativos de la conducción, así como en todos los sectores que puedan aislarse del resto mediante válvulas.

En la *Tabla IV-17* se normalizan los diámetros mínimos de los desagües en función del tamaño de la conducción.

Tabla IV-17. DN de los desagües

DN de la conducción	DN del desagüe
$DN \leq 200$	80
$200 < DN \leq 350$	100
$350 < DN \leq 600$	150
$600 < DN \leq 1.000$	200
$1.000 < DN \leq 1.600$	300
$DN > 1.600$	400

4.9.4.4. Sumideros y elementos de recogida de escorrentía

El diseño de los sumideros debe ser tal que permita su fácil limpieza. En el caso de redes unitarias se recomienda instalar sumideros sifónicos, mientras que en las redes separativas, en los conductos de recogida de aguas pluviales, podrán instalarse imbornales directos.

El número y distancia de los sumideros a instalar dependerá de la intensidad y frecuencia de las lluvias locales, así como de las pendientes de las calles. En cualquier caso, se procurará que los cruces de peatones en las intersecciones de las calles queden libres de agua. Es también imprescindible ubicar sumideros en los puntos bajos de las calles.

El método propuesto a continuación es el descrito por la Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje y urbano del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), del Ministerio de Fomento. Éste es el siguiente:

Algunos criterios de seguridad en relación con el peligro de pérdidas de vidas humanas basado en la consideración de calados (y) y velocidades de flujo (v) son:

$$v^2 \cdot y \leq 1 \text{ m}^3/\text{s}^2 \quad \text{Criterio de la estabilidad al deslizamiento}$$

$$v \cdot y \leq 0,45 \text{ m}^2/\text{s} \quad \text{Criterio de estabilidad al vuelco}$$

Otros criterios más restrictivos, exigen el cumplimiento de las dos limitaciones siguientes para garantizar el nivel de servicio de la calle para una lluvia con periodo de retorno de 10 años:

$$y < 6 \text{ cm}$$

$$v < 1,5 \text{ m/s}$$

La eficiencia hidráulica, E_i , de captación de un imbornal puede expresarse como:

$$E_i = \frac{Q_{capt}}{Q_{calle}}$$

Q_{capt} : Caudal interceptado por la rejilla

Q_{calle} : Caudal de tránsito por la calle

El caudal de tránsito por la calle, Q_{calle} , puede calcularse de forma aproximada utilizando la fórmula modificada de Manning para régimen uniforme en cunetas (Izzard C.F., 1946):

$$Q_{calle} = \frac{C_f}{n} S_x^{\frac{5}{3}} \cdot T_{calle}^{\frac{8}{3}} \cdot S_0^{\frac{1}{2}}$$

- n: Coeficiente de rugosidad de Manning del suelo (Valores usuales, de pavimentos de hormigón y asfalto de distintas texturas, los comprendidos entre:0,012 – 0,016)
- C_f : Parámetro de Izzard, de valor 0,376
- S_x : Pendiente transversal de la calle
- T_{calle} : Ancho del flujo en la calle
- S_0 : Pendiente longitudinal de la calle

Para garantizar el caudal circulante por un vial no sobrepase un cierto valor fijado, Q_{lim} , (determinado por el cumplimiento de los criterios de seguridad antes mencionados), el caudal captado por cada elemento de captación debe ser el mismo que el generado en su cuenca, por lo que imponemos que:

$$Q_{calle} = Q_{capt} = E_i \cdot Q_{lim}$$

El valor de la eficiencia hidráulica de las rejillas E_i debe de ser aportada por los suministradores de éstas en formas de tablas o ábacos donde se obtenga dicho valor en función de las características geométricas de las rejillas, caudal circulante por la calle, y calado de la calle justo aguas arriba de la rejilla. Si no se dispone de este valor, se puede obtener E_i utilizando el método propuesto por la citada Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje y urbano.

Utilizando la formulación del método racional (ver Anexo II. CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUAS PLUVIALES, MÉTODO RACIONAL) puede así deducirse el área máxima tributaria de cada imbornal:

$$Q_{calle} = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \rightarrow A = \frac{3,6 \cdot E_i \cdot Q_{lim}}{C \cdot I}$$

Y con el dato del área tributaria se puede calcular el espaciamiento óptimo entre imbornales para cualquier tipológica de calle.

El espaciamiento L (en m) entre dos imbornales se recomienda calcularlo mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{A}{(x + a_a)} = \frac{A}{W}$$

- A: Ancho de la subcuenca vertiente, en m^2
- x: Ancho de media calzada, en m
- a_a : Ancho de la acera
- W: Suma de x y a_a , en m

Capítulo V. INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA

5.1. SEGURIDAD Y SALUD

Deberá prestarse especial atención a la seguridad e higiene en el trabajo, a cuyo efecto será de aplicación la Reglamentación vigente en dicha materia y lo establecido, en su caso, en el Estudio de Seguridad y Salud del Proyecto y en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud de Obra.

En dicho contexto, será de aplicación lo establecido en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, la cual determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

En particular, deberá observarse lo establecido en el RD 1627/1997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, el cual fue elaborado en desarrollo del artículo 6 de la anterior Ley y transpone lo establecido al respecto por la Directiva 92/57/CEE.

5.2. TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

Las operaciones de transporte, almacenamiento y manipulación de todos los componentes deberán hacerse sin que ninguno de estos elementos sufra golpes o rozaduras, debiendo depositarse en el suelo sin brusquedades, no dejándolos nunca caer. En el caso de los tubos, debe evitarse rodarlos sobre piedras.

5.2.1. Transporte

Si el transporte incluye tubos de distinto diámetro, será preciso colocarlos en sentido decreciente de los diámetros a partir del fondo, no admitiéndose cargas adicionales sobre los tubos que puedan producir deformaciones excesivas en los mismos y garantizando la inmovilidad de los tubos, apilándolos de forma que no queden en contacto unos con otros, disponiendo para ello cunas de madera o elementos elásticos; especial atención deberá prestarse a todo ello en el caso de los tubos flexibles.

Los tubos con uniones de enchufe y extremo liso deberán colocarse con los extremos alternados, de tal modo que los enchufes no queden en contacto con los tubos inferiores. En

los tubos de hormigón el transporte a obra no deberá iniciarse hasta que haya finalizado el período de curado.

5.2.2. Almacenamiento

El acopio de los tubos en obra se hará, habitualmente, en posición horizontal, sujetos mediante calzos de madera u otros dispositivos que garanticen su inmovilidad.

El número de hileras superpuestas en los acopios y la disposición de las mismas (piramidal o prismática) deberá ser tal que ninguno de los tubos apilados sufra daños.

El tiempo de almacenamiento deberá restringirse al mínimo posible. Habrá que procurar la adecuada protección frente a posibles daños externos, especialmente los anillos elastoméricos y las válvulas, los cuales habrá que situarlos en lugar cerrado y protegidos de la luz solar y de temperaturas elevadas. En los tubos de hormigón, en particular, deberá evitarse que sufran secados excesivos o fríos intensos.

Los tubos de materiales plásticos no deberán estar en contacto con combustibles y disolventes, impidiendo también que estén en contacto con la luz solar y evitando que su superficie alcance temperaturas superiores a 45 ó 50°C.

El acopio de las juntas elastoméricas se realizará en locales cerrados, y se tendrán en cuenta las siguientes precauciones:

- Las juntas se mantendrán limpias y no se expondrán a la intemperie hasta el momento de su utilización.
- La temperatura de almacenaje estará comprendida entre 10° C y 25°C.
- Los aros de goma se protegerán de la luz, en especial de la radiación solar directa y de las radiaciones artificiales con un elevado porcentaje de ultravioletas, y se almacenarán en contenedores opacos.
- Se protegerán del aire en circulación, envolviéndolos y almacenándolos en envases cerrados.
- Las juntas no se almacenarán en locales con equipos capaces de generar ozono, por ejemplo, lámparas de vapor de mercurio, material eléctrico de alta tensión u otro tipo de equipos que puedan producir chispas o descargas eléctricas silenciosas. Deberán protegerse de los gases de combustión y los vapores orgánicos, ya que pueden producir ozono por vía fotoquímica.

- Las juntas se almacenarán libres de tensión, compresión u otra deformación. Por ejemplo, no deberían estar suspendidas por ninguna parte de su circunferencia.
- No estarán en contacto con materiales líquidos o semisólidos, en especial disolventes, aceites y grasas, ni con metales.

5.2.3. Manipulación

Las operaciones de carga y descarga deberán realizarse de tal manera que los distintos elementos no se golpeen entre sí o contra el suelo. La descarga deberá hacerse, a ser posible, cerca del lugar donde deban ser colocados.

En general, las operaciones de carga y descarga de los tubos habrá que realizarlas mediante equipos mecánicos, si bien, para diámetros reducidos podrán emplearse medios manuales. La suspensión del tubo por un extremo y la descarga por lanzamiento no se harán nunca.

En cualquier caso, no serán admisibles dispositivos formados por cables desnudos ni cadenas en contacto con el tubo, siendo recomendable, por el contrario, el uso de bandas de cinta ancha o eslingas recubiertas de caucho. Cuando se empleen cables metálicos deberán protegerse con un recubrimiento adecuado.

No será admisible, la rodadura o el arrastre de los tubos sobre el terreno, máxime si los tubos tienen revestimientos exteriores. Si la dirección de obra admite la rodadura, ésta debe realizarse, sólo, sobre superficies preparadas a tal efecto de forma que no se ocasionen desperfectos en el tubo.

5.3. INSTALACIÓN DE CANALIZACIONES ENTERRADAS

En el presente apartado se especifican una serie de recomendaciones para la instalación de las conducciones en el caso más frecuente de que las mismas discurren enterradas en zanjas. Para otras disposiciones (aéreas, terraplenes, etc.) el respectivo Proyecto deberá especificar las condiciones de instalación.

En cualquier caso, previo a comenzar los trabajos de instalación de la canalización, se deberá realizar un reconocimiento suficientemente detallado para localizar cualquier tipo de servicio afectado (tuberías, cables u otras construcciones subterráneas). Si los resultados de dicho reconocimiento afectaran al trazado de la nueva canalización, los citados servicios afectados deberán reponerse, para lo que habrá de contarse con la oportuna autorización del organismo o compañía responsable.

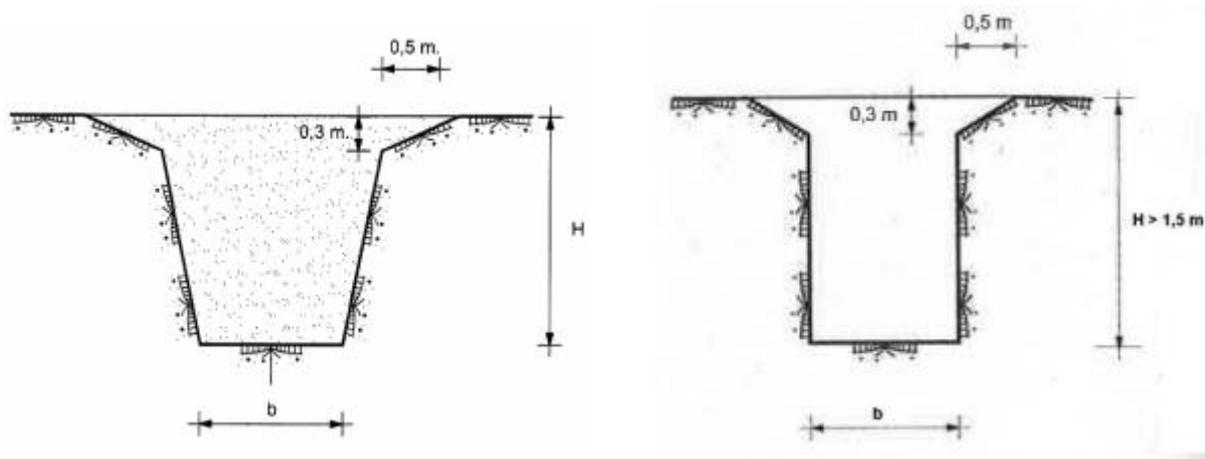
5.3.1. Ejecución de zanjas para el alojamiento de conducciones

5.3.1.1. Geometría de las zanjas

En general se procurará excavar las zanjas con un talud estable de forma natural. Si esto no fuera posible y de los estudios geotécnicos realizados se desprendiera que hay riesgo de inestabilidad en las paredes de la zanja, las mismas deberán entibarse conforme a lo establecido en el apartado 5.3.5.

En cualquier caso, es también recomendable ataluzar el borde superior de la zanja, tal como se muestra en la *Figura V-1*.

Figura V-1. Bordes ataluzados en zanjas

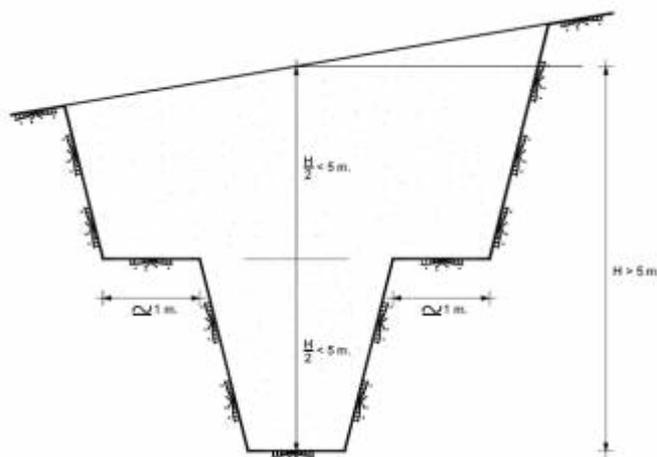


Bordes ataluzados en zanjas sin entibar

Bordes ataluzados zanjas verticales sin entibar

Si la profundidad de la zanja fuera superior a unos cuatro o cinco metros, será recomendable que se dispongan en los taludes bermas del orden de un metro de ancho, que dividan el desnivel existente entre el fondo de la zanja y el terreno natural en partes aproximadamente iguales, las cuales tampoco deberán exceder profundidades superiores a cuatro o cinco metros de altura.

Figura V-2. Bermas intermedias en zanjas profundas



El valor mínimo del ancho del fondo de zanja b será función de la profundidad de la misma y del diámetro de la conducción, debiendo adoptarse lo indicado en la *Tabla V-3*.

Tabla V-3. Ancho mínimo de zanja en función del DN de la conducción y de la profundidad

DN	Ancho mínimo de la zanja, b (m)	Profundidad de zanja, H (m)	Ancho mínimo de zanja, b (m)
$DN \leq 250$	0,60	$H \leq 1,00$	0,60
$250 < DN \leq 350$	$OD + 0,50$	$1,00 < H \leq 1,75$	0,80
$350 < DN \leq 700$	$OD + 0,70$	$1,75 < H \leq 4,00$	0,90
$700 < DN \leq 1.200$	$OD + 0,85$	$H > 4,00$	1,00
$DN > 1.200$	$OD + 1,00$		

OD: Diámetro exterior

En los tubos de materiales termoplásticos, la anchura de la zanja podrá reducirse a la expresión: $OD + 0,30$ m, con un mínimo de 0,50 m.

En el caso particular de los tubos flexibles el ancho de la zanja será el mínimo posible y las paredes lo más verticales, por lo menos hasta el nivel de la generatriz superior de los tubos.

Cuando se sitúen dos o más tuberías de saneamiento en la misma zanja, se deberá respetar un espacio de trabajo horizontal mínimo entre las generatrices interiores de las canalizaciones. Si no está especificado en el respectivo Proyecto, éste deberá ser de 0,35 m si el DN es menor de 700 mm o de 0,50 m para tuberías mayores.

Siempre que sea posible, el recubrimiento mínimo sobre la generatriz superior de la tubería será de un metro o el valor del diámetro exterior.

5.3.1.2. Ejecución de las zanjas

La excavación se hará de tal forma que se reduzcan en lo posible las líneas quebradas, procurando tramos de pendiente uniforme de la mayor longitud posible.

La pendiente de la zanja será de un 0,2% como mínimo. En general, se procurará excavar las zanjas en el sentido ascendente de la pendiente, para dar salida a las aguas por el punto bajo, debiendo el contratista tomar las precauciones necesarias para evitar que las aguas superficiales inunden las zanjas abiertas, debiendo realizarse los trabajos de agotamiento y evacuación de las aguas, para asegurar la instalación satisfactoria de la conducción y la compactación de las camas de apoyo. En particular, si la tubería discurre por una media ladera de acusada pendiente podrá llegar a ser necesaria la construcción de una cuneta de recogida de aguas.

Cuando el fondo de la zanja quede irregular por presencia de piedras, restos de cimentaciones, etc., será necesario realizar una sobre-excavación por debajo de la rasante de unos 15 a 30 cm, para su posterior relleno, compactación y regularización.

Entre la apertura de la zanja, el montaje de la tubería y el posterior relleno parcial deberá transcurrir el menor tiempo posible.

En función del tipo de unión a emplear podrán ser necesarios nichos en el fondo y en las paredes de la zanja, los cuales se efectuarán conforme avance el montaje de la tubería. En general, deberá excavar hasta un espesor por debajo de la línea de la rasante igual al de la cama de apoyo, si existe, siempre que el terreno sea uniforme y no meteorizable.

En el caso de terrenos meteorizables o erosionables por las lluvias en los que las zanjas vayan a estar abiertas durante un plazo en el que su rasante pueda deteriorarse, deberán dejarse sin excavar unos veinte centímetros sobre dicha rasante, ejecutándose éstos poco antes del montaje de la tubería.

Especial atención habrá que prestar a la estabilidad de la zanja al comienzo de períodos lluviosos tras una temporada de tiempo seco.

Los productos de la excavación aprovechables para el relleno posterior de la zanja deberán depositarse en caballeros situados a un solo lado de la zanja, dejando una banqueta del ancho necesario para evitar su caída, con un mínimo de 1,5 m. Los que no sean utilizables en el relleno se transportarán y depositarán en los vertederos o escombreras previstos. En particular,

la tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones deberá removerse, recomendándose su acopio y posterior reposición en la traza de la tubería, al objeto de paliar el impacto ambiental que la misma haya podido producir.

5.3.1.3. Agotamiento de zanjas y rebajamiento del nivel freático

La presencia de agua en el interior de las zanjas deberá ser evitada a toda costa, debiendo ser achicada antes de comenzar las tareas de montaje de los tubos y comprobando que los codales de la entibación, caso de ser necesaria, no se hayan relajado.

Algunos de los métodos más frecuentes para el control de las aguas subterráneas son los siguientes:

- Bobeo desde el fondo de la zanja
- Pozos profundos
- Tubos filtrantes (well points) verticales
- Drenaje por tubería horizontal
- Pozo aductor

En los casos que sea necesario, a juicio del proyectista o de la Dirección de Obra, podrá requerirse el correspondiente drenaje longitudinal de la tubería, el cual podrá ir a uno o a ambos lados de la misma.

Si se adopta la solución de dos drenes, éstos deberán unirse cada cierto intervalo, preferentemente en la zona de uniones.

5.3.2. Camas de apoyo

Los tubos no deben apoyarse directamente sobre la rasante de la zanja, sino sobre camas o lechos de arena, los cuales han de tener un espesor mínimo bajo la generatriz inferior del tubo de 10 cm.

Con carácter general se recomienda que la arena a emplear en las camas de apoyo sea no plástica, exenta de materias orgánicas.

Las camas hay que realizarlas en dos etapas. En la primera se ejecuta la parte inferior de la cama, con superficie plana, sobre la que se colocan los tubos, acoplados y acuñaos. En una

segunda etapa se realiza el resto de la cama rellenando a ambos lados del tubo hasta alcanzar el ángulo de apoyo indicado en el proyecto.

En ambas etapas los rellenos se efectúan por capas compactadas mecánicamente.

Para suelos excepcionalmente malos (deslizantes, arcillas expansivas, terrenos movedizos, etc.). Dependiendo del caso, habrá de tratarse el fondo de la zanja según estudio previo.

5.3.3. Montaje de la tubería

Previo a la instalación de la tubería, y una vez realizado el replanteo general de las obras y ejecutada la excavación de la zanja, se realizará el replanteo de la tubería, para lo que se señalarán sus vértices y colocarán puntos de referencia, de alineación y de nivel, a partir de los que colocarán los tubos.

Las tuberías, sus accesorios y material de juntas y, cuando sean aplicables, los revestimientos de protección interior o exterior, se inspeccionarán antes del descenso a la zanja para su instalación.

El descenso de la tubería se realizará con equipos de elevación adecuados tales como cables, eslingas, balancines y elementos de suspensión que no puedan dañar la conducción ni sus revestimientos. Sólo si la profundidad de la zanja no excede de 1,5 m, los tubos no son demasiado pesados y de diámetro inferior a 300 mm y el borde de la zanja suficientemente estable, el descenso podrá ser manual, debiendo, en caso contrario, emplear medios mecánicos, como, por ejemplo, las propias retroexcavadoras de las obras o grúas ligeras montadas sobre los camiones de transporte. En el caso de tubos de gran diámetro se requiere el empleo de grúas automotrices.

Una vez los tubos en el fondo de la zanja, deberán examinarse de nuevo para cerciorarse de que su interior esté libre de tierra, piedras, suciedad, etc., para a continuación realizar su centrado y alineación. Posteriormente deberán ser calzados y acodalados con un poco de material de relleno para impedir su movimiento.

En general, no se colocarán más de cien metros de tubería sin proceder al relleno parcial de la zanja.

Se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posible flotación de la tubería.

Se adoptarán precauciones para evitar que las tierras puedan penetrar en la tubería por sus extremos libres. En el caso de que alguno de dichos extremos o ramales vaya a quedar durante

algún tiempo expuesto, se dispondrá un cierre estanco al agua suficientemente asegurado para que no pueda ser retirado inadvertidamente.

Cada tubo deberá centrarse perfectamente con los adyacentes, con una desviación máxima respecto al trazado en planta y alzado del proyecto de ± 10 mm.

En general, el montaje de unos tubos con otros debe de realizarse en el interior de la zanja. Solo los tubos de PVC-O y los de PE podrán ser montados en el exterior de la zanja e introducirse en ella una vez unidos.

En el caso particular de los tubos de PE, la empresa adjudicataria de la instalación y montaje de la conducción tendrá que certificar que dispone de soldadores de polietileno tipo A, B y C, emitido por la Comisión de Acreditación de la ENAC, a través de una de sus entidades de acreditación.

Para el montaje de las uniones se observarán las siguientes especificaciones, según tipologías.

- a) Uniones de enchufe y extremo liso. En este tipo de unión deberá cuidarse especialmente que las superficies del tubo en contacto con el anillo elastomérico estén limpias y exentas de defectos superficiales.

Durante el montaje de la unión se efectúa el encaje correcto del anillo, comprobándose que los paramentos verticales del enchufe y del extremo liso están separados lo suficiente, para poder absorber los movimientos de la unión.

El empuje para el enchufe coaxial de los diferentes tramos deberá ser controlado, pudiendo utilizarse gatos mecánicos o hidráulicos, palancas manuales u otros dispositivos, cuidando que durante la fase de empuje no se produzcan daños.

La secuencia de acciones a seguir para la instalación de una unión de este tipo será la siguiente:

- Limpieza de la superficie interior de la campana
- Lubricado, cuando proceda, de la superficie interior de la campana
- limpieza del enchufe del tubo
- Colocación del anillo elastomérico en el enchufe del tubo a unir
- Lubricado del anillo, una vez montado, en la zona de contacto con la campana
- Alineación del enchufe y extremo liso y emboquillado de la unión

b) Uniones mecánicas (tubos de fundición). Estas uniones están constituidas, en general, por elementos metálicos, independientes del tubo, un anillo elastomérico y tornillos con collarín de ajuste o sin él. Los extremos de los tubos no han de quedar a tope, sino con un pequeño huelgo. En los elementos mecánicos se debe comprobar que no haya rotura ni defectos de fundición, en su caso, examinándose el buen estado de los filetes de las roscas de los tornillos y de las tuercas y comprobándose también que los diámetros y longitudes de los tornillos son los que corresponden a la unión propuesta y al tamaño del tubo.

c) Unión mediante manguito (tubos de PRFV). Cuando la unión de los tubos se efectúe mediante manguito y anillo elastomérico ha de cuidarse especialmente el centrado de la unión, especialmente cuando la tubería describa una curva.

Los extremos de los tubos no deben quedar en contacto, dejando una separación entre ellos de unos 15 mm. Los anillos elastoméricos pueden ser de sección circular, en V, pudiendo disponerse uno o varios por manguito alojándose en rebajes dispuestos a tal efecto. La colocación de estos anillos en las ranuras del manguito se efectúa, normalmente, fuera de la zanja, cuidando la limpieza de las ranuras.

La posición final de la unión se obtiene desplazando el manguito hacia el tubo bien a mano o mecánicamente mediante trácteles, cables y ganchos, con la ayuda o no de travesaños de madera y previa lubricación del extremo liso del tubo y de los anillos elastoméricos que sean necesarios.

d) Uniones soldadas (tubos de polietileno). Los métodos de soldadura (a tope, con embocadura o por electrofusión) deben cumplir con lo especificado en la norma UNE 53394:1992 IN.

5.3.4. Rellenos

Una vez realizadas las pruebas de la tubería instalada, para lo cual se habrá hecho un relleno parcial de la zanja dejando visibles las uniones, se procede al relleno definitivo del tramo probado, el cual se subdivide, en general, en dos zonas: la zona baja, que alcanza una altura mínima de 10 cm por encima de la generatriz superior del tubo y la zona alta, que corresponde al resto del relleno de la zanja hasta sus bordes superiores.

La zona baja el relleno corresponde con el mismo material (arena) que se ha utilizado para la cama de apoyo, no plástico y exento de materias orgánicas. Se rellenará en capas de pequeño espesor, compactadas mecánicamente.

En la zona alta de la zanja, el relleno puede realizarse con cualquier tipo de material que no produzca daños en la tubería, recomendándose la zahorra artificial, colocándose en tongadas horizontales, compactadas mecánicamente hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 95% del próctor normal.

El material del relleno, tanto para la zona alta como para la baja, puede ser, en general, procedente de la excavación de la zanja si es adecuado, según lo indicado en los párrafos anteriores.

Deberá prestarse especial cuidado durante la compactación de los rellenos, de modo que no se produzcan ni movimientos ni daños en la tubería, a cuyo efecto habrá de reducirse en lo necesario el espesor de las tongadas y la potencia de la maquinaria de compactación. Asimismo, en el caso de los tubos flexibles, habrá que prestar especial atención a la compactación del relleno. En cualquier caso, no deberá rellenarse la zanja en tiempo de heladas o con material helado, salvo que se tomen medidas para evitar que queden enterrados restos de suelo congelado.

5.3.5. Entibaciones

Si la excavación de la zanja hubiera de realizarse con taludes inestables de forma natural, y si de los estudios geotécnicos realizados se desprendiera que hay riesgo de inestabilidad en las paredes de la zanja, las mismas deberán entibarse conforme a lo establecido en el presente apartado.

Las entibaciones mediante tablestacas o paneles de madera solo podrán utilizarse puntualmente, mediante la aprobación previa de la Dirección de Obra.

