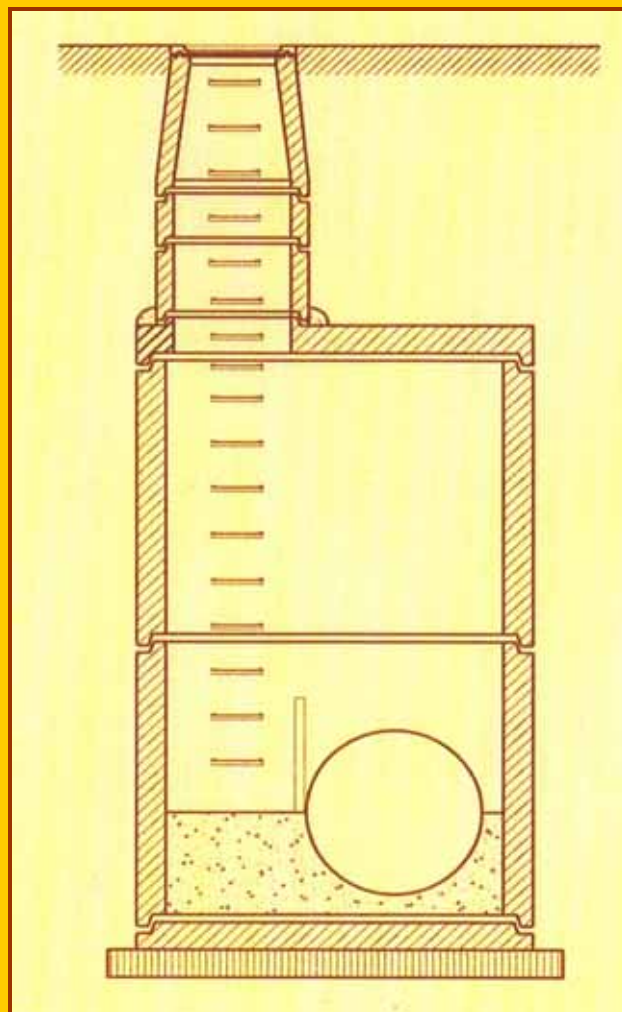




Canal de  
Isabel II

# NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO

Versión 2006



NRSCYII – 2006

FECHA DE APROBACIÓN: 27-03-2006

FECHA DE VIGENCIA: 02-05-2006



# **NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO**

**Versión 2006**

**NRSCYII- 2006**

**Fecha de aprobación: 27 – 03- 2006**

**Fecha de vigencia: 02 – 05 - 2006**





## Presentación

Con la publicación de las NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (Versión 2006), se amplía el marco normativo del Canal de Isabel II, que junto con las Normas para el Abastecimiento de Agua (Revisión 2004), constituyen el referente técnico preceptivo para el diseño y construcción de infraestructuras hidráulicas en el ámbito de la Comunidad de Madrid.

El propósito de estas NORMAS consiste en establecer los criterios técnicos generales de aplicación a las infraestructuras constituyentes de las mismas, con el fin de conseguir la uniformidad de las redes que sean objeto de la gestión del sistema integral de saneamiento del Canal de Isabel II.

Su ámbito de aplicación se extiende a la práctica totalidad de las Áreas de la Empresa, desde la determinación de las necesidades de infraestructuras asociadas al planeamiento urbano, o la elaboración de planes y proyectos de construcción y renovación del sistema general de saneamiento, pasando por la emisión de conformidades técnicas a los proyectos de redes de alcantarillado presentados por los urbanizadores, hasta la contratación de las acometidas de nuevos vertidos.

La redacción de las NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO es conforme con lo establecido en la legislación y normativa técnica vigente de ámbito nacional e internacional, incluyendo las innovaciones surgidas en el campo de los materiales de los distintos componentes y equipos que integran las instalaciones hidráulicas, así como la experiencia de los servicios técnicos del Canal de Isabel II.

La entrada en vigor de las NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO permitirá la mejora de las redes existentes y un mayor nivel de calidad de aquellas de nueva construcción.

Madrid, marzo de 2006

Ildefonso de Miguel Rodríguez

Director Gerente

## **Equipo Redactor y Revisor**

### **Aprobación**

Director Gerente

*Ildefonso de Miguel Rodríguez*

### **Revisión**

Director de Innovación e Ingeniería

*Adrián Martín López de las Huertas*

Director de Saneamiento y Reutilización

*Avelino Alfredo Martínez Herrero*

Director de Desarrollo Comercial y Municipal

*Juan Ignacio Zubizarreta Pariente*

### **Redacción**

Por parte del Canal de Isabel II:

*Fernando Abad Campos*

*Álvaro Arroyo Lumbier*

*Belén Benito Martínez*

*María del Carmen Benito López*

*Fernando García Álvarez*

*Alberto Gutiérrez García*

*Francisco Jerez Halcón*

*Antonio Lastra de la Rubia*

*Juan Manuel Maillo Álvarez de la Braña*

*Juan Luis Marín Andreu*

*Francisco Javier Pascual Sanz*

*José Antonio Sánchez Fernández*

*Juan Sánchez García*

Por parte del Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX):

*Luis Balairón Pérez*

*Federico Estrada Lorenzo*

*Cristina Lechuga García*

*Alfonso Palma Villalón*

## Índice general

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>I Condiciones generales .....</b>	<b>3</b>
<b>II Componentes.....</b>	<b>13</b>
<b>III Diseño de la red de alcantarillado, colectores y emisarios.....</b>	<b>89</b>
<b>IV Diseño de las acometidas.....</b>	<b>129</b>
<b>V Instalación de la tubería .....</b>	<b>135</b>
<b>VI Aseguramiento de la calidad .....</b>	<b>149</b>
<b>Normativa citada .....</b>	<b>159</b>
<b>Abreviaturas y acrónimos .....</b>	<b>167</b>
<b>Simbología.....</b>	<b>169</b>
<b>Anexo 1 Planos</b>	
<b>Anexo 2 Características técnicas de las conducciones según normativa vigente</b>	
<b>Anexo 3 Drenaje superficial urbano</b>	
<b>Anexo 4 Cálculo del caudal de aguas pluviales</b>	





## Índice detallado

<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>I Condiciones generales .....</b>	<b>3</b>
I.1 Objeto .....	3
I.2 Ámbito de aplicación .....	3
I.3 Normativa y Reglamentación vigente.....	3
I.4 Documentación del Proyecto .....	3
I.4.1 Memoria y Anejos .....	4
I.4.1.1 Memoria justificativa.....	4
I.4.1.2 Anejos.....	4
I.4.2 Planos .....	5
I.4.3 Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.....	5
I.4.4 Presupuesto.....	6
I.5 Definiciones .....	6
I.6 Sistema de unidades.....	11
<b>II Componentes.....</b>	<b>13</b>
II.1 Generalidades.....	13
II.2 Conducciones.....	14
II.2.1 Generalidades. Mapa de usos .....	14
II.2.2 Tubos de hormigón armado de sección circular .....	16
II.2.2.1 Generalidades .....	16
II.2.2.2 Definiciones.....	16
II.2.2.3 Clasificación.....	17
II.2.2.4 Características técnicas.....	17
II.2.2.5 Dimensiones .....	18
II.2.2.6 Uniones.....	19
II.2.3 Tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada.....	20
II.2.3.1 Generalidades .....	20
II.2.3.2 Definiciones.....	20
II.2.3.3 Clasificación.....	21
II.2.3.4 Características técnicas.....	21
II.2.3.5 Dimensiones .....	21
II.2.3.6 Uniones.....	22
II.2.4 Tubos de gres.....	22
II.2.4.1 Generalidades .....	22

I.4.2	Definiciones.....	23
II.2.4.3	Clasificación.....	23
II.2.4.4	Características técnicas.....	23
II.2.4.5	Dimensiones.....	24
II.2.4.6	Uniones.....	24
II.2.5	Tubos de fundición dúctil.....	25
II.2.5.1	Generalidades.....	25
II.2.5.2	Definiciones.....	25
II.2.5.3	Clasificación.....	25
II.2.5.4	Características técnicas.....	25
II.2.5.5	Dimensiones.....	25
II.2.5.6	Uniones.....	26
II.2.5.7	Revestimientos del tubo.....	27
II.2.6	Tubos de PVC-O.....	27
II.2.6.1	Generalidades.....	27
II.2.6.2	Definiciones.....	27
II.2.6.3	Clasificación.....	29
II.2.6.4	Características técnicas.....	29
II.2.6.5	Dimensiones.....	30
II.2.6.6	Uniones.....	31
II.2.7	Tubos de PRFV.....	31
II.2.7.1	Generalidades.....	31
II.2.7.2	Definiciones.....	31
II.2.7.3	Clasificación.....	32
II.2.7.3.1	Características técnicas.....	32
II.2.7.3.2	Dimensiones.....	33
II.2.7.3.3	Uniones.....	34
II.2.8	Tubos de PE de pared lisa.....	35
II.2.8.1	Generalidades.....	35
II.2.8.2	Definiciones.....	35
II.2.8.3	Clasificación.....	35
II.2.8.4	Características técnicas.....	35
II.2.8.5	Dimensiones.....	36
II.2.8.6	Uniones.....	37
II.3	Juntas y uniones.....	37
II.4	Piezas especiales.....	38
II.4.1	Generalidades.....	38
II.4.2	Definiciones.....	39
II.4.3	Piezas especiales de fundición dúctil.....	40
II.4.4	Piezas especiales de PE de pared lisa.....	41
II.4.5	Piezas especiales de PRFV.....	42
II.5	Registros: arquetas y pozos.....	43
II.5.1	Clases de registros.....	43
II.5.2	Definiciones.....	43
II.5.3	Arquetas.....	44
II.5.3.1	Requisitos generales.....	44
II.5.3.2	Arquetas prefabricadas.....	44
II.5.3.3	Arquetas construidas in situ.....	45
II.5.4	Pozos.....	45
II.5.4.1	Requisitos generales.....	45
II.5.4.2	Pozos de registro.....	46
II.5.4.3	Pozos de resalto.....	48
II.5.4.4	Pozos para acometidas.....	48
II.5.5	Elementos auxiliares.....	48
II.6	Acometidas.....	49
II.6.1	Generalidades.....	49
II.6.2	Componentes de las acometidas.....	50
II.6.2.1	Arqueta de arranque.....	50

II.6.2.2	Albañal .....	51
II.6.2.3	Entronque .....	51
II.7	Aliviaderos y tanques de tormentas .....	52
II.7.1	Clases de aliviaderos .....	52
II.7.2	Características generales.....	53
II.7.3	Elementos auxiliares.....	57
II.8	Estaciones de bombeo.....	60
II.8.1	Cámara de entrada .....	63
II.8.2	Pozo de gruesos .....	63
II.8.3	Desbaste de sólidos.....	64
II.8.4	Elevación de agua bruta.....	64
II.8.4.1	Características generales de las cámaras de aspiración.....	64
II.8.4.2	Cámaras tranquilizadoras.....	64
II.8.4.3	Bombas.....	66
II.8.4.4	Tubo de aspiración .....	67
II.8.5	Colector de Impulsión .....	68
II.8.6	Instalaciones adicionales .....	68
II.8.6.1	Instrumentación .....	68
II.8.6.1.1	Instalaciones básicas.....	68
II.8.6.1.2	Controlador programable de las bombas .....	69
II.8.6.2	Instalaciones eléctricas .....	71
II.8.6.2.1	Cuadro de distribución.....	71
II.8.6.2.2	Centro Control de Motores (C.C.M.) .....	71
II.8.6.2.3	Aparellaje eléctrico adicional.....	71
II.8.6.2.4	Cableado de fuerza y maniobra.....	73
II.8.6.2.5	Instalación de alumbrado .....	73
II.8.6.2.6	Instalación de tierras .....	74
II.8.6.3	Regulación del caudal.....	74
II.8.6.4	Grupo electrógeno .....	75
II.8.6.5	Equipos de elevación.....	75
II.8.6.6	Desodorización .....	75
II.8.6.7	Eliminación de ruidos.....	76
II.8.6.8	Elementos complementarios.....	76
II.9	Laminadores.....	76
II.9.1	Generalidades .....	76
II.9.2	Clases de laminadores .....	76
II.9.3	Elementos auxiliares.....	77
II.10	Otros componentes complementarios .....	78
II.10.1	Generalidades.....	78
II.10.2	Cámaras de descarga.....	78
II.10.3	Cámaras de rotura .....	78
II.10.4	Cámaras de válvulas .....	79
II.10.5	Elementos de ventilación .....	79
II.10.6	Rápidos .....	80
II.10.7	Sifones.....	80
II.10.8	Válvulas, ventosas y desagües .....	82
II.10.8.1	Generalidades. Definiciones .....	82
II.10.8.2	Características técnicas y dimensiones .....	83
II.10.8.3	Válvulas de compuerta .....	83
II.10.8.4	Válvulas antirretorno o de retención.....	84
II.10.8.5	Ventosas .....	84
II.10.8.6	Desagües.....	84
II.10.9	Elementos auxiliares .....	84
II.10.10	Elementos de automatización y control .....	88
<b>III</b>	<b>Diseño de la red de alcantarillado, colectores y emisarios.....</b>	<b>89</b>
III.1	Información previa .....	89

III.2	Criterios generales de diseño.....	89
III.3	Sistemas de saneamiento.....	90
III.3.1.1	Generalidades.....	90
III.3.1.2	Criterios de adopción.....	91
III.4	Trazado.....	91
III.4.1	Consideraciones generales.....	91
III.4.2	Trazado en planta.....	91
III.4.3	Trazado en alzado.....	95
III.5	Dimensionamiento de las conducciones.....	95
III.5.1	Dimensionamiento hidráulico.....	95
III.5.1.1	Consideraciones generales.....	95
III.5.1.2	Determinación de los caudales de diseño.....	95
III.5.1.2.1	Dotaciones de cálculo.....	96
III.5.1.2.2	Caudales de aguas residuales.....	96
III.5.1.2.3	Caudal de aguas pluviales.....	97
III.5.1.2.4	Caudales de cálculo de las conducciones.....	97
III.5.1.3	Velocidad del agua.....	98
III.5.1.4	Llenado de la conducción.....	98
III.5.1.5	Pérdidas de carga.....	98
III.5.1.5.1	Pérdidas de carga continuas.....	98
III.5.1.5.2	Pérdidas de carga localizadas.....	99
III.5.1.6	Autolimpieza de las conducciones.....	100
III.5.2	Dimensionamiento mecánico.....	100
III.5.2.1	Consideraciones generales.....	100
III.5.2.2	Dimensionamiento de conducciones enterradas.....	101
III.5.2.2.1	Tubos de hormigón de sección circular.....	101
III.5.2.2.2	Tubos de gres.....	104
III.5.2.2.3	Tubos de fundición dúctil.....	104
III.5.2.2.4	Tubos de materiales termoplásticos.....	106
III.5.2.2.5	Tubos de PRFV.....	106
III.5.2.3	Dimensionamiento de conducciones aéreas.....	108
III.5.2.4	Dimensionamiento de conducciones hincadas.....	108
III.6	Dimensionamiento de los aliviaderos y tanques de tormentas.....	111
III.6.1	Criterios generales.....	111
III.6.2	Caudales de diseño en los aliviaderos.....	111
III.6.3	Dimensionamiento hidráulico.....	112
III.6.3.1	Diseño del tanque de tormentas.....	112
III.6.3.2	Diseño del canal principal.....	113
III.6.3.3	Diseño del elemento de alivio.....	113
III.6.4	Dimensionamiento geométrico.....	113
III.6.5	Dimensionamiento mecánico.....	114
III.6.6	Dimensionamiento de los elementos auxiliares.....	114
III.6.6.1	Elemento de regulación.....	114
III.6.6.2	Dispositivos para la limpieza del tanque de tormentas.....	114
III.7	Dimensionamiento de las estaciones de bombeo.....	115
III.7.1	Determinación de los caudales de diseño.....	115
III.7.2	Dimensionamiento hidráulico.....	116
III.7.2.1	Volumen del depósito de bombeo.....	116
III.7.2.2	Tubo de aspiración.....	119
III.7.2.3	Tubo de impulsión.....	120
III.7.2.4	Diseño de otros elementos de la estación.....	120
III.7.3	Dimensionamiento geométrico.....	121
III.7.4	Dimensionamiento mecánico.....	122
III.8	Dimensionamiento de los laminadores.....	122
III.8.1	Caudales de diseño en los laminadores.....	123
III.8.2	Predimensionamiento hidráulico de los laminadores sin derivación.....	123
III.8.3	Predimensionamiento hidráulico de laminadores con derivación.....	124
III.8.4	Dimensionamiento geométrico.....	125

III.8.5	Dimensionamiento mecánico .....	125
III.8.6	Dimensionamiento de los elementos auxiliares.....	125
III.9	Dimensionamiento de los restantes componentes de la red de alcantarillado.....	126
III.9.1	Pozos.....	126
III.9.2	Cámaras de descarga .....	127
III.9.3	Elementos de ventilación.....	127
III.9.4	Rápidos .....	127
III.9.5	Sifones .....	127
III.9.6	Válvulas, ventosas y desagües de fondo y accesorios .....	128
III.9.6.1	Válvulas.....	128
III.9.6.2	Ventosas .....	128
III.9.6.3	Desagües.....	128
<b>IV</b>	<b>Diseño de las acometidas.....</b>	<b>129</b>
IV.1	Trazado.....	129
IV.1.1	Trazado en planta.....	129
IV.1.2	Trazado en alzado .....	129
IV.2	Dimensionamiento hidráulico .....	130
IV.3	Dimensionamiento mecánico .....	133
<b>V</b>	<b>Instalación de la tubería .....</b>	<b>135</b>
V.1	Seguridad y Salud en la obra .....	135
V.2	Transporte, almacenamiento y manipulación .....	135
V.2.1	Transporte.....	135
V.2.2	Almacenamiento.....	136
V.2.3	Manipulación.....	137
V.3	Instalación de conducciones enterradas .....	137
V.3.1	Zanjas .....	138
V.3.1.1	Geometría de las zanjas .....	138
V.3.1.2	Ejecución de las zanjas.....	139
V.3.1.3	Agotamiento de zanjas y rebajamiento del nivel freático .....	140
V.3.2	Camas de apoyo.....	141
V.3.2.1	Camas de material granular .....	141
V.3.2.2	Camas de hormigón.....	142
V.3.2.3	Criterios de selección de la cama de apoyo .....	142
V.3.3	Colocación de la conducción .....	143
V.3.4	Rellenos .....	144
V.3.5	Entibaciones.....	145
V.4	Instalación de conducciones sin apertura de zanja.....	147
<b>VI</b>	<b>Aseguramiento de la calidad .....</b>	<b>149</b>
VI.1	Introducción .....	149
VI.2	Control de calidad de la fabricación.....	150
VI.3	Control de la calidad de la instalación .....	150
VI.4	Pruebas de la tubería instalada .....	151
VI.4.1	Conducciones enterradas en lámina libre.....	152
VI.4.1.1	Prueba con aire(método L) .....	152
VI.4.1.2	Prueba con agua (método W) .....	152
VI.4.2	Conducciones enterradas bajo presión hidráulica interior .....	152
VI.4.2.1	Etapas preliminar .....	153
VI.4.2.2	Etapas principal o de puesta en carga.....	153

<b>Normativa citada .....</b>	<b>159</b>
<b>Abreviaturas y acrónimos .....</b>	<b>167</b>
<b>Simbología.....</b>	<b>169</b>

**Anexo 1 Planos**

**Anexo 2 Características técnicas de las conducciones según normativa vigente**

**Anexo 3 Drenaje superficial urbano**

**Anexo 4 Cálculo del caudal de aguas pluviales**

## Introducción

El documento “Normas para Redes de Saneamiento (Versión 2006)” que conforma esta publicación es producto de la colaboración entre los Servicios técnicos del Canal de Isabel II y del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, relacionados con el contenido que en él se desarrolla.

El desarrollo de los trabajos se ha llevado a cabo en la Dirección de Desarrollo Comercial y Municipal, encomendando el seguimiento de los trabajos al Departamento de Planeamiento y Normativa que presidió y auspició la creación de un Grupo de Trabajo integrado por los responsables de los siguientes Servicios del Canal de Isabel II y del Centro de Estudios Hidrográficos:

Por el Canal de Isabel II:

*Subdirección de Saneamiento y Medio Ambiente:*

Departamento de Redes de Saneamiento  
División de Saneamiento Este  
División de Saneamiento Oeste

*Subdirección de Ingeniería y Construcción:*

Departamento de Construcciones de Saneamiento  
División de Proyectos de Saneamiento

*Subdirección de Planeamiento y Coordinación Municipal*

Departamento de Planeamiento y Normativa  
División de Normativa y Homologación

Por el Centro de Estudios Hidrográficos:

Área de Estudios y Planificación

El Grupo de Trabajo mantuvo un programa de reuniones periódicas para la revisión de los distintos borradores que precedieron a la edición definitiva de las Normas para Redes de Saneamiento (Versión 2006). Estas Normas nunca hubieran sido posibles sin las aportaciones, tanto en forma de comentario como de experiencia práctica, que los integrantes del Grupo de Trabajo ofrecieron sobre los numerosos temas que se debatieron en el seno del mismo y que abarcan la totalidad de los capítulos que componen este documento.

Caben destacar en estas reuniones los debates surgidos en cuanto a: Diferenciación entre alcantarillas, colectores y emisarios; Mapa de usos de materiales a emplear; Drenaje superficial urbano; Aliviaderos, tanques de tormentas y laminadores; Estaciones de bombeo; Dimensionamiento de los componentes de la red de alcantarillado; Arquetas y pozos de registro.

El documento final ha quedado estructurado en seis capítulos, tres apéndices (Normativa citada, Abreviaturas y acrónimos, y Simbología) y cuatro anexos (Planos, Características técnicas de las conducciones según normativa vigente, Drenaje superficial urbano y Cálculo del caudal de aguas pluviales).

En el *Capítulo I: Condiciones generales* se describen el objeto y ámbito de aplicación de estas normas, se desarrollan las definiciones de los principales conceptos empleados, así como el Sistema de Unidades considerado y los diferentes factores de conversión.

En el *Capítulo II: Componentes* se clasifican las distintas partes integrantes de una red de saneamiento en: conducciones, juntas y uniones, piezas especiales, registros en arquetas y pozos, acometidas, aliviaderos y tanques de tormentas, estaciones de bombeo, laminadores y componentes complementarios. Se desarrollan los distintos materiales admitidos, se define un mapa de usos de los mismos en función de las gamas de diámetros, del funcionamiento hidráulico y de su emplazamiento en la red de saneamiento.

El *Capítulo III: Diseño de la red de alcantarillado, colectores y emisarios* desarrolla el procedimiento a seguir en la redacción de proyectos de nuevas redes de saneamiento. En este capítulo se comienza por establecer unos criterios generales de diseño y por distinguir los distintos sistemas de saneamiento. A continuación se fijan una serie de condiciones a tener en cuenta en el trazado de las conducciones tanto en planta como en alzado y, por último, se desarrollan los distintos apartados relacionados con el dimensionamiento de los componentes de la red: conducciones, aliviaderos y tanques de tormentas, estaciones de bombeo, laminadores y otros componentes. En general, se considera tanto el dimensionamiento hidráulico como el geométrico y mecánico.

En el *Capítulo IV: Diseño de las acometidas*, se establecen las condiciones mínimas en cuanto a su trazado en planta y alzado, se clasifican según el sistema de saneamiento y la naturaleza de las aguas a evacuar, y se especifican las bases para su diseño hidráulico en función de su tipología. Su dimensionamiento mecánico se realizará conforme a lo dispuesto en el capítulo III.

El *Capítulo V: Instalación de la tubería* se estructura en cuatro apartados principales: Seguridad y salud en obra, Transporte, almacenamiento y manipulación, Instalación de conducciones enterradas, e Instalación de conducciones sin apertura de zanja. En cuanto a las conducciones enterradas se presta especial atención en la geometría, ejecución y agotamiento de las zanjas, así como en los criterios de selección de la cama de apoyo, en la colocación de la conducción y en el relleno de la zanja y en su entibación. En el artículo de instalación de conducciones sin apertura de zanja se enumeran y describen las distintas tecnologías de colocación de tuberías mediante hinca.

Por último, en el *Capítulo VI: Aseguramiento de la calidad*, después de una breve introducción, se describen los ensayos tipo recomendados en las distintas normativas vigentes para el control de calidad de fabricación de tuberías, piezas especiales y uniones, así como de los materiales constitutivos de los mismos. Se desarrollan a continuación las condiciones en las que debe realizarse el control de calidad tanto de la recepción de los distintos componentes que integran la red de saneamiento, como el de la instalación de los mismos, y, finalmente se describen las pruebas de la tubería instalada en conducciones enterradas ya sea en régimen de lámina libre o bajo presión hidráulica interior.

Como complemento de los capítulos anteriormente descritos, se incluyen tres apéndices: el primero de *Normativa citada* con la relación de los distintos documentos técnicos, normativos y legislativos que se citan en el texto, y los dos restantes: de *Abreviaturas y acrónimos*, y de *Simbología* con la descripción de terminología empleada en el documento.

Se completan estas Normas con cuatro Anexos. El primero de ellos recoge una serie de Planos correspondientes a aquellos componentes tipo cuya utilización es más frecuente en redes de saneamiento. El Anexo 2 complementa el Capítulo II con un conjunto de especificaciones técnicas de detalle recogidas en la normativa europea de referencia para las conducciones a emplear en las redes de saneamiento. El Anexo 3 incluye algunas especificaciones relativas a los componentes que integran el drenaje superficial urbano, del cual, aunque no es el objeto principal de estas Normas, se han querido distinguir y definir sus elementos principales: los imbornales y los canales y rejillas de desagüe, y determinar unas recomendaciones mínimas en cuanto a su dimensionamiento y utilización. El Anexo 4, por último, recoge la metodología del Método Racional para el cálculo de caudales de aguas pluviales.



## **I Condiciones generales**

### **I.1 Objeto**

Las presentes Normas tienen por objeto establecer las condiciones técnicas mínimas que han de cumplir las redes de saneamiento gestionadas por el Canal de Isabel II, 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.

### **I.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 sistema integral de saneamiento del Canal de Isabel II.

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, conforme al criterio establecido en el artículo 28.2 apartado a del Plan Hidrológico del Tajo:

*“Los proyectos de nuevas urbanizaciones deberán establecer preferentemente redes de saneamiento separativas para aguas negras y pluviales.”*

### **I.3 Normativa y Reglamentación vigente**

La elaboración de las presentes Normas se ha realizado conforme a lo establecido en las leyes, reales decretos, decretos, órdenes y normas técnicas vigentes de ámbito internacional, europeo, nacional, autonómico y local que aparecen detalladas en el apéndice “Normativa citada”.

Dicha normativa y reglamentación deberá considerarse a la hora de proyectar, ejecutar y mantener las redes de saneamiento incluidas en el ámbito de aplicación de estas Normas.

### **I.4 Documentación del Proyecto**

Todo proyecto de una red de saneamiento deberá incluir los siguientes documentos:

- Documento nº 1: Memoria y Anejos.
- Documento nº 2: Planos.
- Documento nº 3: Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Documento nº 4: Presupuesto.

El alcance de cada uno de estos documentos se describe en los apartados siguientes.

#### **I.4.1 Memoria y Anejos**

##### *I.4.1.1 Memoria justificativa*

La Memoria recogerá las necesidades a satisfacer, los factores sociales, medioambientales, técnicos, económicos y administrativos considerados en las distintas soluciones propuestas, así como una justificación de la solución elegida, indicando las conclusiones de los estudios realizados para la redacción del Proyecto y desarrollados en los distintos Anejos.

Se incluirá una descripción detallada de la red propuesta, con referencia específica a las bases y sistemas de cálculo adoptados, características técnicas de las alcantarillas, colectores, emisarios (pendientes, secciones) y elementos complementarios constitutivos de la red.

Hará referencia a la clasificación del contratista, el plazo de ejecución de la obra, el presupuesto de la misma y la forma de revisión precios.

En particular, la Memoria incluirá los capítulos siguientes:

- Antecedentes.
- Objeto del proyecto.
- Justificación de la solución propuesta.
- Descripción de las obras.
  - Criterios generales de proyección y características de la red.
  - Caudales de cálculo.
  - Dimensionamiento hidráulico y mecánico de los conductos.
  - Elementos complementarios de la red.
  - Tratamiento de las aguas y vertido.
- Servicios afectados y propiedad de los terrenos.
- Estudio de Seguridad y Salud.
- Plazo de ejecución y garantía.
- Revisión de precios.
- Clasificación del contratista.
- Presupuesto de ejecución.
- Documentos del proyecto.

##### *I.4.1.2 Anejos*

Los anejos desarrollarán y justificarán lo descrito en la Memoria. Se podrán incluir los siguientes anejos, así como aquellos otros que puedan resultar necesarios para la definición de las obras. El alcance e inserción de cada anejo vendrá determinado por el tipo de obra a proyectar y el servicio del Canal de Isabel II destinatario.

- Planeamiento urbanístico.
- Topografía.
- Estudio Hidrogeológico. Cuencas vertientes
- Estudio Geotécnico.
- Propiedad de los terrenos y servicios afectados.
- Cálculos hidráulicos

- Cálculos mecánicos
- Cálculos eléctricos.
- Control y automatismos
- Elementos complementarios de la red.
- Plan de obra.
- Justificación de precios.
- Especificaciones técnicas
- Estudio de Impacto Ambiental. Medidas correctoras de impacto ambiental.
- Estudio de Seguridad y Salud.

#### **I.4.2 Planos**

Los planos deberán definir las obras propuestas, permitir su ejecución y servir de base para efectuar las mediciones correspondientes para la elaboración del presupuesto. Deberán incluirse los siguientes planos:

- Situación  
A escala 1:50.000, con indicación de los términos municipales o áreas urbanas afectadas por la ejecución de la red de saneamiento.
- Planta general y distribución de hojas  
A escala 1:5.000 (en DIN-A1) o 1:10.000 (en DIN-A3), con equidistancia mínima de las curvas de nivel cada metro e indicación de la traza de la red de saneamiento, secciones, pendientes, y situación de elementos singulares, así como cualquier otra instalación de relevancia.
- Propiedad de los terrenos y servicios afectados
- Planta y perfil longitudinal  
En formato DIN-A1, a escala horizontal 1:1.000 y vertical 1:100, con indicación de caudales, pendiente, cota roja, rasante y situación de elementos singulares. En caso de utilizar el formato DIN-A3 las escalas serán 1:2.000 y 1:200 respectivamente. En el perfil longitudinal se indicarán la sección y el material de la conducción
- Secciones tipo de alcantarillas y colectores
- Secciones tipo de elementos singulares, pozos de registro, rápidos, aliviaderos, etc

#### **I.4.3 Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares**

El Pliego de Prescripciones Técnicas tendrá como objetivo definir las condiciones que han de regir la ejecución de las obras definidas en el Proyecto, e incorporará los siguientes capítulos:

- Definición de las obras  
Incluirá una descripción de las obras objeto del Pliego, los documentos que las definen y la compatibilidad y prelación entre ellos, así como una relación de la normativa legal aplicable.
- Disposiciones generales  
Se indicarán las condiciones generales relativas a responsabilidades del contratista, señalización, medidas de protección y limpieza de la obra, mano de obra y maquinaria adscrita a la obra, ejecución de obras no incluidas en el proyecto, pruebas y ensayos, revisión de precios, certificaciones, liquidación, plazo de garantía, así como cualquier otra que se considere de interés.
- Normativa y reglamentación vigente
- Condiciones de los materiales

Se establecerán las características que deben cumplir los materiales, así como los ensayos a que deberán someterse a los mismos de forma previa a su utilización en las distintas unidades de obra.

- Condiciones de ejecución de las obras

Se definirán los procedimientos y medios necesarios para la ejecución de las distintas unidades de obra.

- Control de la ejecución

Se determinarán los procedimientos y ensayos de control de calidad así como las pruebas de la tubería instalada a efectuar en las unidades de obra ejecutadas.

- Medición y abono

Se indicarán las formas de medición y abono de las unidades de obra.

#### **I.4.4 Presupuesto**

El presupuesto estará constituido por los Cuadros de Precios N° 1 y N° 2 adoptados para los diferentes elementos compuestos, por las mediciones de las distintas unidades de obra, por los presupuestos parciales, por el Presupuesto de Ejecución Material y por el Presupuesto Base de Licitación (o Presupuesto de Ejecución por Contrata, en su caso).

Cuando la obra a ejecutar esté convenida con el Canal de Isabel II, se tomará el Cuadro de Precios de éste como referencia para la elaboración del presupuesto.

#### **I.5 Definiciones**

El presente artículo recoge definiciones de carácter general al conjunto de las Normas, si bien en los distintos capítulos se desarrollarán definiciones específicas de los mismos.

- Accesorio

Componente incorporado a la conducción como tornillos y juntas para uniones.

- Aguas pluviales

Las aguas que proceden de la escorrentía de lluvia.

- Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda generadas, principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.

- Aguas residuales industriales

Las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial.

- Aguas residuales urbanas

Las aguas residuales domésticas, las aguas residuales industriales o la mezcla de cualquiera de estas aguas residuales con las aguas pluviales.

- Albañal

Conducto subterráneo que permite evacuar las aguas residuales de una finca, edificio, industria o instalación dotacional a la alcantarilla.

- Alcantarilla  
Conducción subterránea por la que circulan las aguas residuales de un núcleo urbano. Se denomina Alcantarilla Visitable si dispone de una sección que permite, con seguridad, el paso de una persona para realizar tareas de mantenimiento.
- Aliviadero  
Obra o dispositivo que permite derivar parte del caudal circulante por una conducción en una dirección dada, vertiendo a un cauce, a un laminador o a un tanque de tormentas.
- Arqueta  
Registro no visitable que permite la inspección o mantenimiento de algún componente de la red de saneamiento.
- Arqueta de arranque  
En las acometidas, arqueta situada próxima al límite de la propiedad.
- Bomba de reserva  
Es aquella bomba colocada en una estación de bombeo cuyo empleo se prevé exclusivamente cuando sea necesario suplir el funcionamiento por motivos de mantenimiento de alguna de las instaladas para el servicio habitual en la propia estación.
- Cámara  
Alojamiento visitable que, aún cuando su acceso puede realizarse a través de una tapa normalizada, junto a ésta se dispone de una cubierta a base de losas desmontables de hormigón armado (cobijas), que puedan ser retiradas, en caso necesario, para realizar operaciones de mantenimiento o sustitución de las mismas.
- Cámara de descarga  
Depósito con un dispositivo capaz de producir una descarga de agua para arrastrar los sólidos y sedimentos depositados en un conducto por el que circula habitualmente un caudal de agua escaso.
- Caudal máximo de diseño  
Caudal máximo que tiene una probabilidad razonable de circular por una conducción. Se calculará conforme a lo especificado en el artículo III.5.1.2.4 según se trate de redes unitarias o separativas.
- 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.
- Caudal mínimo de diseño  
Caudal mínimo que tiene una probabilidad razonable de circular por una conducción. Se calculará conforme a lo especificado en el artículo III.5.1.2.4.
- Caudal punta ( $Q_p$ )  
Caudal que resulte de aplicar el coeficiente punta al caudal medio.
- Colector  
Conducción a la que se conecta la red de alcantarillado municipal para la recogida y transporte de las aguas residuales urbanas, que dan servicio a un sólo municipio y que están comprendidas en su término municipal.

- **Conducción**  
Componente destinado al transporte de aguas residuales urbanas. Puede clasificarse según su geometría (circulares o no circulares), ubicación (alcantarillas, colectores o emisarios) y funcionamiento hidráulico (en lámina libre o bajo presión hidráulica interior).
- **Conexiones de agua limpia**  
Incorporaciones a la red de alcantarillado de cualquier agua limpia procedente de fuentes, pozos, manantiales y corrientes fluviales.
- **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)**  
Designación numérica del diámetro de un componente mediante un número entero aproximadamente igual a la dimensión real en milímetros. Se aplica tanto al diámetro interior (DN/ID) como al diámetro exterior (DN/OD), según las Normas de Producto.
- **Drenaje superficial urbano**  
Conjunto de componentes que forman parte de los viales y aceras, cuyo objeto es el de recoger las aguas de lluvia y del baldeo de calles, para conectarlas a la red de saneamiento o conducir las hasta su vertido a cauce.
- **Elemento de unión**  
Enlace de extremidades adyacentes de dos componentes, que incluye elementos de estanquidad.
- **Elemento de ventilación**  
Instalación que tiene por objeto garantizar el mantenimiento de las condiciones aerobias de las aguas residuales que circulan por la red de saneamiento y evitar la acumulación de gases.
- **Emisario**  
Conducción que transporta las aguas residuales urbanas de al menos un municipio distinto de aquel por el que transcurre su traza, hasta la correspondiente estación depuradora.
- **Estación de bombeo**  
Construcción, estructura y equipamiento utilizado para transferir aguas residuales a través de un conducto que eleve dicha agua residual.
- **Galería**  
Elemento de gran sección transversal rectangular acabada en su parte superior en forma semicircular, habitualmente visitable y pudiendo disponer o no de un canal de aguas bajas.
- **Golpe de ariete**  
Fluctuaciones rápidas de presión debidas a las variaciones de caudal durante intervalos cortos de tiempo. El golpe de ariete está esencialmente relacionado con la velocidad del agua y no con la presión interna.
- **Imbornal**  
Dispositivo de desagüe para la recogida de aguas de escorrentía superficial y su evacuación a las alcantarillas. Según su tipología podrán ser sumideros o absorbederos.

- Laminador  
Estructura 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.
- Ortogonalidad  
Propiedad de un tubo según la cual sus generatrices son perpendiculares a los planos que contienen los extremos del tubo.
- Ovalación  
Defecto de la forma circular en una sección transversal de un tubo.  
Por su propia naturaleza, en los conductos de sección transversal diferente a la circular (ovoides, galerías u otros) este concepto pierde su interés práctico.
- Ovoide  
Componente de sección transversal formada por cuatro arcos circulares y altura igual a una vez y media su anchura.
- Pieza especial  
Componente que intercalado entre los tubos permite cambios de dirección o de diámetro, derivaciones, empalmes, obturaciones, etc.  
Admiten diferentes denominaciones según materiales y normativa específica, siendo, en cualquier caso, las más usuales las siguientes: codo, entronque (derivación, té o tubo con acometida), cono o reductor, empalme (adaptador, conector, o tubo corto o de conexión), sifón, acometida directa o injerto, brida ciega o tapón, placa reductora.
- Pozo  
Registro visitable que permite la inspección y mantenimiento de la red de saneamiento y cuyo acceso se realiza a través de la abertura que deja la tapa de registro normalizada.
- Presión de diseño (DP)  
Presión máxima de funcionamiento de la red o de la zona de presión, fijada por el proyectista, considerando futuras ampliaciones, pero excluyendo el golpe de ariete.
- Presión de funcionamiento (OP)  
Presión interna que aparece en un instante dado en un punto determinado de la red.
- Presión de funcionamiento admisible (PFA)  
Presión hidrostática máxima que un componente es capaz de soportar de forma permanente en servicio. La presión de funcionamiento admisible deberá ser mayor o igual que la presión de diseño ( $PFA \geq DP$ ).
- Presión máxima admisible (PMA)  
Presión máxima, incluida el golpe de ariete, que un componente es capaz de soportar en servicio. La presión máxima admisible deberá ser mayor o igual que la presión máxima de diseño ( $PMA \geq MDP$ ).
- Presión máxima de diseño (MDP)  
Presión máxima de funcionamiento de la red o zona de presión, fijada por el proyectista, considerando futuras ampliaciones e incluyendo el golpe de ariete.
- Presión normalizada o nominal (PN):  
Presión con arreglo a la cual se clasifican y timbran los tubos, accesorios, piezas especiales y elementos de la red.

- Presión de prueba en obra admisible (PEA)  
Presión hidrostática máxima que un componente recién instalado en obra es capaz de soportar, durante el periodo de prueba de la instalación. La presión de prueba en obra admisible deberá ser mayor o igual que la presión de prueba de la red ( $PEA \geq STP$ ).
- Presión de prueba de la red (STP)  
Presión hidrostática aplicada a una conducción recientemente instalada de forma que asegure su integridad y estanquidad. La relación entre la presión normalizada (PN) y las presiones relativas a los componentes se especifican en las Normas de Producto, en su defecto se considera  $PN \geq PFA$ .
- Rápido  
Tramo de conducción, de elevada pendiente y poca longitud, dispuesto para salvar grandes desniveles.
- Rectitud  
Propiedad de un tubo según la cual sus generatrices son líneas rectas.
- Red de alcantarillado  
Constituida por las alcantarillas y que desagua directamente en el sistema de emisarios y colectores.
- Sifón  
Instalación que permite, mediante la conducción a presión de un tramo de la red de saneamiento, cruzar con escasa pérdida de carga otras instalaciones o accidentes del terreno, que interfieran en la línea piezométrica por gravedad de la conducción de saneamiento.
- Sistema doblemente separativo  
Aquel sistema separativo o semi-separativo en que las aguas residuales domésticas y las aguas residuales industriales se conducen por redes independientes.
- Sistema de emisarios y colectores  
Conjunto de colectores y emisarios cuyos caudales de vertido confluyen en una estación depuradora de aguas residuales.
- Sistema integral de saneamiento  
Conjunto de infraestructuras públicas de saneamiento que comprende alguno de los elementos siguientes: red de alcantarillado, colectores, emisarios, estaciones de bombeo, laminadores, tanques de tormentas y estaciones depuradoras de aguas residuales, cualquiera que sea el tipo de técnica utilizada y cuyo objeto sea recoger, transportar y depurar las aguas residuales para devolverlas a los cauces públicos en condiciones compatibles con el mantenimiento del medio ambiente, y en particular en lo que se refiere al recurso hídrico.
- Sistema semi-separativo  
Aquel en que la red separativa de aguas residuales se dimensiona con capacidad suficiente para conducir, además de las aguas residuales de la zona objeto de proyecto, las aguas pluviales procedentes de los tejados, patios y zonas impermeables de las edificaciones.
- Sistema separativo  
Aquel que se dimensiona con capacidad suficiente para conducir las aguas residuales domésticas e industriales por conductos diferentes de las aguas pluviales de la zona objeto de proyecto.
- Sistema unitario  
Aquel que se dimensiona con capacidad suficiente para conducir las aguas residuales urbanas de la zona objeto del Proyecto.



- Tanque de tormentas

Dispositivo destinado a regular en los aliviaderos, en los períodos de lluvia, tanto el caudal de vertido al cauce receptor como el caudal derivado a la red de saneamiento.

- Tubo

Componente de sección transversal circular, diámetro interior uniforme y eje recto, cuyos extremos son lisos o con terminación en enchufe o brida.

## I.6 Sistema de unidades

Las unidades adoptadas en las presentes Normas corresponden a las del Sistema Internacional de Unidades (SI), cuyas unidades básicas son las siguientes:

Tabla 1 Unidades básicas del Sistema Internacional.

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s

Son unidades derivadas del Sistema Internacional las siguientes:

Tabla 2 Unidades derivadas del Sistema Internacional.

Magnitud	Unidad	Símbolo	Equivalencia
Superficie	metro cuadrado	m <sup>2</sup>	
Volumen	metro cúbico	m <sup>3</sup>	
Velocidad	metro por segundo	m/s	
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s <sup>2</sup>	
Fuerza	newton	N	kg m/s <sup>2</sup>
Presión	pascal	Pa	N/m <sup>2</sup>
Energía	julio	J	N·m
Potencia	vatio	W	J/s
Densidad	kilogramo por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>	
Caudal	metro cúbico por segundo	m <sup>3</sup> /s	

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

$$\begin{array}{llll}
 1 \text{ N} & = 0,102 \text{ kp} & \text{e inversamente} & 1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N} \\
 1 \text{ N/mm}^2 & = 10,197 \text{ kp/cm}^2 & \text{e inversamente} & 1 \text{ kp/cm}^2 = 0,0981 \text{ N/mm}^2
 \end{array}$$

El kilopondio (kp) se denomina también kilogramo fuerza (kgf). En la siguiente tabla se establece la relación entre las distintas unidades de presión.

Tabla 3 Relación entre distintas unidades de presión

Una unidad de esta columna equivale a	Pa N/m <sup>2</sup>	MPa N/mm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	atm	m.c.a.	mm Hg	bar
Pa = N/m <sup>2</sup>	1	10 <sup>-6</sup>	10,2·10 <sup>-6</sup>	9,87·10 <sup>-6</sup>	1,02·10 <sup>-4</sup>	0,0075	0,00001
MPa = N/mm <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup>	1	10,1972	9,86923	101,974	7500,62	10
kgf/cm <sup>2</sup>	98.066,5	0,098067	1	0,96784	10	735,559	0,98067
atm	101.325	0,101325	1,03323	1	10,3326	760	1,01325
m.c.a.	9.806,38	0,009806	0,1	0,09678	1	73,5539	0,09806
mm Hg	133,322	1,333·10 <sup>-4</sup>	0,00136	0,00132	0,013595	1	0,00133
bar	100.000	0,1	1,01972	0,98692	10,1974	750,062	1

*atm = atmósfera, m.c.a. = metro de columna de agua, mm Hg = milímetro de mercurio*

La equivalencia de las unidades del Sistema Internacional con otras unidades habituales para la medida de la presión es la siguiente:

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 14,223 \text{ psi (libra por pulgada cuadrada)}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 2.048,2 \text{ psf (libra por pie cuadrado)}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 0,9289 \text{ tsf (tonelada por pie cuadrado)}$$

## II Componentes

### II.1 Generalidades

Las redes de alcantarillado deberán cumplir con lo especificado en la norma UNE-EN 476:1998 como norma general, así como las siguientes condiciones:

a) Vida útil

Todos los componentes (conducciones, piezas especiales, etc.) empleados en las redes de alcantarillado deberán ser tales que garanticen, al menos, una vida útil de la red de 50 años.

b) Estanquidad

La red debe ser completamente estanca, de manera que no se produzcan ni pérdidas contaminantes hacia el subsuelo ni infiltraciones innecesarias hacia la red de alcantarillado.

c) Resistencia a la presión hidráulica interior

Las conducciones cuyo funcionamiento sea en régimen de lámina libre deberán resistir una presión hidráulica interior de, al menos, 0,1 MPa. Si se trata de conducciones bajo presión hidráulica interior, resistirán las presiones indicadas en las respectivas normas de producto.

d) 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

e) Conducciones

En cuanto a los materiales a emplear en las conducciones que conforman las redes de alcantarillado, éstos pueden ser cualquiera de los especificados en el artículo II.2.

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 10.025:1994
acero inoxidable	UNE-EN 10.088:1996
- Aleaciones de cobre. Cumplirán con lo especificado por las normas UNE-EN 1.982:1999 y UNE-EN 12.165:1999.
- Ladrillos. Cumplirán las especificaciones de la vigente RL.

## II.2 Conducciones

En el presente artículo se especifican las condiciones básicas que deben cumplir las conducciones a instalar en redes nuevas de saneamiento del Canal de Isabel II. En el Anexo 2 se han incorporado otras especificaciones técnicas complementarias a las condiciones incluidas en el presente artículo, contenidas en las respectivas normas de producto, y que para facilitar la lectura de este artículo se presentan como Anexo a estas Normas.

### II.2.1 Generalidades. Mapa de usos

Las conducciones a instalar en redes nuevas de alcantarillado del Canal de Isabel II serán, preferentemente, de alguna de las siguientes tipologías:

- Hormigón armado de sección circular
- Materiales termoplásticos de pared estructurada
- Gres
- Fundición dúctil
- PVC-O
- PRFV
- PE de pared lisa

Deberán cumplir con lo especificado en los artículos II.2.2 a II.2.8 según materiales, y su empleo se realizará conforme a lo indicado en el mapa de usos propio del Canal de Isabel II (ver Fig 2).

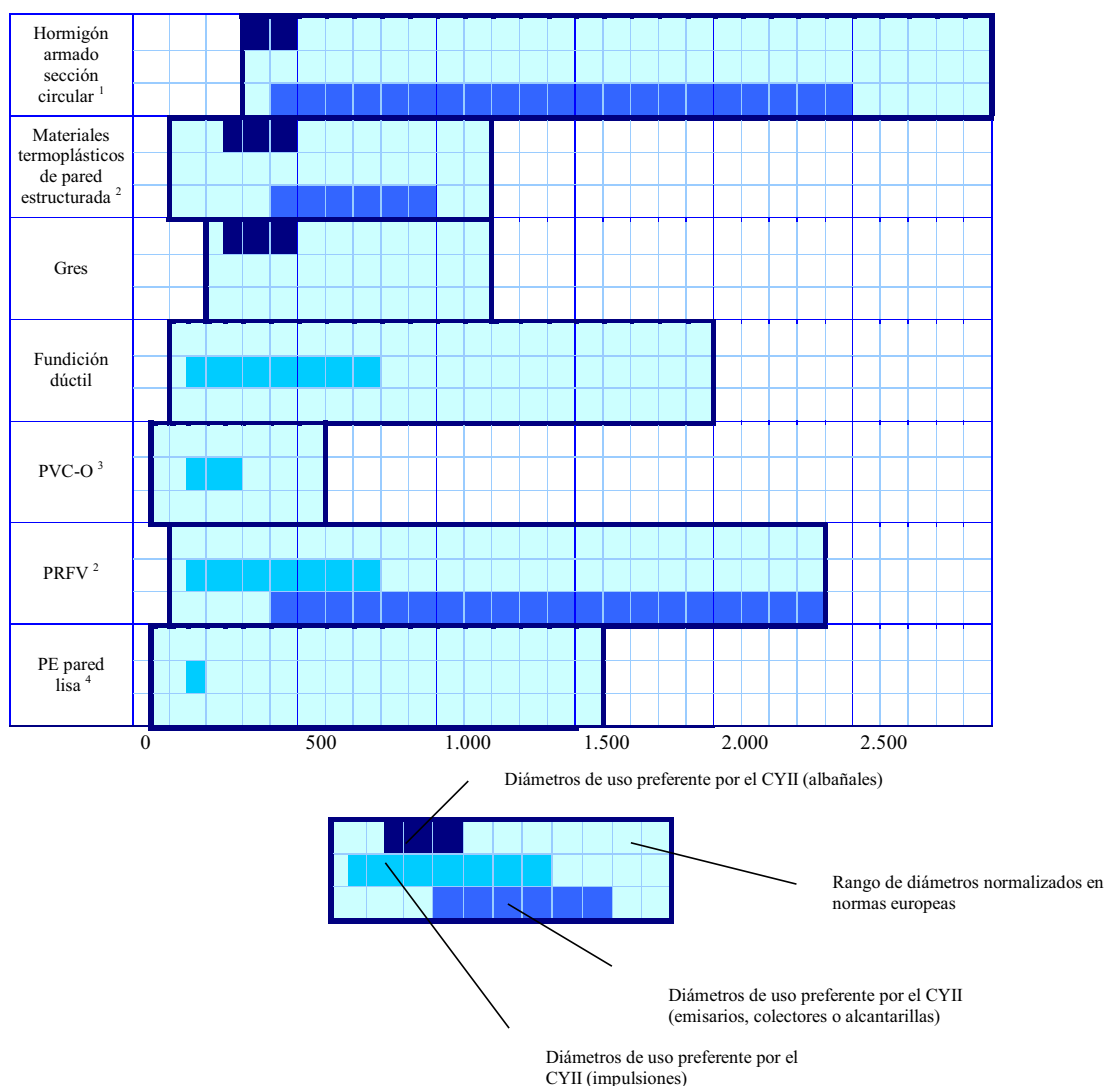
De manera excepcional, y previa aprobación del Canal de Isabel II, se podrán usar los siguientes materiales y tipologías, los cuales deberán cumplir con lo especificado en el Anexo 2:

- Hormigón de sección no circular
- Hormigón polímero
- Galerías de hormigón armado
- PVC-U de pared lisa

En la Fig 1 se resume la utilización preferente en redes nuevas de alcantarillado del Canal de Isabel II 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.

	Funcionamiento hidráulico		Emplazamiento	
	presión	gravedad	Albañales	Emisarios, colectores o alcantarillas
Hormigón armado de sección circular				
Materiales termoplásticos de pared estructurada				
Gres				
Fundición dúctil				
PVC-O				
PRFV				
PE pared lisa				

Fig 1. Utilización de cada tipología de conducción en función de cada aplicación en particular



- (1) Carga de rotura mínima 100 ó 150 kN/m<sup>2</sup> en instalaciones convencionales o hincadas, respectivamente
- (2) Clase mínima SN 8
- (3) Los tubos deberán ser como mínimo del tipo PVC-O 450 y de PN 12,5
- (4) Los tubos deberán ser de PE 100

Fig 2. Mapa de usos del Canal de Isabel II

Todas las conducciones deberán ir marcadas con lo especificado en el Anexo 2 según materiales. Además de ello, preferentemente se hará un marcado con las siglas SAN o similar para indicar que se trata de componentes que forman parte de la red de alcantarillado.

Salvo que la normativa municipal establezca unas dimensiones superiores, los diámetros mínimos de las tuberías serán los siguientes en función de su emplazamiento:

- Acometidas viviendas unifamiliares	DN mínimo 250 mm
- Acometidas viviendas multifamiliares	DN mínimo 300 mm
- Conductos de entronque de los imbornales	DN mínimo 250 mm
- Tuberías por gravedad de la red de alcantarillado	DN mínimo 400 mm
- Impulsiones en la red de alcantarillado	DN mínimo 150 mm

Los diámetros mínimos de las acometidas deberán ser, además, mayores 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 Canal de Isabel II. En particular, las tuberías por gravedad de la red de alcantarillado en los colectores de cabecera podrán ser menores de 400 mm.

## II.2.2 Tubos de hormigón armado de sección circular

### II.2.2.1 Generalidades

Las tuberías de hormigón armado de sección circular objeto del presente artículo sólo podrán emplearse en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre, debiendo cumplir, en general, con lo especificado para las mismas en 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 artículo II.2.1.

### II.2.2.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, 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  $\text{kN/m}^2$  o bien en  $\text{kN/m}$ .

- 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, tres décimas de milímetro de abertura y treinta centímetros de longitud. Puede expresarse bien en  $\text{kN/m}^2$  o bien en  $\text{kN/m}$ .

- 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 artículo siguiente) se identifica con la carga (en  $\text{kN/m}^2$ ) de rotura de los mismos.

### II.2.2.3 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 Fig 3.

Clasificación Tipo E			Clasificación Tipo A				
	Clase de resistencia			Clase de resistencia			
				135	180	III	IV
	Carga fisuración (kN/m <sup>2</sup> )	90	120	Carga fisuración (kN/m <sup>2</sup> )	65	100	140
	Carga rotura (kN/m <sup>2</sup> )	135	180	Carga rotura (kN/m <sup>2</sup> )	100	150	175
DN	300			300			
	400			400			
	500			500			
	600			600			
	800			800			
	1.000			1.000			
	1.200			1.200			
	1.400			1.400			
	1.500			1.500			
	1.600			1.600			
	1.800			1.800			
	2.000			2.000			
	2.500			2.500			
3.000			3.000				

Fig 3. Clasificación de las tuberías de hormigón armado de sección circular (UNE 127.916:2004)

### II.2.2.4 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 4 según DN y clases.

Tabla 4 Cargas de fisuración y de rotura (en kN/m) en los tubos de hormigón de sección circular (UNE 127.916:2004)

DN	Clasificación Tipo E							
	Clase 60		Clase 90		Clase 135		Clase 180	
	Fisurac	Rotura	Fisurac	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
800			48,0	72,0	72,0	108,0	96,0	144,0
1.000	40,0	60,0	60,0	90,0	90,0	135,0	120,0	180,0
1.200	48,0	72,0	72,0	108,0	108,0	162,0	144,0	216,0
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		
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				

(Continúa en la página siguiente)

DN	Clasificación Tipo A									
	Clase I		Clase II		Clase III		Clase IV		Clase V	
	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura
300			15,0	22,5	19,5	30,0	30,0	45,0	42,0	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
800			40,0	60,0	52,0	80,0	80,0	120,0	112,0	140,0
1.000	40,0	60,0	50,0	75,0	65,0	100,0	100,0	150,0	140,0	175,0
1.200	48,0	72,0	60,0	90,0	78,0	120,0	120,0	180,0	168,0	210,0
1.400	56,0	84,0	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		
2.000	80,0	120,0	100,0	150,0	130,0	200,0	200,0	300,0		
2.500	100,0	150,0	125,0	187,5	162,5	250,0				
3.000	120,0	180,0	150,0	225,0						

Las características finales del hormigón obtenido deberán ser las que se indican en la Tabla 5. En el caso de ambientes marinos o con posibilidad de erosión se tendrá que recurrir a las prescripciones en relación a la durabilidad establecidas en la vigente EHE.

Tabla 5 Características del hormigón (UNE-EN 1.916:2003 y UNE 127.916:2004)

Característica	Valor	
Relación máxima agua cemento	0,45	
Absorción máxima de agua (% de la masa)	6	
Contenido máximo de ion cloro (% de la masa de cemento)	0,4	
Resistencia a compresión mínima (N/mm <sup>2</sup> )	30	
Alcalinidad	Con ataque químico medio	≥ 0,85
	Con ataque químico débil	A criterio del proyectista

### II.2.2.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de hormigón de sección circular serán las indicadas en la tabla adjunta, 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 en la Tabla 6 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 (ver Fig 4).

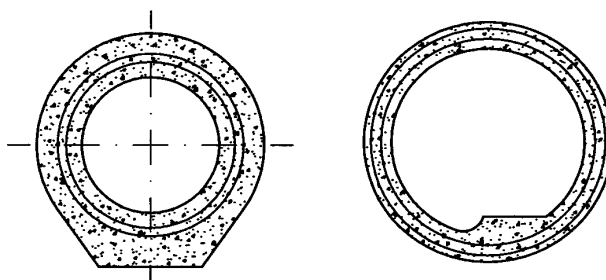


Fig 4. Tubos de hormigón con base plana y con andén y canal



Tabla 6 Dimensiones de los tubos de hormigón (UNE 127.916:2004)

DN (mm)	Espesor mínimo (mm)	
	Serie B	Serie C
300	50	69
400	59	78
500	67	86
600	75	94
700	84	102
800	92	111
900	100	119
1000	109	128
1.100	117	136
1.200	125	144
1.300	134	153
1.400	142	161
1.500	150	169
1.600	159	178
1.800	175	194
2.000	192	211
2.500	234	253
3.000	280	300

En cursiva, diámetros no habituales.

### II.2.2.6 Uniones

Los tubos de hormigón armado 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
- Uniones mediante virola de acero (tubos de hinca)

Las uniones deberán garantizar unas desviaciones angulares máximas de  $12.500/DN$  ó de  $\arctan(12.500/DN)$ , dependiendo de que se midan en mm/m ó ° respectivamente (UNE-EN 1.916:2003).

Las juntas elastoméricas deberán cumplir lo especificado para las mismas en el artículo II.3.

Los tubos de hormigón que se instalen mediante hinca irán dispuestos con uniones rígidas, admitiendo distintos diseños, 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:

- Unión por virola fija
- Unión por virola libre
- Unión por boquilla rebajada o a medio espesor

En los dos primeros casos, las virolas deberán ser de acero inoxidable conforme a lo indicado en la norma UNE 10.025:1994.

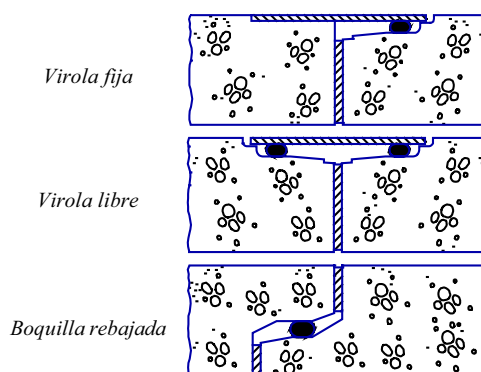


Fig 5. Uniones en tubos de hormigón para hinca (UNE 127.916:2004)

## II.2.3 Tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada

### II.2.3.1 Generalidades

Los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada objeto del presente artículo 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 en el proyecto de norma europea prEN 13.476.

El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el artículo II.2.1.

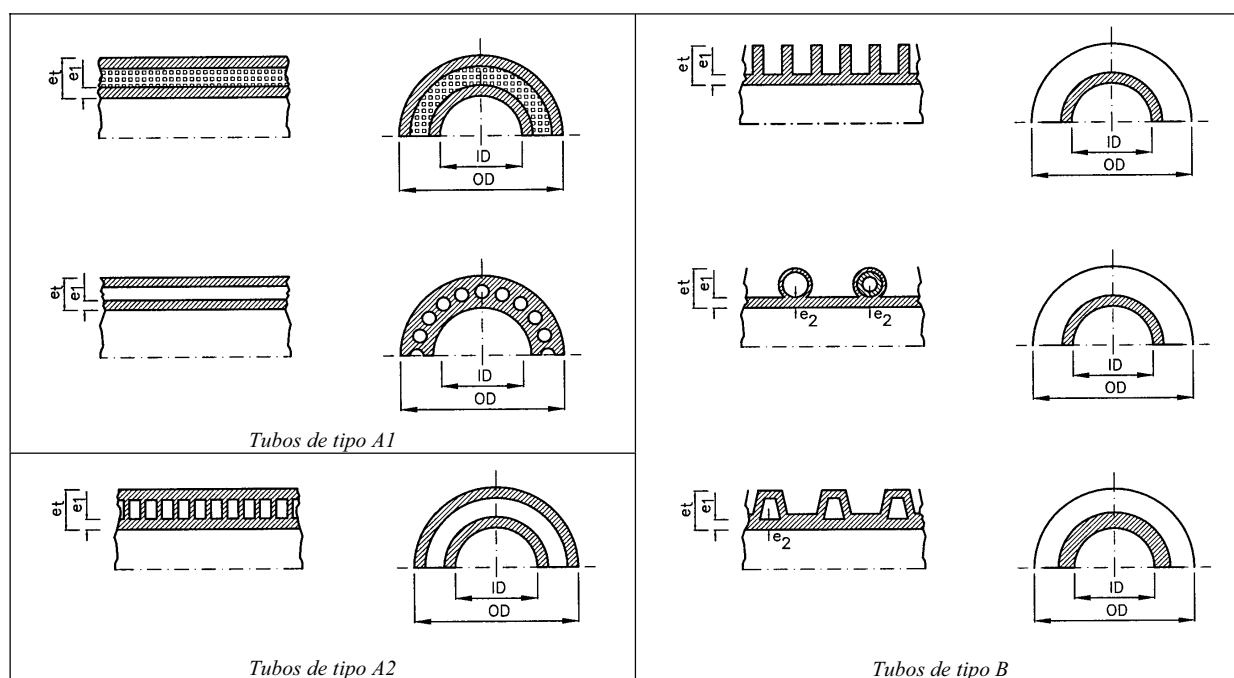


Fig 6. Ejemplos de tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada

Estos tubos podrán ser fabricados con diversos materiales (PVC-U, PE ó PP) y bajo muchos posibles diseños, los cuales admiten ser clasificados de la siguiente manera (prEN 13.476-1:2002):

- a) Tipo A. Aquellos cuyas superficies interna y externa son lisas
  - Tipo A1. Las superficies interna y externa están unidas bien por nervios internos longitudinales (*tubos alveolares*) o bien mediante algún material termoplástico, esponjoso o no (*tubos multicapa*)
  - Tipo A2. Las superficies interna y externa están unidas por nervios internos transversales (también *tubos alveolares*)
- b) Tipo B. Aquellos cuya superficie interna es lisa, pero la superficie externa no.

### II.2.3.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, en los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- Diámetro nominal, DN

En los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada de tipo A1 la designación genérica DN se refiere al diámetro exterior; en las restantes tipologías, el DN puede referirse bien al diámetro exterior (OD) o al interior (ID).

- 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:

$$S_c = \frac{EI}{D_m^3}$$

- $S_c$  rigidez circunferencial específica, en  $N/mm^2$
- $E$  módulo de elasticidad a flexión circunferencial, en  $N/mm^2$
- $I$  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  $N \times mm$
- $D_m$  diámetro medio teórico del tubo ( $D_m = DN - e$ ), en  $mm$

- Rigidez nominal,  $SN$

Valor que coincide aproximadamente con la rigidez circunferencial específica a corto plazo ( $S_0$ ), expresada en  $kN/m^2$ .

### II.2.3.3 Clasificación

Los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada se clasificarán por su diámetro nominal (DN) y por su rigidez nominal (SN). Los valores normalizados de ambos parámetros serán los que se muestran en la Fig 7, estando normalizadas todas las combinaciones posibles de ambos parámetros, tal como se muestra en la propia figura.

DN/OD	SN		DN/ID	SN	
	8	16		8	16
250			250		
315			300		
400			400		
500			500		
630			600		
800			800		
1.000			1.000		

Fig 7. Clasificación de los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada, según el DN se refiera al ID (derecha) ó al OD (izquierda)

### II.2.3.4 Características técnicas

Las características técnicas de los tubos de materiales termoplásticos con pared estructurada serán las específicas para el material constitutivo en cada caso en particular.

### II.2.3.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada serán las que se indican en la tabla adjunta, según el diámetro nominal DN se refiera al interior o al exterior, si bien, excepcionalmente, podrán admitirse dimensiones diferentes a las normalizadas. En la Tabla 7 únicamente están normalizados los valores mínimos de los espesores nominales. El espesor total del tubo ( $e_t$  en la Fig 6) no deberá ser inferior a los de las series S 20 ó S 12,5 del equivalente de pared maciza, según el tubo sea de PVC-U ó PE respectivamente.

Tabla 7 Dimensiones de los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada, según DN se refiera al interior (derecha) o al exterior (izquierda)

Diámetro (mm)				Espesor mínimo (mm)				Diámetro (mm)		Espesor mínimo (Series A2 y B; mm)	
DN/OD	ID <sub>min</sub>		OD <sub>max</sub>	Serie A1		Series A2 y B		DN/ID	ID <sub>min</sub>	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>
	PVC-U	PP / PE	Tol.nor	e <sub>1</sub> (esp)	e <sub>1</sub> (alv)	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>				
250	216	209	252,3	0,7	1,1	1,7	1,4	250	245	1,8	1,5
315	270	263	317,9	0,8	1,2	1,9	1,6	300	294	2,0	1,7
400	340	335	403,6	1,0	1,5	2,3	2,0	400	392	2,5	2,3
500	432	418	504,5	1,5	2,3	2,8	2,8	500	490	3,0	3,0
630	540	527	635,7	2,0	3,0	3,3	3,3	600	588	3,5	3,5
800	680	669	807,2	2,3	3,3	4,1	4,1	800	785	4,5	4,5
1.000	864	837	1.009,0	2,8	4,0	5,0	5,0	1.000	985	5,0	5,0

### II.2.3.6 Uniones

Los sistema de unión de los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada podrán ser alguno de los siguientes (ver Fig 8):

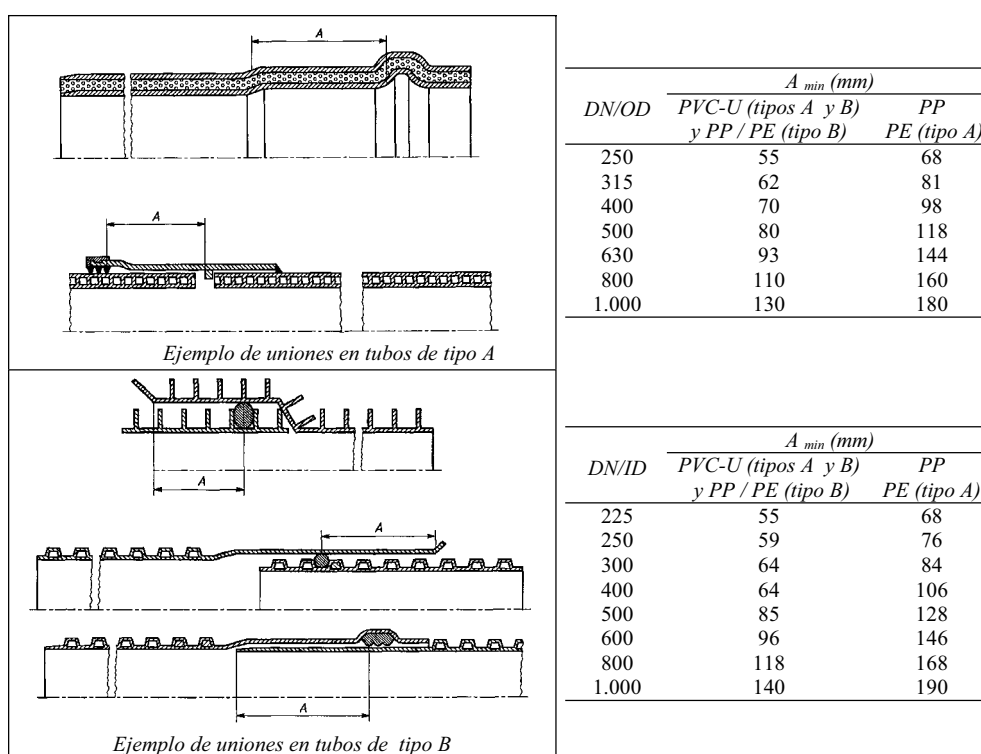


Fig 8. Uniones en tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada

- Unión flexible de enchufe y extremo liso con anillo elastomérico (o de “enchufe y campana”)
- Unión flexible mediante manguito soldado a uno de los extremos de la conducción con anillo elastomérico

El anillo elastomérico admite ser colocado bien en el enchufe (o en el manguito en su caso) o bien en el extremo liso.

## II.2.4 Tubos de gres

### II.2.4.1 Generalidades

Los tubos de gres objeto del presente artículo 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 en la norma UNE-EN 295, partes 1 a 7. El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el artículo II.2.1.

#### II.2.4.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, en los tubos de gres serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- Diámetro nominal, DN

En los tubos de gres la designación genérica DN se refiere al diámetro interior (ID).

- Carga de rotura

En los tubos de gres es aquella carga que, en el ensayo de aplastamiento, produce la rotura o colapso del tubo. Puede expresarse bien en  $\text{kN/m}^2$  o bien en  $\text{kN/m}$ .

- Clase de resistencia

Valor adoptado a efectos de la clasificación de los tubos (ver artículo siguiente) y que representa, en general, la carga (en  $\text{kN/m}^2$ ) de rotura de los mismos.

#### II.2.4.3 Clasificación

Los tubos de gres se clasificarán por su diámetro nominal (DN) y por su clase de resistencia. Los valores normalizados de estos parámetros para conducciones a instalar en redes nuevas del Canal de Isabel II, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la figura adjunta. Podrán admitirse clases de resistencia superiores a las indicadas en la tabla anterior, incrementándose, en cualquier caso, a razón de  $40 \text{ kN/m}^2$ .

		Clase de resistencia			
		95	120	160	200
Carga rotura ( $\text{kN/m}^2$ )	95				
	200				
DN	250				
	300				
	350				
	400				
	450				
	500				

Fig 9. Clasificación de los tubos de gres

#### II.2.4.4 Características técnicas

Los tubos, una vez fabricados, deberán resistir las cargas de rotura que se indican en la tabla adjunta, según clases.

Tabla 8 Cargas de rotura (en  $\text{kN/m}$ ) en los tubos de gres (UNE-EN 295)

DN	Carga de rotura (en $\text{kN/m}$ )			
	Clase 95	Clase 120	Clase 160	Clase 200
250		30	40	50
300		36	48	60
350		42	56	70
400		48	64	80
450	43	54	72	
500	48	60	80	

II.2.4.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de gres serán las que se indican en la siguiente tabla. Las longitudes nominales, además de las indicadas en dicha tabla, podrán ser múltiplos enteros de 250 mm.

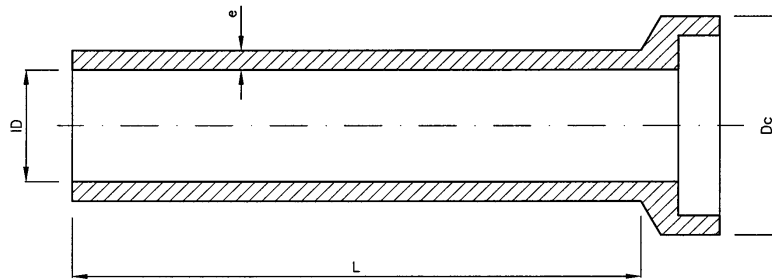


Fig 10. Dimensiones de los tubos de gres

Tabla 9 Dimensiones de los tubos de gres (UNE-EN 295)

DN	ID (mm) mínimo	Longitud (m)
250	244	1,00-1,50-1,60-1,85-2,00
300	293	1,00-1,50-1,60-1,85-2,00-2,50
350	341	1,00-1,50-1,60-1,85-2,00-2,50-3,00
400	390	1,00-1,50-1,60-1,85-2,00-2,50-3,00
450	439	1,00-1,50-1,60-1,85-2,00-2,50-3,00
500	487	1,50-2,00-2,50-3,00

II.2.4.6 Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de gres podrán ser alguno de los siguientes:

- Unión flexible mediante resina de poliuretano impregnada tanto en el enchufe como en la campana de los tubos a unir (Sistema C). Este sistema de unión será aplicable en toda la gama de dimensiones.
- Unión flexible mediante anillo elastomérico en forma de labio y posterior sellado con resina epoxy (Sistema F). Este sistema de unión sólo será aplicable en tubos de diámetro menor de 300 mm.

Se podrán emplear otros dispositivos de unión, como manguitos de polipropileno.

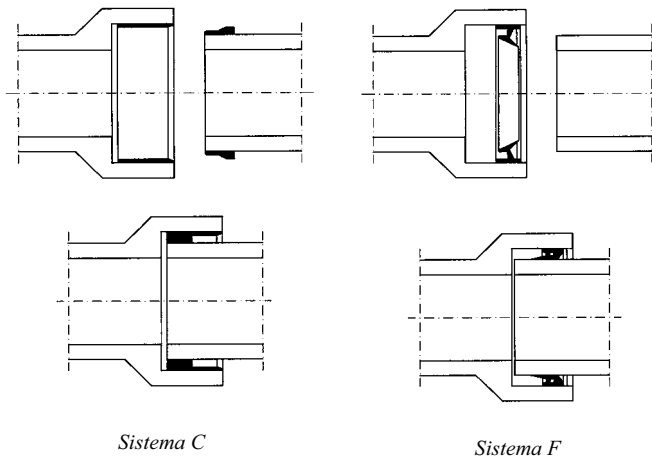


Fig 11. Sistemas de unión en los tubos de gres

## II.2.5 Tubos de fundición dúctil

### II.2.5.1 Generalidades

Los tubos de fundición dúctil objeto del presente artículo 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 artículo II.2.1.

