

Manuales y
Recomendaciones

Recomendaciones para tuberías de hormigón armado en redes de saneamiento y drenaje

2.^a Edición



MINISTERIO
DE FOMENTO

MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE

CEDEX

CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

Recomendaciones para tuberías de hormigón armado en redes de saneamiento y drenaje

2.^a Edición

Edita: Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Fomento
CEDEX: Sección de Edición ©

NIPO: 163-06-001-7
ISBN: 84-7790-422-7
Depósito Legal: M- 5.841-2006
ISSN: 211-6502

Imprime: **ARTEGRAF, S.A.**
Sebastián Gómez, 5
Tel. 91 475 42 12
28026 Madrid

Cuando estas Recomendaciones para tuberías de hormigón estaban en la fase final de su edición falleció repentinamente nuestro compañero y amigo Alfonso Palma Villalón, ingeniero de caminos de profesión y Coordinador Técnico de Programa en el Área de Estudios y Planificación del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, institución a la que estuvo ligado profesionalmente durante los últimos veinticinco años.

Alfonso era un ingeniero grande que amaba la profesión con toda su alma. Un experto en materia de diseño de infraestructuras hidráulicas, si bien su experiencia no se agotaba en este campo, pues también tenía sólidos conocimientos en otras disciplinas relacionadas con nuestra profesión, como, por ejemplo, la hidráulica básica, la ingeniería fluvial, la experimentación hidráulica, la ingeniería torrencial, la hidrología, la geotecnia, el cálculo de estructuras, los materiales de construcción, y tantas otras más.

Mostraba siempre gran seguridad y rigor en sus opiniones sobre temas científicos, opiniones en las que se translucían sus dotes de observación, su intuición y su amplia experiencia, pero, además, lo hacía en un tono amable y sin imponérselas a los demás. Era abierto a las consultas y a los nuevos desafíos profesionales, intentando siempre dar respuesta a los problemas que se le planteaban e ilusionándose siempre con las nuevas tareas. Tenía una gran curiosidad científica que le llevaba a viajar y a desplazarse donde fuera necesario para entender bien los condicionantes de sus trabajos, trabajos en los que, después, era extremadamente detallista en su realización. Le gustaba aprender y, a la vez y sin darse cuenta, siempre nos estaba enseñando. En suma, día a día se excedía en su trabajo.

Todo lo anterior se me hace especialmente patente al revisar el contenido de estas Recomendaciones, pues son muchas las aportaciones que Alfonso hizo a este trabajo. Por ejemplo, él se encargó personalmente de coordinar la edición de los 23 planos que van como Anexo; suyas son también muchas de las ideas del artículo IV.1 “dimensionamiento hidráulico” (la forma de considerar las pérdidas de carga localizadas en IV.1.5.2, la aplicación de la fórmula de Shields en IV.1.6 para verificar la condición de autolimpieza en las conducciones o la construcción de la Fig 41 para calcular las pérdidas de carga continuas); también él se encargó personalmente de cuantificar los valores de los espesores mínimos de las camas de apoyo en instalaciones en terraplén en IV.2.1.2.7.b y III.3.3 (para lo que construyó un modelo de cálculo con elementos finitos), y tantas otras muchas ideas que de una manera natural sugirió y que en gran medida, permitieron que este documento llegara a buen término.

Pero por encima de sus brillantes aportaciones a estas Recomendaciones, que solo una persona de su capacidad intelectual y su brillantez científica podría realizar, por encima del ingeniero que era, estaba la persona humana. Alfonso

era, sin ambages y en el sentido estricto, exacto y literal del término, un hombre bueno.

Siempre estaba dispuesto a ayudar, era generoso, discreto, optimista y alegre, pues, de hecho, no le recuerdo nunca enfadado con nada ni con nadie. Tenía un trato amable, cordial y cercano que hacía que la relación con él fuera siempre fácil. Era persona deportista, ámbito en el que cultivaba las virtudes del compañerismo, el sacrificio, la disciplina y el tesón, virtudes que después trasladaba a su vida profesional y personal.

Y como los grandes hombres, todo lo anterior, además, lo hacía con enorme sencillez, discreción y humildad. Nunca tenía afán de protagonismo alguno. Pese a ser uno de los pilares científicos básicos de este Centro, apenas nunca figuraba su nombre en público. No le importaba trabajar en la sombra facilitándonos en gran medida nuestra labor a quienes estábamos a su alrededor.

Alfonso se ha ido, pero sigue aún en cierto modo entre nosotros. Nos quedan sus trabajos, su ejemplo y sus enseñanzas, pero sobre todo, queda en todos los que le conocimos el recuerdo imborrable de su carácter y su gran talla como persona.

Por todo ello, y como coordinador de estas Recomendaciones, quiero a través de estos párrafos y en esta triste hora, dedicar este trabajo a su memoria y rendir homenaje a su recuerdo, así como dejar testimonio del sentimiento de admiración y respeto a Alfonso de quien durante tantos años he podido disfrutar de su guía, ejemplo, consejo y amistad

Luis Balairón Pérez

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN	11
I. CONDICIONES GENERALES	15
II. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES	19
III. INSTALACIÓN	65
IV. DIMENSIONAMIENTO	91
V. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	125
ANEXO PLANOS	133
NORMATIVA CITADA	159

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	11
I. CONDICIONES GENERALES	15
I.1. Objeto y ámbito de aplicación	15
I.2. Normativa y Reglamentación vigente	15
I.2.1. Normas de producto	15
I.2.2. Normativa y Reglamentación relativa al diseño general de la tubería	15
I.2.3. Directivas de la Unión Europea.....	16
I.2.4. Legislación medioambiental.....	16
I.2.5. Otra Reglamentación a tener en cuenta.....	16
I.3. Definiciones	16
I.4. Sistema de unidades	17
II. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES	19
II.1. Generalidades	19
II.2. Tubos de hormigón armado de sección circular	20
II.2.1. Normativa	20
II.2.2. Definiciones.....	21
II.2.3. Clasificación.....	22
II.2.4. Características técnicas.....	23
II.2.5. Fabricación.....	24
II.2.5.1. Cemento.....	24
II.2.5.2. Áridos	25
II.2.5.3. Agua	25
II.2.5.4. Aditivos	25
II.2.5.5. Adiciones.....	26
II.2.5.6. Hormigón.....	26
II.2.5.7. Armaduras	26
II.2.6. Dimensiones	30
II.2.7. Uniones.....	31
II.2.8. Identificación.....	33
II.3. Tubos especiales para hinca	33
II.3.1. Normativa	33
II.3.2. Definiciones.....	33
II.3.3. Clasificación.....	33
II.3.4. Características técnicas.....	34
II.3.5. Fabricación.....	34

II.3.6. Dimensiones	35
II.3.7. Uniones	35
II.3.8. Tubos de características especiales.....	36
II.3.9. Identificación.....	36
II.4. Piezas especiales.....	37
II.5. Pozos de registro.....	37
II.5.1. Tipología.....	37
II.5.2. Normativa	39
II.5.3. Definiciones.....	39
II.5.4. Clasificación.....	41
II.5.5. Características técnicas.....	41
II.5.6. Fabricación.....	42
II.5.7. Dimensiones	42
II.5.8. Criterios de selección	45
II.5.9. Elementos complementarios.....	46
II.5.10. Uniones	51
II.5.11. Identificación	52
II.6. Juntas elastoméricas	53
II.6.1. Normativa	53
II.6.2. Tipología.....	53
II.6.3. Clasificación.....	55
II.6.4. Características técnicas.....	56
II.6.5. Dimensiones	57
II.6.6. Identificación.....	57
II.7. Elementos complementarios.....	57
II.7.1. Marcos	57
II.7.2. Acometidas	58
II.7.2.1. Generalidades	58
II.7.2.2. Componentes de las acometidas.....	58
II.7.3. Imbornales	61
II.7.3.1. Generalidades	61
II.7.3.2. Componentes de los imbornales	61
II.7.4. Aliviaderos.....	62
II.7.5. Disipadores de energía	63
III. INSTALACIÓN	65
III.1. Generalidades	65
III.1.1. Normativa y Reglamentación	65
III.1.2. Recepción en obra	65
III.2. Transporte, almacenamiento y manipulación.....	66
III.2.1. Transporte	66
III.2.2. Almacenamiento	66
III.2.3. Manipulación.....	68
III.3. Instalación de conducciones enterradas.....	69
III.3.1. Zanjas	69

III.3.1.1. Geometría de las zanjas.....	69
III.3.1.2. Ejecución de las zanjas.....	71
III.3.1.3. Agotamiento de zanjas y rebajamiento del nivel freático ...	72
III.3.2. Terraplenes.....	72
III.3.3. Camas de apoyo.....	73
III.3.3.1. Camas de material granular.....	74
III.3.3.2. Camas de hormigón.....	75
III.3.3.3. Criterios de selección de la cama de apoyo	75
III.3.4. Colocación de la conducción.....	76
III.3.5. Montaje de las juntas y de las tuberías.....	77
III.3.6. Rellenos	80
III.3.6.1. Tipología de rellenos	80
III.3.6.2. Compactación de los rellenos.....	82
III.3.7. Entibaciones.....	84
III.4. Instalación de conducciones mediante hinca por empuje.....	86
III.4.1. Generalidades	86
III.4.1.1. Elementos en una hinca.....	87
III.4.2. Ejecución	89
IV. DIMENSIONAMIENTO	91
IV.1. Dimensionamiento hidráulico	91
IV.1.1. Consideraciones generales.....	91
IV.1.2. Determinación de los caudales de diseño	91
IV.1.2.1. Dotaciones de cálculo.....	91
IV.1.2.2. Caudales de aguas residuales	92
IV.1.2.3. Caudal de aguas pluviales	93
IV.1.2.4. Caudales de cálculo de las conducciones.....	97
IV.1.3. Velocidad del agua.....	98
IV.1.4. Llenado de la conducción.....	99
IV.1.5. Pérdidas de carga.....	99
IV.1.5.1. Pérdidas de carga continuas	99
IV.1.5.2. Pérdidas de carga localizadas.....	101
IV.1.6. Autolimpieza de las conducciones	102
IV.2. Dimensionamiento mecánico	103
IV.2.1.1. Consideraciones generales	103
IV.2.1.2. Dimensionamiento de tubos de hormigón armado de sección circular enterrados.....	103
IV.2.1.2.1. Carga producida por el relleno.....	105
IV.2.1.2.2. Resumen de la carga producida por el relleno..	109
IV.2.1.2.3. Carga producida por el tráfico automovilístico	109
IV.2.1.2.4. Carga producida por el tráfico ferroviario.....	111
IV.2.1.2.5. Carga producida por el tráfico aéreo	112
IV.2.1.2.6. Otras cargas.....	113
IV.2.1.2.7. Factores de apoyo.....	115
IV.2.1.3. Dimensionamiento de tubos de hormigón para hinca.....	119

V. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	125
V.1. Conceptos básicos	125
V.2. Control de la calidad de la fabricación de los tubos y pozos de registro	127
V.2.1. Marcado CE.....	127
V.2.2. Cumplimiento íntegro del cuerpo normativo	128
V.3. Control de la calidad de la fabricación de las juntas	129
V.4. Control de la calidad de la recepción.....	129
V.5. Control de calidad de la instalación.....	129
V.6. La prueba de la tubería instalada	131
ANEXO PLANOS	133
NORMATIVA CITADA	159

PRESENTACIÓN

Los tubos de hormigón armado, que se utilizan en España en redes de saneamiento y drenaje de forma masiva desde los años 1980, no han estado hasta la fecha amparados por una normativa técnica de calidad en nuestro país, de forma que, tradicionalmente, ha habido una dispersión grande de criterios técnicos al respecto.