El sistema de entibación empleado será tal que permita su puesta en obra sin necesidad de que el personal entre en la zanja hasta que ésta esté lo suficientemente soportada. En cualquier caso, deberá ser conforme con las normas UNE-EN 13.331-1:2002 y UNE-EN 13.331-2:2002.

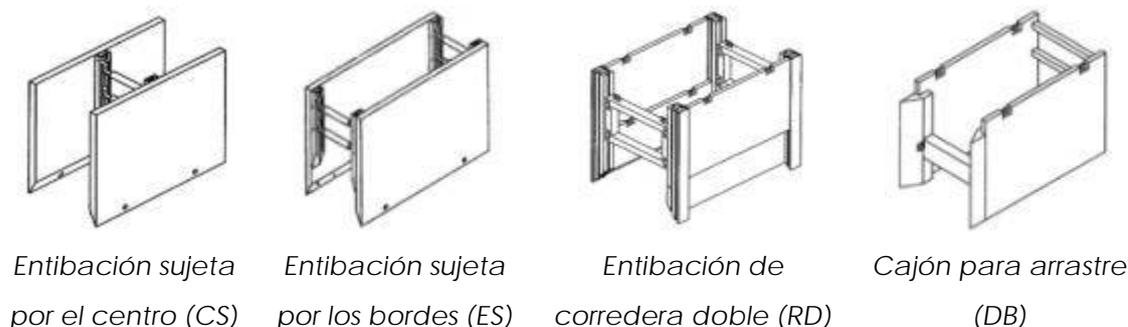
Cada día, al comenzar la jornada de trabajo, se revisarán las entibaciones y la estabilidad de las zanjas.

Atendiendo a su estructura, los sistemas de entibación se clasificarán de la siguiente manera (ver figura adjunta):

- Entibación sujeta por el centro (CS)
- Entibación sujeta por los bordes (ES)

- Entibación de corredera (R). Puede ser simple (RS), doble (RD) o triple (RT)
- Cajón para arrastre (DB)

Figura V-4. Sistemas de entibación no estructural



En la elección del sistema de entibación deberán tenerse en cuenta, al menos, los siguientes factores:

- Tipo de terreno
- Profundidad de la zanja
- Presencia o no de nivel freático
- Dimensiones de la tubería a instalar

El diseño, dimensionamiento y cálculo de la entibación serán de la exclusiva responsabilidad del contratista de las obras, quién deberá presentar a la Dirección de Obra, si así lo requiere, los planos y cálculos justificativos de la misma. En cualquier caso, los paneles que componen el sistema de entibación seleccionado deberán tener al menos una resistencia de 30 kN/m².

Capítulo VI. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

6.1. CONTROL DE CALIDAD DE LA INSTALACIÓN

El control de calidad de la recepción de los distintos componentes que integran la red de saneamiento, así como el de la instalación de los mismos, se realizará atendiendo a lo expuesto a continuación.

Previamente, el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* podrá solicitar a los suministradores la documentación que considere oportuna para comprobar que los componentes instalados se ajustan a los especificados en el respectivo Proyecto.

- Transporte y almacenamiento de componentes

Las operaciones de transporte se realizarán en vehículos adecuados a las dimensiones de los componentes, garantizando su inmovilidad y colocando elementos de protección entre ellos y en sus extremos para evitar golpes.

El tiempo de almacenamiento se reducirá al mínimo posible y será recomendable, siempre que sea posible, su descarga en las proximidades de la zona de trabajo.

- Recepción e inspección visual de componentes

Los componentes deberán cumplir las condiciones técnicas y dimensionales determinadas en el proyecto y aprobadas por la Dirección de Obra.

Una vez recibidos en obra se llevará a cabo a la inspección visual de los mismos de forma que se garantice que no han sufrido ningún desperfecto durante el transporte, procediendo a la devolución de aquellos componentes defectuosos que no superen la inspección visual o no cumplan las condiciones técnicas establecidas de forma previa al suministro.

- Comprobación de trazado y secciones tipo

Se procederá a la verificación de alineaciones y rasantes para que estas sean conformes a lo establecido en el proyecto correspondiente. Así mismo, se efectuará la comprobación dimensional de las secciones tipo de zanjas definidas para cada tramo de la red de saneamiento.

- Control de calidad de materiales utilizados en camas de apoyo y rellenos

Los ensayos a efectuar en materiales utilizados en camas de apoyo y rellenos, así como el control de la ejecución de los mismos deberán estar indicados en el proyecto de la red de saneamiento, si bien se recomienda efectuar los que se enumeran a continuación:

Tabla VI-1. Ensayos recomendados, según m³ o ml de zanja, en camas de apoyo y rellenos

Ensayo	Nº de ensayos	Aplicable	Método de ensayo
Límites de Atterberg	2	Camas de material granular. Rellenos	UNE 103.103 UNE 103.104
Granulometría	2		UNE 103.101
Próctor Normal	2		UNE 103.500
Análisis de sulfatos (tubos de hormigón)	2		UNE 103.201 UNE 103.202
Densidad	2/3	Camas de material granular	UNE 103.503
	6	Rellenos	
Humedad	6	Rellenos	UNE 103.300
En las camas de hormigón el control se efectuará conforme a lo especificado en la EHE			

- Control de la instalación de las conducciones y ejecución de uniones

Se comprobará que la conducción está convenientemente colocada sobre el lecho de asiento, que no haya sufrido ningún desperfecto durante la manipulación y que las uniones cumplen lo especificado en el correspondiente capítulo de estas Normas.

6.2. PRUEBA DE LA TUBERÍA INSTALADA

A medida que avance el montaje de la tubería se irán haciendo las pruebas de la tubería instalada conforme a la metodología expuesta en el presente apartado, la cual es diferente según se trate de conducciones cuyo funcionamiento hidráulico sean en régimen de lámina libre o bajo presión hidráulica interior.

Con carácter general, se deberá probar el 100% de la longitud total de la red instalada.

6.2.1. Conducciones enterradas en lámina libre

Cuando el funcionamiento hidráulico de la conducción sea en régimen de lámina libre, la prueba de la tubería instalada se realizará conforme a la metodología de la norma UNE-EN

1610:1998, según la cual la prueba podrá hacerse bien con aire (Método L) o con agua (método W), recomendando estas Normas que se realice con agua.

El método W indica que la prueba se realizará una vez se hayan colocado los tubos, los pozos y las acometidas, previo al relleno de la zanja (dejando las uniones al descubierto), para lo que se obturará la entrada de la tubería en el pozo aguas abajo del tramo en prueba, así como cualquier otro punto por el que pudiera salirse el agua, llenándose completamente de agua la tubería y el pozo situado aguas arriba del tramo a probar.

Después de que las tuberías y/o registros estén llenos será necesario un tiempo de acondicionamiento, generalmente una hora es suficiente tubos de material termoplástico y de 24 horas para condiciones climáticas secas en el caso de tubos de hormigón.

Especialmente en tubos de hormigón, antes de realizar las pruebas se deberán tomar las precauciones oportunas sobre los tubos para evitar que, a causa de cambios bruscos de temperatura (calor absorbido por los tubos frente al agua fría de la prueba) se puedan producir fisuras en los tubos e incluso la rotura de los mismos.

En particular, cuando la diferencia de temperatura entre la superficie del tubo y el agua utilizada para la prueba sea superior a 10°C debe tenerse en cuenta que existe un alto peligro de fisuración de la conducción. A este respecto, y en tiempo caluroso, se recomienda hacer las pruebas de noche o a primera hora de la mañana.

La presión de prueba es la presión equivalente o resultante de llenar la sección de prueba hasta el nivel del terreno del registro aguas arriba, con una presión máxima de 0,5 kg/cm² y una mínima de 0,1 kg/cm² medida en la parte superior del tubo.

Transcurridos 30 minutos, como tiempo de acondicionamiento, del llenado de los tubos se inspecciona los tubos, las juntas y los pozos, comprobándose que no haya pérdidas de agua significativas ni movimientos aparentes en la tubería.

A continuación, se procederá a medir y a anotar la cantidad de agua (ΔV) que es necesario inyectar para mantener la presión de prueba durante un periodo no inferior a 30 minutos, debiendo ser ésta inferior a los siguientes valores:

- 0,15 l/m² para las tuberías
- 0,20 l/m² para tuberías incluyendo los pozos de registro
- 0,40 l/m² para los pozos de registro

Nota: Los m² se refieren a la superficie interna mojada.

6.2.2. Conducciones enterradas bajo presión hidráulica interior

Cuando el funcionamiento hidráulico de la conducción sea bajo presión hidráulica interior, la prueba de la tubería instalada se realizará conforme a la metodología general de la norma UNE EN 805:2000.

A medida que avance el montaje de la tubería, deben ejecutarse las oportunas pruebas de la tubería instalada.

La Presión de prueba de la red (*STP*) se calcula a partir de la Presión máxima de diseño (*MDP*), de forma que, dependiendo de que el golpe de ariete se haya calculado en detalle, o únicamente se haya estimado, el valor de *STP* será (todos los valores en N/mm²):

a) Golpe de ariete calculado en detalle:

$$STP = MDP + 0,1 \quad \text{ó bien} \quad STP = MDPc + 1,0 \text{ (en bar)}$$

Donde:

MDPc: Presión máxima que puede alcanzarse en la tubería en servicio, considerando las fluctuaciones producidas por un posible golpe de ariete calculado.

b) Golpe de ariete no calculado (estimado). El menor valor de las dos expresiones siguientes:

$$1) \quad STP = MDPa + 0,5 \quad \text{ó bien} \quad STP = MDPa + 5,0 \text{ (en bar)}$$

$$2) \quad STP = 1,5 MDPa$$

MDPa: Presión máxima que puede alcanzarse en la tubería en servicio, considerando las fluctuaciones producidas por un posible golpe de ariete admitido (estimado).

El margen fijado por el golpe de ariete incluido en *MDPa* no debe ser inferior a 2 bar, por lo tanto se tiene que cumplir:

$$MDPa \geq (DP + 2 \text{ bar})$$

Donde *DP* es la presión de diseño, que es la presión máxima de funcionamiento sin golpe de ariete.

En los casos de impulsiones y grandes conducciones, debe siempre haberse calculado en detalle el valor del golpe de ariete (hipótesis a). Solo el caso de pequeñas presiones, el valor del golpe de ariete puede ser "estimado" (hipótesis b).

6.2.2.1. Metodología

A medida que avance el montaje de la tubería ésta debe ser probada por tramos. Los extremos del tramo en prueba deben cerrarse convenientemente con piezas adecuadas, las cuales han de apuntalarse para evitar deslizamientos de las mismas o fugas de agua, y que deben ser, cuando así se requiera, fácilmente desmontables para poder continuar la colocación de la tubería.

Las longitudes de estos tramos dependen, de las características particulares de cada uno de ellos, debiendo seleccionarse con estas recomendaciones:

- La presión de prueba pueda aplicarse al punto más bajo de cada tramo en prueba.
- Pueda aplicarse una presión de al menos igual a MDP en el punto más alto de cada uno de ellos.
- Pueda suministrarse y evacuarse sin dificultad la cantidad de agua necesaria para la prueba.
- La diferencia de presión entre el punto de rasante más baja y más alta no exceda del 10% de STP.
- En la medida de lo posible, sus extremos coincidan con válvulas de paso de la tubería.

Unas longitudes razonables para los tramos pueden oscilar entre 500 y 1.000 ó incluso 2.000 metros.

Antes de empezar la prueba deben estar colocados en su posición definitiva todos los tubos, las piezas especiales, las válvulas y demás elementos de la tubería, debiendo comprobarse que las válvulas existente en el tramo a ensayar se encuentran abiertas y que las piezas especiales están ancladas y las obras de fábricas con la resistencia debida.

Cuando la tubería se disponga enterrada, la zanja debe estar parcialmente rellena, dejando las uniones descubiertas. Asimismo debe comprobarse que el interior de la conducción está libre de escombros, raíces o de cualquier otra materia extraña.

La bomba para introducir la presión hidráulica puede ser manual o mecánica, pero en este último caso debe estar provista de llaves de descarga o elementos apropiados para poder regular el aumento de presión. Irá colocada en el punto más bajo de la tubería que se vaya a ensayar y debe estar provista, al menos, de un manómetro, el cual debe tener una precisión no

inferior de 0,02 N/mm² (≈ 0,2 kg/cm²) La medición del volumen de agua, por su parte, debe realizarse con una precisión no menor de 1 litro.

En cualquier caso, pero especialmente en los de altas presiones, durante la realización de la prueba de la tubería instalada, deben tomarse las medidas de seguridad necesarias para que en caso de fallo de la tubería no se produzcan daños a las personas y que los materiales sean los mínimos posibles.

De acuerdo con todo lo anterior, la prueba, que es única, consta, en general, de las dos etapas siguientes: etapa preliminar y etapa principal.

6.2.2.2. Etapa preliminar

Se comienza por llenar lentamente de agua el tramo objeto de la prueba, dejando abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire, los cuales se irán cerrando después y sucesivamente de abajo hacia arriba. Debe procurarse dar entrada al agua por la parte baja del tramo en prueba, para así facilitar la salida del aire por la parte alta. Si esto no fuera posible, el llenado se debería hacer aún más lentamente, para evitar que quede aire en la tubería. En el punto más alto es conveniente colocar un grifo de purga para expulsión del aire y para comprobar que todo el interior del tramo objeto de la prueba se encuentra comunicado de la forma debida y lleno de agua. Si la tubería es de hormigón, una vez llena de agua, se debe mantener en esta situación al menos 24 horas.

El objeto de esta etapa preliminar es que la tubería se estabilice, alcanzando un estado similar al de servicio, a fin de que durante la posterior etapa principal los fenómenos de adaptación de la tubería, propios de una primera puesta en carga, no sean significativos en los resultados de la prueba. Como fenómenos de adaptación más característicos de una primera puesta en carga, pueden destacarse: movimientos de recolocación en uniones anclajes y piezas especiales; expulsión de aire; saturación de la tubería para el caso de materiales absorbentes como el hormigón; y la deformación de los tubos.

A continuación, se aumenta la presión hidráulica de forma constante y gradual hasta alcanzar un valor comprendido entre STP y MDP, de forma que el incremento de presión no supere 0,1 N/mm² (1 kg/cm²) por minuto.

Esta presión debe mantenerse entre dichos límites durante un tiempo razonable (que lo debería fijar el proyecto correspondiente o la DO a la vista de las circunstancias particulares de cada caso) para lograr los objetivos de esta etapa preliminar, para lo cual, si es necesario, habrá que suministrar, bombeando, cantidades adicionales de agua. Durante este período de tiempo no

debe de haber pérdidas apreciables de agua, ni movimientos aparentes de la tubería. Caso contrario, debería de procederse a la despresurización de la misma, a la reparación de los fallos que haya lugar y a la repetición del ensayo.

La fijación de la duración de esta etapa preliminar es fundamental para el buen desarrollo de la posterior etapa principal. Deberá ser tal que logre por completo la estabilización de la tubería a que antes se hacía referencia y dependerá de numerosos factores, como por ejemplo, el tipo de tubo de que se trate, el diámetro, las condiciones de la instalación, la naturaleza de las uniones, la climatología, etc. De todo ello es especialmente importante la tipología de la tubería, ya que aquellos tubos susceptibles de absorber cantidades importantes de agua, y especialmente en el caso de altas temperaturas ambiente, son los que requieren que esta etapa tenga una duración importante que logre mitigar el efecto de dicha absorción.

Por lo tanto, para tubos metálicos y de materiales plásticos (PVC-U, PE y PRFV) la duración de la etapa preliminar estará comprendida entre una y dos horas, en los de hormigón y fibrocemento, la duración estará comprendida entre las 24 y 48 horas, siendo el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, el que, en función de los factores citados anteriormente, fijará la exactamente la duración de esta etapa preliminar.

6.2.2.3. Etapa principal o de puesta en carga

Una vez superada la etapa preliminar, la presión hidráulica interior se aumenta de nuevo de forma constante y gradual hasta alcanzar el valor de STP, de forma que el incremento de presión no supere 0,1 N/mm² (1 kg/cm²) por minuto. Una vez alcanzado dicho valor, se desconecta el sistema de bombeo, no admitiéndose la entrada de agua durante, al menos, una hora. Al final de este período al medir mediante manómetro el descenso de presión habido durante dicho intervalo, éste debe ser inferior a los siguientes valores:

- 0,02 N/mm² (0,2 kg/cm²) para tubos de fundición, acero, hormigón con camisa de chapa, PVC-O, PRFV y PE, en su caso.
- 0,04 N/mm² (0,4 kg/cm²) para tubos de hormigón sin camisa de chapa

A continuación, se eleva la presión en la tubería hasta alcanzar de nuevo el valor de STP suministrando para ello cantidades adicionales de agua y midiendo el volumen final suministrado, debiendo ser éste inferior al valor dado por la expresión siguiente:

$$\Delta V_{max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta p \left[\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E} \right]$$

$\Delta V_{\text{máx}}$:	Pérdida admisible, en litros
V:	Volumen del tramo de tubería en prueba, en litros
Δp :	Caida admisible de presión durante la prueba en N/mm ² cuyos valores son: 0,02 N/mm ² para tubos de fundición, acero, hormigón con camisa de chapa, PVC-U, PRFV y, en su caso PE 0,04 N/mm ² para tubos de hormigón sin camisa de chapa
E_w :	Módulo de compresibilidad del agua, en N/mm ²
E:	Módulo de elasticidad del material del tubo, en N/mm ²
ID:	Diámetro interior del tubo, en mm
e:	Espesor nominal del tubos, en mm
1,2:	Factor de corrección que, entre otros aspectos, tiene en cuenta el efecto del aire residual existente en la tubería

El módulo de compresibilidad del agua (E_w) y unos valores razonables para los valores del módulo de elasticidad del material de la tubería (E) son los siguientes:

E_w :	2,1 x1 0 ³ N/mm ²	
E:	Fundición	1,70 x 10 ⁵ N/mm ²
	Acero	2,10 x 10 ⁵ N/mm ²
	Hormigón	2,00 x 10 ⁴ N/mm ² – 4,00 x 10 ⁴ N/mm ²
	PVC-U	3.600 N/mm ² (corto plazo); 1.750 N/mm ² (largo plazo)
	PE	1.000 N/mm ² (corto plazo); 150 N/mm ² (largo plazo)
	PVC-O:	3.500 N/mm ² (corto plazo)
	PRFV	1,00 x 10 ⁴ N/mm ² – 3,9 x 10 ⁴ N/mm ²

Cuando, durante la realización de esta etapa principal o de puesta en carga, el descenso de presión y/o las pérdidas de agua sean superiores a los valores admisibles antes indicados, se deben corregir los defectos observados (reparando las uniones que pierdan agua, cambiando, si es preciso, algún tubo o pieza especial) para así proceder a repetir esta etapa principal hasta superarla con éxito.

En determinadas situaciones, tales como los ramales de las redes de distribución de pequeño diámetro o escasa longitud, puede admitirse que en esta etapa principal se realice únicamente la comprobación de que el descenso de presión producido durante la misma es inferior a los valores admisibles antes indicados.

6.3. RECEPCIÓN DE LA RED O INSTALACIÓN

Finalizadas las obras, el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* procederá a:

- 1) *Realizar una inspección de las nuevas instalaciones.* Para ello se maniobrarán los elementos que se estime oportuno, inspeccionando arquetas, pozos, cámaras, se comprobará el buen funcionamiento de equipos electromecánicos como bombas, grupos electrógenos, polipastos, etc. Deberá ser aportado al *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* un informe de inspección a través de cámara de televisión teledirigida sobre toda la red instalada. Todo con objeto de comprobar que la construcción y el montaje se ha realizado con arreglo a las prescripciones fijadas.
- 2) *Informe de recepción.* El *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* emitirá un informe en el que expondrá el cumplimiento o incumplimiento de las prescripciones fijadas.

Si el informe de recepción es favorable, se podrá proceder a la Recepción Provisional de las instalaciones, para lo cual resultará imprescindible la previa entrega al *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* de los Planos que reflejen fielmente las conducciones, y características de los elementos instalados en formato editable digital, y compatible con el Sistema de Información Geográfica implantado en el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*.

Transcurrido el plazo de garantía, que salvo estipulación expresa en contrario tendrá una duración de un (1) año y en el caso de que no existiesen defectos reseñables, se procederá a la Recepción Definitiva de las Obras.

Capítulo VII. TRAMITACIÓN DE PROYECTOS

7.1. INFORME PREVIO

En las actuaciones relacionadas con las redes de saneamiento resulta preceptivo el informe técnico del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* con carácter previo a la ejecución de las obras correspondientes, por lo que, para la obtención de la Licencia Municipal, el Promotor, ya sea público o privado, deberá presentar un ejemplar del Proyecto de Obra para su aprobación por los servicios técnicos de *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, utilizando el conducto que el Ayuntamiento determine en cada caso.

7.2. DOCUMENTACIÓN MÍNIMA A PRESENTAR

El Proyecto que se remita al *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* deberá contener, como mínimo, la documentación siguiente:

- a) Memoria, debiendo describirse los criterios y premisas que justifican la solución adoptada.
- b) Anejos de Cálculo Justificativos, incluyendo:
 - Situación actual de la red de saneamiento
 - Topografía
 - Cálculos hidráulicos y mecánicos
- c) Planos
 - Situación
 - Planta de las redes existentes
 - Puntos de conexión previstos
 - Planta de las obras a ejecutar
 - Perfiles longitudinales
 - Secciones tipo
 - Detalles de obras complementarias
 - Planta de servicios afectados

- d) Pliego de Condiciones, con indicación de las características técnicas que han de cumplir los materiales y equipos utilizados en las obras así como las condiciones de ejecución de las mismas.
- e) Mediciones

En el caso de que la instalación pueda discurrir por terrenos agresivos, se aportará el correspondiente estudio de agresividad del terreno.

7.3. INCUMPLIMIENTO

En caso de que se incumpla el deber de la solicitud de informe previo o de presentación de los proyectos al *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, así como el incumplimiento durante la ejecución de las obras de lo establecido en estas Normas, dará lugar a la negativa del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* a la recepción del conjunto de la instalación.

Anexo I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS CONDUCCIONES

AI.1. GENERALIDADES

En este anexo se especifican las condiciones que deben cumplir las conducciones a instalar en redes nuevas de saneamiento, así como las especificaciones técnicas más importantes contenidas en las respectivas normas de producto.

AI.2. TIPOLOGÍA DE CONDUCCIONES

AI.2.1. Tubos de hormigón armado de sección circular

AI.2.1.1. Generalidades. Campo de aplicación

Si bien las tuberías de hormigón armado de sección circular pueden soportar pequeñas presiones del orden de 0,1 N/mm², la aplicación de estas tuberías se limita a los casos en los que no haya presión hidráulica interior, es decir, su funcionamiento hidráulico debe ser en régimen de lámina libre.

En general deben cumplir con lo especificado las normas UNE-EN 1.916:2003 y UNE 127.916:2004. El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el apartado 2.2.1.

AI.2.1.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado 1.6, en los tubos de hormigón de sección circular sin camisa de chapa serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- *Diámetro nominal (DN)*. En los tubos de hormigón armado de sección circular la designación genérica DN se refiere al diámetro interior (ID).
- *Carga de rotura*. En los tubos de hormigón armado, es aquella carga que, en el ensayo de aplastamiento, produce la rotura o colapso del tubo. Puede expresarse bien en kN/m² o bien en kN/m.
- *Carga de fisuración o de prueba*. En los tubos de hormigón armado, es aquella carga que, en el ensayo de aplastamiento, produce la primera fisura de, por lo menos, 0,3 mm de abertura y 30 cm de longitud. Puede expresarse bien en kN/m² o bien en kN/m.
- *Clase de resistencia*. Designación adoptada a efectos de la clasificación de los tubos asociada a su carga de fisuración y rotura. En la clasificación tipo E (ver apartado siguiente) se identifica con la carga (en kN/m²) de rotura de los mismos.

AI.2.1.3. Clasificación

Los tubos de hormigón armado de sección circular se clasificarán por su diámetro nominal (DN) y por su clase de resistencia. Los valores normalizados en UNE 127.916:2004 de los DN y de las clases de resistencia, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la *Tabla AI-2*.

Tabla AI-2. Clasificación de la tubería de hormigón armado de sección circular

		Clase de resistencia			
		60	90	135	180
	Carga fisuración (kN/m ²)	40	60	90	120
	Carga rotura (kN/m ²)	60	90	135	180
DN	300				
	400				
	500				
	600				
	700				
	800				
	900				
	1.000				
	1.100				
	1.200				
	1.300				
	1.400				
	1.500				
	1.600				
1.800					
2.000					
2.500					
3.000					

Clasificación Tipo E

		Clase de resistencia				
		I	II	III	IV	V
	Carga fisuración (kN/m ²)	40	50	65	100	140
	Carga rotura (kN/m ²)	60	75	100	150	175
DN	300					
	400					
	500					
	600					
	700					
	800					
	900					
	1.000					
	1.100					
	1.200					
	1.300					
	1.400					
	1.500					
	1.600					
1.800						
2.000						
2.500						
3.000						

Clasificación Tipo A

AI.2.1.4. Características técnicas

Los materiales a emplear en los tubos de hormigón (cemento, agua, áridos, aditivos, adiciones y acero para armaduras) deberán cumplir con lo especificado por la vigente EHE. Los tubos, una vez fabricados, deberán resistir las cargas de fisuración y de rotura que se indican en la *Tabla AI-3* y en la *Tabla AI-4*, según DN y clases.