### II.2.5.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, 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).

### II.2.5.3 Clasificación

Los tubos de fundición dúctil se clasificarán 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 Canal de Isabel II, , serán los indicados en el artículo II.2.5.5

### II.2.5.4 Características técnicas

Las características mecánicas de la fundición dúctil empleada en los tubos deberán cumplir con lo especificado en la Tabla 10. Para la densidad del material se adopta, en general, el valor de 7.050 kg/m<sup>3</sup> y para el módulo de elasticidad, 1,7 x 10<sup>5</sup> N/mm<sup>2</sup>.

Los tubos deberán identificarse exteriormente por uno de los siguientes colores: pardo, rojo o gris. En ningún caso se admitirá el color azul.

Tabla 10 Características mecánicas de la fundición dúctil

Tipo de pieza	Resistencia mínima a la tracción, $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento mínimo en rotura, $A_{min,r}$ (%)		Dureza Brinell Máxima, HB
		DN ≤ 1000	DN > 1000	
Tubos centrifugados	420	10	7	230
Tubos no centrifugados	420	5	5	230
Piezas especiales	420	5	5	250

### II.2.5.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de fundición con junta flexible serán las indicadas en la Tabla 11 y en la Fig 12. Si, excepcionalmente, se dispusieran tubos unidos con bridas, sus dimensiones serán las especificadas en la norma UNE-EN 545:2002.

Tabla 11 Dimensiones de los tubos de fundición dúctil (UNE-EN 598:1996)

DN	OD	espesor (mm)	Longitud (m)
150	170	2,5	5 - 5,5 - 6
200	222	3,0	5 - 5,5 - 6
250	274	3,5	5 - 5,5 - 6
300	326	4,0	5 - 5,5 - 6
350	378	4,3	5 - 5,5 - 6
400	429	4,6	5 - 5,5 - 6
450	480	4,9	5 - 5,5 - 6
500	532	5,2	5 - 5,5 - 6
600	635	5,8	5 - 5,5 - 6
700	738	7,6	5,5 - 6 - 7
800	842	8,3	5,5 - 6 - 7

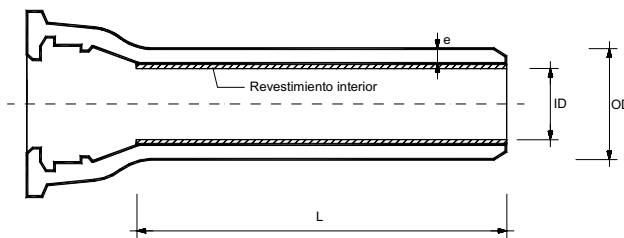


Fig 12. Dimensiones de los tubos de fundición dúctil (unión flexible)

II.2.5.6 Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de fundición podrán ser alguno de los que se indican a continuación (ver Fig 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 II.2.5.7.

- Unión flexible de enchufe y extremo liso
- Unión flexible acerojada resistente a las tracciones
- Unión flexible mecánica
- Unión rígida con bridas

Tabla 12 Valores mínimos de la desviación angular admisible en las uniones flexibles (UNE-EN 598:1996)

DN	Tipo de unión	
	Sin acerojar	Acerrojadas
DN < 300	3° 30'	1° 45'
350 < DN < 600	2° 30'	1° 15'
700 < DN < 2.000	1° 30'	45'

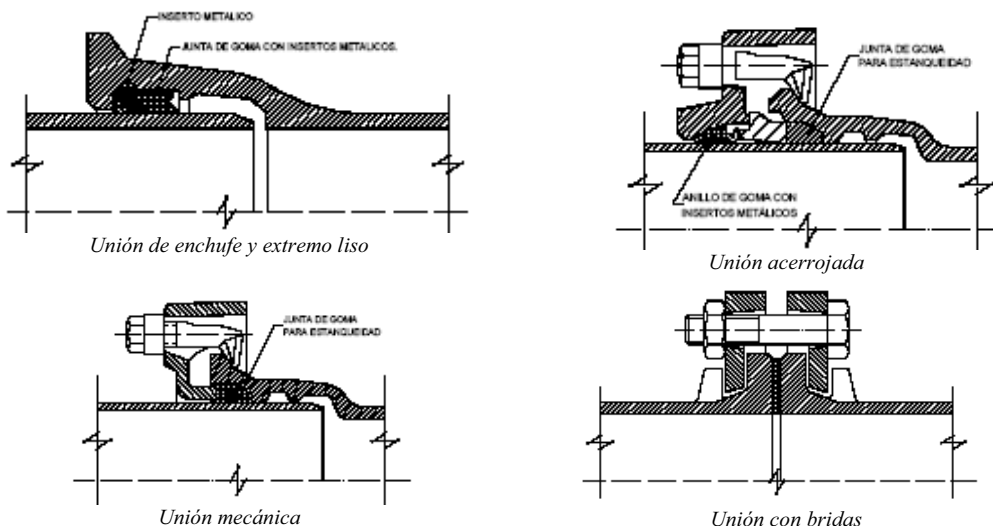


Fig 13. Tipos de uniones en los tubos de fundición



### II.2.5.7 Revestimientos del tubo

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 598:1996:

#### a) Recubrimientos exteriores:

- Recubrimientos de pintura rica en cinc con capa de acabado
- Recubrimiento reforzado de cinc con capa de acabado
- Manga de polietileno (añadida al recubrimiento de cinc con capa de acabado)
- Polietileno extruído
- Polipropileno extruído
- Poliuretano
- Mortero de cemento-fibras
- Bandas adhesivas

#### b) Recubrimientos interiores:

- Mortero de cemento de horno alto
- Poliuretano
- Polietileno
- Resina epoxy

## II.2.6 Tubos de PVC-O

### II.2.6.1 Generalidades

Los tubos de PVC-O objeto del presente artículo 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 el proyecto de norma ISO prISO DIS 16.422:2000<sup>1</sup>. El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el artículo II.2.1.

### II.2.6.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, 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).

<sup>1</sup> Además de este pr ISO, hay normas americanas (AWWA C 909 ó ASTM F 1.483) y europeas (WIS 4-31-08) relativas a este tipología.

- Relación de dimensiones estandar, 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:

$$S_c = \frac{EI}{D_m^3}$$

$S_c$	rigidez circunferencial específica, en $N/mm^2$
E	módulo de elasticidad a flexión circunferencial, en $N/mm^2$
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 $N \times mm$
$D_m$	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:

$$S_c = \frac{E}{96 S^3}$$

- Rigidez nominal, SN

Valor que coincide aproximadamente con la rigidez circunferencial específica a corto plazo ( $S_0$ ), expresada en  $kN/m^2$ .

- 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 16).

- 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 13.

Tabla 13 Tensión mínima requerida. Valores de aplicación de las Series de los 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,  $\sigma_s$

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:

$$PN = \frac{2 e \sigma_s}{DN} = \frac{\sigma_s}{S}$$

### II.2.6.3 Clasificación

Los tubos de PVC-O se clasificarán por su diámetro nominal (DN), por su presión nominal (PN) y por la Tensión Mínima Requerida (MRS) del material.

Los valores normalizados de estos parámetros para conducciones a instalar en redes nuevas del Canal de Isabel II, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la figura adjunta, los cuales corresponden a un coeficiente de seguridad C de 1,60 que es el propuesto en prISO 16.422:2000 por defecto.

		PVC-O 450					PVC-O 500				
MRS		45,0 N/mm <sup>2</sup>					50,0 N/mm <sup>2</sup>				
PN		12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0
DN	160										
	180										
	200										
	225										
	250										
	280										
315											

Fig 14. Clasificación de los tubos de PVC-O

### II.2.6.4 Características técnicas

Las principales características técnicas de los tubos de PVC-O, una vez fabricados, serán las que se indican en la Tabla 15. Los valores mínimos admisibles para el MRS serán 45 y 50 N/mm<sup>2</sup>, resultando diferentes PVC-O con las denominaciones que se indican en la Tabla 14.

El coeficiente de seguridad C recomendado en el proyecto de norma ISO prISO 16.422:2000 es 1,60, resultando los valores para la tensión de diseño ( $\sigma_s = MRS/C$ ) indicados en la misma Tabla 14 según sea el tipo de PVC-O.

Los valores de la PFA de los tubos serán los que se indican en la Tabla 16 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  $F_c$  ( $PFA = PN \times F_c$ ).

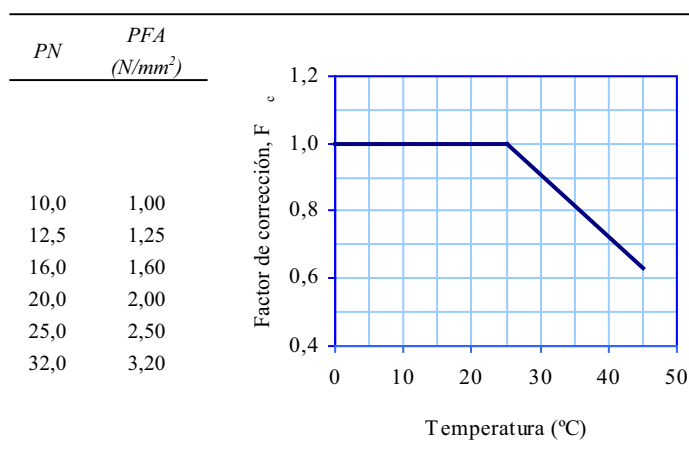
Tabla 14 Tipos de PVC-O previstos en prISO 16.422:2000

	PVC-O 450	PVC-O 500
MRS (N/mm <sup>2</sup> )	45,0	50,0
$\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	28,13	31,25

Tabla 15 Características técnicas de los tubos de PVC-O (prISO 16.422:2000 y otras fuentes)

Características físicas de los tubos							
T° reblandecimiento Vicat	> 80°C						
Opacidad	0,2 %						
Color	Azul						
Características mecánicas de los tubos							
Resistencia al impacto (VGI)	< 10%						
Rigidez circunferencial a corto plazo, S <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	MRS (N/mm <sup>2</sup> )	PN 10	PN 12,5	PN 16	PN 20	PN 25	PN 32
	31,5	4,9	9,4	20,0	40,0	72,0	-
	35,5	3,9	7,5	16,0	30,0	60,0	-
	40,0	-	5,2	10,7	21,0	42,0	84,0
	45,0	-	3,7	7,5	15,0	30,0	60,0
	50,0	-	2,7	5,6	10,7	21,0	42,0

Tabla 16 PFA en función de PN en los tubos de PVC-O, a 25°C y  $F_c$  de PN para T > 20°C (prISO 16.422:2000)



### II.2.6.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PVC-O serán las que se indican en la tabla adjunta. La longitud normalizada de los tubos será de 6 metros (longitud sin la copa del tubo).

Tabla 17 Dimensiones de los tubos de PVC-O (prISO 16.422:2000)

	PN	Espesor mínimo (mm)									
		PVC-O 450					PVC-O 500				
		12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0
DN	160	3,5	4,4	5,5	6,8	8,6	3,1	3,9	4,8	6,0	7,6
	180	3,9	5,0	6,2	7,7	9,7	3,4	4,4	5,5	6,8	8,6
	200	4,4	5,6	6,9	8,5	10,8	3,8	4,9	6,1	7,5	9,5
	225	4,9	6,3	7,8	9,6	12,2	4,3	5,5	6,8	8,5	10,7
	250	5,5	6,9	8,6	10,7	13,5	4,8	6,1	7,6	9,4	11,9
	280	6,1	7,8	9,7	12,0	15,1	5,4	6,8	8,5	10,5	13,3
	315	6,9	8,8	10,9	13,5	17,0	6,0	7,7	9,5	11,8	15,0

### II.2.6.6 Uniones

El sistema de unión de los tubos de PVC-O será mediante juntas flexibles de enchufe y extremo liso 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.

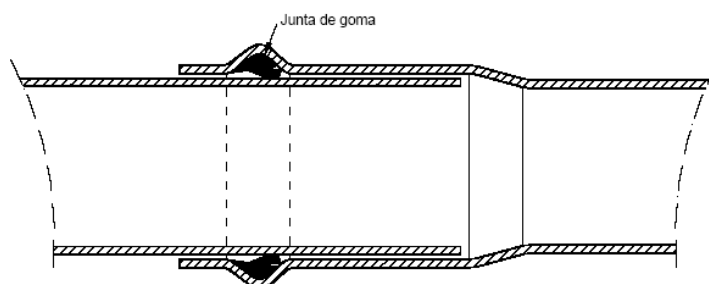


Fig 15. Detalle de unión elástica con anillo elastomérico en tubos de PVC-O

## II.2.7 Tubos de PRFV

### II.2.7.1 Generalidades

Los tubos de PRFV podrán emplearse tanto en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre como bajo presión hidráulica interior.

El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el artículo II.2.1.

En el primer caso (funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre) deberán cumplir con lo especificado por la norma UNE-EN 1.636 (Parte 5).

En el segundo caso (funcionamiento hidráulico bajo presión hidráulica interior) deberán cumplir, con carácter general, con lo especificado por la norma UNE-EN 1.115 (Partes 1 y 5).

Además, en ambos casos, deberán cumplir con lo especificado por la norma UNE 53.323:2001 EX<sup>2</sup>

### II.2.7.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, en estos tubos serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- Diámetro nominal, DN

Los tubos de PRFV pueden ser fabricados bajo dos series: la serie A y la B, de manera que la designación genérica DN se refiere al diámetro interior (ID) en los de la serie A y al exterior (OD) en los de la serie B.

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 2.531:1998), de PVC (según ISO 161-1:1996) o de acero (según ISO 4.200:1992).

<sup>2</sup> Esta norma incorpora el contenido de los prEN 1.636:1996 y prEN 1.115:1997, no aprobados todavía en su totalidad. Cuando existan definitivamente las normas UNE-EN 1.636 y la UNE-EN 1.115, con todas sus partes, será derogada en la parte correspondiente a conducciones para evacuación y saneamiento.

En los tubos de PRFV instalados en alcantarillados bajo presión hidráulica interior, son de aplicación, además las siguientes definiciones de manera específica:

- Presión nominal, PN

Es el valor que coincide con la DP en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 23°C.

### II.2.7.3 Clasificación

Los parámetros de clasificación de los tubos de PRFV a emplear en las redes de alcantarillado son diferentes, en función de que vaya o no a estar sometida a presión hidráulica interior.

- Tubos para alcantarillados en lámina libre

Los tubos de PRFV cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre se clasificarán por su diámetro nominal (DN) y por su rigidez nominal (SN).

- Tubos para alcantarillados bajo presión hidráulica interior

Los tubos de PRFV cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior se clasificarán por su diámetro nominal (DN), por su rigidez nominal (SN) y por su presión nominal (PN).

Los valores normalizados de estos parámetros para conducciones a instalar en redes nuevas del Canal de Isabel II, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la Fig 16.

DN	Funcionamiento en régimen de lámina libre		Funcionamiento bajo presión hidráulica interior																	
			PN 4	PN 6	PN 10	PN 12,5	PN 16	PN 20	PN 25	PN 32										
	SN 8.000	SN 10.000	SN 8.000	SN 10.000	SN 8.000	SN 10.000	SN 8.000	SN 10.000	SN 8.000	SN 10.000	SN 8.000	SN 10.000								
150																				
200																				
250																				
300																				
350																				
400																				
450																				
500																				
600																				
700																				
800																				
900																				
1.000																				
1.200																				
1.400																				
1.600																				
1.800																				
2.000																				
2.200																				
2.400																				

Fig 16. Clasificación de los tubos de PRFV (UNE 53.323:2001 EX)

#### II.2.7.3.1 Características técnicas

Las características físicas de los tubos de PRFV a corto plazo deben ser, como mínimo, las indicadas en la Tabla 18.

Tabla 18 Tubos de PRFV. Características físicas a corto plazo (UNE 1.115-1:1998)

Característica	Valor
Contenido en fibra de vidrio	> 15% en peso
Tamaño máximo de los áridos	< 20 % del espesor total de la pared o de 2,5 mm

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.
- El valor medio del alargamiento a la rotura no deberá ser inferior al 25 %.

En el caso específico de los tubos de PRFV para aplicaciones en alcantarillados bajo presión hidráulica interior, los valores mínimos de la PFA serán los que se indican en la tabla adjunta en función de la PN de la conducción.

Tabla 19 PFA en función de la PN en los tubos de PRFV (UNE 53.323:2001 EX)

PN	PFA (N/mm <sup>2</sup> )
4,0	0,40
6,0	0,60
10,0	1,00
12,5	1,25
16,0	1,60
20,0	2,00
25,0	2,50
32,0	3,20

### II.2.7.3.2 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PRFV serán las indicadas en la tabla adjunta. En la norma UNE 53.323:2001 EX se prevén como diámetros nominales no convencionales los valores de 1.100, 1.300, 1.500, 1.700, 1.900, 2.100 ó 2.300 mm. Las longitudes de los tubos serán, habitualmente, 6 ó 12 metros, si bien podrán admitirse tubos en otras longitudes de las normalizadas, especialmente cuando el proceso de fabricación sea en continuo.

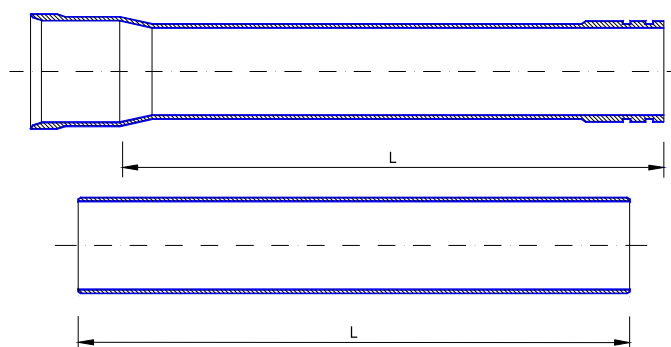


Fig 17. Dimensiones en los tubos de PRFV (tubos con embocadura o lisos)

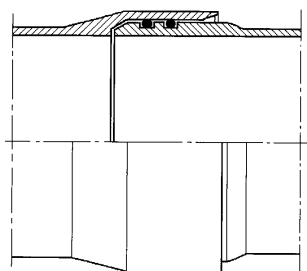
Tabla 20 Dimensiones de los tubos de PRFV (UNE 53.323:2001 EX)

DN	Diámetros (mm)						Longitud (m)
	Serie A		Serie B1	Serie B2	Serie B3	Serie B5	
	ID <sub>min</sub>	ID <sub>max</sub>	OD	OD	OD	OD	
150	147	153		167,0	160	168,3	3-5-6-10-12-18
200	196	204		220,0	200	219,1	3-5-6-10-12-18
250	246	255		271,8	250	273,0	3-5-6-10-12-18
300	296	306	310	323,8	315	323,9	3-5-6-10-12-18
350	346	357	361	375,7	355		3-5-6-10-12-18
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	924				3-5-6-10-12-18
1.000	995	1.020	1.026				3-5-6-10-12-18
1.200	1.195	1.220	1.229				3-5-6-10-12-18
1.400	1.395	1.420	1.434				3-5-6-10-12-18
1.600	1.595	1.620	1.638				3-5-6-10-12-18
1.800	1.795	1.820	1.842				3-5-6-10-12-18
2.000	1.995	2.020	2.046				3-5-6-10-12-18
2.200	2.195	2.220	2.250				3-5-6-10-12-18
2.400	2.395	2.420	2.453				3-5-6-10-12-18

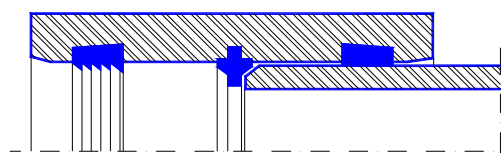
### II.2.7.3.3 Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de PRFV podrán ser alguno de los siguientes:

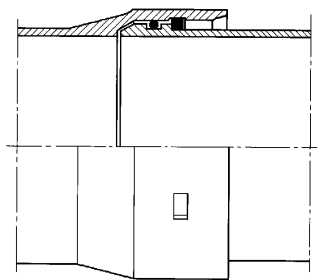
- a) Uniones rígidas
  - Con bridas (fijas o móviles)
  - Encoladas (o pegadas)
  - Vendadas a tope (o laminadas)
- b) Uniones flexibles
  - Con enchufe y extremo liso con anillo elastomérico (en ocasiones es un doble anillo)
  - Con manguitos y elemento de estanquidad (también doble anillo)
  - Autotrabada, cuando se prevean esfuerzos de tracción



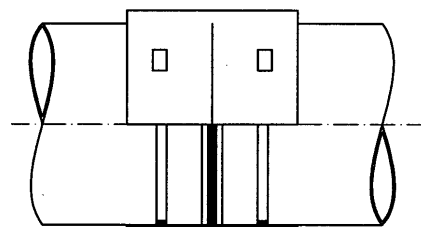
Unión enchufe campana con anillo elastomérico



Unión mediante manguito con anillo elastomérico



Unión enchufe campana autotrabada



Unión con manguito autotrabada

Fig 18. Ejemplos de uniones en tubos de PRFV

Cuando las uniones sean flexibles la desviación angular admisible no deberá ser inferior a los valores indicados en la Tabla 21. El movimiento axial será inferior al 0,3% de la longitud de los tubos a unir.



Tabla 21 Desviaciones angulares mínimas de las uniones flexibles (UNE 53.323:2001 EX)

DN	Desviación angular mínima
DN ≤ 500	3,0 °
500 < DN ≤ 900	2,0 °
900 < DN ≤ 1.800	1,0 °
DN > 1.800	0,5 °

## II.2.8 Tubos de PE de pared lisa

### II.2.8.1 Generalidades

Los tubos de PE de pared lisa objeto del presente artículo 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 artículo II.2.1.

### II.2.8.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, en los tubos de PE serán de aplicación las definiciones específicas para los tubos de materiales termoplásticos incluidas en el artículo II.2.6.2 (DN, ovalación, serie S, SDR, PN, LCL, MRS, C y  $\sigma_s$ ).

### II.2.8.3 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 artículo II.2.8.2).

Los valores normalizados de estos parámetros para conducciones a instalar en redes nuevas del Canal de Isabel II, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la figura adjunta. El rango de utilización de los tubos de PE indicado en la Fig 19 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 artículo II.2.8.4).

		PE 100						
		10,0 N/mm <sup>2</sup>						
MRS		8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	30,0
PN		8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	30,0
SDR		21,0	17,0	13,6	11,0	9,0	7,4	6,0
S		10,0	8,0	6,3	5,0	4,0	3,2	2,5
DN	160							
	180							
	200							

Fig 19. Clasificación de los tubos de PE de pared lisa

### II.2.8.4 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,  $E_o$ , será, como mínimo, de 1.000 N/mm<sup>2</sup> y a largo plazo,  $E_{50}$ , de 150 N/mm<sup>2</sup>.

La resistencia mínima a flexotracción a corto o a largo plazo será, respectivamente, 30 ó 14,4 N/mm<sup>2</sup>.

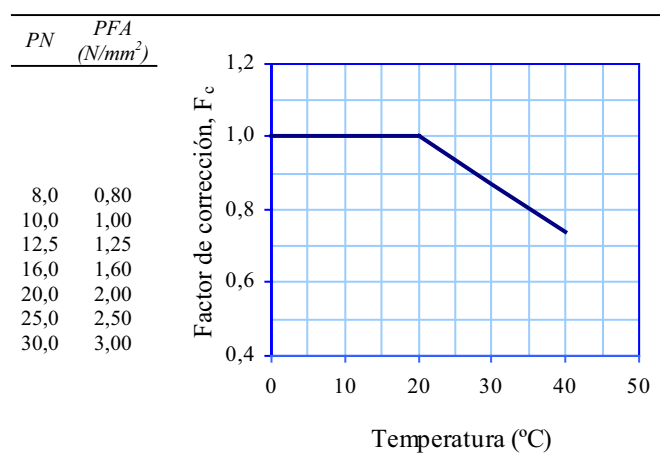
Los tubos deberán cumplir, además, con las siguientes características mecánicas de forma específica:

- a) Solo se podrán emplear tubos de PE de MRS 10 N/mm<sup>2</sup> (PE 100).
- b) El coeficiente de seguridad C recomendado en UNE-EN 13.244:2003 es 1,25, si bien dicha norma prevé la posibilidad de utilizar valores mayores, como los de la Tabla 22
- c) La tensión de diseño ( $\sigma_s = MRS/C$ ) adoptará los valores de la Tabla 22 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 23 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 22 Características mecánicas del Polietileno PE 100

LCL (N/mm <sup>2</sup> )	10,00 a 11,19
MRS (N/mm <sup>2</sup> )	10
C	$\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )
1,25	8,0
1,60	6,3
2,00	5,0
2,50	4,0
3,20	3,2

Tabla 23 PFA en función de PN en los tubos de PE, a 20°C y  $F_c$  de PN para  $T > 20^\circ\text{C}$  (UNE-EN 13.244:2003)



### II.2.8.5 Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PE serán las que se indican en la tabla adjunta.

Tabla 24 Dimensiones de los tubos de PE para aplicaciones bajo presión hidráulica interior(UNE-EN 13.244-2:2003)

DN	Espesor nominal mínimo (mm)									
	S	2,5	3,2	4	5	6,3	8	8,3	10	12,5
	SDR	6	7,4	9	11	13,6	17	17,6	21	26
160		26,6	21,9	17,9	14,6	11,8	9,5	9,1	7,7	6,2
180		29,9	24,6	20,1	16,4	13,3	10,7	10,2	8,6	6,9
200		33,2	27,4	22,4	18,2	14,7	11,9	11,4	9,6	7,7

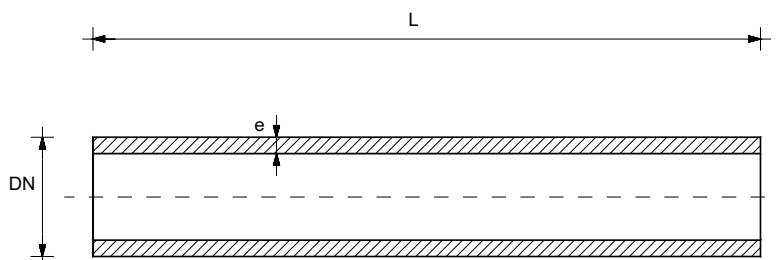


Fig 20. Dimensiones de los tubos de PE

### II.2.8.6 Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de PE podrán ser alguno de los que se indican a continuación (uniones rígidas):

- Unión soldada térmicamente a tope
- Unión por electrofusión
- Unión mediante accesorios mecánicos

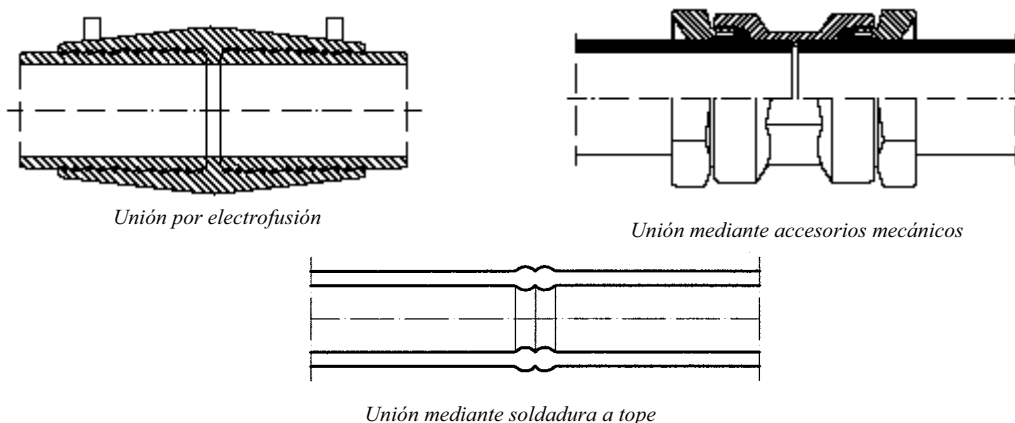


Fig 21. Sistemas de unión en los tubos de PE

## II.3 Juntas y uniones

Las uniones entre los distintos componentes que integran una red de alcantarillado admiten ser clasificadas de la siguiente manera:

- Uniones flexibles
 

Si permiten una desviación angular significativa, tanto durante como después de la instalación, y un ligero desplazamiento diferencial entre ejes.
- Uniones rígidas
 

Si no permiten desviación angular significativa ni durante ni después de la puesta en obra.
- Uniones ajustables
 

Si solamente permiten una desviación angular significativa en el momento de la instalación, pero no posteriormente.

Alternativamente a la anterior, otra clasificación habitual de los sistemas de unión es la siguiente:

- Uniones autotrabadas o resistentes a la tracción

Si son capaces de resistir el empuje longitudinal producido por la presión interna y, cuando se de el caso, también por las fluctuaciones de temperatura y contracción de Poisson de la conducción bajo presión interna.

- Uniones no autotrabadas o no resistentes a la tracción

Las que tienen un juego axial adecuado para acomodar el movimiento axial del extremo liso inducido por fluctuaciones térmicas y contracción de Poisson de la conducción bajo presión interna, además de la desviación angular especificada.

En los diferentes apartados del anterior artículo II.2 se han especificado, para cada tipología de conducción en particular, los posibles sistemas de unión normalizados en cada caso.

En cualquier caso, sean cuales sean las tipologías de uniones adoptadas, las mismas deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Resistir, permanentemente y sin fugas, una presión hidráulica interior de  $0,2 \text{ N/mm}^2$  para el caso de alcantarillado por gravedad o de  $1,1 \text{ N/mm}^2$  si el alcantarillado es bajo presión
- Ser estancas a una presión hidráulica interior negativa (depresión) de  $0,09 \text{ N/mm}^2$
- Resistir, sin entrada de agua, una presión hidrostática exterior de  $0,2 \text{ N/mm}^2$ , cuando esté previsto su uso a profundidades mayores de 5 metros bajo el agua

En el caso particular de que se empleen uniones con junta de elastómero o uniones con bridas, deberán ser conformes con lo especificado por las normas UNE-EN 681, para el primer caso (juntas elastoméricas) y UNE-EN 1.092, UNE-EN 1.514, UNE-EN 1.515, UNE-EN 1.591 y UNE-EN 12.560, para el segundo (uniones con bridas), independientemente de los componentes a unir.

## II.4 Piezas especiales

### II.4.1 Generalidades

Únicamente se admitirán piezas especiales (o accesorios) en conducciones bajo presión hidráulica interior. Serán siempre de sección circular y podrán ser de alguno de los siguientes materiales, debiendo cumplir cada tipología con lo especificado para las mismas en los artículos II.4.3 a II.4.5, respectivamente:

- Fundición dúctil
- PE de pared lisa
- PRFV

Atendiendo a su tipología, las piezas especiales podrán clasificarse de la siguiente manera (ver Fig 22 y las definiciones de las mismas en el artículo II.4.2):

- Codos
- Entronques, derivaciones, térs o tubos con acometida
- Conos o reductores
- Empalmes, adaptadores, conectores o tubos cortos o de conexión
- Bridas ciegas o tapones
- Placas reductoras

En la figura adjunta se representan las combinaciones posibles de tipologías de piezas especiales según materiales.



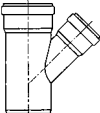
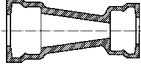



<i>Materiales</i>		<i>Fundición</i>	<i>PE</i>	<i>PRFV</i>
<i>Piezas especiales</i>	<i>Moldeado</i> 			
	<i>Segmentado</i> 			
	<i>Derivación</i> 			
	<i>Cono</i> 			
	<i>Tubo corto o conector</i> 			
	<i>Placa reductora</i> 			
	<i>Tapón</i> 			

Fig 22. Denominación de las piezas especiales o accesorios

En principio, las piezas especiales serán del mismo material que el de los propios tubos. En los tubos de PVC-O, no obstante lo anterior, las piezas especiales a intercalar entre ellos serán de fundición dúctil, al no existir accesorios en dicho material.

#### II.4.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, 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 sí 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 en su zona central.

### II.4.3 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)
- Bridas 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 (ver Fig 23), 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).  
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° (ver Fig 23): con tres enchufes, con tres bridas, con dos enchufes y derivación a brida
- 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 Fig 23).

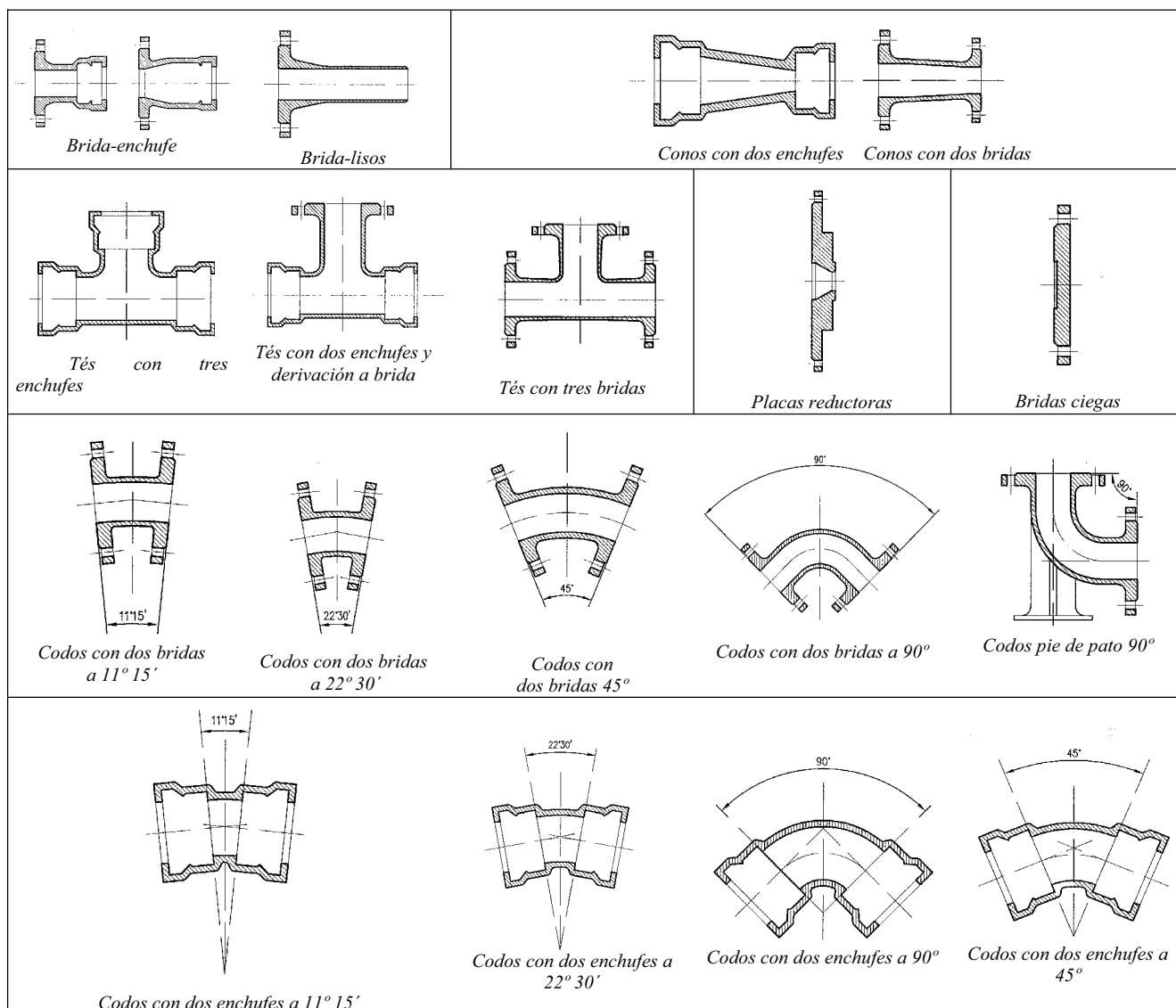


Fig 23. Ejemplos de piezas especiales de fundición dúctil

#### II.4.4 Piezas especiales de PE de pared lisa

Las piezas especiales de PE de pared lisa 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.

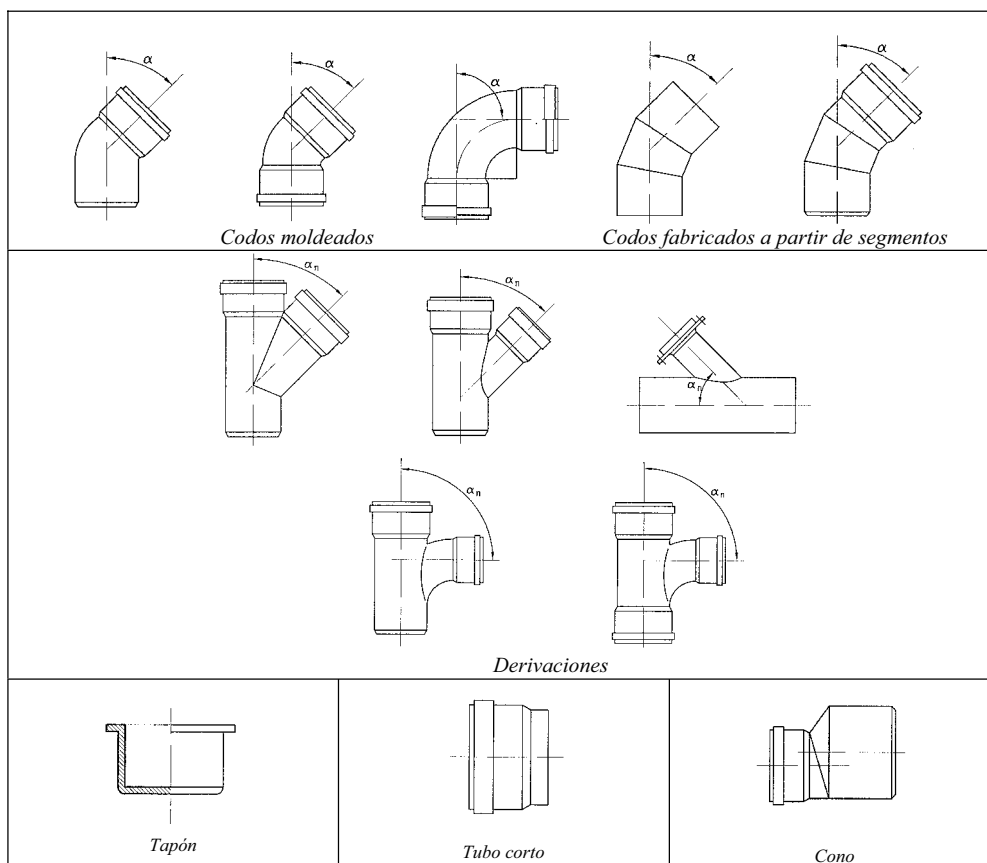


Fig 24. Ejemplos de piezas especiales de PE de pared lisa

#### II.4.5 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 53.314, UNE 53.323 EX y UNE-EN 1.115 (partes 1 a 3) pudiendo ser de la siguiente tipología:

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

Los codos de PRFV podrán ser bien moldeados de una sola pieza o fabricados a partir de la unión de trozos segmentados de tubos.

Los ángulos nominales normalizados,  $\alpha$ , de los codos, serán, en general, los siguientes: 11,25°; 15°; 22,5°; 30°; 45°; 60° y 90°, si bien, previa aceptación de la Dirección de Obra, podrán admitirse otros valores. Además, el ángulo de cada uno de los segmentos que componen el codo no deberá ser superior a 30°.

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

Las derivaciones en PRFV tendrán, en general, un ángulo nominal normalizado,  $\alpha$ , de 90°.



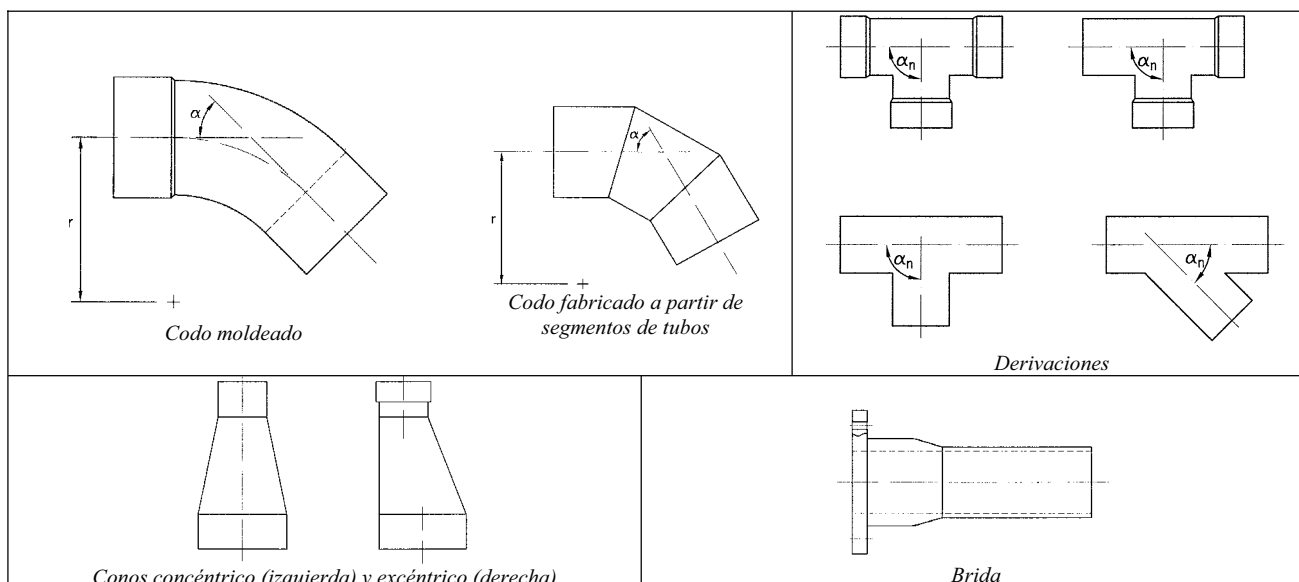


Fig 25. Ejemplos de piezas especiales de PRFV

## II.5 Registros: arquetas y pozos

### II.5.1 Clases de registros

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 artículo I.5).

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.

Respecto a los materiales constitutivos de los registros, los pozos y las arquetas podrán ser bien construidos in situ o bien prefabricados (pudiendo, en este último caso, ser de una sola pieza o estar compuestos por varios elementos).

En cualquier caso, todos ellos deberán cumplir con los requisitos establecidos en la norma UNE-EN 476:1998 para los mismos, debiendo ser las dimensiones de los registros tales que cumplan con la reglamentación vigente en materia de seguridad y salud.

Además, y a efectos de salvaguardar la estructura resistente del registro, deberán limitarse el número de perforaciones realizadas para la incorporación de acometidas en un mismo componente.

### II.5.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, 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 es deseable que esté 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.

- Losa 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.

### II.5.3 Arquetas

#### II.5.3.1 Requisitos generales

Las arquetas de arranque de las acometidas podrán ser bien prefabricadas o bien construidas in situ, debiendo cumplir con lo especificado en el presente artículo, así como con lo previsto en el II.6.2.1.

La sección interior de dichas arquetas podrá ser, en general, de forma rectangular o circular, debiendo disponer, en cualquier caso, de un arenero en su parte inferior de al menos 10 cm de profundidad en los casos en los que la arqueta de arranque se sitúe en la vía pública (ver artículo II.6).

Salvo que la normativa municipal establezca unas dimensiones superiores, en el caso de arquetas circulares, el diámetro interior mínimo de las mismas será de 40 cm, mientras que, caso de emplear arquetas cuadradas construidas in situ, las dimensiones mínimas serán 40 x 40 cm ó 60 x 60 cm, según que la conducción incidente a las mismas sea igual o mayor de 250 mm, respectivamente. Si la profundidad del desagüe fuera superior a 0,90 m, las dimensiones mínimas de las arquetas serán de 1,40 x 0,80 m.

#### II.5.3.2 Arquetas prefabricadas

Las arquetas prefabricadas serán, en general, de PVC-U de pared lisa, de materiales termoplásticos de pared estructurada o de hormigón. Excepcionalmente, podrán instalarse arquetas prefabricadas de otros materiales, como por ejemplo PRFV.

En el caso de emplear arquetas prefabricadas circulares de PVC-U de pared lisa o de materiales termoplásticos de pared estructurada, se admitirán diferentes diseños y dimensiones (ver a título de ejemplo la figura adjunta), debiendo cumplir, en cualquier caso, con los requisitos especificados en la norma UNE-EN 13.598-1:2004 para las mismas.

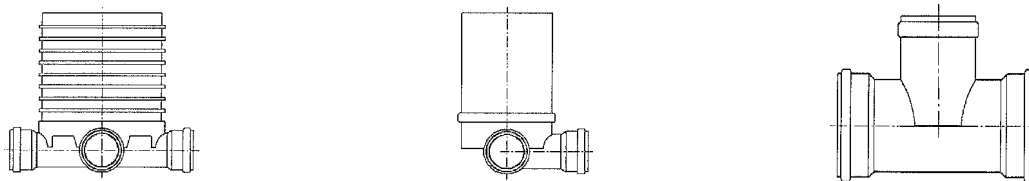


Fig 26. Geometría de las arquetas prefabricadas de materiales termoplásticos de pared estructurada (UNE-EN 13.598-1:2004)

### II.5.3.3 Arquetas construidas in situ

La solera de las arquetas construidas in situ deberá ser siempre de hormigón en masa o armado, con un espesor que no será inferior a 20 cm.

Los alzados podrán ser bien de hormigón (en cuyo caso deberán cumplir con lo especificado por la vigente EHE), o de fábrica de ladrillo macizo enfoscado interiormente mediante mortero hidrófugo bruñado. El espesor mínimo de las paredes será de 15 cm.

## II.5.4 Pozos

De acuerdo a como se especificaba en el artículo II.5.1, los pozos, atendiendo a su finalidad, podrán ser simplemente para el registro de la conducción, de resalto o para incorporar acometidas.

Respecto a los materiales constitutivos de los mismos, a su vez, podrán ser, bien construidos in situ, o bien prefabricados (pudiendo ser en este último caso, de una sola pieza o estar compuestos por varios elementos).

### II.5.4.1 Requisitos generales

En general los pozos serán de sección interior circular, salvo los construidos in situ para tubos de diámetro interior mayor de 700 mm que serán de sección rectangular.

El diámetro nominal de los pozos (en el caso de ser éstos circulares) deberá 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, 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 podrá reducirse hasta 0,80 m, si así lo acepta la Dirección de Obra.

En el caso de pozos de sección rectangular las dimensiones nominales mínimas interiores serán de 800 x 1.200 mm.

En cualquier caso, la boca del pozo deberá tener 0,60 m de diámetro, pudiendo estar sobre un elemento abocinado o sobre la propia estructura del pozo.

Si la altura del pozo es superior a 2,5 m, deberán construirse plataformas intermedias dentro del pozo, debiendo, además, el mismo retranquearse respecto el eje de la conducción. Dichas plataformas intermedias podrán ser bien de hormigón o bien de tramex, debiendo ser la distancia máxima vertical entre ellas de 2,5 m.

### II.5.4.2 Pozos de registro

Los pozos cuya finalidad sea simplemente el registro de la conducción podrán ser prefabricados o contruidos in situ, pudiendo ser, a su vez, de distintos materiales conforme se detalla en el presente apartado. No obstante lo anterior, si el DN del pozo es mayor o igual de 1.000 mm sólo serán admisibles registros de hormigón armado.

En cualquier caso, la solera de los registros deberá tener aproximadamente la misma sección hidráulica que la mitad inferior de las conducciones que acometen, para lo que, en el fondo de la base, deberá formarse una cuna o mediacaña hasta el eje de la conducción.

#### a) Pozos de registro prefabricados de hormigón armado

Deberán cumplir, en general, con lo especificado para los mismos en las normas UNE-EN 1.917:2003 y UNE 127.917:2004.

Para tubos de  $DN \leq 1.200$  mm, los pozos de registro prefabricados de hormigón armado se componen de un módulo base y otro de ajuste, de varios módulos de recrecido, y, opcionalmente, de módulos cónicos y losas de transición hasta alcanzar la altura necesaria, conforme a la geometría y dimensiones que se indican en los Planos anexos a estas Normas.

Los valores normalizados en UNE 127.917:2004 de las clases de resistencia, serán las que se muestra en la tabla adjunta. A la clase 30 se la conocerá como *serie normal* y a la 60 como *serie reforzada*. Además, los pozos de registro, una vez fabricados, deberán resistir las cargas de fisuración y de rotura que se indican.

Tabla 25 Cargas de fisuración y de rotura (en kN/m) en los pozos de registro prefabricados de hormigón armado de sección circular (UNE 127.917:2004)

DN	Clase 30		Clase 60	
	Serie normal		Serie reforzada	
	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura
1.000	20	30	40	60
1.200	24	36	48	72
1.500	30	45	60	90
1.800	36	54	72	108

Tal y como se ha indicado en el apartado II.5.4.1, excepcionalmente, el diámetro nominal del pozo podrá reducirse hasta 0,80 m, pudiendo en ese caso ser de hormigón en masa, si así lo acepta expresamente la Dirección de Obra.

En el caso de conducciones de  $DN > 1.200$  mm, los pozos de registro prefabricados de hormigón armado se instalarán bien adosados a la propia conducción (pozo-chimenea) o bien adosados a cámaras realizadas mediante marcos prefabricados de hormigón armado (ver, en ambos casos, los Planos anexos a estas Normas).

El diseño de los marcos rectangulares de hormigón armado que integran los anteriores pozos adosados a cámaras de marcos prefabricados deberá ser conforme a lo establecido en el proyecto de norma prEN 14.844, cumpliendo, además, con lo especificado en la vigente EHE.

Estos marcos podrán disponerse tanto de manera que la dimensión mayor quede de forma horizontal como vertical. Las esquinas de la sección, a su vez, suelen acartelarse evitando el ángulo recto. Las dimensiones y geometría serán, en general, las indicadas en la figura Fig 27.

#### b) Pozos de registro prefabricados de materiales termoplásticos de pared estructurada

Serán admisibles pozos de materiales termoplásticos de pared estructurada de diferentes diseños, debiendo cumplir, en cualquier caso, los requisitos del proyecto de norma europea prEN 13598-2:2003.

En principio podrán ser de una única pieza o estar compuestos por un módulo base y otro(s) de recrecido (al cual ajusta directamente el cerco y la tapa de registro) hasta alcanzar la altura

necesaria. Incluso podrán disponer de un módulo adicional de ajuste telescópico que permita adaptarse a la forma exacta del terreno que rodea al pozo.

Los pozos de registro prefabricados de materiales termoplásticos de pared estructurada serán habitualmente de diámetro nominal 1.000 mm.

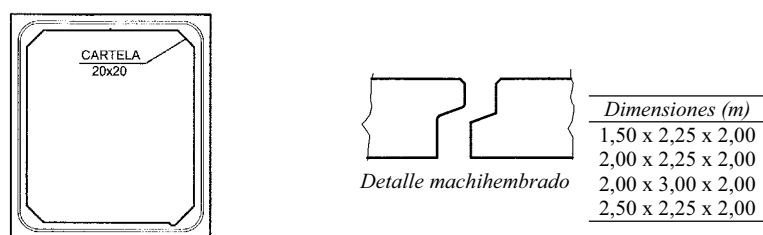


Fig 27. Dimensiones y geometría de los marcos

c) Pozos de registro prefabricados de otros materiales

Excepcionalmente, podrán instalarse pozos prefabricados de otros materiales distintos a los especificados en apartados anteriores, debiendo cumplir la normativa que se especifica para cada uno:

- Hormigón polímero (prEN 14.636-2)
- Gres (UNE-EN 295-6:1996)
- Fundición dúctil (UNE-EN 598:1996)
- PE de pared lisa (ASTM F-1.759-97)
- PRFV (DIN 19.565-5:1990).

d) Pozos de registro construidos in situ

La solera de los registros construidos in situ deberá ser siempre de hormigón en masa o armado, con un espesor que no será inferior a 20 cm y deberá tener conformada una media caña del mismo material que la conducción que le acomete.

Los alzados serán, en general de hormigón, debiendo cumplir con lo especificado por la vigente EHE). El espesor mínimo de las paredes será de 15 cm.

Los tipos de hormigón serán los especificados en los planos del anexo a estas Normas.

Excepcionalmente, previa aprobación de la Dirección de Obra, podrán instalarse pozos de registro de fábrica de ladrillo macizo enfoscado interiormente mediante mortero hidrófugo bruñido.

En el caso específico de las tuberías urbanas visitables de grandes secciones, los pozos deberán estar retranqueados respecto al eje de la conducción, de manera que la entrada del pozo quede bajo las aceras.

En general se normalizan los seis tipos de pozos de registro construidos in situ que se indican en la figura adjunta, en función de la altura de enterramiento y del diámetro interior de la conducción incidente. En los Planos anexos a estas Normas puede verse el detalle de los mismos.

Geometría	ID	H (m)									
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10
Circular	≤ 400	TIPO 1		TIPO 2			TIPO 3				
	500	TIPO 1		TIPO 2			TIPO 3				
	600	TIPO 1		TIPO 2			TIPO 3				
	700	TIPO 1		TIPO 2			TIPO 3				
Rectangular	800	TIPO 4		TIPO 5			TIPO 6				
	900	TIPO 4		TIPO 5			TIPO 6				
	1.000	TIPO 4		TIPO 5			TIPO 6				
	1.100	TIPO 4		TIPO 5			TIPO 6				
	≥ 1.200	TIPO 4		TIPO 5			TIPO 6				

Fig 28. Pozos de registro construidos in situ normalizados

### II.5.4.3 Pozos de resalto

Cuando se produzcan saltos en la rasante de las conducciones de más de 1,00 m, los pozos deberán contar con un conducto vertical (de diámetro mínimo 300 mm) que canalice el agua, el cual finalizará en una pieza con forma de codo (*pozos de resalto*, ver figura adjunta).

Estos pozos de resalto podrán ser bien construidos in situ o bien prefabricados, siendo de aplicación lo especificado para los mismos en el artículo II.5.4.2.

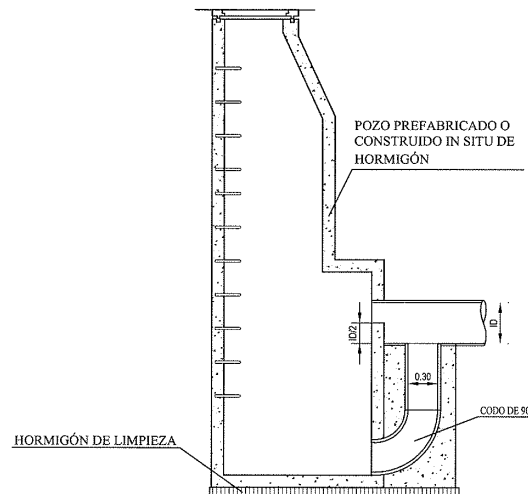


Fig 29. Pozo de resalto tipo

### II.5.4.4 Pozos para acometidas

Los pozos cuya finalidad sea el entronque de acometidas al sistema de alcantarillado podrán ser de cualquiera de las tipologías definidas en el artículo II.5.4.2 (prefabricados o construidos in situ), debiendo cumplir con lo especificado en dicho artículo según los casos y con lo estipulado en el artículo II.6.2.3 para los entronques de las acometidas.

En el caso de acometidas que viertan a tuberías enterradas a profundidades mayores de 4,5 m, la acometida se instalará en una galería de servicios con ejecución en mina.

## II.5.5 Elementos auxiliares

Los pozos de registro deberán ir provistos con distintos elementos auxiliares, entre ellos los siguientes, los cuales deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo II.10.9:

- Marco y tapa exterior de cierre
- Pates de acceso o escaleras
- Barandillas
- Rejilla tramex

En general, las conducciones se unirán a los registros mediante juntas elásticas flexibles con anillo elastomérico.

Los pozos de registro prefabricados deberán ir provistos a la salida de fábrica con los orificios necesarios para la unión con las conducciones, no siendo admisible en general, salvo aceptación expresa por parte de la Dirección de Obra, la perforación in situ de los pozos.

En los pozos prefabricados, además, las juntas entre los módulos que conforman el registro deberán incorporar, en general, un anillo elastomérico de forma que se asegure la estanquidad entre los elementos.

En el caso específico de los pozos para el entronque de las acometidas, las uniones de éstas a los registros podrán realizarse mediante diversos procedimientos (junta elástica/estanca, pieza elástica/estanca, manguito pasamuros in situ o injerto rígido) conforme a lo especificado en el artículo II.6.2.3.

## II.6 Acometidas

### II.6.1 Generalidades

Las acometidas a los edificios estarán constituidas, en general, por los siguientes componentes (ver figura Fig 30):

- Arqueta de arranque
- Albañal
- Entronque

La arqueta de arranque se ubicará en el interior de la propiedad o en la vía pública, en función de que el responsable de la acometida sea el particular o el ente gestor, respectivamente. En este último caso, y aunque no se considere como parte de la acometida como tal (al estar en dominio privado), es recomendable situar, en lugar accesible, una arqueta registrable en el interior de la propiedad.

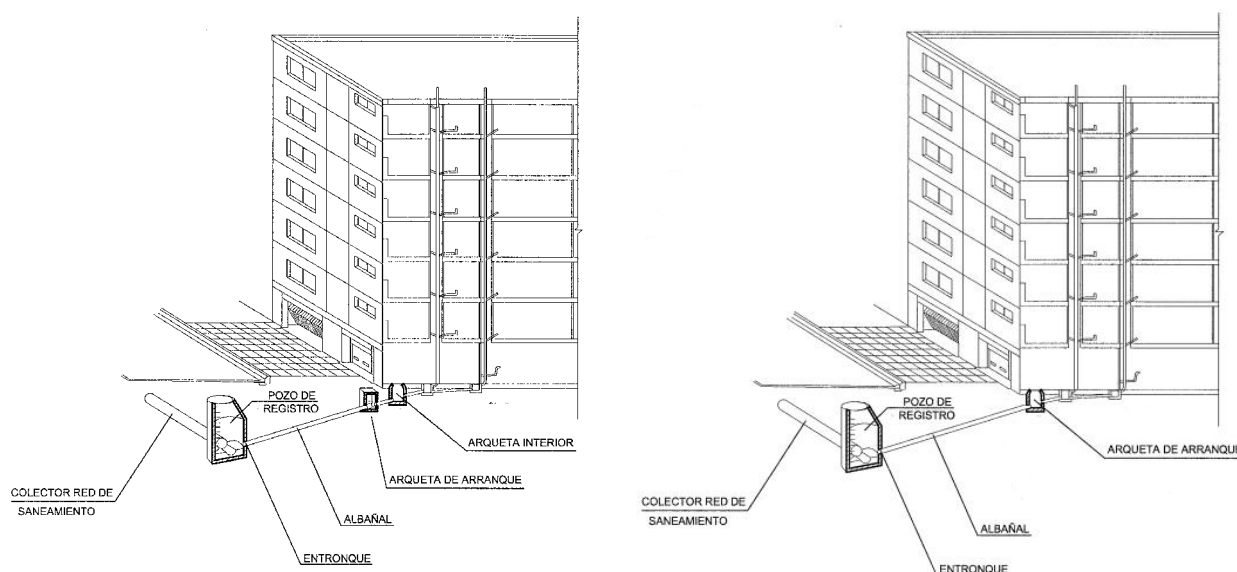


Fig 30. Componentes que integran una acometida según que el responsable sea el ente gestor (izda.) o el particular (dcha.)

La longitud máxima de las acometidas (medida desde la arqueta de arranque hasta el entronque) será, en general de 10 m.

Atendiendo a la naturaleza del agua evacuada, las acometidas de alcantarillado se clasifican de la siguiente manera:

- Pluviales
- Residuales domésticas
- Residuales industriales

A su vez, las acometidas podrán ser separativas o unitarias. En redes separativas cada edificio tendrá, al menos, dos acometidas, mientras que en redes unitarias podrá ser suficiente con una sola. En el caso particular de las acometidas industriales, cada usuario industrial tendrá una acometida independiente, la cual deberá cumplir la legislación vigente sobre Vertidos Líquidos Industriales al Sistema Integral de Saneamiento.

## II.6.2 Componentes de las acometidas

### II.6.2.1 Arqueta de arranque

Las arquetas de arranque de las acometidas deberán ser conformes, en general, con lo especificado para las mismas en el artículo II.5.3, pudiendo ser bien prefabricadas o bien construidas in situ.

En este último caso, (arquetas de arranque construidas in situ) se normalizan dos posibles diseños, en función de que el diámetro de la conducción incidente sea menor o mayor de 250 mm (ver Planos anexos a estas Normas).

En cualquier caso, las funciones básicas de las arquetas de arranque serán las siguientes:

- Limpieza
- Localización del arranque de la acometida
- Ubicación de la valvulería necesaria para cerrar el paso a la red de alcantarillado
- Colocación de elementos de aforo o tomamuestras, etc
- Conexión entre la conducción de salida de las aguas residuales de la propiedad y el *albañal* de la acometida

Las arquetas de arranque podrán ser de los siguientes tipos:

#### - Sifónicas

Cuando prevean algún dispositivo que garantice la anegación de los extremos de los conductos de entrada y salida. En la figura adjunta se muestran, a título de ejemplo, distintas técnicas para lograr el efecto de sifonado.

Solamente se instalarán arquetas de arranque sifónicas en aquellos casos que no exista posibilidad de la instalación de una arqueta sifónica en el interior de la propiedad privada. En este caso deberá proyectarse específicamente teniendo en cuenta los condicionantes existentes y de forma que se permita el acceso para limpieza.

#### - No sifónicas

Cuando el diseño de la arqueta no contemple ningún dispositivo que garantice la anegación de los extremos de los conductos de entrada y salida. Podrán ser bien prefabricadas o bien construidas in situ.

#### - Diseños especiales

Se refieren a aquellas arquetas que incluyan en su diseño elementos auxiliares tales como los siguientes (ver Planos anexos a estas Normas):

- a) Elementos de retención, para impedir la puesta en carga de la acometida
- b) Aforos y toma de muestras
- c) Elementos de cierre para impedir el paso de vertidos en operaciones de limpieza, reparación, etc.



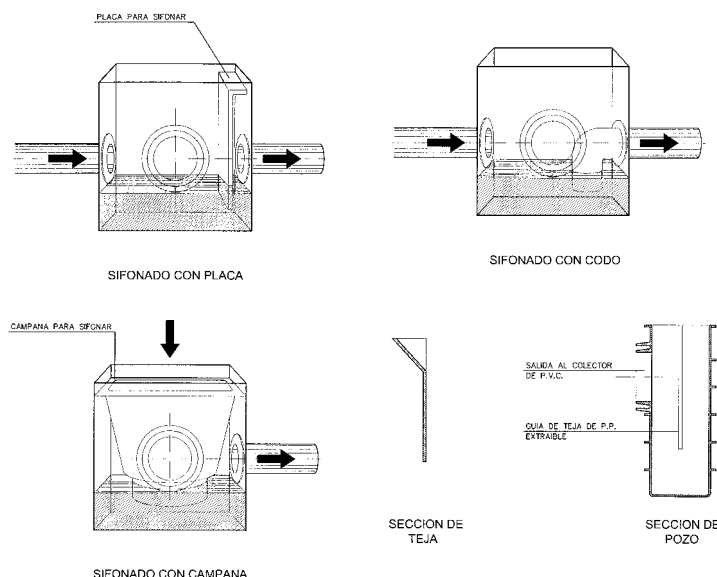


Fig 31. Tipología de dispositivos de sifonado

### II.6.2.2 Albañal

Los albañales podrán ser de cualquiera de los materiales especificados en los diferentes artículos de las presentes Normas, si bien, se emplearán, preferentemente los siguientes.

- Hormigón armado
- Gres
- PVC-U, PE ó PP de pared estructurada

Las uniones entre los tubos que integran el albañal deberán ser conformes a lo especificado para las mismas en las presentes Normas.

El diámetro del albañal deberá ser alguno de los especificados en la tabla adjunta, según materiales.

Salvo que la normativa municipal establezca unas dimensiones superiores, el diámetro mínimo nominal del albañal será de 300 mm, excepto en el caso de viviendas unifamiliares, en las que será de 250 mm y el máximo será igual al de la conducción de la red de alcantarillado a la que vierta.

Tabla 26 Diámetros normalizados en los albañales

Material	DN normalizado
Hormigón armado	300, 400, 500
Gres	250, 300, 350, 400, 450, 500
PVC-U, PE, PP estructurado (DN/ID)	250, 300, 400, 500
PVC-U, PE, PP estructurado (DN/OD)	250, 315, 400, 500

Con carácter excepcional y previa justificación de la solución adoptada, podrán emplearse albañales de hormigón en masa o de PVC-U de pared lisa siempre que se cuente con la aprobación técnica del Canal de Isabel II.

### II.6.2.3 Entronque

El entronque del albañal a la conducción principal de la red se realizará a través de un pozo de registro en el caso de redes tubulares, y directamente sobre el colector en el caso de redes visitables (con un ángulo de 90° a ser posible o, en otro caso, con un ángulo agudo medido aguas arriba del punto de

conexión del colector entre la dirección de éste y la de la acometida). Dicho pozo deberá, en cualquier caso, cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo II.5.

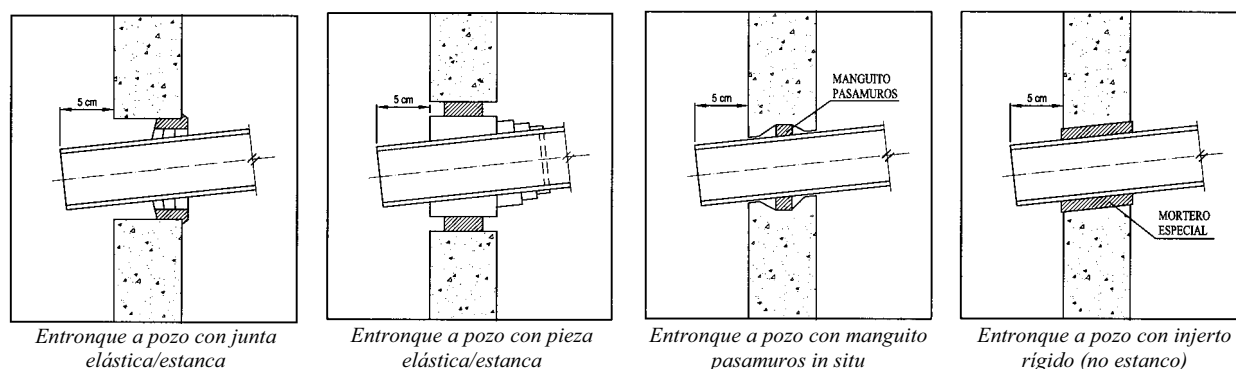
En el caso de que haya concurrencia de varias acometidas al mismo entronque, y en función del diámetro y de la profundidad del pozo al que acometan, se podrá exigir la construcción de una cámara de servicio asociada al pozo.

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 de gran broca.

El entronque del albañal con el pozo de registro de la red de alcantarillado (o con el colector visitable en su caso) deberá garantizar un resalto (medido entre las cotas inferiores del albañal y del colector receptor) situado entre 0'4 y 0'8 metros, respetando siempre que sea posible una distancia mínima de 20 cm entre las generatrices inferior del albañal y superior del colector. En caso de que la distancia entre la generatriz inferior de la red interior y la solera de la arqueta de arranque sea superior a un metro, deberá construirse una arqueta de resalto en el pozo de inicio de la acometida.

El entronque del conducto de la acometida al pozo de la red de alcantarillado podrá realizarse de diversas maneras, recomendándose el empleo de junta elástica/estanca (ver figura adjunta):

- mediante junta elástica/estanca
- mediante piezas elástica/estanca
- mediante manguito pasamuros in situ
- mediante injerto rígido (no estanco)



## II.7 Aliviaderos y tanques de tormentas

### II.7.1 Clases de aliviaderos

Los aliviaderos, atendiendo a su capacidad de regulación, podrán disponer o no de un tanque de tormentas 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 tanque de tormentas 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.

## II.7.2 Características generales

Atendiendo a que los aliviaderos dispongan o no de un tanque de tormentas adosado, las principales características de los mismos serán las siguientes:

### a) Aliviaderos sin tanque de tormentas adosado

En el caso de no disponer de un tanque de tormenta adosado al aliviadero, éste se emplazará directamente en una pared lateral del colector. Si el caudal a aliviar fuera tal que no bastara con el alivio por un solo lado podrá disponerse de tal manera que los dos lados del colector hagan de aliviadero.

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

En cualquier caso, las dimensiones del labio del aliviadero deberán ser las suficientes para el buen funcionamiento hidráulico del mismo (ver apartado III.6).

### b) Aliviadero con tanque de tormentas adosado

En el caso de disponer de un tanque de tormenta adosado al aliviadero, éste consistirá en una obra de fábrica construida in situ, preferentemente de hormigón armado, 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 de caudal

Si en el aliviadero confluyen varios colectores, podría adosarse a la entrada otra cámara con la misión de recibir dichas incorporaciones.

En cualquier caso, todos los compartimentos que integren el aliviadero deberán ser visitables, para lo cual habrán de estar dotados de las correspondientes tapas, pates, etc. (ver artículo II.7.3). En la solera del canal principal deberá disponerse un pequeño cuenco. Igualmente, dicha solera deberá tener una pendiente transversal importante hacia el mencionado cuenco.

Además, estos aliviaderos pueden ser, en general, de los siguientes tipos, según la disposición de la cámara de retención:

- aliviaderos 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%

El labio del aliviadero se recomienda tenga forma triangular para reducir al máximo las acumulaciones de sedimentos. Igualmente, el hormigón tanto de la cámara como del canal principal debe ser lo más liso posible para evitar también acumulaciones.

En cualquier caso, en las figuras adjuntas se muestran unos ejemplos de los distintos tipos de aliviaderos antes descritos. A modo de ejemplo, el elemento de regulación se ha supuesto sea una compuerta o una válvula vórtice en el aliviadero en línea o en el de derivación, respectivamente, si bien, como se ha indicado, tales representaciones no tienen más que carácter esquemático, debiendo adoptarse, en cada caso particular, el elemento regulador necesario en función de los condicionantes hidráulicos particulares.