De manera simplificada, puede decirse que, durante este periodo de tiempo, han convivido simultáneamente tres familias de documentos normativos: las normas norteamericanas ASTM, el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones del Ministerio de Medio Ambiente de 1986 y las normas experimentales UNE 127.010 EX y UNE 127.011 EX.

En ausencia en España de normativa oficial propia y actualizada relativa a los tubos de hormigón, las primeras conducciones de calidad de este material se fabricaron en base a la normativa norteamericana ASTM (en concreto, conforme a las tradicionales normas ASTM C14 ó C76 para tubos de hormigón en masa o armado, respectivamente), circunstancia que ha tenido una especial trascendencia en la evolución de este tipo de tuberías, pues, de hecho, numerosos organismos públicos competentes en materia de saneamiento en el norte de España (Galicia, Cantabria, Asturias, País Vasco, Navarra y Cataluña) redactaron en los años 1980 Pliegos de Condiciones propios basados en dicha normativa norteamericana ASTM, práctica que aún perdura en nuestros días.

La publicación en 1986 por parte del entonces Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (MOPTMA) del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones fue un hito importante en la Reglamentación General del Estado en materia de conducciones de saneamiento, si bien, en el ámbito específico de las tuberías de hormigón, la normalización de estas conducciones en dicho Pliego era, en ocasiones (clases resistentes, dimensiones, armados, etc), distinta a lo estipulado en las normas ASTM.

Por otro lado, y a partir de la creación del Mercado Único, el Comité Europeo de Normalización inició un proceso de normalización común en la Unión Europea para todos los productos de la construcción. En particular, en el ámbito específico de las tuberías y pozos de registro de hormigón para redes de saneamiento y drenaje, en 1988 se inició el desarrollo de las normas EN 1916 y EN 1917, tarea que finalizó en 2002, lo que da una idea de la complejidad del cometido y de las dificultades encontradas para unificar criterios técnicos aplicables a estos productos.

Ante el retraso que tomaban los anteriores trabajos de normalización, en 1995 AENOR publicó las normas experimentales UNE 127.010 EX y UNE 127.011 EX relativas a tubos y pozos de hormigón, respectivamente, con la finalidad de poder certificar el producto, si bien,

por distintas circunstancias y avatares, estas normas UNE no llegaron a conseguir la aceptación e implantación general en todo el territorio estatal.

Lo anterior produjo una situación en la cual coexistían las tres normativas precitadas anteriormente (ASTM, Pliego MOPTMA y normas UNE experimentales), las cuales en muchas ocasiones eran contradictorias entre sí, además de multitud de Pliegos Particulares de distintos organismos públicos elaborados a partir de la anterior normativa. Esta circunstancia ha establecido barreras tecnológicas dentro del territorio español dificultando la libre competencia del mercado y lastrando la utilización del tubo de hormigón, pues las administraciones públicas se encuentran con una oferta normativa fragmentada e inconexa que siembra dudas en su utilización.

Para paliar la situación anterior, en el año 2001, a iniciativa de la Confederación Hidrográfica del Tajo, el Canal de Isabel II, la Comunidad de Madrid y el Ayuntamiento de Madrid (y en colaboración con la Asociación de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado, ATHA), se redactó un documento conocido bajo el título “Recomendaciones para la redacción de Pliegos de Prescripciones Técnicas para tuberías circulares de hormigón armado en infraestructuras de saneamiento”.

Dichas Recomendaciones tenían por objeto establecer unas directrices que sirvieran de base a cada uno de los organismos participantes para la futura redacción de sus respectivos Pliegos de Prescripciones Técnicas de tuberías circulares de hormigón armado utilizadas para redes de saneamiento.

Sin embargo, con la reciente publicación en España en el año 2003 de las antes citadas normas europeas UNE-EN 1.916 y UNE-EN 1.917 (así como gracias a la aparición en 2004 de las normas UNE 127.916 y UNE 127.917, que constituyen los complementos nacionales a la anterior normativa europea) se brinda una excelente oportunidad para ordenar el anterior panorama normativo de las tuberías de hormigón.

Este conjunto de normas deberían constituir el referente obligado a partir de ahora para el diseño y la caracterización de los tubos de hormigón armado, sustituyendo y derogando a la antigua normativa citada en párrafos anteriores.

De tales nuevas normas europeas puede destacarse, en primer lugar, que en su redacción se han tratado de integrar los principales criterios de las normas ASTM y de las normas experimentales UNE (por ejemplo, en cuestiones tales como los criterios de clasificación). Su contenido es, además, muy ambicioso pues amplía la normativa tradicional en cuestiones como el tratamiento de los ambientes de exposición, las cuantías de las armaduras de los tubos, el diseño mecánico de las conducciones o el aseguramiento de la calidad.

A este último respecto, la nueva normativa europea incide de manera especial en las cuestiones relativas a la calidad de los productos, estableciendo las bases para el marcado CE exigido a partir de ahora en los tubos de hormigón para redes de saneamiento y drenaje o para la certificación por terceros de estos componentes.

Con todo, las anteriores normas europeas (junto con la UNE-EN 1.610 relativa a instalación y pruebas de la tubería instalada en redes de saneamiento) constituyen un nuevo cuerpo normativo técnico en materia de conducciones de hormigón para redes de saneamiento y drenaje, de contenido actualizado, coherente en sus planteamientos y con espíritu integrador, llamado a sustituir a la actual normativa técnica utilizada en España para estos productos.

De esta manera, y aprovechando la oportunidad que supone la introducción de la nueva normativa europea en la materia, se redactan estas Recomendaciones (las cuales son el resultado de un convenio de colaboración técnica entre el CEDEX y la ATHA) con el objeto de sustituir y actualizar a las antes citadas y de servir de ayuda al usuario en la aplicación de tales nuevas normas.

Estas nuevas Recomendaciones no son una mera transcripción de la normativa europea en la materia. Se han elaborado, como antes se ha dicho, con el espíritu de facilitar al lector de las mismas (proyectistas, prescriptores, administraciones públicas, etc.) su empleo, ampliando el contenido en ocasiones (por ejemplo en cuestiones de diseño hidráulico o de instalación de los productos) o sintetizando los principales conceptos, cuando así se considere necesario.

El desarrollo de los trabajos se ha llevado a cabo en el Área de Estudios y Planificación del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, bajo la dirección técnica de D. Luis Balairón Pérez. De manera especial, debe destacarse la participación en la redacción de estas Recomendaciones de D. Alfonso Palma Villalón (cuyo repentino fallecimiento en septiembre de 2005 le impidió ver el final de este trabajo) y de Dña. Cristina Lechuga García.

Igualmente, las siguientes instituciones han participado en la elaboración del Documento con sus aportaciones y sugerencias técnicas al mismo (por orden alfabético):

Aguas de la Cuenca del Norte
Ayuntamiento de Madrid
Ayuntamiento de Zaragoza
Canal de Isabel II
Clavegueram de Barcelona, SA, CLABSA
Comunidad de Madrid
Confederación Hidrográfica del Norte
Confederación Hidrográfica del Tajo
Diputación Foral de Guipuzkoa
Empresa Municipal de Aguas de Sevilla
Gobierno de Aragón
Instituto Técnico de Materiales y Construcciones, INTEMAC

También ha colaborado en la redacción de estas Recomendaciones la Comisión IV “Drenaje urbano” de la Asociación Española de Abastecimientos y Saneamientos, AEAS, la cual, a través de algunos de sus miembros, hizo llegar diferentes comentarios técnicos a los borradores originales del texto.

Por último, es de esperar que este trabajo se actualice periódicamente cuando las novedades técnicas o normativas acaecidas así lo aconsejen. Si desea participar en dicho proceso de actualización puede enviar sus comentarios, propuestas o sugerencias por correo electrónico a la dirección *tuberias@cedex.es*.

Madrid, noviembre de 2005

I. CONDICIONES GENERALES

I.1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las presentes Recomendaciones tienen por objeto establecer un cuerpo de prescripciones técnicas para la caracterización, el diseño, el control de calidad y la instalación de tuberías (y sus piezas especiales) de saneamiento y drenaje de sección interior circular de hormigón armado, instaladas en zanja, zanja terraplenada, terraplén, zanja inducida o hincadas con empujador, en las obras de saneamiento de poblaciones y de drenaje transversal de vías públicas, cuyo funcionamiento hidráulico sea en régimen de lámina libre.

Complementariamente a lo anterior, se incluyen también unas prescripciones que las juntas o uniones entre tubos y los pozos de registro y/o de resalto de hormigón armado deben cumplir.

Quedan excluidos del ámbito de las presentes Recomendaciones las tuberías y los pozos de registro de hormigón en masa o reforzados con fibras de acero, o de cualquier otro material, las conducciones de sección diferente a la circular (ovoides, elipses, marcos, etc), así como los elementos complementarios e instalaciones especiales a instalar en las redes de saneamiento (acometidas, sumideros, arquetas, aliviaderos, estaciones de bombeo, tanques de tormenta, laminadores, etc).

I.2. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN VIGENTE

I.2.1. Normas de producto

Los componentes objeto de las presentes Recomendaciones deberán cumplir las normas de producto especificadas en los respectivos artículos de este Documento, las cuales, de manera resumida, son las siguientes:

Tubos de hormigón armado de sección circular	UNE-EN 1.916 y UNE 127.916
Pozos de registro de hormigón armado	UNE-EN 1.917 y UNE 127.917
Uniones con junta elástica	UNE-EN 681-1

I.2.2. Normativa y Reglamentación relativa al diseño general de la tubería

En cada instalación en particular deberán observarse los Reglamentos Técnicos específicos del Organismo responsable, las prescripciones que figuren en cada proyecto, así como lo especificado por las normas UNE-EN 1.610, UNE-EN 476 y UNE-EN 752 (partes 1 a 7).