Tabla AI-3. Cargas de fisuración y rotura (en kN/m) en tubos de hormigón de sección circular

Clasificación Tipo E								
DN	Clase 60		Clase 90		Clase 135		Clase 180	
	Fisurac.	Rotura	Fisuraci.	Rotura	Fisurac.	Rotura	Fisurac.	Rotura
300			18,0	27,0	27,0	40,5	36,0	54,0
400			24,0	36,0	36,0	54,0	48,0	72,0
500			30,0	45,0	45,0	67,5	60,0	90,0
600			36,0	54,0	54,0	81,0	72,0	108,0
700			42,0	63,0	63,0	94,5	84,0	126,0
800			48,0	72,0	72,0	108,0	96,0	144,0
900			54,0	81,0	81,0	121,5	108,0	162,0
1.000	40,0	60,0	60,0	90,0	90,0	135,0	120,0	180,0
1.100	44,0	66,0	66,0	99,0	99,0	148,5	132,0	198,0
1.200	48,0	72,0	72,0	108,0	108,0	162,0	144,0	216,0
1.300	52,0	78,0	78,0	117,0	117,0	175,5	156,0	234,0
1.400	56,0	84,0	84,0	126,0	126,0	189,0	168,0	252,0
1.500	60,0	90,0	90,0	135,0	135,0	202,5	180,0	270,0
1.600	64,0	96,0	96,0	144,0	144,0	216,0	192,0	288,0
1.800	72,0	108,0	108,0	162,0	162,0	243,0	216,0	324,0
2.000	80,0	120,0	120,0	180,0	180,0	270,0		
2.500	100,0	150,0	150,0	225,0				
3.000	120,0	180,0	180,0	270,0				

Tabla AI-4. Cargas de fisuración y rotura (en kN/m) en tubos de hormigón de sección circular

Clasificación Tipo A										
DN	Clase I		Clase II		Clase III		Clase IV		Clase V	
	Fisurac.	Rotura	Fisuraci.	Rotura	Fisurac.	Rotura	Fisurac.	Rotura	Fisurac.	Rotura
300			15,0	22,5	19,5	30,0	30,0	45,0	452,0	52,5
400			20,0	30,0	26,0	40,0	40,0	60,0	56,0	70,0
500			25,0	37,5	32,5	50,0	50,0	75,0	70,0	87,5
600			30,0	45,0	39,0	60,0	60,0	90,0	84,0	105,0
700			35,0	52,5	45,5	70,0	70,0	105,0	98,0	122,5
800			40,0	60,0	52,0	80,0	80,0	120,0	112,0	140,0
900			45,0	67,5	58,5	90,0	90,0	135,0	126,0	157,5
1.000			50,0	75,0	65,0	100,0	100,0	150,0	140,0	175,0
1.100			55,0	82,5	71,5	110,0	110,0	165,0	154,0	192,5
1.200			60,0	90,0	78,0	120,0	120,0	180,0	168,0	210,0
1.300			65,0	97,5	84,5	130,0	130,0	195,0	182,0	227,5
1.400			70,0	105,0	91,0	140,0	140,0	210,0	196,0	245,0
1.500	60,0	90,0	75,0	112,5	97,5	150,0	150,0	225,0	210,0	262,5
1.600	64,0	96,0	80,0	120,0	104,0	160,0	160,0	240,0	224,0	280,0
1.800	72,0	108,0	90,0	135,0	117,0	180,0	180,0	270,0	252,0	315,0
2.000	80,0	120,0	100,0	150,0	130,0	200,0	200,0	300,0	280,0	350,0
2.500	100,0	150,0	125,0	187,5	162,5	250,0	250,0	375,0	350,0	437,5
3.000	120,0	180,0	150,0	225,0	195,0	300,0	300,0	450,0	420,0	525,0

AI.2.1.5. Dimensiones

Atendiendo a la forma exterior de los tubos y en función del espesor, podrán ser cilíndricos o con enchufe y campana.

Las dimensiones normalizadas de los tubos de hormigón de sección circular, serán las indicadas en la *Tabla AI-5*, según sea su tipología (UNE 127.916:2004). En cuanto al espesor, los tubos podrán fabricarse bajo dos series de fabricación (la B ó la C), siendo los espesores mínimos los indicados también en la *Tabla AI-5* para cada caso.

Los tubos de hormigón armado podrán diseñarse de modo que la base de los mismos sea plana y no circular para así facilitar la instalación. Igualmente, en los tubos de diámetro superior a 1.800 mm se podrá disponer una pequeña plataforma (o andén) que permita que sean visitables, así como un pequeño canal de sección semicircular que facilite el transporte de las aguas residuales en tiempo seco.

Tabla AI-5. Dimensione de los tubos de hormigón (UNE 127.916)

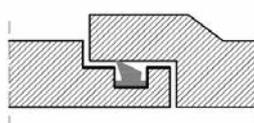
DN	Tolerancia en DN	Espesor mínimo (mm)	
		Serie B	Serie C
300	± 5	50	69
400	± 6	59	78
500	± 8	67	86
600	± 9	75	94
700	± 10	84	102
800	± 10	92	111
900	± 10	100	119
1.000	± 10	109	128
1.100	± 11	117	136
1.200	± 12	125	144
1.300	± 14	134	153
1.400	± 14	142	161
1.500	± 15	150	169
1.600	± 15	159	178
1.800	± 15	175	194
2.000	± 15	192	211
2.500	± 15	234	253
3.000	± 15	280	300

AI.2.1.6. Uniones

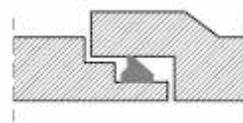
Los tubos de hormigón armado para instalaciones enterradas se unirán con juntas flexibles mediante anillo elastomérico, siendo posible las dos disposiciones siguientes, atendiendo a la terminación de sus extremos:

- Uniones con macho escalonado
- Uniones con macho acanalado

Esquema AI-6. Tipo de disposiciones de unión con junta flexible



Unión con macho acanalado



Unión con macho escalonado

Las uniones deberán garantizar unas desviaciones angulares máximas indicadas en la *Tabla AI-7*, según (UNE-EN 1.916:2003).

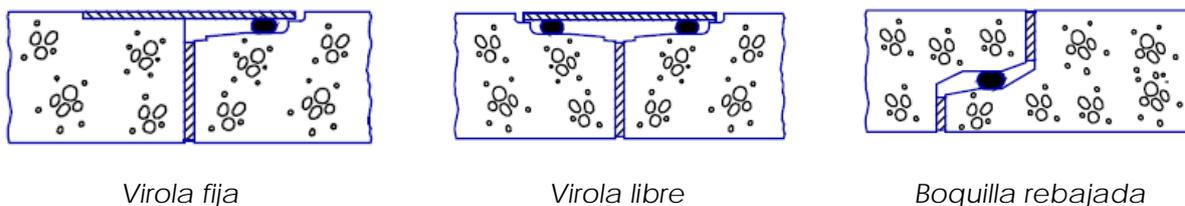
Tabla AI-7. Deflexión angular máxima según (UNE-EN 1.916)

	Deflexión angular máxima (mm/m)	Deflexión angular máxima (°)
DN > 250	$\frac{12.500}{DN \text{ (mm)}}$	$\text{Arctan} \frac{12.500}{DN \text{ (mm)}}$

Las juntas elastoméricas deberán cumplir lo especificado para las mismas en el apartado 2.3.

Los tubos de hormigón que se instalen mediante hincas irán dispuestos con uniones rígidas, admitiendo distintos diseños (ver *Figura AI-8*), debiendo ser tales que, en cualquier caso, los frentes de los tubos queden siempre planos. En concreto, son admisibles las siguientes posibilidades, conforme se detalla en la figura adjunta:

Figura AI-8. Uniones en tubos de hormigón para hincas



En los dos primeros casos, las virolas deberán ser de acero inoxidable conforme a lo indicado en la norma UNE 10.025:1994.

AI.2.1.7. Identificación

Todos los tubos de DN igual o superior a 300 mm deberán marcarse con las siguientes informaciones; en los tubos de DN inferior a 300 mm bastará con marcar el 5% del total.

- a) Nombre del suministrador, fabricante o razón social
- b) Fecha de fabricación
- c) Diámetro nominal
- d) Clase de resistencia (C-60, C-90, C-135, C-180 ó C-I, C-II, C-III, C-IV y C-V)
- e) Referencia a las normas UNE-EN 1916 y UNE 127.916
- f) Siglas HA indicativa de que el tubo es de hormigón armado

- g) Marca de calidad de producto, en su caso
- h) Empuje máximo de hincado, si fuera el caso.

Adicionalmente, en los tubos que no tengan la armadura circular uniformemente distribuida, deberá marcarse, de forma clara, la generatriz del tubo que deba quedar situada en la parte superior después del montaje.

AI.2.2. Tubos de PVC-U de pared estructurada (pared corrugada)

AI.2.2.1. Generalidades. Campo de aplicación

Los tubos de PVC-U corrugado están fabricados a partir de un material termoplástico cuya pared no es maciza sino que tiene determinados aligeramientos, al objeto de optimizar la materia prima empelada en su fabricación.

Estos tubos objeto del presente apartado sólo podrán emplearse en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre, debiendo cumplir, en general, con lo especificado para los mismos la norma UNE-EN 13.476.

El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el apartado 2.2.1.

AI.2.2.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado 1.6, en los tubos de PVC-U corrugados serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- *Diámetro nominal (DN)*. La designación genérica DN se refiere al diámetro exterior (OD)
- *Rigidez circunferencial específica (S_c)*. Característica mecánica del tubo que representa su rigidez a flexión transversal por unidad de longitud del mismo a corto (S₀) o a largo plazo (S₅₀). Se define mediante la expresión:

$$S_c = \frac{EI}{D_m^3}$$

Donde:

S_c: Rigidez circunferencial específica, en N/mm²

E: Módulo de elasticidad a flexión circunferencial, en N/mm²

- I: Momento de inercia de la pared del tubo por unidad de longitud ($I = e^3/12$, en mm^3)
- E: Espesor nominal de la pared del tubo, en mm
- EI: Factor de rigidez transversal, en N x mm
- Dm: Diámetro medio teórico del tubo ($Dm=DN-e$), en mm
- Rigidez nominal, (SN). Valor que coincide aproximadamente con la rigidez circunferencial específica a corto plazo (S_0), expresada en kN/m^2 .

AI.2.2.3. Clasificación

Los tubos de PVC-U corrugados se clasifican por su diámetro nominal (DN) y por su rigidez nominal (SN). Los valores normalizados de ambos parámetros serán los siguientes (UNE-EN 13.476-1):

DN < 500	SN 4, SN 8, SN 16
DN > 500	SN 2, SN 4, SN 8, SN 16

AI.2.2.4. Características técnicas

Las características técnicas más importantes de los tubos de PVC-U corrugados están resumidas en la tabla adjunta.

Tabla AI-9. Características técnicas tubos de PVC-U corrugados

Módulo de elasticidad, E (Mpa)	> 3.200
Densidad media (kg/m^3)	1.400
Coefficiente medio de dilatación térmica lineal (K^{-1})	8×10^{-5}
Conductividad térmica ($WK^{-1}m^{-1}$)	0,16
Resistencia de superficie (Ohmios)	> 10^{12}
Coefficiente de Poisson	0,40

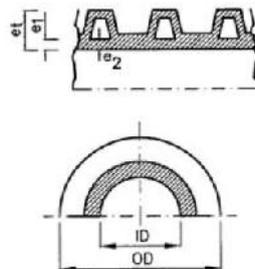
AI.2.2.5. Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PVC-U corrugados serán las que se indican en la *Tabla AI-10*.

En la *Tabla AI-10* únicamente están normalizados los valores mínimos de los espesores nominales (e_1). El espesor total del tubo (e_t) no deberá ser inferior a los de las series S 20 del equivalente de pared maciza, (ver *Tabla AI-30*).

Tabla AI-10. Dimensiones de los tubos de PVC-U corrugado

DN/OD	Diámetro (mm)		Espesor mínimo (mm)
	ID _{min}	OD _{máx}	e ₁
110	97	111,0	1,0
125	107	126,2	1,1
160	135	161,5	1,2
200	172	201,8	1,4
250	216	252,3	1,7
315	270	317,9	1,9
400	340	403,6	2,3
500	432	504,5	2,8
630	540	635,7	3,3
800	680	807,2	4,1
1.000	864	1.009,0	5,0
1.200	1.037	1.210,0	5,0



AI.2.2.6. Uniones

Los tubos de PVC-U corrugados suelen ir provistos habitualmente con uniones flexibles con anillo elastomérico, el cual admite ser colocado bien en el enchufe o bien en el extremo liso.

AI.2.2.7. Identificación

Todos los tubos deben ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo, a intervalos de dos metros como máximo, con al menos una identificación por cada tubo:

- a) Nombre del suministrador, fabricante o nombre comercial
- b) Material constitutivo del tubo
- c) Fecha de fabricación
- d) Diámetro nominal, DN (e indicación si se refiere al diámetro interior DN/ID o al exterior DN/OD)
- e) Rigidez nominal SN
- f) Marca de calidad de producto, en su caso

AI.2.3. Tubos de fundición dúctil

AI.2.3.1. Generalidades. Campo de aplicación

Los tubos de fundición dúctil objeto del presente apartado se emplearán preferentemente en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior, debiendo cumplir, en general, con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 598:1996.

El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el apartado 2.2.1.

AI.2.3.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado 1.6, en los tubos de fundición serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- *Diámetro nominal (DN)*. En los tubos de fundición la designación genérica DN se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID)
- *Ovalación*. Se calcula en % mediante la siguiente expresión (UNE-EN 598):

$$100 \frac{D_{m\acute{a}x} - D_{m\acute{i}n}}{D_{m\acute{a}x} + D_{m\acute{i}n}}$$

Donde $D_{m\acute{a}x}$ y $D_{m\acute{i}n}$ son los diámetros exteriores mayor y menor de la sección del tubo.

AI.2.3.3. Clasificación

Los tubos de fundición dúctil para redes de saneamiento se clasifican exclusivamente por su diámetro nominal (DN), estando normalizado un único valor posible de espesor de la pared del tubo para cada DN. Los valores normalizados del DN para conducciones a instalar en redes nuevas del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, serán los indicados en el apartado AI.2.3.5.

AI.2.3.4. Características técnicas

Las características mecánicas de la fundición dúctil empleada en los tubos deberán cumplir con lo especificado en la *Tabla AI-11*. Para la densidad del material se adopta, en general, el valor de 7.050 kg/m^3 y para el módulo de elasticidad, $1,7 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$.

Los tubos deberán identificarse exteriormente por los colores: pardo, rojo o gris. En ningún caso se admitirá el color azul.

Tabla AI-11. Características mecánicas de la fundición dúctil para tubos y piezas especiales

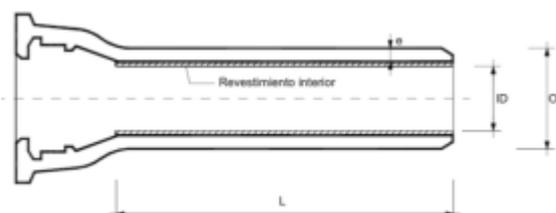
Tipo de pieza	Resistencia mínima a la tracción, R_m (N/mm ²)	Alargamiento mínimo en rotura, A_{min} (%)		Dureza Brinell Máxima, HB
		DN \leq 1000	DN > 1000	
Tubos centrifugados	420	10	7	230
Tubos no centrifugados	420	5	5	230
Piezas especiales	420	5	5	250

AI.2.3.5. Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de fundición con junta flexible serán las indicadas en la Tabla AI-12. Si, excepcionalmente, se dispusieran tubos unidos con bridas, sus dimensiones serán las especificadas en la norma UNE-EN 545:2002.

Tabla AI-12. Dimensiones de los tubos de fundición dúctil (UNE EN 598)

DN	OD	Espesor (mm)	Longitud (m)
80	98	4,8	5 – 5,5 – 6
100	118	4,8	5 – 5,5 – 6
150	170	4,8	5 – 5,5 – 6
200	222	4,9	5 – 5,5 – 6
250	274	5,3	5 – 5,5 – 6
300	326	5,6	5 – 5,5 – 6
350	378	6,0	5 – 5,5 – 6
400	429	6,3	5 – 5,5 – 6
450	480	6,7	5 – 5,5 – 6
500	532	7,0	5 – 5,5 – 6
600	635	7,7	5 – 5,5 – 6
700	738	9,6	5,5 – 6 – 7
800	842	10,4	5,5 – 6 – 7
900	945	11,2	6 – 7 – 8,15
1.000	1.048	12,0	6 – 7 – 8,15



AI.2.3.6. Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de fundición podrán ser alguno de los que se indican a continuación (ver Figura AI-13), los cuales deberán ser conformes con lo especificado para los

mismos en la norma UNE-EN 598:1996. En particular, la desviación angular admisible no habrá de ser inferior a los valores indicados en la *Tabla AI-14*.

- Unión flexible de enchufe y extremo liso
- Unión flexible acerrojada resistente a las tracciones
- Unión flexible mecánica
- Unión rígida con bridas

Figura AI-13. Tipos de uniones en tubos de función

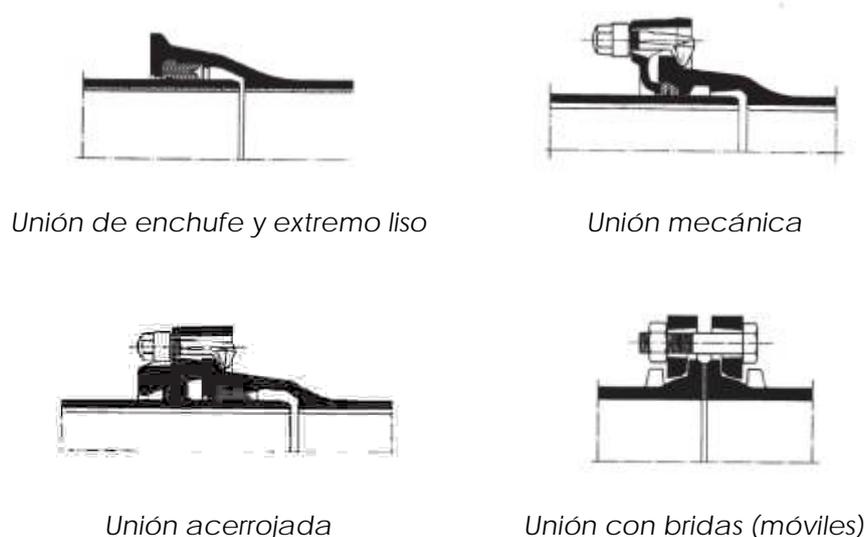


Tabla AI-14. Valores mínimos desviación angular admisible en las uniones flexibles (UNE-EN 598)

DN	Tipo de unión	
	Sin acerrojar	Acerrojadas
DN < 300	3° 30'	1° 45'
350 < DN < 600	2° 30'	1° 15'
700 < DN < 2.000	1° 30'	45'

AI.2.3.7. Revestimiento de la tubería

Todos los tubos se protegerán contra la corrosión mediante revestimientos adecuados, los cuales recubrirán uniformemente la totalidad de los contornos de los tubos, constituyendo superficies lisas y regulares, exentos de defectos tales como cavidades o burbujas. Habrán de estar bien adheridos a la fundición, no descascarillándose, ni exfoliándose, y secando en un tiempo rápido. Los revestimientos se aplicarán siempre en fábrica, excepto la manga de polietileno que se colocará en la propia obra.

Salvo indicación en contra, todos los tubos deberán suministrarse con las siguientes protecciones:

- Un recubrimiento exterior de cinc con capa de acabado
- Un recubrimiento interior de mortero de cemento aluminoso
- Un recubrimiento a base de epoxy sobre las superficies de los extremos en contacto con el efluente

Excepcionalmente, y si así lo acepta la Dirección de Obra, podrán ser admisibles también los siguientes recubrimientos conforme a lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 598:

Tabla AI-15. Tipos de revestimiento en los tubos de fundición dúctil

Recubrimientos exteriores	Recubrimientos interiores
Cinc con capa bituminosa de acabado	Poliuretano
Pintura rica en cinc con capa de acabado	Mortero de cemento aluminoso de alto horno
Cinc reforzado con capa de acabado	Pintura bituminosa
Cinc-Aluminio (85/15) con capa de acabado	Polietileno
Polietileno extruido	Resina epoxy
Polipropileno extruido	
Manga de polietileno	
Mortero de cemento reforzado con fibras	
Bandas adhesivas	
Poliuretano	

AI.2.3.8. Identificación

Todos los tubos y piezas especiales deben ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo:

- a) Nombre o marca del fabricante
- b) Fecha de fabricación (año)
- c) Especificaciones de que la pieza es de fundición dúctil
- d) Diámetro nominal (DN)
- e) Presión nominal (PN), en el caso de la existencia de bridas
- f) Marca de calidad de producto y/o Organismo de certificación, en su caso
- g) Referencia a la norma UNE-EN 598

Las cinco primeras identificaciones deben ser realizadas en el molde de fundición o irán punzadas en frío, pudiéndose aceptar que las otras demás marcas sean ejecutadas con pintura, siempre que quede garantizada su durabilidad, o que vayan adheridas al embalaje.

AI.2.4. Tubos de PVC-O

AI.2.4.1. Generalidades. Campo de aplicación

Los tubos de PVC-O objeto del presente apartado sólo podrán emplearse en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior, debiendo cumplir, en general, con lo especificado para los mismos en la norma ISO 16.422 "Tubos y uniones de poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducciones de agua a presión. Especificaciones".

El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el apartado 2.2.1.

AI.2.4.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado 1.6, en los tubos de PVC-O serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- *Diámetro nominal (DN)*. En los tubos de PVC-O la designación genérica DN se refiere al diámetro exterior (OD)
- *Relación de dimensiones estándar (SDR)*. Relación entre el diámetro nominal (DN) y el espesor nominal (e) del tubo

$$SDR = \frac{DN}{e}$$

- *Serie (S)*. Relación entre el radio medio teórico (r_m) y el espesor nominal (e) del tubo.

$$S = \frac{r_m}{e} \quad r_m = \frac{DN - e}{2}$$

Ambos ratios, SDR y S, se relacionan según la expresión siguiente:

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

- Rigidez circunferencial específica (S_c). Característica mecánica del tubo que representa su rigidez a flexión transversal por unidad de longitud del mismo a corto (S_0) o a largo plazo (S_{50}). Se define mediante la expresión:

$$S_c = \frac{EI}{D_m^3}$$

Donde:

- S_c : Rigidez circunferencial específica, en N/mm²
- E : Módulo de elasticidad a flexión circunferencial, en N/mm²
- I : Momento de inercia de la pared del tubo por unidad de longitud ($I = e^3/12$, en mm³)
- e : Espesor nominal de la pared del tubo, en mm
- EI : Factor de rigidez transversal, en N x mm
- D_m : Diámetro medio teórico del tubo ($D_m = DN - e$), en mm

Por la propia definición de S_c , ésta se relaciona con el parámetro S mediante la expresión:

$$S_c = \frac{E}{96 \cdot S^3}$$

- *Rigidez nominal (SN)*. Valor que coincide aproximadamente con la rigidez circunferencial específica a corto plazo (S_0), expresada en kN/m².
- *Presión nominal (PN)*. Valor que coincide con DP en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 25°C. Para otras temperaturas del agua la PN deberá corregirse por un factor de corrección, F_c (ver *Tabla AI-19*).
- *Límite inferior de confianza (LCL)*. Cantidad, expresada en MPa, que puede considerarse como una propiedad de un material, y que representa el límite inferior de confianza al 97,5% de la resistencia hidrostática a largo plazo prevista para el agua a 20°C durante 50 años.
- *Tensión Mínima Requerida (MRS)*. Valor del límite inferior de confianza (LCL) aproximado por defecto al número más próximo de una serie de números normalizados (Serie R20 de los números de Renard), según lo indicado en la *Tabla AI-16*.

Tabla AI-16. Tensión mínima requerida. Valores de aplicación de Series de Números de Renard

Serie R20 de los números de Renard
1 - 1,12 - 1,25 - 1,4 - 1,6 - 1,8 - 2 - 2,24 - 2,5 - 2,8
3,15 - 3,55 - 4 - 4,5 - 5 - 5,60 - 6,3 - 7,1 - 8 - 9 - 10 - 11,2 - 12 - 14 - 16 - 18 - 20
22,4 - 25 - 28 - 32 - 35,5 - 40 - 44 - 50 - 56 - 63 - 71 - 80 - 90 - 100

- Tensión de diseño (σ_s). Tensión a tracción admisible del material. Se determina dividiendo la Tensión Mínima Requerida (MRS) por un coeficiente de seguridad (C) denominado "coeficiente de diseño", el cual deberá ser seleccionado de entre alguno de los siguientes (serie R20 de los Números de Renard):

1,12 – 1,25 – 1,40 – 1,60 – 1,80 – 2,00 – 2,24 – 2,50 – 2,80

$$\sigma_s = \frac{MRS}{C}$$

Los parámetros anteriores se relacionan mediante las siguientes expresiones:

$$PN = \frac{2 \cdot e \cdot \sigma_s}{DN} = \frac{\sigma_s}{S}$$

En relación con la PN, si la temperatura del agua transportada es superior a 20°C, habría que aplicar un factor de corrección a la PN del tubo (un 2% por cada °C que exceda de 20). Los valores normalizados de PN y su relación con PFA son como se indica en la Tabla AI-17.

Tabla AI-17. PFA en función de PN en los tubos de PVC-O, a 25°C (prISO 16422-4:2000)

PN	PFA (N/mm ²)
10	1,00
12,5	1,25
16	1,60
20	2,00
25	2,50
32	3,20

AI.2.4.3. Clasificación

Los tubos de PVC-O de pared compacta se clasifican por su MRS, DN y PN. Los valores normalizados de MRS figuran en el apartado AI.2.4.4, los de PN en el apartado AI.2.4.2 y los de DN en el apartado AI.2.4.5.

AI.2.4.4. Características técnicas

Las principales características técnicas de los tubos de PVC-O, son las que se indican en la Tabla AI-18.

Tabla AI-18. Características técnicas de la materia prima y de los tubos de PVC-O.

Propiedad	Uds	PVC-O MRS 500
Tensión Mínima Requerida, MRS	Mpa	50,0
Densidad (aproximada)	gr/cm ³	1,42
Límite elástico mínimo	N/mm ²	48
Módulo elasticidad tangencial	N/mm ²	3500
Módulo de elasticidad axial	N/mm ²	3000
Calor específico	Cal/gr °C	0,25
Resistividad transversal a 20 °C	Ohm/cm	10 ¹⁴
Coefic. dilatación térmica lineal	mm/m °C	0,05
Conductividad térmica	kcal/m °C	0,13
Rugosidad hidráulica	K (mm)	0,003
	n (Manning)	0,008
	C (H. Will.)	150

Los valores mínimos admisibles para el MRS serán 50 N/mm²

Los valores de la PFA de los tubos serán los que se indican en la Tabla AI-19 en función de la PN de la conducción, para la temperatura de 25°C. Para otras temperaturas, la PFA será la resultante de multiplicar la PN por el factor de corrección F_c (PFA = PN x F_c).

Tabla AI-19. PFA en función de PN en tubos PVC-O, a 25°C y F_c de PN para T>20°C (ISO 16422)

PN	PFA (N/mm ²)
10,0	1,00
12,5	1,25
16,0	1,60
20,0	2,00
25,0	2,50
32,0	3,20

AI.2.4.5. Dimensiones

Las dimensiones normalizadas en UNE-ISO 16.422 de los tubos de PVC-O para transporte de agua son las que se indican en la *Tabla AI-20*.

No hay accesorios en PVC-O, de manera que las piezas especiales necesarias en este tipo de conducciones (codos, "tes", derivaciones, etc.) suelen ser de fundición dúctil.

Las longitudes de los tubos, por su parte, deben de ser 6, 10 ó 12 metros (longitud sin la copa del tubo), si bien lo más frecuente es fabricarlos en tramos de 6 metros.

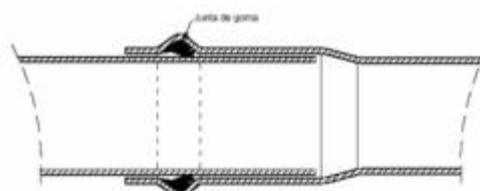
Tabla AI-20. Dimensiones de los tubos de PVC-O (ISO 16422)

MRS 500					
PN (para C = 1,4)		12,5	16	20	25
S		28	22,4	18	14
SDR		57	45,8	37	29
DN	90	1,6	2,0	2,5	3,1
	110	2,0	2,5	3,1	3,8
	160	2,8	3,5	4,4	5,5
	200	3,5	4,4	5,5	6,9
	250	4,4	5,5	6,9	8,6
	315	5,5	6,9	8,7	10,8
	400	7,0	8,8	11,0	13,7
	450	7,9	9,9	12,4	15,4
	500	8,8	11,0	13,7	17,1
630	11,0	13,8	17,3	21,6	

AI.2.4.6. Uniones

Las tuberías de PVC-O de pared compacta se unen habitualmente mediante uniones elásticas con anillo elastomérico (o de "enchufe y campana", ver, a título orientativo, la figura adjunta). No deberán admitirse nunca en este tipo de tubos uniones simplemente encoladas.