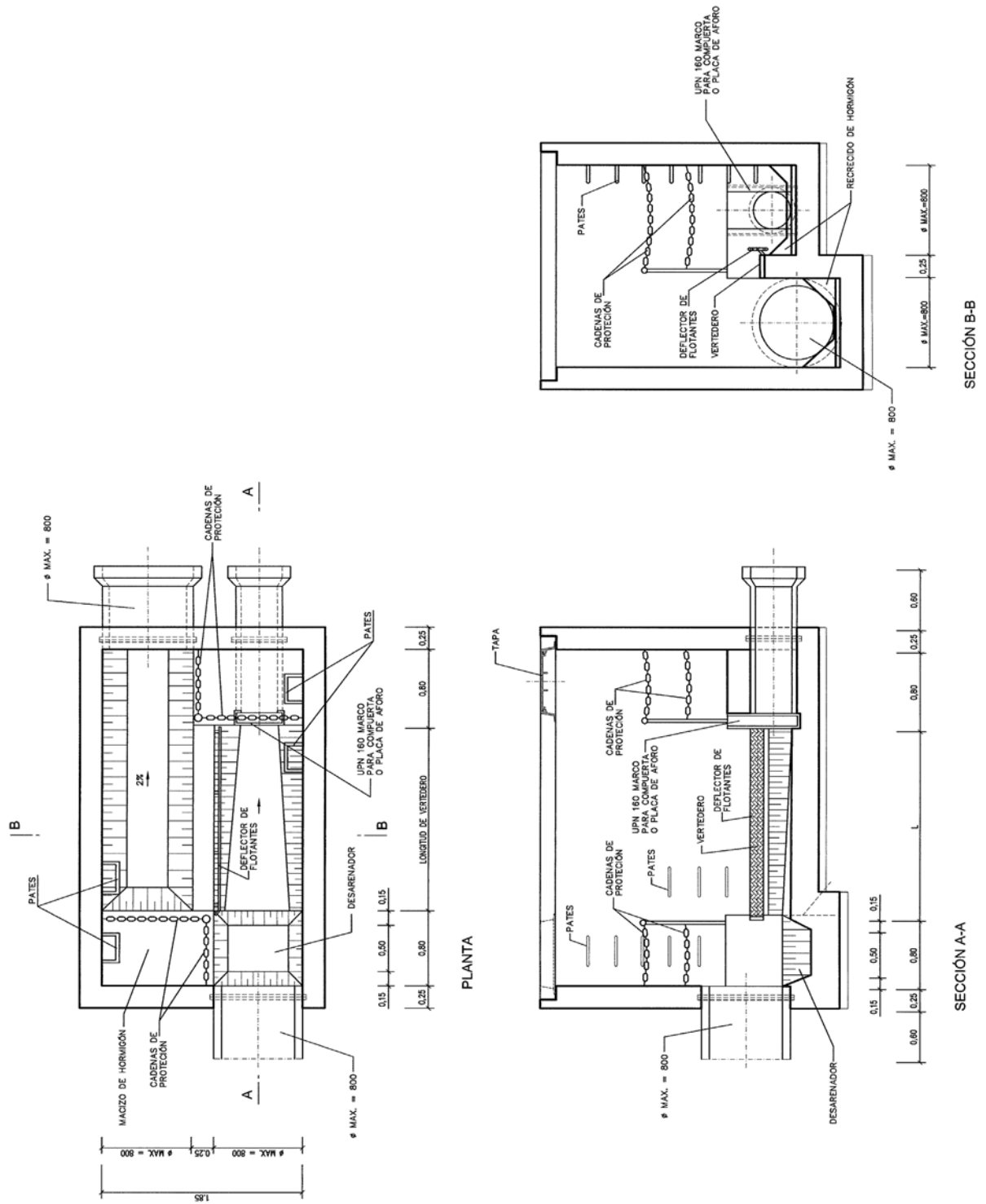


Fig 33. Ejemplo de aliviadero sin cámara de retención

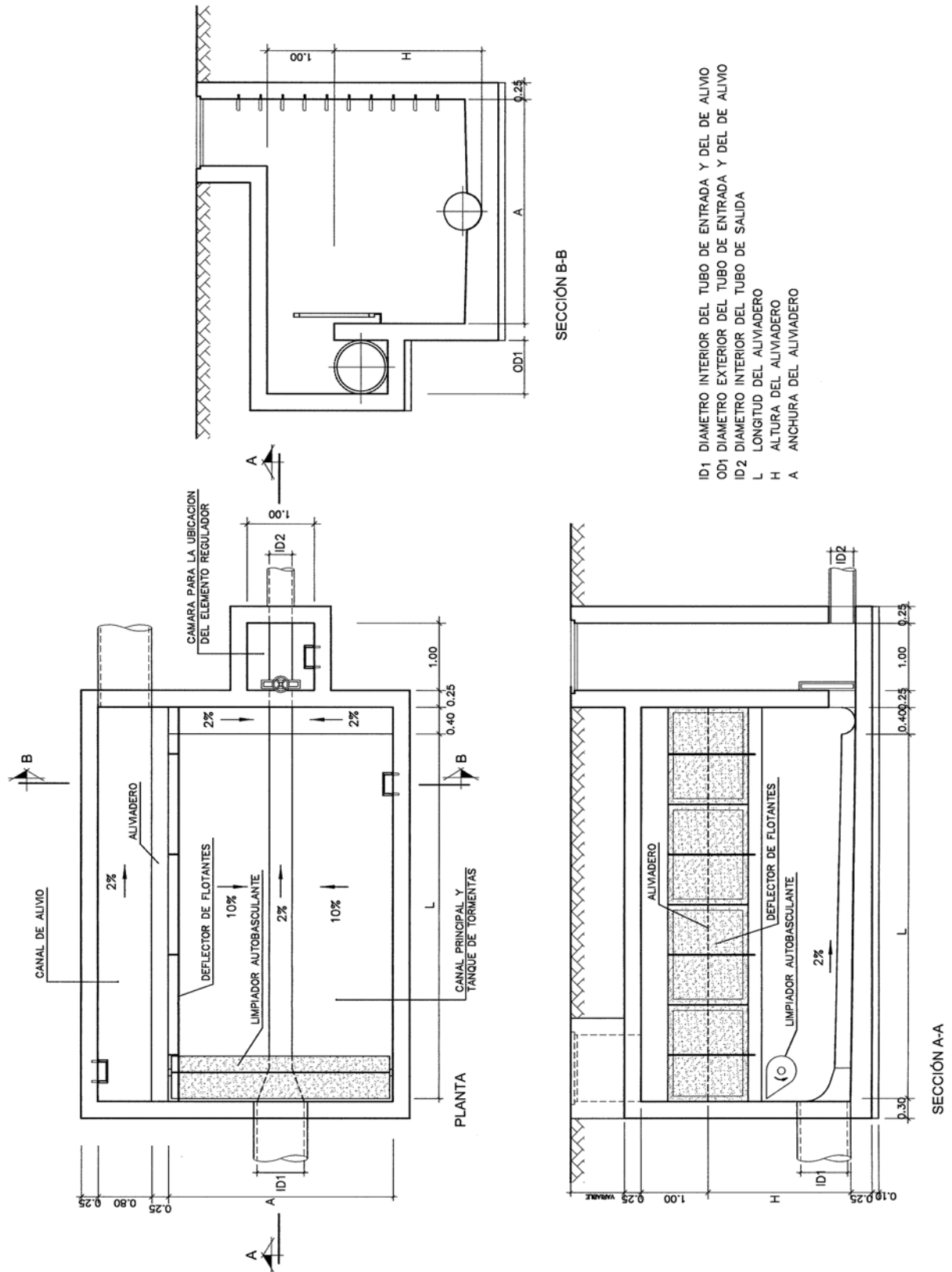


Fig 34. Ejemplo de aliviadero con cámara de retención en línea

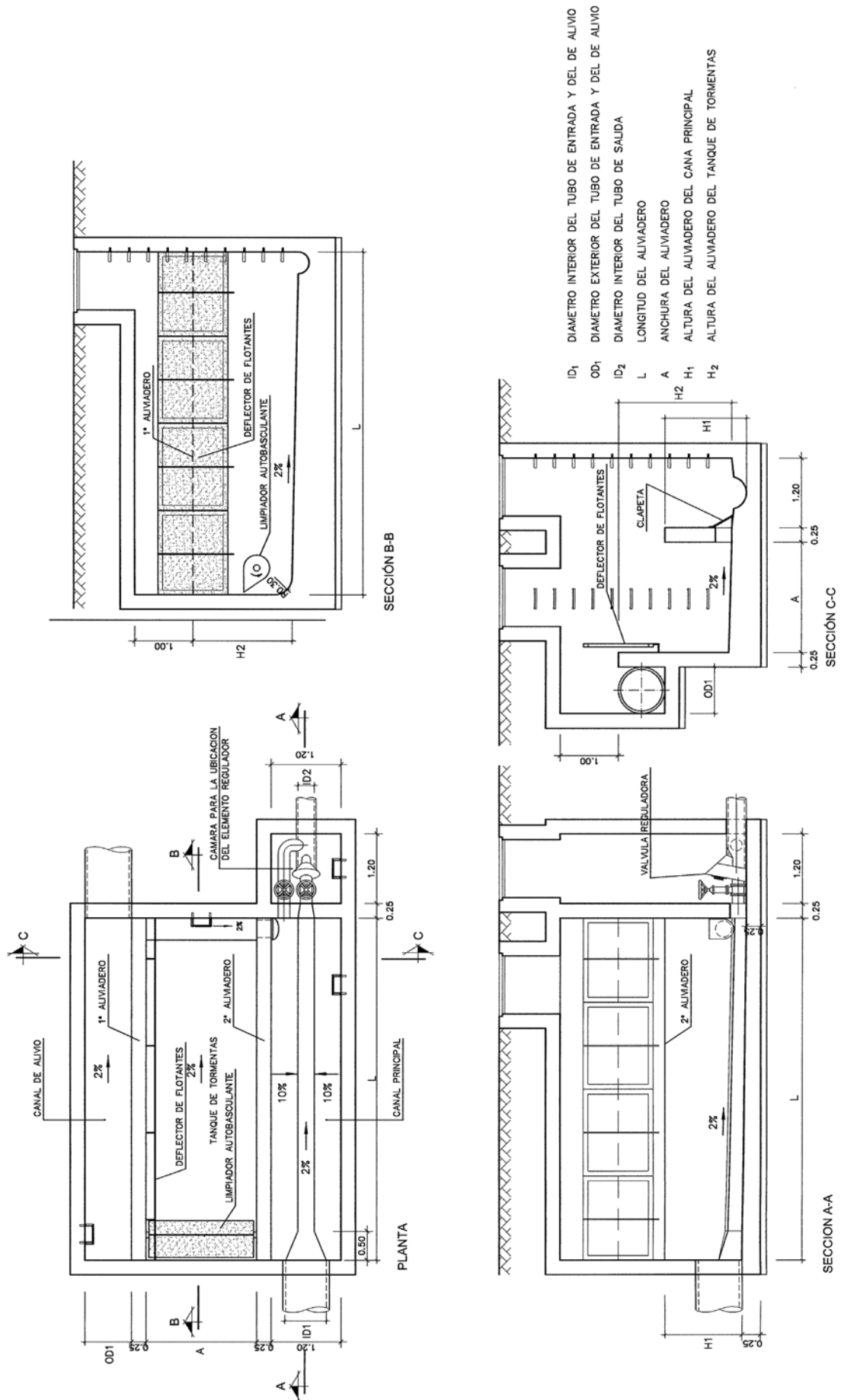


Fig 35. Ejemplo de aliviadero con cámara de retención en derivación

### II.7.3 Elementos auxiliares

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, pates de acceso o escaleras, barandillas, cadenas de seguridad, rejillas tramex, etc.). Todos ellos deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo II.10.9.

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

El elemento de cierre deberá ser de acero inoxidable 316L. Constará de un soporte anclado a la pared por el que se desliza una tajadera, la cual sube y baja mediante un husillo. El accionamiento de la compuerta podrá ser bien manual o motorizado.

- Válvula de vórtice

Deberá estar fabricada toda ella con acero inoxidable 316L y el fabricante correspondiente deberá facilitar la curva característica de la válvula que relaciona el caudal desaguado con la altura del agua en la cámara. En la descarga de la válvula deberán construirse unas medias cañas que conduzcan el agua hacia la salida del tanque. Además, es necesario dejar un resalto, que depende del caudal a regular, en la descarga de la válvula.

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 by-pass que permita la sustitución del elemento regulador sin necesidad de interrumpir el servicio. El elemento de control del regulador deberá disponerse fuera del aliviadero. El acceso a esta cámara deberá situarse preferentemente en el lado del by-pass, para poder evacuar lo más rápidamente posible la cámara en el caso de que sea necesario abrir el mismo.

#### 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

Estos limpiadores consisten en unos depósitos que en situación normal están en posición de equilibrio y, una vez alcanzan la capacidad de agua para la que están dimensionados, al descentrarse el centro de gravedad, basculan generando una ola que barre todos los sedimentos acumulados hacia la parte más baja de la cámara.

Deberán fabricarse con acero inoxidable 316L. Igualmente, la generatriz inferior de la cámara de retención situada bajo el limpiador deberá construirse en forma curva para facilitar la formación de la ola de limpieza.

Estos limpiadores solamente se podrán utilizar en el caso de que se alimenten con agua reutilizada o procedente del subálveo.

Se deberá prever una tapa encima de los mismos, para poder proceder a su extracción en caso necesario, así como para su mantenimiento. Dicha tapa será también de un material inoxidable.

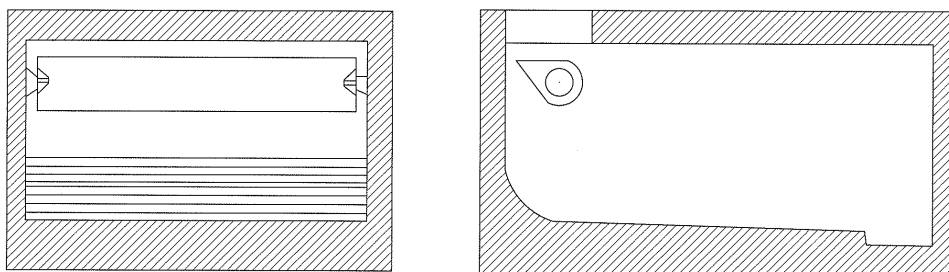


Fig 36. Limpiadores basculantes

- Limpiadores giratorios a chorro

Estos limpiadores consisten en una bomba sumergible centrífuga para agua residual, equipada con una lanza de mezcla. El aire es introducido y añadido al chorro de agua, de manera que esta mezcla de aire y agua es propulsada a gran velocidad horizontal sobre el fondo de la cámara.

Son adecuados para cámaras de forma circular o irregular (en las que no pueden instalarse los anteriores limpiadores basculantes) o en cámaras rectangulares de gran longitud, de poca pendiente o con pilares intermedios.

La bomba deberá cumplir con lo especificado para las mismas en el artículo II.8 y se colocará anclada a la solera horizontal de la cámara.

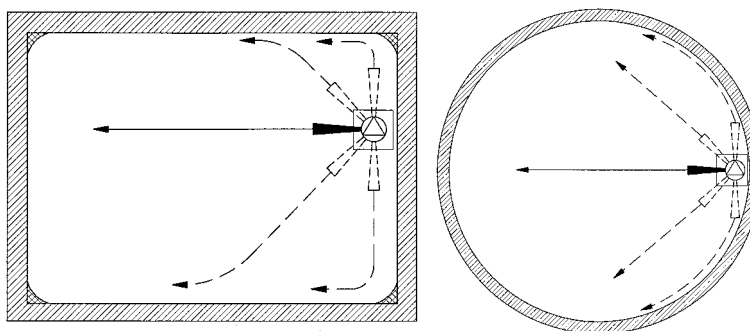


Fig 37. Ejemplos de limpiadores giratorios a chorro en tanques rectangulares (izquierda) y en tanques circulares (derecha)

- Sistema de limpieza por vacío

Este sistema de limpieza consta de una cámara de limpieza, una bomba de vacío, una válvula de diafragma y un medidor de nivel.

Cuando la cámara de retención comienza a llenarse debido a un episodio lluvioso, se provoca el vacío en la cámara de limpieza por medio de la bomba y la válvula de diafragma, provocando que el agua inunde dicha cámara. Esta agua es retenida hasta que se vacía el tanque después de la lluvia, y a continuación se rompe el vacío en la cámara introduciendo aire en la misma, provocando que toda el agua sea liberada de golpe, generando una ola de limpieza que barre la solera.



Es importante ejecutar correctamente la obra civil de la cámara de limpieza, y tener en cuenta el canal de recogida del agua, como en el caso de los limpiadores.

Este sistema es más eficaz que el de limpiadores basculantes cuando la longitud del tanque comienza a ser importante. También es de utilidad en tanques circulares, en cuyo caso la cámara de limpieza se situaría en el centro del mismo.

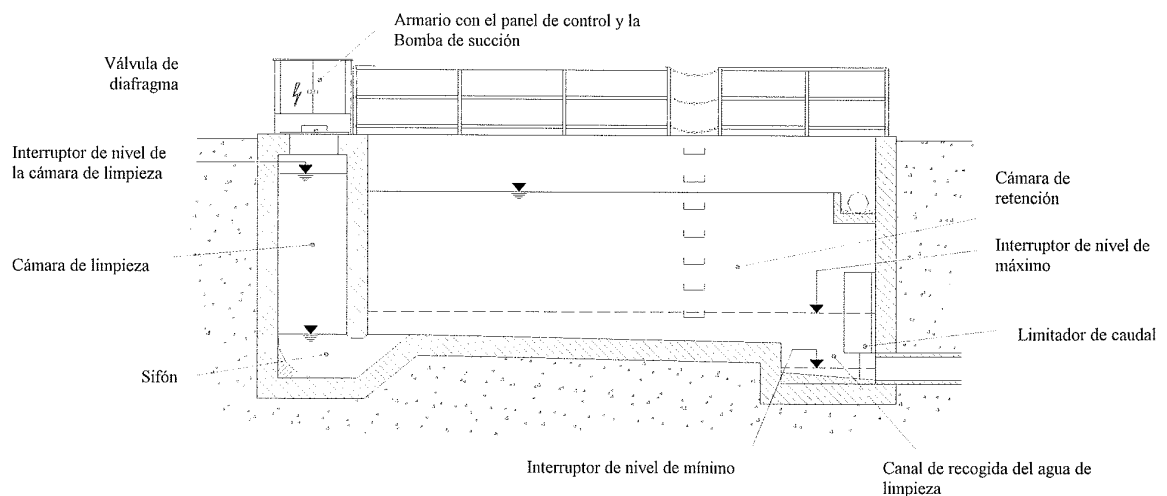


Fig 38. Ejemplo de sistema de limpieza por vacío para tanques rectangulares

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

Este sistema consistirá en colocar sobre el vertedero un tamiz de retención de sólidos autolimpiable. Podrá ser accionable por distintos medios (gravedad, eléctrico), debiendo ser, en cualquier caso, de acero inoxidable 316L. Su diseño será tal que el residuo recogido se devuelva al colector principal.

- Pantalla deflectora

Este sistema consistirá en colocar en el labio del aliviadero una pantalla deflectora que evite el vertido a los cauces de los sólidos en suspensión que lleguen a la cámara de retención.

El cuerpo de la pantalla podrá ser bien de acero inoxidable 316L o galvanizado en caliente, de aluminio o de materiales plásticos, como, por ejemplo, PRFV o polipropileno. Los anclajes al muro del aliviadero serán siempre de acero inoxidable 316L.

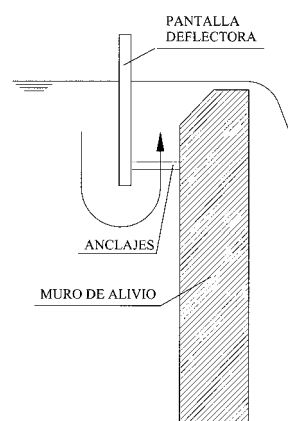


Fig 39. Esquema de funcionamiento de una pantalla deflectora

## 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.

La clapeta antirretorno podrá ser de uno de los siguientes tipos:

- Cuerpo de acero inoxidable 316L y goma de cierre en neopreno.
- Cuerpo y cierre en polietileno de alta densidad, con junta de cierre en EPDM.
- Cuerpo y cierre en acero inoxidable 316L.

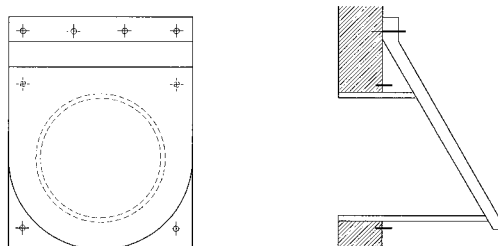


Fig 40. Esquema de clapeta antirretorno

## 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. En cualquier caso, es deseable que, al menos, se controlen los siguientes elementos:

- sonda de nivel y detector inductivo para el llenado automático del limpiador basculante
- sonda de nivel para el accionamiento automático de la válvula de compuerta, en su caso

## g) Otros elementos auxiliares

Además de los anteriores elementos auxiliares, los aliviaderos con tanque de tormenta deberán ir provistos con otros complementarios, entre ellos los siguientes:

- Marcos y tapas exteriores de cierre
- Pases de acceso o escaleras
- Barandillas
- Cadenas de seguridad
- Rejilla tramex

Todos estos elementos auxiliares deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo II.10.9 si bien, en cualquier caso, todos los elementos que se instalen en el interior de los aliviaderos deberán ser de materiales plásticos o de acero inoxidable 316L.

## II.8 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 artículo III.7 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 artículo se establecen unos criterios generales que deberán ser observados en su diseño.

En las figuras adjuntas se muestran unos esquemas, a título orientativo, de distintas soluciones para las estaciones de bombeo con una o dos cámaras, en los que se puede ver la disposición de los diferentes elementos normalizados en el presente artículo.

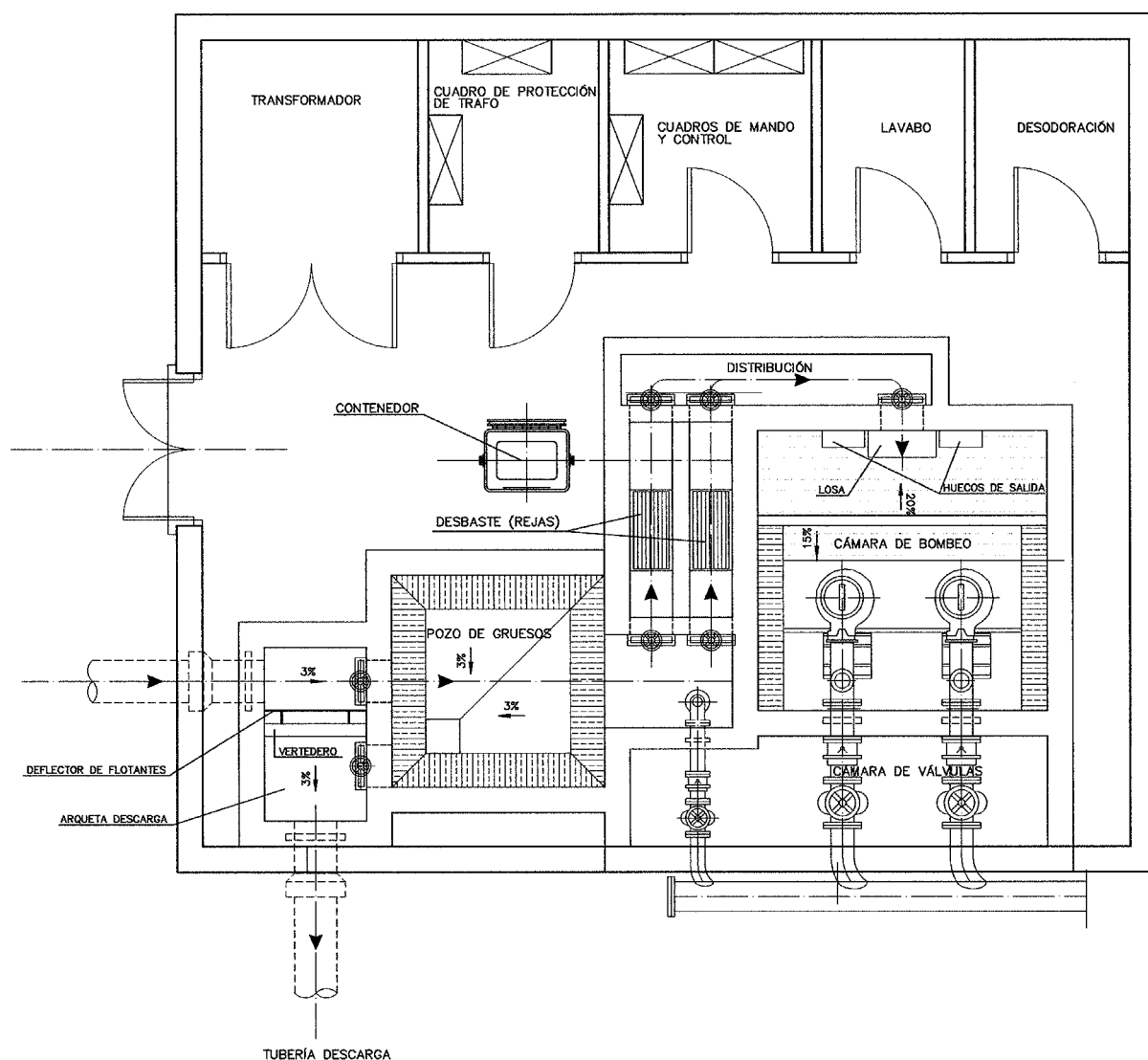


Fig 41. Croquis de estación de bombeo de una sola cámara

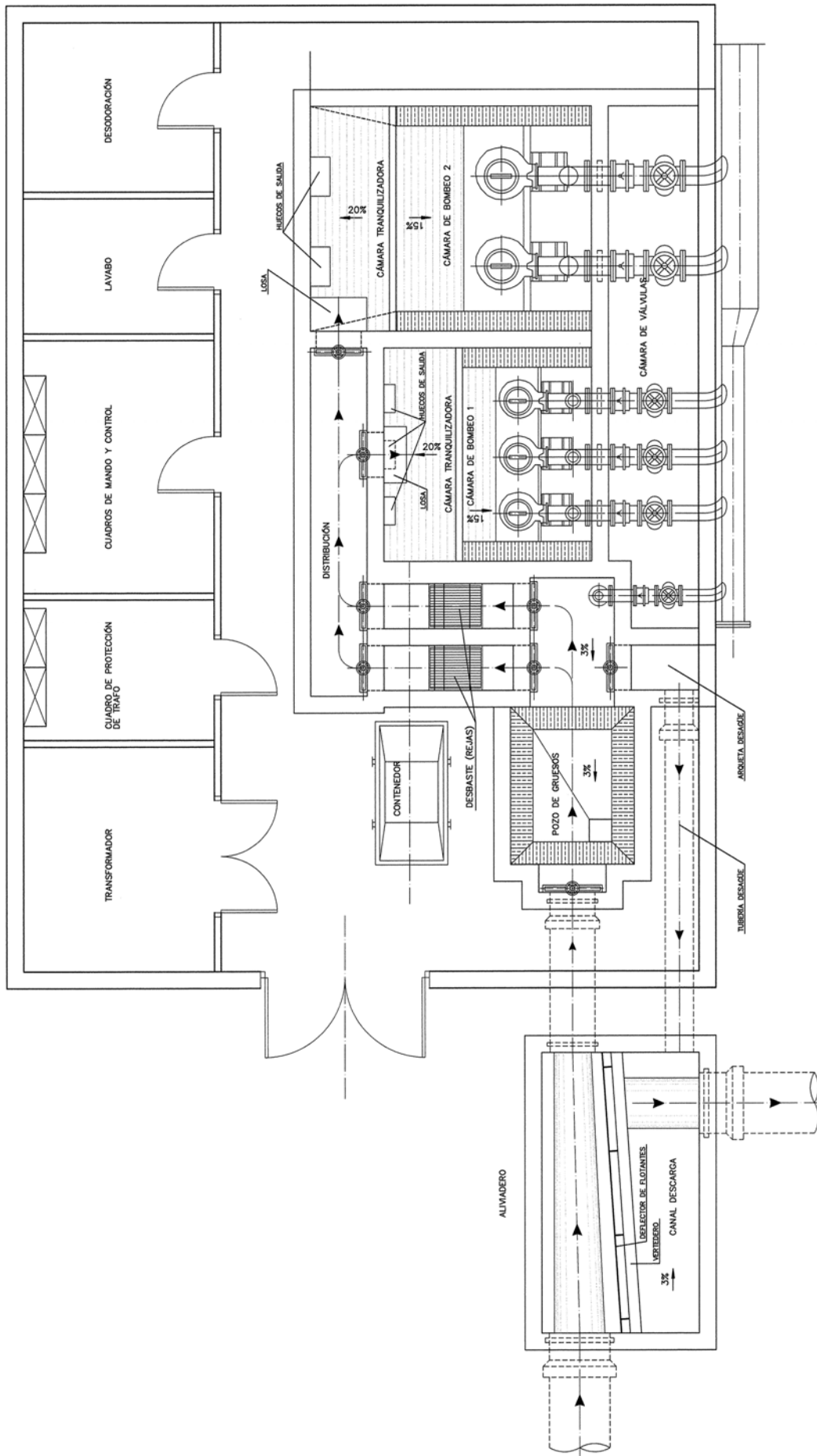


Fig 42. Croquis de estación de bombeo de dos cámaras

Independientemente de cual 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 se 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.

### **II.8.1 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 by-pass 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 (ver artículo II.8.5). La cámara de alivio tendrá pendiente hacia el tubo de alivio, el cual deberá contar con el desagüe oportuno.

El by-pass consistirá en una serie de compuertas murales de acero inoxidable de tamaño mínimo 400 x 400 mm, 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 by-pass 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.

### **II.8.2 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.

### II.8.3 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 Canal de Isabel II, en los que podrán instalarse equipos manuales (rastrillos, por ejemplo).

Tanto la reja como los peines del limpiarrejillas 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 Canal de Isabel II, 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.

### II.8.4 Elevación de agua bruta

En función de la forma de instalación de las bombas, las estaciones de bombeo se clasifican en los dos grandes grupos siguientes, de manera que sus características resultan diferentes:

- Estaciones de bombeo con bombas instaladas en seco
- Estaciones de bombeo con bombas sumergidas en el propio depósito de bombeo

#### II.8.4.1 Características generales de las cámaras de aspiración

En el caso de estaciones de bombeo sumergidas, y para prevenir la acumulación de sedimentos, las generatrices de la solera de las cámaras de aspiración estarán achaflanadas dándole pendiente hacia el centro de la misma. En instalaciones en seco, la solera de la cámara de regulación tendrá pendiente hacia el centro como en el caso anterior (ver Fig 43), mientras que en el compartimiento para la instalación de las bombas no será necesario achaflanar las generatrices de la solera.

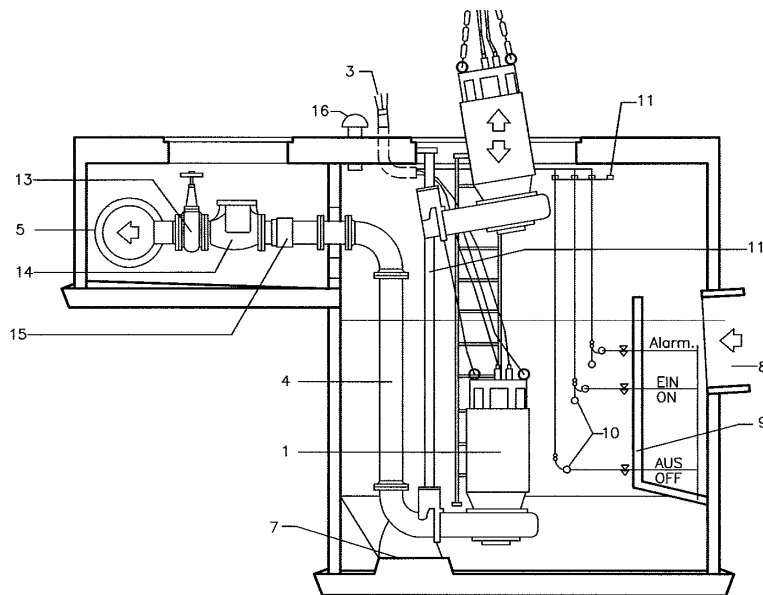
En la solera de la cámara de aspiración se construirá una poceta que permita introducir una bomba pequeña con la misión de vaciar completamente el depósito. La solera de la cámara deberá tener pendiente hacia dicha poceta.

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.

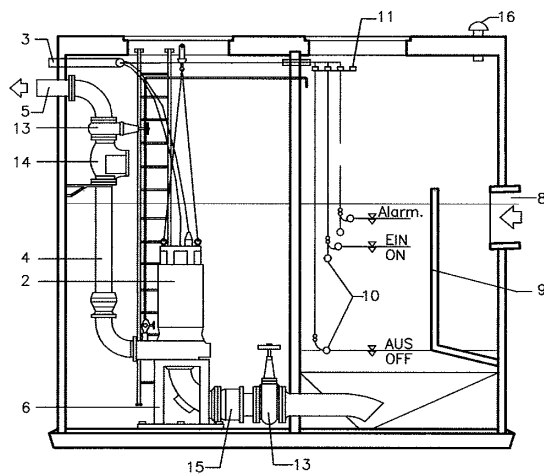
#### II.8.4.2 Cámaras tranquilizadoras

En la entrada a la cámara de aspiración deberán disponerse cámaras tranquilizadoras para disipar la energía cinética del flujo entrante (ver figura adjunta). 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.

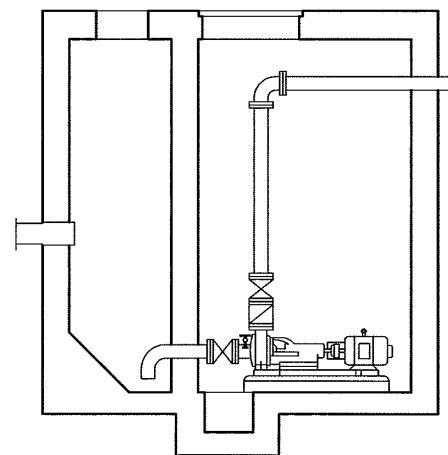
En instalaciones pequeñas (caudales inferiores a 20 m<sup>3</sup>/h), y previa autorización expresa del Canal de Isabel II, podrán sustituirse las anteriores cámaras tranquilizadoras de hormigón armado por pantallas deflectoras de acero inoxidable o galvanizado en caliente.



Esquema de instalación sumergida con bomba vertical



Esquema de instalación en seco con bomba vertical



Esquema de instalación en seco con bomba horizontal

- |                         |                       |  |                          |
|-------------------------|-----------------------|--|--------------------------|
| 1 Bomba sumergible      | 5 Conducción general  | 9 Cámara tranquilizadora o pantalla deflectora | 12 Tubo guía             |
| 2 Bomba instala en seco | 6 Base soporte        | 10 Reguladores de nivel                        | 13 Válvula de compuerta  |
| 3 Tubo para cables      | 7 Pedestal            | 11 Soporte para los reguladores de nivel       | 14 Válvula de retención  |
| 4 Tubo de impulsión     | 8 Emisario de entrada |  | 15 Carrete de desmontaje |
|                         |                       |  | 16 Ventilación           |

Fig 43. Instalaciones sumergidas o en seco

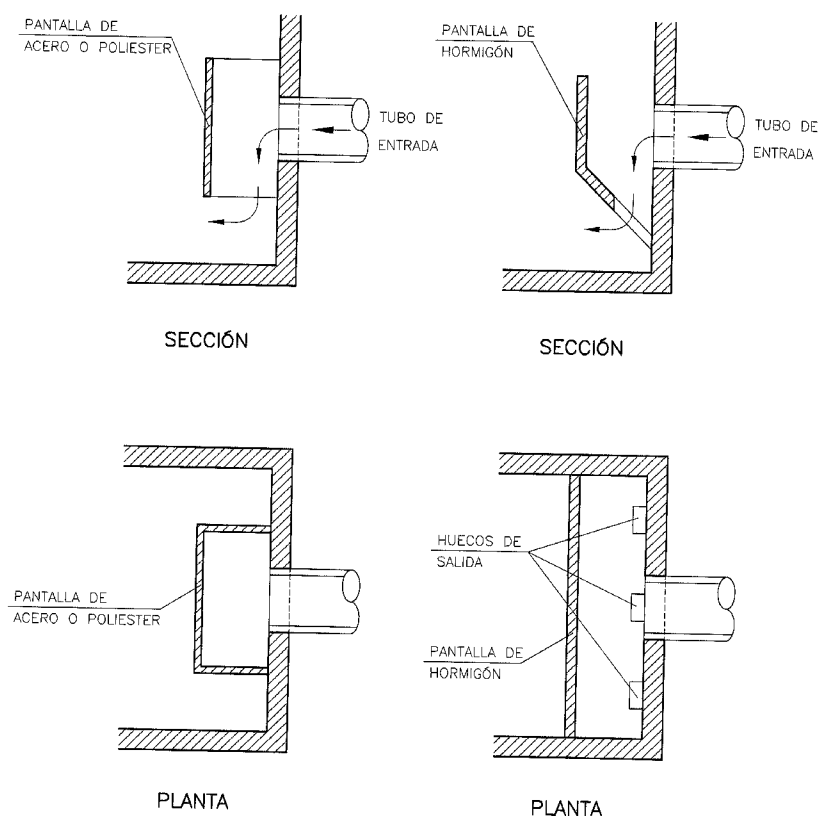


Fig 44. Detalle de pantallas deflectoras (izquierda) y cámaras tranquilizadoras (derecha)

#### II.8.4.3 Bombas

Las bombas a instalar en las estaciones de bombeo de aguas residuales podrán ser centrífugas o de hélice.

A su vez las bombas podrán instalarse en posición horizontal o vertical y ser sumergibles o no.

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 Canal de Isabel II.

Las bombas sumergibles se instalarán acopladas a un pedestal y deberán ir siempre dispuestas con un tubo guía y una cadena para facilitar las operaciones de montaje y desmontaje de las mismas. Las bombas instaladas en seco se montarán sobre una base soporte pudiendo o no disponerse carril guía en



este caso (ver Fig 43). En cualquier caso, los equipos de bombeo nunca se instalarán anclados directamente mediante pernos a la solera.

El tubo guía será, en general, de alguno de los siguientes diámetros nominales:  $\frac{3}{4}$ '' - 1  $\frac{1}{4}$ '' - 2 '' ó 3 '', de acuerdo con lo recomendado por los fabricantes.

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
5 kW < P < 15 kW	arranque mediante arrancadores suaves
15 kW < P	arranque mediante variadores de frecuencia

En cualquier caso, podrán emplearse variadores de frecuencia para el arranque de las bombas en cualquier rango de potencias, si así lo estima conveniente la Dirección técnica del Canal de Isabel II.

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 atravesase los muros de la estructura.

Las bombas estarán unidas directamente mediante bridas al tubo de impulsión (ver artículo II.8.5) y, en su caso, al de aspiración (ver artículo II.8.4.4).

Deberá instalarse siempre una boya de alarma que accione la parada de las bombas en situaciones de emergencia.

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)

#### II.8.4.4 Tubo de aspiración

El tubo de aspiración es aquel tramo de conducción que une la toma a la bomba. Solo será necesario en el caso de bombas instaladas en seco.

En cuanto a los materiales de este tubo, el mismo será, preferentemente de acero galvanizado en caliente o inoxidable. Deberá instalarse una válvula de compuerta que permita el cierre del paso del agua hacia la bomba.

### **II.8.5 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 galvanizado en caliente o 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, 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.

En el tramo del colector de impulsión previo a la conducción general, y una vez que haya recogido todos los tramos que conectan a cada una de las válvulas, se instalará un caudalímetro y un presostato.

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.

### **II.8.6 Instalaciones adicionales**

En el presente artículo 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.

#### *II.8.6.1 Instrumentación*

##### *II.8.6.1.1 Instalaciones básicas*

Se dispondrán sensores de nivel para el accionado automático de las bombas de los dos siguientes tipos:

- reguladores basculantes con interruptor interno (boyas)
- medidores en continuo tipo radar

En los canales de desbaste se incluirán detectores de nivel tipo boya para el control de las rejjas y tamicos, 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 limpiarrejjas (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.

#### *II.8.6.1.2 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 dispondrá de una entrada analógica –nivel en cámara de aspiración- y hasta un máximo de ocho salidas analógicas para controlar los variadores de frecuencia de las bombas.

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.

Todos los elementos del PLC tendrán un grado de protección IP 21. Se dispondrán como mínimo las siguientes entradas y salidas:

- Una entrada analógica para la señal del nivel de agua en la cámara de aspiración. A esta entrada se conectará la salida del transductor de niveles.
- Una entrada analógica para la señal del caudal total de bombeo. A esta entrada se conectará la salida del caudalímetro dispuesto a la salida de la tubería de bombeo.
- Una entrada analógica para la señal de la presión.

- Ocho salidas analógicas de 0-10 V para la señal regulada, para conectar a los variadores de frecuencia de las bombas.
- Ocho relés de salida (contacto libre de tensión) para efectuar la maniobra de paro o marcha de los variadores.
- Dos salidas para la alimentación del transductor de niveles y del caudalímetro.
- Comunicación serie RS232/RS485.

Además, el PLC dispondrá un visualizador en donde se mostrarán:

- El nivel en la cámara de aspiración.
- El nivel máximo y mínimo fijado.
- El estado de paro o marcha de las bombas y las velocidades de funcionamiento si están en marcha.
- Velocidad máxima y mínima de funcionamiento de las bombas
- El caudal bombeado obtenido del caudalímetro dispuesto a la salida de la tubería de bombeo.
- Señales de alarma en el caso de que el funcionamiento no se ajuste a lo programado.

El PLC dispondrá de un selector con dos modos de funcionamiento -LOCAL o AUTOMÁTICO-, de tal manera que en situación LOCAL se pueda hacer un chequeo del funcionamiento de las bombas. No obstante, en cualquiera de los modos de funcionamiento se impedirá la activación de las bombas cuando el nivel de agua esté por debajo del mínimo fijado, las válvulas estén cerradas o algún elemento este averiado.

Se preverá la instalación de un sistema de alimentación ininterrumpida con la suficiente autonomía, que permita al PLC el envío de señales de alarma ante fallo general del suministro de energía eléctrica.

Igualmente, el PLC dispondrá de un sistema para ajustar los siguientes parámetros de funcionamiento:

- El nivel máximo y mínimo en la cámara de aspiración.
- La velocidad máxima y mínima de funcionamiento de las bombas.
- Mandos para controlar el paro o marcha de las bombas y su velocidad de funcionamiento (cuando el selector esté en situación LOCAL).

El conjunto del PLC y de los variadores de frecuencia irán montados en un armario metálico con protección IP 54, conteniendo todos los elementos necesarios para protección y ventilación.

Las secuencias de control implementadas en el sistema contemplarán, al menos, los siguientes protocolos de funcionamiento:

- Todos los equipos podrán ser controlados de forma manual o automática, mediante el conmutador M-0-A (manual-cero-automático) del correspondiente cubículo del CCM o cuadro eléctrico. En todos los casos, tendrán contempladas las protecciones y seguridades mínimas de máquina.
- Ante una parada por fallo general del suministro de energía eléctrica, se realizará una puesta en servicio de la instalación, de forma secuencial, respetando unos tiempos mínimos de seguridad entre arranques.
- Se generarán secuencias que agrupen a motores de distintas líneas que realicen las mismas funciones (desbaste, elevación, desodorización, etc.), incluidos los equipos de reserva, que contemplen puntos de consignas, tiempos de marcha/paro, tiempos mínimos de funcionamiento o número de maniobras, PID's, generación de alarmas en distintos grados de criticidad, etc.
- El Panel de Operador permitirá gobernar, mediante conmutadores lógicos M-0-A, todas las máquinas de la instalación para incluirlas o no en secuencia de funcionamiento automático. También mediante conmutadores lógicos se activará o no el funcionamiento de cada secuencia. Asimismo permitirá que todas las variables de puntos de consignas, tiempos, rotaciones, grado de criticidad de alarmas, etc., sean modificables. Se presentarán los valores recogidos por los distintos equipos de instrumentación.

## II.8.6.2 Instalaciones eléctricas

### II.8.6.2.1 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.

### II.8.6.2.2 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 mediante un proceso de desengrasado, fosfatado, imprimación y capa de pintura epoxi secada al horno, siendo el color de la imprimación final aprobado por el Canal de Isabel II. Para la comprobación de las características de la aplicación de pintura se estará a lo indicado por la recomendación UNESA 1.411A.

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 A, 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.

### II.8.6.2.3 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.

La botonera a pie de motor será de tipo de caja estanca de fundición de aluminio, con grado de protección IP-65. Tendrá selector O (parada), M (manual), A (automático); así como de seta para parada de emergencia.

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

Las acometidas a los cuadros entrarán a ellos por medio de prensaestopas, a excepción de los CCM a los cuales entrarán directamente desde la canaleta ubicada debajo de los mismos, una vez que pasen por los interruptores y demás elementos de protección, irán a un embarrado de pletina de cobre, desde donde se realizará la distribución hacia los distintos elementos, manteniendo a ser posible una distribución en franjas verticales dentro del cuadro.

Las distintas fases quedarán señalizadas en el embarrado mediante los colores normalizados e iguales para cada cuadro y fase.

Todo el cableado de maniobra se realizará terminando las puntas de los conectores en terminales de presión, los cuales hasta 6 mm<sup>2</sup> serán de tipo preaislado.

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 cartera interior, en donde se depositará una copia del esquema eléctrico de dicho cuadro, tanto de fuerza, mando, maniobra y señalización.

Los cuadros instalados en el interior ya sea para alumbrado, o para mando y protección de motores, (si estos últimos lo autoriza el Canal de Isabel II), se realizarán en poliéster reforzado con fibra de vidrio y tapa transparente construidos de modo y manera que cumplan las siguientes normas:

- Protección: IP559 según UNE 20.324
- Doble aislamiento: Clase IIA según UNE EN 61.140
- Clase térmica: B 1301C según UNE 21.305
- Interinidad nominal: 1.000 A.
- Tensión nominal: 660 V.

Los cuadros exteriores serán del mismo tipo pero fabricados con pasta opaca sobre la que irán montados los elementos de mando control y señalización, que a su vez irán protegidos con puerta transparente dotada de burletes elastoméricos que garanticen su estanquidad, según especificaciones de protección IP559.

Siempre existirá un mínimo de 25% de la superficie (uniformemente repartida) de cada cuadro libre, en condiciones de poder ser utilizada para ampliaciones o modificaciones. Las canaletas interiores como máximo se utilizarán al 75% de su capacidad.

Todos los elementos de mando, control y señalización se marcarán de forma indeleble según DIN 40.719 y estarán en coherencia con los esquemas de conexión.

Los armarios se señalarán con placas de aviso según DIN 40.008.

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.

Con el fin de evitar caídas innecesarias de tensión, las bobinas de los contactores serán alimentadas a 220V mediante relés auxiliares situados en el circuito de mando a 24V de C.A.

Tanto los circuitos de 220V como los de 24V serán protegidos con interruptores magnetotérmicos bipolares.

En la definición de pulsadores, interruptores y lámparas de señalización se tendrá en cuenta el tipo de protección máxima posible según DIN 40.050 y deberá cumplir las siguientes premisas:

- Diámetro preferente de montaje Ø 30,5 mm.
- Separación entre taladros según DIN 43.696.
- Marcado y posición según DIN 43.605.
- Sentido de accionamiento según DIN 43.602.

Como uniones de cable se utilizará bornas en hilera con rótulos de referencia. No se permitirá en ningún caso los bornas de porcelana o similar.

Igualmente no se permitirán bases portafusibles tipo porcelana o similares.

En el caso de utilizar cables unifilares se atenderá a los colores determinados en las normas vigentes.

Todos los aparatos de conexión, por ejemplo: contactores, finales de carrera, interruptores, etc., deberán cumplir las normas VDE 0660. Para tener una vida garantizada, se elegirá según la mejor clase del aparato siguiendo la tabla nº 7 de la VDE 0660.

La carga de los contactores no sobrepasará el 75% de su potencia nominal. Todos los aparatos se montarán en su estado original y sin ninguna modificación.

#### *II.8.6.2.4 Cableado de fuerza y maniobra*

La totalidad de cableado de fuerza y maniobra se realizará teniendo en cuenta las siguientes especificaciones:

Toda la distribución se realizará con conductor tipo RV, aislado a 1.000V 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 bornas.

De proyectarse instalación de cable no empotrado, contará con su correspondiente protección mecánica.

#### *II.8.6.2.5 Instalación de alumbrado*

La instalación de alumbrado se realizará teniendo en cuenta las siguientes especificaciones:

- a) 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 bornas. 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.

- a) 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.

#### II.8.6.2.6 Instalación de tierras

En la estación de bombeo se instalará una red de tierras formada por pozos equipados de picas de acero-cobre de 200 cm de longitud y 18 mm de diámetro, colocándose uno en las inmediaciones de cada armario.

Las tomas de tierra estarán formadas a base de pica con cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> para la red de tierra general, derivándose desde esta red hasta los armarios con cable de 16 mm<sup>2</sup>. Las masas metálicas de los distintos equipos de que consta la estación de bombeo, se conectarán a la red general mediante cable de 35 mm<sup>2</sup>.

#### II.8.6.3 Regulación del caudal

Si la potencia de cada una de las bombas instaladas es superior a 15 kW se equiparán con un variador de frecuencia para la regulación de la velocidad, y, por lo tanto, de su caudal de bombeo. Para ello, deberá instalarse un sistema de medición de nivel en continuo mediante ultrasonidos. Los variadores deberán cumplir con las especificaciones de la norma UNE-EN 61.800.

Cuando la potencia de las bombas sea inferior a 15 kW (y no sea preceptivo, en consecuencia, el empleo de variadores de frecuencia), la regulación del caudal se realizará mediante varias boyas, complementarias a la de emergencia o alarma.

Cuando la potencia de las bombas sea superior a 15 kW (y, en consecuencia, se empleen variadores de frecuencia para la regulación del caudal), se instalarán, además, dos boyas, una para el nivel mínimo y otra para el máximo que permitan regular el caudal en caso de avería del medidor de ultrasonidos en continuo.

La potencia individual de los variadores instalados deberá ser, aproximadamente, un 25% superior a la nominal de cada bomba.

La regulación de la velocidad se realizará mediante una entrada de tensión de  $0 \pm 10$  V, en correspondencia con las revoluciones de la bomba. La impedancia de entrada al variador para dicho control no será inferior a 20 k $\Omega$ . El tiempo de aceleración y de deceleración recomendado para los variadores es de 0,02 – 500 Hz/s, disponiendo curvas en S (suaves) programables para aceleración y deceleración.

La salida del variador alimentará al motor de la bomba a 380 V, 50 Hz. El variador, por su parte, se alimentará a la entrada con una red trifásica de 380 V  $\pm$ 15%, 50 Hz.

La protección de los componentes del variador será, al menos, del grado IP 21.

Los variadores se instalarán, siempre que sea posible, en un armario diferente al del controlador programable e irán equipados con los siguientes equipos para las señales de operación y control:

- Regulador PID interno que permita el control de diferentes funciones (control de nivel, bombeo a presión constante, etc.) y que sea autoajutable sin necesidad de un control externo.
- Tarjeta de comunicación RS 232 ó RS 485 que posibilite el control del variador desde algún equipo remoto.
- Dos entradas analógicas (como mínimo), una de ellas configurable a 0 – 10 Vcc  $\pm$  10 Vcc y la otra estará diseñada para señal de control de 4 a 20 mA



- Seis entradas digitales (como mínimo), tres de ellas configurables
- Dos relés de salida (como mínimo) a 250Vac/30Vdc/2A, uno de ellos conmutado y el otro normalmente abierto.
- Panel de control LCD alfanumérico de 32 caracteres de iluminación, donde se tendrá información de la temperatura del motor y de la frecuencia. Deberá disponer de la posibilidad de control local o remoto.

Los variadores deberán cumplir con la normativa de seguridad vigente en España para aparatos instalados en locales húmedos, y con la Directiva Europea de compatibilidad electromagnética 89/336/CEE y sus modificaciones posteriores.

En particular, la compatibilidad electromagnética de estos equipos deberá ser conforme a las normas UNE-EN 55.011 y UNE-EN 61.000-6. La seguridad eléctrica cumplirá con la norma UNE-EN 61.010.

#### *II.8.6.4 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, rejillas, cuchara, etc.)

#### *II.8.6.5 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 de la Dirección de Obra, 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

#### *II.8.6.6 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 Canal de Isabel II.

Si el tratamiento es vía química, deberá cumplir con el Reglamento APQ 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.

El material de la conducción será preferiblemente polipropileno o acero galvanizado en caliente. El aire limpio será evacuado a la atmósfera por la correspondiente chimenea que no sobresaldrá más de un metro del techo del edificio.

#### *II.8.6.7 Eliminación de ruidos*

Las estaciones de bombeo deberán cumplir con la Reglamentación vigente en materia de ruidos. Cuando se instalen en las cercanías de núcleos urbanos, deberán realizarse estudios detallados de los niveles de ruidos emitidos para proponer las medidas correctoras necesarias.

#### *II.8.6.8 Elementos complementarios*

Los elementos auxiliares que sea necesario instalar en las distintas cámaras que integran las estaciones de bombeo (marcos y tapas exteriores de cierre, pates de acceso o escaleras, barandillas, cadenas de seguridad, rejillas tramex, etc.) deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo II.10.9.

## **II.9 Laminadores**

### **II.9.1 Generalidades**

Podrán disponerse laminadores en las redes de saneamiento atendiendo a distintos objetivos, entre otros los siguientes:

- Proteger las depuradoras ante las variaciones bruscas de caudal, mejorando su funcionamiento
- Aumentar la capacidad de regulación de la red de alcantarillado
- Reducir el vertido de aguas residuales a los medios receptores

Los laminadores consistirán en obras de fábrica construidas in situ, preferentemente de hormigón armado. Además, todos los compartimentos que integren el laminador deberán ser visitables, para lo cual habrán de estar dotados de las correspondientes tapas, pates, etc. (ver artículo II.9.3).

Para facilitar la limpieza del depósito y la eliminación de sedimentos, deben disponerse fondos con pendientes laterales y canaletas de recogida (que pueden ser tuberías cortadas por la mitad).

Al depósito se le debe añadir un elemento regulador que limite el caudal de salida a un valor máximo deseado, acorde con las condiciones del conducto de desagüe.

En cualquier caso, sea cual sea la tipología del laminador, es recomendable disponer un vertedero de seguridad con capacidad para eliminar los excesos de caudal en la hipótesis de que el depósito esté completamente lleno.

### **II.9.2 Clases de laminadores**

Atendiendo a su ubicación en la red de saneamiento, los laminadores pueden clasificarse de la siguiente manera:

- laminadores sin derivación (o depósitos en serie o en línea)
- laminadores con derivación (o depósitos en paralelo)
- laminadores mixtos

## a) Laminadores sin derivación

Son depósitos ubicados en la propia traza del colector, de manera que todo el flujo circulante atraviesa el laminador, y cuya función básica consiste, principalmente, en laminar los caudales punta aprovechando la capacidad de almacenamiento y laminación del depósito.

Requieren de una superficie de terreno relativamente importante en la propia traza de la red de saneamiento. El vaciado del depósito suele hacerse por gravedad.

## b) Laminadores con derivación

Son depósitos ubicados fuera de la traza del colector, de manera que parte de las aguas circulantes por la red son derivadas mediante una estructura de alivio y una conducción al depósito reteniéndose allí para luego ser devueltas al colector.

El vaciado del depósito no siempre puede hacerse por gravedad en esta tipología, debiendo requerir, habitualmente, al uso de estaciones de bombeo para tal vaciado.

## c) Laminadores mixtos

Son una combinación de los anteriores en serie y paralelo, de manera que constan de sendos depósitos que funcionan conjuntamente, uno sin derivación y otro con ella.

El depósito en serie lamina un determinado valor del caudal que llega a la red, de manera que si la capacidad de ésta es sobrepasada, mediante un vertedero lateral, el exceso de caudal será derivado al depósito en paralelo el cual retendrá las aguas hasta que pase la tormenta para luego desaguarlas lentamente a la propia red.

Los laminadores mixtos pueden utilizarse también con la finalidad de controlar la contaminación ambiental. En este caso, el depósito en paralelo se utiliza para almacenar las primeras aguas de lluvia, de manera que éstas no se viertan directamente al medio receptor, cumpliendo el depósito en serie únicamente la función de laminación.

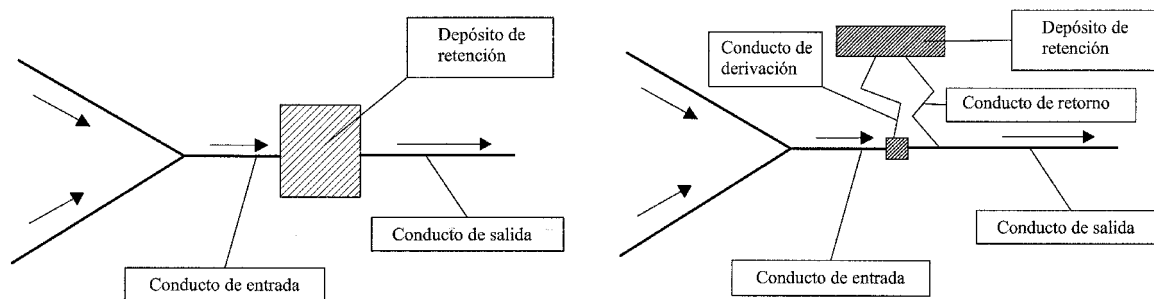


Fig 45. Esquema de una red con un laminador sin derivación (izquierda) o con derivación (derecha)

### II.9.3 Elementos auxiliares

Los laminadores deberán estar dotados con los siguientes elementos auxiliares:

- Elementos de regulación (válvulas de compuerta o de vórtice)
- Dispositivos para la limpieza (limpiadores de volquete, giratorios, bombas, compuertas, etc.)
- Pantalla deflectora (de acero inoxidable o de materiales plásticos)
- Clapetas antirretorno
- Instalaciones de iluminación, electricidad, ventilación y seguridad
- Elementos para el telemando y el telecontrol del aliviadero
- Otros elementos auxiliares (marcos y tapas exteriores de cierre, pates de acceso o 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 en los artículos II.7.3, II.10.9 y II.10.8.1.

## **II.10 Otros componentes complementarios**

### **II.10.1 Generalidades**

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

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

### **II.10.2 Cámaras de descarga**

Las cámaras de descarga consistirán, en general, en un depósito adosado bien directamente al conducto que se desea limpiar o bien a un pozo de registro intermedio. Su alimentación se realizará, habitualmente, a través de la red pública de distribución de agua.

Dichos depósitos podrán construirse in situ (bien de fábrica de ladrillo o de hormigón) o ser suplidos por una arqueta bien prefabricada o también construida in situ, debiendo cumplir con las características dimensionales y mecánicas exigidas para las mismas en el artículo II.5, evitando la instalación en ellas de elementos metálicos fácilmente oxidables, así como piezas móviles susceptibles de deteriorarse por el contacto con el agua. Habrán de estar cubiertas con un marco y tapa de registro, así como equipadas con los necesarios pates para su operación, todo ello conforme a lo especificado en el artículo II.10.9

El vaciado de la cámara será, en general, automático, produciéndose la descarga de manera inmediata cuando el agua llena el depósito. El cebado de la cámara, por su parte, debe ser instantáneo.

### **II.10.3 Cámaras 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 el esquema adjunto.

La solera tendrá una pendiente no inferior al 2% e irá revestida con un adoquinado de granito que facilite la disipación de energía.

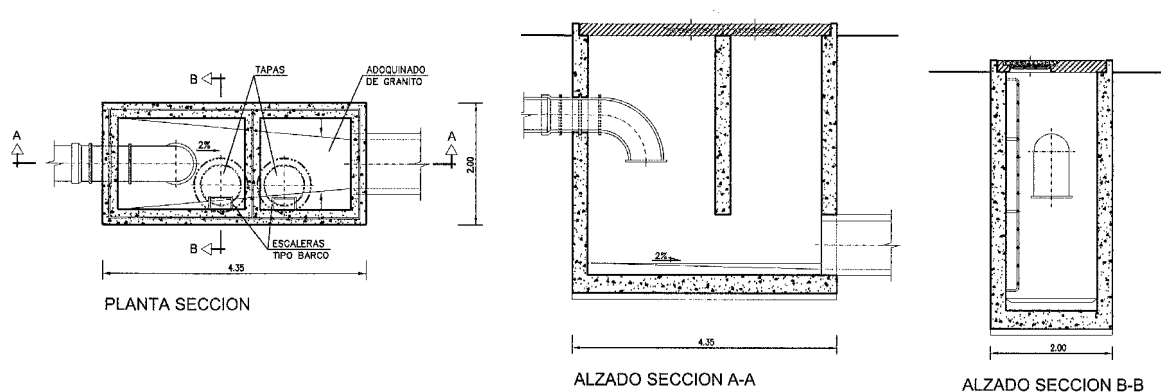


Fig 46. Cámara de rotura

#### II.10.4 Cámaras 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, las cuales deberán ser conformes a lo establecido para las mismas en las vigentes Normas de abastecimiento del Canal de Isabel II.

#### II.10.5 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 figuras adjuntas)
- 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.

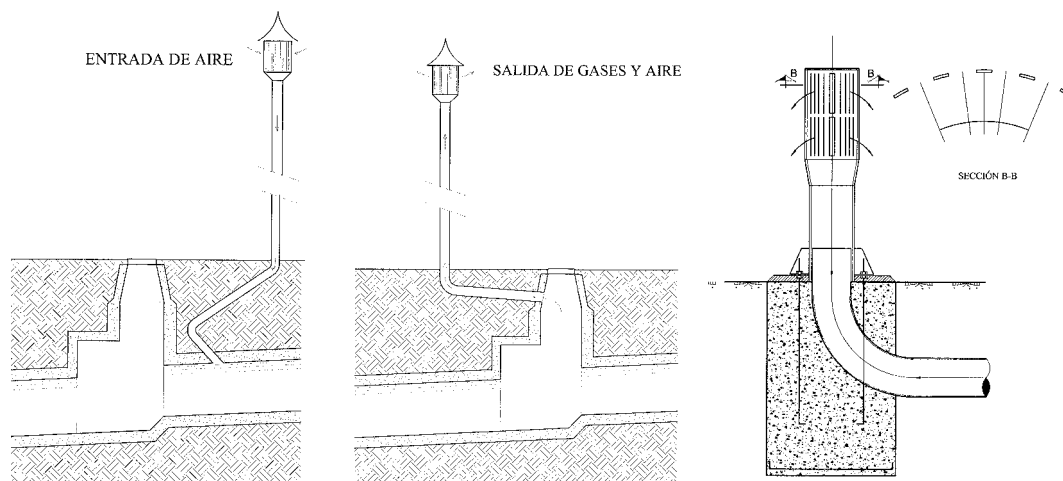


Fig 47. Esquemas de chimeneas de ventilación

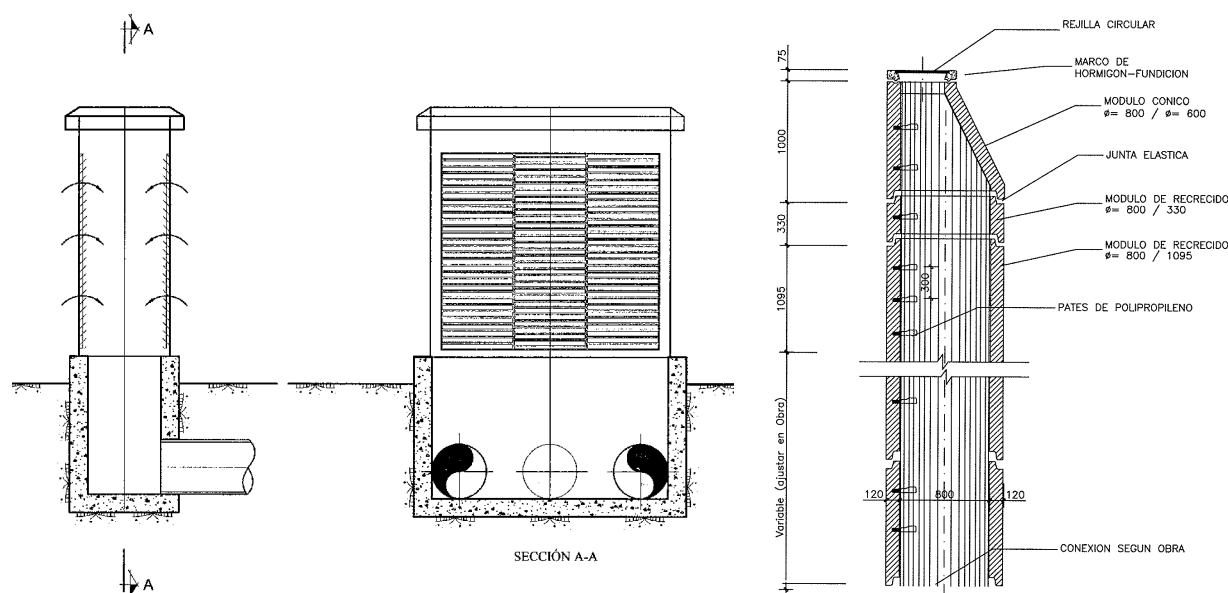


Fig 48. Esquemas de armarios o pozos de ventilación

### II.10.6 Rápidos

Los rápidos, según sea su tipología, podrán ser de solera en pendiente, disponiendo en este caso una escalera lateral para el paso del personal de mantenimiento, o en cascada con escalonado de material resistente a la erosión (ver Fig 49).

Atendiendo a su estructura los rápidos podrán ser construidos in situ de hormigón armado, debiendo cumplir con la vigente EHE o bien configurarse mediante marcos prefabricados de hormigón armado a los que se les adosa un pozo de registro para su acceso (ver figura adjunta), debiendo cumplir en este último caso lo especificado para los componentes en el apartado a del artículo II.5.4.2

En cualquier caso, los materiales empleados en la construcción de los rápidos, habrán de ser especialmente resistentes a la erosión.

Además, deberán ser accesibles y de fácil limpieza. Deberán, además, ir dispuestos con un cuenco amortiguador y cámara para la formación de resalto hidráulico, o, incluso si fuera necesario, se podrán disponer en la solera disipadores de energía.

Cuando la diferencia de caudales entre el máximo a transportar y el medio sea muy elevada, se debe disponer un conducto dentro del rápido capaz de transportar ese caudal medio.

### II.10.7 Sifones

Los sifones constan de sendos pozos de registro a la entrada y a la salida del sifón, los cuales deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo II.5.

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 Canal de Isabel II.

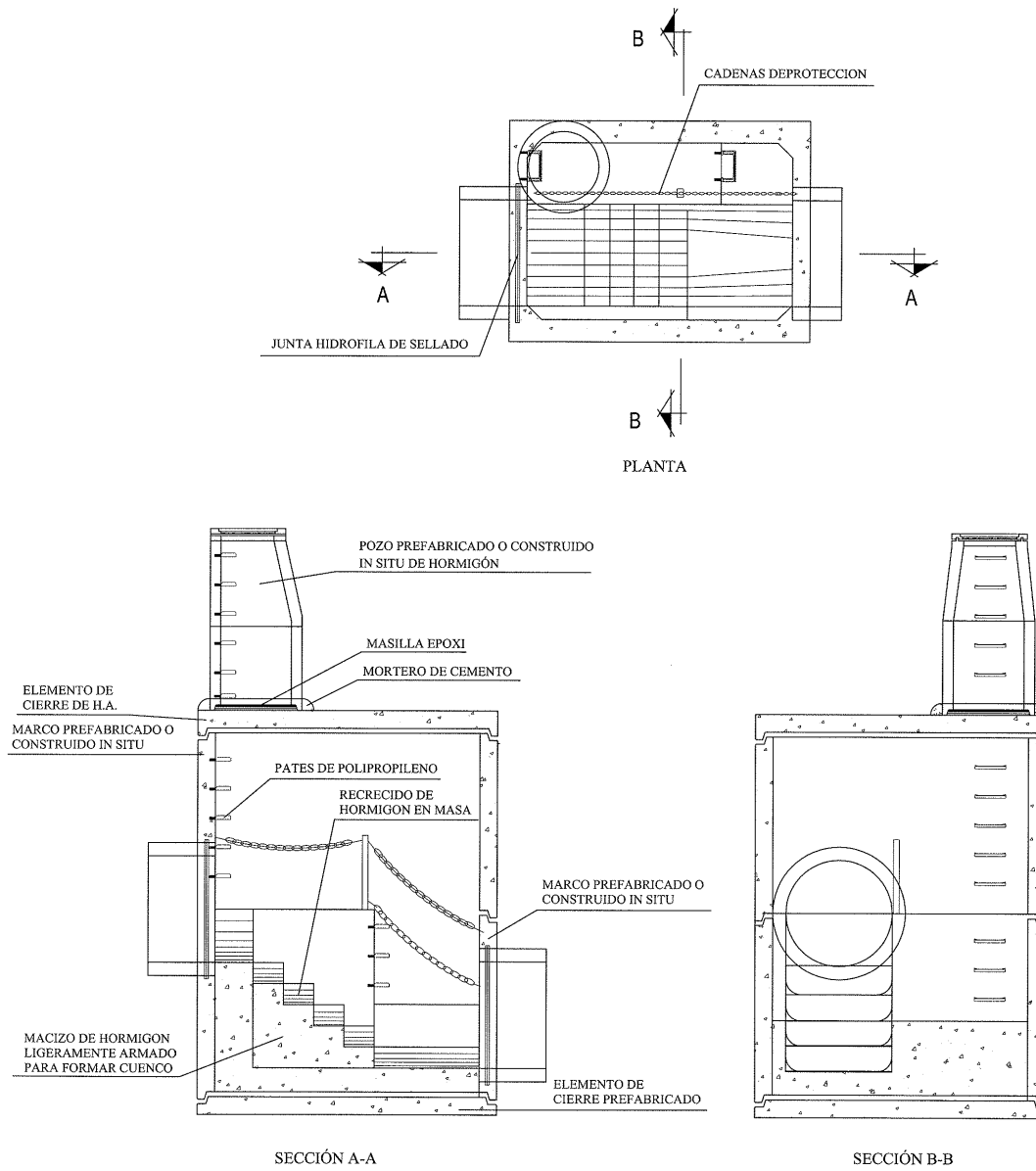


Fig 49. Esquema de rápido en cascada constituido por marcos prefabricados de hormigón

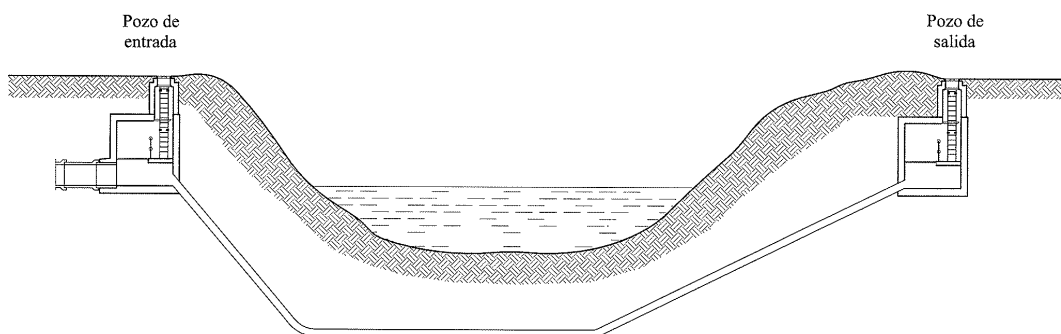


Fig 50. Esquema de sifón

## II.10.8 Válvulas, ventosas y desagües

### II.10.8.1 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.

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, en los componentes objeto del presente artículo son de aplicación las siguientes.

#### a) Válvula de compuerta

Elemento hidromecánico destinado a cerrar el paso del agua en una conducción mediante un obturador deslizante alojado dentro de un cuerpo o carcasa. Su funcionamiento será de apertura o cierre total, correspondiendo las posiciones intermedias a situaciones provisionales.

#### b) Válvula antirretorno o de retención

Elemento hidromecánico cuya finalidad es la de dejar pasar el agua tan solo en un sentido, cerrándose cuando ésta intenta circular en el sentido contrario.

#### c) Válvula de expulsión y admisión de aire (ventosas)

Elemento hidromecánico que, conectado a la conducción en los puntos altos relativos de su trazado, realiza de forma automática alguna de las siguientes funciones:

- expulsión del aire almacenado en la conducción durante el proceso de llenado (válvula de expulsión de aire).
- expulsión continua del aire procedente de la desgasificación del agua (purgado).
- entrada de aire en la conducción durante los procesos de vaciado (válvula de admisión de aire).

En los casos en los que un mismo equipo cumpla varias de estas funciones, la ventosa suele denominarse de doble o triple efecto o función.

#### d) Diámetro nominal (DN)

En las válvulas el DN se refiere al diámetro interior de la sección de paso a la misma en la zona de su conexión con la conducción, independientemente que, en su interior, pueda tener partes o conductos de un diámetro diferente.

#### e) Presión nominal (PN)

En las válvulas, la PN es la DP de la conducción que pueda alcanzarse en el emplazamiento de la válvula. Las PN normalizadas son las indicadas en la tabla adjunta, las cuales se relacionan como se indican con PFA, PEA y PMA (UNE-EN 1074-1:2001).

Tabla 27 Relación entre PFA, PMA y PEA con PN en las válvulas (UNE-EN 1074-1:2001)

PN	PFA (N/mm <sup>2</sup> )	PMA (N/mm <sup>2</sup> )	PEA (N/mm <sup>2</sup> )
6	0,6	0,8	1,2
10	1,0	1,2	1,7
16	1,6	2,0	2,5
25	2,5	3,0	3,5



f) Coeficiente de caudal ( $K_v$ )

Caudal de agua (en  $m^3/hora$ ) a una temperatura entre  $5^\circ$  y  $40^\circ C$  que pasa a través de la válvula con el obturador totalmente abierto creando una pérdida de presión estática de  $0,1 N/mm^2$ .

*II.10.8.2 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. Deberán alojarse, en general, en cámaras o registros, los cuales deberán cumplir lo especificado para los mismos en las Normas para el Abastecimiento de agua del Canal de Isabel II.

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

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

*II.10.8.3 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.

#### II.10.8.4 Válvulas antirretorno o de retención

Las válvulas antirretorno están constituidas, básicamente, por un cuerpo y un elemento de cierre (clapeta) unido a éste mediante un eje de giro o de traslación. El cuerpo ha de ser de fundición dúctil o de acero moldeado, la clapeta de fundición dúctil o acero inoxidable y los cojinetes del eje de giro de bronce.

Estas válvulas admiten diferentes diseños. Por ejemplo, la clapeta, en posición de cierre, podrá quedar en un plano normal o inclinado en relación al eje de la conducción, pudiendo ser la misma de una pieza o de clapeta partida, o en lugar de este elemento disponer un disco desplazable en un eje centrado con el de la conducción, u otras disposiciones.

El cuerpo de la válvula debe estar dotado de una tapa sujeta con tornillos que permita la sustitución de la clapeta o la reparación de los cojinetes. El eje de giro puede estar situado en la periferia de la clapeta o atravesar ésta. Si el tamaño de la válvula u otras características así lo aconsejan, la válvula debe estar dotada de contrapeso exterior que podrá estar acompañado de amortiguadores. En general, la unión de las válvulas a la conducción se realiza mediante bridas.

#### II.10.8.5 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.

#### II.10.8.6 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.

### II.10.9 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:

#### a) 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

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 40 x 40 cm se admitirán tapas cuadradas de dimensiones también 40 x 40 cm. Los marcos, por su parte, podrán ser bien redondos o cuadrados.

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 Canal de Isabel II 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, para aceras o superficies similares, tales como zonas de aparcamiento accesibles únicamente a vehículos de turismo
- Clase C 250, para zonas peatonales, aceras, canales de las calles, bordillos de calzadas y aparcamientos accesibles a grandes pesos
- Clase D 400, 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 CANAL DE ISABEL II.
- Identificación del servicio: SANEAMIENTO

En los Planos anexos a estas Normas se especifican las dimensiones y tipología de tapas y elementos de cubrición normalizados

## b) Pates

Los pates a instalar en obras de fábrica serán de polipropileno con alma de acero y sólo en casos justificados de materiales metálicos (ver Fig 52), debiendo cumplir en este último caso con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 13.101:2003. En el caso particular de pozos de hormigón, deberán cumplir con lo especificado para ellos en las normas UNE 127.917:2004 y UNE-EN1.917:2003. Asimismo, en el caso de registros prefabricados de materiales termoplásticos, los pates deberán cumplir con lo especificado en el proyecto de norma europea pr EN 13.598-2:2003.

Los pates se podrán disponer bien en una única o en dos alineaciones verticales, conforme se indica en la Fig 51.

El pate tendrá el diseño adecuado para que el travesaño de apoyo tenga topes laterales que impidan el deslizamiento lateral del pie. Además, este travesaño de apoyo contará con estrías, resaltes, etc. que faciliten el antideslizamiento.

El límite al cual el pate debe ser insertado en un registro, debe ser claramente indicado en el propio pate, excepto cuando sea fijado en una pieza de hormigón prefabricado en fábrica. En cualquier caso deberán cumplir con lo especificado para la correcta instalación en la normativa de aplicación.

En las tablas adjuntas se resumen las principales características geométricas que los pates deben cumplir.