I.2.3. Directivas de la Unión Europea

Las redes de saneamiento y drenaje deberán cumplir con lo establecido por las siguientes Directivas de la Unión Europea:

- Directiva 76/464/CE
- Directiva 76/160/CE
- Directiva 91/271/CE
- Directiva 96/61/CE
- Directiva 98/83/CE
- Directiva 2000/60/CE

I.2.4. Legislación medioambiental

Conforme a lo establecido por el RD Legislativo 1302/1986 de Evaluación de Impacto Ambiental, modificado por el RD Ley 9/2000 y por la Ley 6/2001, los proyectos de redes de saneamiento y drenaje habrán de someterse a la oportuna evaluación de impacto ambiental, en los casos y conforme al procedimiento previsto en dicho RD.

Complementariamente a lo anterior, deberá también tenerse en cuenta la legislación desarrollada por las respectivas Comunidades Autónomas en materia de evaluación de impacto ambiental.

I.2.5. Otra Reglamentación a tener en cuenta

En su caso, deberá observarse también lo previsto en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación, así como la Reglamentación vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo 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, es 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 traspone lo establecido al respecto por la Directiva 92/57/CEE.

I.3. DEFINICIONES

En el presente artículo se definen los principales términos de índole general utilizados en las presentes Recomendaciones. En los artículos relativos a cada uno de los componentes normalizados en este documento, las presentes definiciones se complementan con otras tantas específicas para cada uno en particular.

- a) Tubo
Elemento de sección transversal interior uniforme en forma de corona circular, y que en sentido longitudinal es recto.
- b) Pieza especial
Elemento que, intercalado entre los tubos, permite cambios de dirección o de diámetro, derivaciones, empalmes, obturaciones, etc.
- c) Pozo de registro
Componente que permite el acceso a la red de saneamiento para su explotación.
- d) Unión
Dispositivo que hace posible enlazar de forma estanca dos elementos consecutivos de la tubería.

I.4. SISTEMA DE UNIDADES

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

para resistencias y tensiones:	$\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$
para fuerzas:	kN
para fuerzas por unidad de longitud:	kN/m
para fuerzas por unidad de superficie:	kN/m^2 ó N/mm^2
para fuerzas por unidad de volumen:	kN/m^3
para momentos:	kN x m

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

$1 \text{ N} = 0,102 \text{ kp}$	e inversamente	$1 \text{ kp} = 9,8 \text{ N}$
$1 \text{ N/mm}^2 = 10,2 \text{ kp/cm}^2$	e inversamente	$1 \text{ kp/cm}^2 = 0,098 \text{ N/mm}^2$

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

Factor	Prefijo	Símbolo
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	A

Factor	Prefijo	Símbolo
10	deca	da
10^2	hecto	h
10^3	kilo	k
10^6	mega	M
10^9	giga	G
10^{12}	tera	T

Tabla 1. Prefijos para múltiplos y submúltiplos del SI.

	<i>Para convertir</i>	<i>en</i>	<i>Debe multiplicarse por</i>
<i>Medidas de longitud</i>	mm	Pulgadas	0,0394
	m	Pies	3,2808
	m	Yardas	1,0936
	m	Brazas	0,5468
	km	Millas tierra	0,6214
	km	Millas mar (USA)	0,5399
	km	Millas mar (UK)	0,5396
<i>Medidas de superficie</i>	mm ²	Pulgadas cuadradas	0,001550
	m ²	Pies cuadrados	10,7369
	m ²	Yardas cuadradas	1,1960
	km ²	Acres	247,105
	km ²	Millas cuadradas	0,3861
Hectáreas	Acres	2,4710	
<i>Medidas de volumen</i>	cm ³	Pulgadas cúbicas	0,0610
	m ³	Pies cúbicos	35,3145
	m ³	Yardas cúbicas	1,3079
	m ³	Acre-pié	8,107 x 10 ⁻⁴
	m ³	Galones (USA)	264,178
	m ³	Galones (UK)	219,979
<i>Medidas de peso</i>	kg	Libras	2,2046
	Tn métricas	Toneladas (USA)	1,1023
	Tn métricas	Toneladas (UK)	0,9842
<i>Medidas de densidad</i>	kg/m ³	Libra/pie ³	0,06243
	kg/m ³	Libra/pulgada ³	3,613 x 10 ⁻⁵
<i>Medidas de control</i>	m ³ /s	Pie ³ /min	2.118,6
<i>Medidas de velocidad</i>	km/h	Millas hora (mph)	0,6214
	km/h	cm/s	27,78
	km/h	Pie/minuto	54,68
	km/h	Nudo	0,5396
<i>Medidas de presión</i>	kg/cm ²	Atmósferas	1,033
	kg/cm ²	Bares	1,000
	kg/cm ²	T/m ²	10
	kg/cm ²	MPa	0,102
	Atmósferas	mca	10,33
	kg/cm ²	Libras/pulgada ² (psi)	14,22
	kg/cm ²	Libra/pie ²	2.048,0
	kg/cm ²	Toneladas/pie ² (tsf)	0,9140

Tabla 2. Factores de conversión.

II. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES

II.1. GENERALIDADES

Las redes de alcantarillado deberán cumplir con las siguientes condiciones generales:

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 filtraciones contaminantes hacia el subsuelo ni infiltraciones innecesarias hacia la red de alcantarillado.

c) Resistencia a la presión hidráulica interior

Sea cual fuere el funcionamiento hidráulico para el que se diseñe la red, la misma deberá resistir una presión hidráulica interior de, al menos, 0,05 MPa.

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.

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.

En cualquier caso, sí serán admisibles burbujas u oquedades cuyas dimensiones no superen los 20 mm de diámetro y 6 mm de profundidad, así como las microfisuras debidas a la retracción o a la temperatura y las fisuras residuales debidas a los ensayos, hasta una apertura máxima en superficie de 0,15 mm en la capa rica en cemento. Antes de medir la apertura de la fisura se podrá humedecer el elemento un período máximo de 28 h.

Las superficies funcionales de las uniones deberán estar exentas de irregularidades que impidan la realización de una unión estanca de forma duradera.

Todos los componentes deberán, igualmente, presentar una distribución uniforme de color, densidad y demás propiedades, debiendo ser su sección circular, con sus extremos cor-

tados 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, 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
acero estructural en chapas y perfiles	UNE-EN 10.025
acero inoxidable	UNE-EN 10.088
- Aleaciones de cobre. Cumplirán con lo especificado por las normas UNE-EN 1.982 y UNE-EN 12.165.
- Ladrillos. Cumplirán las especificaciones de la vigente RL.

II.2. TUBOS DE HORMIGÓN ARMADO DE SECCIÓN CIRCULAR

Los tubos de hormigón armado en instalaciones convencionales (zanja, terraplén, zanja terraplenada o zanja inducida) deberán cumplir lo especificado en el presente artículo.

II.2.1. Normativa

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 y UNE 127.916.

II.2.2. Definiciones

En las tuberías de hormigón armado de sección circular serán de aplicación las siguientes definiciones de manera complementaria a las del artículo I.3:

a) Diámetros

- Diámetro interior (ID). Es el diámetro interior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera (UNE-EN 805).
- Diámetro exterior (OD). Es el diámetro exterior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera (UNE-EN 805).
- Diámetro nominal (DN). Valor tomado de una serie de números convencionales que se adopta para caracterizar dimensionalmente a los diámetros, y que coincide aproximadamente, en general, con su valor real en milímetros.
- En principio se puede referir tanto a los diámetros interiores (*diámetro nominal interior*; DN/ID), como a los exteriores (*diámetro exterior nominal*, DN/OD). Cuando no se especifique a cual de ellos se refiere (y se hable, en consecuencia, simplemente de *diámetro nominal*, DN) debe tenerse en cuenta que en los tubos de hormigón se refiere al interior.

b) Ortogonalidad

Propiedad de un tubo según la cual sus generatrices son perpendiculares a los planos que contienen los extremos del tubo. En los tubos de hormigón, la ortogonalidad se mide como la diferencia máxima entre las longitudes interiores entre generatrices opuestas.

c) Rectitud

Propiedad de un tubo según la cual sus generatrices son líneas rectas.

d) Carga de rotura

Es aquella carga que, en el ensayo de aplastamiento, produce la rotura o colapso de la conducción. Puede expresarse bien en kN/m o bien en kN/m^2 (obtenido a partir del valor anterior, dividido por el diámetro del tubo, de manera que resulta un valor independiente del DN, asociado a la Clase de resistencia del tubo).

e) Carga de fisuración o de prueba

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 kN/m o bien en kN/m^2 (obtenido a partir del valor anterior, dividido por el diámetro del tubo, de manera que resulta un valor independiente del DN, asociado a la Clase de resistencia del tubo).

f) Clase de resistencia

Designación adoptada a efectos de la clasificación de las tuberías (ver artículo siguiente). En el sistema de clasificación tipo E representa la carga (en kN/m^2) de rotura de los mismos; en el sistema A es un número romano directamente relacionado con la carga de fisuración y la de rotura.

g) Alcalinidad

Cantidad de ácido que una masa de ese material puede neutralizar, comparada con la capacidad neutralizante ácida del $CaCO_3$ puro.

II.2.3. Clasificación

Las tuberías 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 de los DN y de las clases de resistencia serán las que se muestra en la figura adjunta, pudiendo seleccionarse cualquiera de las dos clasificaciones (Tipo E y Tipo A) indicadas. Sombreadas se marcan las combinaciones de DN y clases resistentes en las que está definida la armadura en la norma UNE 127.916.

Clasificación Tipo E

		Clase de resistencia			
		60	90	135	180
<i>Carga fisuración (kN/m²)</i>		40	60	90	120
	<i>Carga rotura (kN/m²)</i>	60	90	135	180
DN	300				
	400				
	500				
	600				
	700				
	800				
	900				
	1.000				
	1.100				
	1.200				
	1.300				
	1.400				
	1.500				
	1.600				
	1.800				
	2.000				A
2.500			A	A	
3.000	A	A	A	A	

Clasificación Tipo A

		Clase de resistencia				
		I	II	III	IV	V
<i>Carga fisuración (kN/m²)</i>		40	50	65	100	140
	<i>Carga rotura (kN/m²)</i>	60	75	100	150	175
DN	300					
	400					
	500					
	600					
	700					
	800					
	900					
	1.000					
	1.100					
	1.200					
	1.300					
	1.400					
	1.500					
	1.600					
	1.800					
	2.000					A
2.500			A	A	A	
3.000	A	A	A	A		

En cursiva, diámetros no habituales

A. Estas combinaciones, aun no estando normalizada su armadura en la norma UNE 127.916, podrían utilizarse si así lo acepta la Dirección de la Obra, debiendo, en esos casos, el fabricante indicar el armado de la conducción.