Figura AI-21. Detalle de unión elástica con anillo elastomérico en tubos de PVC-O



AI.2.4.7. Identificación

Todos los tubos deben ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo:

- a) Nombre del suministrador, fabricante o nombre comercial
- b) Fecha de fabricación (mes y año)
- c) Tipo de material
- d) Diámetro nominal, DN
- e) Presión nominal, PN
- f) Espesor nominal, e
- g) Referencia a la norma correspondiente en cada aplicación

AI.2.5. Tubos de PRFV

AI.2.5.1. Generalidades. Campo de aplicación

Los tubos de PRFV están compuestos por resina de poliéster no saturado, fibra de vidrio y, en su caso, capas estructurales o cargas inertes como la arena o sílice.

Podrán emplearse en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre.

Respecto a la normativa aplicable, los tubos de PRFV empleados en redes de saneamiento deberán cumplir, con carácter general, con lo especificado por la norma UNE-EN 14.364 "Tuberías de PRFV. Drenaje y saneamiento con y sin presión".

El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el apartado 2.2.1.

AI.2.5.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado 1.6, en los tubos de PRFV serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- *Diámetro nominal (DN)*. En los tubos de PRFV la designación genérica DN se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID). Si bien estos tubos presentan la singularidad de ser fabricados bajo dos series: la serie A y la B. Los de la serie A el

DN se refiere al diámetro interior (ID) y los de la serie B el DN se refiere al exterior (OD).

Para la serie B, además, existen cuatro subseries: B1, B2, B3 y B4. La primera es una serie genérica para tubos de PRFV, mientras que las series B2, B3 y B4 tienen unas dimensiones tales que los tubos fabricados bajo dichas series sean compatibles, respectivamente, con accesorios de fundición (según ISO 2.531), de PVC (según ISO 161-1) o de acero (según ISO 4.200).

- *Rigidez circunferencial específica* (S_c). Característica mecánica del tubo que representa su rigidez a flexión transversal por unidad de longitud del mismo a corto o a largo plazo. Se define mediante la expresión:

$$S_c = \frac{EI}{D_m^3}$$

Donde:

SC: Rigidez circunferencial específica, en N/mm²

E: Módulo de elasticidad a flexión circunferencial, en N/mm²

I: Momento de inercia de la pared del tubo por unidad de longitud ($I = e^3/12$, en mm³)

e: Espesor nominal de la pared del tubo, en mm

El: Factor de rigidez transversal, en N x mm

D_m: Diámetro medio teórico del tubo ($D_m = DN + e$ ó $OD - e$, según la serie A o B), en mm

- *Rigidez nominal* (SN). Es la rigidez circunferencial específica a corto plazo (S_0), expresada en N/m². Los valores normalizados para SN en UNE-EN 14.364 son los siguientes:

2.000 – 2.500 – 4.000 – 5.000 – 8.000 – 10.000

Los valores autorizados por el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* para SN son 5.000, 8.000 y 10.000 N/m²

AI.2.5.3. Clasificación

Los parámetros de clasificación de los tubos de PRFV conforme la normativa anterior para aplicaciones por gravedad son los dos siguientes: diámetro nominal DN y rigidez nominal SN.

Como se ha expresado el campo de aplicación de los tubos de PRFV será en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre, debiendo ser como mínimo de PN 1.

AI.2.5.4. Características técnicas

Las características físicas de los tubos de PRFV a corto plazo deben ser, como mínimo, las indicadas en la *Tabla AI-22*.

Tabla AI-22. Características físicas de los tubos de PRFV a corto plazo (UNE-EN 14.364)

	Valor
Densidad	> 1,80 kg/dm ³
Contenido en fibra de vidrio	> 10% en peso
	> 80% del valor correspondiente a la resina utilizada
Dureza Barcol	Incremento de dureza inferior al 15% del valor inicial

Los tubos de PRFV deberán cumplir, además, con las siguientes características mecánicas:

- La rigidez a corto plazo (S_0) deberá ser al menos el valor de la SN, mientras que la rigidez a los 50 años del tubo (S_{50}) deberá ser declarada por el fabricante.
- La resistencia a la tracción de la parte estructural del tubo, tanto a corto como a largo plazo ($\sigma_{r,0}$ y $\sigma_{r,50}$, respectivamente) también deberá ser declarada oportunamente por el fabricante.

AI.2.5.5. Dimensiones

En la *Tabla AI-23* se indican las dimensiones normalizadas de los tubos de PRFV (UNE-EN 14.364). Sobre los valores de dicha tabla hay que hacer las siguientes consideraciones:

- a) En los tubos fabricados bajo la serie A, el fabricante deberá declarar el valor del ID, el cual debe estar comprendido entre los valores indicados en la tabla.
- b) En ocasiones, y en casos especiales, es posible construir estos tubos en diámetro mayores.
- c) Las longitudes son de 6 ó 12 metros, si bien pueden fabricarse tubos en otras longitudes de las normalizadas.

Tabla AI-23. Dimensiones de los tubos de PRFV con embocadura o lisos (UNE-EN 14.364)

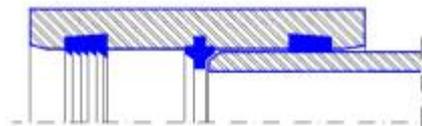
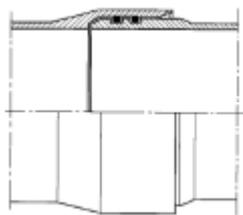
DN	Diámetros (mm)						Longitudes (m)
	Serie A		Serie B1	Serie B2	Serie B3	Serie B4	
	ID _{mín}	ID _{máx}	OD	OD	OD	OD	
400	396	408	412	426,6	400		3-5-6-10-12-18
450	446	459	463	477,6	450		3-5-6-10-12-18
500	496	510	514	529,5	500		3-5-6-10-12-18
600	595	612	616	632,5	630		3-5-6-10-12-18
700	695	714	718				3-5-6-10-12-18
800	795	816	820				3-5-6-10-12-18
900	895	918	900				3-5-6-10-12-18
1.000	995	1.020					3-5-6-10-12-18
1.200	1.195	1.220					3-5-6-10-12-18
1.400	1.395	1.420					3-5-6-10-12-18
1.600	1.595	1.620					3-5-6-10-12-18
1.800	1.795	1.820					3-5-6-10-12-18
2.000	1.995	2.020					3-5-6-10-12-18

AI.2.5.6. Uniones

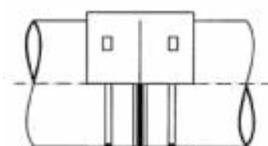
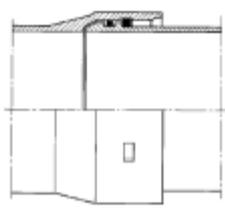
Los sistemas de unión de los tubos de PRFV podrán ser alguno de los siguientes:

- a) Uniones rígidas
 - Con bridas (fijas o móviles)
 - Encoladas (o pegadas)
 - Vendadas a tope (o laminadas)
- b) Uniones flexibles
 - Con enchufe y extremo liso con anillo elastomérico (en ocasiones es un doble anillo)
 - Con manguitos y elemento de estanquidad (también doble anillo)
 - Autotrabada, cuando se prevean esfuerzos de tracción

Figura AI-24. Ejemplos de uniones en tubos de PRFV



Unión enchufe campana con anillo elastomérico Unión mediante manguito con anillo elastomérico



Unión enchufe campana autotrabada Unión con manguito autotrabada

Cuando las uniones sean flexibles la desviación angular admisible no deberá ser inferior a los valores indicados en la *Tabla AI-25*. El movimiento axial será inferior al 0,3% de la longitud de los tubos a unir.

Tabla AI-25. Desviaciones angulares mínimas de las uniones flexibles (UNE-EN 14.364)

DN	Desviación angular mínima
DN ≤ 500	3 ^a
500 < DN ≤ 900	2 ^a
900 < DN ≤ 1.800	1 ^a
DN > 1.800	0,5 ^a

AI.2.5.7. Identificación

Todos los tubos deben ir marcados en fábrica con al menos las siguientes indicaciones:

- a) Nombre del suministrador, fabricante o razón comercial
- b) Referencia de la norma UNE-EN 14.364
- c) Fecha de fabricación (mes y año)
- d) Diámetro nominal, DN

- e) Serie de diámetros (A B1, B2, B3 o B4)
- f) Presión nominal (PN), en su caso
- g) Rigidez nominal (SN)
- h) Marca de calidad del producto, en su caso

AI.2.6. Tubos de poli (cloruro de vinilo) – (PVC-U) de pared compacta

AI.2.6.1. Generalidades. Campo de aplicación

Se componen de una resina de poli (cloruro de vinilo) no plastificado.

Los tubos de PVC-U de pared compacta objeto del presente apartado solo podrán emplearse en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento sea en lámina libre.

Respecto a la normativa aplicable, los tubos y piezas de PVC-U empelados en las redes de saneamiento deberán cumplir, con lo especificado en por la norma UNE-EN 1.401 "Sistema de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)".

El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el apartado 2.2.1.

AI.2.6.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado 1.6, en los tubos de PVC-U son de aplicación las siguientes:

- *Diámetro nominal (DN)*. En los tubos de PVC-U la designación genérica DN se refiere al diámetro exterior (OD).

Para un mismo valor del DN los tubos admiten ser fabricados con distintos espesores, de manera que para una capacidad hidráulica aproximada la resistencia mecánica del tubo sea variable.

Dichas variaciones de espesor (para un valor fijo del DN) se obtienen modificando el diámetro interior (ID), manteniendo fijo el exterior (OD).

- *Ovalación*. En los tubos de PVC-U, es la diferencia entre el OD máximo y mínimo en una misma sección recta del tubo.
- *Relación de dimensiones estándar (SDR)*. Relación entre el diámetro nominal (DN) y el espesor nominal (e) del tubo

$$SDR = \frac{DN}{e}$$

- Serie (S). Relación entre el radio medio teórico (r_m) y el espesor nominal (e) del tubo.

$$S = \frac{r_m}{e} \qquad r_m = \frac{DN - e}{2}$$

Ambos ratios, SDR y S, se relacionan según la expresión siguiente:

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

- Rigidez circunferencial específica (S_c). Característica mecánica del tubo que representa su rigidez a flexión transversal por unidad de longitud del mismo a corto (S_0) o a largo plazo (S_{50}). Se define mediante la expresión:

$$S_c = \frac{EI}{D_m^3}$$

Donde:

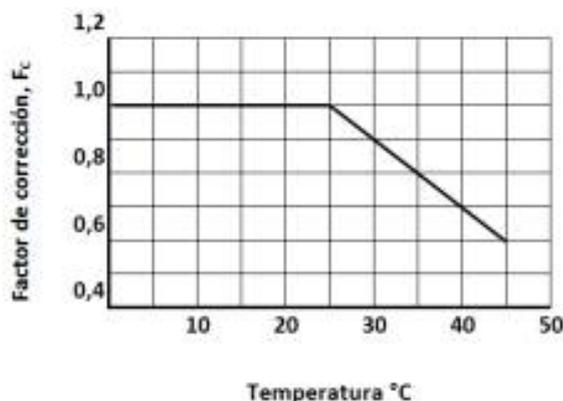
- SC: Rigidez circunferencial específica, en N/mm²
- E: Módulo de elasticidad a flexión circunferencial, en N/mm²
- I: Momento de inercia de la pared del tubo por unidad de longitud ($I = e^3/12$, en mm³)
- e: Espesor nominal de la pared del tubo, en mm
- El: Factor de rigidez transversal, en N x mm
- D_m: Diámetro medio teórico del tubo ($D_m=DN-e$), en mm

Por la propia definición de S_c , ésta se relaciona con el parámetro S mediante la expresión:

$$S_c = \frac{E}{96 \cdot S^3}$$

- Rigidez nominal (SN). Valor que coincide aproximadamente con la rigidez circunferencial específica a corto plazo (S_0), expresada en kN/m².
- Presión nominal (PN). Valor que coincide con DP en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 25°C. Para otras temperaturas del agua la PN será la resultante de dividir por el factor de corrección F_c , indicado en la Figura A1-26, la DP ($PFA=PN \times F_c$).

Figura AI-26. Tubos de PVC-U. Factor de corrección de PN por la Tª (UNE-EN 1.456-1)



En los tubos de PVC-U, los valores normalizados en UNE-EN 1.456-1 para las PN y su relación con las presiones hidráulicas (a 25°C) son como se muestra en la Tabla AI-27.

Tabla AI-27. PFA y PEA en función de PN en tubos de PVC-U, a 25°C (UNE-EN 1.456-1)

		PFA (N/mm ²)	PMA (N/mm ²)
PN	6,0	0,60	0,90
	7,5	0,75	1,13
	8,0	0,80	1,20
	10,0	1,00	1,50
	12,5	1,25	1,75
	16,0	1,60	2,10

- *Límite inferior de confianza (LCL)*. Cantidad, expresada en MPa, que puede considerarse como una propiedad de un material, y que representa el límite inferior de confianza al 97,5% de la resistencia hidrostática a largo plazo prevista para el agua a 20°C durante 50 años.
- *Tensión Mínima Requerida (MRS)*. Valor del límite inferior de confianza (LCL) aproximado por defecto al número más próximo de una serie de números normalizados (Serie R20 de los números de Renard), según lo indicado en la Tabla AI-16.
- *Tensión de diseño (σ_s)*. Tensión a tracción admisible del material. Se determina dividiendo la Tensión Mínima Requerida (MRS) por un coeficiente de seguridad (C) denominado "coeficiente de diseño", el cual deberá ser seleccionado de entre alguno de los siguientes (serie R20 de los Números de Renard):

1,12 – 1,25 – 1,40 – 1,60 – 1,80 – 2,00 – 2,24 – 2,50 – 2,80

$$\sigma_s = \frac{MRS}{C}$$

Los parámetros anteriores se relacionan mediante las siguientes expresiones:

$$PN = \frac{2 \cdot e \cdot \sigma_s}{DN} = \frac{\sigma_s}{S}$$

AI.2.6.3. Clasificación

Los tubos para saneamiento de PVC-U para funcionar en lámina libre se clasifican por su DN y su SN, o por su DN y la serie SDR.

En el caso genérico de utilizar el DN y la SN como parámetros de clasificación, las posibilidades de utilización de los tubos de PVC-U serían conforme a lo mostrado en la *Tabla AI-28*, en la que pueden verse los valores normalizados en UNE-EN 1.401-1, para DN, SN y SDR.

Tabla AI-28. Clasificación de los tubos de PVC-U para saneamiento en lámina libre

DN	SN 4	SN 8
	SDR 41	SDR 34,4
	(S 20)	(S 16,7)
200		
250		
315		
400		
500		
630		
800		
1.000		

AI.2.6.4. Características técnicas

Los materiales básicos que constituyen los tubos y piezas especiales de PVC-U son los siguientes:

- Resina de poli (cloruro de vinilo) técnicamente pura (menos del 1% de impurezas)
- Aditivos, tales como lubricantes, estabilizadores, colorantes o modificadores de las propiedades finales que mejoren la calidad del producto.

Las principales características técnicas de la materia prima constitutiva de los tubos de PVC-U, así como de los propios tubos una vez fabricados son las que se indican en la *Tabla AI-29*.

Tabla AI-29. Características técnicas de la materia prima y de los tubos de PVC-U

Características físicas de la materia prima	
Densidad	1,35 a 1,46 ($\approx 1,40$) gr/cm ³
MRS (tubos para aplicaciones con presión)	25 (N/mm ²)
Características mecánicas de la materia prima	
Módulo de elasticidad a corto plazo, E ₀	3.000 N/mm ²
Módulo de elasticidad a largo plazo, E ₅₀	1.750 N/mm ²
Límite elástico mínimo, L _{e,min}	42 N/mm ²
Límite de rotura	50 N/mm ² aproximado
Dureza Shore D a 20°C	70 a 85
Coefficiente de Poisson	0,35
Características térmicas de la materia prima	
Temperatura de reblandecimiento Vicat	74 a 80 °C
Coefficiente de dilatación lineal	0,8x10 ⁻⁴ m/m°C ⁻¹
Conductividad térmica	0,15 a 0,18 kcal/m.h.°C
Calor específico	0,20 a 0,28 cal/gr °C
Características eléctricas de la materia prima	
Rigidez dieléctrica	20 a 40 kV/mm
Constante dieléctrica	3,2 a 3,6 (a 60 Hz)
Resistividad transversal a 20°C	> 10 ¹⁶ Ohm/cm
Características físicas de los tubos	
Temperatura reblandecimiento Vicat	> 80 °C
Estabilidad dimensional	5 %
Color	Gris claro o marrón-naranja
Características mecánicas de los tubos	
Resistencia al impacto	< 10 %
Características químicas de los tubos	
Contenido en VCM	< 1 ppm

AI.2.6.5. Dimensiones

En la *Tabla AI-30* se resumen las principales dimensiones de los tubos de PVC-U (UNE-EN 1.401-1).

Se establece que para los tubos de PVC-U en aplicaciones en lámina libre la rigidez anular mínima a corto plazo debe ser 3,9 kN/m², por lo que los tubos deberían ser de la serie SN 4 como mínimo.

Tabla AI-30. Dimensiones de los tubos de PVC-U para saneamientos en lámina libre

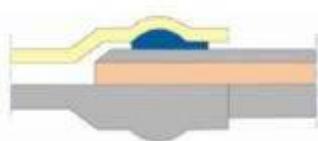
DN	Espesor (mm)	
	SN 4 SDR 41 S 20	SN 8 SDR 34,4 S 16,7
	200	4,9
250	6,2	7,3
315	7,7	9,2
400	9,8	11,7
500	12,3	14,6
630	15,4	18,4
800	19,6	
1.000	24,5	

AI.2.6.6. Uniones

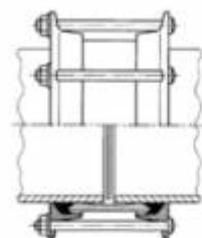
Entre los tipos de uniones existentes, los permitidos por el *Servicio Municipal de Aguas de Barbate* son los siguientes:

- Unión elástica con anillo elastomérico
- Unión mecánica (Gibault, etc.)

Figura AI-31. Uniones permitidas para los tubos de PVC-U



Unión elástica con anillo elastomérico



Unión mecánica (Gibault)

AI.2.6.7. Identificación

Todos los tubos deben ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo:

- Nombre del suministrador, fabricante o nombre comercial
- Fecha de fabricación (mes y año)

- c) Diámetro nominal, DN
- d) Rigidez nominal (funcionamiento en lámina libre) o presión nominal, PN (funcionamiento con presión hidráulica interior)
- e) Espesor nominal, e
- f) Referencia a la norma UNE-EN 1.456-1 (funcionamiento con presión hidráulica interior) o la UNE-EN 1.401-1 (funcionamiento en lámina libre)
- g) Marcado e calidad del producto

Estas indicaciones deben realizarse en intervalos no mayores de 1 m.

AI.2.7. Tubos de polietileno (PE) de pared compacta

AI.2.7.1. Generalidades. Campo de aplicación

Los tubos de PE de pared lisa objeto del presente apartado sólo podrán emplearse en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior, debiendo cumplir, en general, con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 13.244:2003, partes 1 a 5.

El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el apartado 2.2.1. Otra utilización muy frecuente de los tubos de PE de pared compacta es para emisarios submarinos en instalaciones subacuáticas.

AI.2.7.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado 1.6, en los tubos de PE de pared compacta serán de aplicación las definiciones específicas para los tubos de PVC-O incluidas en el apartado AI.2.4.2 (DN, serie S, SDR, PN, LCL, MRS, C y σ_s).

AI.2.7.3. Clasificación

Los tubos de PE de pared lisa se clasificarán por su diámetro nominal (DN), por su presión nominal (PN) y por la Tensión Mínima Requerida (MRS) del material.

Alternativamente a la presión nominal (PN), pueden emplearse como parámetros de clasificación la relación de dimensiones estándar (SDR) ó la serie (S), pues dichos parámetros están directamente relacionados unos con otros (ver apartado AI.2.7.2).

Los valores normalizados de estos parámetros para conducciones a instalar en redes nuevas del *Servicio Municipal de Aguas de Barbate*, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la *Tabla AI-32*. El rango de utilización de los tubos de PE indicado en la dicha figura es el correspondiente a un coeficiente de seguridad C de 1,25 que es el propuesto en UNE-EN 13.244:2003 por defecto (ver apartado AI.2.7.4)

Tabla AI-32. Clasificación de los tubos de PE de pared lisa

	MRS	PE 100							
		10,0 N/mm ²							
		PN	4	6,0	8,0	10,0	12,5	16	20
SDR	41	26	21	17	13,6	11	9	7,5	
S	20	12,5	10	8	6,3	5	4	3,2	
DN	90								
	110								
	160								
	200								
	250								
	315								
	400								
	450								
	500								
	630								

AI.2.7.4. Características técnicas

Los tubos de PE para emplear en redes de alcantarillado, una vez acabados, serán, en general, de color negro en su totalidad o con bandas marrones. En ningún caso se admitirá el color azul.

El módulo de elasticidad del material a corto plazo, E_0 , será, como mínimo, de 1.000 N/mm² y a largo plazo, E_{50} , de 150 N/mm².

La resistencia mínima a flexotracción a corto o a largo plazo será, respectivamente, 30 ó 14,4 N/mm². Los tubos deberán cumplir, además, con las siguientes características mecánicas de forma específica:

- a) Solo se podrán emplear tubos de PE de MRS 10 N/mm² (PE 100)
- b) El coeficiente de seguridad C recomendado en UNE-EN 13.244:2003 es 1,25.

- c) La tensión de diseño ($\sigma_s = MRS/C$) adoptará los valores de la *Tabla AI-33* según sea el C adoptado. Sombreados se marcan los valores habituales.
- d) Los valores de la PFA de los tubos serán los que se indican en la *Tabla AI-34* en función de la PN de la conducción, para la temperatura de 20°C. Para otras temperaturas, la PFA será la resultante de multiplicar la PN por el factor de corrección F_c ($PFA = PN \times F_c$)

Tabla AI-33. Características mecánicas del polietileno PE 100

LCL (N/mm ²)	10,00 a 11,19
MRS (N/mm ²)	10
C	σ_s (N/mm ²)
1,25	8,0
1,60	6,3
2,00	5,0
2,50	4,0
3,20	3,2

Tabla AI-34. PFA en función de PN en los tubos de PE, a 20°C y F_c de PN para $T > 20^\circ\text{C}$

PN	PFA (N/mm ²)
8,0	0,80
10,0	1,00
12,5	1,25
16,0	1,60
20,0	2,00
25,0	2,50

AI.2.7.5. Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PE serán las que se indican en la *Tabla AI-35*.

Tabla AI-35. Dimensiones de los tubos de PE para saneamientos bajo presión (UNE-EN 13.244)

PE 100	S	20	12,5	10	8	6,3	5	4	3,2
	SDR	41	26	21	17	13,6	11	9	7,5
	PN (C=1,25)	4	6,0	8,0	10,0	12,5	16	20	25
DN	Espesor nominal (mm)								
90			3,5	4,3	5,4	6,7	8,2	10,1	12,3
110			4,2	5,3	6,6	8,1	10,0	12,3	15,1
160			6,2	7,7	9,5	11,8	14,6	17,9	21,9
200			7,7	9,6	11,9	14,7	18,2	22,4	27,4
250			9,6	11,9	14,8	18,4	22,7	27,9	34,2
315	7,7	11,9	15,0	18,7	23,2	28,6	35,2	43,1	
400	9,8	15,1	19,1	23,7	29,4	36,4	44,7	54,7	
450	11,0	17,2	21,5	26,7	33,1	40,9	50,0	61,5	
500	12,3	19,1	23,9	29,7	36,8	45,4	55,8		
630	15,4	24,1	30,0	37,4	46,3	57,2			

AI.2.7.6. Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de PE podrán ser alguno de los siguientes:

- Unión soldada térmicamente a tope
- Unión por electrofusión
- Unión mediante accesorios mecánicos

AI.2.7.7. Identificación

Todos los tubos y piezas especiales deben ir marcados con, al menos, las siguientes identificaciones:

- a) Nombre del suministrador, fabricante o nombre comercial
- b) Fecha de fabricación (mes y año)
- c) Tipo de material
- d) Diámetro nominal, DN
- e) Presión nominal, (PN)
- f) Espesor nominal, e (no necesariamente en las piezas especiales)

- g) Referencia de la norma correspondiente en cada aplicación
- h) Marca de calidad del producto, en su caso

Estas indicaciones deben realizarse en intervalos no mayores de 1 m.

Anexo II. CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUAS PLUVIALES, MÉTODO RACIONAL

CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUAS PLUVIALES POR EL MÉTODO RACIONAL

Para la determinación del caudal de aguas pluviales QP de diseño de los colectores que componen las redes de saneamiento, para en proyectos pequeños (superficies urbanas menores de 200 ha, en las que la mayor distancia no excede de 1,5 a 2 km y con tiempos de concentración inferiores a 15 minutos, se puede utilizar el *Método Racional*, la cual, en su expresión más general, es la siguiente:

$$QP = K \cdot \frac{C_e \cdot I_t \cdot A}{3,6}$$

- QP: Caudal de aguas pluviales, en m³/s
- C_e: Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o de la superficie drenada.
- I_t: Intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo de tiempo de t horas, en mm/h
- A: Área de la cuenca o de la superficie drenada, en km²
- K: Coeficiente representativo del grado de uniformidad con que se reparte la escorrentía. Su valor depende del efecto de las puntas de precipitación, oscilando entre 1 (hipótesis ideal de reparto uniforme de la lluvia en el intervalo considerado) y 2 (hipótesis opuesta de concentración extrema de la escorrentía en un instante). En ausencia de información detallada al respecto, suele tomarse para el coeficiente K el valor de 1,2.