Tabla 28 Características geométricas de los pates metálicos (UNE-EN 13.101:2003)

Parámetro	Valor
Longitud mínima entre extremos del travesaño de apoyo con una sola alineación vertical (mm)	250
Longitud mínima entre extremos del travesaño de apoyo con dos alineaciones verticales (mm)	145
Proyección mínima desde la superficie de hormigón (mm)	120
Diámetro mínimo del travesaño de apoyo (mm)	20
Altura mínima del tope lateral para pates con una sola alineación vertical (mm)	20
Altura del tope lateral para pates con dos alineaciones verticales (mm)	5-20

Tabla 29 Características geométricas de los pates de polipropileno (UNE 127.917:2004 y UNE-EN 1.917:2003)

Parámetro	Valor
Longitud mínima/máxima entre extremos del travesaño de apoyo con una sola alineación vertical (mm)	300/400
Proyección mínima desde la superficie de hormigón (mm)	120
Longitud de empotramiento mínima/máxima en la pared del pozo (mm)	75/85
Diámetro mínimo/máximo del travesaño de apoyo (mm)	20/35
Espacio vertical entre pates (mm)	250-350
Separación entre ejes de pates en dos alineaciones verticales (mm)	270-300 ( $\pm 10$ )
Separación del pate superior más próximo a la boca de acceso (mm)	400-500

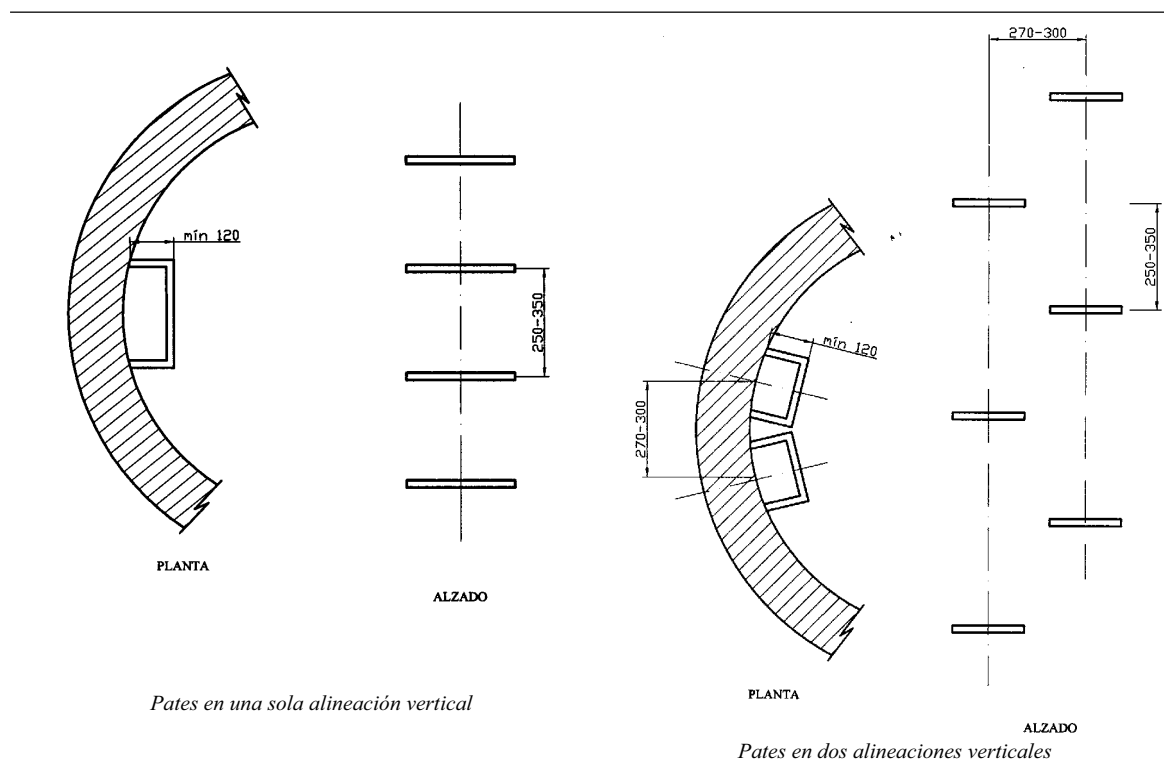


Fig 51. Posibles disposiciones de los pates de PP

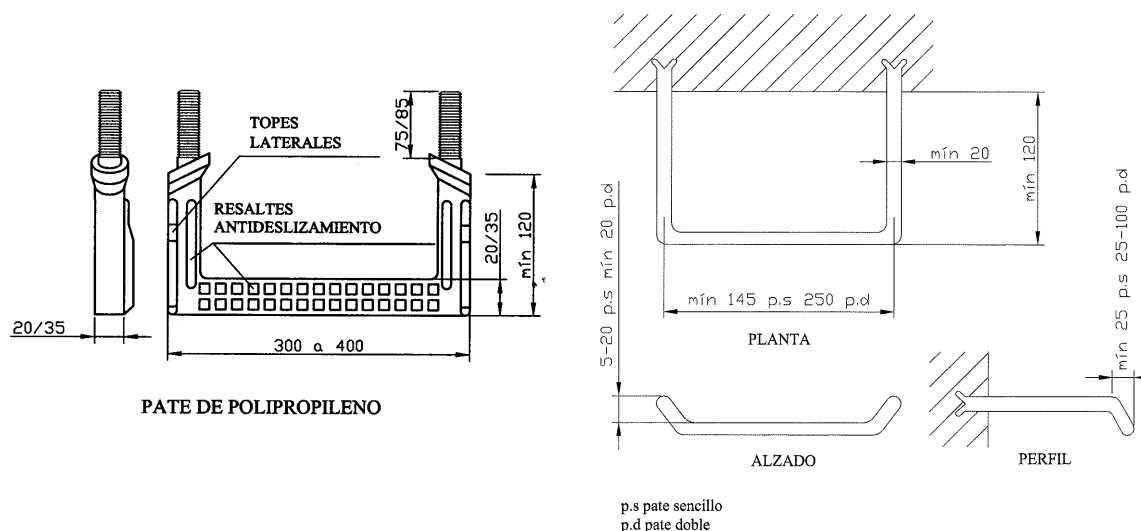


Fig 52. Dimensiones de los pates de polipropileno y metálicos

Tabla 30 Características geométricas de los pates en registros prefabricados de materiales termoplásticos (prEN 13.598-2:2003)

Parámetro	Valor
Longitud mínima entre extremos del travesaño de apoyo con una sola alineación vertical (mm)	250
Longitud mínima entre extremos del travesaño de apoyo con dos alineaciones verticales (mm)	145
Proyección mínima desde la superficie de la pared (mm)	120
Espacio vertical entre pates en una sola alineación vertical (mm)	250-300 ( $\pm 10$ )
Espacio vertical entre pates en dos alineaciones verticales (mm)	500 ( $\pm 10$ )
Separación entre ejes de pates en dos alineaciones verticales (mm)	150-400
Separación del pate superior más próximo a la boca de acceso (mm)	500

### c) Escaleras

Las escaleras de acceso a los registros o a las obras de fábrica en general (aliviaderos, estaciones de bombeo, etc.) deberán cumplir con lo especificado para las mismas en el proyecto de norma PNE EN 14.396:2002.

Podrán ser fijas ancladas a la pared de la estructura o transportables, pudiendo ser, a su vez en este último caso, de una sola pieza o telescópicas.

### d) Barandillas y cadenas de seguridad

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

### e) 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 (ver Fig 53).

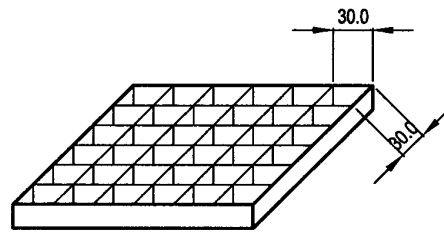


Fig 53. Detalle de tramex

### II.10.10 Elementos de automatización y control

En las conducciones de la red de alcantarillado que se ejecuten enterradas, y de las cuales se considere necesario obtener información para su automatización y telecontrol, se determinará un dispositivo que permita el alojamiento de los cables necesarios para la transmisión de esa información, dispositivo que se instalará al ejecutar la operación de tapado de las zanjas.

Dichos cables, multipares o de fibra óptica, permitirán la transmisión de la información que se genere en la propia conducción y en las instalaciones que se encuentren a lo largo de su traza, así como la realización de telemandos y, en los casos convenientes, formarán parte de la Red Troncal del Sistema General de Comunicaciones del Canal de Isabel II.

En general, el dispositivo adoptado será un tritubo de polietileno de alta densidad, formado por tres conductos de 50 mm de diámetro exterior y 3 mm de espesor, dispuestos en un plano y unidos por una membrana (ver Fig 54).

Cuando sea necesario realizar empalmes, se cortarán los conductos del tritubo perpendicularmente a su generatriz, de manera que estos empalmes queden al tresbolillo y separados entre sí una distancia de un metro. Posteriormente se procederá al corte, en sentido longitudinal, de la membrana que une los mismos, abriendo medio metro más a cada lado de los empalmes extremos y se procederá a realizar los tres empalmes, uno en cada conducto, con manguitos roscados de polietileno.

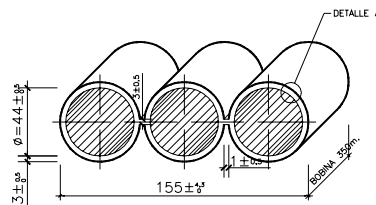


Fig 54. Tritubo para automatización y control de redes de alcantarillado

### III Diseño de la red de alcantarillado, colectores y emisarios

#### III.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)

#### III.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, conforme a lo establecido por el Plan Hidrológico del Tajo (artículo 28.2 apartado c):

*“En cualquier caso, el alcantarillado para pluviales en redes separativas y el común en redes unitarias deberá tener, como mínimo, capacidad suficiente para poder evacuar el máximo aguacero de frecuencia quinquenal y duración igual al tiempo de concentración asociado a la red.”*

Excepcionalmente, en caso de incertidumbre, falta de datos fiables o en general desconocimiento de las características de las cuencas vertientes, se tomará como período de retorno asociado a la lluvia de diseño el valor de 10 años, como medida adicional de seguridad, siempre que así lo apruebe la Dirección Técnica del Canal de Isabel II.

En cualquier caso, el cálculo de los caudales de diseño deberá realizarse conforme lo especificado en el artículo III.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, diseñándose éstos conforme a lo especificado en el artículo III.6.

c) Trazado

El trazado de la red deberá ser conforme a lo especificado en el artículo III.4.

d) Diseño hidráulico de las conducciones que integran la red

Las redes de alcantarillado podrán ser unitarias o separativas, conforme lo especificado en el artículo III.3.

En cuanto al funcionamiento hidráulico de la red (ver el artículo III.3), 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 artículo III.5.1.

e) Diseño mecánico de las conducciones que integran la red

El cálculo mecánico se realizará conforme a lo establecido en el artículo III.5.2.

### III.3 Sistemas de saneamiento

#### III.3.1 Generalidades

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

- 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.

- 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, cumpliendo con las especificaciones que determine la Confederación Hidrográfica del Tajo.

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

- 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.

- 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.



### III.3.2 Criterios de adopción

En cada proyecto en particular se definirá cuál de los sistemas de alcantarillado descritos en el anterior artículo III.3.1 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, conforme al criterio establecido en el artículo 28.2 apartado a del Plan Hidrológico del Tajo:

*“Los proyectos de nuevas urbanizaciones deberán establecer preferentemente redes de saneamiento separativas para aguas negras y pluviales.”*

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 artículo III.5.1.
  - 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.

## III.4 Trazado

### III.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 intercalará un pozo de registro (ver artículo III.9.1).

En cuanto al trazado específico de las conducciones deberán observarse las siguientes prescripciones.

En cualquier afección a infraestructuras existentes o proyectadas de otros servicios se requerirá el informe preceptivo del organismo o compañía responsable.

### III.4.2 Trazado en planta

En las redes urbanas el trazado de las redes de alcantarillado deberá seguir el viario, recomendándose que las conducciones discurran bajo las aceras para así disminuir las cargas actuantes y facilitar las tareas de reparación. A este respecto no deberán instalarse dos conducciones en el mismo plano vertical.

Deberán evitarse cambios bruscos de dirección en el trazado en planta, limitándose el ángulo máximo a 45°.

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.

Salvo autorización expresa del Canal de Isabel II, las conducciones que se instalen bajo acera se limitarán a un diámetro nominal máximo de 500 mm y a una profundidad máxima de zanja de 2,5 m.

Caso de no poder discurrir la conducción bajo la acera y tener que hacerlo bajo la calzada, deberá evitarse, en cualquier caso, la franja de 1,5 m de ancho a partir del bordillo de cada acera, donde se prevea la posibilidad de aparcamiento de vehículos.

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 siguientes:

Tabla 31 Separaciones mínimas con otros servicios

<i>Servicio</i>	<i>Separación en planta (cm)</i>	<i>Separación en alzado (cm)</i>
<i>Abastecimiento</i>	100	100
<i>Gas</i>	50	50
<i>Electricidad-alta</i>	30	30
<i>Electricidad-baja</i>	20	20
<i>Comunicaciones</i>	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.

Todo tendido de líneas eléctricas de alta tensión deberá disponer de la preceptiva protección reglamentaria.

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.

Atendiendo a lo establecido en la legislación precitada, el organismo competente para la gestión del dominio público hidráulico en el ámbito geográfico de la Comunidad de Madrid es la Confederación Hidrográfica del Tajo.

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. Será indispensable disponer de los terrenos previamente al replanteo del Proyecto.

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

En función del tipo de carretera que se trate, se atenderá a lo dispuesto en la siguiente legislación:

- Ley de Carreteras y su Reglamento General de desarrollo.
- Ley de Carreteras de la Comunidad de Madrid y su Reglamento de desarrollo.

En las tablas siguientes se indican las distancias de uso y defensa de la carretera establecidas en dicha legislación.

Tabla 32 Uso y defensa de la carretera (Ley 25/1988 de Carreteras, ver Fig 55)

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

Tabla 33 Uso y defensa de la carretera (Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid, ver Fig 56)

Tipo de carretera	Distancia	
	Zona de dominio público	Zona de protección
Autopista y autovías	8 m	50 m
Carreteras red principal	3 m	25 m
Resto de carreteras	3 m	15 m

Deberán señalarse tanto los propietarios como los organismos públicos afectados. En casos puntuales podrá evitarse la ocupación temporal para acopios.

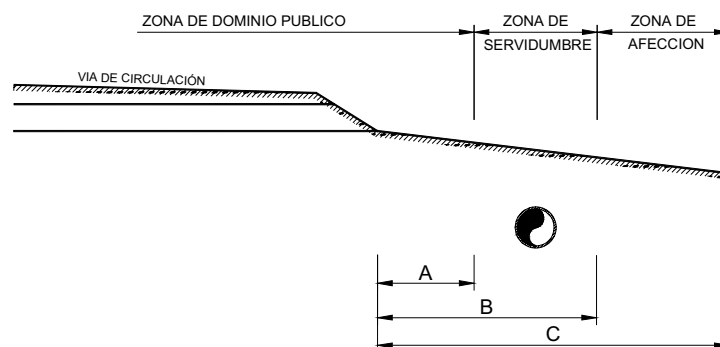


Fig 55. Uso y defensa de la carretera (Ley 25/1988 de Carreteras)

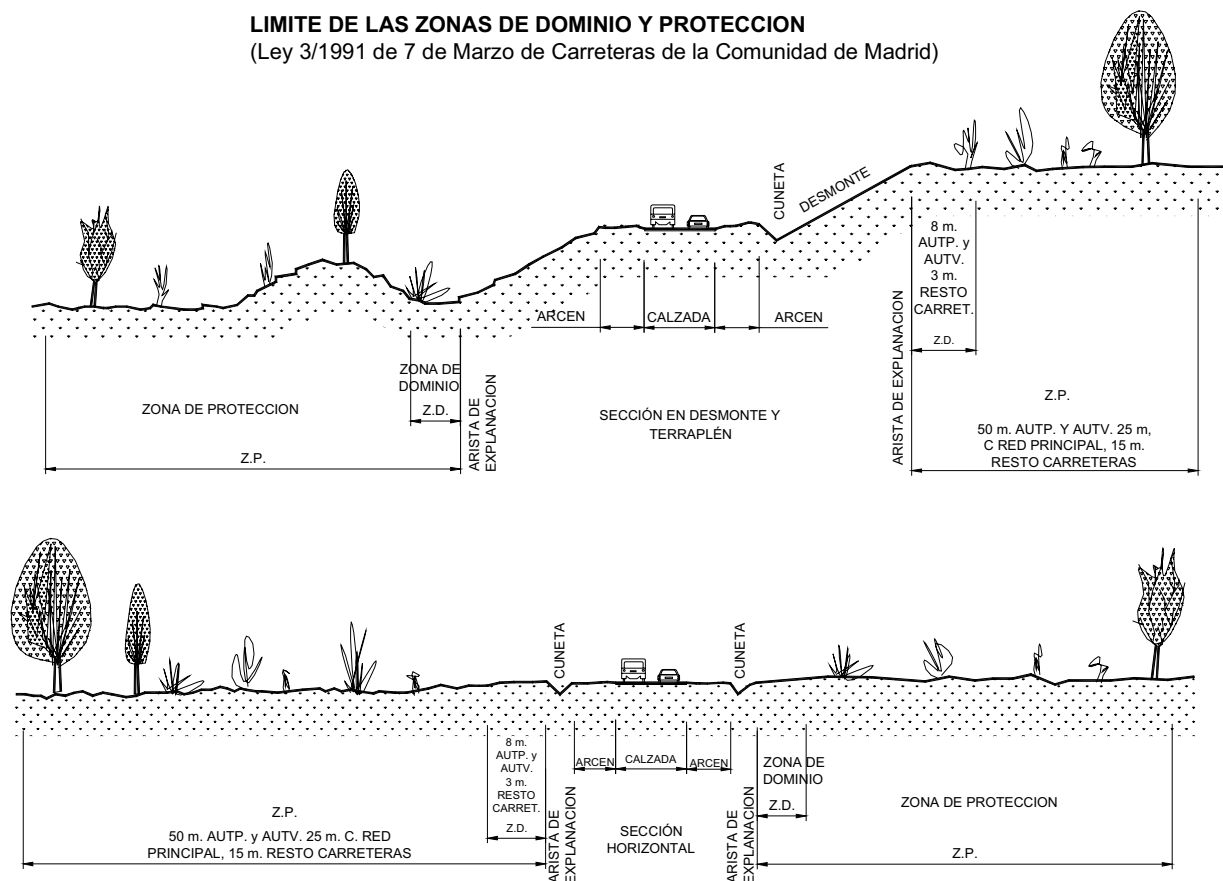


Fig 56. Uso y defensa de la carretera (Ley de Carreteras de la Comunidad de Madrid)d

### c) Ferrocarril

La Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres regula el dominio público en relación con el ferrocarril y el reglamento que la desarrolla, delimita los terrenos inmediatos al ferrocarril e impone limitaciones en relación con los mismos. Son de aplicación, a este respecto, los artículos 280 y siguientes, en los cuales se definen las franjas de afección y las actividades en ellas permitidas o prohibidas.

La Entidad Explotadora de ferrocarriles es competente para establecer las condiciones técnicas y autorizar las afecciones.

En cuanto a la solución técnica del cruce, se atenderá a lo dispuesto para los cruces de carretera.

### d) Vías pecuarias

La Ley de Vías Pecuarias establece que las vías pecuarias son bienes de dominio público de las Comunidades Autónomas y, en consecuencia, inalienables, imprescriptibles e inembargables. Esta Ley regula los usos compatibles y complementarios y asegura la conservación de las vías.

La legislación autonómica de aplicación es la Ley de las Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid. En su artículo primero se indica el ámbito y objetivo de aplicación de la Ley: la regulación de las cañadas reales y demás vías pecuarias existentes en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid, en el marco de la legislación básica del Estado y de conformidad con lo previsto en el Estatuto de Autonomía de la Comunidad de Madrid.

### III.4.3 Trazado en alzado

La profundidad mínima de las conducciones de alcantarillado se determinará de forma que se garanticen las siguientes condiciones:

- que la conducción quede protegida frente a las acciones externas, especialmente el tráfico rodado (ver artículo III.5.2) y preservada de las variaciones de temperatura.
- que se recojan todas las acometidas conectadas, asegurándose el drenaje de los sótanos de las edificaciones normales.

No obstante, como criterio general la profundidad mínima de enterramiento será de 1 m o un valor igual al diámetro exterior (el mayor de ambos). Cuando estos recubrimientos mínimos no puedan respetarse deberán tomarse las medidas de protección necesarias.

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 artículo III.5.1.

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

Por otro lado, las redes urbanas de alcantarillado deberán respetar las distancias verticales respecto a otros servicios indicadas en la Tabla 31. En particular, deberán situarse en un plano inferior a las de abastecimiento, con una separación mínima de 1,0 m.

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.

## III.5 Dimensionamiento de las conducciones

### III.5.1 Dimensionamiento hidráulico

#### III.5.1.1 Consideraciones generales

El diseño hidráulico de las conducciones tendrá por objeto principal la determinación de las dimensiones de las mismas, debiendo 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 artículo III.5.1.2.

#### III.5.1.2 Determinación de los caudales de diseño

Las conducciones que forman parte de un sistema integral de alcantarillado 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 asociadas a un determinado período de retorno.

Las aguas residuales a evacuar por las conducciones podrán ser de procedencia diversa, debiendo considerar de forma expresa en el cálculo, al menos, las de los siguientes orígenes:

- a) domésticas
- b) industriales
- c) sector terciario
- d) equipamientos dotacionales

Cuando a las conducciones acometan vertidos de otra naturaleza (riego, ganadería u otros), deberán tenerse en cuenta en el diseño de la misma.

#### III.5.1.2.1 Dotaciones de cálculo

Las dotaciones de cálculo a emplear en los proyectos de redes nuevas de alcantarillado del Canal de Isabel II 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.

Se expresará en  $m^3$  por vivienda y día (conforme a los valores indicados en la tabla adjunta), si bien, excepcionalmente, será también posible medirla en otras unidades, como por ejemplo en litros por habitante y día.

Tabla 34 Dotaciones  $D_d$  de cálculo en el Canal de Isabel II

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  $1,20 m^3/viv/día$ .

- b) Dotación de aguas industriales,  $D_i$

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  $8,64 l/m^2/día$  para las mismas, salvo que se disponga de información más detallada al respecto.

#### III.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,  $QD$

$$\text{caudal medio} \quad QD_m = \frac{D_d \times C_r \times V}{86,40}$$

$$\text{caudal mínimo} \quad QD_{\min} = 0,25 \times QD_m$$

$D_d$	dotación de aguas domésticas ( $m^3/viv/día$ )
$C_r$	Coefficiente de retorno de valor 0,8
$V$	n° 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,  $QI$ 

caudal medio 
$$QI_m = \frac{D_i \times C_r \times S_I}{h_I \times 3.600}$$

caudal mínimo 
$$QI_{min} = 0,25 \times QI_m$$

$D_i$	dotación de aguas industriales ( $l/m^2/día$ )
$C_r$	Coefficiente 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 concretos se tomará un valor de 24 h)
$QI_m$	caudal medio de aguas residuales industriales, del sector terciario ó dotacional (l/s)
$QI_{min}$	caudal mínimo de aguas residuales industriales, del sector terciario ó dotacional (l/s)

c) Caudal punta de aguas residuales,  $Q_p$ 

caudal punta 
$$Q_p = 1,6 \times [(QD_m + QI_m)^{1/2} + (QD_m + QI_m)] \leq 3 \times (QD_m + QI_m)$$

$Q_p$  caudal punta de aguas residuales (l/s)

## III.5.1.2.3 Caudal de aguas pluviales

El caudal de aguas pluviales  $QP$  de las conducciones que componen las redes de alcantarillado se calculará por el método que juzgue oportuno el proyectista de la red de saneamiento, contando con la aprobación Técnica del Canal de Isabel II.

Caso de emplearse el método racional, en el Anexo 4 a estas Normas se resume la metodología básica de dicho procedimiento.

## III.5.1.2.4 Caudales de cálculo de las conducciones

Para las necesarias comprobaciones hidráulicas de las conducciones que forman parte de un sistema integral de alcantarillado (ver artículos III.5.1.3 a III.5.1.5) se calcularán el caudal máximo y mínimo de diseño a partir de los anteriores caudales de aguas residuales y pluviales, conforme a los criterios que se indican a continuación:

a) Caudal máximo de diseño,  $Q_{max}$ 

## i. Redes unitarias

- Conducciones aguas arriba de los aliviaderos 
$$Q_{max} = Q_p + QP$$
- Conducciones aguas abajo de los aliviaderos

De acuerdo con el Plan Hidrológico del Tajo (artículo 28.3 apartado c), en redes de saneamiento de tipo unitario podrán admitirse, de forma provisional y mediante autorización expresa, vertidos diluidos en una relación 1:5 sobre el caudal punta en tiempo seco del saneamiento.

ii. 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:  $QD_{\min}$  y  $QI_{\min}$ .

$Q_{\min}$  caudal mínimo de diseño de las conducciones de la red de alcantarillado (l/s)  
 $QD_{\min}$  caudal de aguas residuales domésticas mínimo (l/s)  
 $QI_{\min}$  caudal de aguas residuales industriales mínimo (l/s)

III.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.

En cualquier caso, las anteriores velocidades se calcularán conforme a lo establecido en el artículo III.5.1.5.

III.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 III.5.1.5.

III.5.1.5 *Pérdidas de carga*

III.5.1.5.1 *Pérdidas de carga continuas*

Las pérdidas de carga continuas,  $J$ , en una conducción parcialmente llena se identifican con la pendiente de la misma.

Su cálculo se podrá realizar, de manera simplificada, mediante la expresión de Manning:



$$J = \frac{\Delta H_c}{L} = \frac{v^2 n^2}{R_H^{4/3}}$$

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

$\Delta H_c$  pérdida de carga continua, en m

L longitud del tramo, en m

v velocidad del agua, en m/s

n coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)

$R_H$  radio hidráulico de la conducción, en m

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

$A_m$  área mojada de la conducción, en m<sup>2</sup>

$P_m$  perímetro mojado, en m

En la siguiente figura se representa la relación entre la velocidad y el caudal a sección llena y parcialmente llena en función del grado de llenado de la conducción, relaciones que son independientes de la pendiente, rugosidad o diámetro de la conducción.

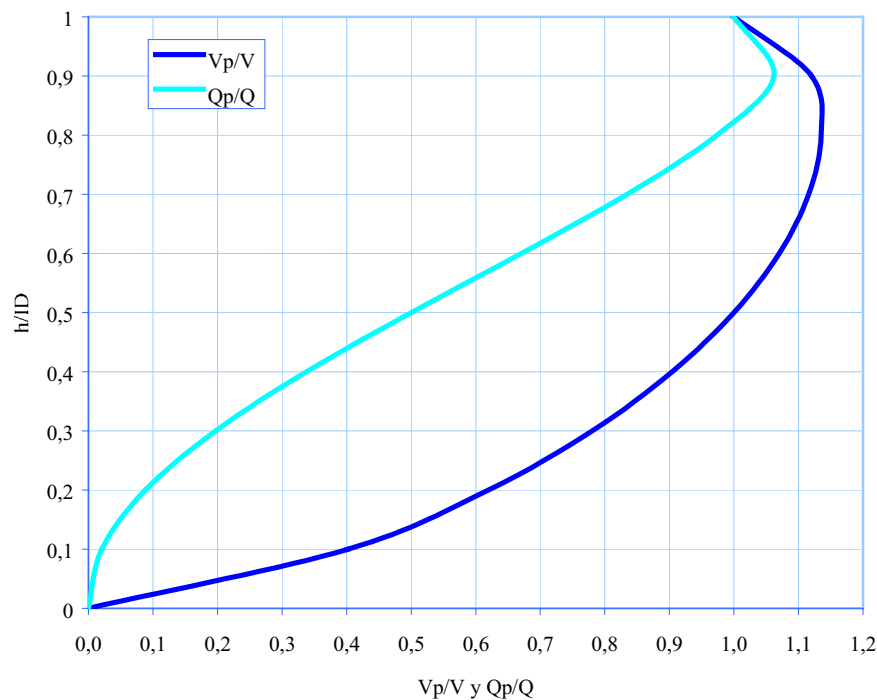


Fig 57. Relación entre la velocidad y el caudal a sección llena y parcialmente llena en función del grado de llenado de la conducción de sección circular según la fórmula de Manning

### III.5.1.5.2 Pérdidas de carga localizadas

Adicionalmente a las pérdidas de carga continuas, deberán calcularse las pérdidas de carga localizadas  $\Delta H_l$  en las piezas especiales, las cuales suelen evaluarse como una fracción  $k_l$  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.

### III.5.1.6 Autolimpieza de las conducciones

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.

Cuando la condición anterior sea difícilmente cumplible, será admisible con que se verifique para el caudal medio de aguas residuales correspondiente ( $QD_m + QI_m$ ).

## III.5.2 Dimensionamiento mecánico

### III.5.2.1 Consideraciones generales

El presente artículo 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 del Canal de Isabel II.

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 artículos de estas Normas.

En este cálculo, se considerará en cada una de las secciones a estudiar la hipótesis pésima de carga, entendiéndose 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 artículos 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
  - a.1) Peso propio
  - a.2) Cargas permanentes o cargas muertas
  - a.3) Sobrecargas de uso
    - a.3.1) Carga debida al peso del agua en el interior de la tubería
    - a.3.2) Presión interna actuante, incluyendo el golpe de ariete, en su caso
- b) Acciones del terreno
- c) Acciones del tráfico
- d) Acciones climáticas
  - d.1) Acciones del viento
  - d.2) Acciones térmicas

- d.3) Acciones de la nieve
- e) Acciones debidas al nivel freático
- f) Acciones reológicas
- g) Acciones sísmicas

En cualquier caso, además de las acciones anteriores, deberán tenerse en cuenta en el dimensionamiento mecánico de la tubería aquellas acciones específicas que puedan producirse durante la instalación de la tubería (como, por ejemplo, el empuje producido en los tubos instalados mediante hinca).

### III.5.2.2 Dimensionamiento de conducciones enterradas

En las instalaciones enterradas, si bien en el proyecto de la conducción deberán considerarse todas las acciones indicadas en el anterior artículo III.5.2.1, 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 artículos según tipologías de conducciones.

#### III.5.2.2.1 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 35.

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:

- Clasificación Tipo E:  $1,5 \cdot \frac{W_e + W_t}{F_{ap} \cdot ID} \leq q_r$
- Clasificación Tipo A:  $\frac{W_e + W_t}{F_{ap} \cdot ID} \leq q_f$

siendo:

- $q_r$  carga de cálculo de rotura, en kN/m (ver artículo II.2.2.4)
- $q_f$  carga de cálculo por fisuración, en kN/m<sup>2</sup> (ver artículo II.2.2.4)
- 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.

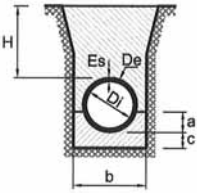
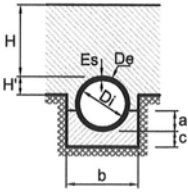
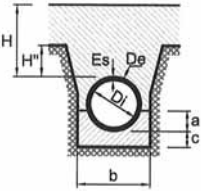
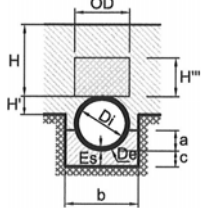
Para el cálculo de las cargas debidas al peso de las tierras, al tráfico y el factor de apoyo, se seguirán las siguientes indicaciones:

- $W_e$  carga debida al peso de las tierras, en kN/m

$$W_e = C_z \times \gamma \times H \times b$$

- $\gamma$  peso específico del relleno, en kN/m<sup>3</sup> (pueden emplearse los valores de la Tabla 36)
- 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 35

Tabla 35 Coeficiente de Marston

Tipo de instalación	$H \leq H_0$	$H > H_0$
 <p>Zanja</p>	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu' \frac{H}{b}}}{2\lambda\mu' \frac{H}{b}}$	
 <p>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>	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu' \frac{H}{b}}}{2\lambda\mu' \frac{H}{b}}$	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu' \frac{H_0}{b_e}}}{2\lambda\mu' \frac{H}{b_e}} + \frac{H - H_0}{H} e^{-2\lambda\mu' \frac{H_0}{b_e}}$

- $\lambda$  coeficiente de Rankine, de valor:

$$\lambda = tg^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

- $\mu'$  coeficiente de rozamiento del relleno contra los paramentos de la zanja ( $\mu' = tg \varphi'$ )
- $\mu$  coeficiente de rozamiento del relleno ( $\mu = tg \varphi$ )
- $\varphi'$  ángulo de rozamiento interno del relleno contra los paramentos de la zanja
- $\varphi$  ángulo de rozamiento interno del relleno

A efectos prácticos, pueden adoptarse los siguientes valores para los términos  $\lambda\mu'$  ó  $\lambda\mu$ .

Tabla 36 Características usuales de las tierras de relleno

Clase de relleno	$\lambda\mu'$	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
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
Arena sin cohesión	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 de la tabla siguiente.

Tabla 37 Valores del parámetro  $H_0$

Instalación en zanja terraplenada		Instalación en terraplén	
$H'/OD$	$H_0/OD$	Tipo de base	
0,5	0,600	Roca o suelo rígido (no asentable)	$H_0/OD$
1,0	1,520	Suelo compacto (ordinario)	2,026
1,5	2,515	Suelo natural (asentable)	1,475
2,0	4,460		

Instalación en zanja inducida en terraplén	
$H''/OD$	$H_0/OD$
0,5	1,380
1,0	2,421
1,5	3,752
2,0	6,915

-  $W_t$  carga debida al tráfico, en kN/m

Para su cálculo pueden emplearse los valores especificados en la Tabla 38. En el caso de triple eje de 60 t, se añadirá a la carga  $W_t$  calculada, una sobrecarga de uso de 4,0.OD kN/m.

Tabla 38 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			
$l_e = 0,20 + 1,40 H + 1,05 OD$ $s = 1,4 (H - 1,21)$ $t = 1,4 H + 0,30$ $v = OD + 1,4 H - 1,70$				$l_e = 0,20 + 1,40 H + 1,05 OD$ $s = 1,4 (H - 1,00)$ $t = 1,4 H + 0,60$				$l_e = 0,20 + 1,40 H + 1,05 OD$ $l_e = l_e + 3,0$ $s = 1,4 (H - 1,00)$ $t = 1,4 H + 0,60$ Sobrecarga de uso = 4,0.OD			
OD $\leq 2,0$ m	H $\leq 1,21$ m	OD $\geq t$	$W_t = \frac{35}{l_e} C_i$	OD $\leq 2,0$ m	H $\leq 1,0$ m	OD $\geq t$	$W_t = \frac{65}{l_e} C_i$	OD $\leq 2,0$ m	H $\leq 1,0$ m	OD $\geq t$	$W_t = \frac{300}{l_e}$
		OD $< t$	$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} OD \cdot C_i$			OD $< t$	$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} OD \times C_i$			OD $< t$	El mayor de $W_t = \frac{100}{t \cdot l_e} OD$
OD cualquiera	H $\geq 1,21$ m	OD $\geq s$	$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} (OD + s)$	OD cualquiera	H $\geq 1,0$ m	OD $\geq s$	$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} (OD + s)$	OD cualquiera	H $\geq 1,0$ m	OD $\geq s$	$W_t = \frac{300}{t \cdot l_e} OD$
		OD $< s$	$W_t = \frac{70}{t \cdot l_e} OD$			OD $< s$	$W_t = \frac{130}{t \cdot l_e} OD$			OD $\geq s$	$W_t = \frac{300}{t \cdot l_e} (OD + s)$
OD $\geq 2,0$ m	H $\leq 1,21$ m	$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} v \cdot C_i$		OD $\geq 2,0$ m	H $\leq 1,0$ m	$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} (OD + s) C_i$		OD cualquiera	H $\geq 1,0$ m	OD $< s$	$W_t = \frac{600}{t \cdot l_e} OD$
								OD $\geq 2,0$ m	H $\leq 1,0$ m	$W_t = \frac{300}{t \cdot l_e} (OD + s)$	

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 39.

Tabla 39 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

-  $F_{ap}$  factor de apoyo

Se recomiendan utilizar los valores del factor de apoyo indicados en la Tabla 40, 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 :2004.

Tabla 40 Factores de apoyo en zanja y zanja terraplenada (UNE 127.916:2004)

Tipo de apoyo	Ángulo de apoyo	Características del relleno	Factor de apoyo	$H$ (cm)
Hormigón en masa HM-15	180°	Compactado 95% P.N.	4,0	$\geq 30$
		Seleccionado sin compactar	3,0	$\geq 30$
	120°	Compactado 95% P.N.	2,8	$\geq 30$
		Seleccionado sin compactar	2,2	$\geq 30$
	90°	Compactado 95% P.N.	2,3	$\geq 30$
		Seleccionado sin compactar	2,0	$\geq 30$
Granular compactado 95% P.N.	360°	Material granular Compactado 95% P.N.	2,1	$\geq 30$
	180°	Compactado 95% P.N.	1,9	$\geq 30$
		Seleccionado sin compactar	1,7	$\geq H/8, >30$
	90°	Seleccionado sin compactar	1,5	$\geq H/8, >30$
Directo (No recomendado)	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.

### III.5.2.2.2 Tubos de gres

El dimensionamiento mecánico de los tubos de gres se hará de igual manera que el de los tubos de sección circular descrito en el artículo III.5.2.2.1, considerando el caso de instalación en zanja y teniendo en cuenta que la carga de rotura será la especificada en el artículo II.2.4.4.

### III.5.2.2.3 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 41 (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.

Las deformaciones producidas en el tubo por las cargas externas se calcularán mediante la fórmula de Spangler de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{100 K_a (W_e + W_t)}{8 S_c + (0,061 E')}$$

$\delta$  deformación vertical del tubo debida a las cargas externas, en %

$K_a$  factor de apoyo en función del ángulo de apoyo  $2 \alpha$

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  $2 \alpha = 180^\circ$   $K_a = 0,083$

Tabla 41 Rigideces circunferenciales específicas mínimas y deformaciones diametrales admisibles (UNE-EN 598:1996)

DN	$S_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	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
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

$W_e$  carga debida al peso de las tierras, en kN/m<sup>2</sup>

$$W_e = \gamma \times H$$

$\gamma$  peso específico del relleno, en kN/m<sup>3</sup> (a falta de datos al respecto, se suele tomar 20 kN/m<sup>3</sup>)

$H$  altura, en m, de tierras sobre la clave del tubo

$W_t$  carga debida al tráfico, en kN/m<sup>2</sup>

$$W_t = 40(1 - 0,0002 DN) \frac{\beta}{H}$$

$\beta$  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 m, debiendo procurarse recubrimientos superiores si se prevén cargas de tráfico.

- DN diámetro nominal del tubo, en mm
- $S_c$  rigidez circunferencial específica, en  $\text{kN/m}^2$  (ver Tabla 41)
- $E'$  módulo de reacción del suelo, en  $\text{kN/m}^2$ .
- |                             |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| $E' = 0$                    | 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 |

#### III.5.2.2.4 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.

#### III.5.2.2.5 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:

$$\delta = 100 \frac{K_a (W_e + 1,5 W_t)}{(8SN + 0,061E' S_s)} < 5$$

- $\delta$  deformación producida en el tubo, en %
- $K_a$  coeficiente de factor de apoyo. Unos valores habituales de este parámetro 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 Tabla 42)
- $W_e$  y  $W_t$  cargas debidas al peso de las tierras y al tráfico respectivamente, en  $\text{N/m}^2$
- SN rigidez nominal del tubo, en  $\text{N/m}^2$
- $E_s$  módulo de elasticidad del suelo natural
- b ancho de la zanja



Tabla 42 Factor combinado de soporte del suelo,  $S_s$ , en tuberías de PRFV

$E'/Es$	$b/DN = 1,5$	$b/DN = 2,0$	$b/DN = 2,5$	$b/DN = 3,0$	$b/DN = 4,0$	$b/DN = 5,0$
0,1	0,15	0,30	0,60	0,80	0,90	1,00
0,2	0,30	0,45	0,70	0,85	0,92	1,00
0,4	0,50	0,60	0,80	0,90	0,95	1,00
0,6	0,70	0,80	0,90	0,95	1,00	1,00
0,8	0,85	0,90	0,95	0,98	1,00	1,00
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,5	1,30	1,15	1,10	1,05	1,00	1,00
2,0	1,50	1,30	1,15	1,10	1,05	1,00
3,0	1,75	1,45	1,30	1,20	1,08	1,00
> 5,0	2,00	1,60	1,40	1,25	1,10	1,00

$E'$  modulo 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:

$$W_e = \gamma \times H$$

$W_e$	cargas debidas al peso de las tierras, en $\text{N/m}^2$
$\gamma$	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).

$$W_t = \frac{P_{rd} I_f}{L_1 L_2}$$

$W_t$  cargas debidas al tráfico, en  $\text{N/m}^2$

$H$  profundidad de enterramiento, en m

$P_{rd}$  carga por rueda, en N

$I_f$ factor de impacto	$I_f = 1,0$ si $H \geq 0,91 \text{ m}$
	$I_f = 1,1$ si $H < 0,91 \text{ m}$

$$L_1 = 0,253 + 1,75H$$

$$L_2 = \frac{13,31 + 1,75H}{8} \quad \text{si} \quad H \geq 0,756 \text{ m}$$

$$L_2 = 0,509 + 1,75H \quad \text{si} \quad H < 0,756 \text{ m}$$

En esta misma hipótesis (actuación única de las cargas externas) deberá comprobarse que, supuesta la deformación circunferencial máxima admisible (5%), el alargamiento unitario ( $\epsilon_b$ ) sea inferior al

1,30%, minorado por un coeficiente de seguridad C de 1,5. Esta verificación se realizará mediante la siguiente expresión:

$$\varepsilon_b = 100 \left[ \frac{5e\delta_{\max}}{OD - e} \right] < \frac{1,3}{1,5}$$

- $\varepsilon_b$  alargamiento unitario debido a la acción de las cargas externas, en %  
 $\delta_{\max}$  deformación vertical debida a las cargas externas máxima (=0,05)  
 OD diámetro exterior del tubo, en mm  
 e espesor nominal del tubo, en mm

### III.5.2.3 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.

### III.5.2.4 Dimensionamiento de conducciones hincadas

El dimensionamiento mecánico de las conducciones hincadas (bien sean de hormigón armado o polímero) se realizará conforme a lo especificado en el Anexo B de la norma UNE-EN 1.916:2003 y el anexo M de la norma UNE 127.916:2004.

La hipótesis pésima de carga en este tipo de tubos corresponderá, habitualmente, a una de las tres siguientes:

- Estado tensional debido a la acción de las cargas externas, una vez el tubo en servicio
  - Compresión longitudinal a la que el tubo es sometido durante la instalación
  - Longitud máxima de empuje
- a) Comprobación del estado tensional debido a la acción de las cargas externas, una vez el tubo en servicio

La comprobación del estado tensional se realizará según la siguiente expresión:

$$\frac{q_{\text{total}}}{F_{\text{ap}} \cdot ID} \leq q_c$$

siendo:

- $q_c$  carga de comparación, en kN/m<sup>2</sup> (ver Tabla 43)

Tabla 43 Clase resistente para tubos de hincada

Carga de comparación (kN/m <sup>2</sup> )	Clase resistente tipo A
[65	III
>65 [100	IV
>100 [140	V
Carga de comparación (kN/m <sup>2</sup> )	Clase resistente tipo E
[60	90
>60 [90	135
>90 [120	180

- $q_{\text{total}}$  suma de las cargas producidas por el relleno y la carga móvil, en kN/m  
 ID diámetro interior del tubo, en m

$F_{ap}$  factor de apoyo. Se aconseja adoptar el valor de 1,5, ante la incertidumbre en la puesta en obra de este tipo de tubos.

El cálculo de la  $q_{total}$  se realizará de igual manera que lo especificado en el artículo III.5.2.2.1, salvo que el cálculo de la carga del terreno se hará mediante la siguiente expresión:

$$W_e = C_z \cdot \gamma \cdot OD^2 - 2 \cdot C_o \cdot C_z \cdot OD$$

$W_e$  cargas verticales totales debidas al peso de las tierras, en kN/m  
 $C_z$  coeficiente de Marston, de valor:

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu' \frac{H}{OD}}}{2\lambda\mu'}$$

$\lambda$  coeficiente de Rankine, de valor:

$$\lambda = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$\mu'$  coeficiente de rozamiento del relleno contra los paramentos de la zanja ( $\mu' = \text{tg } \phi'$ )

$\mu$  coeficiente de rozamiento del relleno ( $\mu = \text{tg } \phi$ )

$\phi'$  ángulo de rozamiento interno del relleno contra los paramentos de la zanja

$\phi$  ángulo de rozamiento interno del relleno

$H$  altura, en m, de tierras sobre la clave del tubo (m)

$OD$  diámetro exterior del tubo (m)

$\gamma$  peso específico del relleno ( $\text{kN/m}^3$ )

$C_o$  Cohesión del terreno ( $\text{kN/m}^2$ )

A efectos prácticos, pueden adoptarse los valores para los términos  $\lambda\mu'$  y  $\gamma$  de la Tabla 36. Los valores de la cohesión pueden tomarse de la Tabla 44, si bien se recomienda utilizar el valor de 2  $\text{kN/m}^2$  en ausencia de datos significativos.

Tabla 44 Valores de la cohesión en función del tipo de suelo

Tipo de suelo	$C_o$ ( $\text{kN/m}^2$ )
Arcilla	
Blanda	2,0
Media	12,2
Dura	48,8
Arena	
Deseada	0
Cenagosa	4,8
Compacta	14,6

b) Comprobación de la compresión longitudinal a la que el tubo es sometido durante la instalación

Deberá comprobarse que el empuje producido durante la instalación no excede el admisible, el cual se calculará mediante las siguientes expresiones, según que la superficie en contacto entre cada dos tuberías a hincar sea completa (unión cerrada) o parcial (unión abierta), ver Fig 59.

Unión cerrada  $F_o = A_c \cdot 0,3 \cdot f_{ck}$

Unión abierta  $F_o = e_h \cdot A_c \cdot 0,3 \cdot f_{ck}$

$F_o$  empuje máximo admisible (en MN)

$A_c$  área(s) de la(s) superficie(s) de empuje sometida(s) a compresión ( $\text{m}^2$ )

Unión con virola:  $A_c = \frac{(d_{eh}^2 - d_{ih}^2)}{4} \cdot \pi$

Unión a medio espesor:  $A_c = \frac{(d_{eh}^2 - d_{ih}^2) + (d_{eh}'^2 - d_{ih}'^2)}{4} \cdot \pi$

$d_{ih}$  diámetro interior de la superficie de empuje (m)

$d_{eh}$  diámetro exterior de la superficie de empuje (m)

- $f_{ck}$  Resistencia característica del hormigón a compresión (N/mm<sup>2</sup>)
- $f_{cd}$  Resistencia a compresión de proyecto del hormigón (N/mm<sup>2</sup>)
- $z$  Amplitud diametral de compresión en la zona de unión (m) (ver Fig 59)
- $e_h$  Factor de excentricidad. Se determinará según la Fig 58

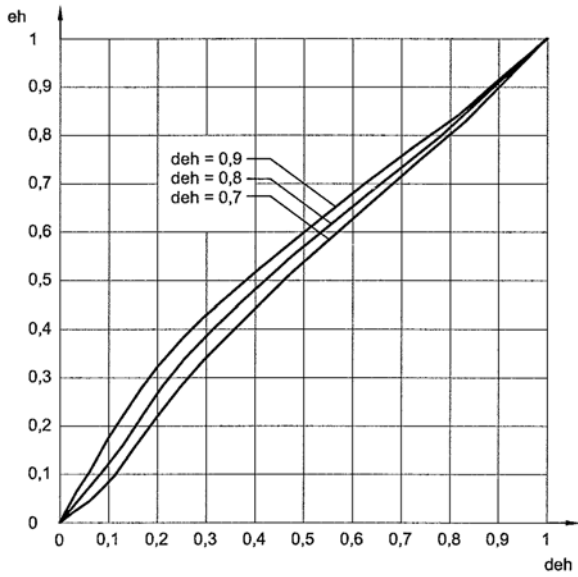


Fig 58. Factor de excentricidad

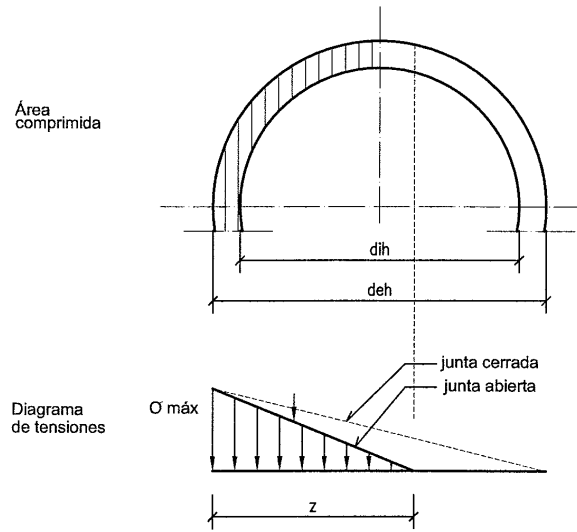


Fig 59. Área comprimida y diagrama de tensiones para juntas cerrada y abierta

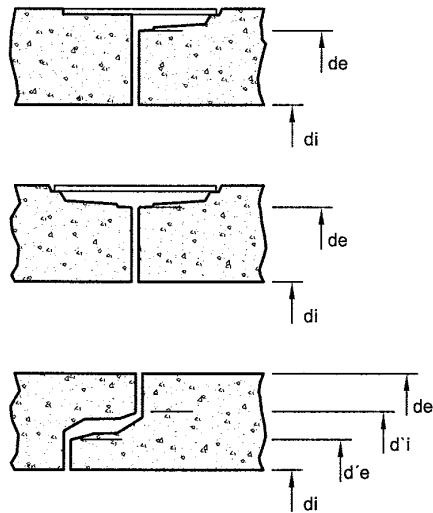


Fig 60. Definición de diámetros para diferentes tipos de unión

c) Comprobación de la longitud máxima de empuje

Se determinará mediante la siguiente expresión:

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{F_o}{\phi'' \cdot \pi \cdot OD}$$

siendo:

- $L_{m\acute{a}x}$  Longitud máxima del tubo que se puede hincar, en m
- $F_o$  fuerza de empuje calculada en el apartado b, en N
- $\phi''$  coeficiente de rozamiento del terreno contra el tubo, en N/m<sup>2</sup>
- $OD$  diámetro exterior del tubo, en m

## III.6 Dimensionamiento de los aliviaderos y tanques de tormentas

### III.6.1 Criterios generales

En general, podrán disponerse aliviaderos en las redes de saneamiento siempre que se cumplan los requisitos establecidos por el Plan Hidrológico del Tajo sobre dilución y capacidad (artículo 28), con el fin de reducir el caudal de las conducciones aguas abajo de los mismos. En concreto, cuando el caudal de entrada al aliviadero QEA sea 5 veces superior al caudal punta de aguas residuales será admisible instalar aliviaderos en las redes de alcantarillado.

Con objeto de garantizar el buen funcionamiento del sistema, se debe procurar la agrupación de las aguas residuales, de forma que cada aliviadero recoja como mínimo las aguas residuales correspondientes a una población de 1.000 habitantes.

Los aliviaderos podrán complementarse con un tanque de tormentas adosado, pudiendo disponerse bien en serie o en paralelo (ver Fig 61), si bien es deseable que lo hagan de esta última manera (en paralelo), de forma que no se mezclen aguas residuales que han pasado por un tanque de tormentas con aguas unitarias no controladas.

Los aliviaderos con tanque de tormentas podrán ser en línea o en derivación (ver apartado II.7.2), recomendándose esta última disposición para los casos en los que haya un peligro alto de contaminación de las aguas de lluvia.

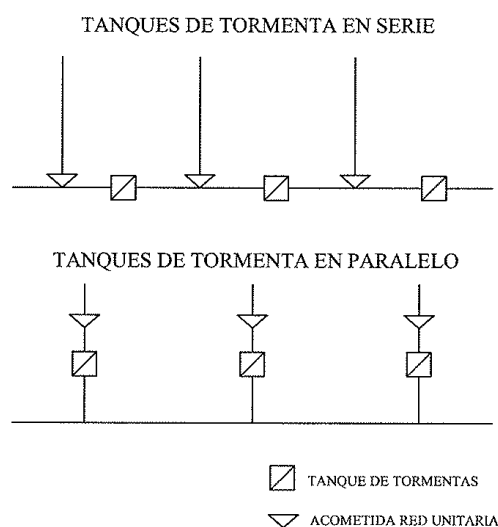


Fig 61. Aliviaderos en serie o en paralelo

### III.6.2 Caudales de diseño 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<sub>m</sub> caudal de aguas residuales domésticas medio

QI<sub>m</sub> caudal de aguas residuales industriales medio

C<sub>d</sub> coeficiente de dilución

De acuerdo con el artículo 28.3 apartado c del Plan Hidrológico del Tajo, en redes de saneamiento de tipo unitario “podrán admitirse, de forma provisional y mediante autorización expresa, vertidos diluidos en una relación 1:5 sobre el caudal punta en tiempo seco del saneamiento, obtenido en la sección de vertido.”

c) Caudal aliviado, Q<sub>aliv</sub>

El caudal aliviado por el aliviadero Q<sub>aliv</sub> 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.

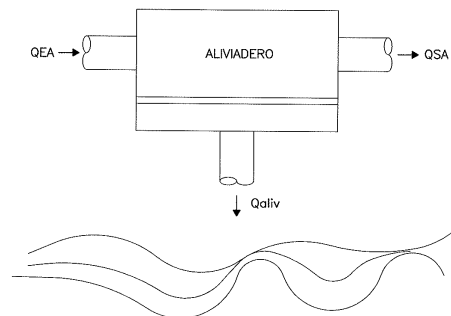


Fig 62. Esquema de caudales en un aliviadero

### III.6.3 Dimensionamiento hidráulico

#### III.6.3.1 Diseño del tanque de tormentas

El volumen del tanque de tormentas, en su caso, deberá ser el necesario para que una lluvia de intensidad calculada mediante la expresión adjunta no produzca vertidos.

$$i = 15 \frac{120}{T_c + 120}$$

i intensidad de lluvia crítica, en l/s/ha

T<sub>c</sub> tiempo de concentración de la cuenca, en minutos. T<sub>c</sub> < 120 minutos

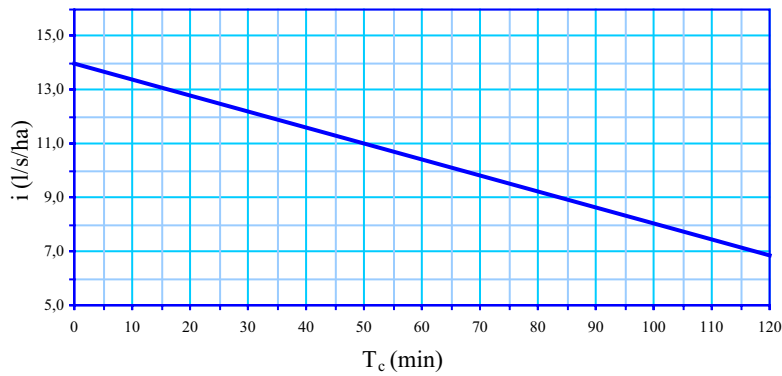


Fig 63. Relación Intensidad de lluvia crítica -Tiempo de concentración (ATV A 128:1992)

Para tiempos de concentración superiores a 120 minutos, la intensidad de lluvia crítica se tomará directamente igual a 7,5 l/s/ha

### III.6.3.2 Diseño del canal principal

En la solera del canal principal deberá disponerse un cuenco con capacidad para transportar el caudal punta de aguas residuales en tiempo seco. Igualmente, dicha solera deberá tener una pendiente transversal importante (del orden del 10%, siendo deseables valores de hasta el 25%) hacia el mencionado cuenco. La pendiente longitudinal será, como mínimo del 1%.

### III.6.3.3 Diseño del elemento de alivio

El diseño del labio del vertedero debe comprobarse mediante la siguiente expresión:

$$Q_{aliv} = C_a \times L \times H_v^{3/2}$$

$C_a$  Coeficiente de vertido del aliviadero. A falta de datos más precisos se adoptarán los siguientes:

$C_a = 1,8$  para el caso de pared delgada (si su espesor es inferior a  $H_v/2$ )

$C_a = 1,4$  para el caso de pared gruesa (si su espesor es igual o superior a  $H_v/2$ )

$Q_{aliv}$  caudal aliviado por el aliviadero, en  $m^3/s$

$L$  longitud del vertedero, en m

$H_v$  altura de la lámina de vertido, en m

## III.6.4 Dimensionamiento geométrico

Los aliviaderos y tanques de tormenta serán, en general, de sección rectangular en planta. En el dimensionamiento geométrico de los aliviaderos con tanque de tormenta adosado se observarán las especificaciones que se indican a continuación.

La cota superior del aliviadero vendrá determinada por el cumplimiento de las siguientes condiciones:

- La altura máxima de agua sobre el vertedero será tal que, aunque se ponga en carga la red aguas arriba cuando el aliviadero esté vertiendo, las tapas de registro no lleguen nunca a estar sometidas a presión hidráulica
- La distancia libre entre el techo del aliviadero y el máximo nivel de agua en el mismo debe ser, en general, como mínimo 0,50 m

La cota inferior se fijará de manera que la red de saneamiento aguas abajo no se hunda excesivamente en el terreno.

Con las condiciones anteriores, y teniendo en cuenta el volumen del tanque de tormentas (ver artículo III.6.3.1) se fijarán las dimensiones en planta.

En los aliviaderos con tanque de tormenta en derivación (ver artículo II.7.1), la anchura del canal principal será lo menor posible.

### **III.6.5 Dimensionamiento mecánico**

El dimensionamiento mecánico de los aliviaderos y tanques de tormentas se realizará conforme a lo establecido por la vigente EHE.

### **III.6.6 Dimensionamiento de los elementos auxiliares**

#### *III.6.6.1 Elemento de regulación*

Cuando el caudal de salida del aliviadero QSA sea superior a 100 l/s se utilizará como elemento de regulación del caudal aguas abajo una válvula de compuerta; caso contrario, se instalará una válvula vórtice.

En ambos casos, deberá verificarse su funcionamiento hidráulico para el caudal máximo excepcional, QMA.

El diseño del elemento de regulación deberá hacerse conforme a las siguientes especificaciones, según cual sea su tipología:

a) Válvula de compuerta

- La compuerta permitirá el paso del caudal QSA con una apertura que no será inferior a 10 cm, con la lámina de agua en el aliviadero a cota del labio del vertedero. En las mismas condiciones de apertura desaguará el caudal QMA sin provocar remansos aguas arriba en el canal de aproximación.
- En apertura máxima de la compuerta, y también con la lámina de agua en el aliviadero a cota del labio del vertedero, el caudal de paso hacia el colector aguas abajo del aliviadero será superior a QMA.

b) Válvula de vórtice

El fabricante de la válvula deberá facilitar la correspondiente curva de gasto en cada caso particular.

#### *III.6.6.2 Dispositivos para la limpieza del tanque de tormentas*

Cuando se empleen limpiadores basculantes como elemento de limpieza del tanque de tormentas, deberá especificarse el volumen de los mismos teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- longitud de la cámara a limpiar
- pendiente de la solera
- altura a la que estén colocados respecto a la solera

La longitud máxima de estos limpiadores no deberá exceder los 6 metros, de manera que, caso de ser necesaria más longitud, deberán disponerse varios en serie, separándolos a través de un murete central que independice la acción de cada limpiador.



Al final del tanque de tormentas, y en su cota más baja, se deberá disponer un canal de recogida que pueda almacenar toda la capacidad del limpiador sin que se produzcan retornos de los flotantes arrastrados que ensuciarían de nuevo el mismo.

### III.7 Dimensionamiento de las estaciones de bombeo

En el presente artículo 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 artículo II.8 relativo a los componentes de estas infraestructuras.

En cualquier caso, en el diseño de estas infraestructuras, deberá tenerse en cuenta que los vertidos al cauce habrán de cumplir siempre con lo estipulado por el Plan Hidrológico del Tajo.

#### III.7.1 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:

$$QEB = C_d \times Q_p$$

$C_d$  coeficiente de dilución, de valor 5 (ver artículo III.6.2.b)  
 $Q_p$  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:

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

Además, en todo momento deberá cumplirse la siguiente relación:

$$(n_f - 1)Q_b < QEB < n_f Q_b$$

siendo:

n número de bombas instaladas

$n_r$	número de bombas en reserva
$n_f$	número de bombas en funcionamiento
QEB	caudal de entrada a la estación de bombeo (m <sup>3</sup> /s)
$Q_b$	caudal unitario de cada bomba (m <sup>3</sup> /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:

$$\text{Bombas de menor tamaño} \quad Q_{b,1} \geq \frac{3(QD_m + QI_m)}{(n_1 - n_r)}$$

$$\text{Bombas de mayor tamaño} \quad Q_{b,2} \geq \frac{QEB - 3(QD_m + QI_m)}{n_2}$$

siendo:

$n_1$	número de bombas de menor tamaño
$n_2$	número de bombas de mayor tamaño
$n_r$	número de bombas en reserva
QEB	caudal de entrada a la estación de bombeo (m <sup>3</sup> /s)
$Q_{b,1}$	caudal unitario de cada una de las bombas de menor tamaño (m <sup>3</sup> /s)
$Q_{b,2}$	caudal unitario de cada una de las bombas de mayor tamaño (m <sup>3</sup> /s)
$QD_m$	caudal de aguas residuales domésticas medio (m <sup>3</sup> /s)
$QI_m$	caudal de aguas residuales industriales medio (m <sup>3</sup> /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 QSB se calculará mediante la siguiente expresión (igual notación que en el caso anterior):

$$QSB = (n - n_r)Q_b$$

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):

$$QSB = (n_1 - n_r)Q_{b,1} + n_2Q_{b,2}$$

## III.7.2 Dimensionamiento hidráulico

### III.7.2.1 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

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.

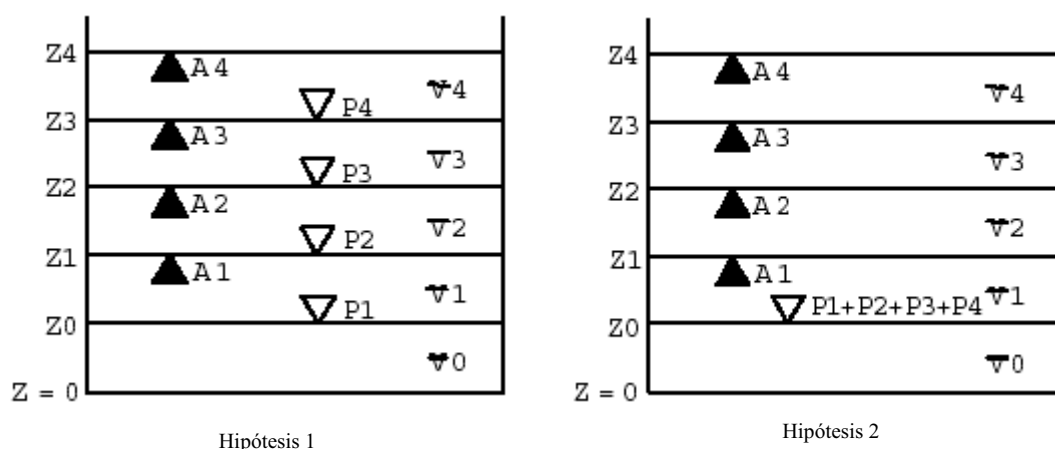


Fig 64. Posibles hipótesis de funcionamiento de las bombas

El cálculo del volumen del depósito de bombeo se realizará conforme se especifica a continuación, según cual 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 constante e igual para todas las bombas:

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

- V Volumen mínimo del depósito de bombeo (m<sup>3</sup>)
- V<sub>i</sub> Volumen parcial mínimo del depósito de bombeo para 1 bomba (m<sup>3</sup>)
- n Número de bombas instaladas
- n<sub>r</sub> Número de bombas en reserva
- Q<sub>b</sub> Caudal unitario de cada bomba (m<sup>3</sup>/s)
- N<sub>a</sub> N° de arranques por hora (ver Tabla 45)

En la Tabla 45 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 45 Número máximo de arranques/hora recomendado en función de la potencia nominal de los motores

Potencia, kW	Arranques/hora
<37	8
>37	5

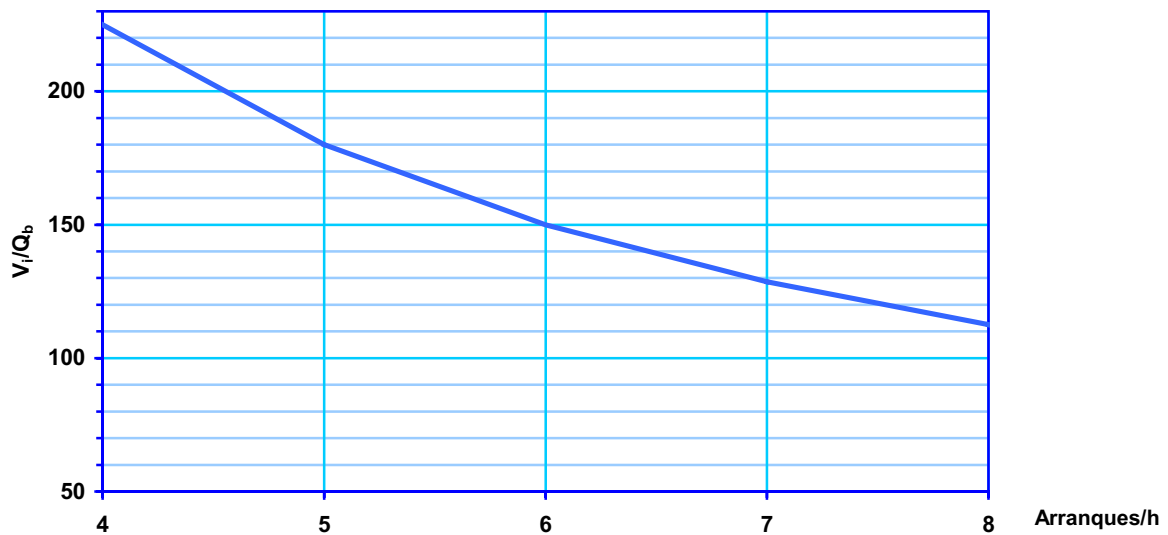


Fig 65. Diagrama para el cálculo de la Hipótesis 1

▪ 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:

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

Tabla 46 Cálculo de los volúmenes parciales del depósito de bombeo en función del número de bombas

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

V Volumen mínimo del depósito de bombeo (m<sup>3</sup>)

V<sub>i</sub> Volumen parcial mínimo requerido (m<sup>3</sup>)

Q<sub>b</sub> Caudal unitario de cada bomba (l/s)

n Número de bombas instaladas

n<sub>r</sub> Número de bombas en reserva

N<sub>a</sub> Nº de arranques por hora (ver Tabla 45)

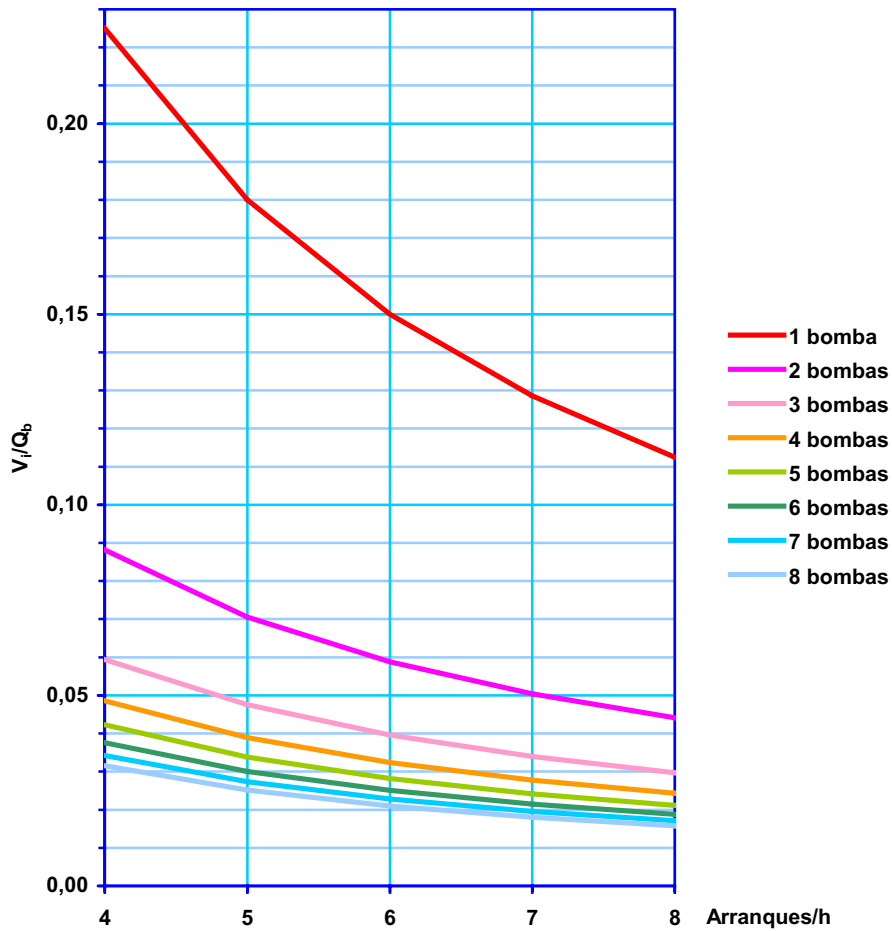


Fig 66. Diagrama para el cálculo de la Hipótesis 2

### III.7.2.2 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.

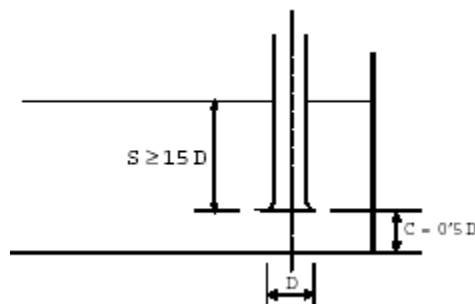


Fig 67. Esquema de sumergencia

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 (ver Fig 68)

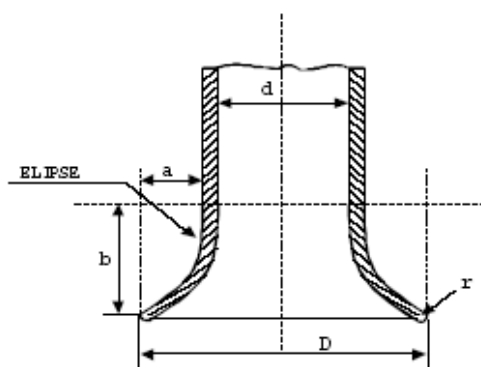


Fig 68. Esquema de la campana de entrada a la tubería de aspiración

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.

### III.7.2.3 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):

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

siendo:

D	Diámetro teórico de la conducción (m)
$Q_b$	Caudal ( $m^3/s$ )
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°.

### III.7.2.4 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 artículos 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 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/hora para el mismo caudal punta.

Las dimensiones mínimas del pozo de gruesos serán 1,0 x 1,0 m<sup>2</sup> en planta, debiendo, en cualquier caso, ser tales que sean compatibles con el sistema de extracción de los residuos empleados (cuchara bivalva, etc.).

**III.7.3 Dimensionamiento geométrico**

Las dimensiones del depósito de bombeo deberán ser conformes a lo especificado a continuación y a lo recogido en los planos incluidos en el Anejo a estas Normas.

Tabla 47 Dimensiones recomendadas de los pozos rectangulares

Cota (mm)	Descripción	Valor recomendado(mm)
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 entre 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

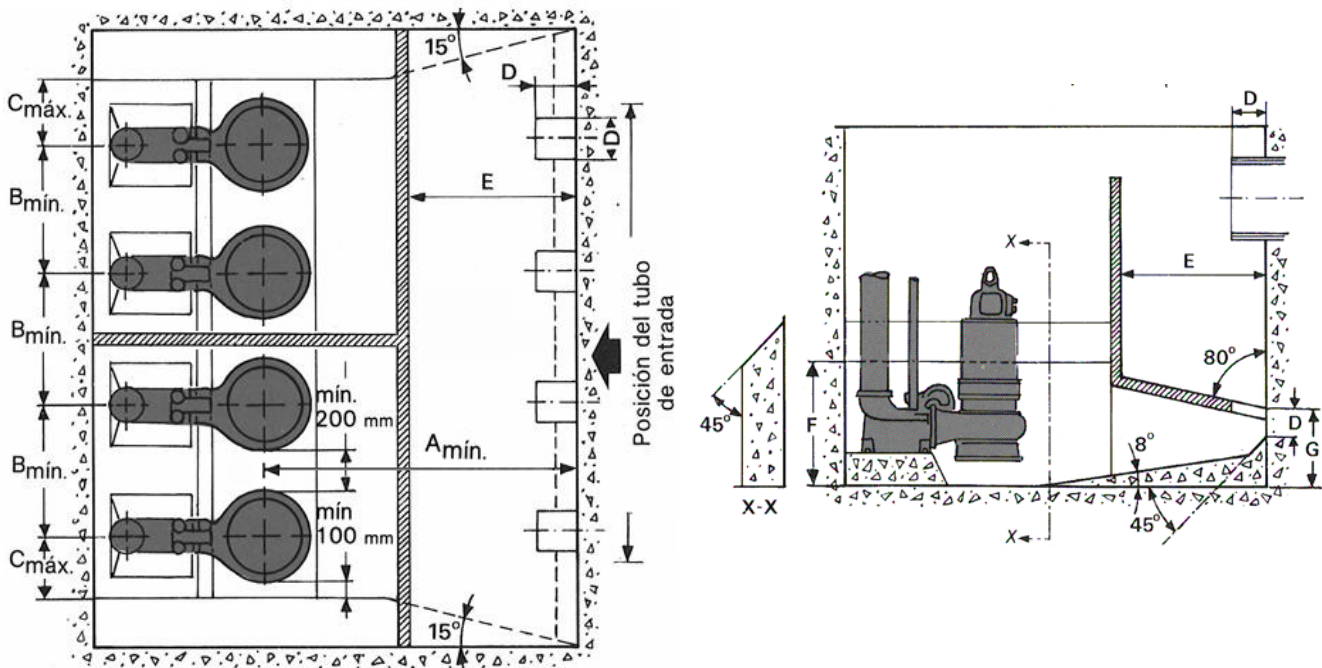


Fig 69. Esquema de dimensiones de pozos rectangulares

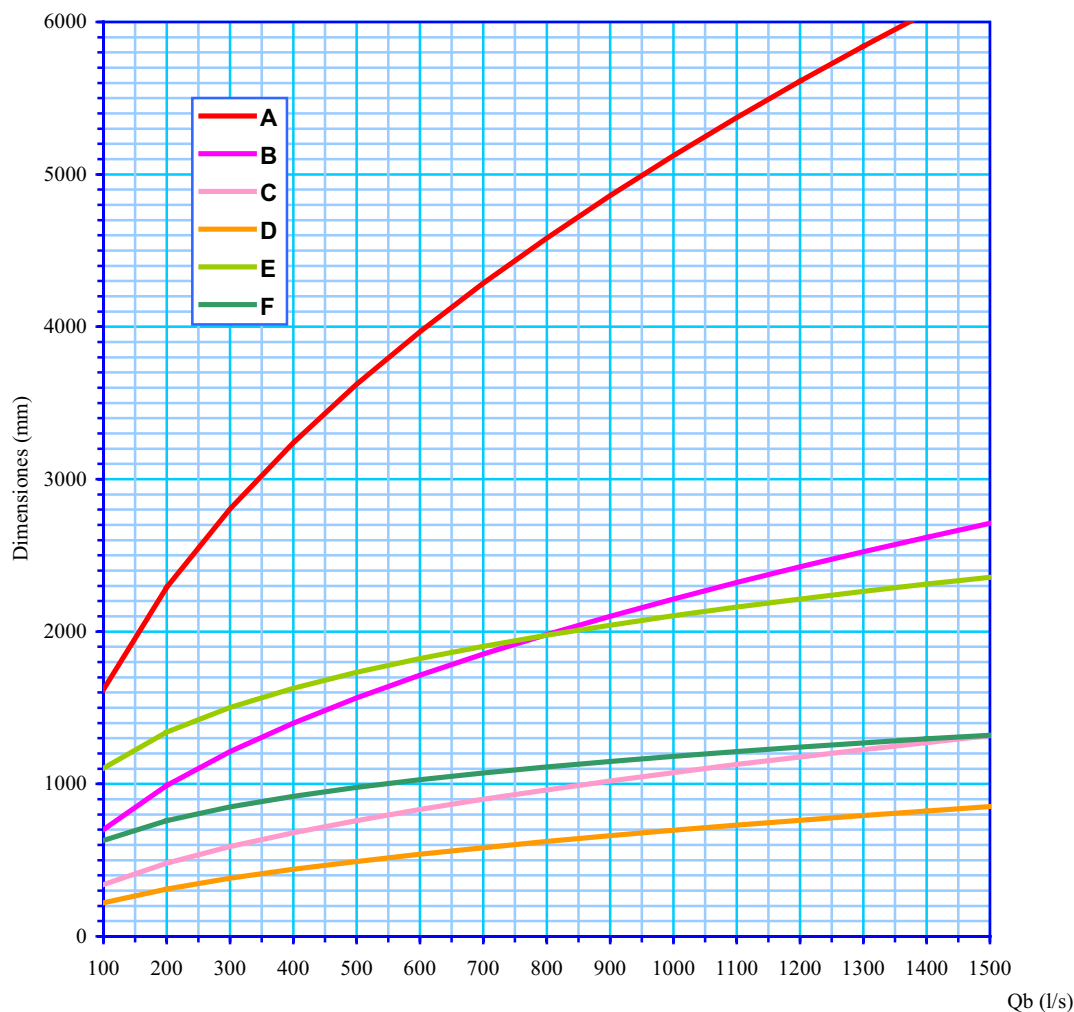


Fig 70. Dimensiones mínimas de los pozos rectangulares

En la solera de los depósitos se realizará una poceta de 10-15 cm de profundidad y 40x40cm de superficie que permita introducir una bomba pequeña con la misión de vaciar completamente el depósito.