Fig. 1. Clasificación de las tuberías de hormigón de sección circular (UNE 127.916).

II.2.4. Características técnicas

Las tuberías, una vez fabricadas, deberán resistir las cargas de fisuración y de rotura que se indican en la Tabla 3 o en la Tabla 4 según la clasificación por la que se opte.

DN	Clase 60		Clase 90		Clase 135		Clase 180	
	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura
300	12,0	18,0	18,0	27,0	27,0	40,5	36,0	54,0
400	16,0	24,0	24,0	36,0	36,0	54,0	48,0	72,0
500	20,0	30,0	30,0	45,0	45,0	67,5	60,0	90,0
600	24,0	36,0	36,0	54,0	54,0	81,0	72,0	108,0
700	28,0	42,0	42,0	63,0	63,0	94,5	84,0	126,0
800	32,0	48,0	48,0	72,0	72,0	108,0	96,0	144,0
900	36,0	54,0	54,0	81,0	81,0	121,5	108,0	162,0
1.000	40,0	60,0	60,0	90,0	90,0	135,0	120,0	180,0
1.100	44,0	66,0	66,0	99,0	99,0	148,5	132,0	198,0
1.200	48,0	72,0	72,0	108,0	108,0	162,0	144,0	216,0
1.300	52,0	78,0	78,0	117,0	117,0	175,5	156,0	234,0
1.400	56,0	84,0	84,0	126,0	126,0	189,0	168,0	252,0
1.500	60,0	90,0	90,0	135,0	135,0	202,5	180,0	270,0
1.600	64,0	96,0	96,0	144,0	144,0	216,0	192,0	288,0
1.800	72,0	108,0	108,0	162,0	162,0	243,0	216,0	324,0
2.000	80,0	120,0	120,0	180,0	180,0	270,0	240,0	360,0
2.500	100,0	150,0	150,0	225,0	225,0	337,5	300,0	450,0
3.000	120,0	180,0	180,0	270,0	270,0	405,0	360,0	540,0

Tabla 3. Cargas de fisuración y de rotura (en kN/m) en los THA de sección circular según la clasificación Tipo E (UNE 127.916).

DN	Clase I		Clase II		Clase III		Clase IV		Clase V	
	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura	Fisurac	Rotura
300	12,0	18,0	15,0	22,5	19,5	30,0	30,0	45,0	42,0	52,5
400	16,0	24,0	20,0	30,0	26,0	40,0	40,0	60,0	56,0	70,0
500	20,0	30,0	25,0	37,5	32,5	50,0	50,0	75,0	70,0	87,5
600	24,0	36,0	30,0	45,0	39,0	60,0	60,0	90,0	84,0	105,0
700	28,0	42,0	35,0	52,5	45,5	70,0	70,0	105,0	98,0	122,5
800	32,0	48,0	40,0	60,0	52,0	80,0	80,0	120,0	112,0	140,0
900	36,0	54,0	45,0	67,5	58,5	90,0	90,0	135,0	126,0	157,5
1.000	40,0	60,0	50,0	75,0	65,0	100,0	100,0	150,0	140,0	175,0
1.100	44,0	66,0	55,0	82,5	71,5	110,0	110,0	165,0	154,0	192,5
1.200	48,0	72,0	60,0	90,0	78,0	120,0	120,0	180,0	168,0	210,0
1.300	52,0	78,0	65,0	97,5	84,5	130,0	130,0	195,0	182,0	227,5
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	252,0	315,0
2.000	80,0	120,0	100,0	150,0	130,0	200,0	200,0	300,0	280,0	350,0
2.500	100,0	150,0	125,0	187,5	162,5	250,0	250,0	375,0	350,0	437,5
3.000	120,0	180,0	150,0	225,0	195,0	300,0	300,0	450,0	420,0	525,0

Tabla 4. Cargas de fisuración y de rotura (en kN/m) en los THA de sección circular según la clasificación Tipo A (UNE 127.916).

II.2.5. Fabricación

Los materiales a emplear en las tuberías de hormigón armado- cemento, agua, áridos, aditivos, adiciones, hormigón y armaduras- deberán cumplir con lo especificado por la vigente EHE, así como con lo que complementariamente se expone a continuación.

II.2.5.1. Cemento

El cemento a emplear deberá cumplir con lo especificado por la vigente RC. No deberán ponerse en contacto hormigones fabricados con diferentes tipos de cementos que sean incompatibles entre sí.

Cuando las tuberías estén situadas en ambientes agresivos o hayan de transportar aguas residuales especialmente agresivas (especialmente industriales), se deberán emplear cementos resistentes al ataque químico, tales como cementos resistentes a los sulfatos, cementos puzolánicos o cementos siderúrgicos. En estos casos deberá cumplirse lo especificado en la norma UNE 80.303.

El contenido mínimo de cemento y el tipo de cemento vendrán dados en función de la clase de exposición a que vaya a estar sometida el tubo, según la tabla adjunta, para poder garantizar la durabilidad de los tubos.

	Tipo de ambiente		
	Sin ambiente químico específico (Clase de Exposición IIa)	Con ataque químico débil (Clase de Exposición Qa)	Con ataque químico medio (Clase de Exposición Qb)
Mínimo contenido de cemento (kg/m ³)	275	325	350
Tipo de cemento	-	A criterio del proyectista	SR
Relación máxima agua/cemento	0,60	0,50	0,50

Tabla 5. Mínimo contenido y tipo de cemento según clase de ambiente.

Los parámetros que definen el ataque químico débil y medio se indican en la tabla adjunta.

En redes de saneamiento en las que sea previsible la presencia de iones amonio y sulfatos en proporciones elevadas, o donde exista incertidumbre respecto a su cuantificación y presencia, es recomendable utilizar tubos que cumplan con el ambiente Qb.

		<i>Ataque químico débil</i>	<i>Ataque químico medio</i>
<i>Efluente</i>	<i>pH</i>	≥ 5,5	≥ 4,5 ≤ 5,5
	SO_4^{2-} (mg/l)	≤ 600	≥ 600 ≤ 3.000
	Cl^- (mg/l)	≤ 750	≤ 750
	NH_4^+ (mg/l)	≤ 30	≥ 30 ≤ 60
	Mg^{2+} (mg/l)	≤ 1.000	≥ 1.000 ≤ 3.000
<i>Suelo</i>	CO_2 agresivo (mg/l)	≤ 40	≥ 40 ≤ 100
	<i>pH</i>	≥ 5,5	≥ 4,5 ≤ 5,5
	SO_4^{2-} (mg/l)	≤ 3.000	≥ 3.000 ≤ 12.000
	Cl^- (mg/l)	≤ 750	≤ 750

Tabla 6. Parámetros para la definición de ataque químico débil o medio.

II.2.5.2. Áridos

El árido empleado para la fabricación del hormigón de los tubos será preferentemente calizo para aumentar la alcalinidad de la mezcla. El contenido de sulfatos de los áridos, expresado en SO_3^{2-} , se recomienda que esté por debajo del cuatro por mil del peso total del árido.

Los áridos no deberán contener constituyentes nocivos en cantidades susceptibles de influir negativamente en el fraguado, la resistencia, la estanquidad o la durabilidad del hormigón o provocar la corrosión del acero.

La granulometría de los áridos que se utilicen deberá ser determinada por el fabricante de manera que el producto terminado cumpla las características indicadas en las normas UNE-EN 1.916 y UNE 127.916.

II.2.5.3. Agua

El agua de la mezcla no deberá contener constituyentes nocivos en cantidades susceptibles de influir negativamente en el fraguado, la resistencia, la estanquidad o la durabilidad del hormigón o provocar corrosión en el acero. El agua potable distribuida por la red pública, será adecuada generalmente para la fabricación del hormigón.

II.2.5.4. Aditivos

Los aditivos, si son utilizados, no deben disminuir la durabilidad del hormigón ni provocar la corrosión del acero.

II.2.5.5. Adiciones

Las adiciones, si son utilizadas, no deben contener constituyentes nocivos en cantidades susceptibles de influir negativamente en el fraguado, la resistencia, la estanquidad o la durabilidad del hormigón o provocar la corrosión del acero.

II.2.5.6. Hormigón

Las características finales del hormigón deberán ser las que se indican en la tabla adjunta. 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.

En cuanto a la relación agua/cemento, la norma UNE-EN 1.916 establece que deberá ser, como máximo, 0,45 para el hormigón perfectamente compactado. Alternativamente a dicho valor, y ante la falta de definición en la citada norma de lo que se entiende por “perfectamente compactado”, podrán emplearse los valores máximos para la relación agua/cemento previstos en la vigente Instrucción EHE y recogidos en la Tabla 5.

		Valor
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 ²)		30
Alcalinidad	Sin ambiente químico específico Con ataque químico débil Con ataque químico medio	No es necesario controlar la alcalinidad A criterio del proyectista ≥ 0,85

Tabla 7. Características del hormigón.

II.2.5.7. Armaduras

El acero para las armaduras debe de ser soldable cuando sea necesario realizar soldaduras. Las armaduras pueden ser lisas, con muescas, perfiladas o corrugadas. Las parrillas soldadas deberán ser producidas a partir de los mismos materiales. Se podrá utilizar acero trefilado, siempre que constituya una malla continua electrosoldada, formando jaulas de armado.

Para que un tubo sea considerado como de hormigón armado deberá tener simultáneamente armaduras transversales y longitudinales, las cuales se deben soldar en sus puntos de unión para mantener la forma y separación deseadas.

- La armadura longitudinal está formada por barras continuas colocadas a intervalos regulares según generatrices.

Las barras longitudinales tendrán las características adecuadas para conformar la jaula de armado. Se podrá emplear acero liso con límite elástico 2.400 Kg/cm².

- La armadura transversal, por su parte, estará formada habitualmente por cercos circulares aunque (conforme especifica la norma UNE-EN 1.916) pueden también ser admisibles armaduras con otras formas, tales como elípticas o de formas no circulares, siempre que se indique con un marcado durable la clave del elemento y se

incorporen las indicaciones para localizar la armadura. El marcado deberá realizarse al menos en el interior del tubo.

Cuando se empleen armaduras no circulares, se deberá extremar el cuidado en la colocación de la tubería recomendándose el uso de elementos de manipulación que garanticen la correcta instalación.

Se podrán utilizar una o varias jaulas de armaduras, constituidas por tornos helicoidales (espiras), por cercos concéntricos o fabricadas a partir de parrillas soldadas.

Caso de emplear diámetros grandes (superiores o iguales a 1.500 mm de DN) deberán disponerse siempre al menos dos capas de armadura. En tubos de diámetro inferior a 1.500 mm en los que estén normalizadas la armadura mínima interior y exterior podrán instalarse una o dos jaulas de armaduras, si bien en el primer caso, la geometría de la armadura deberá ser tal (elíptica u otras) que garantice tales cuantías mínimas.