En relación con los valores a adoptar para la intensidad media de precipitación, I_t, y para el coeficiente de escorrentía, C_e, pueden seguirse los siguientes criterios:

- a) Intensidad media de precipitación, I_t

La intensidad media de precipitación, I_t será la asociada a una duración igual al tiempo de concentración considerado, para el cual se adoptará el siguiente valor:

$$T_c = t_e + t_r$$

- T_c: Tiempo de concentración, en horas. A falta de datos más precisos se tomará igual a 3 minutos.
- T_e: Tiempo de recorrido en los cauces naturales, en horas
- T_r: Tiempo de recorrido en las conducciones de la red, en horas

$$t_r = \frac{L}{3600 \cdot v}$$

- L: Longitud de las conducciones de la red, en m

v: Velocidad media de circulación del agua en la red, en m/s

En ausencia de datos específicos, en general se recomienda el empleo de la siguiente expresión para el cálculo del tiempo de recorrido en los cauces naturales:

$$t_e = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{J_e^{0,25}} \right)^{0,76}$$

Te: Tiempo de recorrido en los cauces naturales, en horas

L: Longitud del cauce principal, en km

Je: Pendiente media del cauce principal, en m/m

El cálculo de la intensidad media de precipitación I_t asociada a una duración t , se realizará a partir del valor de lluvia diaria real (P_d), según la siguiente ley intensidad-duración:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1-t^{0,1}}}{28^{0,1}-1}}$$

I_t : Intensidad media correspondiente al intervalo de duración t deseado, en mm/h

I_d : Intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo de tiempo de t horas, en mm/h

$$I_d = \frac{P_d}{24}$$

P_d : Precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno, en mm

I_1/I_d : Cociente entre la intensidad horaria y la diaria, que se obtiene del mapa de isolíneas de la Instrucción 5.2 - I.C. del MOPU (ver *Figura AII-1*)

t : Duración del intervalo al que se refiere I_t , en horas. El valor de t deberá ser igual al del tiempo de concentración, T_c

Figura AII-1. Mapa de isolíneas I1/Id



La precipitación total diaria P_d se determinará conforme a los criterios indicados en el mapa de "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" del Ministerio de Fomento (1999), según el cual la precipitación máxima en 24 horas asociada a un periodo de retorno T se calcula según la siguiente expresión:

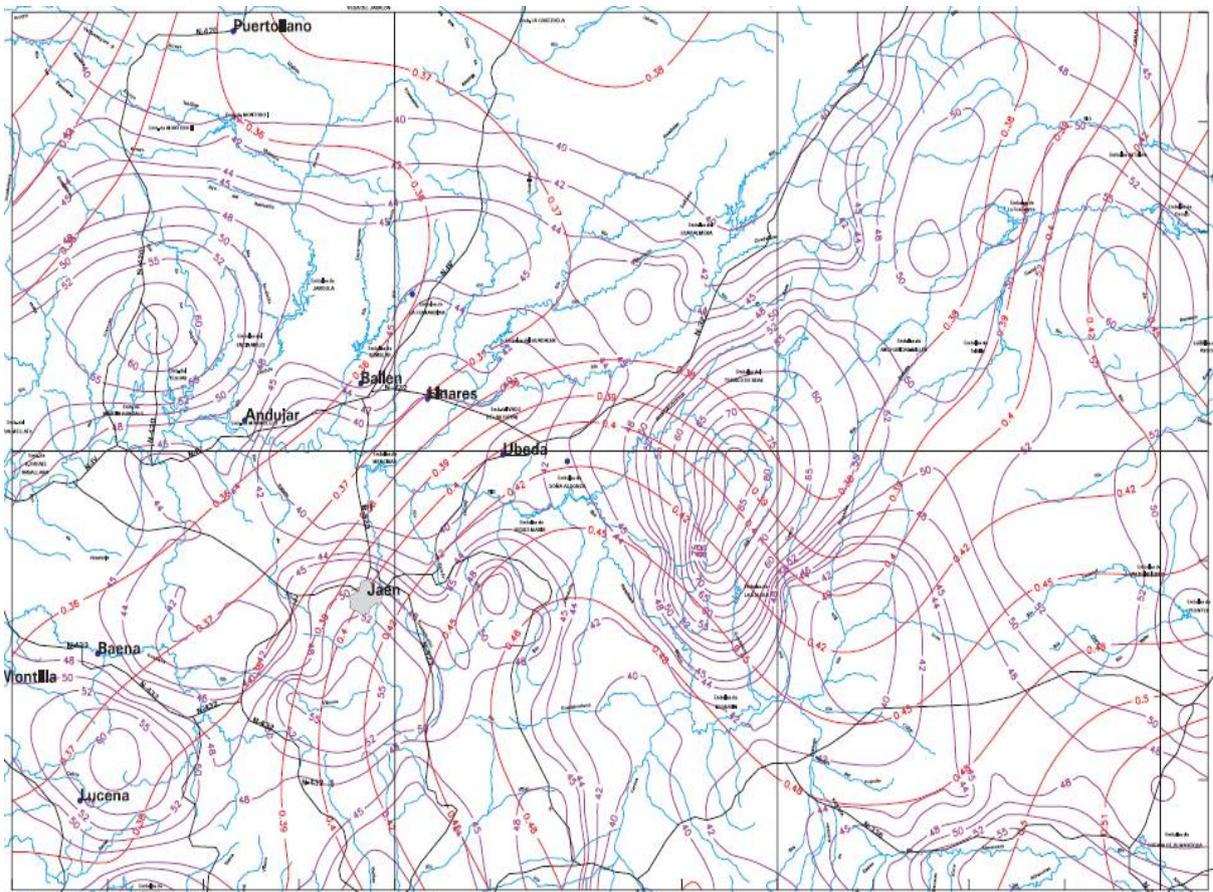
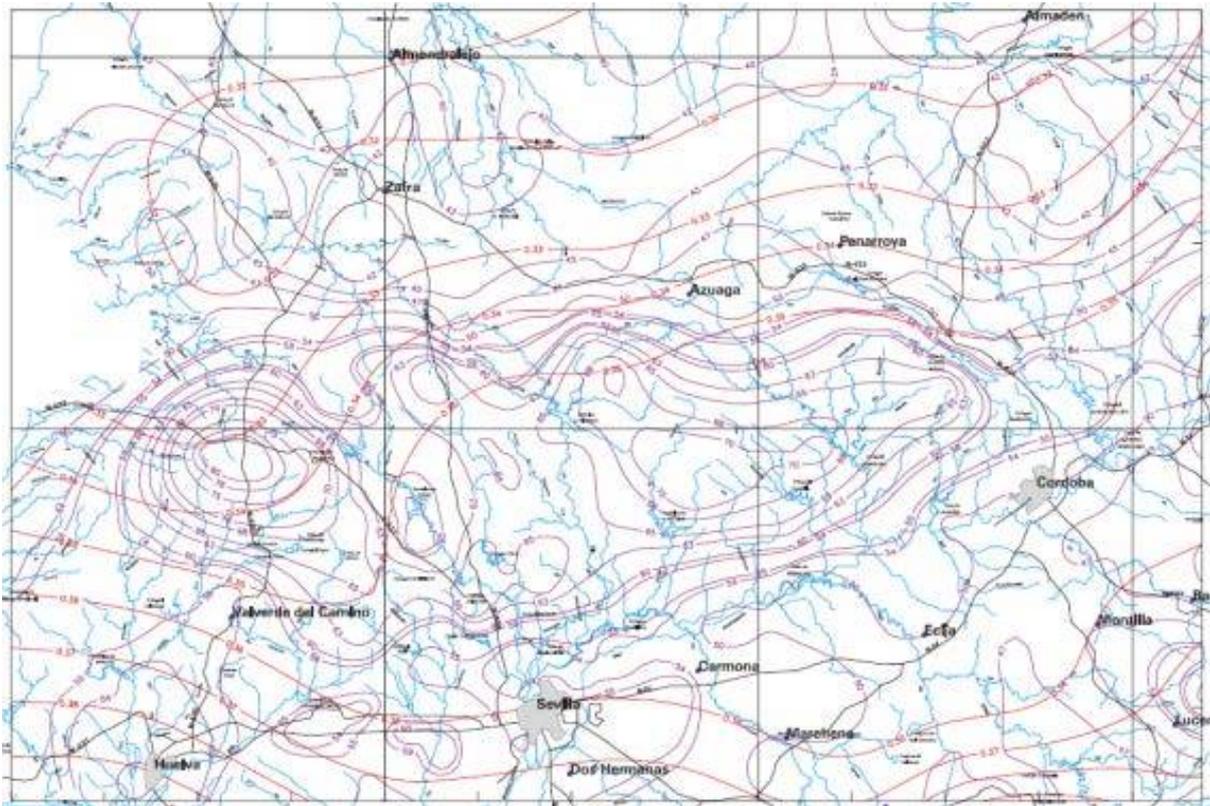
$$P_d = Y_T \cdot P$$

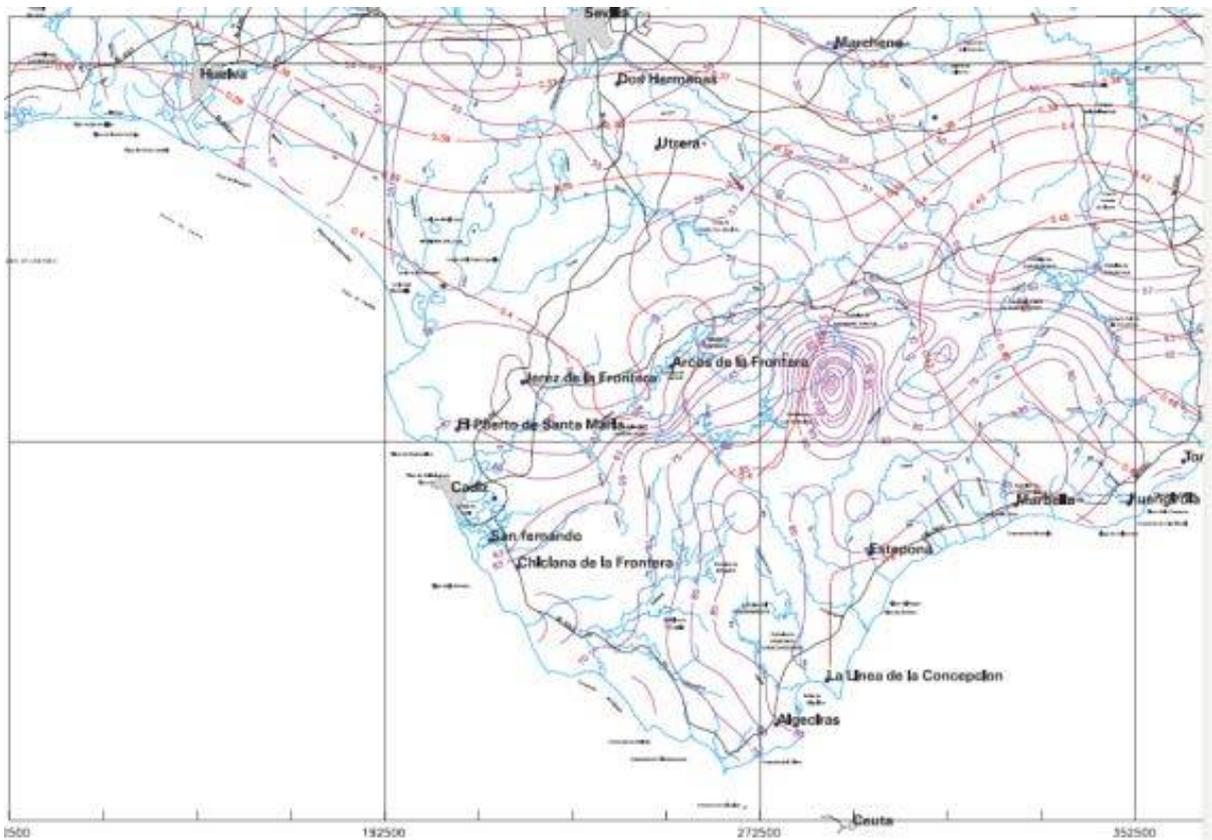
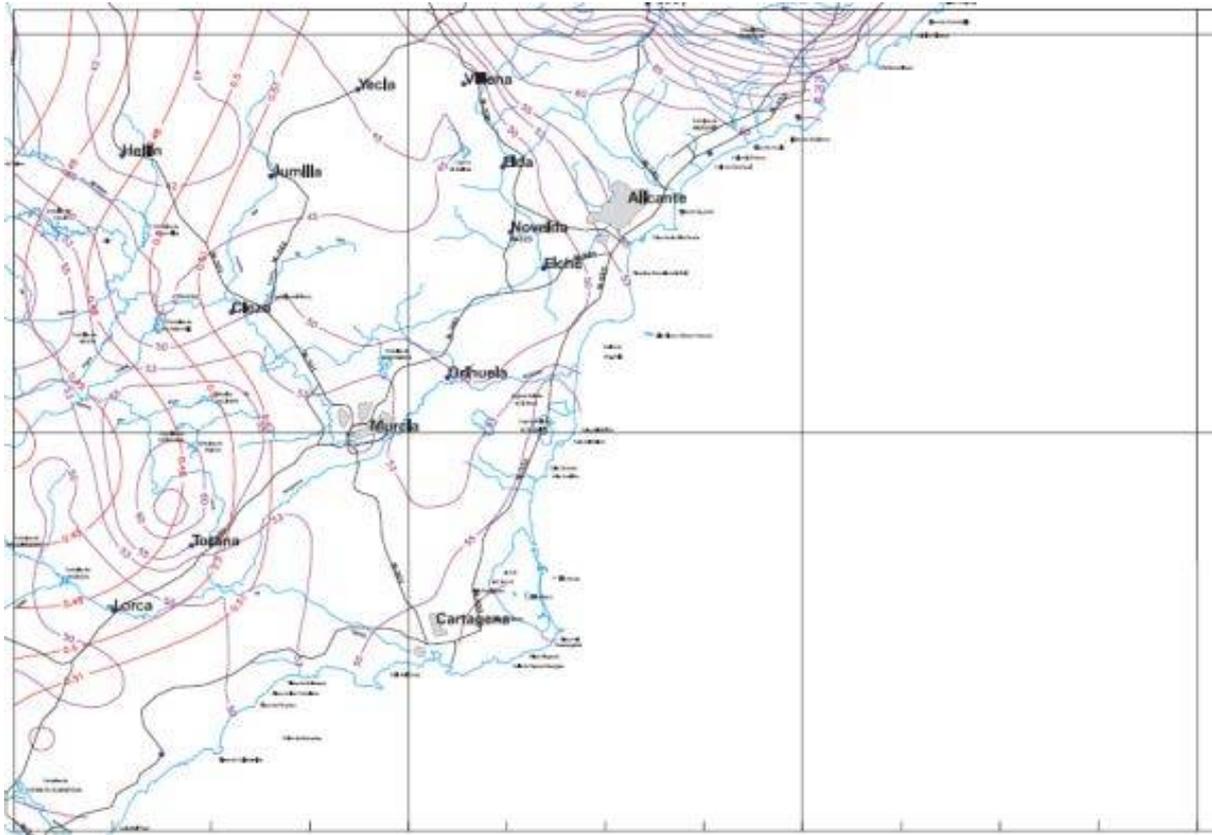
- P_d : Precipitación total diaria correspondiente a un periodo de retorno T , en mm
 Y_T : Cuantil regional. Depende del coeficiente de variación C_v y del periodo de retorno T
 P : Valor medio de la máxima precipitación diaria anual, en mm

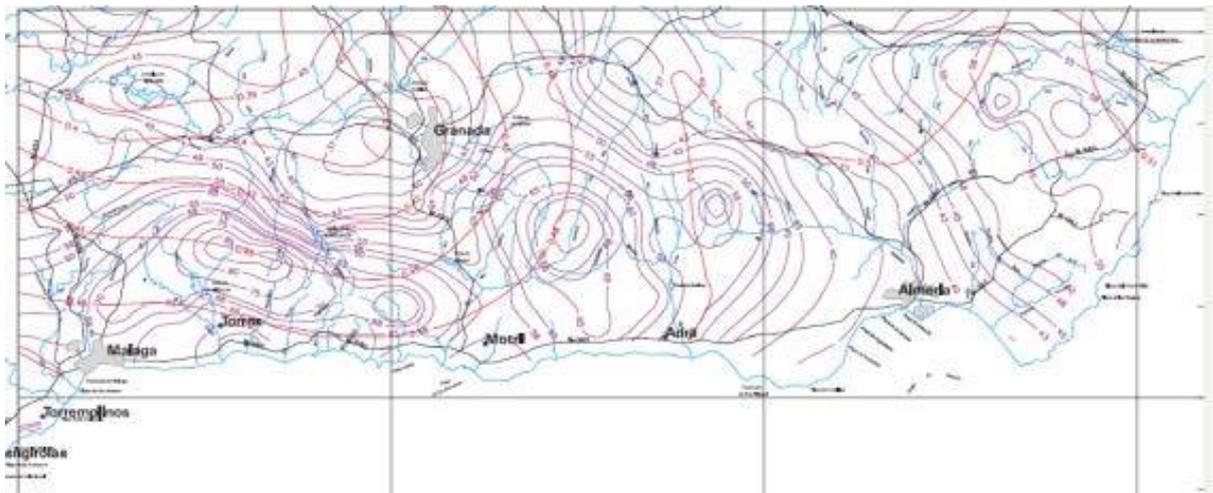
El valor medio de la máxima precipitación diaria anual P y del coeficiente de variación C_v de la zona de estudio, se obtiene del documento mencionado "Máximas lluvias diarias en la España peninsular"

A continuación se acompañan los mapas de isolíneas extraídos del documento "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" del Ministerio de Fomento (1999), de donde se pueden extraer los valores de:

- P : Líneas rojas
 C_v : Líneas moradas







Y para obtener el cuantil Y_t , se hará uso de la *Tabla All-2*, entrando con el periodo de retorno en años, T , y el coeficiente de variación, C_v .

Tabla All-2. Valores del cuantil Y_t

Cv	PERIODOS DE RETORNO, T							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,640	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,220	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860

b) Coeficiente de escorrentía

Para el coeficiente de escorrentía, en teoría, en la metodología general expuesta, se acepta como valor del mismo el proporcionado por la expresión:

$$C_e = \frac{\left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) - 1\right] \cdot \left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 23\right]}{\left[\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 11\right]^2}$$

C_e : Coeficiente de escorrentía

P_d : Precipitación total diaria correspondiente a un período de retorno T, en mm

P_0 : Umbral de escorrentía. Valor de la precipitación acumulada por debajo del cual no se producen escorrentías, en mm. Si no se dispone de datos más precisos, se podrán adoptar un valor conservador de 20 mm, salvo que se trate de terrenos con capas arcillosas o rocosas muy someras, en cuyo caso se adoptará el valor de 10 mm.

Anexo III. CÁLCULO DEL DIMENSIONAMIENTO MECÁNICO

AIII.1. CONDICIONES GENERALES

El presente anexo tiene por objeto establecer unos criterios básicos para el diseño mecánico de las conducciones en lámina libre que formen parte de un sistema integral de saneamiento. Las conducciones bajo presión hidráulica interior requerirán cálculos adicionales, siendo de aplicación a este respecto lo recogido en las vigentes Normas de Abastecimiento.

A los efectos del diseño mecánico de las conducciones, éstas se clasificarán, en (UNE-EN 805:2000):

- Rígidas: "aquellas cuya capacidad de carga está limitada por la rotura, sin que previamente aparezcan deformaciones significativas en su sección transversal".
- Flexibles: "las que su capacidad de carga está limitada por la deformación admisible".
- Semirrígidas: "aquellas cuya capacidad de carga puede estar limitada bien por la rotura o bien por la deformación transversal".

El cálculo mecánico de las conducciones deberá realizarse para todas las disposiciones de las mismas que figuren en el Proyecto, y en cada una de sus secciones más desfavorables, al objeto de dimensionar y comprobar su correcto funcionamiento, de acuerdo con las consideraciones que para cada tipo de tubo se especifican en los diferentes apartados de estas Normas.

En este cálculo, se considerará en cada una de las secciones a estudiar la hipótesis pésima de carga, entendiendo por tal aquella combinación de acciones de cálculo que produzca la máxima sollicitación o deformación en esa sección, habida cuenta del tipo de apoyo adoptado.

El método de cálculo que figure en el Proyecto podrá ser cualquiera de los de uso frecuente dentro del ámbito de las tuberías, recogidos o no en las diferentes normas específicas para cada tipo de tubo, de forma que, con los coeficientes de seguridad y demás criterios que se indican en los apartados de estas Normas para cada tipo de tubo, se asegure el adecuado dimensionamiento de la tubería.

Las principales acciones que, en general, deben considerarse en el cálculo mecánico de las conducciones son las siguientes:

a) Acciones gravitatorias

- Peso propio

- Cargas permanentes o cargas muertas
- Sobrecargas de uso:
 - Carga debida al peso del agua en el interior de la tubería
 - Presión interna actuante, incluyendo el golpe de ariete, en su caso
- b) Acciones del terreno
- c) Acciones del tráfico
- d) Acciones climáticas
 - Acciones del viento
 - Acciones térmicas
 - Acciones de la nieve
- e) Acciones debidas al nivel freático
- f) Acciones reológicas
- g) Acciones sísmicas

AIII.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CONDUCCIONES ENTERRADAS

En las instalaciones enterradas, si bien en el proyecto de la conducción deberán considerarse todas las acciones indicadas en el anterior apartado *AIII.1*, habitualmente, las más determinantes son las derivadas del terreno y del tráfico (y, en su caso, de la presión interior actuante), de manera que la hipótesis pésima de carga se producirá usualmente por la combinación de las anteriores acciones conforme se especifica en los siguientes apartados según tipologías de conducciones.

AIII.2.1. Tubos de hormigón de sección circular

El dimensionamiento mecánico de estos tubos se realizará conforme a lo especificado por el anexo M de la norma UNE 127.916:2004.

En el diseño mecánico de estos tubos deberá considerarse el tipo de instalación de la conducción, pudiendo ser ésta en zanja, en terraplén, en zanja terraplenada o en zanja inducida en terraplén, conforme puede verse en la *Tabla AIII-2*.

En cualquier caso, en general, el dimensionamiento mecánico de estos tubos queda condicionado por el estado tensional alcanzado en la pared de la conducción en la hipótesis de actuación única de las cargas externas.

La comprobación de que, actuando únicamente las acciones externas (terreno, sobrecargas móviles o fijas, y otras si existen), las tensiones producidas en la pared del tubo no superen las admisibles se realizará verificando el cumplimiento de las siguientes expresiones, en función de la clasificación de tubo empleada:

$$\text{Clasificación Tipo E: } 1,5 \cdot \frac{W_e + W_t}{F_{ap} + ID} \leq q_r$$

$$\text{Clasificación Tipo A: } \frac{W_e + W_t}{F_{ap} + ID} \leq q_f$$

Siendo:

q_r : Carga de cálculo de rotura, en kN/m (ver apartado 0)

q_f : Carga de cálculo por fisuración, en kN/m² (ver apartado 0)

ID: Diámetro interior del tubo, en m

F_{ap} : factor de apoyo

Si además de relleno y tráfico automovilístico hubiera otro tipo de cargas, su influencia sobre el tubo se calculará de acuerdo con lo indicado en el anexo M de la norma UNE 127.916:2004.

Para el cálculo de las cargas debidas al peso de las tierras, al tráfico y el factor de apoyo, se seguirán las siguientes indicaciones:

a) Carga debida al peso de las tierras, W_e , en kN/m

$$W_e = C_z \cdot \gamma \cdot H \cdot b$$

γ : Peso específico del relleno, en kN/m³ (pueden emplearse los valores de la *Tabla AIII-3*)

H: Altura, en m, de tierras sobre la clave del tubo

H': Altura de la base del terraplén sobre la clave del tubo, en m

H'': Altura de material compresible sobre la clave del tubo, en m

b: En las instalaciones en zanja o en zanja terraplenada, b es el ancho de la zanja en el plano de la clave, en m; en las instalaciones en terraplén, b es el diámetro exterior del tubo OD, en m.

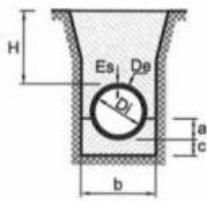
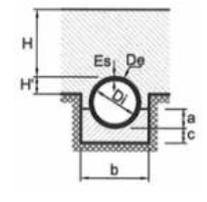
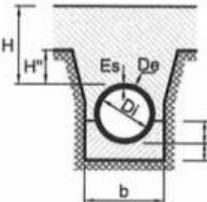
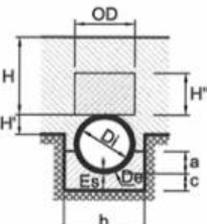
C_z : Coeficiente de Marston, de valor dado en la *Tabla AIII-2*

El resguardo lateral de la zanja será, como mínimo, el expresado en la *Tabla AIII-1* en función del diámetro nominal de la conducción y el ángulo β de la pared de la zanja con la horizontal.

Tabla AIII-1. Valores del resguardo lateral en zanja, en m

		$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
DN	< 350	0,25	0,20
	> 350 a \leq 700	0,35	
	> 700 a \leq 1200	0,43	
	> 1200	0,50	

Tabla AIII-2. Coeficiente de Marston

Tipo de Instalación	$H \leq H_0$	$H > H_0$
 <p>En zanja</p>		$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu\frac{H}{b}}}{2\lambda\mu'\frac{H}{b}}$
 <p>Zanja en terraplén</p>	$C_z = \frac{e^{2\lambda\mu\frac{H}{OD}} - 1}{2\lambda\mu\frac{H}{OD}}$	$C_z = \frac{e^{2\lambda\mu\frac{H_0}{OD}} - 1}{2\lambda\mu\frac{H}{OD}} + \frac{H - H_0}{H} e^{2\lambda\mu\frac{H_0}{OD}}$
 <p>Zanja terraplenada</p>	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu'\frac{H}{b}}}{2\lambda\mu'\frac{H}{b}}$	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu'\frac{H_0}{b_e}}}{2\lambda\mu'\frac{H}{b_e}} + \frac{H - H_0}{H} e^{-2\lambda\mu'\frac{H_0}{b_e}}$
 <p>Zanja inducida en terraplén</p>	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu'\frac{H}{b}}}{2\lambda\mu'\frac{H}{b}}$	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu'\frac{H_0}{b_e}}}{2\lambda\mu'\frac{H}{b_e}} + \frac{H - H_0}{H} e^{-2\lambda\mu'\frac{H_0}{b_e}}$

λ : Coeficiente de Rankine, de valor:

$$\lambda = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

μ' : Coeficiente rozamiento del relleno contra los paramentos de la zanja ($\mu' = \operatorname{tg} \varphi'$)

μ : Coeficiente de rozamiento del relleno ($\mu = \operatorname{tg} \varphi$)

φ' : Ángulo de rozamiento interno del relleno contra los paramentos de la zanja

φ : Ángulo de rozamiento interno del relleno

A efectos prácticos, pueden adoptarse los siguientes valores para los términos $\lambda\mu'$ ó $\lambda\mu$, de la *Tabla AIII-3*.

Tabla AIII-3. Características básicas de tipos de tierras para el relleno

	$\lambda\mu'$	γ (kN/m ³)
Arcilla plástica	0,110	21,0
Arcilla ordinaria	0,130	19,2
Arena arcillosa	0,150	19,2
Arena y grava	0,165	17,6
Material granular sin cohesión (zahorras)	0,192	19,0

Los valores del parámetro H_0 en las instalaciones en terraplén, en zanja terraplenada o en zanja inducida en terraplén se obtienen en las tablas:

Tabla AIII-4. Valores de H_0 en zanjas en terraplén

Tipo de base	H_0/OD
Base rígida (roca o suelo muy compacto)	2,026
Base de suelo natural ordinario	1,475
Base muy asentable (terraplén no bien compactado)	1,170

Tabla AIII-5. Valores de H_0 en zanja terraplenada

H'/OD	H_0/OD
0,5	0,600
1,0	1,520
1,5	2,515
2,0	4,460

Tabla AIII-6. Valores de H0 en zanja inducida en terraplén

H''/OD	H0/OD
0,5	1,380
1,0	2,421
1,5	3,752
2,0	6,915

b) Carga debida al tráfico, W_t , en kN/m

Para su cálculo pueden emplearse los valores especificados en la Tabla AIII-7. En el caso de triple eje de 60 t, se añadirá a la carga W_t calculada, una sobrecarga de uso de $4,0 \cdot OD$ kN/m.