### III.7.4 Dimensionamiento mecánico

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

### III.8 Dimensionamiento de los laminadores

El diseño hidráulico deberá realizarse mediante un modelado matemático de los mismos, que resuelva las ecuaciones de flujo no permanente de la red para la lluvia de diseño, teniendo en cuenta las características hidráulicas, hidrológicas y topográficas de la red de saneamiento en estudio.

A efectos de realizar un predimensionamiento de tales laminadores puede utilizarse la formulación de origen empírico que se desarrolla a continuación.



### III.8.1 Caudales de diseño en los laminadores

Los caudales de diseño que intervienen en el dimensionamiento de los laminadores son los siguientes:

- Caudal de entrada en el laminador, QEL

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

$$QEL = Q_p + QP$$

$Q_p$  caudal punta de aguas residuales

$QP$  caudal de aguas pluviales

En redes separativas, el máximo caudal de entrada al laminador, QEL se identificará con el caudal de aguas pluviales, QP.

Para el diseño de los laminadores, además del caudal de entrada debe conocerse el hidrograma del mismo (ver Fig 71).

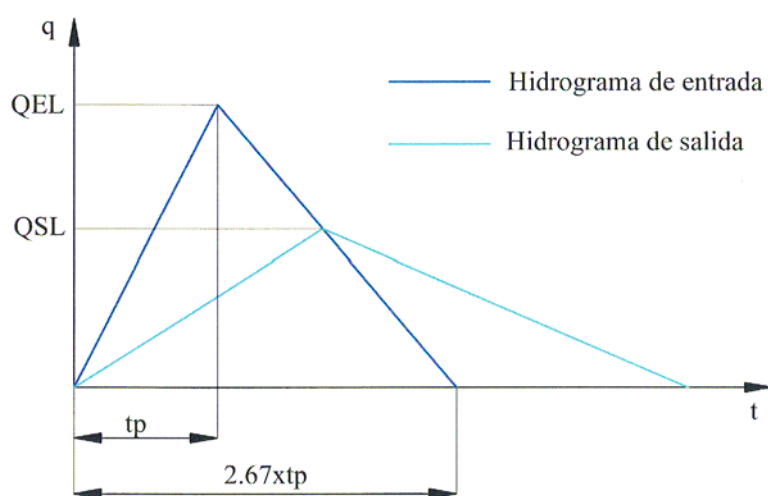


Fig 71. Ejemplo de hidrograma en un laminador

- Caudal de salida del laminador, QSL

El caudal de salida del laminador, QSL, se determinará en función de la capacidad de la red de saneamiento situada aguas abajo.

### III.8.2 Predimensionamiento hidráulico de los laminadores sin derivación

El volumen  $V_l$  de un laminador sin derivación de paredes verticales ( $c=1$ )<sup>3</sup> se calculará a partir de la superficie en planta del mismo  $S_l$ , de la altura de la lámina de agua en su interior  $h$  y del resguardo previsto  $r_l$ , conforme a la expresión siguiente:

$$V_l = S_l(h + r_l)$$

Para el cálculo de la altura de agua  $h$  se emplea la ecuación de desagüe bajo orificio:

$$QSL = k_0 a_0 \sqrt{2gh}$$

QSL Caudal de salida del hidrograma

<sup>3</sup> La constante  $c$  depende de la geometría y el tamaño del laminador.

- $k_0$  Coeficiente de descarga del orificio (a falta de estudios específicos, se tomará igual a 0,7)
- $a_0$  Área del orificio, en  $m^2$
- $g$  Aceleración de la gravedad ( $9,8 m/s^2$ )
- $h$  Altura de agua, en m

La superficie en planta  $S_1$  se establecerá a partir de los gráficos de la Fig 73, en los que, conociendo  $Q^*$  y  $s_0$ , se determina el parámetro P, a partir del cual se calcula la superficie en planta del laminador  $S_1$ .

$$Q^* = \frac{QSL}{QEL}$$

$$P = \left( \frac{k_0 \cdot a_0 \cdot \sqrt{2g}}{QEL} \right) \left( \frac{QEL \cdot t_p}{S_1} \right)^{0.5}$$

$$S_0 = \frac{s_0}{QEL \cdot t_p}$$

- QEL Caudal de entrada del hidrograma
- $t_p$  Tiempo de ocurrencia del caudal pico de entrada, en segundos
- $s_0$  Volumen de almacenamiento del laminador en el estado inicial, en  $m^3$  (puede suponerse 0 en tanteos previos)

### III.8.3 Predimensionamiento hidráulico de laminadores con derivación

El volumen V de un laminador con derivación se calculará a partir de la figura adjunta, en la que, a partir del porcentaje de laminación (% Lam) y del caudal de entrada al laminador QEL ( $I_p$  en la figura) se obtiene la relación entre el volumen necesario del laminador V y el tiempo de ocurrencia del caudal punta de entrada  $t_p$  ( $V/t_p$ )

El porcentaje de laminación, a su vez, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\%Lam = \frac{QEL - QSL}{QEL} \times 100$$

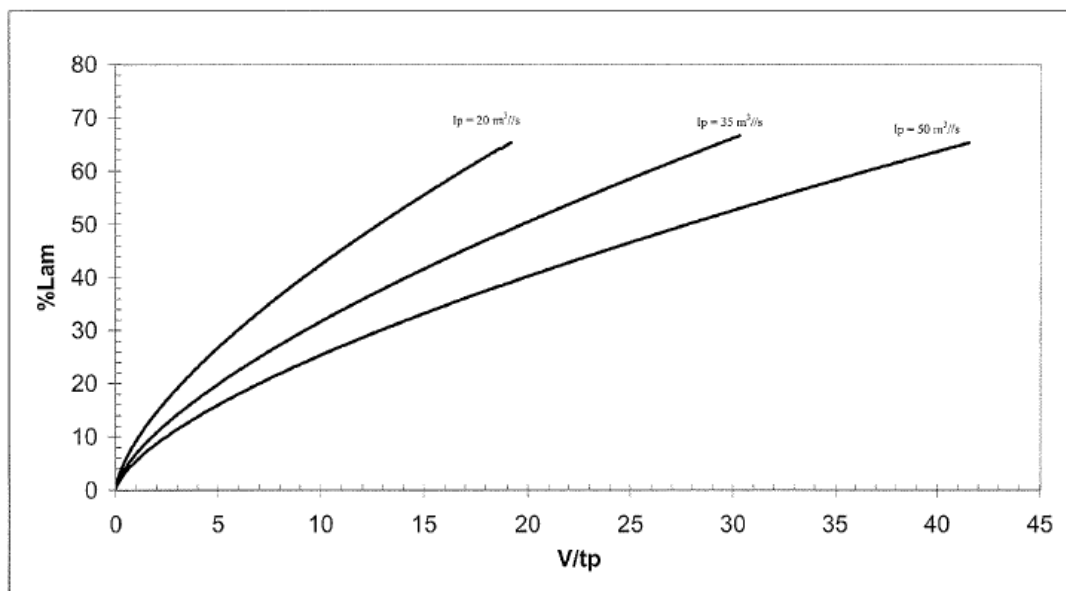


Fig 72. Ábaco para el predimensionamiento de laminadores con derivación

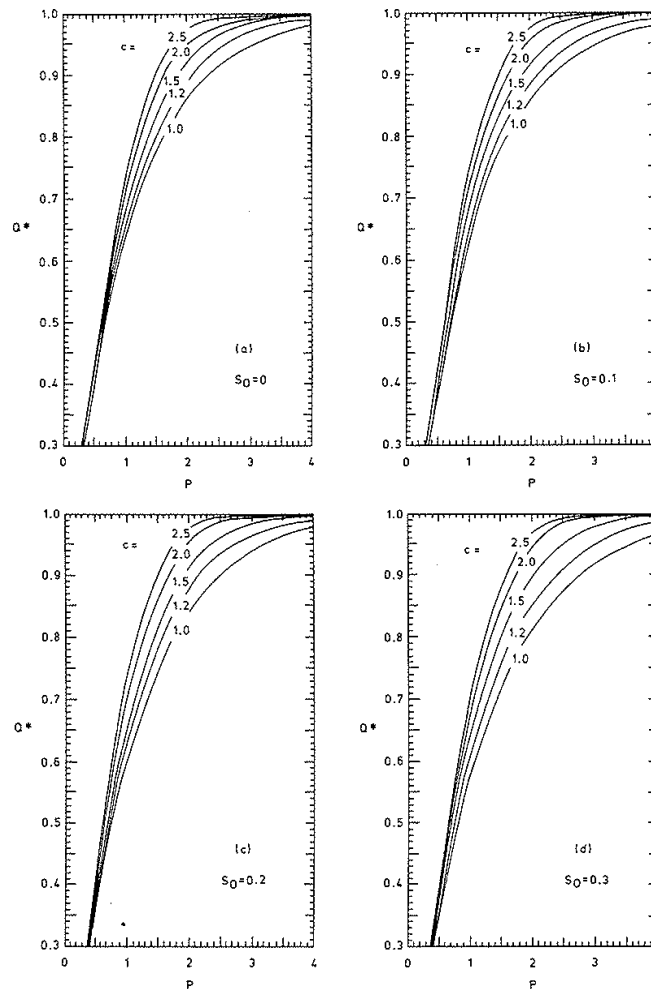


Fig 73. Ábacos para el predimensionamiento de laminadores sin derivación

### III.8.4 Dimensionamiento geométrico

En cuanto al diseño geométrico de los laminadores, es recomendable que la altura del depósito esté comprendida entre 2,5 y 4,0 m. Las formas en planta de los mismos podrán ser rectangulares o circulares. Si se opta por la forma rectangular, la longitud del lado mayor debe ser 1,5 a 2 veces la del lado menor.

### III.8.5 Dimensionamiento mecánico

El dimensionamiento mecánico de los laminadores se realizará conforme a lo establecido por la vigente EHE.

### III.8.6 Dimensionamiento de los elementos auxiliares

El dimensionamiento de los elementos auxiliares de los laminadores se realizará conforme a lo establecido en el artículo III.6.6.

### III.9 Dimensionamiento de los restantes componentes de la red de alcantarillado

#### III.9.1 Pozos

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. Excepcionalmente, no obstante lo anterior, la unión de conducciones visitables en planta podrá hacerse de forma tangencial, evitando la colocación del correspondiente pozo de registro, si bien, debería ubicarse un pozo de registro en las cercanías.
- En los tramos rectos, a una distancia máxima variable en función del diámetro de la conducción (ver tabla adjunta)
- En los cambios de diámetro o de material de la conducción
- En general, en todas las singularidades de la red

Tabla 48 Separación máxima entre pozos de registro en función del diámetro de la conducción

<i>DN conducción</i>	<i>Separación máxima entre pozos (m)</i>
DN < 600	50
600 ≤ DN < 1.000	70
1.000 ≤ DN < 1.500	100
Visitado ó DN ≥ 1.500	200

Además, deberán disponerse pozos de resalto cuando haya saltos en alzado de más de 1,0 m y pozos para entronque de todas las acometidas a la red de alcantarillado.

En el cálculo de los pozos construidos in situ, habrá que justificar el cálculo en la hipótesis más desfavorable, según la vigente EHE.

El diámetro nominal mínimo de los pozos prefabricados circulares será el que se indica en la tabla adjunta en función del diámetro de las conducciones que le acometen.

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 máximo 50 cm respecto a la cota de terreno, salvo que por condicionados medioambientales se exija un límite menor.

Tabla 49 Relación entre el diámetro de la conducción incidente y el del pozo de registro al que acomete

<i>DN conducción incidente</i>	<i>DN mínimo del pozo de registro en la base</i>
DN < 300	800*
300 ≤ DN < 500	1.000
500 ≤ DN < 1.000	1.200
1.000 ≤ DN < 1.200	1.500
1.200 ≤ DN	1.800

\* Ver excepción a pozos de DN 800 en artículo II.5.4.1

### III.9.2 Cámaras de descarga

Sólo se admitirán cámaras de descarga con carácter excepcional y previa justificación de la solución adoptada, siempre que se cuente con la aprobación técnica del Canal de Isabel II. Alternativamente a la instalación de cámaras de descarga se estudiará de manera especial la posibilidad de sustituirlas por dos imbornales en cabecera.

No obstante, caso de disponerse cámaras de descarga, éstas se ubicarán en las cabeceras de los ramales que configuran las redes de alcantarillado urbanas (bien sean unitarias o separativas), así como en aquellos puntos en los que, por insuficiencia de pendiente o de caudal, pudiera producirse la sedimentación de los sólidos en suspensión transportados por el agua.

La capacidad mínima recomendada para estas cámaras de descarga es de 0,6 m<sup>3</sup>.

### III.9.3 Elementos 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 no se hayan podido instalar cámaras de descarga y 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.

### III.9.4 Rápidos

Deberán disponerse rápidos en las redes de alcantarillado en las siguientes circunstancias:

- Cuando la pendiente de la conducción sea inferior a la del terreno natural, compensando esa diferencia de pendiente en los rápidos, siempre que la diferencia de altura a salvar sea superior a los tres metros. En caso contrario se utilizarán pozos de resalto
- Cuando sea necesario conectar dos redes implantadas en niveles distintos, como por ejemplo, en acometidas de ramales superficiales a conducciones profundos.

### III.9.5 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.

### III.9.6 Válvulas, ventosas y desagües de fondo y accesorios

#### III.9.6.1 Válvulas

En las redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior (impulsiones) se deberán instalar válvulas de paso delante 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, de unos 500 metros en las conducciones, y de 100 a 500 metros en las alcantarillas, disponiéndose de tal modo que, en caso de rotura o avería, puedan aislarse sectores de la red maniobrando unas ocho válvulas como máximo.

#### III.9.6.2 Ventosas

Deben disponerse 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 en las impulsiones y de unos 1.500 metros en las condiciones por gravedad.

El diámetro de las ventosas de admisión de aire será el que se indica en la tabla adjunta en función del tamaño de la conducción.

Tabla 50 Diámetros normalizados de las ventosas en función del tamaño de la conducción

Diámetro de la conducción (mm)	Diámetro de la ventosa (mm)
< 250	50, 60, 65
250 a 600	80, 100
600 a 900	125, 150
900 a 1.200	200
> 1.200	2 x 200

#### III.9.6.3 Desagües

Deben disponerse desagües en los puntos bajos relativos de la conducción, así como en todos los sectores que puedan aislarse del resto mediante válvulas. Para diámetros de la conducción superiores a los 600 mm es recomendable disponer en los desagües dos válvulas, una de compuerta y otra de mariposa.

En la tabla adjunta se normalizan los diámetros mínimos de los desagües en función del tamaño de la conducción.

Tabla 51 Diámetros normalizados de los desagües de fondo

DN de la conducción	DN del desagüe
DN < 200	80
250 < DN < 350	100
400 < DN < 600	150
700 < DN < 1.000	200
1.200 < DN < 1.600	300
DN < 1.600	400

## IV Diseño de las acometidas

### IV.1 Trazado

#### IV.1.1 Trazado en planta

El trazado en planta de las acometidas deberá respetar, siempre que sea posible, la dirección del flujo, en línea recta desde la arqueta de arranque hasta el pozo de entronque. En el caso de que esto no fuera posible, se deberán proyectar pozos de registro en los cambios de dirección (ver Fig 74). En cualquier caso, no serán admisibles ni codos ni curvas en el trazado en planta de una acometida.

Se considera obligatoria la colocación de la arqueta de arranque, pudiendo obviarse su instalación solo en casos excepcionales y previa aprobación técnica del Canal de Isabel II.

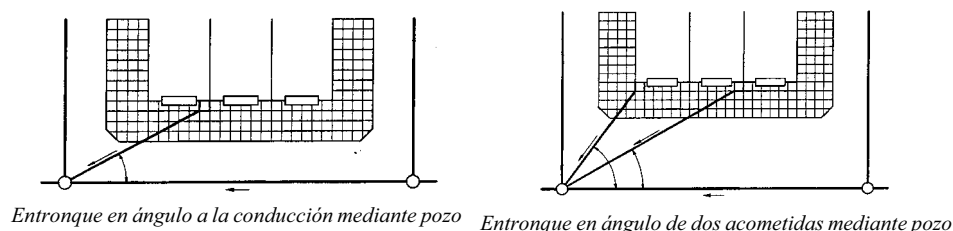


Fig 74. Trazado en planta de acometidas de alcantarillado

#### IV.1.2 Trazado en alzado

El trazado en alzado de las acometidas deberá ser siempre descendente hacia la red de alcantarillado y con una pendiente, en general uniforme, entre el 2 y el 4%.

La profundidad de la arqueta dependerá de la cota de la lámina de agua máxima prevista en el cauce receptor de la red de alcantarillado, debiendo quedar por encima de ella para evitar inundaciones.

El entronque del albañal con el pozo de registro de la red de alcantarillado (o con el colector visitable en su caso) deberá garantizar un resalto (medido entre las cotas inferiores del albañal y del colector receptor) situado entre 0'4 y 0'8 metros, respetando siempre que sea posible una distancia mínima de 20 cm entre las generatrices inferior del albañal y superior del colector.

No será admisible que una acometida se incorpore a una red de alcantarillado de menor diámetro, debiendo estudiarse y justificarse en todos los casos que la incorporación de caudales de la acometida no ponga en carga a la red de alcantarillado.

## IV.2 Dimensionamiento hidráulico

Las acometidas, atendiendo a la naturaleza de las aguas a evacuar, podrán ser, en general, de los tipos que se indican a continuación. En ningún caso las acometidas deberán evacuar aguas de escorrentía.

- a) edificios de viviendas (unitarias o separativas)
- b) industrial-terciario-dotacional (unitarias o separativas)
- c) otros

En los apartados siguientes se especifican las bases para el diseño hidráulico de las acometidas, en función de su tipología.

En cualquier caso, para el predimensionamiento 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 adjunta, los cuales han sido obtenidos por aplicación de la fórmula de Manning para las pendientes del 2, 3 y 4%, una rugosidad del 0,015 y un llenado de la sección del 75% (ver artículo III.5.1).

Tabla 52 Predimensionamiento de acometidas

DN (mm)	Pendiente 2%		Pendiente 3%		Pendiente 4%	
	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)
300	108	1,90	132	2,33	153	2,69
350	163	2,11	200	2,58	231	2,98
400	233	2,30	285	2,82	329	3,26
450	319	2,49	390	3,05	451	3,52
500	422	2,67	517	3,27	597	3,78
600	686	3,02	840	3,69	970	4,27
700	1.035	3,34	1.268	4,09	1.464	4,73
800	1.478	3,65	1.810	4,48	2.090	5,17

- a) Acometida separativa de aguas residuales de un edificio de viviendas

A los efectos del diseño hidráulico de una acometida separativa de aguas residuales de un edificio de viviendas, se define el *caudal instalado de una vivienda* como la suma de los *caudales instantáneos mínimos de diseño* correspondientes a todos los aparatos instalados.

El *caudal reducido de una vivienda*, por su parte, se define como el resultante de aplicar un coeficiente de simultaneidad al anterior *caudal instalado*.

Los *caudales instantáneos mínimos de diseño* de aguas residuales de los aparatos domésticos instalados en los edificios de las viviendas serán los indicados en la Tabla 53.

Las viviendas se clasificarán en función de las instalaciones de las mismas, y en consecuencia por su caudal reducido, según lo indicado en la Tabla 54.

Las acometidas separativas de aguas residuales de un edificio de viviendas podrán predimensionarse conforme los valores de la Tabla 55.

Tabla 53 Caudales instantáneos mínimos de diseño en aparatos domésticos (Normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua, 1975)

Aparato doméstico	Caudal instantáneo mínimo (l/s)
Lavabo	0,10
Bidet	0,10
Sanitario con depósito	0,10
Bañera	0,30
Ducha	0,20
Fregadero	0,20
Office	0,15
Lavadero	0,20



Tabla 54 Tipos de vivienda en función del caudal reducido

Tipo de vivienda	Caudal reducido (l/s)	Instalaciones de la vivienda
A	0,354	Cocina, lavadero, 1 sanitario
B	0,450	Cocina, lavadero, 1 cuarto de aseo
C	0,490	Cocina, lavadero, 1 cuarto de baño completo
D	0,533	Cocina, office, lavadero, 1 cuarto de baño, 1 aseo
E	0,604	Cocina, office, lavadero, 2 cuartos de baño
F	0,645	Cocina, office, lavadero, 2 cuartos de baño, 1 aseo
G	0,705	Cocina, office, lavadero, 3 cuartos de baño
H	0,763	Cocina, office, lavadero, 4 cuartos de baño o más

Tabla 55 Predimensionamiento de acometidas separativas de aguas residuales de un edificio de viviendas

Diámetro acometida (mm)	Nº máximo de viviendas servidas							
	Tipo de vivienda							
	A	B	C	D	E	F	G	H
300	113	89	82	75	66	62	57	52
350	178	140	129	118	104	98	89	83
400	254	200	184	169	149	140	128	118
450	347	273	251	231	204	191	174	161
500	460	362	333	306	270	253	231	214
600	749	589	541	497	439	411	376	347
700	1.130	889	816	750	662	620	567	524
800	1.619	1.273	1.169	1.075	949	888	813	751

En la Fig 75 se resumen tanto los caudales reducidos de aguas domésticas en función del número de viviendas, como el resultado del anterior predimensionamiento.

b) Acometida separativa de aguas pluviales de un edificio de viviendas

Siempre que sea técnica y económicamente posible, se intentará que las aguas pluviales de las cubiertas de los edificios o de las zonas pavimentadas (aceras y viales), se envíen directamente a los colectores de pluviales de las redes de saneamiento.

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 de los caudales a evacuar procedentes de cubiertas, terrazas y viales de las distintas áreas geográficas, se atenderá a lo expuesto en el artículo III.5.1.2.3.

En cualquier caso, las acometidas separativas de aguas pluviales de un edificio de viviendas podrán predimensionarse conforme los valores de la tabla adjunta.

En la Fig 76 se resumen tanto los caudales de aguas pluviales en función de la superficie drenada, como el resultado del anterior predimensionamiento.

c) Acometida unitaria de un edificio de viviendas

Para el predimensionamiento hidráulico de una acometida unitaria de un edificio de viviendas, se determinará por separado el caudal reducido de las aguas residuales domésticas y el caudal de aguas pluviales, QP, según lo especificado en los anteriores apartados a) y b), respectivamente.

El diámetro de la acometida se obtendrá a partir de los valores de la Tabla 52 con la suma de los anteriores caudales.

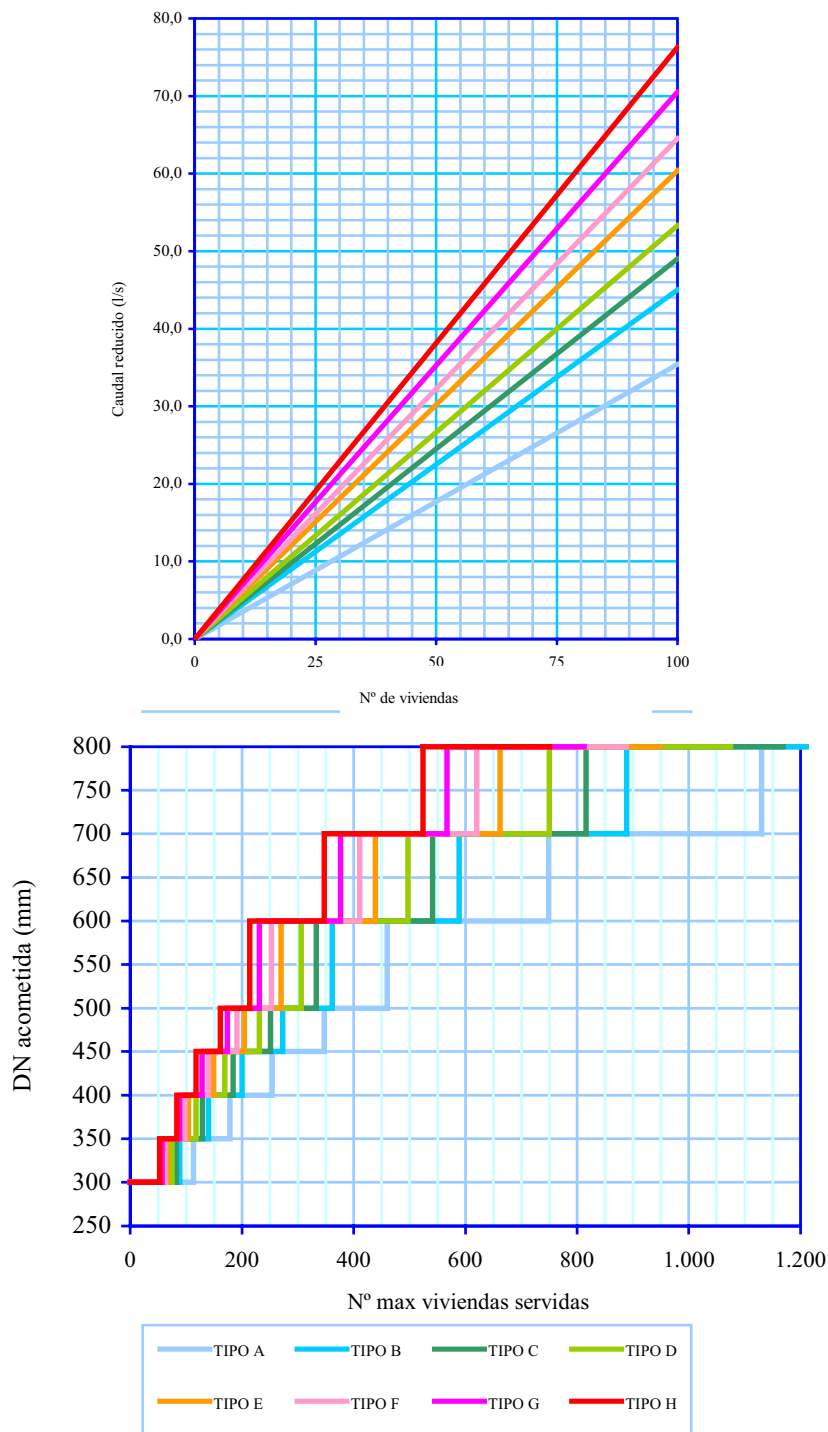


Fig 75. Predimensionamiento de acometidas separativas de aguas residuales de un edificio de viviendas

Tabla 56 Predimensionamiento de acometidas separativas de aguas pluviales de un edificio de viviendas

DN Acometida (mm)	Área Drenable (m <sup>2</sup> )
300	1.800
350	2.800
400	4.000
450	5.500
500	7.300
600	11.900
700	18.000
800	25.700

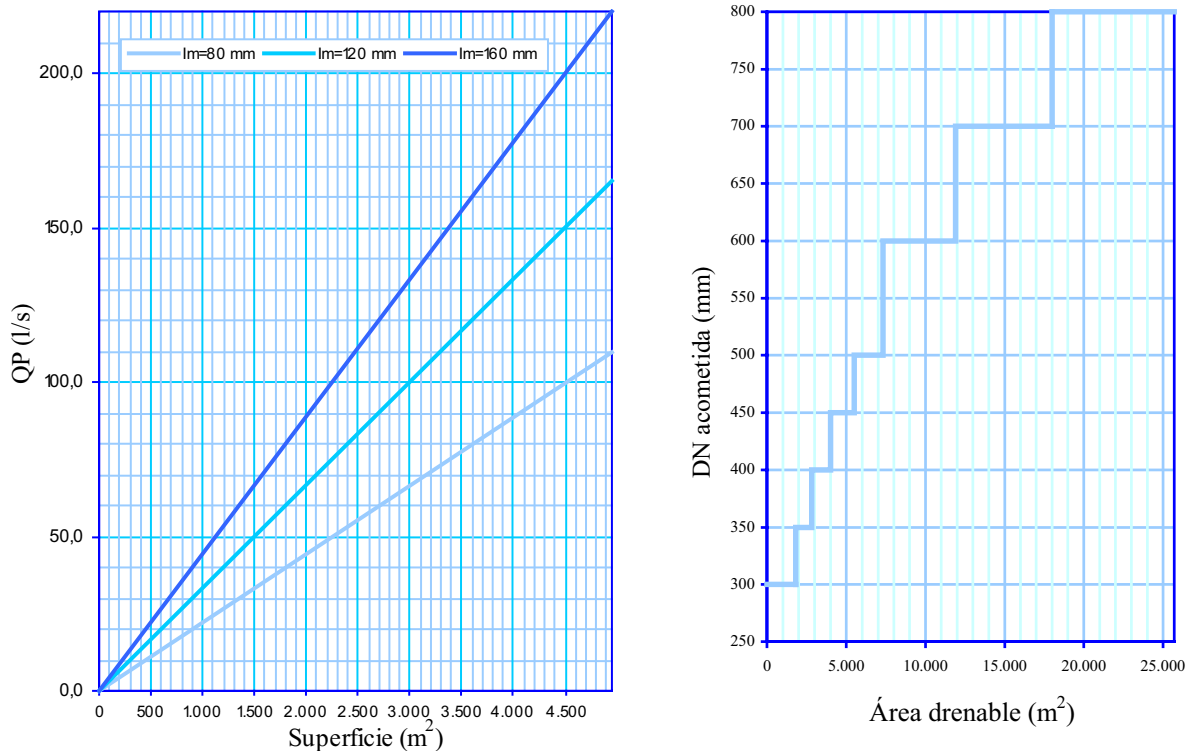


Fig 76. Predimensionamiento de acometidas separativas de aguas pluviales de un edificio de viviendas

d) Acometida separativa de aguas residuales industrial-terciario-dotacional

Las acometidas de aguas residuales industrial-terciario-dotacional, deberán dimensionarse en el correspondiente proyecto en función de los caudales máximos previstos a evacuar (incluyendo los coeficientes de punta) obtenidos a partir de las dotaciones especificadas en las vigentes Normas para el Abastecimiento de Agua del Canal de Isabel II, conforme a lo establecido en el artículo III.5.1 de las presentes Normas.

e) Acometida separativa de aguas pluviales de una instalación industrial-terciario-dotacional

Para superficies de hasta 25.000 m<sup>2</sup> el caudal de aguas pluviales, QP para usos industrial-terciario-dotacional, se podrá obtener de la Fig 77.

f) Acometida unitaria de aguas residuales industrial-terciario-dotacional

Para el dimensionamiento de una acometida unitaria industrial, se determinarán por separado los caudales de aguas residuales y pluviales, según lo indicado anteriormente, adjuntándose los correspondientes cálculos justificativos.

El diámetro de la acometida se obtendrá entrando en la Tabla 52 con la suma de dichos caudales.

### IV.3 Dimensionamiento mecánico

El dimensionamiento mecánico de los conductos de las acometidas se realizará conforme a lo establecido en el artículo III.5.2 de las presentes Normas.

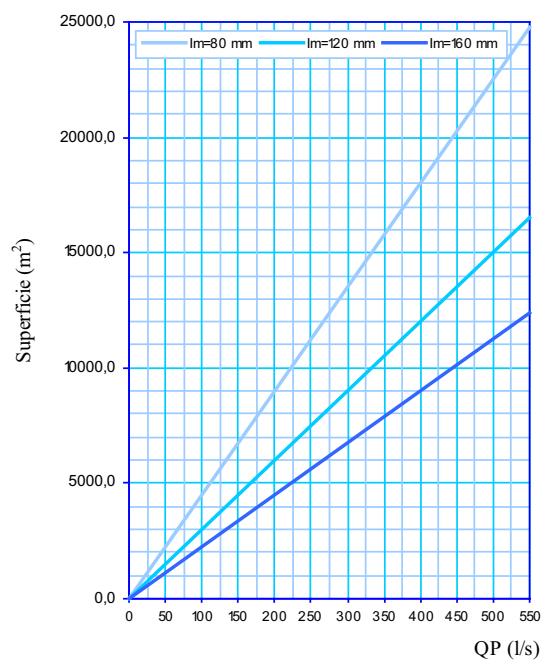


Fig 77. Caudales de lluvia en función de la superficie a drenar

## **V Instalación de la tubería**

### **V.1 Seguridad y Salud en la obra**

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.

### **V.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.

#### **V.2.1 Transporte**

Las operaciones de transporte de los tubos deberán hacerse, en su caso, conforme a las vigentes normas de seguridad vial y tráfico. Deberán cuidarse, en primer lugar, que, en los camiones o en el medio en el que se realice el transporte a obra, el piso y los laterales de la caja estén exentos de protuberancias o bordes rígidos o agudos que puedan dañar a los tubos u otros componentes.

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.

## V.2.2 Almacenamiento

Cuando los tubos se almacenen sobre el terreno deberá comprobarse que éste será lo suficientemente resistente para soportar las cargas que se le transmitan y lo suficientemente liso para que éstos se apoyen en toda su longitud, sin riesgo de que piedras y otros salientes puedan dañarlos. 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. Los tubos de hormigón, sin embargo, si se dispone de una solera rígida y se garantizan las debidas condiciones de seguridad, podrán almacenarse en posición vertical, siempre que no se ocasionen daños en sus boquillas al colocarlos en esta posición.

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 y cuando la manipulación sea manual, la altura máxima será inferior al alcance que en condiciones de seguridad tenga el personal que realice el trabajo, no debiendo, en ningún caso, excederse alturas de 3 metros. En la Tabla 57 se adjuntan unos valores recomendados para las alturas máximas de apilamiento.

Tabla 57 Alturas máximas de almacenamiento (número de hileras) de los tubos

DN	Fundición	Hormigón	PRFV	PVC-O	PE
100	16		5	12	10
200	11		5	7	6
300	9		5	4	4
400	7		5	3	3
500	5	4	4	2	3
600	5	4	3	2	3
700	4	3	3	2	3
800	3	2	2	1	3
900	3	2	2	1	2
1.000	2	1	2	1	2
1.100	2	1	2		2
1.200	2	1	2		2
1.400	1	1	1		2
> 1.500	1	1	1		1

El tiempo de almacenamiento deberá restringirse al mínimo posible, no debiendo prolongarse innecesariamente y, en cualquier caso, 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.

### V.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, evitando que el tubo quede apoyado sobre puntos aislados.

Si la zanja no estuviera abierta en el momento de la descarga de los tubos, éstos deberán colocarse, siempre que sea posible, en el lado opuesto a aquel en que se piensen depositar los productos de la excavación, de tal forma que queden protegidos del tránsito de vehículos, explosivos, etc.

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. La descarga mediante estrobos, enganchando para ello las bocas del tubo, sí es una práctica admisible.

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, o procedimientos de suspensión a base de ventosas. 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.

La descarga de los tubos de materiales plásticos, cuando se transporten unos dentro de otros, deberá comenzarse por los del interior. En los tubos de PVC-O cuando se manejen con temperaturas inferiores a 0°C deberá prestarse especial atención a todas estas operaciones, evitando que sufran golpes.

## V.3 Instalación de conducciones enterradas

En el presente artículo se especifican una serie de recomendaciones para la instalación de las conducciones en el caso más frecuente de que las mismas discurran 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.

En el caso de instalación de conducciones de PVC-U ó PE además de lo indicado en el presente artículo, se tendrá en cuenta lo indicado en las normas UNE 53.399:1990 y UNE 53.394:1992, respectivamente.

### V.3.1 Zanjas

#### V.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 artículo V.3.5.

En cualquier caso, es también recomendable ataluzar el borde superior de la zanja, tal como se muestra en la Fig 78

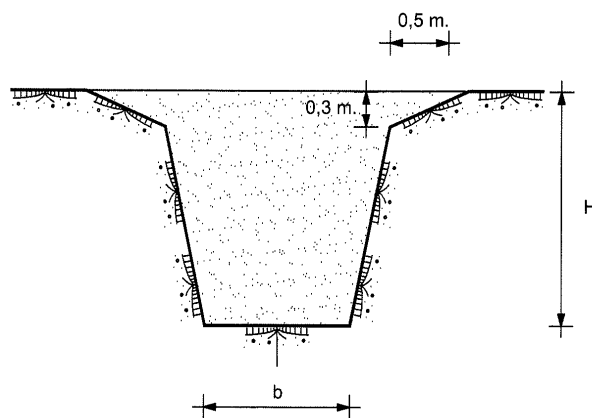


Fig 78. Bordes ataluzados en zanjas

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.

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 una anchura mínima no inferior a 60 cm, dejando, como mínimo, un espacio de 15 a 30 cm a cada lado del tubo según se indica en la Tabla 58.

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.

En los tubos de materiales plásticos, la anchura de la zanja podrá reducirse a la calculada mediante la expresión:  $OD + 0,30$  m, con un mínimo de 0,60 m. En el caso de zanjas de poca profundidad y tubos de diámetro inferior a 110 mm, la anchura mínima podrá ser de 0,40 m.

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.



Cuando la profundidad de la zanja o la pendiente de la solera sean grandes, deberá preverse un sobreebanco de la zanja, para poder satisfacer las exigencias de montaje, en su caso, con medios auxiliares especiales, tales como pórticos, carretones, etc.

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

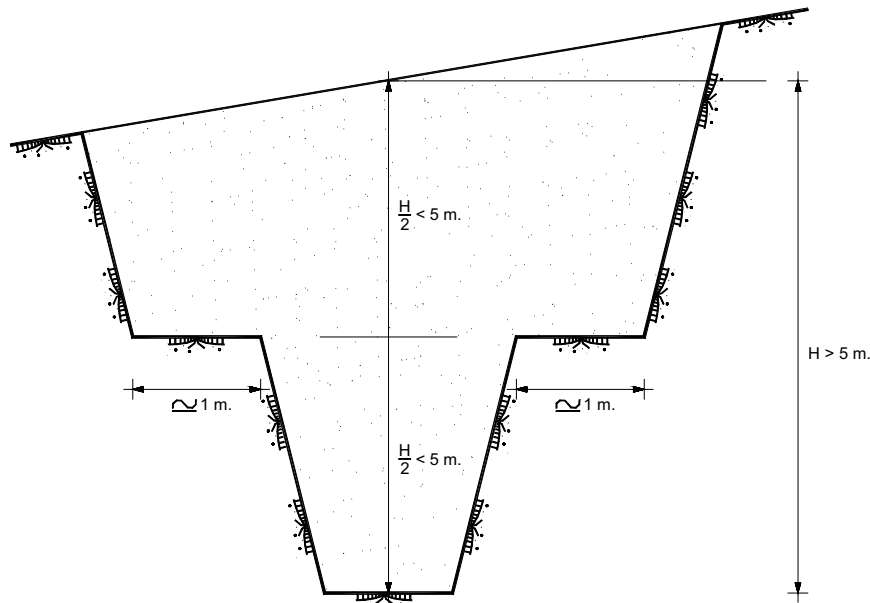


Fig 79. Bermas intermedias en zanjas profundas

Tabla 58 Ancho mínimo de zanja en función del DN y de la profundidad de la misma

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

### V.3.1.2 Ejecución de las zanjas

Las zanjas para el alojamiento de la tubería serán lo más rectas posibles tanto en planta como en alzado. 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. El relleno de estas sobre-excavaciones, así como el de las posibles grietas y hendiduras que hayan aparecido en el fondo de la zanja, se efectuará, preferentemente, con el mismo material que constituya la cama o apoyo de la tubería. En los casos de huecos de profundidad grande, mayor que el espesor de esta cama, el tipo y calidad del relleno los indicará la Dirección de Obra, de forma que no se produzcan asientos perjudiciales para la tubería.

Se cuidará que el fondo de la excavación no se esponje o sufra hinchamiento y si ello no fuera posible, se compactará con medios adecuados hasta conseguir su densidad original.

Si la capacidad portante del fondo es baja, y como tal se entenderá aquella cuya carga admisible sea inferior a  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ , deberá mejorarse el terreno mediante sustitución o modificación.

La sustitución consistirá en la retirada de material inadecuado y la colocación de seleccionado, como arena, grava o zahorra. El espesor de la capa de este material será el adecuado para corregir la carga admisible hasta los  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ . El tamaño máximo del árido del material de sustitución será de 30 mm.

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 banquetta 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.

### *V.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 (Anexo A norma UNE EN 1.610:1997):

- bombeo 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.

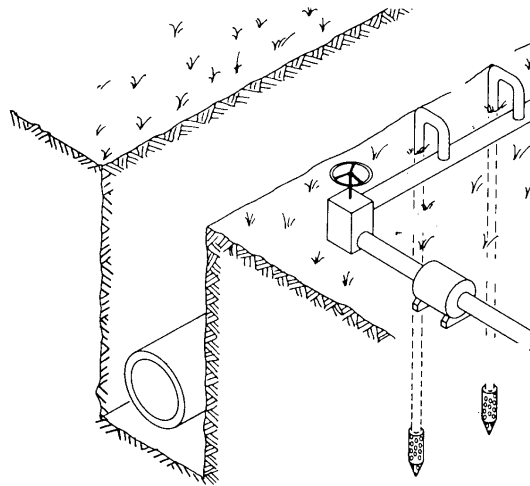


Fig 80. Esquema de well-point

### V.3.2 Camas de apoyo

Las conducciones no deberán apoyarse directamente en el fondo de la zanja, sino que deberán hacerlo en una cama de apoyo en un ángulo de 60° como mínimo, de manera que se distribuyan las presiones exteriores de forma uniforme.

Las camas de apoyo podrán ser de material granular o de hormigón. La elección de uno u otro tipo se realizará teniendo en cuenta aspectos tales como el tipo de tubo y sus dimensiones, la clase de uniones, la naturaleza del terreno, etc. , debiendo figurar en el respectivo proyecto el tipo de apoyo en cada caso particular, conforme a las especificaciones que se indican a continuación.

#### V.3.2.1 Camas de material granular

El espesor mínimo de las camas de material granular será de 15 cm.

El material a emplear para asiento y protección de tuberías deberá ser no plástico, exento de materias orgánicas y con tamaño máximo de 25 mm, pudiendo utilizarse arenas gruesas o gravas rodadas, con granulometrías tales que, en cualquier caso, el material sea autoestable (condición de filtro y de dren). Igualmente, los materiales granulares empleados en la formación de estas camas no contendrán más de 0,3% de sulfato, expresado en trióxido de azufre.

En los puntos donde sea factible, deberá darse salida al exterior a la cama granular para la evacuación del posible drenaje.

Las camas granulares se realizarán en dos etapas. En la primera se ejecutará la parte inferior de la cama, con superficie plana, sobre la que se colocan los tubos, acoplados y acuñaos. En una segunda etapa se realizará 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 efectuarán por capas del orden de 7 ó 10 cm compactadas mecánicamente. Los grados de compactación serán tales que la densidad resulte como mínimo el 95% de la máxima del ensayo próctor normal o bien, el 70% de la densidad relativa si se tratara de material granular libremente drenante, de acuerdo con las normas UNE 7255:1979 y NLT 204/72.

Las camas granulares simplemente vertidas no se realizarán en ningún caso. Además, deberá prestarse especial cuidado en las operaciones de compactación para no producir movimientos ni daños en la tubería.

#### V.3.2.2 Camas de hormigón

Las características geométricas y mecánicas de las camas de hormigón a emplear deberán figurar en el proyecto, debiendo en general tener las siguientes características:

- espesor mínimo bajo la generatriz inferior del tubo de unos 10 a 15 cm
- resistencia característica no inferior a 15 kN/m<sup>2</sup>
- tamaño máximo del árido no mayor de la cuarta parte del espesor de la cama bajo el tubo
- ángulo de la cama de apoyo de 90° a 180°

En las zonas de uniones, la cama se interrumpirá en un tramo de unos 80 cm como mínimo y, en su caso, deberá profundizarse la excavación del fondo de la zanja hasta dejar bajo la tubería el espacio suficiente para la ejecución de las uniones.

La cama de hormigón se construirá con los tubos colocados en su posición definitiva, apoyados sobre calzos que impidan movimientos en la tubería y debiendo asegurar el contacto del tubo con el hormigón en toda la superficie de apoyo.

#### V.3.2.3 Criterios de selección de la cama de apoyo

Para la elección del tipo de apoyo se tendrán en cuenta aspectos tales como el tipo de tubo y sus dimensiones, la clase de uniones, la naturaleza del terreno, etc. Como criterio general, los tubos flexibles deberán disponerse sobre camas granulares, no debiendo apoyar ni embutir la tubería en hormigón.

En relación con la naturaleza del terreno del fondo de la zanja se tendrán en cuenta las orientaciones siguientes:

- a) Terrenos de gran resistencia y rocas. Se dispondrán camas, en general, granulares con un espesor mínimo de unos quince a veinte centímetros.
- b) Suelos de tipo granular. En este tipo de suelos, el tubo podrá apoyarse directamente sobre el fondo previamente modelado en forma de cuna, o simplemente perfilado y compactado.
- c) Suelos normales (areno-arcillosos estables). En general, deberán disponerse camas granulares, o camas de hormigón.
- d) Suelos inadecuados (fangos, rellenos, etc.). Deberá profundizarse la excavación sustituyendo el terreno de mala calidad por material de aportación adecuado debidamente compactado (próctor normal >95%) o por una capa de hormigón pobre.

En el primer caso (sustitución del terreno natural por material de aportación adecuado), el espesor de la capa del relleno compactado deberá ser, como mínimo, la mitad del diámetro del tubo y los criterios para la elección de la cama de apoyo a disponer podrán ser los mismos del anterior apartado b.

En el segundo caso (sustitución del terreno natural por una capa de hormigón pobre), el espesor del relleno de hormigón debe ser, como mínimo, de 15 cm y los criterios para la elección de la cama de apoyo a disponer podrán ser los mismos del anterior apartado c.

Cuando el terreno del fondo de la zanja sean materiales deslizantes, arcillas expansivas, terrenos movedizos, etc., habrá de tratarse según figure en el proyecto o indique la dirección de obra para cada caso.

### V.3.3 Colocación de la conducción

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  $\pm 10$  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, tales como coqueras o aristas que puedan afectar a la estanquidad o dañar al anillo. 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.

### V.3.4 Rellenos

Una vez instalada la tubería se efectuará el relleno y compactado de la zanja por capas, distinguiendo dos zonas: la baja y la alta.

En la zona baja, que alcanzará una altura de unos 30 cm por encima de la generatriz superior del tubo, se empleará relleno seleccionado, con un tamaño máximo recomendado de 3 cm, colocándose en capas de pequeño espesor, hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 95% del próctor normal.

En la zona alta se empleará relleno adecuado, con un tamaño máximo recomendado de 15 cm, colocándose en tongadas horizontales, hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 100% del próctor normal.

El material del relleno, tanto para la zona alta como para la baja, podrá ser, en general, procedente de la excavación de la zanja a menos que sea inadecuado.

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.

En la Fig 82 se indican algunas soluciones orientativas para los rellenos en las zanjas en instalaciones diferentes a las convencionales (por ejemplo cruces de arroyos o pasos bajo viales), si bien se podrán admitir otro tipo de soluciones previa aprobación técnica del Canal de Isabel II.

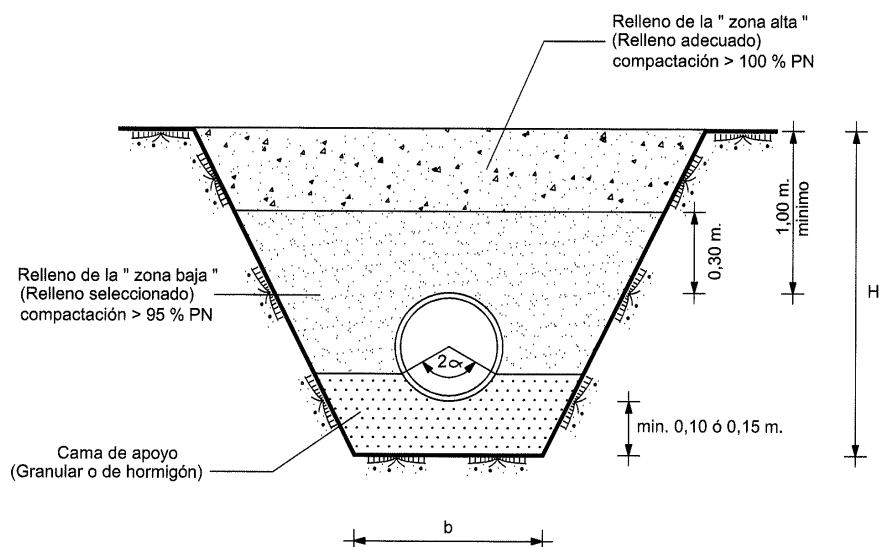


Fig 81. Rellenos en tubos enterrados en instalaciones convencionales

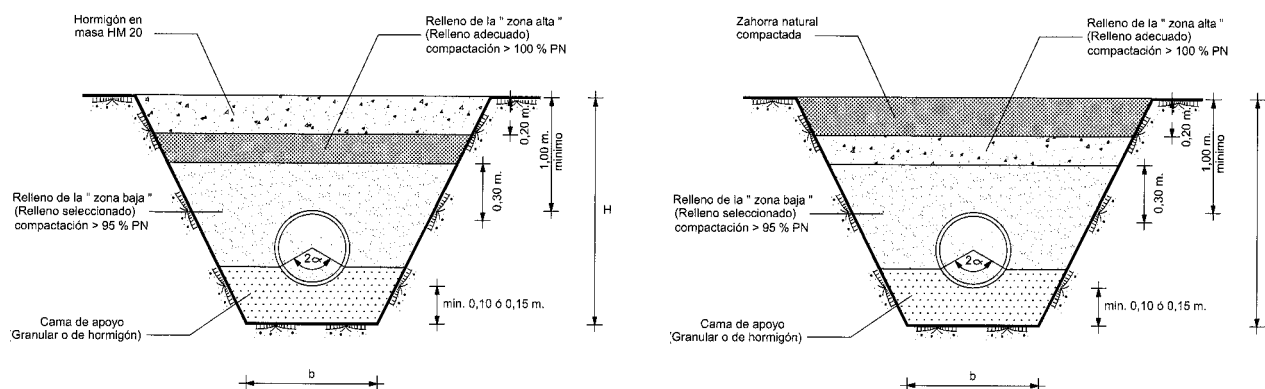


Fig 82. Rellenos en tubos enterrados en cruces de arroyos (izquierda) o pasos bajo viales (derecha)

### V.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 artículo.

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

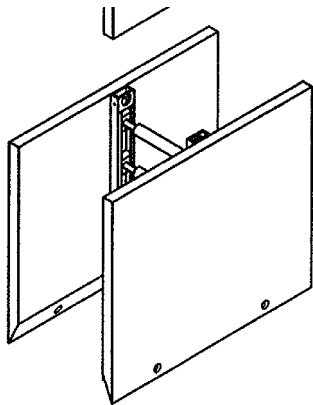
El sistema de entibación empleado será tal que permita su puesta en obra sin necesidad de que el personal entre en la zanja hasta que ésta esté lo suficientemente soportada. En cualquier caso, deberá ser conforme con las normas UNE-EN 13.331-1:2002 y UNE-EN 13.331-2:2002.

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

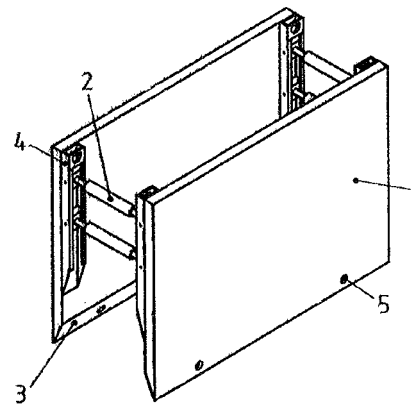
Atendiendo a su estructura, los sistemas de entibación se clasificarán de la siguiente manera (ver figura adjunta):

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

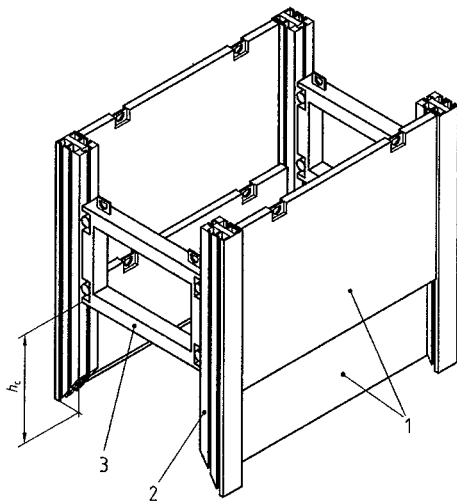
- entibación de corredera (R). Puede ser simple (RS), doble (RD) o triple (RT)
- cajón para arrastre (DB)



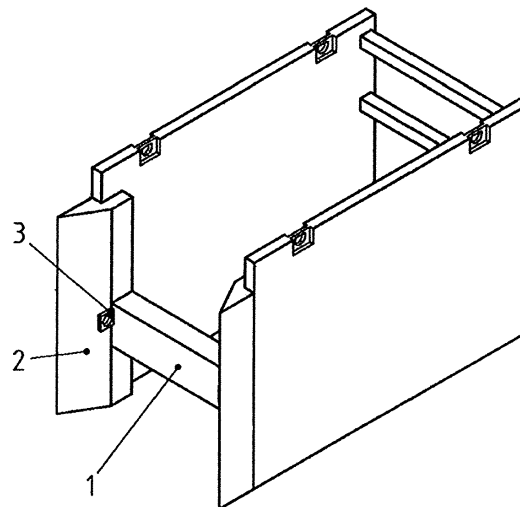
entibación sujeta por el centro (CS)



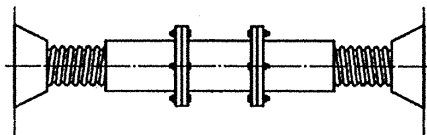
entibación sujeta por los bordes (ES)



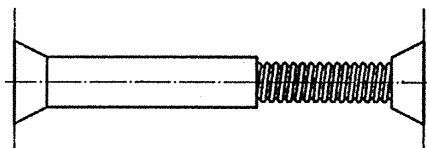
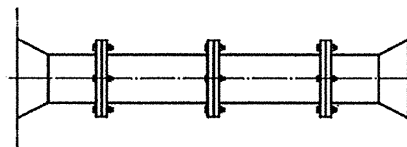
entibación de corredera doble (RD)



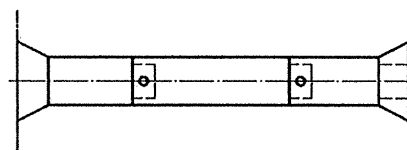
cajón para arrastre (DB)



travesaños con ajuste de longitud regulable (SV)



travesaños no ajustables (SN)



travesaños con ajuste de longitud a intervalos fijos (SI)

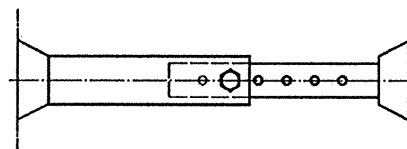


Fig 83. Componentes de los sistemas de entibación (UNE EN 13.331:2002)

A su vez, los travesaños que sujetan los paneles de la entibación podrán ser de algunos de los siguientes tipos:



- con ajuste de longitud regulable (SV)
- con ajuste de longitud a intervalos fijos (SI)
- no ajustables (SN)

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/m<sup>2</sup>.

#### **V.4 Instalación de conducciones sin apertura de zanja**

Alternativamente a las instalaciones convencionales enterradas (ver artículo V.3), las conducciones podrán colocarse mediante tecnologías sin apertura de zanja en los siguientes casos:

- Cruces bajo carretera, ferrocarril y, en general, pasos de difícil ejecución en los que no sea posible la realización de una zanja sin causar grandes afecciones
- Aquellos otros casos en los que, por la profundidad de la zanja o la dificultad de la ejecución, resulte económicamente ventajosa la adopción de estas tecnologías

La instalación de conducciones sin apertura de zanja podrá realizarse por alguna de las siguientes tecnologías, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE-EN 12.889:2000:

- Hinca por percusión (podrán ser con desplazamiento o con evacuación del terreno excedente)
- Hinca por rotación
- Perforación horizontal dirigida
- Hinca por empuje

En cualquier caso, en la fase de proyecto, deberá realizarse un estudio geotécnico que incluya, al menos, un perfil geológico-geotécnico de la traza de la tubería a hincar.

Además previo al comienzo de las obras, el contratista someterá a la aprobación técnica del Canal de Isabel II el procedimiento de instalación, así como los equipos que propone utilizar para la instalación de las tuberías, debiendo presentar los correspondientes cálculos mecánicos referentes a las solicitaciones a las cuales estará sometida la conducción durante la instalación.



## VI Aseguramiento de la calidad

### VI.1 Introducción

El aseguramiento de la calidad comprende el conjunto de actividades que tienen lugar antes, durante y después de la ejecución de una obra, con el objetivo de verificar si ésta reúne las condiciones suficientes como para alcanzar los requisitos establecidos para la misma en el proyecto.

El sistema de aseguramiento de calidad de cualquier empresa, relacionada con la fabricación de los componentes que integran las redes de saneamiento o con la ejecución de las mismas, deberá ser conforme a las normas UNE-EN ISO 9.000: 2000 y UNE-EN ISO 9.001:2000. Cuando la empresa no disponga de certificación de acuerdo a dichas normas, deberá aportar un Registro de Valoración de su sistema de calidad, según modelo facilitado por CYII y conformado por un organismo certificador.

Asimismo, los organismos que actúen como entidades certificadoras o laboratorios de ensayo deberán ser conformes a lo establecido en las normas: UNE-EN 45.011:1998, UNE-EN 45.012:1998 y UNE-EN ISO/IEC 17.025:2000.

El aseguramiento de la calidad se llevará a cabo mediante la realización de ensayos, adecuados al momento en que sea necesario efectuar la conformidad y según lo indicado en las normas vigentes correspondientes para cada componente o para el conjunto del sistema. Con carácter general los ensayos se pueden clasificar de la forma siguiente:

- Ensayo de tipo.

Ensayo realizado para probar que el material, el componente, la junta o la unión son aptos para satisfacer los requisitos dados en la norma correspondiente.

Se denomina *ensayo de tipo inicial* el realizado por, o de parte del fabricante y *ensayo de tipo preliminar* el realizado por, o de parte de un organismo de certificación con el fin de certificación.

- Ensayo de verificación del proceso de fabricación.

Ensayo realizado por el fabricante sobre componentes, juntas o uniones, a intervalos especificados, para confirmar, que el proceso de fabricación es capaz de producir componentes conformes con los requisitos de la norma correspondiente.

- Ensayo de recepción.

Ensayo realizado de forma periódica sobre componentes para comprobar que cumple los requisitos establecidos previamente.

## VI.2 Control de calidad de la fabricación

El fabricante deberá asegurar la calidad de sus productos durante la fabricación mediante un sistema de control de las materias primas y del proceso de fabricación, que garantice el cumplimiento de las prescripciones técnicas de la Norma base utilizada para la producción de los componentes de las redes de saneamiento.

A petición del Canal de Isabel II, el fabricante deberá facilitar la documentación relativa a cada uno de los componentes descritos en los capítulos anteriores, al objeto de conocer las características técnicas, materias primas, proceso de fabricación, control de calidad durante el mismo, certificaciones de producto y recomendaciones de instalación y manipulación de los mismos.

Todos los componentes, con independencia del tipo de material, deberán ser sometidos a una *inspección visual* al finalizar el proceso de fabricación, de forma que se verifique la uniformidad en el color y el aspecto de los mismos, de forma que tanto la superficie exterior como la interior estén libres de irregularidades que puedan afectar negativamente a la hora de cumplir los requisitos previstos.

Con independencia de lo expuesto de forma particular para cada material, el control de calidad de las *uniones* con junta de elastómero o con bridas, deberá realizarse conforme a lo expuesto en las normas UNE-EN 681, en el caso de junta elastomérica, y UNE-EN 1.514, UNE-EN 1.591 y UNE-EN 12.560, para las uniones con bridas.

Con carácter general todos los componentes serán sometidos a una *comprobación de sus características geométricas*, de forma que se verifique que todas sus dimensiones son correctas.

En el Anexo 2 se describen los ensayos tipo, recomendados en las distintas normativas vigentes, para el control de calidad de fabricación de tuberías, piezas especiales y uniones, así como de los materiales constitutivos de los mismos.

El control de calidad de la fabricación de componentes incluidos en los apartados de drenaje urbano, registros, elementos auxiliares y complementarios se efectuará siguiendo lo indicado en las respectivas normas de producto.

Cuando alguna Directiva de la Unión Europea obligue a que determinados componentes a instalar en las redes de alcantarillado vayan identificados con el distintivo “CE” (declaración del fabricante de que el producto cumple con el contenido de una norma europea armonizada), se atenderá a lo dispuesto en ella.

## VI.3 Control de la 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 Canal de Isabel II 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 59 Ensayos recomendados s/m<sup>3</sup> o ml de zanja en camas de apoyo y rellenos.

Ensayo	Nº de ensayos	Aplicable	Método de ensayo
Límites de Atterberg	2		UNE 103.103:1994 UNE 103.104:1993
Granulometría	2	Camas de material granular.	UNE 103.101:1995
Próctor Normal	2	Rellenos	UNE 103.500:1994
Análisis de sulfatos (Tubos de hormigón)	2		UNE 103.201:1996 UNE103.202:1995
Densidad	2/3	Camas de material granular.	UNE 103.503:1995
	6	Rellenos	
Humedad	6	Rellenos	UNE 103.300:1993

*En las **camas de hormigón** el control se efectuará conforme a lo especificado en la vigente 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.

#### VI.4 Pruebas 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 artículo, 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 al menos el 50% de la longitud total de la red instalada, salvo que el respectivo Proyecto especifique otra distinta. La Dirección de Obra determinará los tramos que deben probarse.

### VI.4.1 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 o con agua.

En cualquier caso, la prueba se realizará una vez se hayan colocado los tubos, los pozos y previo al relleno de la zanja, 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 al tubería y el pozo situado aguas arriba del tramo a probar.

#### VI.4.1.1 Prueba con aire (método L)

La prueba con aire podrá hacerse conforme a cuatro metodologías diferentes (LA, LB, LC ó LD), basadas en que a medida que aumenta la presión del ensayo disminuye la duración de la prueba. La Dirección de Obra deberá indicar cual es de aplicación en cada caso.

Los valores de la presión de prueba (STP), la duración del ensayo (t) y el descenso de presión admisible ( $\Delta P$ ) serán los establecidos en la tabla siguiente, según cual sea el material de la conducción, el diámetro nominal y el método de prueba seleccionado.

Tabla 60 Presión de prueba, indicador de presión y tiempo de prueba para ensayos con aire.

Material	Método de prueba	STP (mbar)	$\Delta P$	Duración de la prueba t (min)						
				DN 100	DN 200	DN 300	DN 400	DN 600	DN 800	DN 1.000
Tubería de hormigón seca	LA	10	2,5	5	5	5	7	11	14	18
	LB	50	10	4	4	4	6	8	11	14
	LC	100	15	3	3	3	4	6	8	10
	LD	200	15	1,5	1,5	1,5	2	3	4	5
Tubería de hormigón y de otros materiales, mojada.	LA	10	2,5	5	5	7	10	14	19	24
	LB	50	10	4	4	6	7	11	15	19
	LC	100	15	3	3	4	5	8	11	14
	LD	200	15	1,5	1,5	2	2,5	4	5	7

#### VI.4.1.2 Prueba con agua (método W)

La prueba con agua consistirá en someter al tramo en prueba a una presión de prueba que no deberá ser superior a  $0,50 \text{ kg/cm}^2$  ni inferior a  $0,10 \text{ kg/cm}^2$ .

Transcurridos 60 minutos del llenado de los tubos se inspeccionarán 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 ( $\Delta V$ ) que es necesario inyectar para mantener la presión de prueba ( $\pm 0,001 \text{ MPa}$ ) durante un periodo no inferior a 30 minutos, debiendo ser ésta inferior a los siguientes valores:

- 0,15  $\text{l/m}^2$  para las tuberías
- 0,20  $\text{l/m}^2$  para tuberías incluyendo los pozos de registro
- 0,40  $\text{l/m}^2$  para los pozos de registro

### VI.4.2 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.

Dicha metodología general es de aplicación para las conducciones de cualquiera de los materiales incluidos en estas Normas excepto para las de comportamiento viscoelástico, como las de PE, en cuyo caso el procedimiento de verificación a seguir será el descrito en el anexo A.27 de dicha norma.

En la metodología general, la presión de prueba, STP, se calculará a partir de la presión máxima de diseño, MDP, considerando los siguientes dos casos:

- Golpe de ariete calculado en detalle

$$STP = MDP + 0,1 \quad (\text{MPa})$$

- Golpe de ariete estimado, el menor valor de los valores siguientes:

$$STP = MDP + 0,5 \quad (\text{MPa})$$

$$STP = 1,5 \text{ MDP} \quad (\text{MPa})$$

El procedimiento de prueba se llevará a cabo en dos fases:

- Etapa preliminar
- Etapa principal o de puesta en carga

Las pruebas se efectuarán de forma previa a la ejecución de acometidas y la longitud de los tramos de prueba podrá oscilar entre 500 y 1.000 ó incluso 2.000 metros.

#### VI.4.2.1 Etapa preliminar

La etapa preliminar de la prueba comenzará llenando lentamente de agua el tramo objeto de la misma. Se dejarán abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire, para después ir cerrando cada uno de ellos sucesivamente de aguas abajo a arriba. Una vez llena de agua se debe mantener en esta situación al menos 24 horas.

A continuación, se aumentará 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 MPa por minuto, manteniendo estos límites durante un tiempo, que dependerá del material de la conducción y será establecido por el proyectista considerando las normas del producto aplicables.

Durante este período de tiempo no debe haber pérdidas apreciables de agua, ni movimientos aparentes de la conducción.

#### VI.4.2.2 Etapa principal o de puesta en carga

Una vez superada la etapa preliminar, la presión hidráulica interior se aumentará de forma constante y gradual, mediante bombeo, de forma que el incremento de presión no supere 0,1 MPa por minuto, hasta alcanzar el valor de STP.

Alcanzado el valor de STP, se desconectará el bombeo, no admitiéndose la entrada de agua, al menos, en una hora. Posteriormente, mediante manómetro, se medirá el descenso de presión durante dicho intervalo, debiendo ser inferior a 0,02 MPa.

A continuación, se elevará la presión en la conducción hasta alcanzar de nuevo el valor de STP suministrando para ello cantidades de agua y midiendo el volumen final suministrado, debiendo ser éste inferior al valor dado por la expresión siguiente:

$$\Delta V \leq \Delta V_{\max} = 1,2 \cdot \Delta p \cdot \left[ \frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E} \right] \cdot V = \mu \cdot V$$

$\Delta V$	Volumen final suministrado, en litros
$\Delta V_{\max}$	Pérdida admisible, en litros
$\mu$	Variable en función del diámetro y material de la conducción
V	Volumen del tramo de conducción en prueba, en litros
$\Delta_p$	Caída admisible de presión durante la prueba = 0,02 MPa
E	Módulo de compresibilidad del agua = $2,1 \times 10^3$ MPa
$E_w$	Módulo de elasticidad del material de la conducción, en MPa
ID	Diámetro interior de la conducción, en mm
e	Espesor nominal de la conducción, en mm
1,2	Factor de corrección que, entre otros aspectos, tiene en cuenta el efecto del aire residual existente en la conducción

Tabla 61 Módulo de elasticidad del material de la tubería, en MPa

Material	E (MPa)	
Fundición	$1,70 \times 10^5$	
PE	1.000 (corto plazo)	150 (largo plazo)
PVC-O	3.500	
PRFV	$1,00 \times 10^4 - 3,90 \times 10^4$	

Tabla 62 Valores de  $\mu$  para tubería de fundición dúctil (UNE-EN 598:1996)

DN (mm)	ID (mm)	e (mm)	$\mu$
150	150	2,5	1,990E-05
200	200	3,0	2,084E-05
250	250	3,5	2,151E-05
300	300	4,0	2,202E-05
350	350	4,3	2,292E-05
400	400	4,6	2,370E-05
450	450	4,9	2,439E-05
500	500	5,2	2,500E-05
600	600	5,8	2,603E-05
700	700	7,6	2,443E-05
800	800	8,3	2,504E-05

Tabla 63 Valores de  $\mu$  para tubería de PE 100, SDR 11, S 5, de pared lisa (UNE-EN 13.244:2003)

DN = OD (mm)	ID (mm)	$e_{\min}$ (mm)	$\mu$
140	114,6	12,7	2,280E-04
160	130,8	14,6	2,264E-04
180	147,2	16,4	2,268E-04
200	163,6	18,2	2,272E-04

Tabla 64 Valores de  $\mu$  para tubería de PVC-O 500, PN 16 (pr ISO 16.422:2000)

DN = OD (mm)	ID (mm)	$e_{\min}$ (mm)	$\mu$
140	133,2	3,4	2,801E-04
160	152,2	3,9	2,790E-04
180	171,2	4,4	2,782E-04
200	190,2	4,9	2,776E-04
225	214	5,5	2,782E-04
250	237,8	6,1	2,787E-04
280	266,4	6,8	2,801E-04
315	299,6	7,7	2,782E-04

Cuando, durante la realización de esta etapa principal o de puesta en carga, el descenso de presión y las pérdidas de agua sean superiores a los valores admisibles antes indicados, se deben corregir los defectos observados.