La separación máxima (s , ver Fig 2) de la armadura transversal será menor o igual al espesor del tubo, no superando en ningún caso 150 mm, para tubos de espesor > 100 mm. Para tubos de espesor ≤ 100 mm, la separación máxima será < 100 mm. La armadura transversal deberá estar repartida a lo largo del elemento en intervalos regulares.

La distancia máxima de los extremos de la conducción a la primera espira de la armadura transversal (a , ver Fig 2) será de 50 mm. Cuando la distancia del borde de la armadura a la superficie extrema sea inferior a 10 mm, se colocará una protección adecuada (topes de plástico, pinturas especiales, etc.) con el objeto de proteger la armadura contra la corrosión.

		Valor
Variable	a	$a \leq 50$ mm Si $a < 10$ mm: protección adecuada
	b	\leq espesor Máx 150 mm si espesor > 100 mm Máx 100 mm si espesor ≤ 100 mm

Tabla 8. Mínimo contenido y tipo de cemento según clase de ambiente.

El armado mínimo de los tubos será el recogido en la Tabla 9 o en la Tabla 10, según cuál sea el sistema de clasificación seleccionado (en cm^2/m en ambos casos).

Las cuantías de las tablas siguientes corresponden a un acero de calidad B-500 y al caso de adoptar los espesores mínimos especificados en el artículo II.2.6 según cual sea la serie de espesores seleccionada (B ó C). Si el espesor del tubo fuera mayor o el canto útil distinto, las cuantías serán inversamente proporcionales a la relación de espesores o cantos útiles, respectivamente.

En cualquier caso, la cuantía geométrica mínima de la armadura transversal debe ser del 0,25% del área de la sección longitudinal del fuste para los aceros con muescas, perfilados o corrugados y del 0,4% para los aceros lisos.

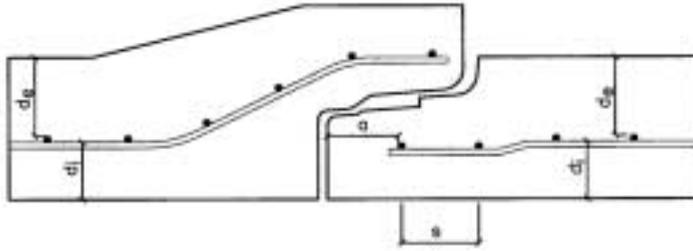


Fig. 2. Recubrimientos y separaciones de las armaduras en los THA.

El recubrimiento de ambas armaduras (transversal y longitudinal) respecto a las superficies interior (d_i) y exterior (d_e) deberá ser, como mínimo de 20 mm. Los recubrimientos mínimos, según la clase de ambiente, serán los indicados en la tabla adjunta (ver Tabla 11).

DN	C-60		C-90				C-135				C-180			
	Espesor B		Espesor B		Espesor C		Espesor B		Espesor C		Espesor B		Espesor C	
	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.
300	-	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,1	-	2,0 ^B	-
400	-	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,3	-	2,0 ^B	-	2,9	-	2,0 ^B	-
500	-	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	3,3	-	2,0 ^B	-	4,3	-	2,1	-
600	-	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	4,6	-	2,0 ^B	2,0 ^B	6,1	-	2,3	2,0 ^B
700	-	-	3,3	-	2,0 ^B	-	5,9	-	2,0 ^B	2,0 ^B	7,6	2,5	2,7	2,0 ^B
800	-	-	3,8	-	2,3	-	5,1	2,4	2,3	2,0 ^B	7,5	4,5	3,4	2,4
900	-	-	3,2	2,1	2,0 ^B	2,0 ^B	5,5	3,3	2,7	2,0 ^B	8,5	5,1	4,4	2,7
1.000	2,3	2,0 ^B	3,7	2,3	2,1	2,0 ^B	6,2	3,7	3,3	2,2	9,5	5,7	5,4	3,3
1.100	2,6	2,0 ^B	4,2	2,5	2,7	2,0 ^B	7,0	4,2	4,1	2,6	10,8	6,5	6,5	3,9
1.200	2,9	2,0 ^B	4,7	2,8	3,3	2,0 ^B	7,8	4,7	4,9	2,9	12,2	7,3	7,7	4,6
1.300	3,5	2,0 ^B	5,3	3,2	3,9	2,3	8,8	5,3	5,9	3,5	A	A	9,1	5,5
1.400	3,8	2,2 ^B	6,0	3,6	4,5	2,7	9,9	6,0	6,8	4,1	A	A	10,4	6,3
1.500	4,4	2,6	6,6	3,9	5,1	3,1	11,0	6,6	7,7	4,6	A	A	11,8	7,1
1.600	5,0	3,0	7,7	4,6	5,8	3,5	12,4	7,5	9,0	5,4	A	A	13,5	8,1
1.800	6,1	3,7	9,4	5,6	7,2	4,3	14,9	8,9	11,4	6,8	A	A	17,0	10,2
2.000	7,1	4,3	11,4	6,8	8,9	5,4	A	A	14,1	8,5	A	A	A	A
2.500	10,8	6,5	16,6	10,0	15,3	9,2	A	A	A	A	A	A	A	A
3.000	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Tabla 9. Armadura circular mínima (cm²/m). Clasificación Tipo E.

DN	CLASE I		CLASE II				CLASE III				CLASE IV				CLASE V			
	Espesor B		Espesor B		Espesor C		Espesor B		Espesor C		Espesor B		Espesor C		Espesor B		Espesor C	
	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.
300	-	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,1	-	2,0 ^B	-
400	-	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,4	-	2,0 ^B	-	3,3	-	2,0 ^B	-
500	-	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	3,8	-	2,0 ^B	-	4,7	-	2,1	-
600	-	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	2,0 ^B	-	5,7	-	2,0 ^B	2,0 ^B	6,4	-	2,5	2,0 ^B
700	-	-	2,9	-	2,0 ^B	-	3,5	-	2,0 ^B	-	6,9	-	2,0 ^B	2,0 ^B	8,2	4,9	3,3	2,0 ^B
800	-	-	3,1	-	2,0 ^B	-	4,1	-	2,4	-	5,5	3,3	2,2	2,0 ^B	9,4	5,6	4,5	2,7
900	-	-	2,5	2,0 ^B	2,0 ^B	-	3,6	2,2	2,0 ^B	2,0 ^B	6,3	3,8	3,0	2,0 ^B	10,6	6,4	5,7	3,4
1.000	-	-	3,0	2,0 ^B	2,0 ^B	2,0 ^B	4,1	2,5	2,2	2,0 ^B	7,0	4,2	3,8	2,3	12,0	7,2	7,0	4,2
1.100	-	-	3,4	2,2	2,4	2,0 ^B	4,6	2,8	2,8	2,0 ^B	7,9	4,7	4,6	2,8	13,6	8,2	8,4	5,0
1.200	-	-	3,8	2,3	3,0	2,0 ^B	5,1	3,1	3,4	2,0 ^B	8,9	5,3	5,5	3,3	15,5	9,3	9,9	5,9
1.300	-	-	4,4	2,6	3,4	2,1	5,8	3,5	4,1	2,4	10,0	6,0	6,6	4,0	A	A	11,5	6,9
1.400	-	-	4,9	2,9	4,0	2,4	6,5	3,9	4,7	2,8	11,2	6,8	7,7	4,6	A	A	13,1	7,9
1.500	4,4	2,6	5,3	3,2	4,7	2,8	7,2	4,3	5,3	3,2	12,5	7,5	8,7	5,2	A	A	14,8	8,9
1.600	5,0	3,0	6,2	3,7	5,1	3,1	8,5	5,1	6,2	3,7	13,9	8,4	10,1	6,1	A	A	16,8	10,1
1.800	6,1	3,7	7,4	4,4	6,4	3,8	10,4	6,2	7,6	4,6	16,7	10,0	12,9	7,7	A	A	21,0	12,6
2.000	7,1	4,3	8,9	5,3	7,8	4,7	12,6	7,6	9,5	5,7	A	A	16,0	9,6	A	A	A	A
2.500	10,8	6,5	13,6	8,2	12,6	7,6	18,1	10,9	16,7	10,0	A	A	A	A	A	A	A	A
3.000	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

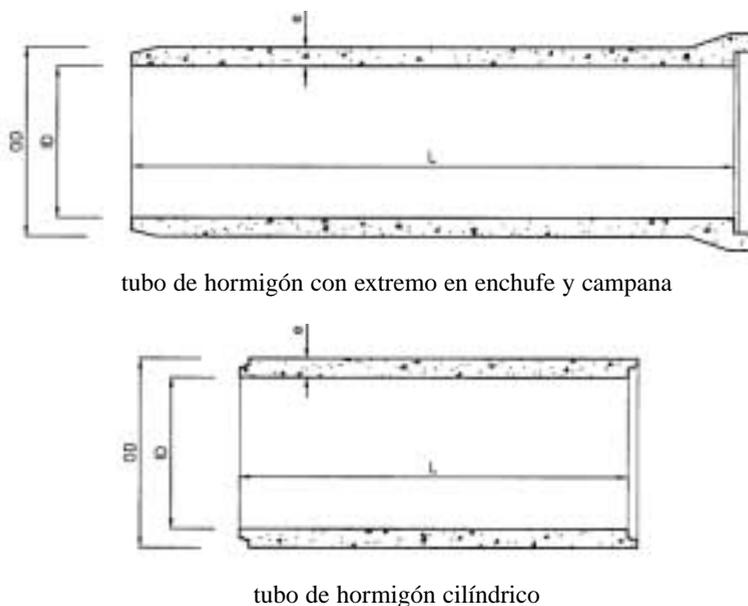
Tabla 10. Armadura circular mínima (cm²/m). Clasificación tipo A.

Resistencia del hormigón f_{ok} (N/mm²):

$f_{ok} = 30$	En cursiva, diámetros no habituales.
$f_{ok} = 35$	Las secciones de acero pueden interpolarse para valores de la carga, diámetro o espesor de pared intermedio a los que figuran en la tabla.
$f_{ok} = 40$	Para diámetros superiores o iguales a 1500 mm, deberán disponerse jaulas de armado interior y exterior. A) En diseños especiales el dimensionado debe ser propuesto por el fabricante y autorizado por el comprador. B) Valores condicionados por sección mínima de armado.

	Tipo de ambiente		
	Sin ambiente químico específico (Clase de Exposición IIa)	Con ataque químico débil (Clase de Exposición Qa)	Con ataque químico medio (Clase de Exposición Qb)
Recubrimiento mínimo (mm)	20	30	30

Tabla 11. Recubrimientos mínimos según la clase de ambiente (UNE 127.916).



tubo de hormigón con extremo en enchufe y campana

tubo de hormigón cilíndrico

Fig. 3. Dimensiones y tipologías en las tuberías de hormigón.