Tabla AIII-7. Valores de la carga debida al tráfico, en kN/m

Eje simple de 7 t			Eje simple de 13 t			Eje triple con 60 t					
$l_e = 0,20 + 1,40H + 1,05OD$ $s = 1,4 (H-1,21)$ $t = 1,4 H + 0,30$ $v = OD + 1,4H - 1,70$			$l_e = 0,20 + 1,40H + 1,05OD$ $s = 1,4 (H-1,00)$ $t = 1,4 H + 0,60$			$l_e = 0,20 + 1,40H + 1,05OD$ $l'_e = l_e + 3,0$ $s = 1,4 (H-1,00)$ $t = 1,4 H + 0,60$ Sobrecarga de uso = $0,40 \cdot OD$					
OD $\leq 2,0m$	H $\leq 1,21m$	OD $\geq t$	$W_t = \frac{35}{l_e} C_i$			OD $\leq 2,0m$	H $\leq 1,0m$	OD $\geq t$	$W_t = \frac{65}{l_e} C_i$		
		OD $< t$	$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} OD \cdot C_i$					OD $\leq 2,0m$	H $\leq 1,0m$	OD $< t$	El mayor de $W_t = \frac{100}{t \cdot l_e} OD$
OD cualquiera	H $\geq 1,21m$	OD $\geq s$	$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} (OD + s)$			OD cualquiera	H $\geq 1,0m$			OD $\geq s$	$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} (OD + s)$
		OD $< s$	$W_t = \frac{700}{t \cdot l_e} OD$					OD cualquiera	H $\geq 1,0m$	OD $< s$	$W_t = \frac{130}{t \cdot l_e} OD$
OD $\geq 2m$	H $\leq 1,21m$	$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} \cdot v \cdot C_i$			OD $\geq 2m$	H $\leq 1m$	$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} (OD + s) \cdot C_i$				
						OD $\geq 2m$	H $\leq 1,0m$	$W_t = \frac{300}{t \cdot l'_e} (OD + s)$			
						OD cualquiera	H $\geq 1,0m$	OD $\geq s$	$W_t = \frac{300}{t \cdot l_e} (OD + s)$		
						OD cualquiera	H $\geq 1,0m$	OD $< s$	$W_t = \frac{600}{t \cdot l'_e} OD$		

Para profundidades superiores a los 4 m no se considerarán cargas de tráfico. Como norma general, cuando sea de prever tráfico rodado posible, la profundidad mínima del tubo será tal que la clave quede por lo menos a un metro de la superficie; en aceras o lugares sin tráfico rodado, podrán disminuirse los recubrimientos a 60 cm.

Para profundidades inferiores a 0,9 m y en los casos de eje simple de 7 t y de 13 t, se aplicará el coeficiente de impacto C_i , según los valores indicados en la *Tabla AIII-8*.

Tabla AIII-8. Coeficiente de impacto ante las acciones del tráfico

H (m)	C_i
$H \leq 0,60$	1,20
$0,60 < H \leq 0,90$	1,10
$H > 0,90$	1,00

c) Factor de apoyo, F_{ap}

Se recomiendan utilizar los valores del factor de apoyo indicados en la *Tabla AIII-9*, siendo H la altura de relleno sobre la clave del tubo. Para el caso de zanjas en terraplén o de zanjas inducidas en terraplén, los factores de apoyo se determinarán de acuerdo con lo indicado en el anexo M de la norma UNE 127.916.

Tabla AIII-9. Factores de apoyo en zanja y zanja terraplenada (UNE 127.916)

Tipo de apoyo	Angulo de apoyo	Características del relleno	Factor de apoyo	Recubrimiento mínimo
Hormigón HM-15	180°	Compactado 95% P.N.	4,0	≥ 30
		Seleccionad sin compactar	3,0	≥ 30
	120°	Compactado 95% P.N.	2,8	≥ 30
		Seleccionad sin compactar	2,2	≥ 30
	90°	Compactado 95% P.N.	2,3	≥ 30
		Seleccionad sin compactar	2,0	≥ 30
Granular compact. 95% P.N.	360°	Material granular compact. 95% P.N.	2,1	≥ 30
	180°	Compactado 95% P.N.	1,9	≥ 30
	90°	Compactado 95% P.N.	1,7	$\geq H/8, > 30$
		Seleccionad sin compactar	1,5	$\geq H/8, > 30$
Directo	0°	Fino	1,1	$\geq H/8, > 15$

NOTA: El factor de apoyo directo se podrá utilizar cuando no exista material de aportación y cuando el fondo de la zanja esté rastrillado. Nunca se podrá utilizar el apoyo directo sobre hormigón. Será necesario realizar nichos para el alojamiento de las campanas del tubo, si éstas existen en la zona de unión.

AIII.2.2. Tubos de fundición dúctil

El dimensionamiento mecánico de estos tubos se realizará conforme a lo especificado en el Anexo C de la norma UNE EN 598:1996.

En el cálculo mecánico de los tubos de fundición enterrados la sollicitación condicionante corresponde a la deformación producida en el tubo ante la acción de las cargas externas.

Deberá, por tanto, comprobarse que, actuando únicamente las acciones externas (terreno, sobrecargas móviles o fijas, y otras si existen), la deformación máxima debida a la flexión transversal no supera la admisible.

Como deformaciones máximas admisibles se tomarán las indicadas en la *Tabla AIII.10* (UNE-EN 598:1996), valores que garantizan que el revestimiento interior de mortero de cemento no sufra daños y que la tensión en el tubo no supere su valor admisible.

Tabla AIII.10. Rigidez diametral mínima y deformación diametral admisible (UNE-EN 598)

DN	S _c (kN/m ²)	Deformación diametral admisible (%)
100	250	1,6
125	130	1,8
150	80	2,1
200	60	2,4
250	54	2,7
300	47	3,0
350	36	3,1
400	30	3,2
450	26	3,3
500	22	3,4
600	18	3,6

DN	S _c (kN/m ²)	Deformación diametral admisible (%)
700	24	3,8
800	20	4,0
900	18	4,0
1.000	16	4,0
1.100	22	4,0
1.200	20	4,0
1.400	18	4,0
1.500	17	4,0
1.600	17	4,0
1.800	16	4,0
2.000	16	4,0

Las deformaciones producidas en el tubo por las cargas externas se calcularán mediante la fórmula de Spangler de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{100K_a(W_e + W_t)}{8S_c + (0,061E')}$$

δ: Deformación vertical del tubo debida a las cargas externas, en %

K_a: Factor de apoyo en función del ángulo de apoyo 2 α

Ángulo de apoyo 2 α = 20° K_a = 0,110

Ángulo de apoyo $2\alpha = 45^\circ$ $K_a = 0,105$

Ángulo de apoyo $2\alpha = 60^\circ$ $K_a = 0,102$

Ángulo de apoyo $2\alpha = 120^\circ$ $K_a = 0,090$

Ángulo de apoyo $2\alpha = 180^\circ$ $K_a = 0,083$

W_e : Carga debida al peso de las tierras, en kN/m^2

$$W_e = \gamma \cdot H$$

γ : Peso específico del relleno, en kN/m^3 (a falta de datos, se suele tomar 20 kN/m^3)

H: Altura, en m, de tierras sobre la clave del tubo

W_t : Carga debida al tráfico, en kN/m^2

$$W_t = 40(1 - 0,0002DN) \frac{\beta}{H}$$

β : Coeficiente de carga de tráfico, de valores:

$\beta = 2,00$ tráfico intenso

$\beta = 1,50$ carreteras principales

$\beta = 0,75$ carreteras intermedias

$\beta = 0,50$ carreteras rurales

Se recomienda tomar como mínimo $\beta = 0,5$, aún en el caso de no existencia de tráfico rodado. Esta fórmula no debe emplearse en alturas de relleno inferiores a $0,5 \text{ m}$, debiendo procurarse recubrimientos superiores si se prevén cargas de tráfico.

DN: Diámetro nominal del tubo, en mm

S_c : Rigidez circunferencial específica, en kN/m^2 (ver *Tabla AIII.10*)

E' : Módulo de reacción del suelo, en kN/m^2

$E' = 0$ terreno sin compactar

$E' = 1.000 \text{ kN/m}^2$ terreno con compactación mala

$E' = 2.000 \text{ kN/m}^2$ terreno con compactación media

$E' = 5.000 \text{ kN/m}^2$ terreno con compactación buena

AIII.2.3. Tubos de materiales termoplásticos

El dimensionamiento mecánico de los tubos de materiales termoplásticos, independientemente de su tipología (PVC-U, PVC-O ó PE; pared lisa o pared estructurada), se realizará conforme a lo especificado en la norma UNE 53.331:1997 IN (la cual sigue el conocido como método ATV),

debiendo utilizar para su aplicación la ayuda de algún programa de ordenador desarrollado al respecto.

En estas Normas se recomienda el programa que ha sido realizado por la Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos (AseTUB) y por el Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, IETcc (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC).

AIII.2.4. Tubos de PRFV

El dimensionamiento mecánico de estos tubos se realizará conforme a lo especificado en el manual AWWA M45.

En el cálculo mecánico de los tubos de PRFV enterrados, la sollicitación condicionante ante la actuación única de las cargas externas es, en general, el estado tensional o las deformaciones alcanzadas.

Deberá, por tanto, comprobarse que, actuando únicamente las acciones externas, la deformación vertical no excede el 5% del DN del tubo, lo cual se realizará mediante la formulación de Spangler:

$$\delta = 100 \frac{K_a (W_e + 1,5 \cdot W_t)}{(8 \cdot SN + 0,061 \cdot E' \cdot S_s)} < 5$$

- δ : Deformación producida en el tubo, en %
- K_a : Coeficiente de factor de apoyo. Unos valores habituales son los siguientes:
- Ángulo de apoyo $2\alpha = 20^\circ$ $K_a = 0,110$
- Ángulo de apoyo $2\alpha = 45^\circ$ $K_a = 0,105$
- Ángulo de apoyo $2\alpha = 60^\circ$ $K_a = 0,102$
- Ángulo de apoyo $2\alpha = 120^\circ$ $K_a = 0,090$
- Ángulo de apoyo $2\alpha = 180^\circ$ $K_a = 0,083$
- S_s : Factor combinado de soporte del suelo (ver *TablaAIII-11*)
- W_e y W_t : Cargas debidas al peso de las tierras y al tráfico respectivamente, en N/m²
- SN: Rigidez nominal del tubo, en N/m²
- E_s : Módulo de elasticidad del suelo natural
- b: Ancho de la zanja

TablaAIII-11. Factor combinado de soporte del suelo, SS, en tuberías de PRFV

E'/E _s	b/DN=1,5	b/DN=2,0	b/DN=2,5	b/DN=3,0	b/DN=4,0	b/DN=5,0
0,1	0,15	0,30	0,60	0,80	0,90	1,0
0,2	0,30	0,45	0,70	0,85	0,92	1,0
0,4	0,50	0,60	0,80	0,90	0,95	1,0
0,6	0,70	0,80	0,90	0,95	1,0	1,0
0,8	0,85	0,90	0,95	0,98	1,0	1,0
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0	1,0
1,5	1,30	1,15	1,10	1,05	1,0	1,0
2,0	1,50	1,30	1,15	1,10	1,05	1,0
3,0	1,75	1,45	1,30	1,20	1,08	1,0
>5	2,00	1,60	1,40	1,25	1,10	1,0

E': Módulo de reacción del suelo. Es frecuente adoptar los siguientes valores, según sea la compactación del relleno:

Terreno bien compactado $E' = 5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Terreno con compactación media $E' = 2 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Terreno con mala compactación $E' = 1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Para el cálculo de las cargas debidas al peso de las tierras y al tráfico (W_e y W_t respectivamente), se seguirán las siguientes indicaciones:

a) Cargas debidas al peso de las tierras, W_e

En los tubos de PRFV las cargas debidas al peso de las tierras se calcularán según la teoría de Marston, sin considerar ningún coeficiente reductor:

$$W_e = \gamma \cdot H$$

W_e : Cargas debidas al peso de las tierras, en N/m^2

γ : Peso específico del relleno. Por defecto, se tomará $20 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}^3$

H: Altura de tierras sobre la clave del tubo, en m

b) Cargas debidas al tráfico, W_t

Para el cálculo de las sobrecargas puntuales debidas al tráfico, se empleará la siguiente formulación (manual AWWA M45).

$$W_t = \frac{P_{rd} \cdot I_f}{L_1 \cdot L_2}$$

W_t : Cargas debidas al tráfico, en N/m²

H : Profundidad de enterramiento, en m

P_{rd} : Carga por rueda, en N

I_f : Factor de impacto

$$I_f = 1,0 \text{ si } H \geq 0,91$$

$$I_f = 1,1 \text{ si } H < 0,91$$

$$L_1 = 0,253 + 1,75H$$

$$L_2 = \frac{13,31 + 1,75H}{8} \quad \text{Si } H \geq 0,756$$

$$L_2 = 0,509 + 1,75H \quad \text{Si } H < 0,756$$

En esta misma hipótesis (actuación única de las cargas externas) deberá comprobarse que, supuesta la deformación circunferencial máxima admisible (5%), el alargamiento unitario (ε_b) sea inferior al 1,30%, minorado por un coeficiente de seguridad C de 1,5. Esta verificación se realizará mediante la siguiente expresión:

$$\varepsilon_b = 100 \left[\frac{5e\delta_{max}}{OD - e} \right] < \frac{1,3}{1,5}$$

ε_b : Alargamiento unitario debido a la acción de las cargas externas, en %

δ_{max} : deformación vertical debida a las cargas externas máxima (=0,05)

OD: Diámetro exterior del tubo, en mm

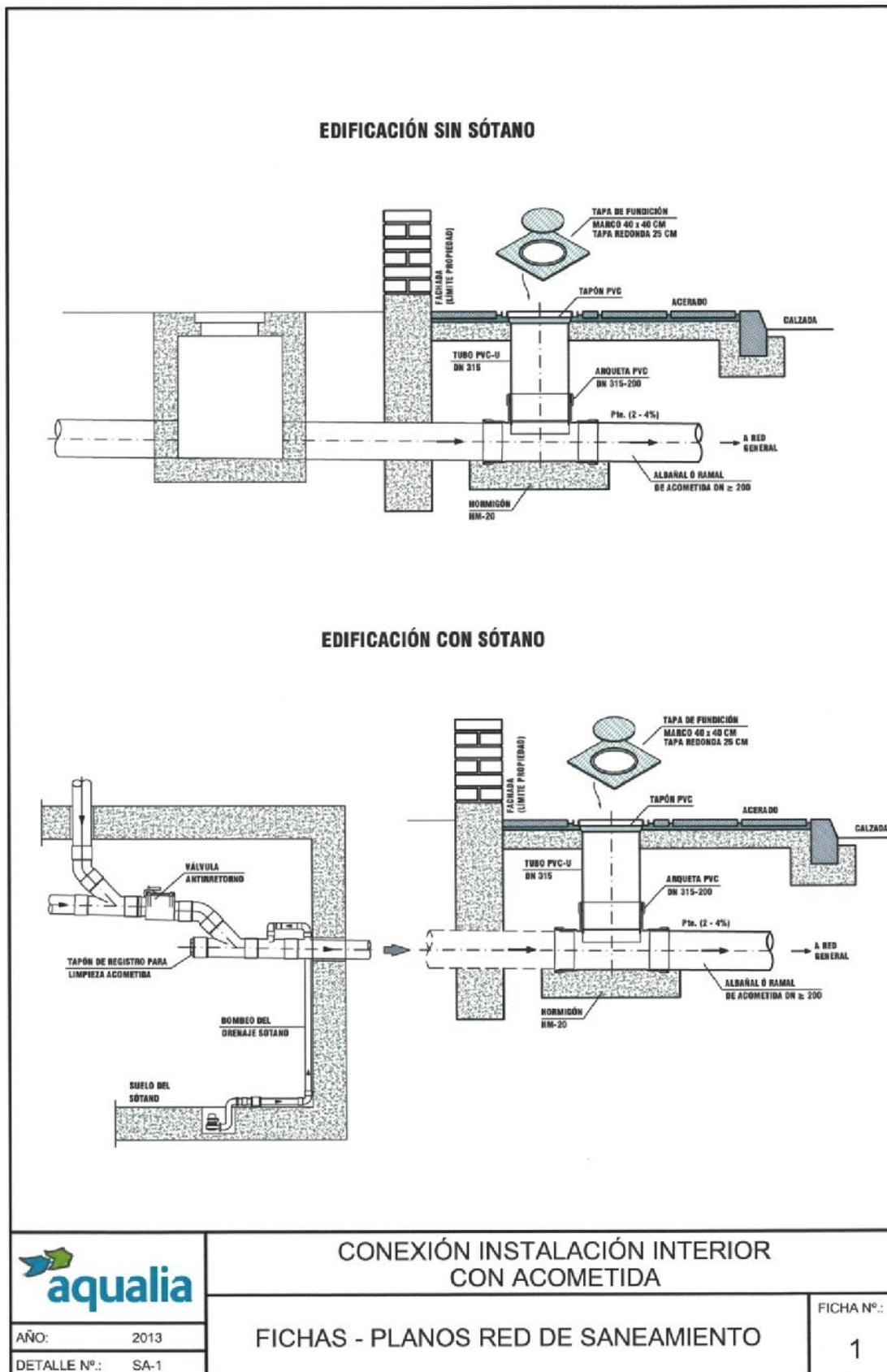
e: Espesor nominal del tubo, en mm

AIII.3. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCCIONES AÉREAS

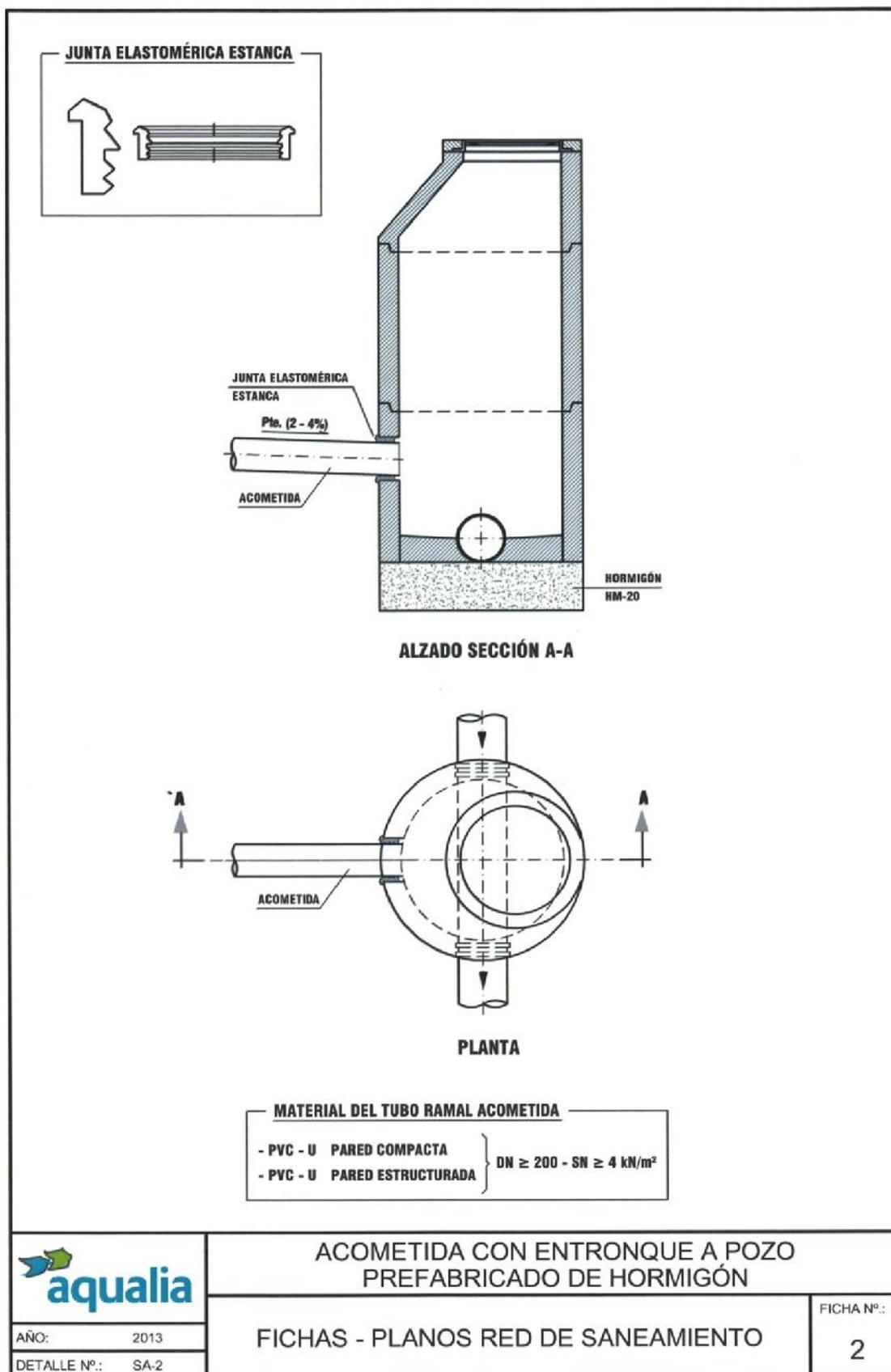
En las instalaciones aéreas, para todas las tipologías de materiales, la hipótesis pésima de carga suele corresponder bien al estado tensional en la pared del tubo derivado de la sola acción de la presión interior, o bien a la flexión longitudinal producida por las acciones gravitatorias, si bien, en ocasiones, puede haber alguna otra situación también condicionante, como las posibles tracciones longitudinales o las tensiones en los apoyos, etc.

Anexo IV. FICHAS – PLANOS

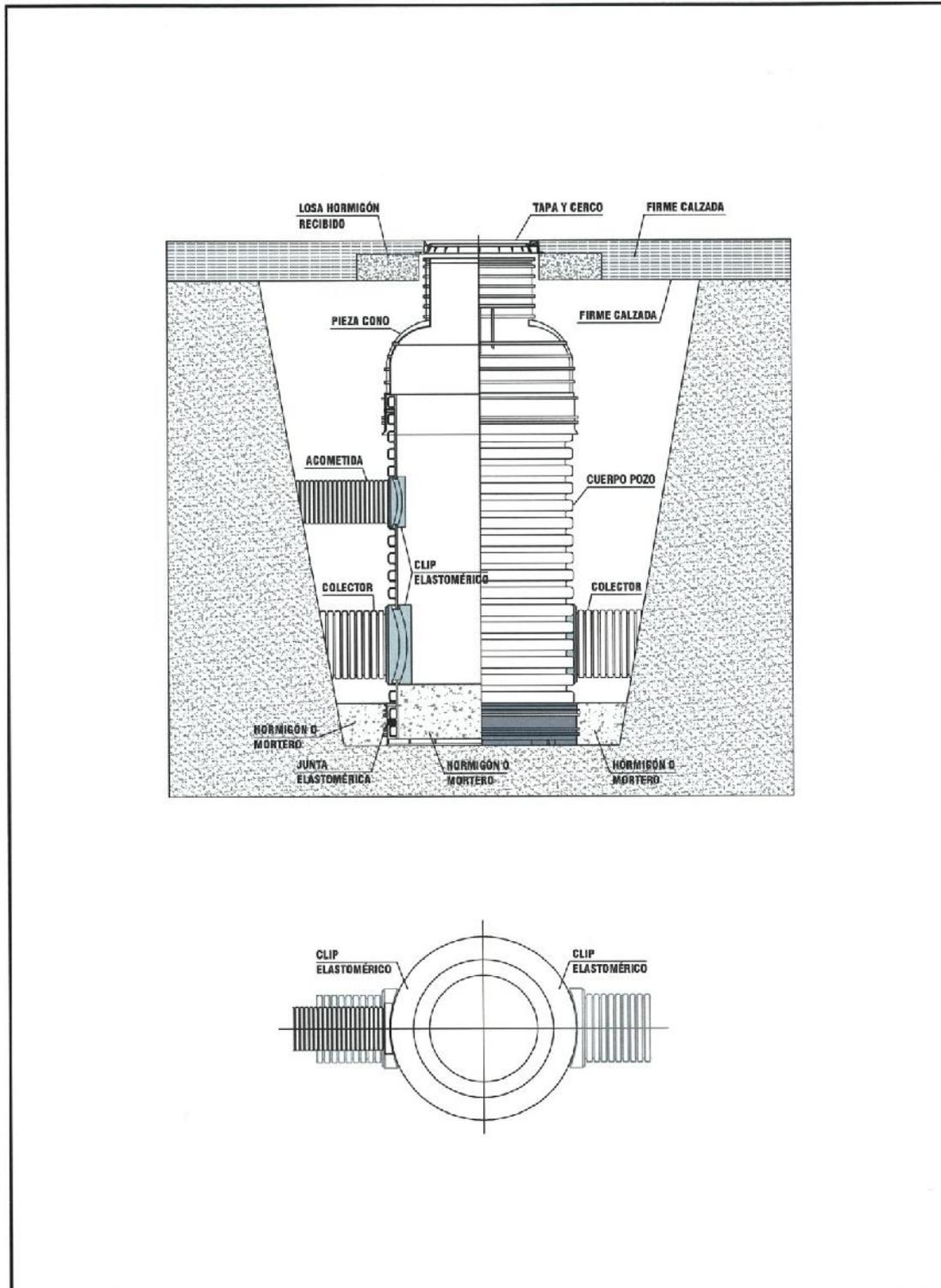
AIV.1. CONEXIÓN DE LA INSTALACIÓN INTERIOR CON LA ACOMETIDA



AIV.2. ACOMETIDA CON ENTRONQUE A POZO PREFABRICADO DE HORMIGÓN

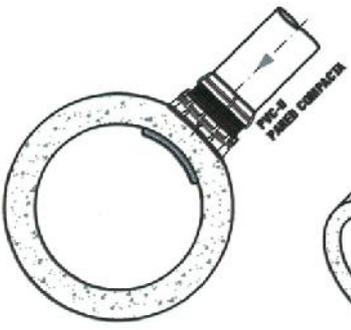
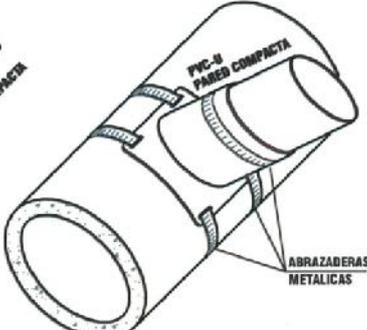
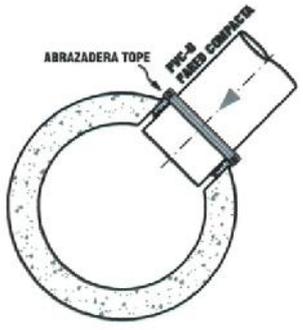
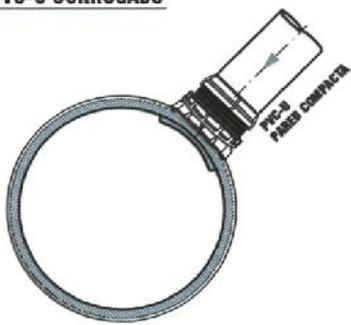