Para las actas de las pruebas se utilizarán formularios similares a los que se incluyen a continuación:



<b>ACTA DE PRUEBAS CON AIRE DE PÉRDIDA DE PRESIÓN EN CONDUCCIONES EN LÁMINA LIBRE</b>									
DEPARTAMENTO:									
DIVISIÓN:					FECHA:				
OBRA: CONTRATISTA: DIRECTOR DE OBRA: PROMOTOR:									
CÓDIGO DE MANÓMETRO UTILIZADO:									
ASISTENTES:									
D.		En representación de:							
D.		En representación de:							
D.		En representación de:							
<b>PRUEBA CON AIRE DE PÉRDIDA DE PRESIÓN</b>									
<b>(Según UNE-EN 1.610:1998. Apartado 13.2)</b>									
A: Presión Máxima de Diseño, MDP, en atmósferas (atm)									
B: Presión de prueba de la red, STP, en atmósferas (atm) según Tabla 60									
C: Caída de presión real medida en tiempo de prueba, en atmósferas, (atm)									
L: Longitud, en metros, (m)									
Ø : Diámetro, en milímetros (mm)									
<b>CRITERIO DE VALIDEZ</b>					$C \leq \Delta P$ (Según tabla siguiente)				
Tramo	Tubería			Prueba		Presión (atm)			Observaciones
	Ø (mm)	Material	L (m)	Tiempo (min)	Método	A	B	C	
FIRMAS									

<b>ACTA DE PRUEBAS CON AGUA DE PÉRDIDA DE VOLUMEN EN CONDUCCIONES EN LÁMINA LIBRE</b>									
DEPARTAMENTO:				FECHA:					
DIVISIÓN:									
OBRA:									
CONTRATISTA:									
DIRECTOR DE OBRA:									
PROMOTOR:									
CÓDIGO DE MANÓMETRO UTILIZADO:									
ASISTENTES:									
D.				En representación de:					
D.				En representación de:					
D.				En representación de:					
<b>PRUEBA CON AGUA DE PÉRDIDA DE VOLUMEN</b>									
<b>(Según UNE-EN 1.610:1998. Apartado 13.3)</b>									
A: Presión Máxima de Diseño, MDP, en atmósferas (atm)									
B: Presión de prueba de la red, STP, en atmósferas (atm).									
Máxima: 0,50 atm									
Mínima: 0,10 atm									
C: Caída de presión real medida en una hora, en atmósferas, (atm)									
L: Longitud, en metros, (m)									
Ø : Diámetro, en milímetros (mm)									
ΔV: Volumen final suministrado, en litros, (l)									
ΔV <sub>máx</sub> : Pérdida admisible, en litros, (l)									
<b>CRITERIO DE VALIDEZ</b>				$\Delta V \leq \Delta V_{\text{máx}}$					
Tramo	Tubería			Presión (atm)			Volumen (l)		Observaciones
	Ø (mm)	Material	L (m)	A	B	C	ΔV	ΔV <sub>máx</sub>	
FIRMAS									

## ACTA DE PRUEBAS DE CAIDA DE PRESIÓN Y PÉRDIDA DE VOLUMEN EN CONDUCCIONES BAJO PRESIÓN CON GOLPE DE ARIETE CALCULADO

DEPARTAMENTO:

DIVISIÓN:

FECHA:

OBRA:

CONTRATISTA:

DIRECTOR DE OBRA:

PROMOTOR:

CÓDIGO DE MANÓMETRO UTILIZADO:

ASISTENTES:

D. En representación de:

D. En representación de:

D. En representación de:

### PRUEBA DE CAIDA DE PRESIÓN Y PÉRDIDA DE VOLUMEN PARA GOLPE DE ARIETE CALCULADO (Según UNE-EN 805:2000. Apartado 11.3)

A: Presión Máxima de Diseño, MDP, con golpe de ariete calculado, en atmósferas (atm)

B: Presión de prueba de la red, STP, con golpe de ariete calculado, en atmósferas (atm).

$$STP = MDP + 1$$

C: Caída de presión real medida en una hora, en atmósferas, (atm)

L: Longitud, en metros, (m)

Ø : Diámetro, en milímetros (mm)

ΔV: Volumen final suministrado, en litros, (l)

ΔV<sub>máx</sub>: Pérdida admisible, en litros, (l)

#### CRITERIOS DE VALIDEZ

$$C \leq 0,2 \text{ atm}$$

$$\Delta V \leq \Delta V_{\text{máx}}$$

Tramo	Tubería			Presión (atm)			Volumen (l)		Observaciones
	Ø (mm)	Material	L (m)	A	B	C	ΔV	ΔV <sub>máx</sub>	

FIRMAS

<b>ACTA DE PRUEBAS DE CAIDA DE PRESIÓN Y PÉRDIDA DE VOLUMEN EN CONDUCCIONES BAJO PRESIÓN CON GOLPE DE ARIETE ESTIMADO</b>									
DEPARTAMENTO:									
DIVISIÓN:				FECHA:					
OBRA:									
CONTRATISTA:									
DIRECTOR DE OBRA:									
PROMOTOR:									
CÓDIGO DE MANÓMETRO UTILIZADO:									
ASISTENTES:									
D.				En representación de:					
D.				En representación de:					
D.				En representación de:					
<b>PRUEBA DE CAIDA DE PRESIÓN Y PÉRDIDA DE VOLUMEN PARA GOLPE DE ARIETE ESTIMADO (Según UNE-EN 805:2000. Apartado 11.3)</b>									
A: Presión Máxima de Diseño, MDP, con golpe de ariete estimado, en atmósferas (atm)									
B: Presión de prueba de la red, STP, con golpe de ariete estimado, en atmósferas (atm).									
El menor de los valores siguientes:									
$STP = MDP \times 1,5$									
$STP = MDP + 5$									
C: Caída de presión real medida en una hora, en atmósferas, (atm)									
L: Longitud, en metros, (m)									
$\emptyset$ : Diámetro, en milímetros (mm)									
$\Delta V$ : Volumen final suministrado, en litros, (l)									
$\Delta V_{\text{máx}}$ : Pérdida admisible, en litros, (l)									
<b>CRITERIOS DE VALIDEZ</b>				$C \leq 0,2 \text{ atm}$ $\Delta V \leq \Delta V_{\text{máx}}$					
Tramo	Tubería			Presión (atm)			Volumen (l)		Observaciones
	$\emptyset$ (mm)	Material	L (m)	A	B	C	$\Delta V$	$\Delta V_{\text{máx}}$	
FIRMAS									

## Normativa citada

### Legislación nacional

EHE	Instrucción de Hormigón Estructural.
RC-03	Instrucción para la recepción de cementos.
Ley 25/1988	Ley de Carreteras
Real Decreto 1.812/1994	Reglamento General de Carreteras
Ley 16/1987	Ley de Ordenación de los Transportes terrestres
Máximas lluvias diarias en la España peninsular (Ministerio de Fomento, 1999)	
IET-80	Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado.
Orden de 9/12/1975	Normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua.
RD 1664/1998	Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo
RL-88	Pliego General de Condiciones para la Recepción de los Ladrillos Cerámicos en las Obras de Construcción
Normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua, 1975.	
NBE-EA-95	Estructuras de acero en edificación
APQ ITC 006	Almacenamiento de líquidos corrosivos (Real Decreto 379/2001)

### Legislación autonómica

Ley 10/1993	Vertidos líquidos industriales al sistema integral de saneamiento en la Comunidad de Madrid.
Ley 17/1984	Ley reguladora del abastecimiento y saneamiento de agua en la Comunidad de Madrid
Decreto 170/1998	Decreto sobre gestión de las infraestructuras de saneamiento de aguas residuales de la Comunidad de Madrid.
Decreto 57/2005	Decreto por el que se revisan los Anexos de la Ley 10/1993, de 26 de octubre, sobre Vertidos Líquidos Industriales al Sistema Integral de Saneamiento

## Normas UNE

- 53.314:1979 Plásticos. Tubos, juntas y piezas fabricadas con resinas termoestables reforzadas con fibra de vidrio. Terminología.
- 53.323:2001 EX 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).
- 53.331:1997 IN 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.

## Normas UNE-EN

- 124:1995 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 (1999)
  - Parte 2: Control de calidad y muestreo (2000)
  - Parte 3: Métodos de ensayo (1993, 1999)
  - Parte 4: Requisitos para accesorios especiales, adaptadores y accesorios compatibles (1995, 1998)
  - Parte 5: Requisitos para tuberías de gres perforadas y sus accesorios (1995, 1999)
  - Parte 6: Requisitos para pozos de registro de gres (1996)
  - Parte 7: Especificaciones de tuberías de gres y juntas para hinca (1996)
- 476:1998 Requisitos generales para componentes empleados en tuberías de evacuación, sumideros y alcantarillados para sistemas de gravedad.
- 545:2002 Tubos, racores y accesorios de fundición dúctil y sus uniones para canalizaciones de agua. Requisitos y métodos de ensayo.
- 598:1996 Tubos, accesorios y piezas especiales de fundición dúctil y sus uniones para el saneamiento. prescripciones y métodos de ensayo.
- 681 Juntas elastoméricas. Requisitos de los materiales para juntas de estanquidad de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y en drenaje.
- Parte 1: Caucho vulcanizado (1996, 1999, 2002)
  - Parte 2: Elastómeros termoplásticos (2001, 2002)
  - Parte 3: Materiales celulares de caucho vulcanizado (2001, 2002)
  - Parte 4: Elementos de estanquidad de poliuretano moldeado (2001, 2002)
- 736:1996 Válvulas. Terminología.
- Parte 1: Definición de los tipos de válvulas (1996)
  - Parte 2: Definición de los componentes de las válvulas (1998)
  - Parte 3: Definición de términos (1999, 2002)

- 805:2000 Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.
- 1.074 Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados.
- Parte 1: Requisitos generales (2001)
  - Parte 2: Válvulas de seccionamiento (2001)
  - Parte 3: Válvulas antirretorno (2001)
  - Parte 4: Purgadoras y ventosas (2001)
  - Parte 5: Válvulas de control (2001)
- 1.092 Bridas y sus uniones. bridas circulares para tuberías, grifería, accesorios y piezas especiales, designación PN.
- Parte 1: Bridas de acero (2002, 2003)
  - Parte 2: Bridas de fundición (1998)
  - Parte 4: Bridas de aleaciones de aluminio (2002)
- 1.097 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos.
- Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación (1999)
  - Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua (2001)
- 1.115 Sistemas de canalización enterrados de materiales plásticos, para evacuación y saneamiento con presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resina de poliéster insaturada (UP).
- Parte 1: Generalidades (1998)
  - Parte 3: Accesorios (1997)
  - Parte 5: Aptitud de las juntas para su utilización (1997)
- 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 (1998, 1999)
  - Parte 2: Guía para la evaluación de la conformidad (2001, ENV)
  - Parte 3: Práctica recomendada para la instalación (2002, ENV)
- 1.503 Válvulas. Materiales para los cuerpos, caperuzas y cubiertas.
- Parte 1: Aceros especificados en las normas europeas (2001)
  - Parte 2: Aceros distintos de los especificados en las normas europeas (2001)
  - Parte 3: Fundiciones especificadas en las normas europeas (2001)
  - Parte 4: Aleaciones de cobre especificadas en las normas europeas (2003)
- 1.514:1997 Bridas y sus complementos. Medidas de las juntas para bridas designadas por la PN.

- Parte 1: Juntas planas no metálicas con o sin insertos  
Parte 2: Juntas espirales para su utilización con bridas de acero  
Parte 3: Juntas no metálicas con envolvente de PTFE  
Parte 4: Juntas metálicas onduladas, planas o estriadas y juntas metaloplásticas para bridas de acero
- 1.515                      Bridas y sus uniones. Tornillería.
- Parte 1: Selección de la tornillería (2000)  
                                    Parte 2: Clasificación de materiales para bulones utilizados en bridas de acero, designación PN (2002)
- 1.591                      Bridas y sus uniones. Reglas de diseño de las uniones de bridas circulares con junta de estanquidad.
- Parte 1: Método de calculo (2002)
- 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 (1998)  
                                    Parte 5: Aptitud de las juntas para su utilización (1998)  
                                    Parte 6: Prácticas de instalación (1998)
- 1.916:2003                Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero.
- 1.982:1999                Cobre y aleaciones de cobre. Lingotes y piezas moldeadas.
- 10.025:1994              Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro.
- 10.088                    Aceros inoxidables
- Parte 1: Relación de aceros inoxidables (1996)  
                                    Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de planchas y bandas para uso general (1996)  
                                    Parte 3: Condiciones técnicas de suministro para semiproductos, barras, alambrón y perfiles para aplicaciones en general (1996)
- 12.165:1999              Cobre y aleaciones de cobre. Productos y semiproductos para forja.
- 12.560:2001              Bridas y sus juntas. juntas para las bridas designadas por clase.
- Parte 1: Juntas planas no metálicas con y sin insertos  
                                    Parte 2: Juntas en espiral para bridas de acero  
                                    Parte 3: Juntas no metálicas con envoltentes PTFE  
                                    Parte 4: Juntas metálicas corrugadas, planas o estriadas y juntas metaloplásticas para bridas de acero  
                                    Parte 5: Juntas anulares metálicas para bridas de acero
- 13.101:2003              Pates para pozos de registro enterrados. Requisitos, marcado, ensayos y evaluación de conformidad.



13.244:2003	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
13.598-1:2004	Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamientos 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.
45.011:1998	Requisitos generales para entidades que realizan la certificación de producto.
45.012:1998	Requisitos generales para entidades que realizan la certificación de producto.
ISO 9.000: 2000	Sistemas de gestión de calidad. Fundamentos y vocabulario.
ISO 9.001:2000	Sistemas de gestión de calidad. Requisitos.
ISO/IEC 17.025:2000	Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración

### **Proyectos de normas europeas prEN**

1.115	Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento subterráneos a presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resinas de poliéster insaturado (UP).  Parte 7: Evaluación de la conformidad (1996)
1.591:2002	Bridas y sus uniones. Reglas de diseño de las uniones de bridas circulares con junta de estanquidad.  Parte 2: Parámetros de la junta de estanquidad
1.636	Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) con base de resina de poliéster (UP).  Parte 1: Generalidades (1995) Parte 2: Tubería con junta flexible, de articulación reducida, o rígida (1995) Parte 4: Equipo auxiliar.(1995)
13.476	Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE).  Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system (2002)

Part 2: Guidance for the assessment of conformity

Part 3: Guidance for installation

13.598-2:2003      Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamientos y evacuación enterrados sin presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE).

Parte 2: Specifications for manholes and inspection chambers in traffic areas and deep underground installations.

14.396:2002      Escaleras fijas para pozos de registro

14.636-1:2003      Plastics piping systems for non-pressure drainage and sewerage. Polyester resin concrete (PRC).

Part 1: Pipes and fittings with flexible joints

### **Normas ISO**

2.531:1998      Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water or gas applications.

161-1:1996      Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids. Nominal outside diameters and nominal pressures. Part 1: Metric series.

4.200:1992      Plain end steel tubes, welded and seamless; general tables of dimensions and masses per unit length.

10.544:1992      Acero trefilado para hormigón transformado en frío para armaduras y fabricación de parrillas soldadas

10.803:1999      Design method for ductile iron pipes.

### **Proyectos de normas ISO prISO**

16.422:2000      Pipes and joints made of oriented unplasticized poly(vinil chloride) (PVC-O) for water transport. Specifications.

### **Otras normas**

Normas de abastecimiento de agua del Canal de Isabel II.

Pliego de Condiciones Técnicas Generales del Ayuntamiento de Madrid, 1999.

Normalización de elementos constructivos para obras de urbanización del Ayuntamiento de Madrid, 2002.

F-70:2001      Ouvrages d'assainissement. Fascículo nº 70.

WIS 4-31-08:2001      Especificaciones de tubos de policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O) empleados en conducciones subterráneas a presión.

AWWA M45:1996      Fiberglass Pipe Design.

AWWA C 909-98      Molecularly oriented polyvinyl chloride (PVC-O) pressure pipe, 4 in through 12 in (100 mm through 300 mm), for water distribution.

ASTM C1.433-02      Standard specification for precast reinforced concrete box sections for culverts, storm drains, and sewers

---

ASTM F 1.483-98	Standard specification for oriented poly(vinyl chloride), PVC-O, pressure pipe.
ASTM F 1.759-97	Standard practice for design of high density polyethylene (HDPE) manholes for surface applications.
ASTM D 6.783-02	Standard specification for Polymer Concrete Pipe.
DIN 1.072:1985	Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen
DIN 19.565-5:1990	Fertigschächte aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen.
DIN 19.580	Canales de drenaje para aguas pluviales para su colocación en superficies de circulación.
DIN 54.815-1	Pipes made of filled polyester resin moulding materials. Dimensions, material and marking.
BSI 8.005-1:1987	Guide to new sewerage construction.
ATV A 127:2000	Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen
ATV A 128:1992	Standards for the dimensioning and design of stormwater structures in combined sewers



## Abreviaturas y acrónimos

ASTM	American Society for Testing and Materials
ATV	Asociación Técnica para el Saneamiento de Alemania ( <i>Abwasser Technische Verein</i> )
AWWA	American Water Works Association
BSI	British Standard Institution
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
CH	Confederación Hidrográfica
CYII	Canal de Isabel II
DIN	Deutsches Insitutu für Normung
DN	Diámetro nominal
DP	Presión de diseño ( <i>Design Pressure</i> )
EHE	Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Estructural
EN	Norma Europea
HB	Dureza Brinell ( <i>Hardness Brinell</i> )
HN	Altura nominal
ID	Diámetro interior ( <i>Internal Diameter</i> )
IET-80	Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para Tubos de Hormigón Armado o Pretensado. 1980
ISO	International Organization for Standardization
LCL	Límite inferior de confianza ( <i>Lower Confidence Limit</i> )
MDP	Presión máxima de diseño ( <i>Maximum Design Pressure</i> )
MKS	Sistema Metro Kilopondio Segundo
MOPU	Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo
MRS	Tensión mínima requerida ( <i>Minimum Requiered Strenght</i> )
NBE-EA	Estructuras de acero en edificación
OD	Diámetro exterior ( <i>Outside Diameter</i> )
OP	Presión de funcionamiento ( <i>Operating Pressure</i> )
PE	Polietileno
PEA	Presión de prueba en obra admisible ( <i>Presion d'Epreuve Admisible</i> )
PFA	Presión de funcionamiento admisible ( <i>Presion de Fonctionnement Admisible</i> )
PMA	Presión máxima admisible ( <i>Presion Maximale Admisible</i> )

PN	Presión Nominal
PP	Polipropileno
PRC-OC	Conducción de hormigón polímero en zanja abierta, circular
PRC-OK	Conducción de hormigón polímero en zanja abierta, cometa
PRC-TC	Conducción de hormigón polímero mediante hinca, circular
PRC-TK	Conducción de hormigón polímero mediante hinca, cometa
prEN	Proyecto de Norma Europea
PRFV	Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio
PrISO	Proyecto de Norma ISO
PVC-O	Poli(cloruro de Vinilo) Orientado Molecularmente
PVC-U	Poli (cloruro de Vinilo) no Plastificado
QEA	Caudal de entrada en aliviadero
QEL	Caudal de entrada al laminador
QMA	Caudal máximo de diseño del elemento regulador
QSA	Caudal de salida del aliviadero
QSL	Caudal de salida del laminador
RC	Instrucción para la Recepción de Cementos
RD	Real Decreto
RL	Pliego General de Condiciones para la Recepción de Ladrillos
SAN	Saneamiento
SDR	Relación de dimensiones estándar ( <i>Standard Dimension Ratio</i> )
SI	Sistema Internacional de unidades de medida
SN	Rigidez nominal ( <i>Nominal Stiffness</i> )
STP	Presión de prueba de la red ( <i>System Test Pressure</i> )
UNE	Una Norma Española
UNE-EN	Norma UNE, transposición de norma EN
VGI	Verdadero Grado de Impacto
WH	Anchura nominal
WIS	Water Industry Specification

## Simbología

a	Distancia desde los extremos de una conducción a la 1ª espira de la armadura transversal
$a_0$	Área de orificio
ac	nº de horas al día de trabajo en el comercio
ai	nº de horas al día de trabajo en la industria
b	Ancho de la zanja en el plano de la clave de una tubería enterrada
bc	nº de días al año de trabajo en el comercio
bi	nº de días al año de trabajo en la industria
$d_i$	Recubrimiento interior de las armaduras
$d_e$	Recubrimiento exterior de las armaduras
$d_{ih}$	Diámetro interior de la superficie de empuje (tubos de hinca)
$d_{eh}$	Diámetro exterior de la superficie de empuje (tubos de hinca)
e	Espesor nominal de la pared de un tubo
$e_h$	Factor de excentricidad
$e_s$	Desviación del extremo macho
$e_m$	Desviación del extremo hembra
$e_1$	Espesor mínimo en riñones en ovoides
$e_2$	Espesor mínimo en clave en ovoides
$f_{ck}$	Resistencia característica del hormigón a compresión
$f_{cd}$	Resistencia a compresión de proyecto del hormigón
g	Aceleración de la gravedad
h	Cota hidráulica
$h_l$	nº de horas al día de demanda de agua
i	Intensidad de lluvia crítica
$k_0$	Coefficiente de descarga de un orificio
$l_1$ y $l_2$	Longitud de dos generatrices diametralmente opuestas
n	Coefficiente de rugosidad de Manning
$n_d$	nº de barras diagonales
$n_l$	nº de barras longitudinales
$n_t$	nº de barras transversales

p	% huecos respecto de $A_g$
$q_r$	Carga de rotura
r	Radio de curvatura de un codo
$r_1$	Resguardo de un laminador
$r_m$	Radio medio teórico de una tubería
$r_1$ y $r_2$	Diagonales correspondientes a dos generatrices diametralmente opuestas
s	Separación máxima de la armadura transversal
$s_0$	Volumen de almacenamiento de un depósito en estado inicial
t	Tiempo
$t_c$	Tiempo de recorrido en cauces naturales
$t_p$	Tiempo de ocurrencia del caudal pico de entrada
$t_r$	Tiempo de recorrido en conducciones
v	Velocidad
y	Calado de agua antes de una reja
z	Amplitud diametral de compresión en la zona de unión (tubos de hinca)
A	Área de cuenca
$A_c$	Área de la superficie de empuje sometida a compresión (tubos de hinca)
$A_g$	Área que engloba todos los huecos
$A_{\text{huecos}}$	Área de los huecos
$A_m$	Área mojada
$A_{\text{min}}$	Parámetro de las uniones de materiales termoplásticos de pared estructurada
$A_{\text{min},r}$	Alargamiento mínimo en la rotura
$A_r$	Anchura de reja
B	Longitud de la conducción en derivación
C	Coefficiente de seguridad
$C_a$	Coefficiente de vertido de un aliviadero
$C_d$	Coefficiente de dilución
$C_e$	Coefficiente medio de escorrentía
$C_i$	Coefficiente de impacto ante las acciones del tráfico
$C_r$	Coefficiente de retorno
$C_v$	Coefficiente de variación
$C_z$	Coefficiente reductor de las cargas verticales actuantes en una tubería enterrada
$C_0$	Cohesión del terreno
D	Diámetro
$D_c$	Diámetro exterior del extremo hembra
$D_d$	Dotación de aguas residuales domésticas
$D_i$	Dotación de aguas residuales industriales
$D_m$	Diámetro medio teórico
$D_{\text{max}}$	Diámetro exterior mayor de la sección de la conducción



$D_{\min}$	Diámetro exterior menor de la sección de la conducción
$E$	Módulo de elasticidad a flexión circunferencial
$E'$	Módulo de reacción del relleno de una zanja
$E_s$	Módulo de elasticidad del suelo natural
$E_0$	Módulo de elasticidad a corto plazo
$E_{50}$	Módulo de elasticidad a largo plazo
$E_f$	Eficiencia de captación de la reja
$EI$	Factor de rigidez transversal
$F_{\text{ap}}$	Factor de apoyo
$F_c$	Factor de corrección por la temperatura en los materiales termoplásticos
$F_0$	Empuje máximo admisible (tubos de hinca)
$H$	Altura de enterramiento de una tubería instalada en zanja
$H_v$	Altura de la lámina de vertido
$H_0$	Parámetro en instalaciones en terraplén o en zanja terraplenada
$I$	Momento de inercia de la pared de la tubería
$I_d$	Intensidad media diaria de precipitación
$I_f$	Factor de impacto de las cargas puntuales ( <i>Impact Factor</i> )
$I_t$	Intensidad media de precipitación
$I_x$	Pendiente transversal de la calle
$J$	Pérdida de carga (en m/m)
$J_e$	Pendiente media de un cauce (en m/m)
$K$	Coefficiente de uniformidad de escorrentía
$K_a$	Factor de apoyo de una tubería
$K_v$	Coefficiente de caudal
$L$	Longitud
$L_{e, \min}$	Límite elástico mínimo
$P$	Valor medio de las precipitaciones máximas
$P_d$	Precipitación total diaria
$P_h$	Población cuyas aguas residuales verterán al aliviadero en el año horizonte
$P_m$	Perímetro mojado
$P_{rd}$	Carga vertical por rueda
$P_0$	Umbral de escorrentía
$P_{0,d}$	Presión de diseño inicial mínima
$Q_{\text{aliv}}$	Caudal aliviado
$Q_{\text{calle}}$	Caudal circulante por la calle
$Q_m$	Caudal medio
$Q_{\text{max}}$	Caudal máximo de diseño
$Q_{\text{min}}$	Caudal mínimo de diseño
$Q_p$	Caudal punta de aguas residuales

QD	Caudal de aguas residuales domésticas
QD <sub>m</sub>	Caudal de aguas residuales domésticas medio
QD <sub>min</sub>	Caudal de aguas residuales domésticas mínimo
QF	Caudal de infiltración en la red de saneamiento
QI	Caudal de aguas residuales industriales
QI <sub>m</sub>	Caudal de aguas residuales industriales medio
QI <sub>min</sub>	Caudal de aguas residuales industriales mínimo
QP	Caudal de aguas pluviales
R <sub>H</sub>	Radio hidráulico de la conducción
R <sub>m</sub>	Resistencia mínima a la tracción
S	Serie (tubos de materiales termoplásticos)
S <sub>c</sub>	Rigidez circunferencial específica
S <sub>I</sub>	Superficie ocupada por industrias o servicios
S <sub>l</sub>	Superficie en planta de laminador
S <sub>p</sub>	Superficie de parcela
S <sub>s</sub>	Factor combinado de soporte del suelo
S <sub>v</sub>	Superficie de vivienda
S <sub>0</sub>	Rigidez a flexión transversal por unidad de longitud a corto plazo
S <sub>50</sub>	Rigidez a flexión transversal por unidad de longitud a largo plazo
T	Período de retorno
T <sub>c</sub>	Tiempo de concentración
V	nº de viviendas
V <sub>l</sub>	Volumen laminador
W <sub>e</sub>	Cargas verticales en una tubería enterrada debidas al peso de las tierras
W <sub>t</sub>	Cargas verticales en una tubería enterrada debidas al tráfico
X	Parámetro que depende de P <sub>h</sub>
Y <sub>T</sub>	Cuantil regional
%Lam	Porcentaje de laminación
α	Ángulo normalizado de un codo
α <sub>n</sub>	Ángulo nominal de una derivación
β	Coefficiente de carga de tráfico
ε <sub>b</sub>	Alargamiento unitario debido a la acción de las cargas externas (en los tubos de PRFV)
λ	Coefficiente de Rankine
δ	Deformación vertical de una tubería (en %)
γ	Densidad
σ <sub>r,0</sub>	Resistencia a la tracción circunferencial de la parte estructural de un tubo de PRFV a corto plazo
σ <sub>r,50</sub>	Resistencia a la tracción circunferencial de la parte estructural de un tubo de PRFV a los 50 años

$\sigma_s$	Tensión de diseño
$\sigma_1^*$	Resistencia inicial específica en tracción longitudinal
$\mu$	Coefficiente de rozamiento del relleno
$\mu'$	Coefficiente de rozamiento del relleno contra los paramentos de la zanja
$\varphi$	Ángulo de rozamiento interno del relleno
$\varphi'$	Ángulo de rozamiento interno del relleno contra los paramentos de la zanja
$\Delta H_c$	Pérdida de carga continua



# **Anexos**

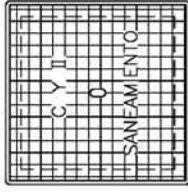
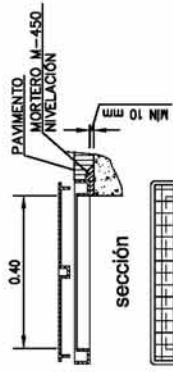


## **Anexo 1 Planos**

1. Arquetas de arranque
  - 1-1. Arquetas construidas in situ
  - 1-2. Arquetas especiales
  
2. Pozos de registro
  - 2-1. Pozos prefabricados circulares de hormigón
  - 2-2. Pozos chimenea
  - 2-3. Cámaras de marcos prefabricados
  - 2-4. Pozos construidos in situ tipo 1 y tipo 2
  - 2-5. Pozos construidos in situ tipo 3 y tipo 4
  - 2-6. Pozos construidos in situ tipo 5
  - 2-7. Pozos construidos in situ tipo 6
  
3. Dispositivos de cierre
  - 3-1. Tapas de fundición y cobijas de hormigón
  - 3-2. Tapas mixtas
  
4. Acometida particular a alcantarilla visitable a profundidad > 4,5 m

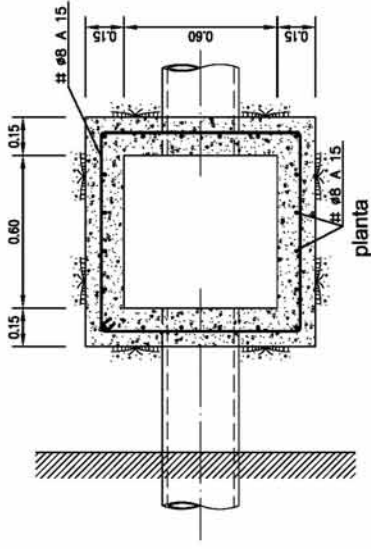




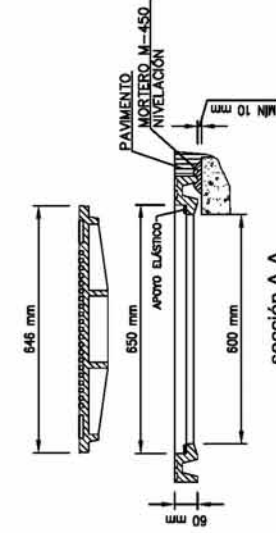


planta

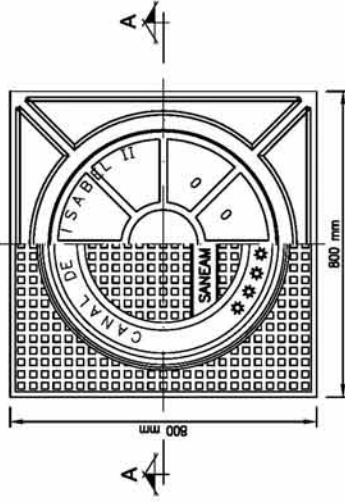
TAPA Y MARCO CUADRADOS



planta

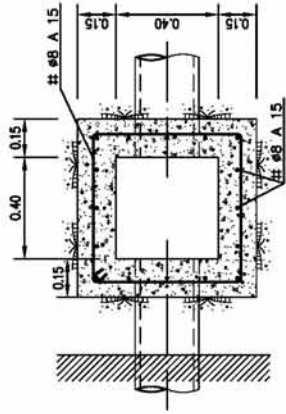


sección A-A

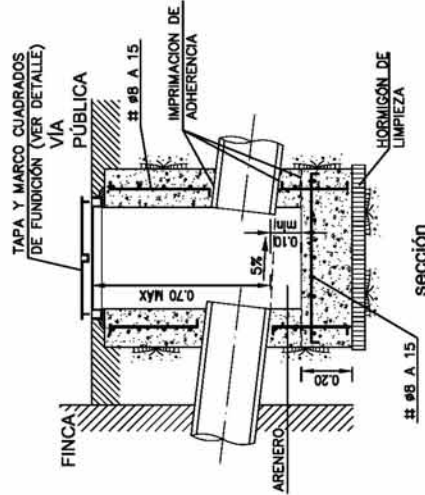


planta

TAPA CIRCULAR Y MARCO CUADRADO

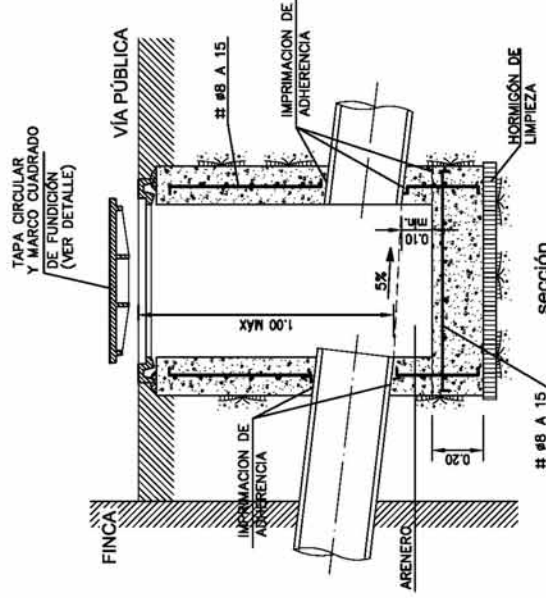


planta



sección

ARQUETA DE ARRANQUE PARA DN = 250 mm



sección

ARQUETA DE ARRANQUE PARA DN > 250 mm



NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSIÓN 2006)  
ANEXO 1: PLANOS

TÍTULO DEL PLANO: ARQUETAS DE ARRANQUE  
ARQUETAS ESPECIALES

FEDSA: ESCALAS: 0 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 1:20 Nº DEL PLANO

1.1

PARÁMETROS DE LOS MATERIALES

ELEMENTO	MATERIALES				EJECUCIÓN	
	HORMIGÓN	ACERO	TIPO	CONTROL	CONTROL	EF
TOCOS	MA-25/81/20/20	NORMAL	1,50 B 800 S	NORMAL	1,15	NORMAL
						1,40

- EL RECUBRIMIENTO MÍNIMO DE ARMADURAS SERÁ DE 4 cm.

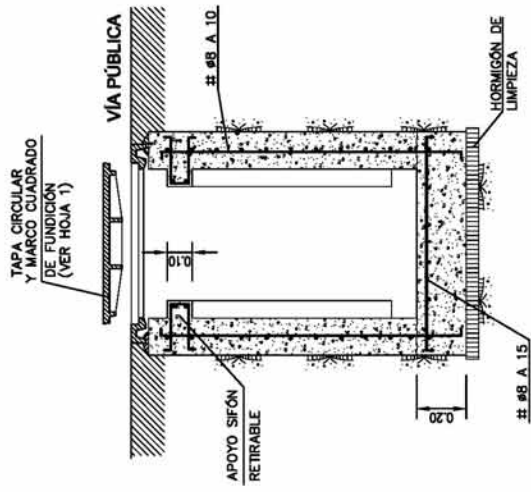
- ADITIVO: PLASTIFICANTE EN POLVO

NOTAS:

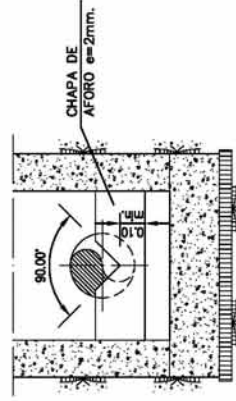
- SI UNA VEZ DESENCOFRADO EXISTIERAN HUECOS O COQUELAS, EN EL HORMIGÓN O EN LA UNIÓN CON LOS TUBOS, SE RELLENARÁN CON MORTERO CON ADICIÓN DE IMPERMEABILIZANTE.

- LAS JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PAREDES DE LOS TUBOS EN CONTACTO CON EL HORMIGÓN SE IMPRIMIRÁN CON UNA LECHADA DE ADHERENCIA CON RESINAS INMEDIATAMENTE ANTES DEL HORMIGONADO.

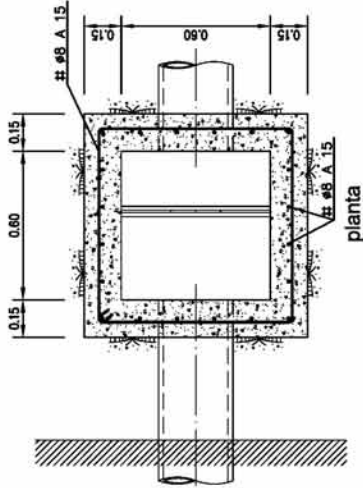




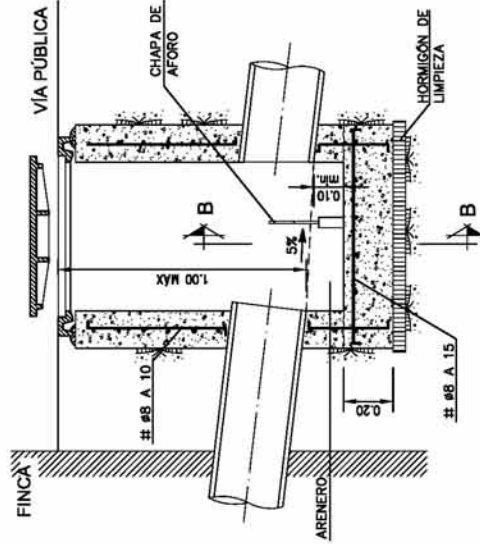
SECCIÓN C-C



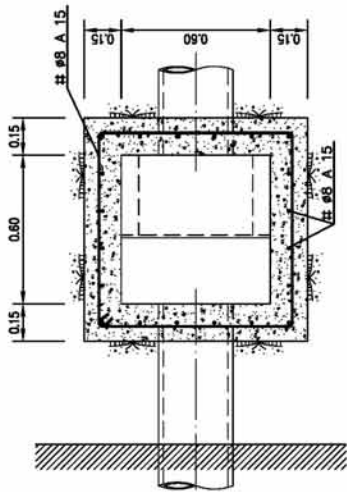
SECCIÓN B-B



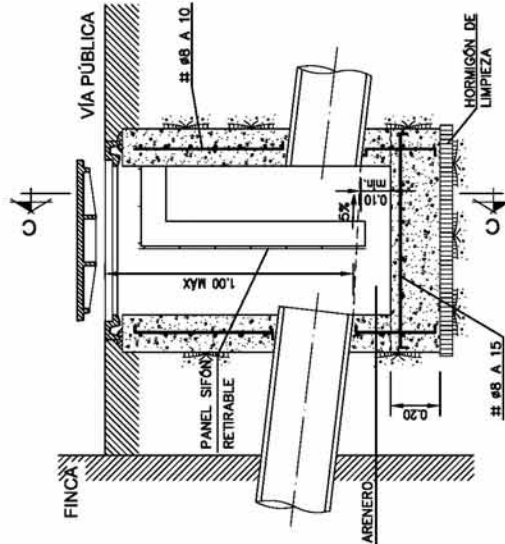
planta



sección  
ARQUETA DE ARRANQUE CON  
AFORADOR



planta



sección

ARQUETA DE ARRANQUE  
SIFÓNICA PARA DN > 250 mm



NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSIÓN 2006)  
ANEXO 1: PLANOS

TÍTULO DEL PLANO:

ARQUETAS DE ARRANQUE  
ARQUETAS ESPECIALES

FECHA:

ESCALAS: 1:50 1:20 1:10 1:5 1:2 1:1

Nº DEL PLANO

1.2

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

ELEMENTO	MATERIALES				EJECUCIÓN	
	HORMIGÓN	ACERO	TIPO	CONTROL	6.4	6.1
TODOS	H-25/B/70/C4	NORMAL	B 500 S	NORMAL	1,15	1,40

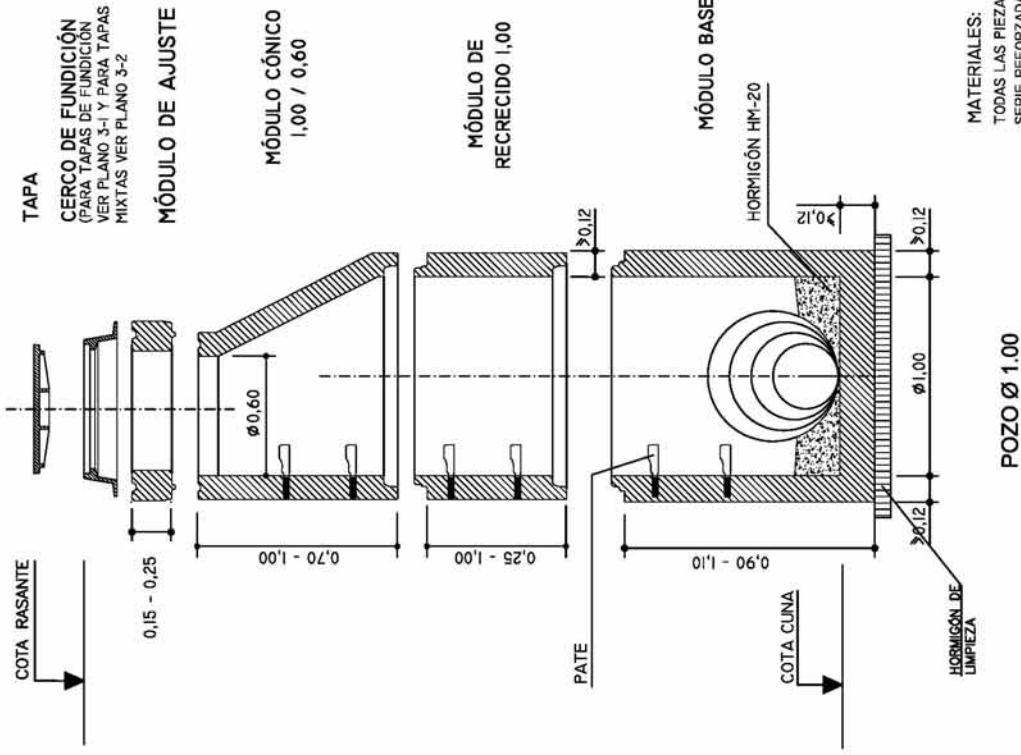
- EL RECUBRIMIENTO MÍNIMO DE ARMADURAS SERÁ DE 4 cm.

- ADITIVOS PLASTIFICANTE EN POLVO

NOTAS:

- SI UNA VEZ DESENCOFRADO EXISTIERAN HUECOS O COQUERAS, EN EL HORMIGÓN O EN LA UNIÓN CON LOS TUBOS, SE RELLENARÁN CON MORTERO CON ADICIÓN DE IMPERMEABILIZANTE.
- LAS JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PAREDES DE LOS TUBOS EN CONTACTO CON EL HORMIGÓN SE IMPRIMIRÁN CON UNA LECHADA DE ADHERENCIA CON RESINAS INMEDIATAMENTE ANTES DEL HORMIGONADO.





**POZO Ø 1.00**

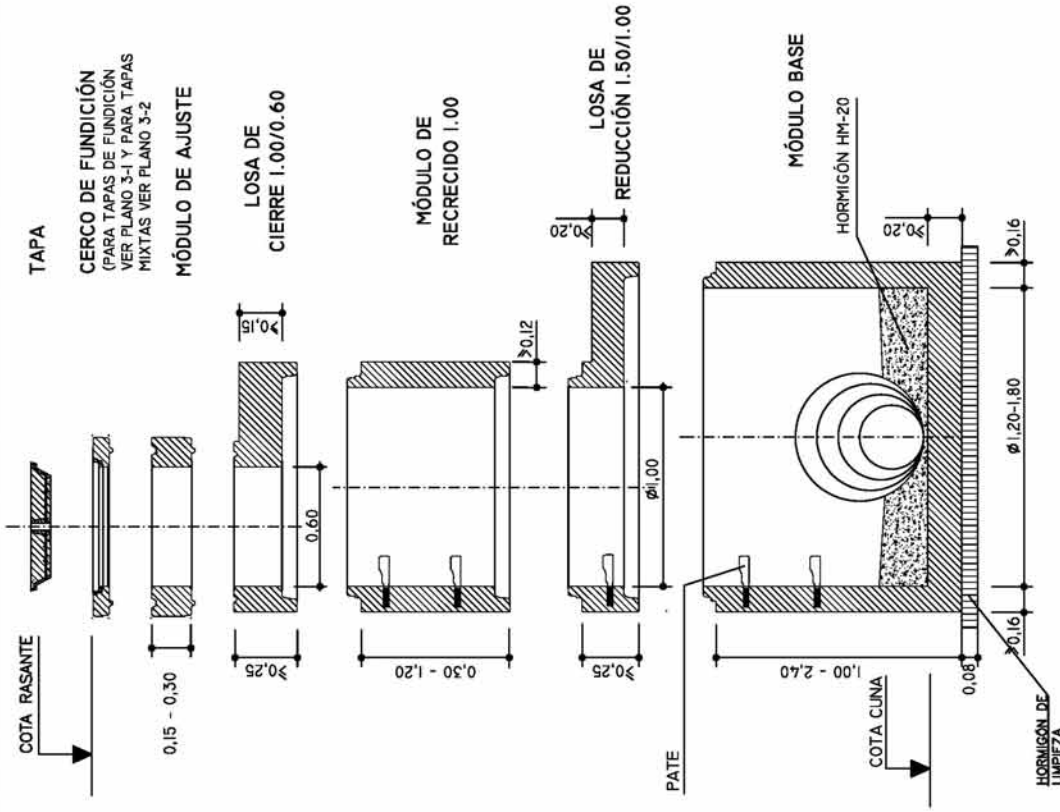
**MATERIALES:**  
 TODAS LAS PIEZAS SERÁN ARMADAS.  
 SERIE REFORZADA SEGÚN UNE 127011

**CARGAS DE FISURACIÓN Y ROTURA**  
 KN/M

DN POZO	CLASE 30 SERIE NORMAL		CLASE 80 SERIE REFORZADA	
	FISURAC. ROTURA	FISURAC. ROTURA	FISURAC. ROTURA	FISURAC. ROTURA
1.000	20	30	40	60
1.200	24	36	36	72
1.500	30	45	60	90
1.800	36	54	72	108

**POZOS DE REGISTRO PREFABRICADOS**  
 DIMENSIONES

DN POZO	ALTIMETRA (MM)			
	MÓDULOS DE BASE (n4)	MÓDULOS DE RECRECIDO (n3)	MÓDULOS CÓNICOS (n2)	MÓDULOS DE AJUSTE (n1)
	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.
1.000	1.100	800	1.000	250
1.200	1.400	1.000	1.200	250
1.500	2.000	1.200	1.500	300
1.800	2.400	1.200	1.800	300



**POZO Ø 1.20-1.80**

**NOTA:**  
 1ª.- LAS PIEZAS IRÁN RECIBIDAS Y SUS JUNTAS SELLADAS DE ACUERDO CON UNE 127011.  
 2ª.- EN CALZADAS Y ACERAS SE DISPONDRÁN CERCO Y TAPA DE FUNDICIÓN DUCTIL.

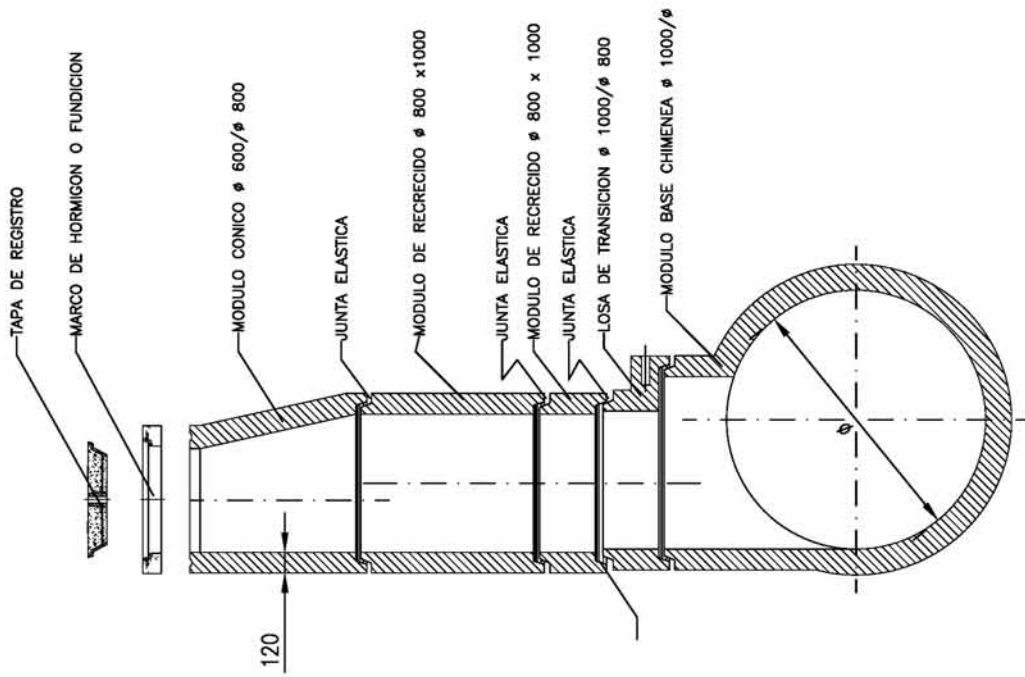


**NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSIÓN 2006)**  
 ANEXO 1: PLANOS

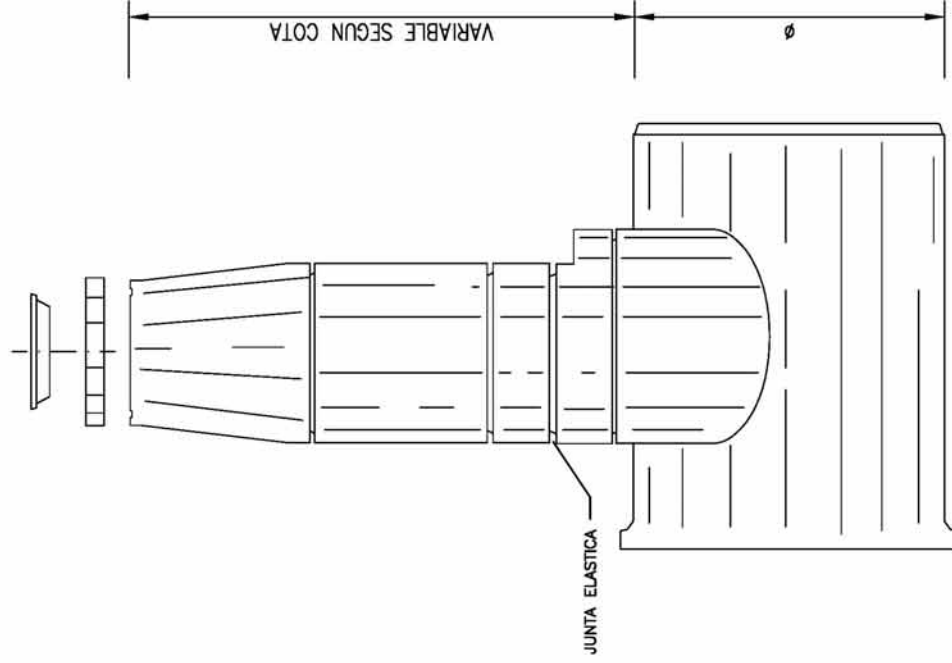
TÍTULO DEL PLANO: **POZOS DE REGISTRO**  
 POZOS PREFABRICADOS CIRCULARES DE HORMIGÓN

FECHA: \_\_\_\_\_ ESCALA: 1 : \_\_\_\_\_ Nº DEL PLANO: **2.1**





SECCIÓN



ALZADO



NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSIÓN 2006)  
ANEXO 1: PLANOS

TÍTULO DEL PLANO:  
POZOS DE REGISTRO  
POZO CHIMENEA

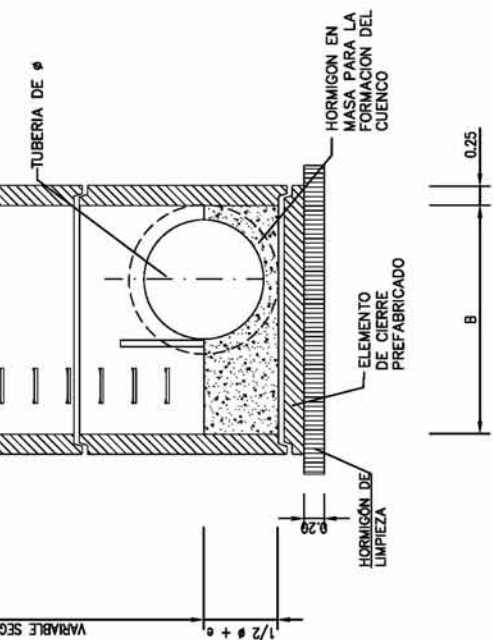
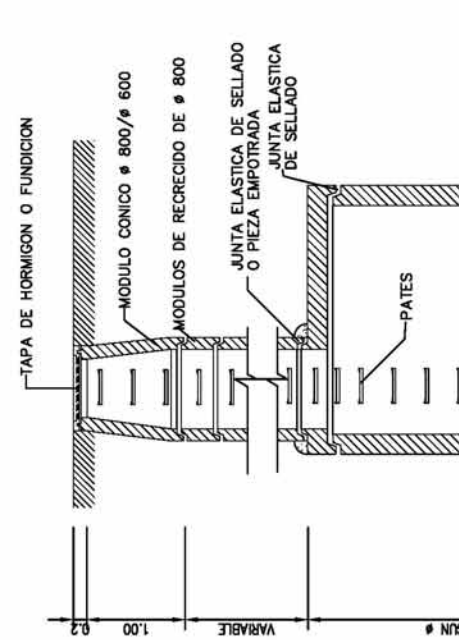
FECHA:  
ESCALAS: SIN ESCALA Nº DEL PLANO

2.2

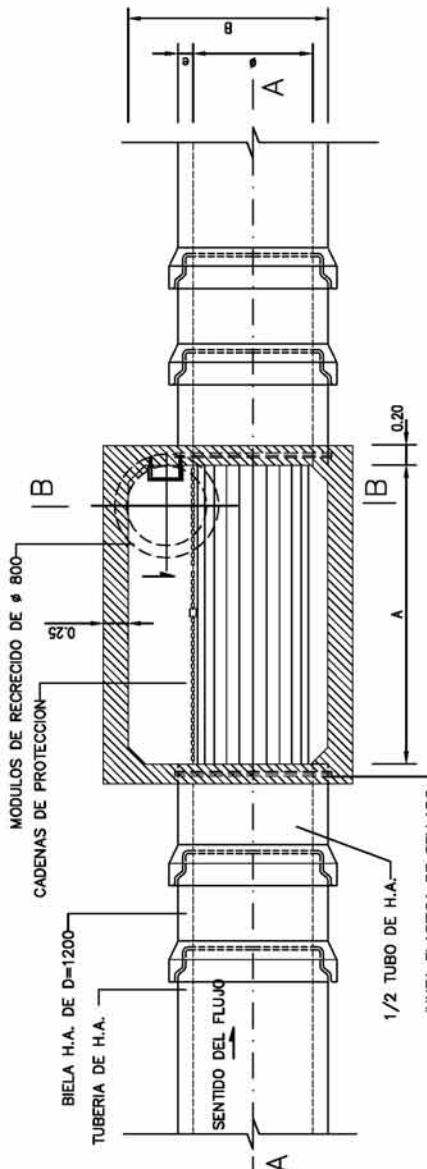
NOTA: EN CASOS PARTICULARES LOS POZOS  
PUEDEN LLEVAR HERRAJES DE SUJECIÓN





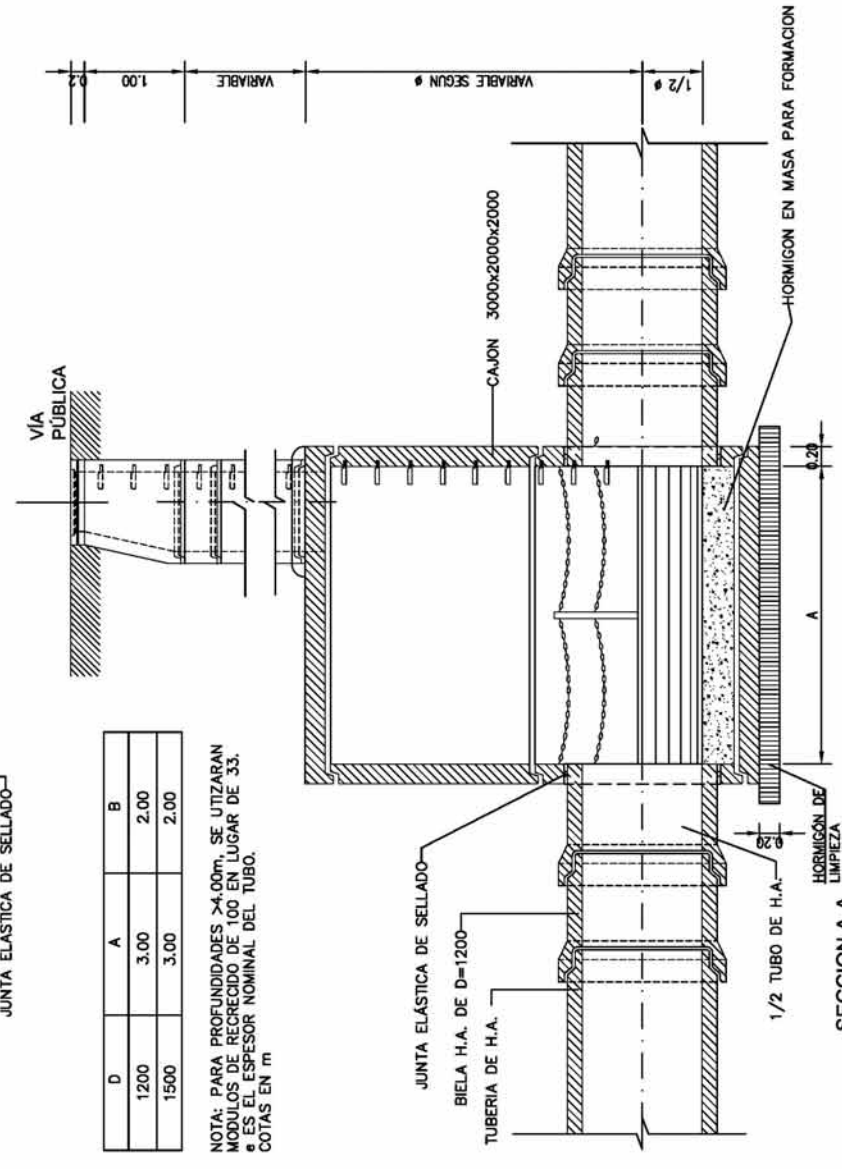


SECCION B-B



D	A	B
1200	3.00	2.00
1500	3.00	2.00

NOTA: PARA PROFUNDIDADES >4.00m, SE UTILIZARAN MODULOS DE RECRECIDO DE 100 EN LUGAR DE 33. # ES EL ESPESOR NOMINAL DEL TUBO. COTAS EN m



SECCION A-A



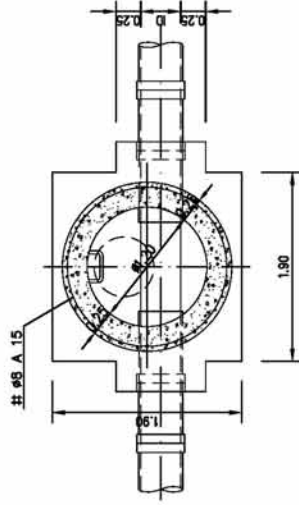
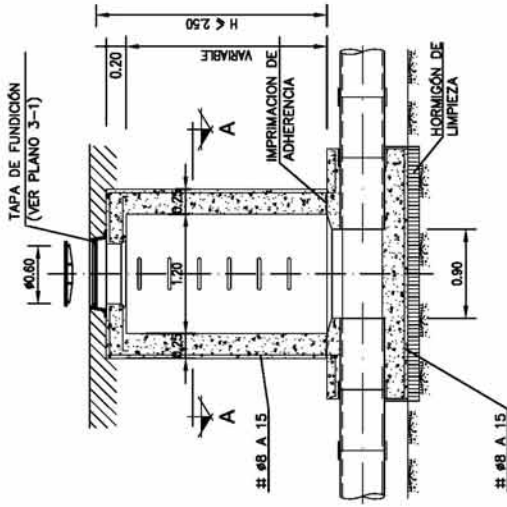
NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSION 2006)  
ANEXO 1: PLANOS

TITULO DEL PLANO: POZOS DE REGISTRO  
CAMARA DE MARCOS PREFABRICADOS

ESCALA: 0 0.5m 1.00m 1:50  
Nº DEL PLANO: 2.3

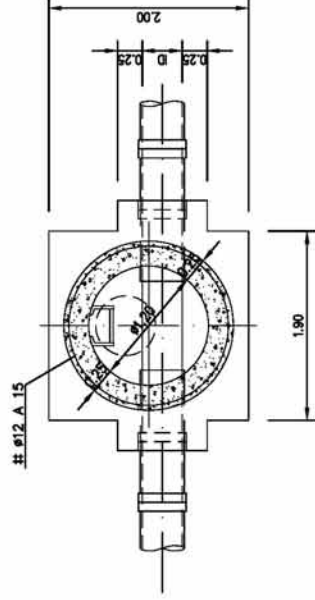
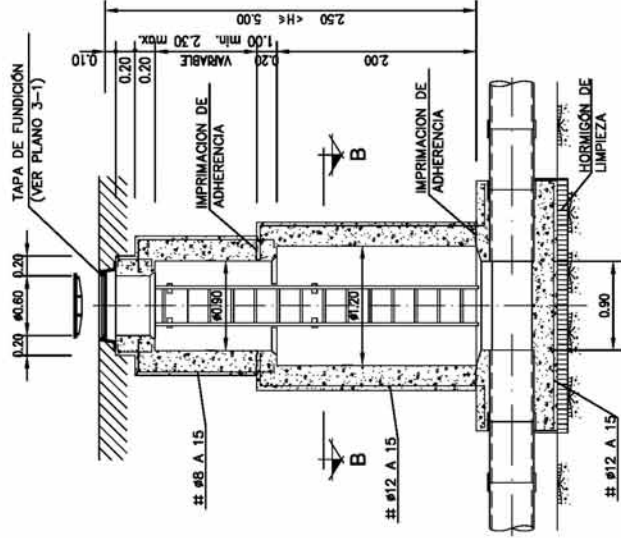


### POZO TIPO 1



SECCIÓN A-A

### POZO TIPO 2



SECCIÓN B-B

#### NOTAS:

- SI UNA VEZ DESENCOFRADO EXISTIERAN HUECOS O COQUERAS, EN EL HORMIGÓN O EN LA UNIÓN CON LOS TUBOS, SE RELLENARÁN CON MORTERO CON ADICIÓN DE IMPERMEABILIZANTE.
- LAS JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PAREDES DE LOS TUBOS EN CONTACTO CON EL HORMIGÓN SE IMPRIMIRÁN CON UNA LECHADA DE ADHERENCIA CON RESINAS INMEDIATAMENTE ANTES DEL HORMIGONADO.

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

ELEMENTO	MATERIALES				EXECCION	
	HORMIGÓN	ACERO		EXECCION		
TODOS	TIPO	CONTROL	6 c	TIPO	CONTROL	6 c
	HA-25/A/20/Del	NORMAL	1,00	B 500 S	NORMAL	1,15

- EL RECURRIMIENTO MÍNIMO DE ARMADURAS SERÁ DE 4 cm.
- ADITIVO: PLASTIFICANTE EN POLVO



NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSIÓN 2006)  
ANEXO 1: PLANOS

TÍTULO DEL PLANO:

POZOS DE REGISTRO  
POZOS CONSTRUÍDOS IN SITU TIPOS 1 Y 2

FECHA:

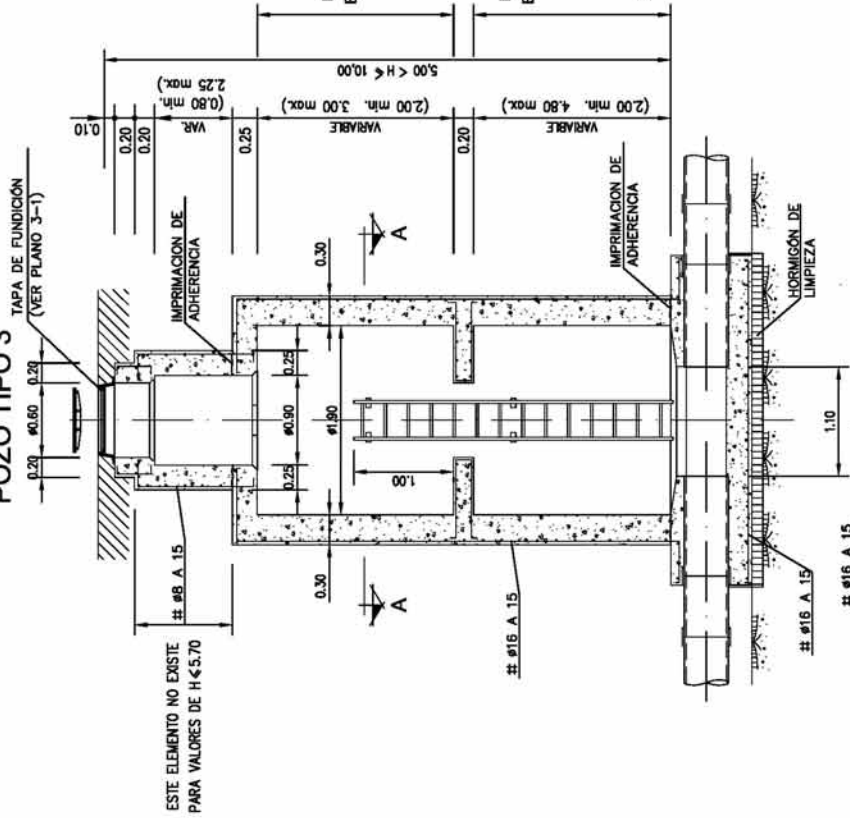
ESCALA: 0 0,50 1,00 1:50

Nº DEL PLANO

2.4



### POZO TIPO 3

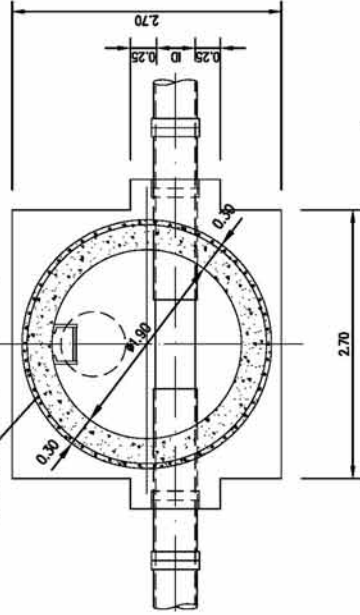


ESTE ELEMENTO NO EXISTE PARA VALORES DE H < 5.70

ESTA DIMENSION ES FIJA E IGUAL A 2.00 m. PARA VALORES DE H > 5.70

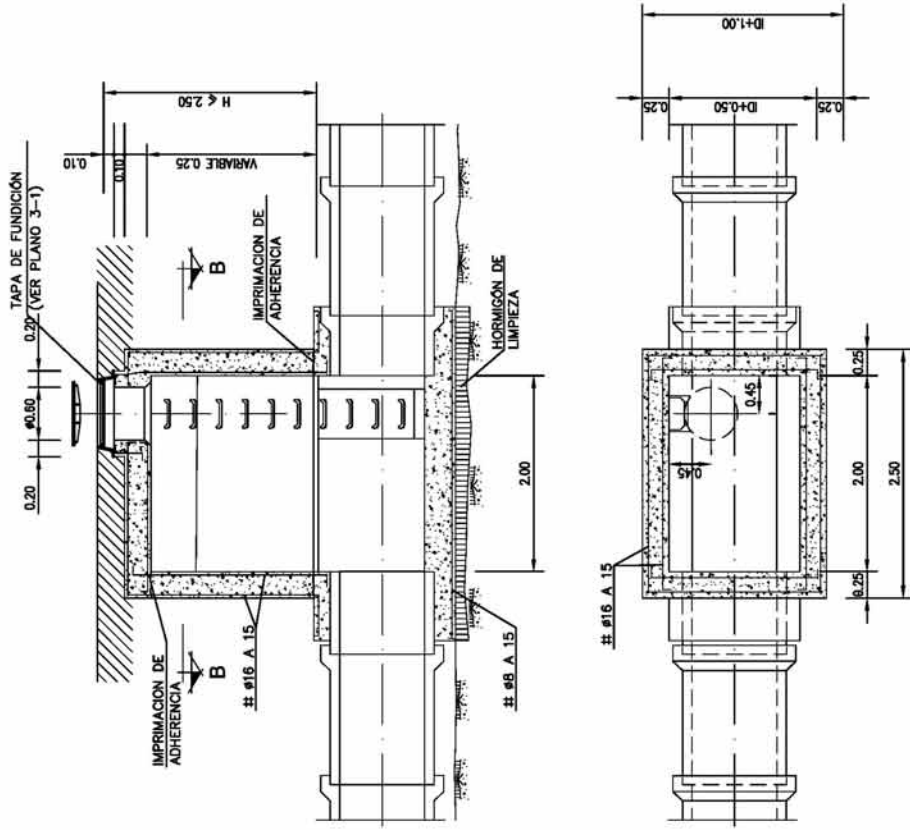
ESTA DIMENSION ES FIJA E IGUAL A 2.00 m. PARA VALORES DE H < 7.20

SI ESTA DIMENSION EXCEDE DE 3.00 m. SE COLOCARA PROTECCION EN LA ESCALERA



SECCIÓN A-A

### POZO TIPO 4



ESTA DIMENSION ES FIJA E IGUAL A 2.00 m. PARA VALORES DE H > 5.70

ESTA DIMENSION ES FIJA E IGUAL A 2.00 m. PARA VALORES DE H < 7.20

SI ESTA DIMENSION EXCEDE DE 3.00 m. SE COLOCARA PROTECCION EN LA ESCALERA

SECCIÓN B-B

- NOTAS:
- SI UNA VEZ DESENCOFRADO EXISTIERAN HUECOS O COQUERAS EN EL HORMIGÓN O EN LA UNIÓN CON LOS TUBOS, SE RELLENARAN CON MORTERO CON ADICIÓN DE IMPERMEABILIZANTE.
  - LAS JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN Y LAS PAREDES DE LOS TUBOS EN CONTACTO CON EL HORMIGÓN SE IMPRIMIRAN CON UNA LECHADA DE ADHERENCIA CON RESINAS INMEDIATAMENTE ANTES DEL HORMIGONADO.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

ELEMENTO	MATERIALES				ELEGUCIÓN	
	HORMIGÓN	ACERO	TIPO	CONTROL	5 s	6 f
TOCOS	HA-25/B/20/Ch	NORMAL	1.50	B 500 S	NORMAL	1.80

- EL RECURRIMIENTO MÍNIMO DE ARMADURAS SEVA DE 4 cm.
- ADITIVOS PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE EN POLVO

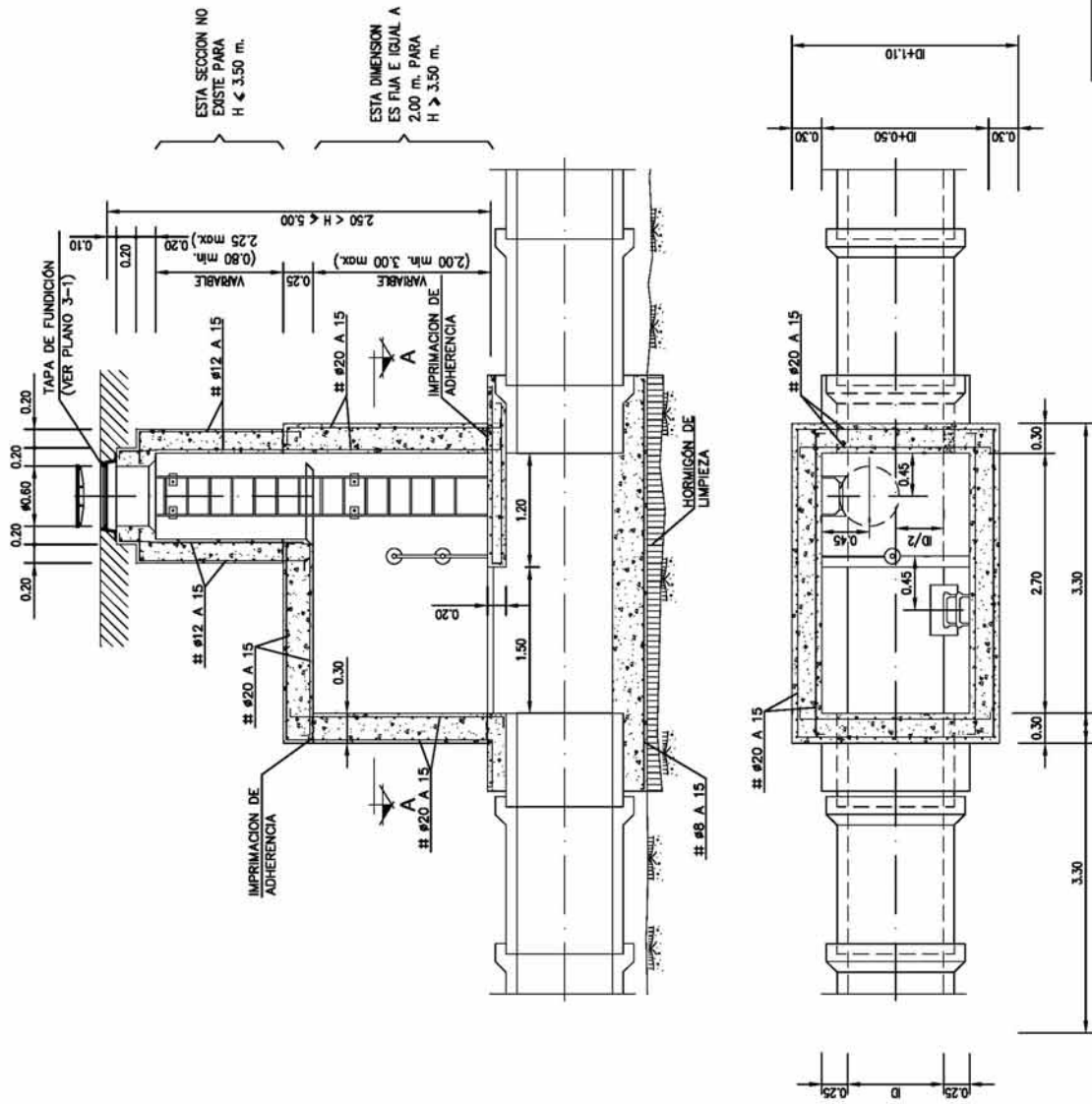


NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSIÓN 2006)  
ANEXO 1: PLANOS

TÍTULO DEL PLANO: POZOS DE REGISTRO  
POZOS CONSTRUÍDOS IN SITU TIPOS 3 Y 4

FECHA: ESCALA: 0 0.50 1.00m 1:50 Nº DEL PLANO





ESTA SECCION NO EXISTE PARA  $H < 3.50$  m.

ESTA DIMENSION ES FIJA E IGUAL A 2.00 m. PARA  $H > 3.50$  m.

SECCIÓN A-A

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

ELEMENTO	MATERIALES				ELEGUCION	
	HORMIGON	ACERO	TIPO	CONTROL	6.6	6.7
TODOS	HA-25/A/20/20H	NORMAL	B 500 S	NORMAL	1,15	1,40

- NOTAS:
- SI UNA VEZ DESENCOFRADO EXISTIERAN HUECOS O COQUERAS, EN EL HORMIGON O EN LA UNION CON LOS TUBOS, SE RELLENARAN CON MORTERO CON ADICION DE IMPERMEABILIZANTE.
  - LAS JUNTAS DE CONSTRUCCION Y LAS PAREDES DE LOS TUBOS EN CONTACTO CON EL HORMIGON SE IMPRIMIRAN CON UNA LECHADA DE ADHERENCIA CON RESINAS INMEDIATAMENTE ANTES DEL HORMIGONADO.