II.2.7. Uniones

Los tubos de hormigón armado se unirán con juntas flexibles mediante anillo elástico, siendo posible las dos disposiciones siguientes, atendiendo a la terminación de sus extremos:

- Uniones con macho escalonado (R-3)
- Uniones con macho acanalado (R-4)

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 esquemas tipo para las uniones en la Fig 4, Fig 5 y Fig 6).

Cuando los tubos vayan acabados en enchufe y campana deberá cuidarse especialmente su instalación, construyendo nichos en los fondos de las zanjas y/o calzando los tubos vigilando de manera especial la nivelación y alineación de la conducción (ver artículo III.3). Las uniones deberán garantizar las desviaciones angulares máximas que se indican en la tabla adjunta.

<i>Deflexión angular máxima</i>	
<i>(mm/m)</i>	<i>(°)</i>
12.500/DN	$\arctan (12.500/DN/1.000)$

Tabla 13. Deflexiones angulares máximas en las uniones flexibles de los tubos de hormigón (UNE-EN 1.916).

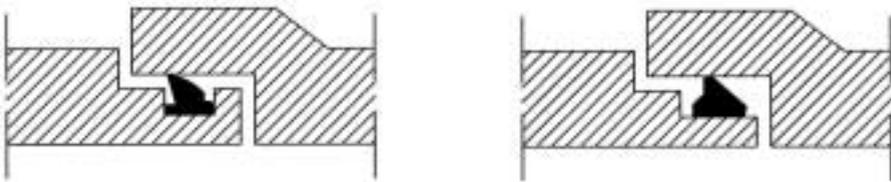


Fig. 4. Uniones flexibles con extremos en enchufe y campana en los tubos de hormigón.

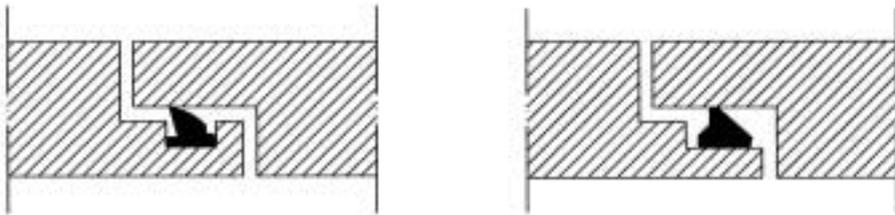


Fig. 5. Uniones flexibles con extremos cilíndricos en los tubos de hormigón.

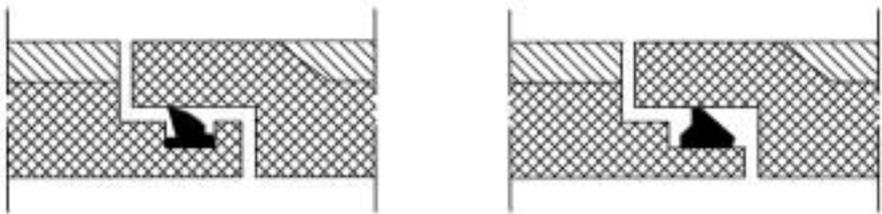


Fig. 6. Comparativa entre uniones flexibles con extremos en enchufe y campana y cilíndricos en los tubos de hormigón.

Las juntas elastoméricas deberán cumplir lo especificado para las mismas en el artículo II.6.

II.2.8. Identificación

Todos los tubos deberán marcarse con las siguientes informaciones:

- a) Nombre del fabricante, marca comercial o marca distintiva, así como lugar de fabricación
- b) Fecha de fabricación en la forma AAMMDD (año, mes, día)
- c) Diámetro nominal en mm
- d) Clase resistente (C-60, C-90, C-135, C-180 ó C-I, C-II, C-III, C-IV, C-V)
- e) Referencia a las normas UNE-EN 1.916 y UNE 127.916
- f) Siglas SAN, indicativas de que se trata de un tubo de saneamiento
- g) Siglas HA indicativa de que el tubo es de hormigón armado
- h) Certificación por terceros. Marca de Calidad AENOR o similar, en su caso
- i) Marcado CE
- j) Identificación de las condiciones de uso distintas de las condiciones normales
- k) Identificación de la utilización particular prevista, si fuera el caso:
 - Sin ambiente químico específico o clase de exposición IIa no requiere marcado alguno
 - Con ataque químico débil o clase de exposición Qa se marcará con Qa
 - Con ataque químico medio o clase de exposición Qb se marcará con Qb

II.3. TUBOS ESPECIALES PARA HINCA

Los tubos de hormigón armado que se instalen mediante hinca o empuje deberán cumplir lo especificado en el presente artículo.

II.3.1. Normativa

Será de aplicación lo indicado en el artículo II.2.1.

II.3.2. Definiciones

Será de aplicación lo indicado en el artículo II.2.2.

II.3.3. Clasificación

Los tubos de hormigón armado para hinca se clasificarán por su diámetro nominal y por su clase de resistencia, conforme a lo especificado en el artículo II.2.3, debiendo ser,

como mínimo, de las clases resistentes III ó 90, según se emplee la clasificación tipo A ó E, respectivamente.

II.3.4. Características técnicas

En general, será de aplicación lo indicado en el artículo II.2.4, con las siguientes particularidades:

Los tubos de hinca deberán disponer los acabados adecuados para permitir la instalación de las estaciones intermedias necesarias.

En concreto, tales acabados podrán consistir en las denominadas piezas “macho-macho” o “macho-rebajado”. En ambos casos deberán disponer las acanaladuras necesarias para alojar la junta de goma, debiendo ser doble en el extremo rebajado de la pieza “macho-rebajado”.

Los tubos irán provistos de tres taladros pasantes que permitan realizar las inyecciones de bentonita necesarias. Estarán situados en el centro del tubo y dispuestos de modo que el ángulo que separa dos cualquiera de ellos sea 120°. El diámetro de dichos taladros pasantes, no será superior a 1^{1/4}".

II.3.5. Fabricación

En general, será de aplicación lo indicado en el artículo II.2.5, con las siguientes particularidades:

- La resistencia característica del hormigón declarada por el fabricante no debe ser inferior a 40 N/mm².
- El recubrimiento mínimo requerido por el artículo II.2.5.7, será aumentado en 5 mm en los paramentos exteriores destinados a estar en contacto permanentemente con el suelo. No debe haber acero en la cobertura de hormigón de las secciones de unión que transmitan la carga durante la puesta en obra.
- Se aumentará el armado longitudinal tanto como lo permita el proceso de fabricación, independientemente del tipo o clase de tubería, siendo recomendable que la armadura longitudinal consista, al menos, en 24 barras de 7 mm cada una, sea cual fuere el diámetro del tubo.
- En la zona de transmisión de empuje de los tubos se reforzará la armadura transversal conforme a lo especificado en la vigente EHE en su artículo 60 “Cargas concentradas sobre macizos”. A este respecto es recomendable que en los extremos del tubo la separación máxima entre espiras sea de 50 mm y que se disponga una armadura de cortante consistente en unos cercos que conecten la armadura longitudinal interior y exterior.

II.3.6. Dimensiones

En general, será de aplicación lo indicado en el artículo II.2.6, si bien en este caso las tolerancias en la rectitud de generatrices, el diámetro exterior, la ortogonalidad de las generatrices y la ortogonalidad de la pared, serán las indicadas en la tabla adjunta.

		<i>Tolerancia rectitud generatrices</i>	<i>Tolerancia diámetro exterior (mm)</i>	<i>Tolerancia ortogonalidad generatrices (mm)</i>	<i>Tolerancia ortogonalidad pared (mm)</i>
<i>DN</i>	$400 \leq DN < 1.200$	El mayor de: 0,3% longitud interior 3 mm	± 7	4	3
	$1.200 \leq DN < 3.000$		± 8	5	4
	$3.000 \leq DN$		± 12	6	5

Tabla 14. Tolerancias dimensionales de tubos de hınca.

II.3.7. Uniones

Los tubos de hormigón que se instalen mediante hınca irán dispuestos con uniones flexibles, admitiendo distintos diseños, debiendo ser tales que, en cualquier caso, los frentes de los tubos queden siempre planos y exentos de irregularidades.

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

Las virolas deben estar fabricadas a partir de láminas de acero de construcción soldable, conforme a la norma UNE-EN 10.025, de acero inoxidable o de plástico armado, teniendo en cuenta que las virolas de acero de construcción soldable pueden ser sensibles a la corrosión por la acción del suelo, del nivel freático o por los efluentes transportados. En caso de riesgo de corrosión, conviene que la unión sea diseñada para permitir la instalación de una junta de estanquidad secundaria.

Cuando la virola sea de acero galvanizado, tendrá una protección de 100 micras de zinc electrolítico al 99,99 %. Esta virola se incorporará a los tubos durante el proceso de fabricación, de modo que su unión resulte solidaria, para lo que se conectará adecuadamente a la armadura de la tubería. Las virolas llevarán un elemento de unión con sección mínima de 2 cm² por metro de perímetro interior del tubo, que garantice una correcta conexión entre la virola y el hormigón.

Alternativamente a dicho elemento de unión, podrá soldarse la virola a la armadura, si bien dicha soldadura deberá ser tal que garantice las mismas propiedades que se se dispusiese del elemento de unión.

Si la virola no fuera de acero galvanizado, deberá contar con la adecuada protección contra la corrosión, la cual consistirá, en general, en un revestimiento a base de resinas epoxy (líquido, en polvo, reforzado con fibra de vidrio o sin disolvente) u otro similar de prestaciones iguales o superiores.

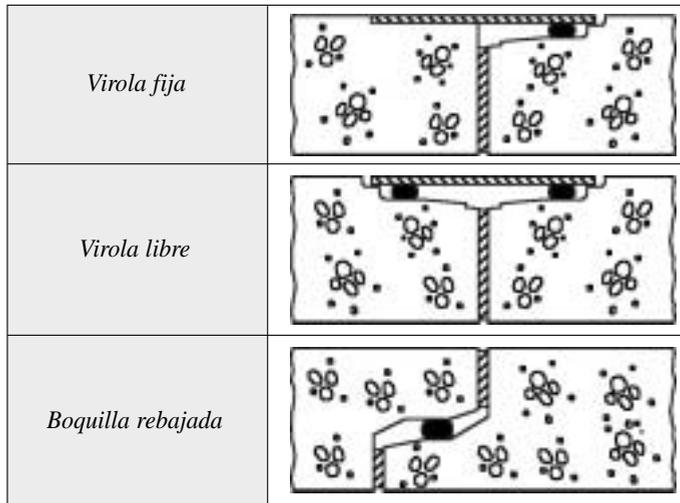


Fig. 7. Uniones en tubos de hormigón para hincá (UNE-EN 1.916).