AIV.3. ACOMETIDA CON ENTRONQUE A POZO PREFABRICADO DE MATERIAL TERMOPLÁSTICO

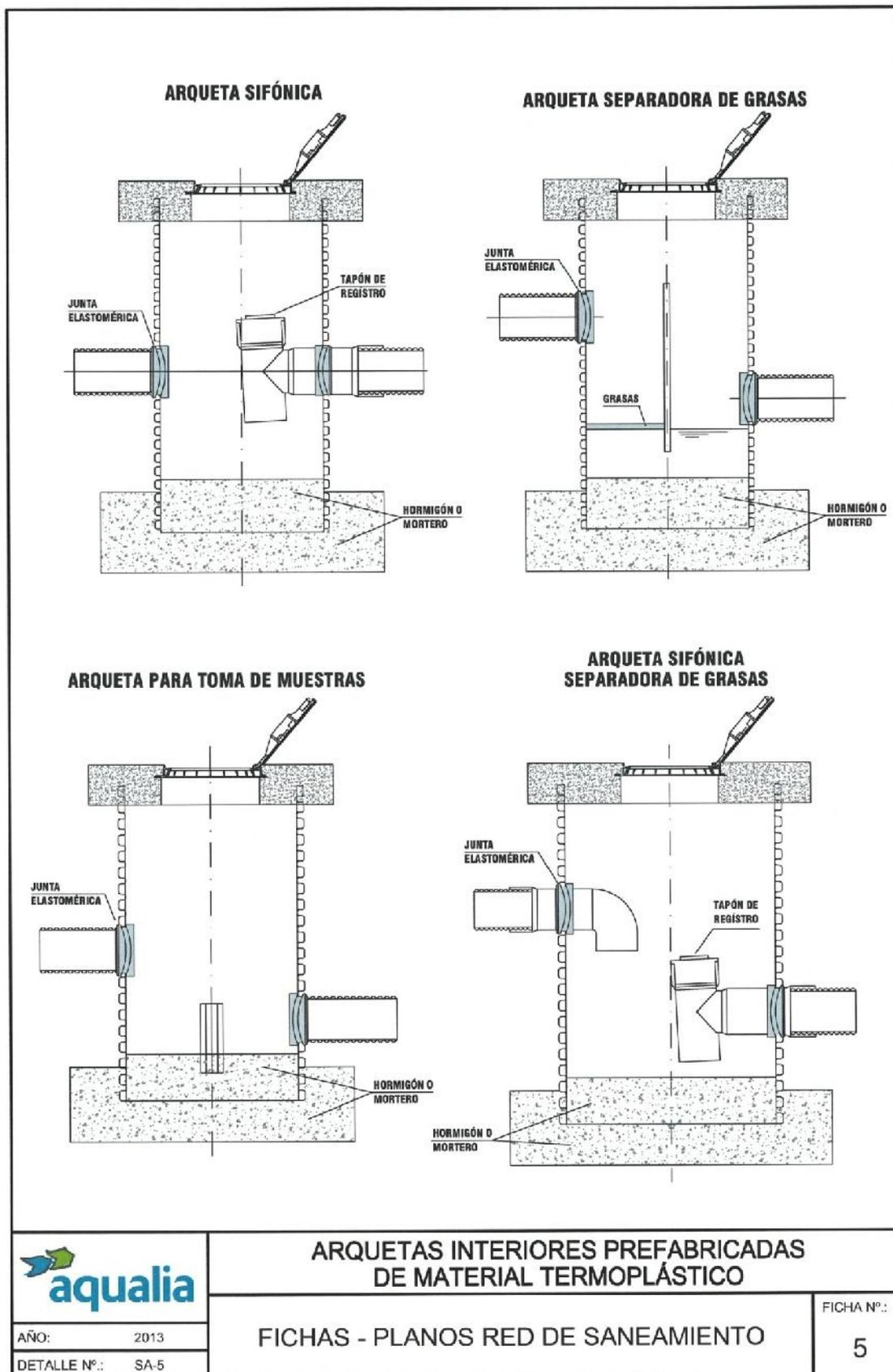


	ACOMETIDA CON ENTRONQUE A POZO PREFABRICADO DE MATERIAL TERMOPLÁSTICO	
	FICHAS - PLANOS RED DE SANEAMIENTO	FICHA Nº.: 3
AÑO: 2013 DETALLE Nº.: SA-3		

AIV.4. ACOMETIDA CON ENTRONQUE DIRECTO A COLECTOR

COLECTOR DE HORMIGÓN		
		
INJERTO CLIP MECÁNICO UNIVERSAL	DERIVACIÓN ACOPLADA	JUNTA ELASTOMÉRICA ESTANCA
COLECTOR PVC-U PARED COMPACTA		
		
INJERTO CLIP MECÁNICO UNIVERSAL		
COLECTOR PVC-U CORRUGADO		
		
INJERTO CLIP MECÁNICO UNIVERSAL	JUNTA ELASTOMÉRICA 90°	
	ACOMETIDA CON ENTRONQUE DIRECTO A COLECTOR	
AÑO: 2013	FICHAS - PLANOS RED DE SANEAMIENTO	
DETALLE N°.: SA-4	FICHA N°.: 4	

AIV.5. ARQUETAS INTERIORES PREFABRICADAS DE MATERIAL TERMOPLÁSTICO



AIV.6. POZO DE REGISTRO PREFABRICADO DE HORMIGÓN CIRCULAR

POZO DN ≥ 800 MM

POZO DN ≥ 1.200 MM

DN (mm)	MÓDULO BASE		MÓDULOS DE RECRECIDO		MÓDULOS CÓNICOS		MÓDULOS DE AJUSTE	
	MÁX.	MÍN.	MÁX.	MÍN.	MÁX.	MÍN.	MÁX.	MÍN.
800	1.000	800	1.000	250	1.000	600	250	120
1.000	1.100	900	1.000	250	1.000	700	250	150
1.200	1.400	1.000	1.200	300	1.200	800	250	150
1.500	2.000	1.200	1.200	300	1.500	800	300	200
1.800	2.400	1.200	1.200	300	1.500	1.000	300	200

DN (mm)	MÓDULO BASE		MÓDULOS DE RECRECIDO CÓNICOS O DE AJUSTE	LOSAS DE CIERRE TRANSICIÓN
	ALZADO	SOLERA		
800	120	120	120	150
1.000	120	120	120	150
1.200	160	160	160	150
1.500	160	200	200	200

aqualia

POZO DE REGISTRO DE HORMIGÓN CIRCULAR

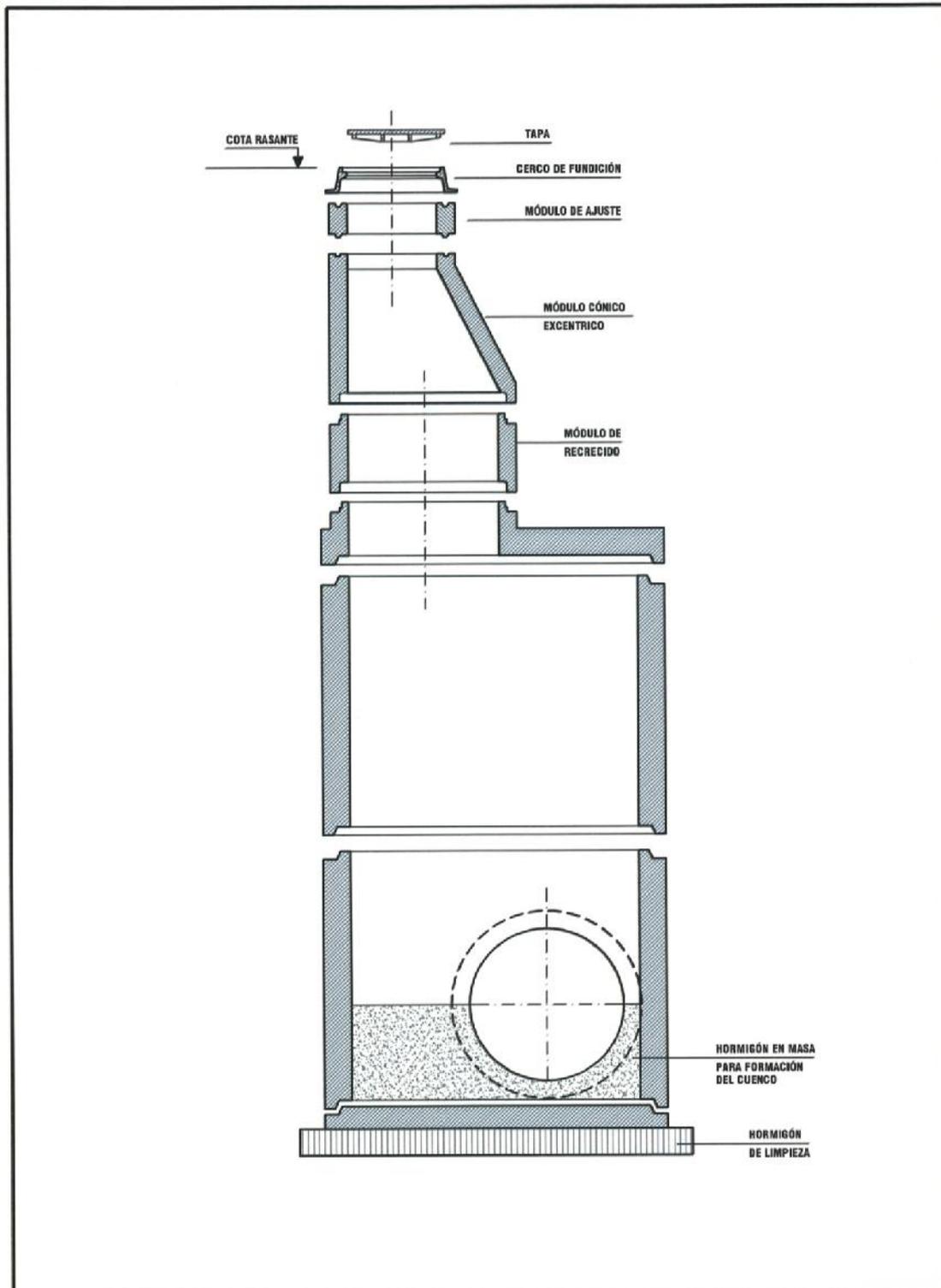
FICHA Nº.:
06

AÑO: 2013

DETALLE Nº.: SA-06

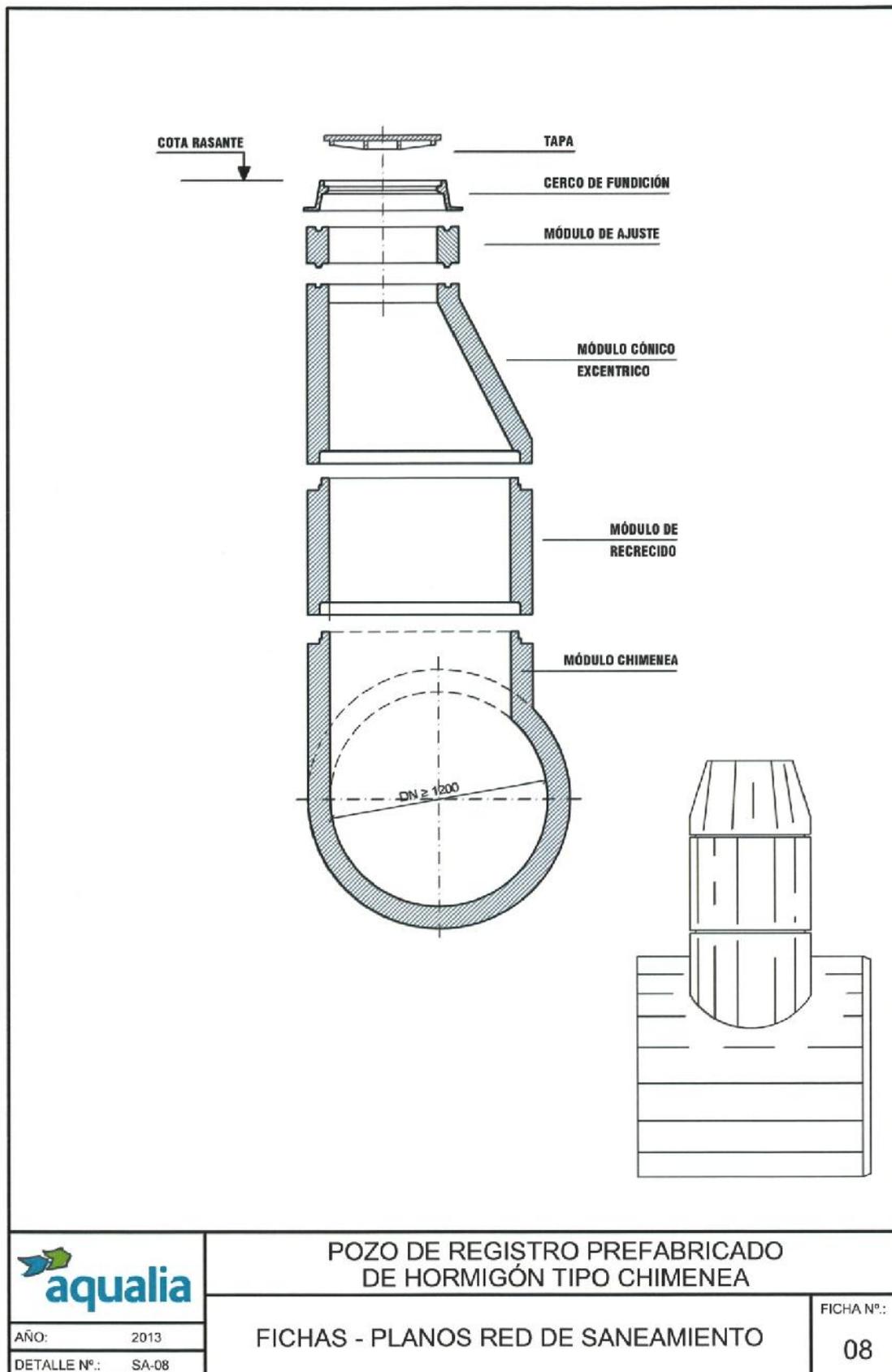
FICHAS - PLANOS RED DE SANEAMIENTO

AIV.7. POZO DE REGISTRO DE HORMIGÓN SOBRE MARCOS PREFABRICADOS

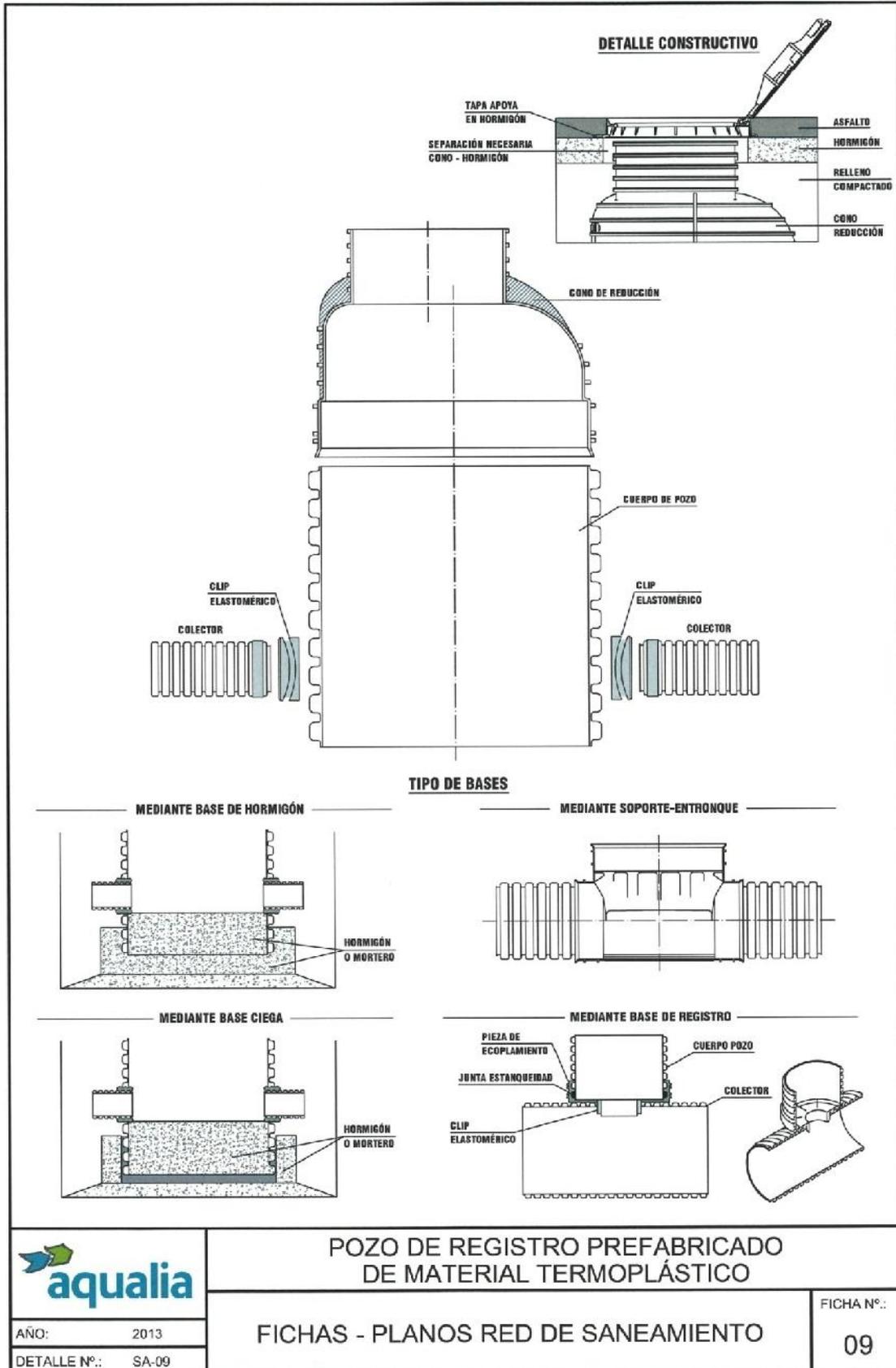


	POZO DE REGISTRO DE HORMIGÓN SOBRE MARCOS PREFABRICADOS	
	FICHAS - PLANOS RED DE SANEAMIENTO	FICHA Nº.: 07
AÑO: 2013 DETALLE Nº.: SA-07		