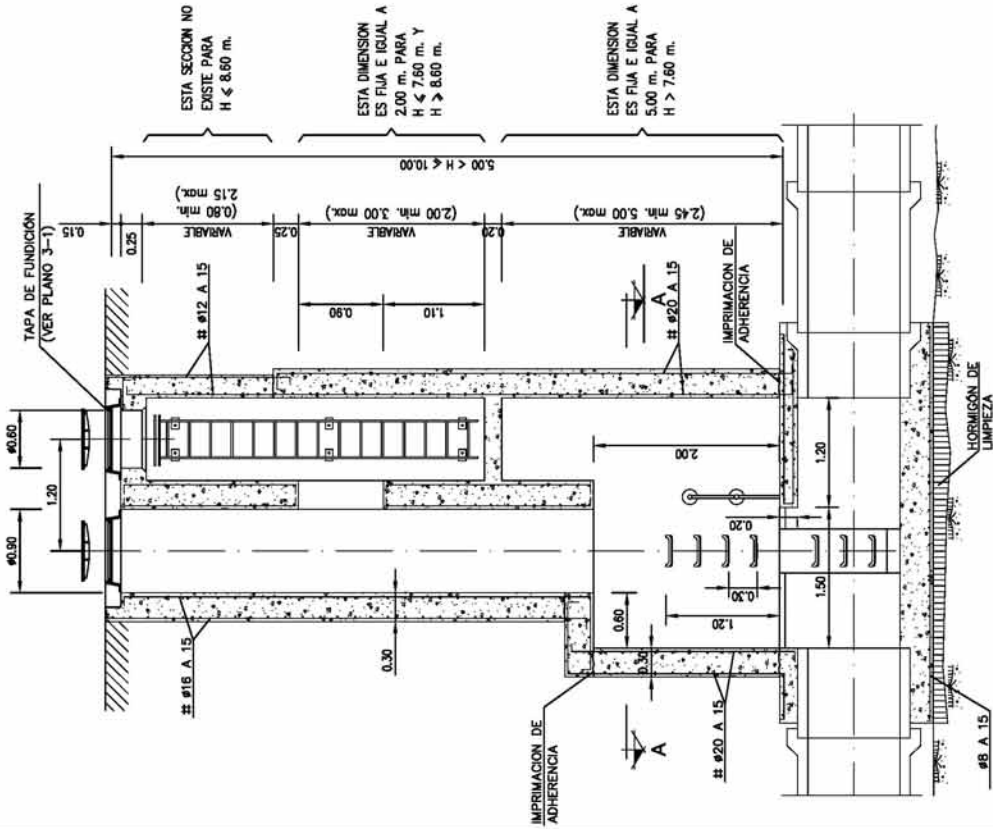
NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSION 2006)  
ANEXO 1: PLANOS

TITULO DEL PLANO: POZOS DE REGISTRO  
POZOS CONSTRUIDOS IN SITU TIPO 5

FECHA: ESCALAS: 1:50







ESTA SECCION NO EXISTE PARA  $H \leq 8.60$  m.

ESTA DIMENSION ES FIJA E IGUAL A 2.00 m. PARA  $H \leq 7.60$  m. Y  $H > 8.60$  m.

ESTA DIMENSION ES FIJA E IGUAL A 5.00 m. PARA  $H > 7.60$  m.

5.00 <  $H \leq 10.00$

(2.45 m. mn. 5.00 m. mx.)

(2.00 m. mn. 3.00 m. mx.)

(0.80 m. mn. 2.15 m. mx.)

TAPA DE FUNDICIÓN (VER PLANO 3-1)

#16 A.15

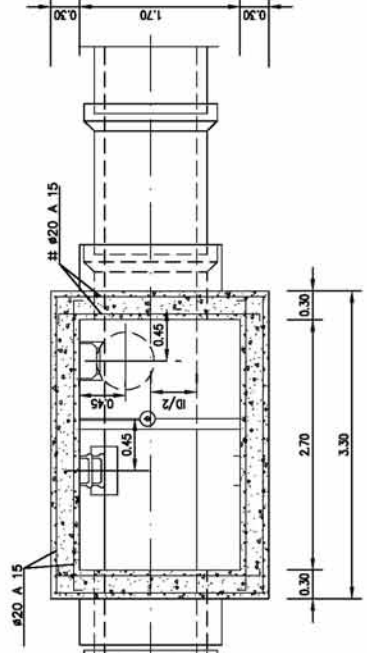
#12 A.15

#20 A.15

IMPRIMACION DE ADHERENCIA

HORMIGÓN DE LIMPIEZA

#8 A.15



SECCIÓN A-A



NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSION 2006)  
ANEXO 1: PLANOS

TITULO DEL PLANO: POZOS DE REGISTRO  
POZOS CONSTRUIDOS IN SITU TIPO 6

FECHA: ESCALA: 1:50 Nº DEL PLANO 2.7

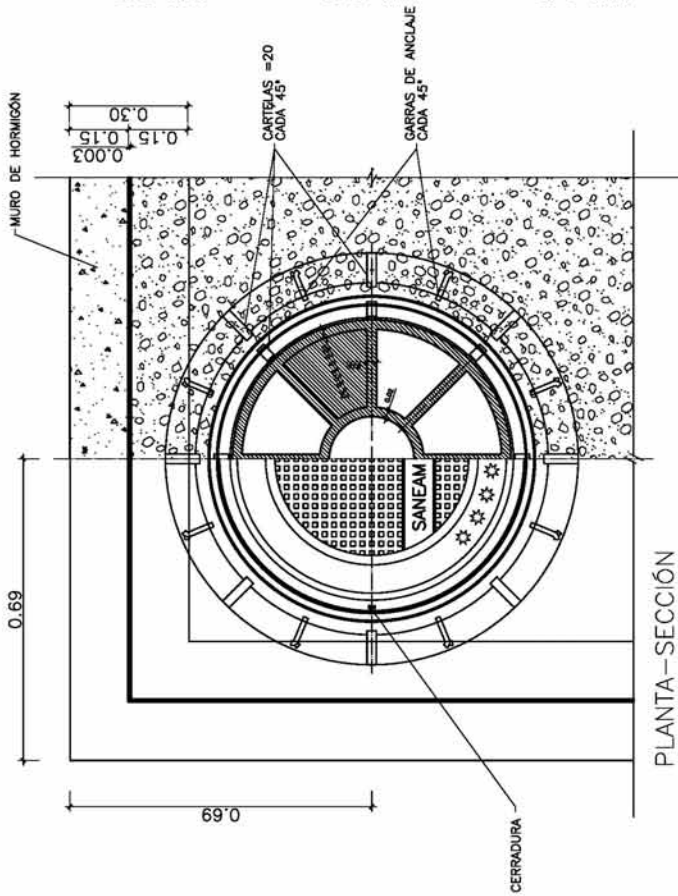
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

ELEMENTO	MATERIALES				ELEGICION	
	HORMIGÓN	ACERO	TIPO	CONTROL	6*	6†
TODOS	HA-25/B/20/Del	BA-25/B/20/Del	B 500 S	NORMAL	1,15	NORMAL 1,40

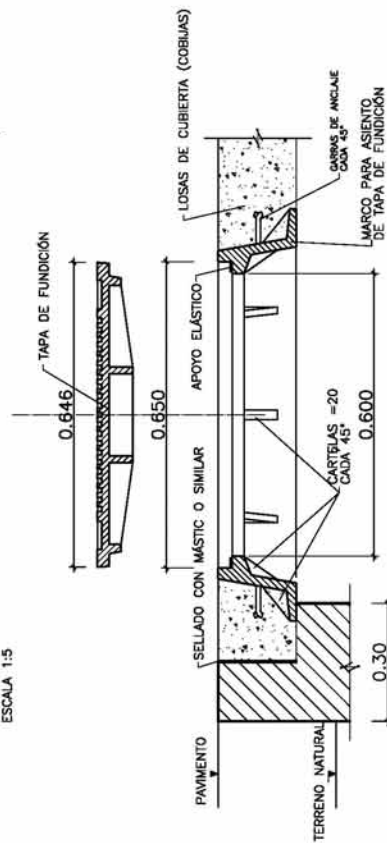
\* D. RECURRIMIENTO LIMBO DE ARMADURAS SIDA DE 4 cm.  
† ACTIVOS: PLASTIFICANTE E IMPERMEABILIZANTE EN POLVO

- NOTAS:
- SI UNA VEZ DESENCOFRADO EXISTIERAN HUECOS O COQUERAS, EN EL HORMIGÓN O EN LA UNION CON LOS TUBOS, SE RELLENARAN CON MORTERO CON ADICION DE IMPERMEABILIZANTE.
  - LAS JUNTAS DE CONSTRUCCION Y LAS PAREDES DE LOS TUBOS EN CONTACTO CON EL HORMIGÓN SE IMPRIMIRAN CON UNA LECHADA DE ADHERENCIA CON RESINAS INMEDIATAMENTE ANTES DEL HORMIGONADO.



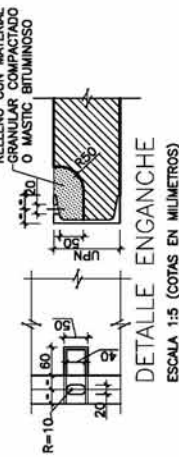


PLANTA - SECCIÓN  
ESCALA 1:5

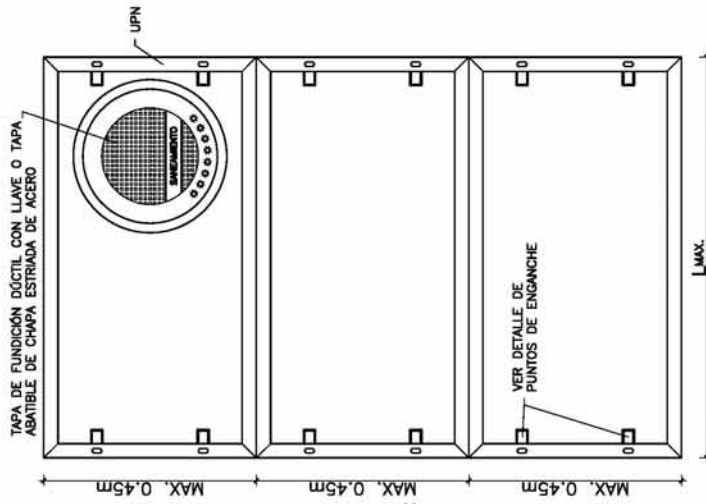


ALZADO - SECCIÓN  
ESCALA 1:5

DIMENSIONAMIENTO DE TAPAS	
CLASE	B-125 C-250 D-400
CARGA DE CONTROL	125 KN 250 KN 400 KN



DETALLE ENGANCHE  
ESCALA 1:5 (COTAS EN MILIMETROS)



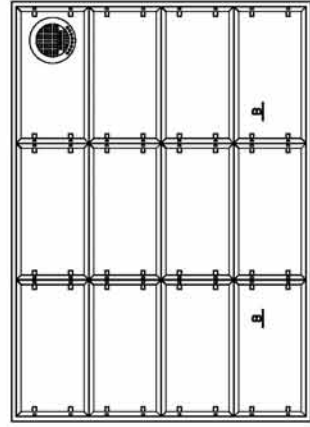
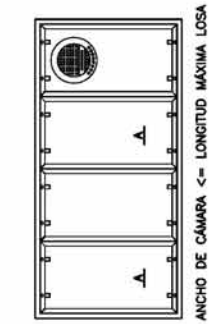
PLANTA  
ESCALA 1:10

DIMENSIONAMIENTO LOSAS DE CUBIERTA  
ANCHURA DE LOSAS: A < 0.90m

MARCO UPN	PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD MÁXIMA (m)	MARCO (m)	PROFUNDIDAD (m)	MARCO (m)
120	1.8	-	-	-	-
140	2.4	-	-	-	-
160	2.4	1.8	-	-	-
180	2.8	2.2	-	-	-
200	3.0	2.4	1.8	-	-
220	3.4	2.8	2.2	-	-
240	3.8	3.2	2.6	2.0	-
260	4.0	3.4	2.8	2.2	1.8
280	4.2	3.6	3.0	2.4	2.0
300	4.4	3.8	3.2	2.6	2.4

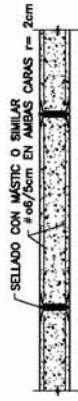
ARMADO DE LOSAS DE CUBIERTA  
ARMADURAS: MALLA DE 10x10

MARCO UPN	PROFUNDIDAD (m)	MARCO (m)	PROFUNDIDAD (m)	MARCO (m)
120	1.8	-	-	-
140	2.4	-	-	-
160	2.4	1.8	-	-
180	2.8	2.2	-	-
200	3.0	2.4	1.8	-
220	3.4	2.8	2.2	-
240	3.8	3.2	2.6	2.0
260	4.0	3.4	2.8	2.2
280	4.2	3.6	3.0	2.4
300	4.4	3.8	3.2	2.6

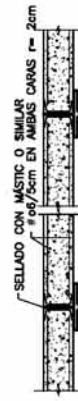


ANCHO DE CÁMARA > LONGITUD MÁXIMA LOSA

ESQUEMA DISPOSICIÓN LOSAS  
SIN ESCALA



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1:10



SECCIÓN B-B  
ESCALA 1:10

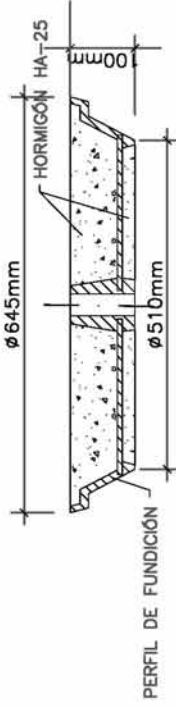


NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSIÓN 2006)  
ANEXO 1: PLANOS

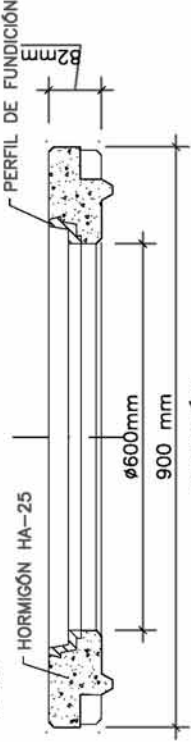
TITULO DEL PLANO: TAPAS DE FUNDICIÓN Y COBIJAS DE HORMIGÓN

FEDAT: ESCALAS: 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:30, 1:40, 1:50, 1:60, 1:70, 1:80, 1:90, 1:100, 1:110, 1:120, 1:130, 1:140, 1:150, 1:160, 1:170, 1:180, 1:190, 1:200, 1:210, 1:220, 1:230, 1:240, 1:250, 1:260, 1:270, 1:280, 1:290, 1:300, 1:310, 1:320, 1:330, 1:340, 1:350, 1:360, 1:370, 1:380, 1:390, 1:400, 1:410, 1:420, 1:430, 1:440, 1:450, 1:460, 1:470, 1:480, 1:490, 1:500, 1:510, 1:520, 1:530, 1:540, 1:550, 1:560, 1:570, 1:580, 1:590, 1:600, 1:610, 1:620, 1:630, 1:640, 1:650, 1:660, 1:670, 1:680, 1:690, 1:700, 1:710, 1:720, 1:730, 1:740, 1:750, 1:760, 1:770, 1:780, 1:790, 1:800, 1:810, 1:820, 1:830, 1:840, 1:850, 1:860, 1:870, 1:880, 1:890, 1:900, 1:910, 1:920, 1:930, 1:940, 1:950, 1:960, 1:970, 1:980, 1:990, 1:1000

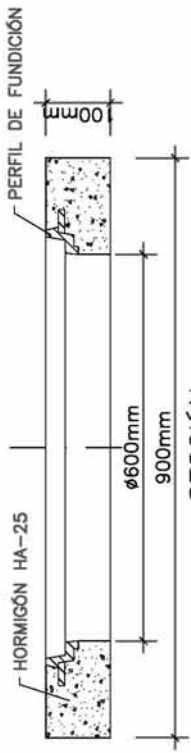




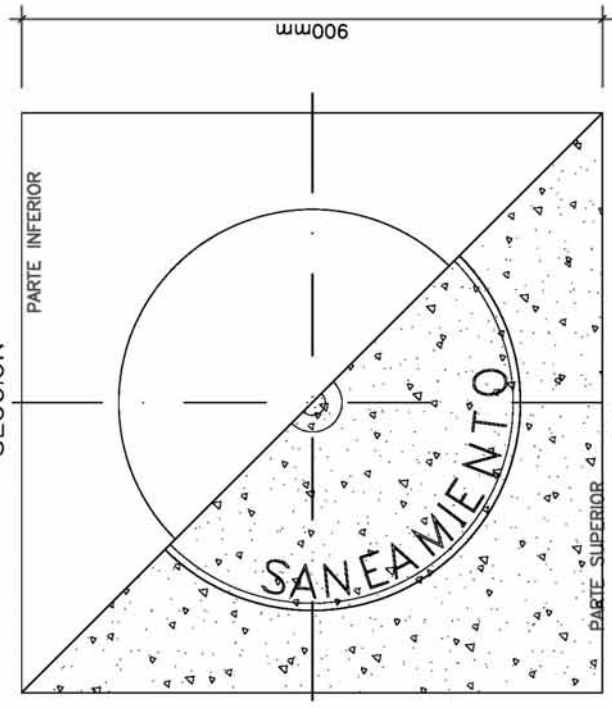
TAPA PARA CLASE B-125



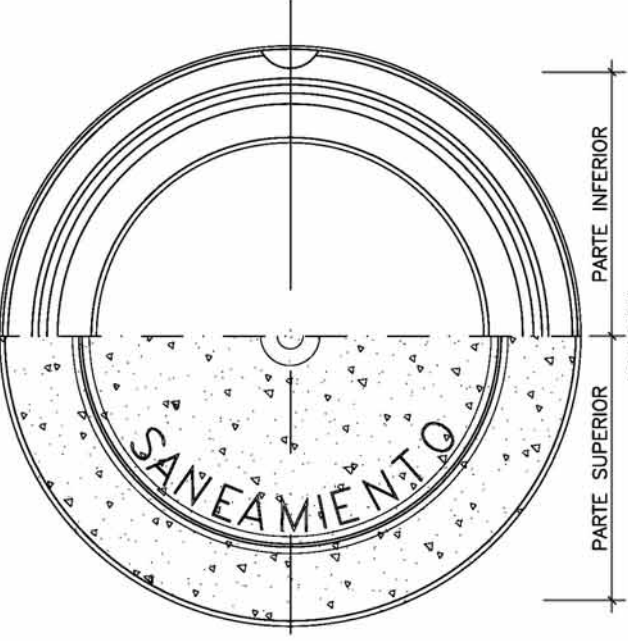
SECCIÓN



SECCIÓN



MARCO CUADRADO



PLANTA

MARCO CIRCULAR



NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSIÓN 2006)  
ANEXO 1: PLANOS

DISPOSITIVOS DE CIERRE  
TAPAS MIXTAS

TÍTULO DEL PLANO:

ESCALAS: 1:0.4, 1:0.8, 1:1.6, 1:3.2

FECHA:

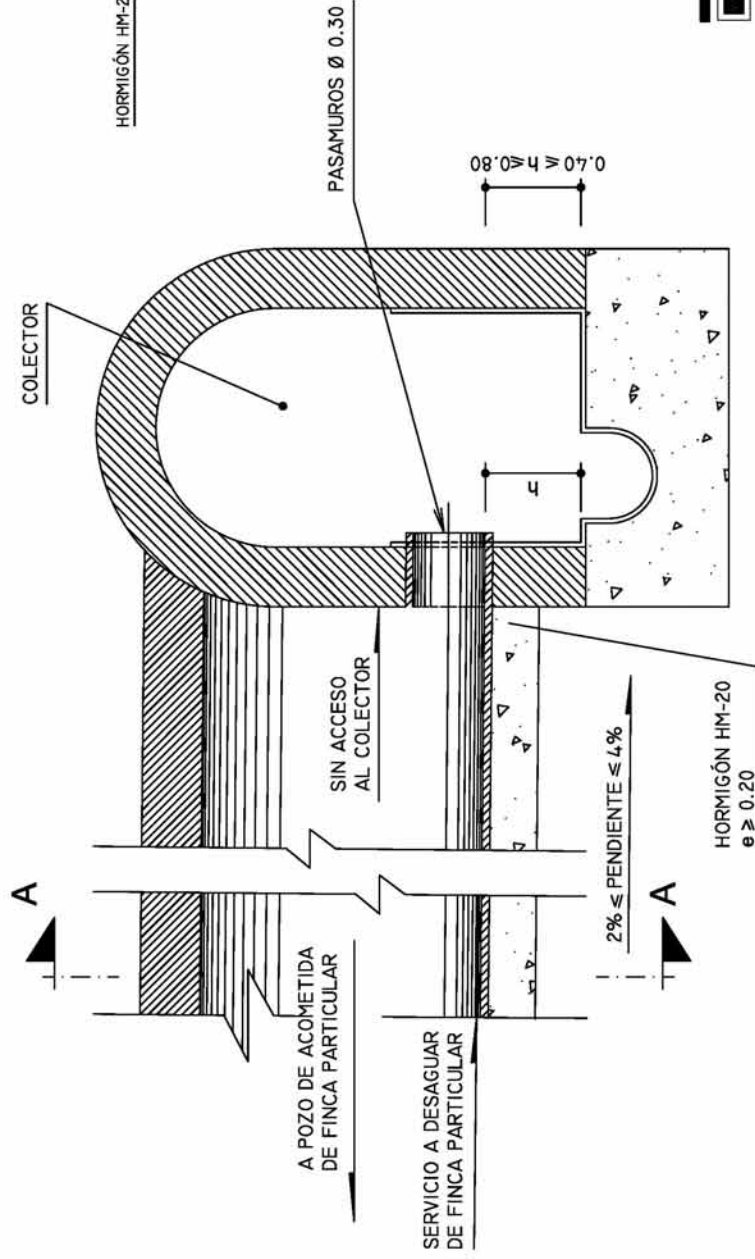
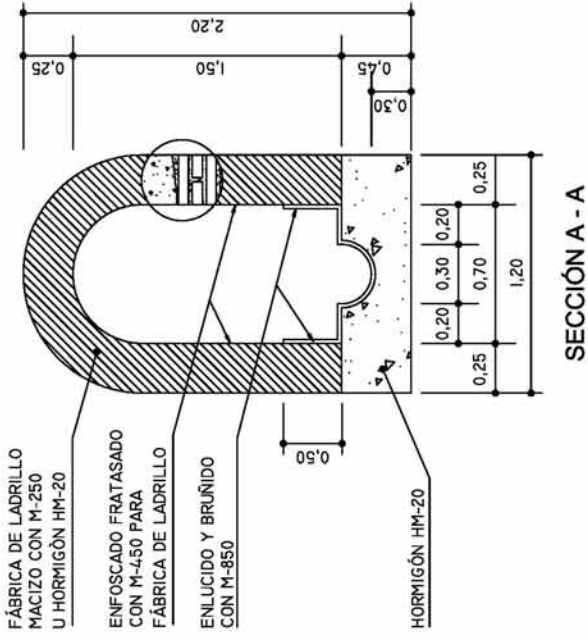
Nº DEL PLANO  
**3.2**

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

ELEMENTO	MATERIALES				EJECUCIÓN	
	HORMIGÓN		ACERO			
TIPO	CONTROL	δ c	TIPO	CONTROL	δ s	δ f
HA-25/B/20/Qc	NORMAL	1,50	B 500 S	NORMAL	1,15	NORMAL
TODOS						1,60



COTAS EN METROS



NORMAS PARA REDES DE SANEAMIENTO (VERSIÓN 2006)

ANEXO 1: PLANOS

TÍTULO DEL PLANO: ACOMETIDA PARTICULAR A ALCANTARILLA VISITABLE, A PROFUNDIDAD  $\geq$  4,50 m

FECHA:

ESCALAS: SIN ESCALA

Nº DEL PLANO

4





## Anexo 2 Características técnicas de las conducciones según normativa vigente

A2.1 Introducción .....	1
A2.2 Tubos de uso habitual .....	2
A2.2.1 Tubos de hormigón armado de sección circular.....	2
A2.2.1.1. Generalidades .....	2
A2.2.1.2. Definiciones .....	2
A2.2.1.3. Clasificación.....	3
A2.2.1.4. Características técnicas.....	3
A2.2.1.5. Dimensiones .....	4
A2.2.1.6. Uniones .....	6
A2.2.1.7. Marcado.....	7
A2.2.1.8. Control de la calidad de la fabricación .....	8
A2.2.2 Tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada .....	8
A2.2.2.1. Generalidades .....	8
A2.2.2.2. Definiciones .....	9
A2.2.2.3. Clasificación.....	10
A2.2.2.4. Características técnicas.....	10
A2.2.2.5. Dimensiones .....	10
A2.2.2.6. Uniones .....	11
A2.2.2.7. Marcado.....	11
A2.2.2.8. Control de la calidad de la fabricación .....	12
A2.2.3 Tubos de gres .....	12
A2.2.3.1. Generalidades .....	12
A2.2.3.2. Definiciones .....	12
A2.2.3.3. Clasificación.....	13
A2.2.3.4. Características técnicas.....	13
A2.2.3.5. Dimensiones .....	13
A2.2.3.6. Uniones .....	14
A2.2.3.7. Marcado.....	15
A2.2.3.8. Control de la calidad de la fabricación .....	15
A2.2.4 Tubos de fundición dúctil.....	16
A2.2.4.1. Generalidades .....	16
A2.2.4.2. Definiciones .....	16
A2.2.4.3. Clasificación.....	16
A2.2.4.4. Características técnicas.....	16
A2.2.4.5. Dimensiones .....	17
A2.2.4.6. Uniones .....	18
A2.2.4.7. Revestimientos del tubo .....	18
A2.2.4.8. Marcado.....	19
A2.2.4.9. Control de la calidad de la fabricación .....	19
A2.2.5 Tubos de PVC-O .....	20
A2.2.5.1. Generalidades .....	20
A2.2.5.2. Definiciones .....	20

A2.2.5.3. Clasificación.....	20
A2.2.5.4. Características técnicas.....	20
A2.2.5.5. Dimensiones.....	21
A2.2.5.6. Uniones.....	21
A2.2.5.7. Marcado.....	22
A2.2.5.8. Control de la calidad de la fabricación.....	22
<b>A2.2.6 Tubos de PRFV.....</b>	<b>23</b>
A2.2.6.1. Generalidades.....	23
A2.2.6.2. Definiciones.....	23
A2.2.6.3. Clasificación.....	24
A2.2.6.4. Características técnicas.....	24
A2.2.6.5. Dimensiones.....	26
A2.2.6.6. Uniones.....	27
A2.2.6.7. Marcado.....	28
A2.2.6.8. Control de la calidad de la fabricación.....	28
<b>A2.2.7 Tubos de PE de pared lisa.....</b>	<b>28</b>
A2.2.7.1. Generalidades.....	28
A2.2.7.2. Definiciones.....	28
A2.2.7.3. Clasificación.....	30
A2.2.7.4. Características técnicas.....	31
A2.2.7.5. Dimensiones.....	32
A2.2.7.6. Uniones.....	33
A2.2.7.7. Marcado.....	33
A2.2.7.8. Control de la calidad de la fabricación.....	33
<b>A2.3 Conducciones de otros materiales y tipologías.....</b>	<b>34</b>
A2.3.1 Conducciones de hormigón de sección no circular.....	34
A2.3.2 Tubos de hormigón polímero.....	35
A2.3.3 Galerías de hormigón armado.....	36
A2.3.4 Tubos de PVC-U de pared lisa.....	37

## **Anexo 2 Características técnicas de las conducciones según normativa vigente**

### **A2.1 Introducción**

En el presente Anexo se normalizan unas características técnicas complementarias a las incluidas en el artículo II.2 para las conducciones a emplear en redes de saneamiento del Canal de Isabel II basadas en la normativa vigente.

Conforme se especificaba en dicho artículo II.2, las conducciones usualmente empleadas en las redes de saneamiento del Canal de Isabel II serán de alguno de los materiales siguientes:

- Hormigón armado de sección circular
- Materiales termoplásticos de pared estructurada
- Gres
- Fundición dúctil
- PVC-O
- PRFV
- PE de pared lisa

No obstante, y de manera excepcional previa aprobación del Canal de Isabel II, también se podrán usar los siguientes materiales y tipologías:

- Hormigón de sección no circular
- Hormigón polímero
- Galerías de hormigón armado
- PVC-U de pared lisa

El Anexo se ha estructurado en dos grandes apartados, uno relativo a los primeros materiales (tubos de uso frecuente) y otro destinado a normalizar los materiales de empleo excepcional (conducciones de otros materiales y tipologías).

## A2.2 Tubos de uso habitual

### A2.2.1 Tubos de hormigón armado de sección circular

#### A2.2.1.1. Generalidades

Las tuberías de hormigón armado de sección circular objeto del presente artículo sólo podrán emplearse en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre, debiendo cumplir, en general, con lo especificado para las mismas en 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 artículo II.2.1.

Los tubos de hormigón polímero quedan excluidos del objeto del presente artículo, normalizándose sus características en el artículo A2.3.2.

#### A2.2.1.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, 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).

- Ovalación

En los tubos de hormigón armado, la ovalación se mide como la diferencia entre el diámetro interior máximo y mínimo en una misma sección recta de la conducción.

- Ortogonalidad

En los tubos de hormigón armado, la ortogonalidad se mide a través de la desviación de los extremos macho ( $e_s$ ) y hembra ( $e_m$ ), las cuales se calculan a partir de las fórmulas siguientes:

$$e_s = \left( \frac{l_1^2 + r_1^2 - l_2^2 - r_2^2}{2(l_1 + l_2)} \right) \quad e_m = \left( \frac{l_1^2 - r_1^2 - l_2^2 + r_2^2}{2(l_1 + l_2)} \right)$$

Siendo  $l_1$  y  $l_2$  la longitud de dos generatrices diametralmente opuestas y  $r_1$  y  $r_2$ , sus diagonales.

- Rectitud

En los tubos de hormigón armado, la rectitud se mide conforme a lo especificado en el artículo 6.9.4 de la norma UNE 127.916:2004.

- 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  $\text{kN/m}^2$  o bien en  $\text{kN/m}$ .

- 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, tres décimas de milímetro de abertura y treinta centímetros de longitud. Puede expresarse bien en  $\text{kN/m}^2$  o bien en  $\text{kN/m}$ .

- 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 artículo siguiente) se identifica con la carga (en  $\text{kN/m}^2$ ) de rotura de los mismos.

A2.2.1.3. 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 Fig 84.

		Clasificación Tipo E				Clasificación Tipo A				
		Clase de resistencia				Clase de resistencia				
		60	90	135	180	I	II	III	IV	V
	Carga fisuración ( $\text{kN/m}^2$ )	40	60	90	120	40	50	65	100	140
	Carga rotura ( $\text{kN/m}^2$ )	60	90	135	180	60	75	100	150	175
DN	300									
	400									
	500									
	600									
	800									
	1.000									
	1.200									
	1.400									
	1.500									
	1.600									
	1.800									
	2.000									
	2.500									
	3.000									

Fig 84. Clasificación de las tuberías de hormigón armado de sección circular (UNE 127.916:2004)

A2.2.1.4. 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 65 según DN y clases.

Las características finales del hormigón obtenido deberán ser las que se indican en la Tabla 66. En el caso de ambientes marinos o con posibilidad de erosión se tendrá que recurrir a las prescripciones en relación a la durabilidad establecidas en la vigente EHE.

Tabla 65 Cargas de fisuración y de rotura (en kN/m) en los tubos de hormigón de sección circular (UNE 127.916:2004)

Clasificación Tipo E								
DN	Clase 60		Clase 90		Clase 135		Clase 180	
	Fisurac	Rotura	Fisurac	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
800			48,0	72,0	72,0	108,0	96,0	144,0
1.000	40,0	60,0	60,0	90,0	90,0	135,0	120,0	180,0
1.200	48,0	72,0	72,0	108,0	108,0	162,0	144,0	216,0
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		
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				

Clasificación Tipo A										
DN	Clase I		Clase II		Clase III		Clase IV		Clase V	
	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura
300			15,0	22,5	19,5	30,0	30,0	45,0	42,0	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
800			40,0	60,0	52,0	80,0	80,0	120,0	112,0	140,0
1.000	40,0	60,0	50,0	75,0	65,0	100,0	100,0	150,0	140,0	175,0
1.200	48,0	72,0	60,0	90,0	78,0	120,0	120,0	180,0	168,0	210,0
1.400	56,0	84,0	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		
2.000	80,0	120,0	100,0	150,0	130,0	200,0	200,0	300,0		
2.500	100,0	150,0	125,0	187,5	162,5	250,0				
3.000	120,0	180,0	150,0	225,0						

Tabla 66 Características del hormigón (UNE-EN 1.916:2003 y UNE 127.916:2004)

Característica	Valor
Relación máxima agua cemento	0,45
Absorción máxima de agua (% de la masa)	6
Contenido máximo de ion cloro (% de la masa de cemento)	0,4
Resistencia a compresión mínima (N/mm <sup>2</sup> )	30
Alcalinidad	Con ataque químico medio Con ataque químico débil
	≥ 0,85 A criterio del proyectista

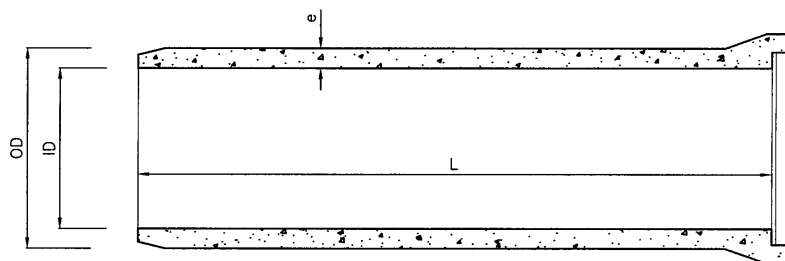
#### A2.2.1.5. Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de hormigón de sección circular serán las indicadas en la tabla adjunta, según sea su tipología (UNE 127.916:2004).

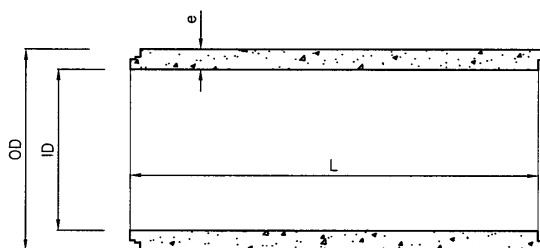
Atendiendo a la forma exterior de los tubos (y en función del espesor, ver artículo II.2.2.6), los mismos podrán ser cilíndricos o con enchufe y campana (ver Fig 85). La longitud nominal (L) de las tuberías se refiere a la útil conforme puede verse en la Fig 85, según tipologías. Su valor será declarado por el fabricante, debiendo ser, en cualquier caso, inferior a 6 veces el DN para tuberías de DN > 250, y superior a 2 metros en el resto de los casos. La tolerancia sobre el valor declarado será de (UNE-EN 1.916:2003 y UNE 127.916:2004):

- DN < 1500                    ±1% del valor de la longitud declarado por el fabricante
- DN ≥ 1500                    +50 mm / -20 mm

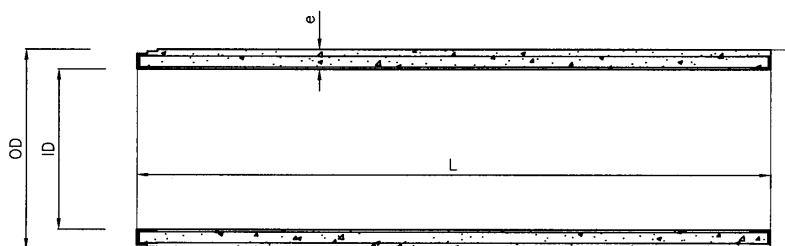
Los tubos deberán ser rectos, no debiendo admitirse un defecto en la rectitud mayor del 0,35% de su longitud



Tubo de hormigón con enchufe y campana



Tubo de hormigón cilíndrico



Tubo de hormigón cilíndrico para hinca

Fig 85. Dimensiones y tipologías en los tubos de hormigón

En cuanto al espesor, los tubos podrán fabricarse bajo dos series de fabricación (la B ó la C), siendo los espesores mínimos los indicados en la Tabla 67 para cada caso. La tolerancia sobre el espesor de pared del tubo será, en cualquier caso, el menor valor de los siguientes:

- el 95 % del espesor de pared declarado por el fabricante
- el espesor de pared declarado por el fabricante menos 5 mm.

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 (ver Fig 86).

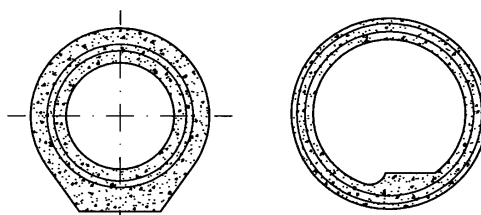


Fig 86. Tubos de hormigón con base plana y con andén y canal

Tabla 67 Dimensiones de los tubos de hormigón (UNE 127.916:2004)

DN (mm)	Tolerancia en DN	Ortogonalidad (mm)	Espesor mínimo (mm)	
			Serie B	Serie C
150	±5	6	22	-
200	±5	6	29	-
250	±5	6	32	-
300	±5	6	50	69
400	±6	6	59	78
500	±8	6	67	86
600	±9	6	75	94
700	±10	7	84	102
800	±10	8	92	111
900	±10	9	100	119
1000	±10	10	109	128
1.100	±11	11	117	136
1.200	±12	12	125	144
1.300	±14	13	134	153
1.400	±14	14	142	161
1.500	±15	15	150	169
1.600	±15	16	159	178
1.800	±15	16	175	194
2.000	±15	16	192	211
2.500	±15	19	234	253
3.000	±15	19	280	300

En cursiva, diámetros no habituales.

#### A2.2.1.6. Uniones

Los tubos de hormigón armado 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
- Uniones mediante virola de acero (tubos de hinca)

A su vez, en cualquier caso, si el espesor del tubo es suficientemente grande, la forma exterior de la unión es cilíndrica. Si por el contrario el espesor no permite realizar la unión de forma adecuada, se da un sobreespesor al extremo hembra de manera que la forma exterior de la unión es mediante enchufe y campana (ver Fig 87, Fig 88 y Fig 89).

Las uniones deberán garantizar las desviaciones angulares máximas que se indican en la tabla adjunta.

Tabla 68 Deflexiones angulares máximas en las uniones flexibles de los tubos de hormigón (UNE-EN 1.916)

DN	Deflexión angular máxima	
	(mm/m)	(°)
>250	12.500/DN	arctan (12.500/DN)
<250	50	2,86

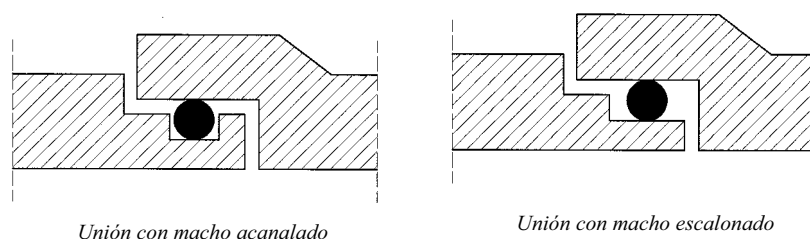


Fig 87. Uniones flexibles con extremos en enchufe y campana en los tubos de hormigón



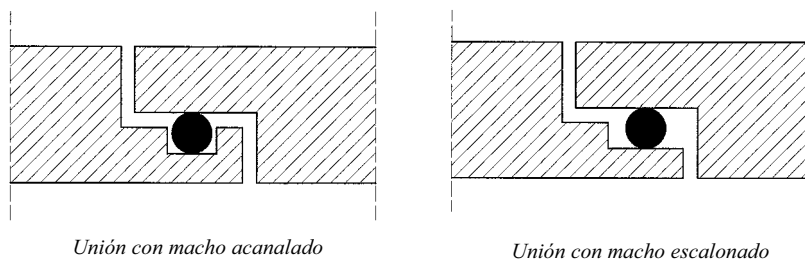


Fig 88. Uniones flexibles con extremos cilíndricos en los tubos de hormigón

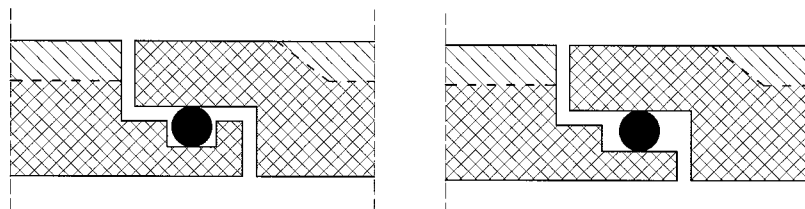


Fig 89. Comparativa entre uniones flexibles con extremos en enchufe y campana y cilíndricos en los tubos de hormigón

Las juntas elastoméricas deberán cumplir lo especificado para las mismas en el artículo II.3.

Los tubos de hormigón que se instalen mediante hincas irán dispuestos con uniones rígidas, admitiendo distintos diseños, 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:

- Unión por virola fija
- Unión por virola libre
- Unión por boquilla rebajada o a medio espesor

En los dos primeros casos, las virolas deberán ser de acero inoxidable conforme a lo indicado en la norma UNE 10.025:1994.

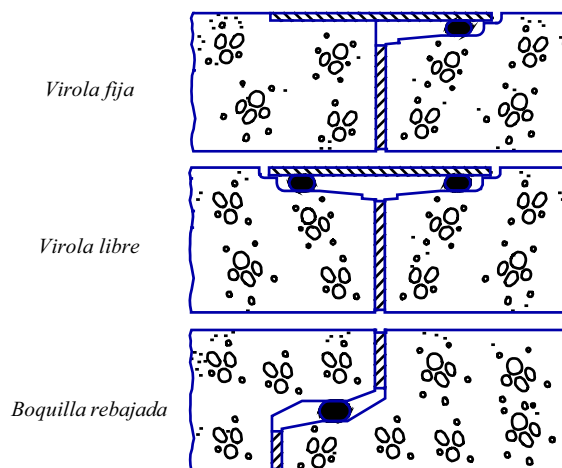


Fig 90. Uniones en tubos de hormigón para hincas (UNE 127.916:2004)

#### A2.2.1.7. Marcado

Todos los tubos deberán ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo:

- Nombre o marca del fabricante
- Marcado THA, indicativo de que se trata de un tubo de hormigón armado
- Fecha de fabricación

- Diámetro nominal, DN
- Clase de conducción (C-60, C-90, C-135, C-180 ó C-I, C-II, C-III, C-IV, C-V)
- Referencia a las normas UNE EN 1.916:2003 y UNE 127.916:2004
- Marca de Calidad, en su caso
- Marcado CE
- Tipo de cemento, si este tuviera alguna característica especial
- Carga máxima de hincado, en los tubos de hinca

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 su parte superior después del montaje.

#### A2.2.1.8. Control de la calidad de la fabricación

Será de aplicación lo especificado en las normas UNE-EN 1.916:2003 y UNE 127.916:2004, cuyo contenido se resume en la tabla adjunta.

Asimismo, en el caso de requerirse evaluación de la conformidad para todos los elementos, será de aplicación lo indicado en el Anexo H de la norma citada.

Tabla 69 Control de calidad de tubos y piezas especiales de hormigón de sección circular (UNE-EN 1.916:2003)

<i>Tipo de control</i>		<i>Apartados UNE-EN 1.916:2003</i>	<i>Apartados UNE 127.916:2004</i>
Control de materiales		G.7;G.8; 4.1; 4.2	4.1; 4.2
Características geométricas	Diámetro		6.9.1
	Espesor de la pared		6.9.2
	Longitud interna del fuste		6.9.3
	Rectitud de las generatrices		6.9.4
	Ortogonalidad de la pared		6.9.5
Características mecánicas	Resistencia aplastamiento	6.4; 4.3.5	
	Resistencia flexión longitudinal	6.5; 4.3.6	
	Estanquidad frente al agua	6.6; 4.3.7	
	Absorción al agua	6.7; 4.2.6	
	Cuántía y disposición de armaduras	6.3; 5.2.1	
	Resistencia de testigos. (Tubos de hinca)	5.3.2	
	Control de los procedimientos	Composición del hormigón Producción en fábrica Marcado y almacenamiento Entrega	G.9
Control del material del laboratorio		G.10	

### A2.2.2 Tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada

#### A2.2.2.1. Generalidades

Los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada objeto del presente artículo 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 en el proyecto de norma europea prEN 13.476.

El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el artículo II.2.1.

Estos tubos podrán ser fabricados con diversos materiales (PVC-U, PE ó PP) y bajo muchos posibles diseños, los cuales admiten ser clasificados de la siguiente manera (prEN 13.476-1:2002):

- a) Tipo A. Aquellos cuyas superficies interna y externa son lisas
- Tipo A1. Las superficies interna y externa están unidas bien por nervios internos longitudinales (*tubos alveolares*) o bien mediante algún material termoplástico, esponjoso o no (*tubos multicapa*)
  - Tipo A2. Las superficies interna y externa están unidas por nervios internos transversales (también *tubos alveolares*)
- b) Tipo B. Aquellos cuya superficie interna es lisa, pero la superficie externa no.

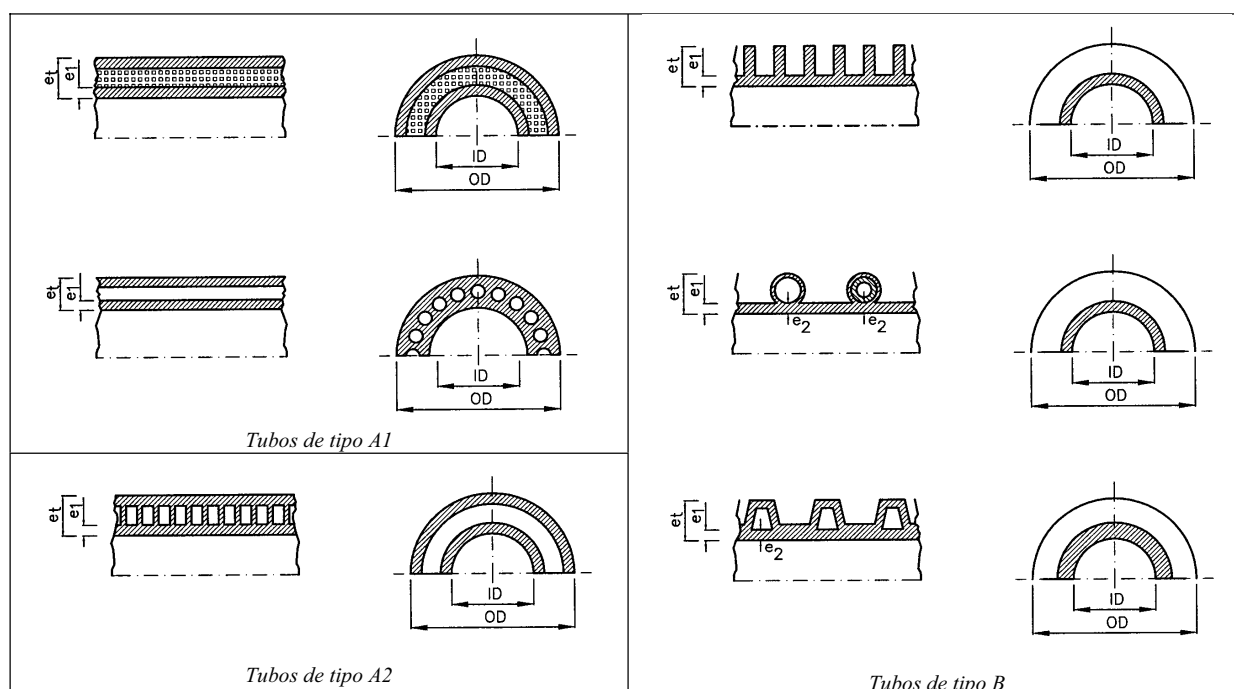


Fig 91. Ejemplos de tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada

#### A2.2.2.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, en los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- Diámetro nominal, DN  
En los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada de tipo A1 la designación genérica DN se refiere al diámetro exterior; en las restantes tipologías, el DN puede referirse bien al diámetro exterior (OD) o al interior (ID).
- 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:

$$S_c = \frac{EI}{D_m^3}$$

- $S_c$  rigidez circunferencial específica, en  $N/mm^2$
- $E$  módulo de elasticidad a flexión circunferencial, en  $N/mm^2$
- $I$  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  $N \times mm$
- $D_m$  diámetro medio teórico del tubo ( $D_m = DN - e$ ), en mm

- Rigidez nominal, SN

Valor que coincide aproximadamente con la rigidez circunferencial específica a corto plazo ( $S_0$ ), expresada en  $\text{kN/m}^2$ .

A2.2.2.3. Clasificación

Los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada se clasificarán por su diámetro nominal (DN) y por su rigidez nominal (SN). Los valores normalizados en el proyecto de norma europea prEN 13.476-1:2002 de los DN y de las SN, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la Fig 92.

DN/OD	SN			
	2	4	8	16
110				
125				
160				
200				
250				
315				
400				
500				
630				
800				
1.000				
1.200				

DN/ID	SN			
	2	4	8	16
100				
125				
150				
200				
225				
250				
300				
400				
500				
600				
800				
1.000				
1.200				

Fig 92. Clasificación de los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada (prEN 13.476-1:2002), según el DN se refiera al ID ó al OD

A2.2.2.4. Características técnicas

Las características técnicas de los tubos de materiales termoplásticos con pared estructurada serán las específicas para el material constitutivo en cada caso en particular.

A2.2.2.5. Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada serán las que se indican en la tabla adjunta, según el diámetro nominal DN se refiera al interior o al exterior, si bien, excepcionalmente, podrán admitirse dimensiones diferentes a las normalizadas.

Tabla 70 Dimensiones de los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada, según DN se refiera al interior (derecha) o al exterior (izquierda)

DN/OD	Diámetro (mm)			Espesor mínimo (mm)			
	$ID_{min}$		$OD_{max}$	Serie A1		Series A2 y B	
	PVC-U	PP / PE	Tol.nor	$e_1$ (esp)	$e_1$ (alv)	$e_1$	$e_2$
110	97	90	111,0	0,4	0,6	1,0	1,0
125	107	105	126,2	0,4	0,6	1,1	1,0
160	135	134	161,5	0,5	0,8	1,2	1,0
200	172	167	201,8	0,6	1,0	1,4	1,1
250	216	209	252,3	0,7	1,1	1,7	1,4
315	270	263	317,9	0,8	1,2	1,9	1,6
400	340	335	403,6	1,0	1,5	2,3	2,0
500	432	418	504,5	1,5	2,3	2,8	2,8
630	540	527	635,7	2,0	3,0	3,3	3,3
800	680	669	807,2	2,3	3,3	4,1	4,1
1.000	864	837	1.009,0	2,8	4,0	5,0	5,0
1.200	1.037	1.005	1.210,0	2,8	4,7	5,0	5,0

DN/ID	$ID_{min}$	Espesor mínimo (Series A2 y B; mm)	
		$e_1$	$e_2$
		100	95
125	120	1,2	1,0
150	145	1,3	1,0
200	195	1,5	1,1
225	220	1,7	1,4
250	245	1,8	1,5
300	294	2,0	1,7
400	392	2,5	2,3
500	490	3,0	3,0
600	588	3,5	3,5
800	785	4,5	4,5
1.000	985	5,0	5,0
1.200	1.185	5,0	5,0

En la Tabla 70 únicamente están normalizados los valores mínimos de los espesores nominales. El espesor total del tubo ( $e_t$  en la Fig 91) no deberá ser inferior a los de las series S 20 ó S 12,5 del equivalente de pared maciza, según el tubo sea de PVC-U ó PE, respectivamente.

#### A2.2.2.6. Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada podrán ser alguno de los siguientes (ver Fig 93):

- Unión flexible de enchufe y extremo liso con anillo elastomérico (o de “enchufe y campana”)
- Unión flexible mediante manguito soldado a uno de los extremos de la conducción con anillo elastomérico

El anillo elastomérico admite ser colocado bien en el enchufe (o en el manguito en su caso) o bien en el extremo liso.

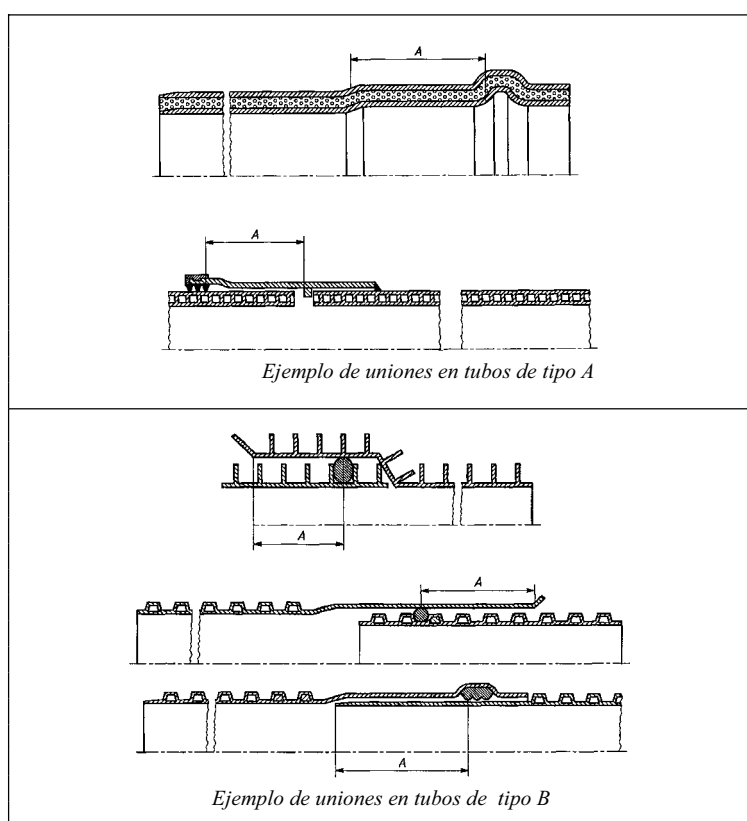


Fig 93. Uniones en tubos de materiales termoplásticos de pared estructurada

DN/OD	$A_{min}$ (mm)	
	PVC-U (tipos A y B) y PP / PE (tipo B)	PP PE (tipo A)
110	32	40
125	35	43
160	42	50
200	50	58
250	55	68
315	62	81
400	70	98
500	80	118
630	93	144
800	110	160
1.000	130	180
1.200	150	200

DN/ID	$A_{min}$ (mm)	
	PVC-U (tipos A y B) y PP / PE (tipo B)	PP PE (tipo A)
100	32	40
125	38	46
150	43	51
200	54	66
225	55	68
250	59	76
300	64	84
400	64	106
500	85	128
600	96	146
800	118	168
1.000	140	190
1.200	162	212

#### A2.2.2.7. Marcado

Todos los tubos deberán ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo:

- Nombre o marca del fabricante
- Material constitutivo de la conducción
- Fecha de fabricación
- Diámetro nominal, DN (e indicación de si se refiere al interior DN/ID o al exterior DN/OD)
- Rigidez nominal, SN
- Referencia al proyecto de norma prEN 13.476-1:2002
- Marca de Calidad, en su caso

### A2.2.2.8. Control de la calidad de la fabricación

Será de aplicación lo especificado en el proyecto de norma prEN 13.476-1:2002, cuyo contenido se resume en la tabla adjunta.

Tabla 71 Control de calidad de tubos y piezas especiales de materiales termoplásticos de pared estructurada (prEN 13.476-1:2002)

	Tipo de control	Apartados
Control de materiales	Especificación del material	4.2; 4.4
	Resistencia a presión interna	4.2.2
	Resistencia a presión interna 165 h y 1000 h	4.4.2
	Índice de fluidez de masa	4.4.2
	Estabilidad térmica	4.4.2
	Densidad	4.4.2
Características geométricas		7.2
Características mecánicas	Resistencia al impacto	9.1
	Rigidez anular	9.1
	Flexibilidad o resistencia mecánica	9.1
	Resistencia a tracción	9.1
	Flexibilidad o resistencia mecánica	9.3
	Resistencia al impacto	9.3
	Rigidez anular	9.3
Características físicas	Temperatura de reblandecimiento Vicat (VST)	8.1.1; 8.1.2
	Retracción longitudinal en caliente	8.1.1
	Resistencia al diclorometano a una temperatura especificada	8.1.1
	Resistencia al calor	8.1.1
	Comportamiento al calor	8.1.2
Control de las uniones	Estanquidad de las uniones con junta elastomérica	10
	Ciclos de elevada temperatura	10
	Resistencia a ciclos combinados de temperatura y carga externa	10
	Estanquidad	10
	Prueba en uniones soldadas o por fusión	10

### A2.2.3 Tubos de gres

#### A2.2.3.1. Generalidades

Los tubos de gres objeto del presente artículo 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 en la norma UNE-EN 295, partes 1 a 7.

El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el artículo II.2.1.

#### A2.2.3.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, en los tubos de gres serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- Diámetro nominal, DN

En los tubos de gres la designación genérica DN se refiere al diámetro interior (ID).

- Ortogonalidad

En los tubos de gres, la ortogonalidad se mide a través de la desviación admisible de la perpendicularidad de los extremos, medición que debe hacerse conforme a lo especificado en la norma UNE-EN 295-3.

- Rectitud

En los tubos de gres, la rectitud se mide conforme a lo especificado en la norma UNE-EN 295-3.

- Carga de rotura

En los tubos de gres es aquella carga que, en el ensayo de aplastamiento, produce la rotura o colapso del tubo. Puede expresarse bien en  $kN/m^2$  o bien en  $kN/m$ .

- Clase de resistencia

Valor adoptado a efectos de la clasificación de los tubos (ver artículo siguiente) y que representa, en general, la carga (en  $kN/m^2$ ) de rotura de los mismos.

*A2.2.3.3. Clasificación*

Los tubos de gres se clasificarán por su diámetro nominal (DN) y por su clase de resistencia.

Los valores normalizados en UNE-EN 295 de los DN y de las clases de resistencia, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la figura adjunta.

La clase de resistencia L corresponde a tubos de escasa resistencia y no está asociada a un valor exclusivo de carga de rotura en  $kN/m^2$ , sino a unos valores de dicha carga de rotura en  $kN/m$  para cada diámetro, conforme puede verse en la Tabla 72.

Podrán admitirse clases de resistencia superiores a las indicadas en la tabla anterior, incrementándose, en cualquier caso, a razón de  $40 kN/m^2$ .

		Clase de resistencia				
		L	95	120	160	200
DN	Carga rotura ( $kN/m^2$ )	---	95	120	160	200
	200					
	225					
	250					
	300					
	350					
	400					
	450					
	500					
	600					
	700					
	800					
	1.000					
	1.200					

Fig 94. Clasificación de los tubos de gres (UNE-EN 295)

*A2.2.3.4. Características técnicas*

Los tubos, una vez fabricados, deberán resistir las cargas de rotura que se indican en la Tabla 72 según clases.

*A2.2.3.5. Dimensiones*

Las dimensiones normalizadas de los tubos de gres serán las que se indican en la Tabla 73. Las longitudes nominales, además de las indicadas en dicha tabla, podrán ser múltiplos enteros de 250 mm.

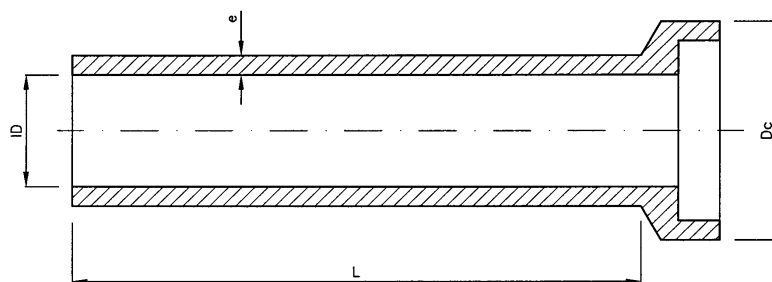


Fig 95. Dimensiones de los tubos de gres

Tabla 72 Cargas de rotura (en kN/m) en los tubos de gres (UNE-EN 295)

DN	Carga de rotura (en kN/m)				
	Clase L	Clase 95	Clase 120	Clase 160	Clase 200
200			24	32	40
225			28	36	45
250			30	40	50
300			36	48	60
350			42	56	70
400			48	64	80
450		43	54	72	
500		48	60	80	
600	48	57	72	96	
700	60	67	84		
800	60	76	96		
1.000	60	95			
1.200	60				

Tabla 73 Dimensiones de los tubos de gres (UNE-EN 295)

DN	ID (mm) mínimo	Longitud		Tolerancia en la rectitud (mm)	Tolerancia en la ortogonalidad (mm)
		Valor nominal (m)	Tolerancia		
200	195	1,00-1,50-1,60-1,85-2,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4,5	6
225	219	1,00-1,50-1,60-1,75-1,85-2,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4,5	6
250	244	1,00-1,50-1,60-1,85-2,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4,5	6
300	293	1,00-1,50-1,60-1,85-2,00-2,50	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4	6
350	341	1,00-1,50-1,60-1,85-2,00-2,50-3,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4	7
400	390	1,00-1,50-1,60-1,85-2,00-2,50-3,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4	8
450	439	1,00-1,50-1,60-1,85-2,00-2,50-3,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4	9
500	487	1,50-2,00-2,50-3,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4	10
600	585	1,50-2,00-2,50-3,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4	12
700	682	1,50-2,00-2,50-3,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4	14
800	780	1,50-2,00-2,50-3,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4	16
1.000	975	1,50-2,00-2,50-3,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4	20
1.200	1.170	1,50-2,00-2,50-3,00	-1%/+4% (mín ± 10 mm)	4	24

A2.2.3.6. Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de gres podrán ser alguno de los siguientes:

- Unión flexible mediante resina de poliuretano impregnada tanto en el enchufe como en la campana de los tubos a unir (Sistema C). Este sistema de unión será aplicable en toda la gama de dimensiones.
- Unión flexible mediante anillo elastomérico en forma de labio y posterior sellado con resina epoxy (Sistema F). Este sistema de unión sólo será aplicable en tubos de diámetro menor de 300 mm.

Se podrán emplear otros dispositivos de unión, como manguitos de polipropileno.



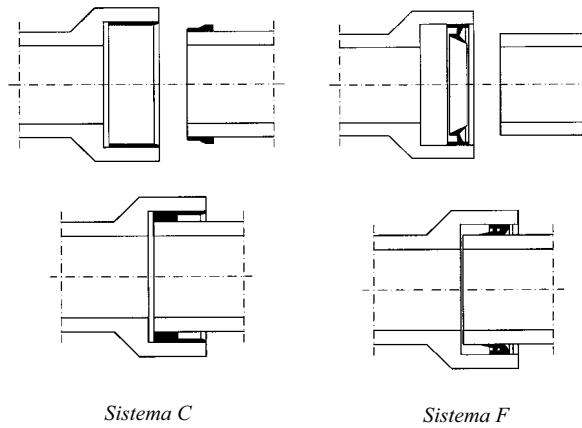


Fig 96. Sistemas de unión en los tubos de gres

A2.2.3.7. Marcado

Todos los tubos deberán ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo:

- Nombre o marca del fabricante
- Fecha de fabricación
- Diámetro nominal, DN
- Clase de tubo
- Referencia a la norma UNE-EN 295
- Marca de calidad, en su caso

A2.2.3.8. Control de la calidad de la fabricación

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 295, cuyo contenido se resume en la tabla adjunta.

Tabla 74 Control de calidad de tubos y piezas especiales de gres (UNE-EN 295)

	Tipo de control	Apartados UNE-EN 295-1	Apartados UNE-EN 295-3
Características geométricas	Diámetro mínimo interior	2.2	
	Longitud	2.3	
	Perpendicularidad de los extremos	2.4	2
	Flecha	2.5	3
	Ángulo de curvatura	2.7	
	Desviación angular	3.3	18.2
Características mecánicas	Resistencia a compresión	2.9	4
	Derivaciones	2.8	
	Intercambiabilidad de las juntas	3.6	
	Estanquidad al agua	2.14; 3.2	9; 18
	Sello hidráulico	2.6	
	Resistencia a flexión	2.10	5
	Resistencia al momento de flexión	2.11	6
	Resistencia a la fatiga bajo cargas intermitentes	2.13	8
	Resistencia al ataque químico	2.15	10
	Rugosidad hidráulica	2.16	11
	Resistencia a la abrasión	2.17	12
	Hermeticidad	2.18	13
	Resistencia mínima después de la inmersión	2.12	13
	Resistencia a l esfuerzo cortante	3.4	18.3; 18.4; 18.5
	Resistencia a los ataques físico y químico de los líquidos residuales	3.7	20
	Continuidad del curso del agua	3.5	19
	Estabilidad a los ciclos térmicos	3.8	21
Estabilidad térmica a largo plazo	3.9	21	

## A2.2.4 Tubos de fundición dúctil

### A2.2.4.1. Generalidades

Los tubos de fundición dúctil objeto del presente artículo 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 artículo II.2.1.

### A2.2.4.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, 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

En los tubos de fundición, la ovalación se calcula, en tanto por ciento, mediante la siguiente expresión:

$$100 \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D_{\max} + D_{\min}}$$

Siendo  $D_{\max}$  y  $D_{\min}$  los diámetros exteriores mayor y menor de la sección del tubo.

### A2.2.4.3. Clasificación

Los tubos de fundición dúctil se clasificarán por su diámetro nominal (DN), estando normalizado un único valor posible de espesor de la pared del tubo para cada DN

Los valores normalizados en UNE-EN 598:1996 de los DN serán los indicados en el artículo II.2.5.5

### A2.2.4.4. Características técnicas

Las características mecánicas de la fundición dúctil empleada en los tubos deberán cumplir con lo especificado en la Tabla 75. Para la densidad del material se adopta, en general, el valor de 7.050 kg/m<sup>3</sup> y para el módulo de elasticidad, 1,7 x 10<sup>5</sup> N/mm<sup>2</sup>.

Los tubos deberán identificarse exteriormente por uno de los siguientes colores: pardo, rojo o gris. En ningún caso se admitirá el color azul.

Tabla 75 Características mecánicas de la fundición dúctil

Tipo de pieza	Resistencia mínima a la tracción, $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento mínimo en rotura, $A_{\min,r}$ (%)		Dureza Brinell Máxima, HB
		DN ≤ 1000	DN > 1000	
Tubos centrifugados	420	10	7	230
Tubos no centrifugados	420	5	5	230
Piezas especiales	420	5	5	250
1) El límite elástico mínimo, $L_{e,\min}$ debe ser: > 270 N/mm <sup>2</sup> para 100 < DN ≤ 1.000 cuando $A_{\min,r} \geq 12\%$ > 270 N/mm <sup>2</sup> para DN > 1.000 cuando $A_{\min,r} \geq 10\%$ > 300 N/mm <sup>2</sup> en los demás casos				
2) Si los tubos o piezas especiales son fabricados a partir de elementos soldados, se puede admitir una dureza local más elevada en las soldaduras.				

A2.2.4.5. Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de fundición con junta flexible serán las indicadas en la Tabla 76 y en la Fig 97. Si, excepcionalmente, se dispusieran tubos unidos con bridas, sus dimensiones serán las especificadas en la norma UNE-EN 545:2002.

Tabla 76 Dimensiones de los tubos de fundición dúctil (UNE-EN 598:1996)

DN	Diámetro			Espesor Valor nominal (mm)	Longitud	
	OD	Tolerancia ID (mm)	Tolerancia OD (mm)		Valor nominal (m)	Tolerancia (mm)
100	118	-10	+1/-2,8	2,5	5 - 5,5 - 6	+30/-30
125	144	-10	+1/-2,8	2,5	5 - 5,5 - 6	+30/-30
150	170	-10	+1/-2,9	2,5	5 - 5,5 - 6	+30/-30
200	222	-10	+1/-3,0	3,0	5 - 5,5 - 6	+30/-30
250	274	-10	+1/-3,1	3,5	5 - 5,5 - 6	+30/-30
300	326	-10	+1/-3,3	4,0	5 - 5,5 - 6	+30/-30
350	378	-10	+1/-3,4	4,3	5 - 5,5 - 6	+30/-30
400	429	-10	+1/-3,5	4,6	5 - 5,5 - 6	+30/-30
450	480	-10	+1/-3,6	4,9	5 - 5,5 - 6	+30/-30
500	532	-10	+1/-3,8	5,2	5 - 5,5 - 6	+30/-30
600	635	-10	+1/-4,0	5,8	5 - 5,5 - 6	+30/-30
700	738	-10	+1/-4,3	7,6	5,5 - 6 - 7	+30/-30
800	842	-10	+1/-4,5	8,3	5,5 - 6 - 7	+30/-30
900	945	-10	+1/-4,8	9,0	6 - 7 - 8,15	+30/-30
1.000	1.048	-10	+1/-5,0	9,7	6 - 7 - 8,15	+30/-30
1.100	1.152	-11	+1/-6,0	12,0	6 - 7 - 8,15	+30/-30
1.200	1.255	-12	+1/-5,8	12,8	6 - 7 - 8,15	+30/-30
1.400	1.462	-14	+1/-6,6	14,4	6 - 7 - 8,15	+30/-30
1.500	1.565	-15	+1/-7,0	15,1	8,15	+30/-30
1.600	1.668	-16	+1/-7,4	16,0	8,15	+30/-30
1.800	1.875	-18	+1/-8,2	17,6	8,15	+30/-30
2.000	2.082	-20	+1/-9,0	19,2	8,15	+30/-30

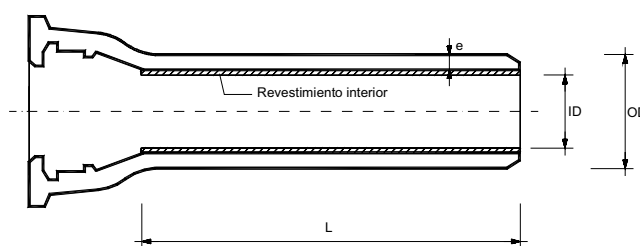


Fig 97. Dimensiones de los tubos de fundición dúctil (unión flexible)

Las tolerancias sobre las dimensiones normalizadas en los tubos de fundición deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- Las desviaciones admisibles sobre las longitudes normalizadas serán de +/-150 mm
- Sobre los valores de la longitud nominal serán aceptables hasta un 10% del número total de tubos de cada diámetro con longitudes inferiores a las normalizadas, en cuyo caso la disminución admisible es la mitad de la longitud nominal a intervalos de 0,5 para DN<700 y de 0,1 m para DN≥700
- La tolerancia para la ovalación del extremo liso de los tubos deberá permanecer dentro de las tolerancias del OD (para DN≤200), ser menor del 1% (para 250≤DN≤600) ó del 2% (para DN>600)
- Los tubos deberán ser rectos, siendo admisible una desviación en la rectitud del 0,125% de su longitud

#### A2.2.4.6. Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de fundición podrán ser alguno de los que se indican a continuación (ver Fig 98), 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 77.

- Unión flexible de enchufe y extremo liso
- Unión flexible acerojada resistente a las tracciones
- Unión flexible mecánica
- Unión rígida con bridas

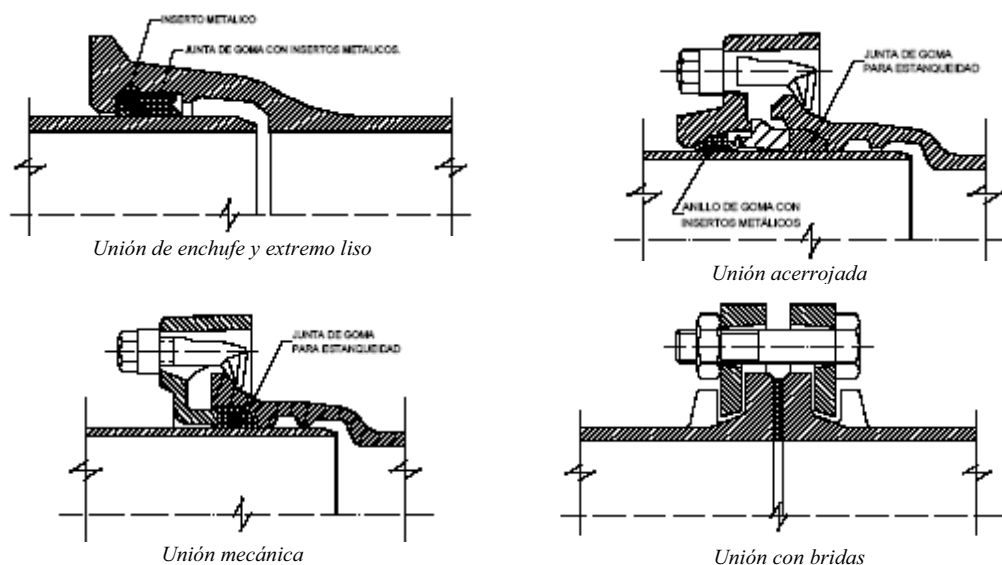


Fig 98. Tipos de uniones en los tubos de fundición

Tabla 77 Valores mínimos de la desviación angular admisible en las uniones flexibles (UNE-EN 598:1996)

DN	Tipo de unión	
	Sin acerojar	Acerrojadas
DN < 300	3° 30'	1° 45'
350 < DN < 600	2° 30'	1° 15'
700 < DN < 2.000	1° 30'	45'

#### A2.2.4.7. Revestimientos del tubo

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 598:1996:

- a) Recubrimientos exteriores:
- Recubrimientos de pintura rica en cinc con capa de acabado
  - Recubrimiento reforzado de cinc con capa de acabado
  - Manga de polietileno (añadida al recubrimiento de cinc con capa de acabado)
  - Polietileno extruído
  - Polipropileno extruído
  - Poliuretano
  - Mortero de cemento-fibras
  - Bandas adhesivas
- b) Recubrimientos interiores:
- Mortero de cemento de horno alto
  - Poliuretano
  - Polietileno
  - Resina epoxy

#### A2.2.4.8. Marcado

Todos los tubos deberán ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo:

- Nombre o marca del fabricante
- Fecha de fabricación
- Especificación de que la pieza es de fundición dúctil
- Diámetro nominal, DN
- Presión nominal, PN, en el caso de la existencia de bridas
- Marca de Calidad, en su caso
- Referencia a la norma UNE-EN 598:1996

#### A2.2.4.9. Control de la calidad de la fabricación

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 598:1996, cuyo contenido se resume en la tabla adjunta.

Tabla 78 Control de calidad de tubos y piezas especiales de fundición dúctil (UNE-EN 598:1996)

	<i>Tipo de control</i>	<i>Apartados</i>
Control de materiales	Tracción	6.3; 4.3.1
	Dureza Brinell	6.4; 4.3.2
Características geométricas	Diámetro exterior	6.1.1; 4.2.1.1
	Diámetro interior	6.1.2; 4.2.2.2
	Espesor de la pared	6.1.3; 4.2.2
	Longitud	6.1.4; 4.2.3
	Rectitud	6.2; 4.2.4
Características mecánicas	Resistencia a flexión longitudinal	7.1; 5.2
	Rigidez diametral	7.2; 5.3
	Resistencia a la abrasión	7.8; 5.7
	Estanquidad bajo presión	6.9; 6.10 4.7
	Resistencia química a los efluentes	7.7; 5.6
Control de los revestimientos	Masa de recubrimiento de cinc	6.5; 4.4.2.2
	Resistencia a compresión del recubrimiento de mortero de cemento	6.7; 4.4.3.2
	Espesor del recubrimiento del mortero de cemento	6.8; 4.4.3.2
	Espesor de recubrimiento de pintura	6.6; 4.5.2.2
Control de las uniones	Estanquidad de las uniones a la presión interna positiva	7.4; 5.5
	Estanquidad de las uniones a la presión interna negativa	7.5; 5.5
	Estanquidad de las uniones a la presión externa positiva	7.6; 5.5

### A2.2.5 Tubos de PVC-O

#### A2.2.5.1. Generalidades

Los tubos de PVC-O objeto del presente artículo 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 el proyecto de norma ISO prISO 16.422:2000<sup>4</sup>. El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el artículo II.2.1.