Las juntas elásticas que se incluyan en las uniones deberán cumplir lo especificado para los mismos en el artículo II.6.

II.3.8. Tubos de características especiales

Cuando las condiciones geotécnicas del terreno en el que se vayan a instalar los tubos de hormigón armado mediante hincá sean especialmente adversas (terrenos con bolos, suelos heterogéneos u otras), deberá reforzarse el diseño de los tubos, de manera que puedan resistir adecuadamente los esfuerzos extraordinarios que sean de prever en la conducción.

En este sentido, el respectivo Proyecto deberá especificar las precauciones concretas a adoptar en cada caso particular, si bien algunas medidas concretas a adoptar para ello podrán ser las siguientes, entre otras:

- aumento de la profundidad de empotramiento y del espesor de la virola de acero de la unión
- disposición de anclajes entre el extremo de la armadura longitudinal y la virola de la unión
- aumento de la armadura longitudinal
- colocación de estribos en los extremos de los tubos

II.3.9. Identificación

El marcado será similar al especificado para los tubos de hormigón armado de sección circular (ver artículo II.2.7), añadiendo el empuje máximo de hincado.

II.4. PIEZAS ESPECIALES

Las piezas especiales de hormigón armado deberán cumplir con lo especificado para las mismas en las normas UNE-EN 1.916 y UNE 127.916, pudiendo ser de la siguiente tipología:

- Codos
- Conos
- Adaptadores
- Tubos con acometida
- Disipadores de energía

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

En cualquier caso, los ángulos de los mismos serán, en general, inferiores a 45° , por motivos de funcionalidad. Si, excepcionalmente, se admitieran codos cuyo ángulo fuera superior a 70° el radio de curvatura de los mismos, r , deberá ser, al menos, $0,7 DN$.

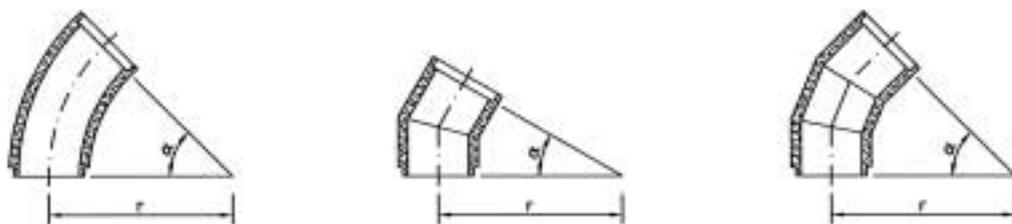


Fig. 8. Ejemplos de codos de hormigón.

II.5. POZOS DE REGISTRO

II.5.1. Tipología

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

- pozos circulares (tipos 1, 2, 3 ó 4)
- pozos circulares insertados en la conducción (pozos chimenea, tipo 5)
- pozos circulares sobre cámaras realizadas mediante marcos prefabricados (tipo 6)

Todos ellos están compuestos por módulos prefabricados, habiendo un gran número posible de diseños para cada caso particular, conforme puede verse en el esquema adjunto (ver definiciones en artículo II.5.3). Entre cada dos módulos integrantes del pozo se dispondrá una junta elastomérica que confiera estanquidad a la estructura.

En cualquier caso, y a título orientativo, en los Planos anexos a estas Recomendaciones se normalizan seis tipos de pozos de registro en función del diámetro y profundidad de la conducción incidente (ver tabla adjunta).

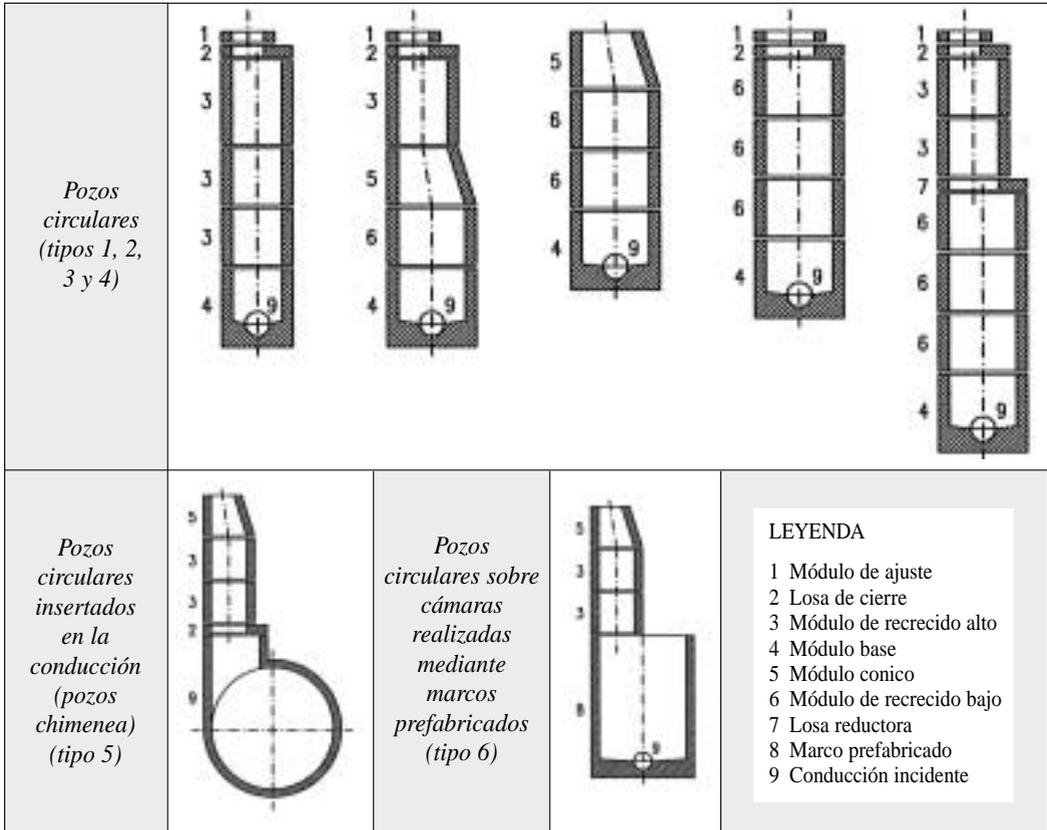


Fig. 9. Tipología de pozos de registro prefabricados de hormigón armado.

Por otro lado, atendiendo a la altura a salvar por los tubos que acometen, los pozos podrán ser convencionales o de resalto, cuando la altura a salvar sea superior a un metro. De manera similar a lo anterior, en los Planos anexos a estas Recomendaciones se normalizan tres tipos de pozos de resalto en función del diámetro de la conducción incidente (tipos 7, 8 y 9, ver tabla adjunta).

Los pozos chimenea (tipo 5) se recomienda utilizarlos en diámetros grandes y cuando no haya acometidas al pozo; caso de haberlas, deberá emplearse el pozo mediante marcos (tipo 6).

DN conducción incidente (min)	Pozos de registro		Pozos de resalto
	$H < 2,5 \text{ m}$	$H > 2,5 \text{ m}$	
300 400 500 600	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 7
800 1.000	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 8
1.200 1.400 1.500 1.600 1.800 2.000 2.500 3.000	TIPO 5 ó TIPO 6		TIPO 9

Fig. 10. Pozos de registro y de resalto normalizados.

II.5.2. Normativa

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

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

II.5.3. Definiciones

Complementariamente a las definiciones del artículo I.3, en los pozos de registro prefabricados de hormigón armado de sección transversal circular serán de aplicación específica las siguientes:

a) Diámetro nominal, DN

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

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

b) 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.

El módulo base deberá suministrarse con los orificios necesarios para el entronque directo de los tubos incidentes (intercalando una junta elástica), o bien con unos “tubos cortos” incorporados (ver definiciones).

Los orificios del módulo base, de ser necesarios, podrán realizarse en la fase de moldeado o posteriormente mediante taladro, pero nunca deberán hacerse en la propia obra, por medios manuales.

Igualmente el módulo base podrá ir con una cuna hidráulica incorporada, o con el fondo plano para la ejecución de la cuna en la propia obra.

c) Módulo de recrecido o anillo

Corresponde a los alzados de los registros. Es un tramo circular abierto en sus dos extremos. Podrán ser *bajos* o *altos*, según su disposición en el registro

d) 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.

e) 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.

f) Módulo de ajuste

Elemento que permite acomodar de forma apropiada el marco de la tapa de registro.

g) Tubo corto

Tubo de hormigón armado de longitud máxima de 500 mm medido desde la pared exterior del pozo, sólidamente empotrado a la pared del módulo base.

h) Tubo de empalme o tubo biela

Tubo de hormigón armado que se coloca entre el tubo corto y la conducción incidente al pozo de registro (uniones rígidas) o entre éste y el módulo base del pozo de registro (uniones flexibles) y cuya longitud no puede exceder el valor de 1,5 m o el largo del citado tubo incidente (el menor de ambos).

i) Altura útil de un módulo (de base, de recrecido o cónico)

Distancia entre las superficies de apoyo del módulo

j) Carga de rotura

Es aquella carga (expresada en kN/m ó kN/m²) que, en el ensayo de aplastamiento, produce la rotura o colapso de la conducción.

j) Carga de fisuración o de prueba

Es aquella carga (expresada en kN/m ó kN/m^2) 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.

k) Clase de resistencia

Designación adoptada a efectos de la clasificación de los pozos de registro (ver artículo siguiente), la cual está directamente relacionado con la carga de fisuración y la de rotura.

II.5.4. Clasificación

Los pozos de registro prefabricados de hormigón armado de sección circular se clasificarán por su diámetro nominal (DN) y por su clase de resistencia.

En la norma UNE 127.917 están normalizadas todas las combinaciones posibles de los DN y de las clases de resistencia, tal como se muestra en la figura adjunta. A la clase 30 se la conoce como *serie normal* y a la 60 como *serie reforzada*.

		Clase de resistencia	
		30 Serie Normal	60 Serie Reforzada
DN	Carga fisuración (kN/m^2)	20	40
	Carga rotura (kN/m^2)	30	60
	800		
	1.000		
	1.200		
	1.500		
	1.800		

Fig. 11. Clasificación de los pozos de registro prefabricados de hormigón armado.

II.5.5. Características técnicas

Los pozos de registro, una vez fabricados, deberán resistir las cargas de fisuración y de rotura que se indican en la tabla adjunta.

		<i>Clase 30 Serie Normal</i>		<i>Clase 60 Serie Reforzada</i>	
		<i>Fisuración</i>	<i>Rotura</i>	<i>Fisuración</i>	<i>Rotura</i>
<i>DN</i>	800	16	24	32	48
	1.000	20	30	40	60
	1.200	24	36	38	72
	1.500	30	45	60	90
	1.800	36	54	72	108

Tabla 15. Cargas de fisuración y de rotura (en kN/m) en los pozos de registro prefabricados de hormigón armado de sección circular (UNE 127.917).