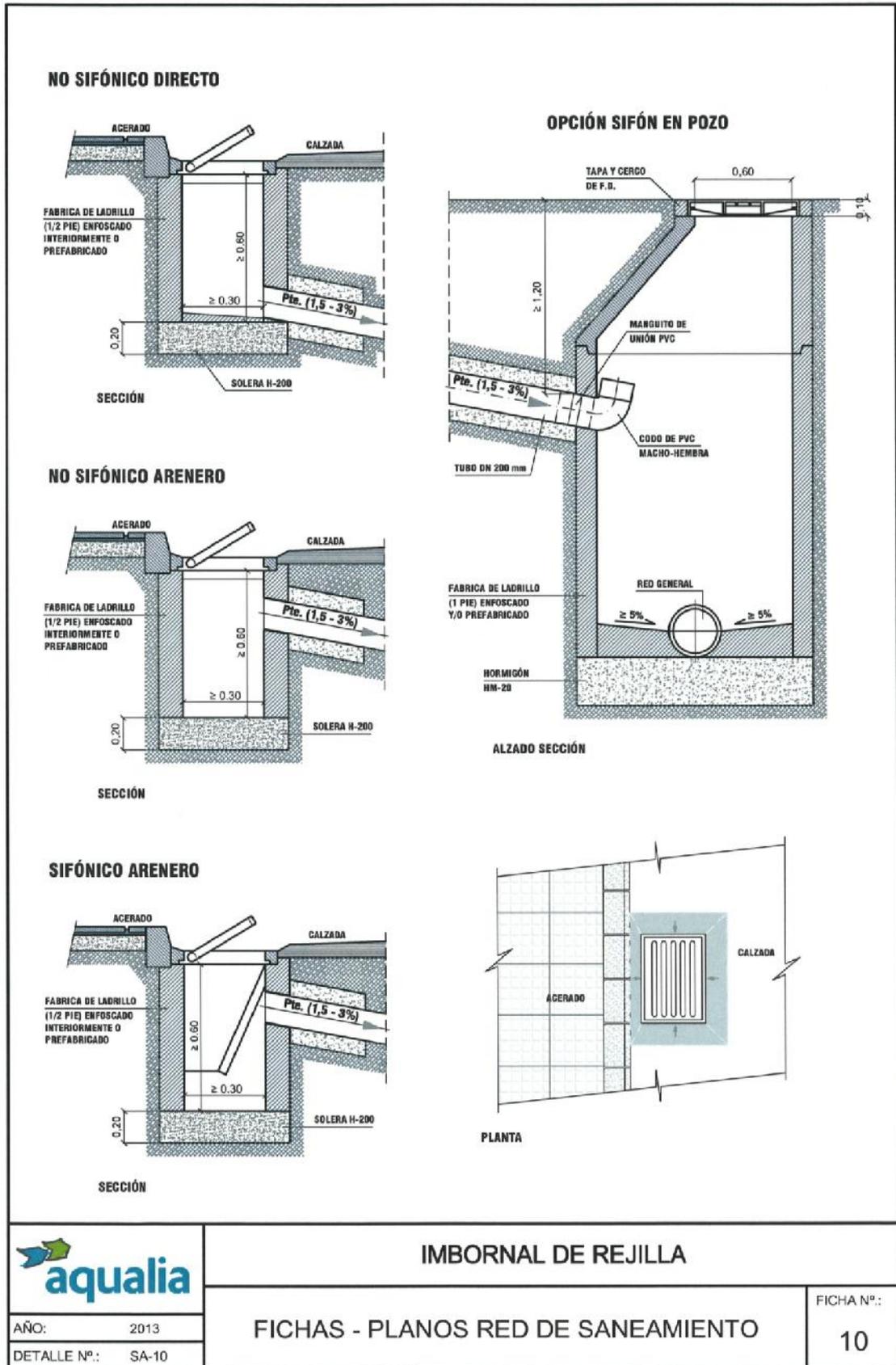
AIV.8. POZO DE REGISTRO PREFABRICADO DE HORMIGÓN TIPO CHIMENEA



AIV.9. POZO DE REGISTRO PREFABRICADO DE MATERIAL TERMOPLÁSTICO

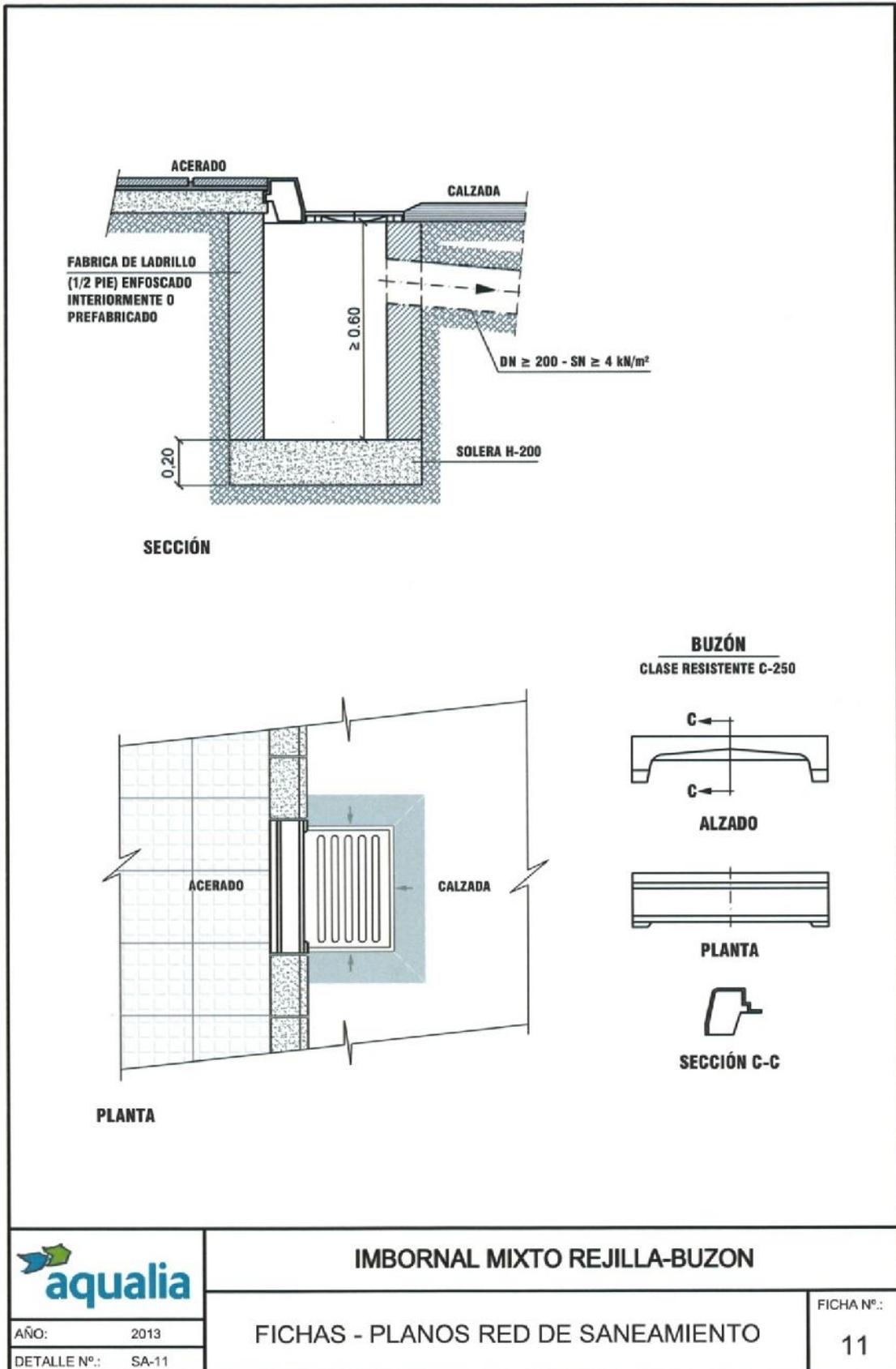


AIV.10. IMBORNAL DE REJILLA

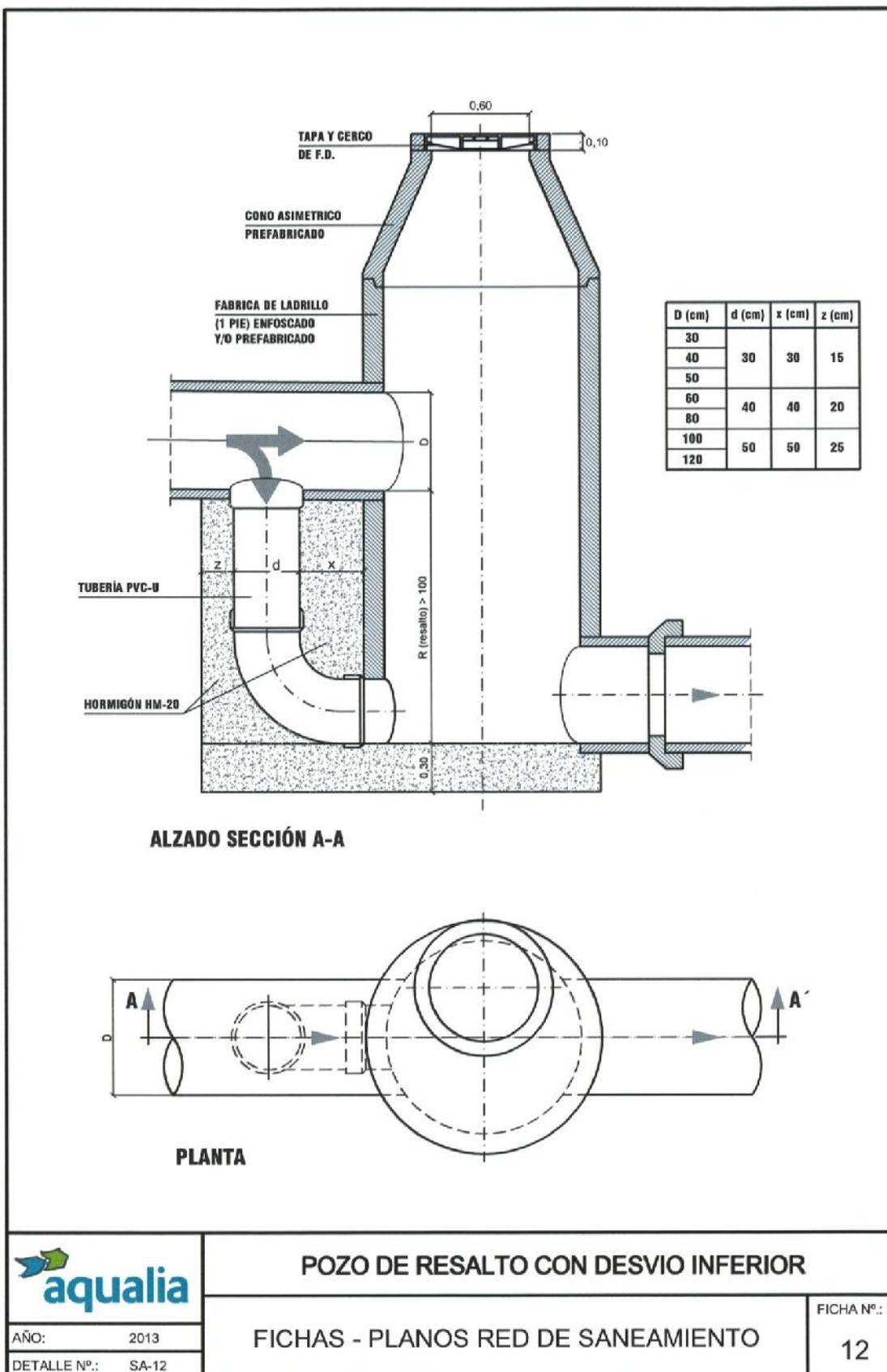


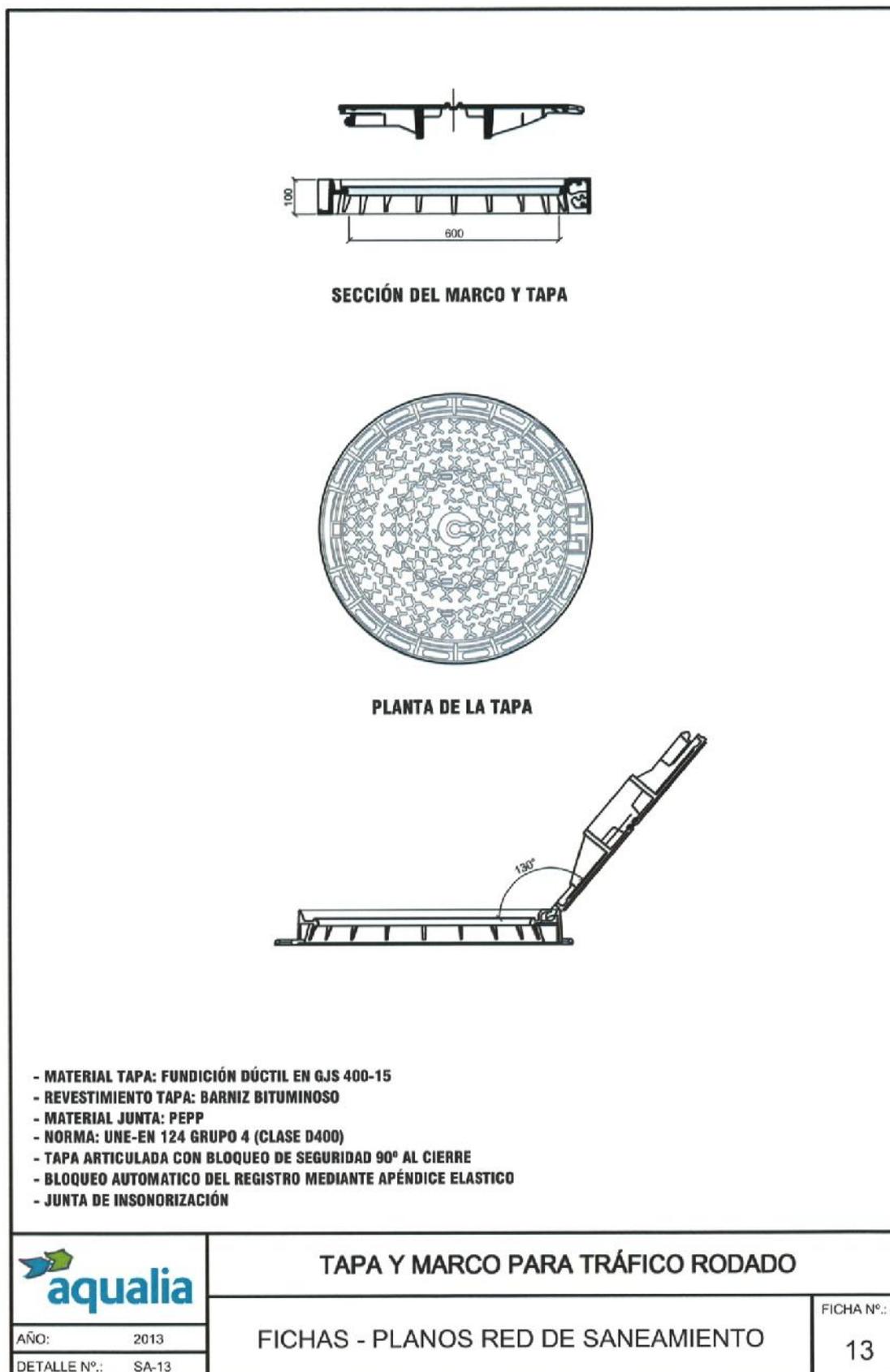
	IMBORNAL DE REJILLA		FICHA Nº: 10
	AÑO: 2013		
DETALLE Nº: SA-10	FICHAS - PLANOS RED DE SANEAMIENTO		

AIV.11. IMBORNAL MIXTO REJILLA - BUZÓN



AIV.12. POZO DE RESALTO CON DESVÍO INTERIOR



AIV.13. TAPA Y MARCO PARA TRÁFICO RODADO

AIV.14. SECCIÓN TIPO ZANJA

ZANJA SIN ENTIBAR

ZANJA ENTIBADA

MATERIAL DE RELLENO ZANJAS

- ZONAS URBANAS: ZAHORRA ARTIFICIAL AL 95% PN
- ZONAS RÚSTICAS: SUELO ADECUADO (PG-3)

ANCHO MÍNIMO DE LA ZANJA EN FUNCIÓN DEL DN Y DE LA PROFUNDIDAD DE LA MISMA

DN	ANCHO MÍNIMO DE LA ZANJA, b (m)
DN ≤ 250	0,60
250 < DN ≤ 350	OD + 0,50
350 < DN ≤ 700	OD + 0,70
700 < DN ≤ 1.200	OD + 0,85
DN > 1.200	OD + 1,00

PROFUNDIDAD DE LA ZANJA H (m)	ANCHO MÍNIMO DE ZANJA b (m)
H ≤ 1,00	0,60
1,00 < H ≤ 1,75	0,80
1,75 < H ≤ 4,00	0,90
H > 4,00	1,00

OD= DIÁMETRO EXTERIOR

EN LOS TUBOS DE MATERIALES TERMOPLÁSTICOS, LA ANCHURA DE LA ZANJA PODRÁ REDUCIRSE A LA EXPRESIÓN: OD + 0,30 m. CON UN MÍNIMO DE 0,50 m.

SECCIÓN TIPO DE ZANJAS

AÑO: 2013

DETALLE Nº.: SA-14

FICHAS - PLANOS RED DE SANEAMIENTO

FICHA Nº.:

14

Anexo V. NORMATIVA



AV.1. LEGISLACIÓN ESPAÑOLA

- Ley 88/1967, de 8 de noviembre, de Pesos y Medidas (BOE de 10 de noviembre de 1967)
- Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras (BOE nº 182, de 30 de julio de 1988)
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria (BOE nº 176, de 23 de julio de 1992)
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 269, de 10 de noviembre de 1995)
- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (BOE nº 266, de 6 de noviembre de 1999)
- Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE nº 111, de 9 de mayo de 2001)
- Ley 39/2003, de 17 de noviembre, del Sector Ferroviario (BOE nº 276, de 18 de noviembre de 2003)
- RD 1296/1986, de 28 de junio, por el que se modifica la Ley 3/1985 de 18 de marzo, de Metrología y se establece el Centro petrológico CEE (BOE de 30 de junio de 1986)
- RD 1302/1986, de 28 de junio, sobre evaluación y obligatoriedad de estudio sobre impacto ambiental (BOE nº 155, de 30 de junio de 1986)
- RD 1630/1992, de 29 de diciembre, por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción en aplicación de la Directiva 89/106/CEE (BOE nº 34, de 9 de febrero de 1993)
- RD 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras (BOE nº 228, de 23 de septiembre de 1994)
- RD 1328/1995, de 28 de julio, por el que se modifica, en aplicación de la Directiva 93/68/CEE, las disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, aprobadas por el RD1630/1992, de 29 de diciembre.
- RD Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas (BOE nº 312, de 30 de diciembre de 1995)

- RD 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial (BOE nº 32, de 6 de febrero de 1996)
- RD 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas (BOE nº 77, de 29 de marzo de 1996)
- RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (BOE nº 97, de 23 de abril de 1997)
- RD 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (BOE nº 256, de 25 de octubre de 1997)
- RD 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas (BOE nº 186, de 5 de agosto de 1998)
- RD 2387/2004, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario (BOE nº 315, de 31 de diciembre de 2004)
- Orden del Ministerio de Obras Públicas, de 13 de julio de 1993, por la que se aprueba la Instrucción para el vertido al mar, desde tierra, de aguas residuales a través de emisarios submarinos (BOE nº 178, de 27 de julio de 1993)

AV.2. LEGISLACIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA

- Directiva 73/23/CEE del Consejo, de 19 de febrero de 1973, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión (DOCE nº 77, serie L, de 26 de marzo de 1973)
- Directiva 76/160/CEE del Consejo, de 8 de diciembre de 1975, relativa a la calidad de las aguas de baño (DOCE nº 31, serie L, de 5 de febrero de 1976)
- Directiva 76/464/CEE del Consejo, de 4 de mayo, relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad (DOCE nº 129, serie L, de 18 de mayo de 1976)
- Directiva 89/106/CEE, de 18 de marzo, sobre los productos de construcción (DOCE nº 40, serie L, de 11 de febrero de 1989)

- Directiva 89/336/CEE del Consejo de 3 de mayo de 1989 sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros relativas a la compatibilidad electromagnética (DOCE nº 139, serie L, de 23 de mayo de 1989)
- Directiva 89/392/CEE del Consejo, de 14 de junio de 1989, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre máquinas (DOCE nº 183, serie L, de 29 de junio de 1989)
- Directiva 91/368/CEE del Consejo, de 20 de junio de 1991, por la que se modifica la directiva 89/392/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre maquinas (DOCE nº 198, serie L, de 22 de julio de 1991)
- Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (DOCE nº 135, serie L, de 30 de mayo de 1991)
- Directiva 92/57/CEE, de 24 de junio de 1992, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deben aplicarse en las obras de construcción temporales o móviles (DOUE nº 245, serie L, de 26 de agosto de 1992)
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DO nº 327, serie L, de 22 de diciembre de 2000)
- Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de febrero, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE (DOUE nº 64, serie L, de 4 de marzo de 2006)

AV.3. NORMAS UNE (Una Norma Española)

- 1.401 Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)

 Parte 2. Guía para la evaluación de la conformidad (UNE ENV)

 Parte 3. Práctica recomendada para la instalación (UNE ENV)
- 1.452 Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)

 Parte 6. Práctica recomendada para la instalación (UNE ENV)

Parte 7. Guía para la evaluación de la conformidad (UNE ENV)

- 1.852 Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Polipropileno (PP)

Parte 2. Guía para la evaluación de la conformidad (UNE ENV)

- 37.507 Recubrimientos galvanizados en caliente de tornillería y otros elementos de fijación
- 53.314 Plásticos. Tubos, juntas y piezas fabricadas con resinas termoestables reforzadas con fibra de vidrio. Terminología
- 53.323 Sistemas de canalización enterrados de materiales plásticos para aplicaciones con y sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resinas de poliéster insaturado (UP) (UNE EX)
- 53.331 Plásticos. Tuberías de poli(cloruro de vinilo) (PVC) no plastificado y polietileno (PE) de alta y media densidad. Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas (UNE IN)
- 53.394 Materiales plásticos. Código de instalación y manejo de tubos de polietileno para conducción de agua a presión. Técnicas recomendadas (UNE IN)
- 53.959 Plásticos. Tubos y accesorios de material termoplástico para el transporte de líquidos a presión. Cálculo de pérdida de carga (UNE IN)
- 80.303 Cementos con características adicionales

Parte 1. Cementos resistentes a los sulfatos

Parte 2. Cementos resistentes al agua de mar

Parte 3. Cementos de bajo calor de hidratación

- 103.101 Análisis granulométrico de suelos por tamizado
- 103.103 Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande
- 103.104 Determinación del límite plástico de un suelo

- 103.201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo
- 103.202 Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo
- 103.300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa
- 103.500 Geotecnia. Ensayo de compactación. Proctor normal
- 103.503 Determinación "in situ" de la densidad de un suelo por el método de la arena
- 127.010 T ubos prefabricados de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero, para conducciones sin presión (UNE EX)
- 127.916 Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, de hormigón armado y hormigón con fibra de acero
- 127.917 Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, de hormigón con fibra de acero y de hormigón armado

AV.4. NORMAS UNE-EN

- 124 Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Principios de construcción, ensayos de tipo, marcado, control de calidad
- 295 Tuberías de gres, accesorios y juntas para saneamiento
 - Parte 1. Requisitos
 - Parte 2. Control de calidad y muestreo
 - Parte 3. Métodos de ensayo
 - Parte 4. Requisitos para accesorios especiales, adaptadores y accesorios compatibles
 - Parte 5. Requisitos para tuberías de gres perforadas y sus accesorios
 - Parte 6. Requisitos para pozos de registro de gres
 - Parte 7. Especificaciones de tuberías de gres y juntas para hinca
 - Parte 10. Requisitos de características funcionales

- 476 Requisitos generales para componentes empleados en tuberías de evacuación, sumideros y alcantarillados para sistemas de gravedad
- 545 Tubos, racores y accesorios de fundición dúctil y sus uniones para canalizaciones de agua. Requisitos y métodos de ensayo
- 598 Tubos, accesorios y piezas especiales de fundición dúctil y sus uniones para el saneamiento. Prescripciones y métodos de ensayo
- 639 Prescripciones comunes para tubos de presión de hormigón incluyendo juntas y accesorios
- 640 Tubos de presión de hormigón armado y tubos de presión de hormigón con armadura difusa (sin camisa de chapa), incluyendo juntas y accesorios
- 641 Tubos de presión de hormigón armado, con camisa de chapa, incluyendo juntas y accesorios
- 642 Tubos de presión de hormigón pretensado, con y sin camisa de chapa, incluyendo juntas, accesorios y prescripciones particulares relativos al acero de pretensar para tubos
- 681 Juntas elastoméricas. Requisitos de los materiales para juntas de estanquidad de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y drenaje.
 - Parte 1. Caucho vulcanizado
 - Parte 2. Elastómeros termoplásticos
 - Parte 3. Materiales celulares de caucho vulcanizado
 - Parte 4: Elementos de estanquidad de poliuretano moldeado
- 736 Válvulas. Terminología
 - Parte 1. Definición de los tipos de válvulas
 - Parte 2. Definición de los componentes de las válvulas
 - Parte 3. Definición de términos
- 752 Sistemas de desagües y de alcantarillado exteriores a edificios.
 - Parte 1. Generalidades y definiciones

- Parte 2. Requisitos de comportamiento
- Parte 3. Proyecto
- Parte 4. Cálculo hidráulico y consideraciones medioambientales
- Parte 5. Rehabilitación
- Parte 6. Instalaciones de bombeo
- Parte 7. Explotación y mantenimiento
- 805 Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes 809 Bombas y grupos motobombas para líquidos. Requisitos comunes de seguridad
- 1.401 Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U).
- Parte 1. Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema
- 1.043 Plásticos. Símbolos y abreviaturas.
- Parte 1. Polímeros de base y sus características especiales
- Parte 2. Cargas y materiales de refuerzo
- Parte 3. Plastificantes
- Parte 4. Retardadores de llama
- 1.074 Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados
- Parte 1. Requisitos generales
- Parte 2. Válvulas de seccionamiento
- Parte 3. Válvulas antirretorno
- Parte 4. Purgadoras y ventosas
- Parte 5. Válvulas de control
- Parte 6. Hidrantes
- 1.091 Sistemas de alcantarillado por vacío en el exterior de edificios

- 1.092 Bridas y sus uniones. Bridas circulares para tuberías, grifería, accesorios y piezas especiales, designación PN.

Parte 1. Bridas de acero

Parte 2. Bridas de fundición

Parte 3. Bridas de aleación de cobre

Parte 4. Bridas de aleaciones de aluminio

- 1.115 Sistemas de canalización enterrados de materiales plásticos para evacuación y saneamiento con presión - Plásticos termoestables reforzados con fibra de fibra de vidrio (PRFV) basados en resina de poliéster insaturada (UP).

Parte 1. Generalidades

Parte 3. Accesorios

Parte 5. Aptitud de las juntas para su utilización

- 1.401 Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)

Parte 1. Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema

- 1.433 Canales de desagüe para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Clasificación, requisitos de diseño y de ensayo, marcado y evaluación de la conformidad

- 1.452 Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)

Parte 1. Generalidades

Parte 2. Tubos

Parte 3. Accesorios

Parte 4. Válvulas y equipo auxiliar

Parte 5. Aptitud al uso del sistema

- 1.456 Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado con presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)

Parte 1. Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema

Parte 2. Guía para la evaluación de la conformidad (UNE-CEN/TS)

- 1.461 Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo (UNE-EN ISO)
- 1.503 Válvulas. Materiales para los cuerpos, caperuzas y Cubiertas
 - Parte 1. Aceros especificados en las normas europeas
 - Parte 2. Aceros distintos de los especificados en las normas europeas
 - Parte 3. Fundiciones especificadas en las normas europeas
 - Parte 4. Aleaciones de cobre especificadas en las normas europeas
- 1.610 Instalación y pruebas de acometidas y redes de saneamiento
- 1.636 Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento sin presión. Plásticos reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resina de poliéster insaturado (UP)
 - Parte 3. Accesorios
 - Parte 5. Aptitud de las juntas para su utilización
 - Parte 6. Prácticas de instalación
- 1.852 Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Polipropileno (PP)
 - Parte 1. Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema
- 1.916 Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero
- 1.917 Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibras de acero
- 1.982 Cobre y aleaciones de cobre. Lingotes y piezas moldeadas
- 3.126 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Componentes de materiales plásticos. Determinación de las dimensiones (UNE-EN ISO)

- 6.708 Componentes de canalizaciones. Definición y selección de DN (diámetro nominal) (UNE-EN ISO)
- 9.969 Tubos de materiales termoplásticos. Determinación de la rigidez anular (UNE-EN ISO)
- 10.002 Materiales metálicos. Ensayos de tracción
 - Parte 1. Método de ensayo a temperatura ambiente
 - Parte 2. Verificación de extensómetros utilizados en los ensayos uniaxiales
- 10.025 Productos laminados en caliente de aceros para estructuras
 - Parte 1. Condiciones técnicas generales de suministro
 - Parte 2. Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados
 - Parte 3. Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales soldables de grano fino en la condición de normalizado/laminado de normalización
- 10.088 Aceros inoxidables
 - Parte 1. Relación de aceros inoxidables
 - Parte 2. Condiciones técnicas de suministro de planchas y bandas para uso general
 - Parte 3. Condiciones técnicas de suministro para semiproductos, barras, alambión y perfiles para aplicaciones en general
- 10.111 Bandas y chapas laminadas en caliente en continuo de acero bajo en carbono para conformado en frío. Condiciones técnicas de suministro
- 10.130 Productos planos laminados en frío de acero bajo en carbono para embutición o conformación en frío. Condiciones técnicas de suministro
- 10.224 Tubos y accesorios en acero no aleado para el transporte de líquidos acuosos, incluido agua para consumo humano. Condiciones técnicas de suministro
- 12.050 Plantas elevadoras de aguas residuales para edificios e instalaciones. Principios de construcción y ensayo

Parte 1. Plantas elevadoras de aguas residuales que contienen materias fecales

Parte 2. Plantas elevadoras de aguas residuales que no contienen materias fecales

Parte 3. Plantas elevadoras de aguas residuales que contienen materias fecales, para aplicaciones limitadas

Parte 4. Válvulas de retención para aguas residuales que no contienen materias fecales y para aguas residuales que contienen materias fecales

- 12.100 Sistemas de canalización en materiales plásticos. Válvulas de polietileno (PE). Método de ensayo de resistencia a la flexión entre soportes
- 12.109 Redes de evacuación por vacío en el interior de edificios
- 12.162 Materiales termoplásticos para tubos y accesorios para aplicaciones a presión. Clasificación y designación. Coeficiente global de diseño (de servicio)
- 12.165 Cobre y aleaciones de cobre. Productos y semiproductos para forja
- 12.201 Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE)
 - Parte 1. Generalidades
 - Parte 2. Tubos
 - Parte 3. Accesorios
 - Parte 4. Válvulas
 - Parte 5. Aptitud al uso del sistema
- 12.666 Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Polietileno (PE)
 - Parte 1. Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema
- 12.842 Accesorios de fundición dúctil para sistemas de tuberías de PVC-U o PE. Requisitos y métodos de ensayo
- 12.889 Puesta en obra sin zanja de redes de saneamiento y ensayos

- 13.101 Pates para pozos de registro enterrados. Requisitos, marcado, ensayos y evaluación de conformidad
- 13.244 Sistemas de canalización en materiales plásticos, enterrados o aéreos, para suministro de agua, en general, y saneamiento a presión. Polietileno (PE)
 - Parte 1. Generalidades
 - Parte 2. Tubos
 - Parte 3. Accesorios
 - Parte 4. Válvulas
 - Parte 5. Aptitud del sistema a la función
- 13.331 Sistemas de entibación de zanjas
 - Parte 1. Especificaciones del producto
 - Parte 2. Evaluación por cálculo o por ensayo
- 13.508 Condición de los sistemas de desagüe y de alcantarillado en el exterior de edificios.
 - Parte 1. Requisitos generales
 - Parte 2. Sistema de codificación de inspecciones visuales
- 13.598 Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento y evacuación enterrados sin presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE)
 - Parte 1. Especificaciones para los accesorios auxiliares incluidas las arquetas de inspección poco profundas
- 13.689 Guía para la clasificación y el diseño de sistemas de canalización en materiales plásticos utilizados en la renovación
- 14.364 Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento con o sin presión. Plásticos termoendurecibles reforzados con vidrio (PRFV) a base de resina de poliéster insaturado (UP). Especificaciones para tuberías, accesorios y uniones
- 14.396 Escaleras fijas para pozos de registro

- 14.409 Sistemas de canalización en materiales plásticos para la renovación de redes de conducción de agua enterradas

 Parte 1. Generalidades

 Parte 3. Entubado con tubos ajustados
- 14.457 Requisitos generales para componentes diseñados específicamente para ser utilizados en la puesta en obra sin zanja de redes de saneamiento
- 14.920 Proyección térmica. Proyección y fusión de los revestimientos obtenidos por proyección térmica de aleaciones autofundentes (UNE-EN ISO)
- 20.898 Características mecánicas de los elementos de fijación.

 Parte 1. Pernos, tornillos y bulones

 Parte 2. Tuercas con valores de carga de prueba especificados. Rosca de paso grueso
- 55.011 Límites y métodos de medida de las características relativas a las perturbaciones radioeléctricas de los aparatos industriales, científicos y médicos (ICM) que producen energía en radiofrecuencia
- 60.034 Máquinas eléctricas rotativas

 Parte 1. Características asignadas y características de funcionamiento

 Parte 2. Métodos para la determinación de las pérdidas y del rendimiento de las máquinas eléctricas rotativas a partir de los ensayos (excepto las máquinas para vehículos de tracción)

 Parte 3. Reglas específicas para las turbomáquinas síncronas

 Parte 4. Métodos para la determinación de las magnitudes de las máquinas síncronas a partir de ensayos

 Parte 5. Grados de protección proporcionados por el diseño integral de las máquinas eléctricas rotativas (código IP). Clasificación

 Parte 6. Métodos de refrigeración (Código IC)

 Parte 7. Clasificación de los tipos de construcción, de las disposiciones de montaje y posición de la caja de bornes (código IM)

- Parte 8. Marcas de los bornes y sentido de giro
- Parte 9. Límites de ruido
- Parte 11. Protección térmica
- Parte 12. Características de arranque de los motores trifásicos de inducción de jaula con una sola velocidad para tensiones de alimentación iguales o inferiores a 690 V, 50 Hz
- Parte 14. Vibraciones mecánicas de determinadas máquinas con altura de eje igual o superior a 56 mm. Medición, evaluación y límites de la intensidad de vibración
- Parte 15. Niveles de tensión soportada con impulso de las máquinas rotativas de corriente alterna con bobinas de estator preformadas
- Parte 16. Sistemas de excitación para máquinas síncronas
- Parte 18: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento
- Parte 22: Generadores de corriente alterna para grupos electrógenos accionados por motores de combustión interna y de pistones
- 61.000 Compatibilidad electromagnética (CEM)
- Parte 2. Entorno
- Parte 3. Límites
- Parte 4. Técnicas de ensayo y de medida
- Parte 5. Guías de instalación y atenuación
- Parte 6. Normas genéricas
- 61.010 Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio
- Parte 1. Requisitos generales
- Parte 2. Requisitos particulares
- 61.800 Accionamientos eléctricos de potencia de velocidad variable.
- Parte 1. Especificaciones de dimensionamiento para sistemas de accionamiento de potencia en corriente continua y baja tensión

Parte 3. Norma de producto relativa a CEM incluyendo métodos de ensayo específicos.

Equipo Redactor

Departamento Técnico de Aqualia