#### A2.2.5.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, en los tubos de PVC-O serán de aplicación las definiciones específicas para los tubos de materiales termoplásticos incluidas en el artículo II.2.6.2 (DN, ovalación, serie S, SDR, PN, LCL, MRS, C y  $\sigma_s$ ).

#### A2.2.5.3. Clasificación

Los tubos de PVC-O se clasificarán por su diámetro nominal (DN), por su presión nominal (PN) y por la Tensión Mínima Requerida (MRS) del material.

Los valores normalizados en el proyecto de norma ISO prISO 16.422:2000 de DN, PN, y MRS, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la figura adjunta, los cuales corresponden a un coeficiente de seguridad C de 1,60 que es el propuesto en prISO 16.422:2000 por defecto.

		PVC-O 315						PVC-O 355						PVC-O 400						PVC-O 450						PVC-O 500					
MRS		31,5 N/mm <sup>2</sup>						35,5 N/mm <sup>2</sup>						40,0 N/mm <sup>2</sup>						45,0 N/mm <sup>2</sup>						50,0 N/mm <sup>2</sup>					
PN		10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0
DN	63																														
	75																														
	90																														
	110																														
	125																														
	140																														
	160																														
	180																														
	200																														
	225																														
	250																														
	280																														
	315																														
	355																														
	400																														
	450																														
500																															
560																															
630																															

Fig 99. Clasificación de los tubos de PVC-O (prISO 16.422:2000)

#### A2.2.5.4. Características técnicas

Las principales características técnicas de los tubos de PVC-O, una vez fabricados, serán las que se indican en la Tabla 80.

Los valores mínimos previstos para el MRS serán 31,5; 35,5; 40; 45 y 50 N/mm<sup>2</sup>, resultando diferentes PVC-O con las denominaciones que se indican en la Tabla 79.

<sup>4</sup> Además de este pr ISO, hay normas americanas (AWWA C 909 ó ASTM F 1.483) y europeas (WIS 4-31-08) relativas a este tipología.

El coeficiente de seguridad C recomendado en el proyecto de norma ISO prISO 16.422:2000 es 1,60, resultando los valores para la tensión de diseño ( $\sigma_s = MRS/C$ ) indicados en la misma Tabla 79 según sea el tipo de PVC-O.

Los valores de la PFA de los tubos serán los que se indican en la Tabla 81 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  $F_c$  ( $PFA = PN \times F_c$ ).

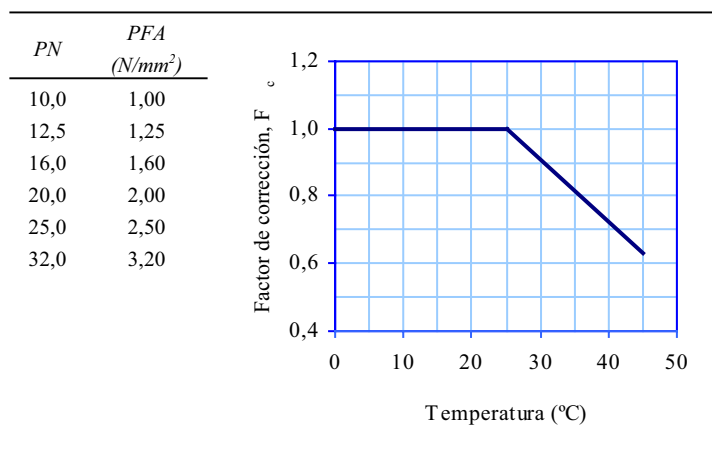
Tabla 79 Tipos de PVC-O previstos en prISO 16.422:2000

	PVC-O 315	PVC-O 355	PVC-O 400	PVC-O 450	PVC-O 500
MRS (N/mm <sup>2</sup> )	31,5	35,5	40,0	45,0	50,0
$\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	19,69	22,19	25,00	28,13	31,25

Tabla 80 Características técnicas de los tubos de PVC-O (prISO 16.422:2000 y otras fuentes)

Características físicas de los tubos	
Tª reblandecimiento Vicat	> 80°C
Opacidad	0,2 %
Color	Azul
Características mecánicas de los tubos	
Resistencia al impacto (VGI)	< 10%
Rigidez circunferencial a corto plazo, S <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	MRS (N/mm <sup>2</sup> )
	PN 10   PN 12,5   PN 16   PN 20   PN 25   PN 32
	31,5   4,9   9,4   20,0   40,0   72,0   -
	35,5   3,9   7,5   16,0   30,0   60,0   -
	40,0   -   5,2   10,7   21,0   42,0   84,0
	45,0   -   3,7   7,5   15,0   30,0   60,0
	50,0   -   2,7   5,6   10,7   21,0   42,0

Tabla 81 PFA en función de PN en los tubos de PVC-O, a 25°C y  $F_c$  de PN para T > 20°C (prISO 16.422:2000)



#### A2.2.5.5. Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PVC-O serán las que se indican en la Tabla 82. Las longitudes normalizadas de los tubos serán 6, 10 ó 12 metros (longitud sin la copa del tubo).

#### A2.2.5.6. Uniones

El sistema de unión de los tubos de PVC-O será mediante juntas flexibles de enchufe y extremo liso 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.

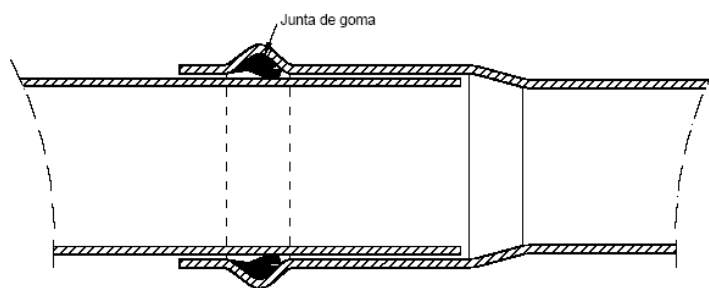


Fig 100. Detalle de unión elástica con anillo elastomérico en tubos de PVC-O

Tabla 82 Dimensiones de los tubos de PVC-O (prISO 16.422:2000)

PN	Espesor mínimo (mm)																													
	PVC-O 315					PVC-O 355					PVC-O 400					PVC-O 450					PVC-O 500									
DN	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0
63	1,5	1,9	2,4	3,0	3,7		1,4	1,7	2,2	2,7	3,4		1,5	2,0	2,4	3,0	3,8		1,5	1,8	2,2	2,7	3,4		1,5	1,5	1,9	2,4	3,0	
75	1,8	2,3	2,9	3,6	4,4		1,7	2,1	2,6	3,3	4,0		1,8	2,3	2,9	3,6	4,5		1,6	2,1	2,6	3,2	4,1		1,5	1,8	2,3	2,8	3,6	
90	2,2	2,7	3,5	4,3	5,3		2,0	2,5	3,2	3,9	4,8		2,2	2,8	3,5	4,3	5,4		2,0	2,5	3,1	3,8	4,9		1,7	2,2	2,7	3,4	4,3	
110	2,7	3,3	4,2	5,2	6,5		2,4	3,0	3,9	4,8	5,9		2,7	3,4	4,2	5,2	6,6		2,4	3,1	3,8	4,7	5,9		2,1	2,7	3,3	4,1	5,2	
125	3,0	3,8	4,8	6,0	7,4		2,8	3,5	4,4	5,4	6,7		3,0	3,9	4,8	6,0	7,5		2,7	3,5	4,3	5,3	6,8		2,4	3,0	3,8	4,7	6,0	
140	3,4	4,2	5,4	6,7	8,2		3,1	3,9	4,9	6,1	7,5		3,4	4,3	5,4	6,7	8,4		3,1	3,9	4,8	6,0	7,6		2,7	3,4	4,2	5,3	6,7	
160	3,9	4,8	6,2	7,6	9,4		3,6	4,4	5,6	7,0	8,6		3,9	5,0	6,2	7,6	9,6		3,5	4,4	5,5	6,8	8,6		3,1	3,9	4,8	6,0	7,6	
180	4,4	5,5	6,9	8,6	10,6		4,0	5,0	6,3	7,8	9,7		4,4	5,6	6,9	8,6	10,8		3,9	5,0	6,2	7,7	9,7		3,4	4,4	5,5	6,8	8,6	
200	4,9	6,1	7,7	9,5	11,8		4,4	5,5	7,0	8,7	10,8		4,9	6,2	7,7	9,5	12,0		4,4	5,6	6,9	8,5	10,8		3,8	4,9	6,1	7,5	9,5	
225	5,5	6,8	8,7	10,7	13,2		5,0	6,2	7,9	9,8	12,1		5,5	7,0	8,7	10,7	13,5		4,9	6,3	7,8	9,6	12,2		4,3	5,5	6,8	8,5	10,7	
250	6,1	7,6	9,6	11,9	14,7		5,6	6,9	8,8	10,9	13,4		6,1	7,8	9,6	11,9	15,0		5,5	6,9	8,6	10,7	13,5		4,8	6,1	7,6	9,4	11,9	
280	6,8	8,5	10,8	13,3	16,5		6,2	7,7	9,8	12,2	15,1		6,8	8,7	10,8	13,3	16,8		6,1	7,8	9,7	12,0	15,1		5,4	6,8	8,5	10,5	13,3	
315	7,7	9,5	12,1	15,0	18,5		7,0	8,7	11,1	13,7	16,9		7,7	9,8	12,1	15,0	18,9		6,9	8,8	10,9	13,5	17,0		6,0	7,7	9,5	11,8	15,0	
355	8,7	10,8	13,7	16,9	20,9		7,9	9,8	12,5	15,4	19,1		8,7	11,0	13,7	16,9	21,4		7,8	9,9	12,2	15,2	19,2		6,8	8,7	10,8	13,3	16,9	
400	9,8	12,1	15,4	19,0	23,5		8,9	11,0	14,0	17,4	21,5		9,8	12,4	15,4	19,0	24,1		8,7	11,1	13,8	17,1	21,6		7,7	9,8	12,1	15,0	19,0	
450	11,0	13,6	17,3	21,4	26,5		10,0	12,4	15,8	19,6	24,2		11,0	14,0	17,3	21,4	27,1		9,8	12,5	15,5	19,2	24,3		8,6	11,0	13,6	16,9	21,4	
500	12,2	15,2	19,2	23,8	29,4		11,1	13,8	17,5	21,7	26,9		12,2	15,5	19,2	23,8	30,1		10,9	13,9	17,2	21,4	27,0		9,6	12,2	15,2	18,8	23,8	
560	13,7	17,0	21,5	26,7	32,9		12,4	15,5	19,6	24,3	30,1		13,7	17,4	21,5	26,7	33,7		12,2	15,6	19,3	23,9	30,3		10,7	13,7	17,0	21,1	26,7	
630	15,4	19,1	24,2	30,0	37,1		14,0	17,4	22,1	27,4	33,9		15,4	19,5	24,2	30,0	37,9		13,8	17,5	21,7	26,9	34,1		12,1	15,4	19,1	23,7	30,0	

A2.2.5.7. Marcado

Todos los tubos deberán ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo:

- Nombre o marca del fabricante
- Fecha de fabricación
- Tipo de material
- Diámetro nominal, DN
- Presión nominal, PN
- Espesor nominal, e
- Marca de Calidad, en su caso
- Referencia a la norma de producto utilizada en la fabricación

A2.2.5.8. Control de la calidad de la fabricación

Será de aplicación lo especificado en el proyecto de norma prISO 16.422:2000, cuyo contenido se resume en la tabla adjunta.



Tabla 83 Control de calidad de tubos y piezas especiales de PVC-O (pr ISO 16.422:2.000)

	Tipo de control	Apartados
Control de materiales	MRS	7.1
	Tª reblandecimiento Vicat	5.1
	Opacidad	9.2
Características geométricas		10.1
Características mecánicas	Resistencia a presión hidrostática	11.1
	Resistencia a impactos	11.2
	Rigidez circunferencial	11.3
Características físicas	Resistencia a tracción	12.1
Control de las uniones	Estanquidad a presión hidrostática a corto plazo	13.2
	Estanquidad a presión negativa a corto plazo	13.3
	Estanquidad a presión hidrostática a largo plazo	13.4

## A2.2.6 Tubos de PRFV

### A2.2.6.1. Generalidades

Los tubos de PRFV podrán emplearse tanto en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre como bajo presión hidráulica interior.

El uso de este tipo de tubos se limitará al indicado en el artículo II.2.1.

En el primer caso (funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre) deberán cumplir con lo especificado por la norma UNE-EN 1.636 (Parte 5).

En el segundo caso (funcionamiento hidráulico bajo presión hidráulica interior) deberán cumplir, con carácter general, con lo especificado por la norma UNE-EN 1.115 (Partes 1 y 5).

Además, en ambos casos, deberán cumplir con lo especificado por la norma UNE 53.323:2001 EX<sup>5</sup>

### A2.2.6.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, en estos tubos serán de aplicación las siguientes de manera específica:

#### - Diámetro nominal, DN

Los tubos de PRFV pueden ser fabricados bajo dos series: la serie A y la B, de manera que la designación genérica DN se refiere al diámetro interior (ID) en los de la serie A y al exterior (OD) en los de la serie B.

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 2.531:1998), de PVC (según ISO 161-1:1996) o de acero (según ISO 4.200:1992).

#### - Rigidez circunferencial específica, S<sub>c</sub>

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:

<sup>5</sup> Esta norma incorpora el contenido de los prEN 1.636:1996 y prEN 1.115:1997, no aprobados todavía en su totalidad. Cuando existan definitivamente las normas UNE-EN 1.636 y la UNE-EN 1.115, con todas sus partes, será derogada en la parte correspondiente a conducciones para evacuación y saneamiento.

$$S_c = \frac{EI}{D_m^3}$$

$S_c$	rigidez circunferencial específica, en $N/mm^2$
$E$	módulo de elasticidad a flexión circunferencial, en $N/mm^2$ .
$I$	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 $N \times mm$ .
$D_m$	diámetro medio teórico del tubo ( $D_m = DN + e$ ó $OD - e$ , según la Serie, A ó B), en mm.

- Rigidez nominal, SN

Rigidez circunferencial específica a corto plazo ( $S_0$ ), expresada en  $N/m^2$ .

- Factor de fluencia

Parámetro adimensional obtenido dividiendo la  $S_c$  a largo plazo ( $S_{50}$ ) y la  $S_c$  a corto plazo ( $S_0$ ).

En los tubos de PRFV instalados en alcantarillados bajo presión hidráulica interior, son de aplicación, además las siguientes definiciones de manera específica:

- Presión nominal, PN

Es el valor que coincide con la DP en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 23°C.

- Presión de diseño inicial mínima,  $P_{O,d}$

Valor mínimo, expresado en bar, de la presión media de fallo a corto plazo en el ensayo de reventamiento.

#### A2.2.6.3. Clasificación

Los parámetros de clasificación de los tubos de PRFV a emplear en las redes de alcantarillado son diferentes, en función de que vaya o no a estar sometida a presión hidráulica interior.

- Tubos para alcantarillados en lámina libre

Los tubos de PRFV cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre se clasificarán por su diámetro nominal (DN) y por su rigidez nominal (SN).

- Tubos para alcantarillados bajo presión hidráulica interior

Los tubos de PRFV cuyo funcionamiento hidráulico sea bajo presión hidráulica interior se clasificarán por su diámetro nominal (DN), por su rigidez nominal (SN) y por su presión nominal (PN).

Los valores normalizados en UNE 53.323:2001 EX de los DN, SN y PN, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la Fig 101.

#### A2.2.6.4. Características técnicas

Las características físicas de los tubos de PRFV a corto plazo deben ser, como mínimo, las indicadas en la Tabla 84.



En el caso específico de los tubos de PRFV para aplicaciones en alcantarillados bajo presión hidráulica interior, los valores mínimos de la PFA serán los que se indican en la tabla adjunta en función de la PN de la conducción.

Tabla 85 PFA en función de la PN en los tubos de PRFV (UNE 53.323:2001 EX)

PN	PFA (N/mm <sup>2</sup> )
4,0	0,40
6,0	0,60
10,0	1,00
12,5	1,25
16,0	1,60
20,0	2,00
25,0	2,50
32,0	3,20

A2.2.6.5. Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PRFV serán las indicadas en la tabla adjunta.

Tabla 86 Dimensiones de los tubos de PRFV (UNE 53.323:2001 EX)

DN	Diámetros (mm)										Longitudes (m)	
	Serie A			Serie B1		Serie B2		Serie B3		Serie B4		
	ID <sub>min</sub>	ID <sub>max</sub>	Tol	OD	Toler.	OD	Toler.	OD	Tol.	OD		Toleranc.
100	97	103	1,5			115,0	+1/+0,3	110	+0,4	114,3	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
125	122	128	1,5			141,0	+1/+0,2	125	+0,4	139,7	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
150	147	153	1,5			167,0	+1/+0,1	160	+0,5	168,3	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
200	196	204	1,5			220,0	+1/0,0	200	+0,6	219,1	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
250	246	255	1,8			271,8	+1/-0,2	250	+0,8	273,0	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
300	296	306	2,1	310	+1/-1,0	323,8	+1/-0,3	315	+1,0	323,9	+1,5/-0,2	3-5-6-10-12-18
350	346	357	2,4	361	+1/-1,2	375,7	+1/-0,3	355	+1,1			3-5-6-10-12-18
400	396	408	2,7	412	+1/-1,4	426,6	+1/-0,3	400	+1,3			3-5-6-10-12-18
450	446	459	3,0	463	+1/-1,6	477,6	+1/-0,4	450	+1,5			3-5-6-10-12-18
500	496	510	3,6	514	+1/-1,8	529,5	+1/-0,4	500	+1,5			3-5-6-10-12-18
600	595	612	4,2	616	+1/-2,0	632,5	+1/-0,5	630	+1,9			3-5-6-10-12-18
700	695	714	4,2	718	+1/-2,2							3-5-6-10-12-18
800	795	816	4,2	820	+1/-2,4							3-5-6-10-12-18
900	895	918	5,0	924	+1/-2,6							3-5-6-10-12-18
1.000	995	1.020	5,0	1.026	+1/-2,6							3-5-6-10-12-18
1.200	1.195	1.220	5,0	1.229	+1/-2,6							3-5-6-10-12-18
1.400	1.395	1.420	5,0	1.434	+1/-2,8							3-5-6-10-12-18
1.600	1.595	1.620	5,0	1.638	+1/-2,8							3-5-6-10-12-18
1.800	1.795	1.820	5,0	1.842	+1/-3,0							3-5-6-10-12-18
2.000	1.995	2.020	5,0	2.046	+1/-3,0							3-5-6-10-12-18
2.200	2.195	2.220	5,0	2.250	+1/-3,2							3-5-6-10-12-18
2.400	2.395	2.420	6,0	2.453	+1/-3,4							3-5-6-10-12-18



Fig 102. Dimensiones en los tubos de PRFV (tubos con embocadura o lisos)

En la norma UNE 53.323:2001 EX se prevén como diámetros nominales no convencionales los valores de 1.100, 1.300, 1.500, 1.700, 1.900, 2.100 ó 2.300 mm.

Las longitudes de los tubos serán, habitualmente, 6 ó 12 metros, si bien podrán admitirse tubos en otras longitudes de las normalizadas, especialmente cuando el proceso de fabricación sea en continuo.

Del número total de tubos suministrados en cada diámetro, el fabricante podrá entregar hasta un 10% en longitudes más cortas. Las tolerancias sobre la longitud nominal serán de +/- 60 mm.

#### A2.2.6.6. Uniones

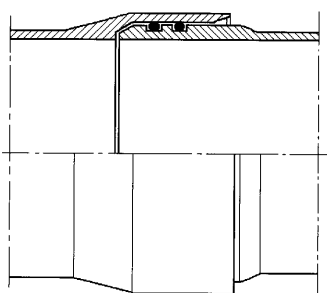
Los sistemas de unión de los tubos de PRFV podrán ser alguno de los siguientes:

- c) Uniones rígidas
  - Con bridas (fijas o móviles)
  - Encoladas (o pegadas)
  - Vendadas a tope (o laminadas)
- d) 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

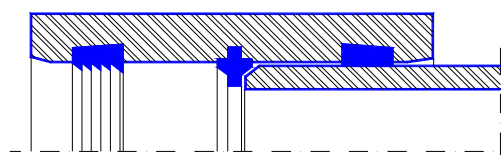
Cuando las uniones sean flexibles la desviación angular admisible no deberá ser inferior a los valores indicados en la Tabla 87. El movimiento axial será inferior al 0,3% de la longitud de los tubos a unir.

Tabla 87 Desviaciones angulares mínimas de las uniones flexibles (UNE 53.323:2001 EX)

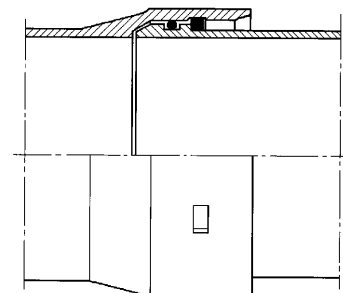
DN	Desviación angular mínima
DN ≤ 500	3,0 °
500 < DN ≤ 900	2,0 °
900 < DN ≤ 1.800	1,0 °
DN > 1.800	0,5 °



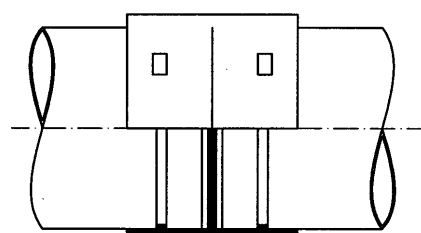
Unión enchufe campana con anillo elastomérico



Unión mediante manguito con anillo elastomérico



Unión enchufe campana autotrabada



Unión con manguito autotrabada

Fig 103. Ejemplos de uniones en tubos de PRFV

#### A2.2.6.7. Marcado

Todos los tubos deberán ser marcados en fábrica con al menos las siguientes indicaciones:

- Nombre o marca del fabricante
- Referencia a la norma correspondiente
- Fecha de fabricación
- Diámetro nominal, DN
- Serie de diámetros (A, B1, B2, B3 ó B4)
- Presión nominal, PN, en aplicaciones bajo presión hidráulica interior
- Rigidez nominal, SN
- Marca de Calidad, en su caso

#### A2.2.6.8. Control de la calidad de la fabricación

Será de aplicación lo especificado en UNE 53.323:2001 EX, cuyo contenido se resume a continuación.

Tabla 88 Control de calidad de tubos y piezas especiales de PRFV (UNE 53.323:2001 EX)

	Tipo de control	Apartados
Control de materiales	Refuerzo	4.2.2
	Resina	4.2.3
	Áridos	4.2.4
Características geométricas		6.1
Características mecánicas	Rigidez circunferencial específica inicial	5.2.1; 6.2.1
	Rigidez circunferencial específica a largo plazo	5.2.2; 6.2.2
	Resistencia inicial al fallo en flexión	5.2.3; 6.2.3
	Resistencia a rotura a largo plazo para el fallo en condiciones de deformación (deflexión)	5.2.4; 6.2.4
	Resistencia inicial específica en tracción longitudinal	5.2.5; 6.2.5
	Presión inicial de diseño	5.2.6; 6.2.6
	Presión de fallo a largo plazo	5.2.7; 6.2.7
	Estanquidad	5.3; 6.3
Control de las uniones	Flexibles no resistentes a esfuerzos axiales	7.2
	Flexibles resistentes a esfuerzos axiales	7.3
	Laminadas o pegadas	7.4
	Embridadas	7.5

### A2.2.7 Tubos de PE de pared lisa

#### A2.2.7.1. Generalidades

Los tubos de PE de pared lisa objeto del presente artículo 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 artículo II.2.1.

#### A2.2.7.2. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.5, en los tubos de PE serán de aplicación las siguientes de manera específica:

- Diámetro nominal, DN

En los tubos de PE de pared lisa la designación genérica DN se refiere al diámetro exterior (OD).

- Ovalación

En los tubos de PE de pared lisa, la ovalación se mide como 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.

$$S = \frac{r_m}{e} \quad r_m = \frac{DN - e}{2}$$

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:

$$S_c = \frac{EI}{D_m^3}$$

$S_c$	rigidez circunferencial específica, en $N/mm^2$
E	módulo de elasticidad a flexión circunferencial, en $N/mm^2$
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 $N \times mm$
$D_m$	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:

$$S_c = \frac{E}{96 S^3}$$

- Rigidez nominal, SN

Valor que coincide aproximadamente con la rigidez circunferencial específica a corto plazo ( $S_0$ ), expresada en  $kN/m^2$ .

- 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 90).

- 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 89.

Tabla 89 Tensión mínima requerida. Valores de aplicación de las Series de los 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,  $\sigma_s$

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:

$$PN = \frac{2 e \sigma_s}{DN} = \frac{\sigma_s}{S}$$

### A2.2.7.3. 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.

Funcionamiento bajo presión hidráulica interior																															
		PE 63								PE 80								PE 100													
		6,3 N/mm <sup>2</sup>								8,0 N/mm <sup>2</sup>								10,0 N/mm <sup>2</sup>													
MRS		2,5	3,2	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	3,2	4,0	5,0	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	4,0	5,0	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	30,0		
SDR		41,0	33,0	26,0	21,0	17,6	13,6	11,0	9,0	7,4	6,0	41,0	33,0	26,0	17,0	13,6	11,0	9,0	7,4	6,0	41,0	33,0	21,0	17,0	13,6	11,0	9,0	7,4	6,0		
S		20,0	16,0	12,5	10,0	8,3	6,3	5,0	4,0	3,2	2,5	20,0	16,0	12,5	8,0	6,3	5,0	4,0	3,2	2,5	20,0	16,0	10,0	8,0	6,3	5,0	4,0	3,2	2,5		
DN		32																													
		40																													
		50																													
		63																													
		75																													
		90																													
		110																													
		125																													
		140																													
		160																													
		180																													
		200																													
		225																													
		250																													
		280																													
		315																													
		355																													
		400																													
		450																													
		500																													
		560																													
		630																													
		710																													
		800																													
		900																													
		1.000																													
		1.200																													
		1.400																													
		1.600																													

Fig 104. Clasificación de los tubos de PE de pared lisa (UNE-EN 13.244:2003)

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 artículo II.2.8.2).



Los valores normalizados en UNE-EN 13.244:2003 de DN, PN, SDR, S y MRS, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la figura adjunta. El rango de utilización de los tubos de PE indicado en la Fig 104 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 artículo II.2.8.4).

#### A2.2.7.4. 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/mm<sup>2</sup> y a largo plazo,  $E_{50}$ , de 150 N/mm<sup>2</sup>.

La resistencia mínima a flexotracción a corto o a largo plazo será, respectivamente, 30 ó 14,4 N/mm<sup>2</sup>.

Los tubos deberán cumplir, además, con las siguientes características mecánicas de forma específica:

- Los valores mínimos previstos para el MRS serán 6,3; 8 y 10 N/mm<sup>2</sup>, resultando diferentes PE con las denominaciones que se indican en la Tabla 91.
- El coeficiente de seguridad C recomendado en UNE-EN 13.244:2003 es 1,25, si bien dicha norma prevé la posibilidad de utilizar valores mayores, como los de la Tabla 91.
- La tensión de diseño ( $\sigma_s = \text{MRS}/C$ ) adoptará los valores de la Tabla 91 según sea el tipo de PE y el C adoptado. Sombreados se marcan los valores habituales.
- Los valores de la PFA de los tubos serán los que se indican en la Tabla 90 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  $F_c$  ( $\text{PFA} = \text{PN} \times F_c$ ).

Tabla 90 PFA en función de PN en los tubos de PE, a 20°C y  $F_c$  de PN para  $T > 20^\circ\text{C}$  (UNE-EN 13.244:2003)

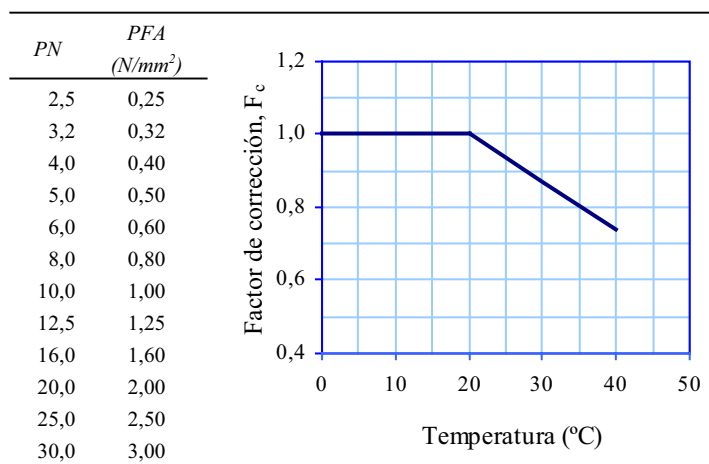


Tabla 91 Tipos de polietilenos previstos en UNE-EN 13.244:2003

	PE 63	PE 80	PE 100
LCL (N/mm <sup>2</sup> )	6,30 a 7,99	8,00 a 9,99	10,00 a 11,19
MRS (N/mm <sup>2</sup> )	6,3	8	10
C		$\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	
1,25	5,0	6,3	8,0
1,60	4,0	5,0	6,3
2,00	3,2	4,0	5,0
2,50	2,5	3,2	4,0
3,20	2,0	2,5	3,2

A2.2.7.5. Dimensiones

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PE serán las que se indican en la tabla adjunta.

Tabla 92 Dimensiones de los tubos de PE para aplicaciones bajo presión hidráulica interior(UNE-EN 13.244-2:2003)

Diámetro (mm)		Ovalación (mm)	Espesor nominal mínimo (mm)											
DN	Tol.		S SDR	2,5 6	3,2 7,4	4 9	5 11	6,3 13,6	8 17	8,3 17,6	10 21	12,5 26	16 33	20 41
32	0,3	1,3		5,4	4,4	3,6	3,0	2,4	2,0	2,0				
40	0,4	1,4		6,7	5,5	4,5	3,7	3,0	2,4	2,3	2,0			
50	0,4	1,4		8,3	6,9	5,6	4,6	3,7	3,0	2,9	2,4	2,0		
63	0,4	1,5		10,5	8,6	7,1	5,8	4,7	3,8	3,6	3,0	2,5		
75	0,5	1,6		12,5	10,3	8,4	6,8	5,6	4,5	4,3	3,6	2,9		
90	0,6	1,8		15,0	12,3	10,1	8,2	6,7	5,4	5,1	4,3	3,5		
110	0,7	2,2		18,3	15,1	12,3	10,0	8,1	6,6	6,3	5,3	4,2		
125	0,8	2,5		20,8	17,1	14,0	11,4	9,2	7,4	7,1	6,0	4,8		
140	0,9	2,8		23,3	19,2	15,7	12,7	10,3	8,3	8,0	6,7	5,4		
160	1,0	3,2		26,6	21,9	17,9	14,6	11,8	9,5	9,1	7,7	6,2		
180	1,1	3,6		29,9	24,6	20,1	16,4	13,3	10,7	10,2	8,6	6,9		
200	1,2	4,0		33,2	27,4	22,4	18,2	14,7	11,9	11,4	9,6	7,7		
225	1,4	4,5		37,4	30,8	25,2	20,5	16,6	13,4	12,8	10,8	8,6		
250	1,5	5,0		41,5	34,2	27,9	22,7	18,4	14,8	14,2	11,9	9,6		
280	1,7	5,8		46,5	38,3	31,3	25,4	20,6	16,6	15,9	13,4	10,7		
315	1,9	6,6		52,3	43,1	35,2	28,6	23,2	18,7	17,9	15,0	12,1	9,7	7,7
355	2,2	7,5		59,0	48,5	39,7	32,2	26,1	21,1	20,1	16,9	13,6	10,9	8,7
400	2,4	8,4			54,7	44,7	36,3	29,4	23,7	22,7	19,1	15,3	12,3	9,8
450	2,7	9,5			61,5	50,3	40,9	33,1	26,7	25,5	21,5	17,2	13,8	11,0
500	3,0	10,6				55,8	45,4	36,8	29,7	28,3	23,9	19,1	15,3	12,3
560	3,4	11,8					50,8	41,2	33,2	31,7	26,7	21,4	17,2	13,7
630	3,8	13,1					57,2	46,3	37,4	35,7	30,0	24,1	19,3	15,4
710	4,4	14,6						52,2	42,1	40,2	33,9	27,2	21,8	17,4
800	5,0	16,2						58,8	47,4	45,3	38,1	30,6	24,5	19,6
900	5,7	18,0							53,3	51,0	42,9	34,4	27,6	22,0
1.000	6,5	19,9							59,3	56,6	47,7	38,2	30,6	24,5
1.200	7,5	22,1								57,2	45,9	36,7	29,4	
1.400	8,7	24,6									53,5	42,9	34,3	
1.600	10,0	27,4										61,2	49,0	39,2

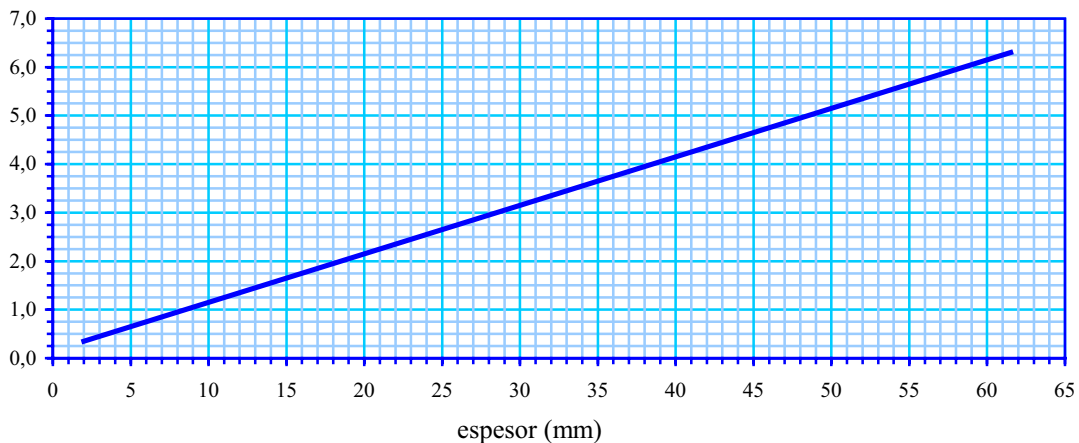


Fig 105. Tolerancias (en mm) en los espesores en los tubos de PE (UNE-EN 13.244-2:2003)

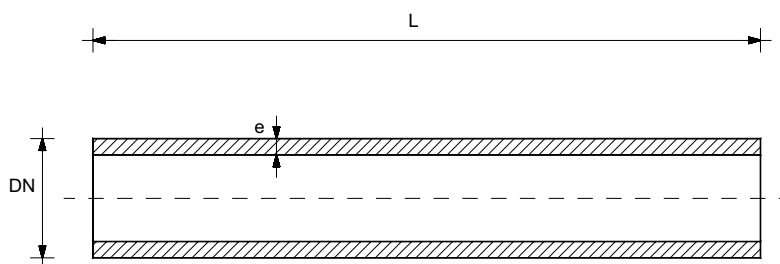


Fig 106. Dimensiones de los tubos de PE

### A2.2.7.6. Uniones

Los sistemas de unión de los tubos de PE podrán ser alguno de los que se indican a continuación (uniones rígidas):

- Unión soldada térmicamente a tope
- Unión por electrofusión
- Unión mediante accesorios mecánicos

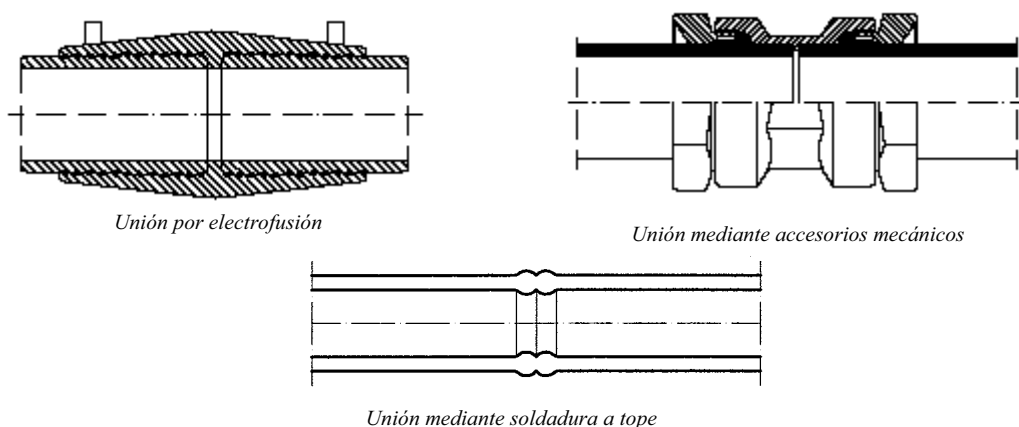


Fig 107. Sistemas de unión en los tubos de PE

### A2.2.7.7. Marcado

Todos los tubos deberán ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo:

- Nombre o marca del fabricante
- Fecha de fabricación
- Tipo de material
- Diámetro nominal, DN
- Presión nominal, PN
- Espesor nominal, e
- Referencia a la norma UNE-EN 13.244:2003
- Marca de calidad, en su caso

### A2.2.7.8. Control de la calidad de la fabricación

Será de aplicación lo especificado en el proyecto de norma prEN 13.244, cuyo contenido se resume en la tabla adjunta.

Tabla 93 Control de calidad de tubos y piezas especiales de PE de pared lisa bajo presión interior (prEN 13.244)

Tipo de control		Apartados prEN 13.244-1	Apartados prEN 13.244-2	Apartados prEN 13.244-3
Control de materiales	Densidad del compuesto	4.4		
	Contenido en negro de carbono	4.4		
	Dispersión del negro de carbono	4.4		
	Dispersión del pigmento (Para compuesto de colores distinto del negro)	4.4		
	Contenido en agua	4.4		
	Contenido en materias volátiles	4.4		
	Tiempo de inducción a la oxidación	4.4		
	Índice de fluidez en masa	4.4		
	Resistencia a la tracción en uniones a	4.4		

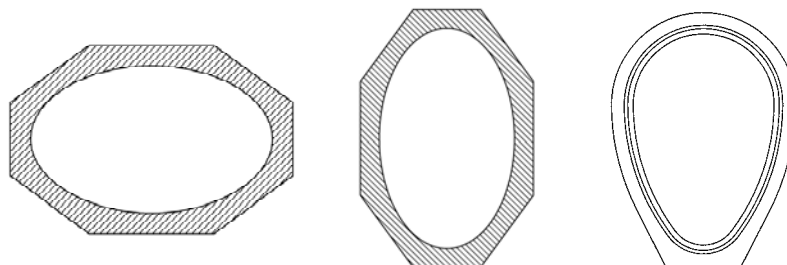
	tope por fusión		
	Resistencia a la propagación lenta de fisuras - tamaño del tubo de 110 mm o 125 mm SDR 11	4.4	
	Resistencia a la propagación rápida de fisuras	4.4	
	MRS	4.6	
Características geométricas			6
Características mecánicas	Resistencia hidrostática a 20 °	7	7
	Resistencia hidrostática a 80 °	7	7
Características físicas	Alargamiento en la rotura	8	
	Índice de fluidez en masa MFR	8	8
	Tiempo de inducción a la oxidación	8	8
	Resistencia a la descohesión para accesorios de electrofusión por embocadura		8
	Resistencia a la tracción en uniones por fusión a tope de accesorios (accesorios con extremo macho)		8

### A2.3 Conducciones de otros materiales y tipologías

De manera excepcional, y siempre bajo la aprobación técnica del Canal de Isabel II, podrán emplearse conducciones de otros materiales y tipologías a los normalizados en el artículo anterior, debiendo cumplir, en cualquier caso, con los requisitos establecidos en el presente artículo.

#### A2.3.1 Conducciones de hormigón de sección no circular

Las conducciones de hormigón de sección no circular objeto del presente artículo solo podrán emplearse en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre. Las conducciones de sección ovoide, en particular, deberán cumplir, en general, con lo especificado para las mismas en las normas UNE-EN 1.916:2003 y UNE 127.916:2004. Únicamente se admitirán ovoides de hormigón armado (UNE 127.916:2004).



Conducción con sección interior elíptica y forma exterior poligonal    Conducción de sección ovoide

Fig 108. Ejemplos de conducciones de sección no circular

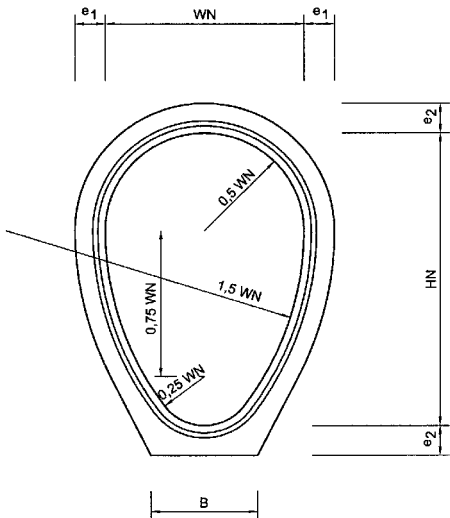
Las conducciones de hormigón de sección no circular se clasificarán por su altura y anchura nominal (WN/HN) y por su clase de resistencia. En particular, en las conducciones de sección ovoide, los valores normalizados en UNE 127.916:2004 de WN/HN y de las clases de resistencia, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la Fig 109.

		Clase de resistencia (kN/m <sup>2</sup> )			
		60	90	135	180
Carga fisuración (kN/m <sup>2</sup> )		40	60	90	120
Carga rotura (kN/m <sup>2</sup> )		60	90	135	180
WN/HN	600 / 900				
	700 / 1.050				
	800 / 1.200				
	900 / 1.350				
	1.000 / 1.500				
	1.200 / 1.800				
	1.400 / 2.100				

Fig 109. Clasificación de las conducciones de hormigón armado de sección ovoide (UNE 127.916:2004)

Las dimensiones normalizadas de las conducciones de hormigón de sección ovoide serán las indicadas en la tabla adjunta.

Tabla 94 Dimensiones de las conducciones de hormigón de sección ovoide (UNE 127.916:2004)

	WN / HN	Tolerancia (mm)		Espesor mínimo (mm)	
		WN/HN	Ortogonalidad	Clave (e <sub>2</sub> )	Riñones (e <sub>1</sub> )
	600 / 900	± 9	9	98	74
	700 / 1.050	± 10	11	110	84
	800 / 1.200	± 11	12	122	94
	900 / 1.350	± 12	14	134	102
	1.000 / 1.500	± 13	15	146	110
	1.200 / 1.800	± 14	16	160	122
	1.400 / 2.100	± 15	19	200	160

Las conducciones de sección ovoide deberán resistir las cargas de fisuración y de rotura que se indican en la tabla adjunta según dimensiones y clases.

Tabla 95 Cargas de fisuración y de rotura (en kN/m) en las conducciones de sección ovoide (UNE 127.916:2004)

WN/HN	Clase 60		Clase 90		Clase 135		Clase 180	
	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura
600 / 900			36,0	54,0	54,0	81,0	72,0	108,0
700 / 1.050			42,0	63,0	63,0	94,5	84,0	126,0
800 / 1.200			48,0	72,0	72,0	108,0	96,0	144,0
900 / 1.350			54,0	81,0	81,0	121,5	108,0	162,0
1.000 / 1.500			60,0	90,0	90,0	135,0	120,0	180,0
1.200 / 1.800	48,0	72,0	72,0	108,0	108,0	162,0		
1.400 / 2.100	56,0	84,0	84,0	126,0	126,0	189,0		

El sistema de unión de las conducciones de hormigón de sección no circular será, habitualmente, con los extremos acabados de manera machihembrada, para el que es de aplicación lo especificado en el artículo II.2.2.6 para este tipo de uniones.

### A2.3.2 Tubos de hormigón polímero

Los tubos de hormigón polímero objeto del presente artículo 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 en el proyecto de norma europea prEN 14636-1 (parte 1)<sup>6</sup>. Podrán emplearse tanto en instalaciones enterradas convencionales como mediante hinca.

Sólo se admitirán tubos de hormigón polímero de sección circular, no siendo admisibles conducciones de sección ovoide.

La serie de diámetros nominales normalizados de los tubos de hormigón polímero será la siguiente:

<sup>6</sup> Además de este proyecto de norma europea, existe normativa norteamericana ASTM (ASTM D 6783-02) y alemana DIN (DIN 54.815:1998) relativas a este tipo de tubos.

150 – 200 – 250 – 300 – 400 – 500 – 600 – 700 – 800 – 900 – 1.000 – 1.200 – 1.400 – 1.500 – 1.600 – 1.800 – 2.000 – 2.200 – 2.400 – 2.600 – 2.800 – 3.000

El sistema de unión de los tubos de hormigón polímero para instalaciones convencionales será, habitualmente, con los extremos acabados de manera machihembrada, para el que es de aplicación lo especificado en el artículo II.2.2.6 para este tipo de uniones.

El sistema de unión de los tubos de hormigón polímero para instalaciones mediante hinca será mediante manguito de acero inoxidable (conforme a lo indicado en la norma UNE 10.025:1994) y junta de sellado, siendo admisibles distintos diseños según la colocación del manguito y de la junta.

En cuanto al control de la calidad de la fabricación, será de aplicación lo especificado en los apartados 4 y 5 del proyecto de norma prEN 14.636-1:2003, cuyo contenido se resume en la tabla adjunta.

Tabla 96 Control de calidad de tubos y piezas especiales de hormigón polímero (prEN 14.636-1:2003)

Tipo de control		Apartado
Control de materiales		4.1
Características geométricas		5.3
Características mecánicas	Resistencia al aplastamiento	5.4.1
	Resistencia a la flexión longitudinal	5.4.2
	Resistencia a la compresión	5.4.3
	Fatiga	5.4.4
	Estanquidad	5.4.5
	Resistencia química	5.4.7

### A2.3.3 Galerías de hormigón armado

Las galerías de hormigón armado objeto del presente artículo sólo podrán emplearse en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre, debiendo cumplir su diseño y fabricación con lo especificado para las obras de hormigón por la vigente EHE.

La sección transversal de las galerías prefabricadas de hormigón armado será, en general, rectangular acabada en su parte superior en forma semicircular, pudiendo o no disponer de un canal de aguas bajas dimensionado para el caudal mínimo de aguas residuales, el cual, a su vez, admitirá distintos diseños (semicircular, rectangular, trapecial, etc., ver Fig 110).

El ancho de las galerías deberá estar comprendido entre 1 y 2,5 metros, con escalonamientos normalizados de 25 cm; las alturas serán variables y las bóvedas deberán ser semicirculares.

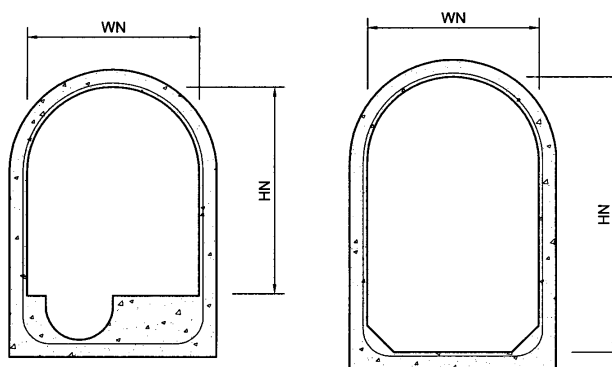


Fig 110. Galerías abovedadas de hormigón armado con andén o sin él

El sistema de unión de las galerías de hormigón será, habitualmente, con los extremos acabados de manera machihembrada, para las que será de aplicación lo especificado en el artículo II.2.2.6 para este tipo de uniones.

El control de la calidad de fabricación de galerías de hormigón se efectuará conforme a lo especificado en la vigente EHE.

### A2.3.4 Tubos de PVC-U de pared lisa

Los tubos de PVC-U de pared lisa se emplearán exclusivamente en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre, debiendo cumplir con lo especificado por la norma UNE-EN 1.401 (Partes 1 a 3).

Se clasificarán por su diámetro nominal (DN) y por su rigidez nominal (SN), si bien alternativamente a esta última variable 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 artículo II.2.8.2).

Los valores normalizados en UNE-EN 1.401-1:1998 de DN, SN, SDR y S, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la figura adjunta.

Funcionamiento en régimen de lámina libre			
SN	2	4	8
SDR	51,0	41,0	34,4
S	25,0	20,0	16,7
DN	110		
	125		
	160		
	200		
	250		
	315		
	355		
	400		
	450		
	500		
	630		
	710		
	800		
900			
1.000			

Fig 111. Clasificación de los tubos de PVC-U de pared lisa en redes de alcantarillado cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre (UNE-EN 1.401-1:1998)

Las principales características técnicas de los tubos de PVC-U, serán las especificadas en la Tabla 97. La resistencia a flexotracción a corto o a largo plazo será, respectivamente, 90 ó 50 N/mm<sup>2</sup> (UNE 53.331:1997 IN).

Tabla 97 Características técnicas de los tubos de PVC-U (UNE-EN 1.401-1:1998)

<i>Características físicas de los tubos</i>	
Temperatura de reblandecimiento Vicat	≥ 79°C
Estabilidad dimensional	≤ 5 %
Color	Gris claro o marrón-naranja
<i>Características mecánicas de los tubos</i>	
Resistencia al impacto	≤ 10%

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PVC-U serán las que se indican en las tablas adjuntas (las dimensiones indicadas entre paréntesis son valores no preferentes).

Tabla 98 Dimensiones de los tubos de PVC-U (UNE-EN 1.401-1:1998)

Diámetro (mm)		Ovalación (mm)	Espesor (mm)		
DN	To.l OD		(SN 2) (SDR 51) (S 25)	SN 4 SDR 41 S20	SN 8 SDR 34 S 16,7
110	0,3	2,64		3,2	3,2
125	0,3	3,00		3,2	3,7
160	0,4	3,84	3,2	4,0	4,7
200	0,5	4,80	3,9	4,9	5,9
250	0,5	6,00	4,9	6,2	7,3
315	0,6	7,56	6,2	7,7	9,2
(355)	0,7	8,52	7,0	8,7	10,4
400	0,7	9,60	7,9	9,8	11,7
(450)	0,8	10,80	8,8	11,0	13,2
500	0,9	12,00	9,8	12,3	14,6
630	1,1	15,12	12,3	15,4	18,4
(710)	1,2	17,04	13,9	17,4	
800	1,3	19,20	15,7	19,6	
(900)	1,5	21,60	17,6	22,0	
1.000	1,6	24,00	19,6	24,5	

La longitud nominal de los tubos de PVC-U será, preferentemente, de 6 metros, si bien, excepcionalmente, podrán admitirse otras longitudes, si así lo acepta la Dirección de Obra.

El sistema de unión de los tubos de PVC-U será habitualmente mediante juntas flexibles de enchufe y extremo liso con anillo elastomérico (o de “enchufe y campana”).

En cuanto al control de la calidad de la fabricación, será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 1.401, cuyo contenido se resume en la tabla adjunta.

Los ensayos de verificación del proceso de fabricación de tuberías y piezas especiales y la frecuencia de los mismos serán conformes a lo recogido en el apartado 4 de la norma UNE-ENV 1.401-2:2001.

Tabla 99 Control de calidad de tubos y piezas especiales de PVC-U de pared lisa en régimen de lámina libre (UNE-EN 1.401)

	Tipo de control	Apartados UNE-EN 1.401-1
Control de materiales	Contenido en PVC-U	4.1
	Resistencia a presión interna	4.2
Características geométricas	Diámetro exterior	6.2.1
	Ovalación	6.2.2
	Espesor	6.2.5
	Dimensiones de piezas especiales	6.3; 6.4
Características mecánicas	Resistencia al impacto. (Método esfera reloj)	7.1
	Flexibilidad o resistencia mecánica	7.2
	Resistencia al impacto. (Ensayo caída)	7.2
Características físicas	Temperatura de reblandecimiento Vicat (VST)	8.1; 8.2
	Retracción longitudinal en caliente	8.1
	Resistencia al diclorometano a una temperatura especificada	8.1
	Comportamiento al calor	8.2
	Estanquidad al agua	8.2
Control de las uniones	Estanquidad de las uniones con junta elastomérica	10
	Ciclos de elevada temperatura	10



## Anexo 3 Drenaje superficial urbano

A3.1 Imbornales .....	1
A3.1.1 Generalidades.....	1
A3.1.2 Componentes de los imbornales.....	1
A3.2 Canales y rejillas de desagüe .....	2
A3.3 Diseño del drenaje superficial urbano.....	3
A3.3.1 Imbornales.....	3
A3.1.1.1. Generalidades .....	3
A3.1.1.2. Albañal .....	3
A3.1.1.3. Rejilla.....	3
A3.3.2 Canales y rejillas de desagüe.....	4



## Anexo 3 Drenaje superficial urbano

En el presente Anexo se describen unas características básicas de los componentes que integran el drenaje superficial urbano, los cuales constituyen elementos de la urbanización y no de la red de saneamiento y quedan, en consecuencia, fuera del objeto de las presentes Normas.

En cualquier caso, el drenaje superficial urbano constará, básicamente, de los siguientes componentes:

- Imbornales
- Canales y rejillas de desagüe

### A3.1 Imbornales

#### A3.1.1 Generalidades

Los imbornales estarán constituidos, en general, por los siguientes componentes (ver figuras al final del anexo):

- Elemento de recogida de las aguas pluviales
- Rejilla
- Albañal
- Entronque

#### A3.1.2 Componentes de los imbornales

##### a) Elemento de recogida de las aguas pluviales

Consistirá en una arqueta o en un pozo de registro el cual tendrá practicada una abertura que permita la recogida de las aguas pluviales y que, en cualquier caso, deberá cumplir con lo especificado en el artículo II.5.

El elemento de recogida de aguas pluviales podrá clasificarse de distintas maneras:

- Con arenero (sumidero) o sin él (absorbedero)
- Sifónicos o no sifónicos (ver Fig 115)
- De rejilla (consistente en una abertura cubierta por una reja sobre la que cae el agua) o de rejilla y buzón o mixtos (consistente en una abertura, o *buzón*, situada en el bordillo de la acera con una rejilla adosada)
- Prefabricados (materiales termoplásticos de pared estructurada u hormigón) o contruidos in situ (hormigón armado)

b) Rejilla

Las rejillas a instalar en los sumideros o imbornales deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 124:1995. Serán como mínimo de la clase D 400.

Admitirán distintos diseños según fabricantes (ver Fig 112), como por ejemplo, con las barras transversales, diagonales, formando huecos, etc., si bien, en cualquier caso, deberán de ser de fundición dúctil.

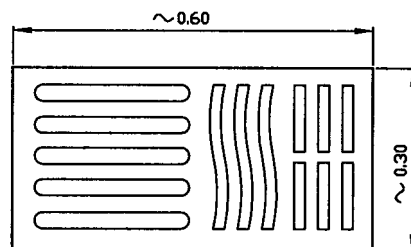


Fig 112. Rejillas tipo (ranuras de paso variables, según fabricantes)

c) Albañal

El diámetro del conducto de unión con la red de alcantarillado (*albañal*) estará comprendido entre 250 y 300 mm, debiendo cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo II.6.2.2.

c) Entronque

El entronque de los sumideros con las redes de alcantarillado deberá cumplir con lo especificado en el artículo II.6.2.3.

### A3.2 Canales y rejillas de desagüe

Constarán de una canaleta de recogida, cubierta por una rejilla de fundición dúctil, que deberá cumplir las mismas especificaciones que para los imbornales.

Las canaletas propiamente dichas, podrán ser de hormigón (en masa, armado o polímero), fundición o de materiales plásticos, admitiéndose diversos diseños, como los que se indican en la figura adjunta, debiendo cumplir, en cualquier caso, las especificaciones de la norma DIN 19.580.

Las rejillas serán de fundición dúctil y estarán provistas de un dispositivo de sujeción. El ancho entre ranuras no será superior a 32 mm. Deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 124:1995. Serán como mínimo de la clase D 400.

La conexión del canal de desagüe con la red pública de alcantarillado se realizará a través de un albañal que deberá cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo II.6.2.2.

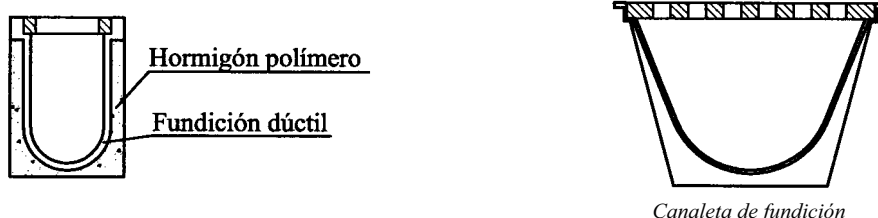


Fig 113. Ejemplos de canaletas de recogida de aguas

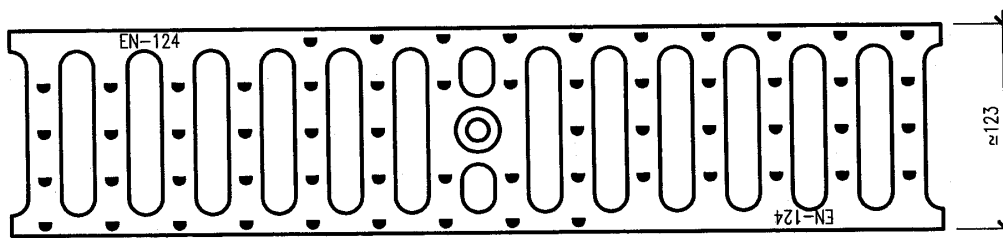


Fig 114. Ejemplo de rejillas de cubrimiento para canaletas

### A3.3 Diseño del drenaje superficial urbano

#### A3.3.1 Imbornales

##### A3.1.1.1. Generalidades

Deberán disponerse imbornales en las redes unitarias de alcantarillado y en la de aguas pluviales de los sistemas separativos.

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

El número y distancia de los imbornales a instalar dependerá de la intensidad y frecuencia de las lluvias locales, así como de la pendiente de las calles, si bien, en general, la separación máxima será de 30 m. En cualquier caso, se procurará que los cruces de peatones en las intersecciones de las calles queden libres de agua. Es también imprescindible ubicar imbornales en los puntos bajos de las calles.

Al objeto de evitar introducir en la red a través de estos dispositivos elementos sólidos que puedan producir atascos, no se deben instalar imbornales, en general, en calles no pavimentadas, excepto que se disponga junto a ellos de un arenero o arqueta registrable para la recogida y extracción periódica de la arena y demás depósitos.

Las tolerancias en las dimensiones del cuerpo de los imbornales y sumideros construidos in situ no serán superiores a 10 mm respecto a lo especificado en los planos de Proyecto.

##### A3.1.1.2. Albañal

La pendiente mínima del albañal de acometida del imbornal a la red de alcantarillado debe ser del 2%, mientras que la pendiente máxima, por su parte, será tal que la velocidad no exceda el valor de 3 m/s.

El diseño hidráulico y mecánico de los albañales de los imbornales se realizará conforme a lo especificado en los artículos IV.2 y IV.3 para las acometidas.

##### A3.1.1.3. Rejilla

Las rejillas de cubrimiento de los imbornales o sumideros serán lo más anchas y largas posibles, si bien no se recomienda que la longitud de la reja sea superior a 1 m.

Las rejillas se dispondrán generalmente con las barras en dirección de la corriente y la separación entre ellas no excederá de 4 cm. Tendrán la resistencia necesaria para soportar el paso de vehículos y estarán sujetas de forma que no puedan ser desplazadas por el tráfico.

### **A3.3.2 Canales y rejillas de desagüe**

Complementariamente a los imbornales a instalar, en calzadas cuyo bombeo lateral sea muy inferior a la pendiente longitudinal de la calle, o en grandes superficies pavimentadas, se situarán canales y rejillas de desagüe transversales perpendicularmente al sentido de circulación del tráfico.

Dichos canales recogerán las aguas superficiales que no puedan ser introducidas directamente en imbornales y las conducirán hasta los imbornales más cercanos.

Se deberá prestar especial atención a las dimensiones de estos canales al objeto de evitar que se atasquen por insuficiencia de sección.

El diseño de la rejilla se realizará conforme a lo especificado en el anterior artículo A3.1.2.

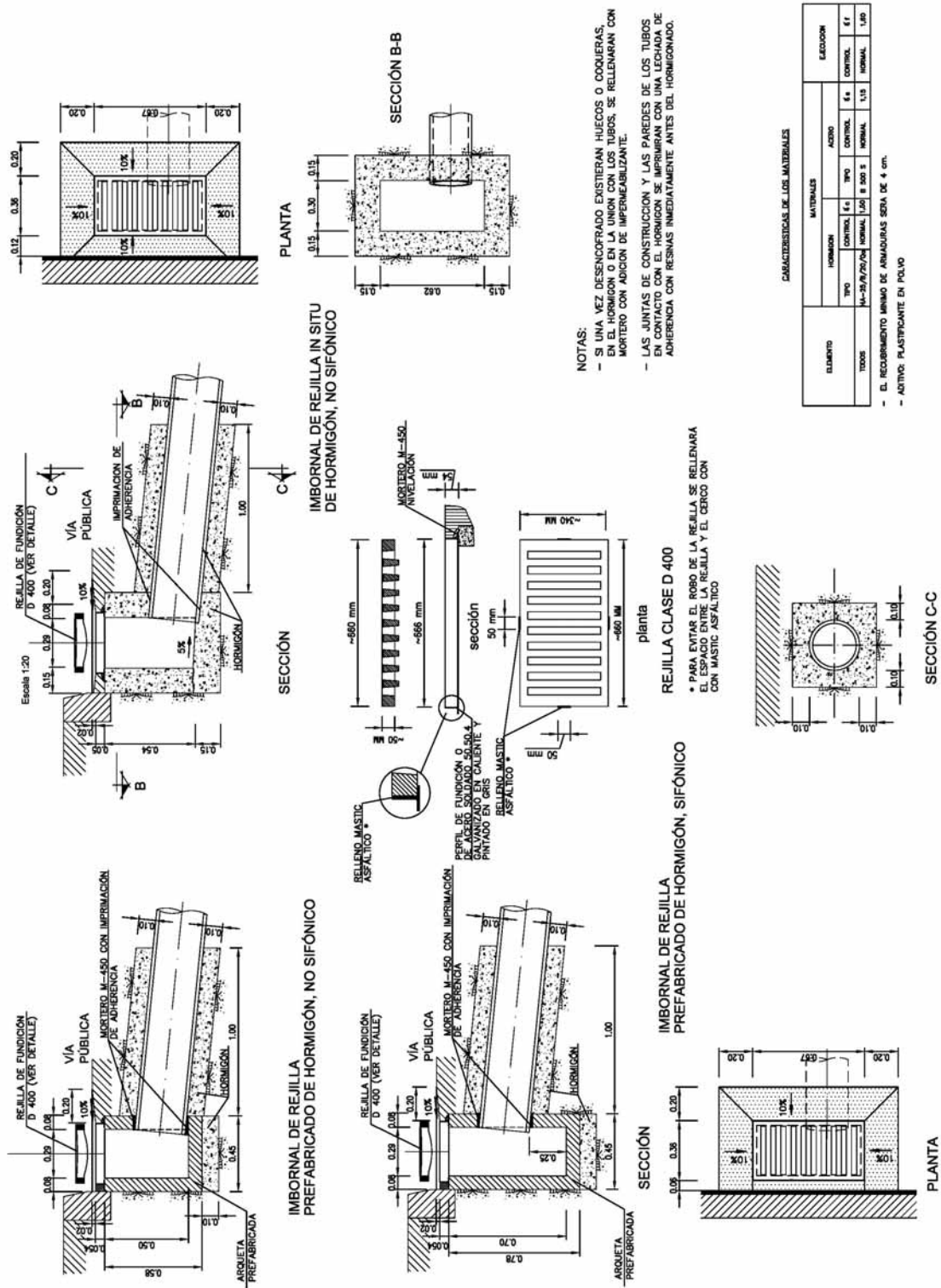


Fig 115. Imbornales

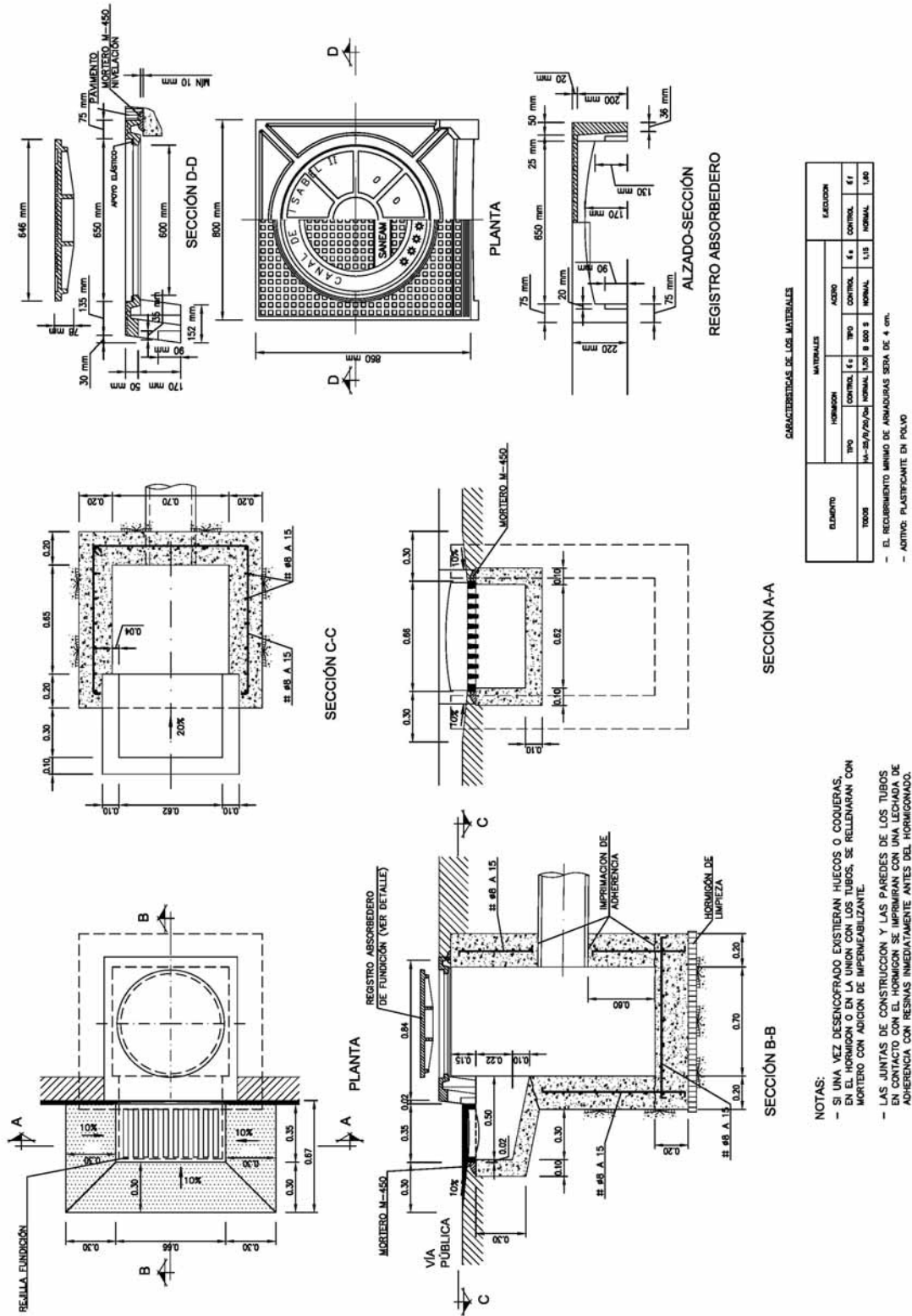


Fig 116. Imbornal con pozo absorbadero



## Anexo 4 Cálculo del caudal de aguas pluviales

En el presente Anexo se describe las bases metodológicas del Método Racional para el cálculo del caudal de aguas pluviales QP de las conducciones que componen las redes de alcantarillado, cuya formulación básica, en su expresión más general, es la siguiente:

$$QP = K \times \frac{C_e \times I_t \times A}{3,6}$$

- QP caudal de aguas pluviales, en m<sup>3</sup>/s  
 C<sub>e</sub> coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o de la superficie drenada.  
 I<sub>t</sub> intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado (ver artículo III.2) y a un intervalo de tiempo de t horas, en mm/h  
 A área de la cuenca o de la superficie drenada, en km<sup>2</sup>  
 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<sub>t</sub>, y para el coeficiente de escorrentía, C<sub>e</sub>, pueden seguirse los siguientes criterios:

a) Intensidad media de precipitación, I<sub>t</sub>

La intensidad media de precipitación, I<sub>t</sub> de la anterior fórmula 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<sub>c</sub> tiempo de concentración, en horas. A falta de datos más precisos se tomará igual a 3 minutos.  
 t<sub>e</sub> tiempo de recorrido en los cauces naturales, en horas  
 t<sub>r</sub> tiempo de recorrido en las conducciones de la red, en horas

$$t_r = \frac{L}{3600 \times v}$$

- 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:

$$t_e = 0,3 \left( \frac{L}{J_e^{0,25}} \right)^{0,76}$$

- $t_c$  tiempo de recorrido en los cauces naturales, en horas
- $L$  longitud del cauce principal, en km
- $J_c$  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:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left( \frac{I_t}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} - t^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

- $I_t$  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
- $I_t/I_d$  cociente entre la intensidad horaria y la diaria, que para la Comunidad de Madrid puede considerarse aproximadamente igual a 10
- $t$  duración del intervalo al que se refiere  $I_t$ , en horas. El valor de  $t$  deberá ser igual al del tiempo de concentración,  $T_c$

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:

$$P_d = Y_T \times P$$

- $P_d$  precipitación total diaria correspondiente a un período 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 las precipitaciones máximas, en mm

En el caso concreto de la Comunidad Autónoma de Madrid, las variables  $P$  y  $C_v$  se obtendrán de las figuras adjuntas.

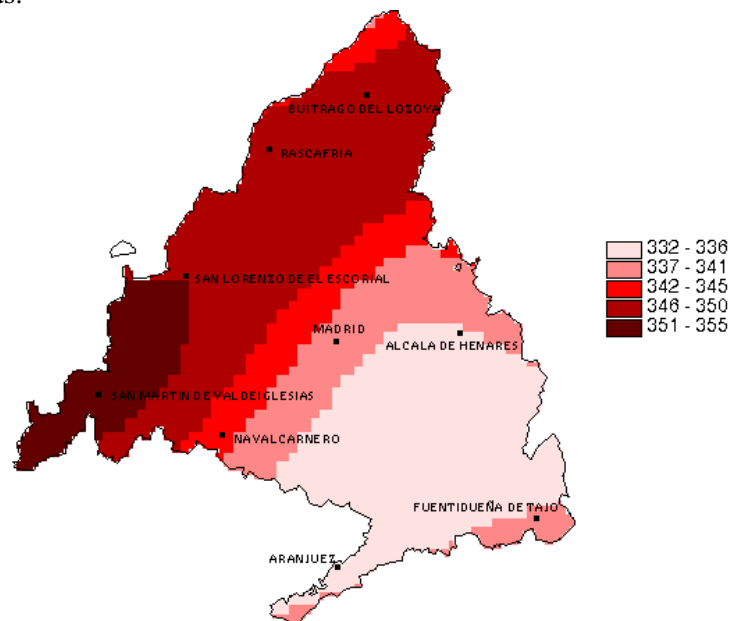


Fig 117. Coeficiente de variación,  $C_v$

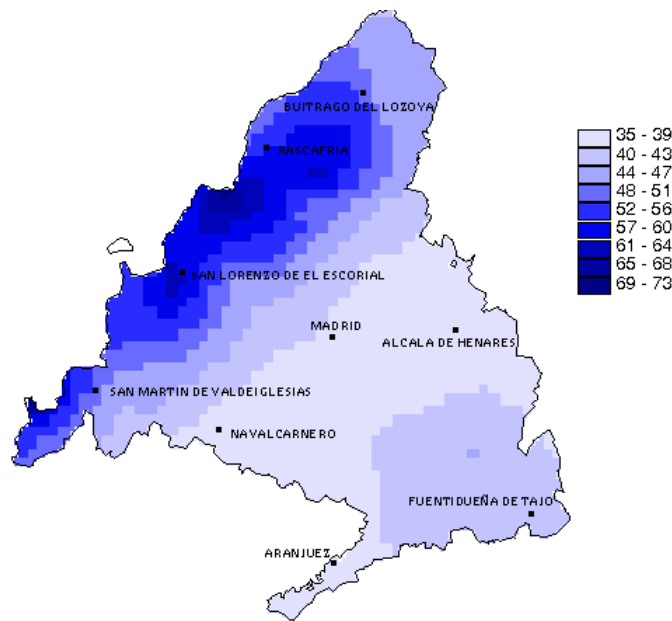


Fig 118. Valor medio de las precipitaciones máximas, P

Para obtener el cuantil  $Y_t$ , se hará uso de la siguiente tabla, entrando con el período de retorno en años, T, y el coeficiente de variación,  $C_v$ .

Tabla 100 Valores del cuantil  $Y_t$

$C_v$	Período de retorno en años, T							
	2	5	10	25	50	100	200	500
300	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
310	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
320	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
330	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
340	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
350	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
360	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
370	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
380	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
390	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
400	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
410	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
420	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
430	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
440	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
450	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
460	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
470	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
480	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
490	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
500	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
510	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
520	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:

$$C = \frac{((P_d / P_o) - 1) * ((P_d / P_o) + 23)}{((P_d / P_o) + 11)^2}$$

C coeficiente de escorrentía

$P_d$  precipitación total diaria correspondiente a un período de retorno T, en mm

$P_o$  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.

Simplificadamente, y únicamente en zonas urbanas, la anterior formulación genérica del cálculo de caudales mediante el método racional podrá sustituirse por la siguiente expresión, la cual supone que el coeficiente de escorrentía valga 1 (zonas totalmente pavimentadas) y que el tiempo de concentración sea de 3 minutos.

$$QP = \frac{91 \times A}{3,6}$$

QP    caudal de aguas pluviales, en m<sup>3</sup>/s  
A    área de la superficie drenada, en km<sup>2</sup>