II.5.6. Fabricación

Los materiales a emplear en los pozos prefabricados de hormigón deberán cumplir con lo especificado por la vigente EHE y en el artículo II.2.5.

Además, el recubrimiento mínimo de las armaduras será el tamaño máximo del árido, con un mínimo de 20 mm para losas y 15 mm para el resto de módulos, debiendo adoptarse las siguientes cuantías mínimas de armaduras:

- Alzados y conos: 2,0 cm²/m de sección vertical, con un mínimo de 0,15 cm² en cualquier tipo de alzado.
- Solera y bases: 2,5 cm²/m en cada una de las dos direcciones ortogonales.
- Losas: 2,5 cm²/m en dos direcciones ortogonales, con refuerzo en torno al orificio de apertura.

En cualquier caso, una vez fabricados, las superficies de los módulos que integran los pozos de registro prefabricados de hormigón armado y la de sus uniones deberán estar exentas de irregularidades que pudieran influir negativamente en su comportamiento estructural, estanquidad o durabilidad.

Las reparaciones y repasos serán admisibles, siempre que el producto final cumpla todos los requisitos exigidos en estas Recomendaciones.

II.5.7. Dimensiones

Las dimensiones de los módulos que integran los pozos de registro prefabricados de hormigón armado deberán figurar en la documentación técnica de los respectivos fabricantes, debiendo cumplir, en cualquier caso, con lo especificado a continuación.

Las alturas útiles de los módulos deberán estar comprendidas entre los valores especificados en la Tabla 16. En cualquier caso, la tolerancia admisible sobre la altura útil será el mayor de los siguientes valores:

- $\pm 1,5$ % del valor establecido en los documentos de fabricación
- ± 10 mm

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

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

Tabla 16. Altura útil de los módulos de los pozos de registro (mm).

Los espesores de los módulos, por su parte, deberán ser como mínimo los especificados en la Tabla 17. En cualquier caso, se admitirá una tolerancia del 5% sobre dichos valores.

En los módulos de base y en los de recrecido, las tolerancias sobre el diámetro interior, la ortogonalidad y la tolerancia en la regularidad plana de los extremos serán las indicadas en la Tabla 18.

Las generatrices de estos módulos de base y de recrecido deberán ser rectas, no presentando una desviación de su rectitud superior al mayor de los siguientes valores: 1,0% de la altura útil ó 10 mm.

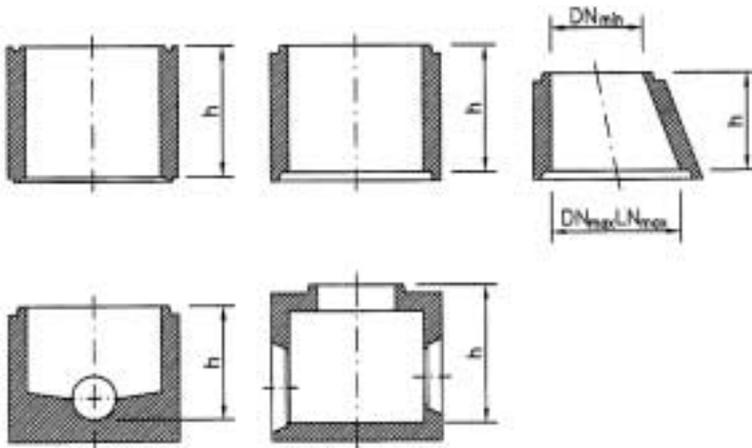


Fig. 12. Altura útil de los módulos de los pozos de registro (mm).

		<i>Módulos base</i>		<i>Módulos de recrecido cónicos o de ajuste</i>	<i>Losas de cierre</i>
		<i>Alzado</i>	<i>Solera</i>		
<i>DN (mm)</i>	<i>800</i>	120	120	120	150
	<i>1.000</i>	120	120	120	150
	<i>1.200</i>	160	160	160	150
	<i>1.500</i>	160	200	160	200
	<i>1.800</i>	200	200	200	200

Tabla 17. Espesores mínimos (mm).

		<i>Tolerancia en el DN (mm)</i>	<i>Tolerancia en la ortogonalidad en los extremos</i>	<i>Tolerancia en la regularidad de cierre</i>
		<i>DN (mm)</i>		
<i>DN (mm)</i>	<i>800</i>	± 10	± 10	± 10
	<i>1.000</i>	± 12	± 10	± 10
	<i>1.200</i>	± 14	± 12	± 12
	<i>1.500</i>	± 15	± 15	± 15
	<i>1.800</i>	± 15	± 18	± 18

Tabla 18. Tolerancias en los módulos de los pozos de hormigón.

Cuando los módulos base lleven incorporadas cunas hidráulicas se admitirán dos diseños posibles, el tipo A y el B, conforme puede verse en la figura adjunta. En cualquier caso, la pendiente hacia la acanaladura será como mínimo del 5% y la altura de las cunas desde el fondo de la acanaladura será la especificada en la figura adjunta.

		<i>Altura</i>	
<i>Tipo de cuna</i>	A		El menor de: DN tubo salida 400 mm
	B		El mayor de: 1/2 DN del tubo incidente 1/2 DN del tubo de salida

Fig. 13. Cunahidráulicas y acanaladuras.

II.5.8. Criterios de selección

En función del DN del módulo base del pozo de registro, se recomienda que los DN de los tubos incidentes sean como máximo los indicados en la tabla adjunta, de manera que se garantice un recubrimiento mínimo de 250 mm de anchura en las cunas hidráulicas.

		<i>DN máximo de los tubos incidentes (mm)</i>
<i>DN del módulo base</i>	<i>800</i>	300
	<i>1.000</i>	500
	<i>1.200</i>	600
	<i>1.500</i>	1.000

Tabla 19. Relación de diámetros entre módulo base y tubos incidentes.

Cuando el DN del tubo incidente sea igual o superior a 1.200 mm se adoptarán pozos chimenea o pozos a base de marcos prefabricados (Tipo 5 ó 6, ver artículo II.5.1).

En cuanto a las clases resistentes de los pozos de registro (normal o reducida, ver artículo II.5.4), en la tabla adjunta se indican unos criterios para su selección en función de distintos parámetros de selección.

siendo:

λ coeficiente de Rankine, de valor: $\lambda = tg^2 (45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ (ver artículo IV.2)

μ' coeficiente de rozamiento del relleno contra la pared de la zanja ($\mu' = tg \varphi'$) (ver IV.2)

φ' ángulo de rozamiento interno del relleno contra la pared de la zanja (ver artículo IV.2)

φ ángulo de rozamiento interno del relleno (ver artículo IV.2)

PN Próctor Normal

Por otro lado, 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/o 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

		<i>Serie normal</i>	<i>Serie reforzada</i>
<i>Parámetro de selección</i>	<i>Profundidad</i>	0 a 4 m	> 4 m
	<i>Terreno</i>	Arcillas ($\lambda\mu \leq 0,15$)	Arenas y material sin cohesión ($\lambda\mu > 0,15$)
	<i>Empujes exteriores</i>	Uniformes en todo el contorno	Presencia de cargas puntuales
	<i>Empujes exteriores</i>	Uniformes	Puntuales
	<i>Manipulación de elementos</i>	Cuidada con útiles adecuados	En otro caso
	<i>N.º y disposición de acometidas</i>	Dos acometidas en caras opuestas	En otro caso
	<i>Nivel freático</i>	No presencia	Presencia
	<i>Agresividad química</i>	Sin ambiente químico específico o con ataque químico débil	Ataque químico medio
	<i>Ejecución y compactación del relleno</i>	Ejecución cuidada Compactación > 90 % PN	Ejecución no cuidada Compactación \leq 90 % PN

Tabla 20. Factores que intervienen en la elección de la serie de los módulos.

<i>DN conducción</i>		<i>Separación máxima entre pozos (m)</i>
	< 600	50
	600 < DN < 1.000	70
	1.000 < DN < 1.500	150
	DN > 1.500	200

Tabla 21. Separación máxima entre pozos de registro en función del diámetro de la conducción.

Las distancias normalizadas entre pozos de registro de la Tabla 21 hay que entenderlas como unos valores máximos que no deberían nunca sobrepasarse. A criterio de la propiedad, podrían disminuirse teniendo en cuenta que la máxima separación viene condicionada por necesidades de mantenimiento y limpieza (en conductos no visitables) o por motivos de seguridad (en conductos visitables).

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.

II.5.9. Elementos complementarios

Los principales elementos complementarios a instalar en los pozos de registro prefabricados de hormigón armado, 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. 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. Los marcos, por su parte, podrán ser bien redondos o cuadrados.

En los Planos Anexos a estas Recomendaciones se detallan varios diseños normalizados de marcos y tapas de cubrimiento.

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 serán, en general, de las siguientes clases de las especificadas en la norma UNE-EN 124, según el emplazamiento de las mismas:

Clase B 125 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
- Certificación por terceros. Marca de Calidad AENOR o similar, en su caso Nombre o marca del fabricante
- Marca de calidad, en su caso
- Marcado específico de la propiedad.
- Identificación del servicio (“Saneamiento” o similar).

b) Pates

Los pates a instalar en los pozos de registro serán, en general, de polipropileno con alma de acero y sólo en casos justificados de materiales metálicos (ver Fig 15), debiendo cumplir con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 13.101. En el caso más usual de pates de polipropileno con alma de acero en los Planos Anexos a estas Recomendaciones se detalla el diseño normalizado más frecuente de los mismos.

Los pates se podrán disponer bien en una única o en dos alineaciones verticales, conforme a como se indica en la Fig 15.

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 podrá contar 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 prefa-

bricado 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.

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

Tabla 22. Características geométricas de los pates metálicos (UNE-EN 13.101).

	<i>Valor</i>
<i>Proyección mínima desde la superficie de hormigón (mm)</i>	120
<i>Espacio vertical entre pates (mm)</i>	250-350
<i>Separación entre ejes de pates en dos alineaciones verticales (mm)</i>	270-300 (±10)

Tabla 23. Características geométricas de los pates de polipropileno (UNE-EN 1.917).

Los pates instalados por el fabricante en los diferentes módulos deberán garantizar los requisitos especificados en la norma UNE-EN 13.101 para los mismos, entre ellos los siguientes:

- Resistir una carga vertical de 2 kN sin presentar una deformación bajo carga superior a 5 mm para los pates de un pie y 10 mm para los pates de dos pies, ni una deformación remanente de 1 mm para los pates para un pie y 2 mm para los pates para dos pies.
- Resistir una carga de tracción horizontal de 5 kN sin que se pueda arrancar el pate.

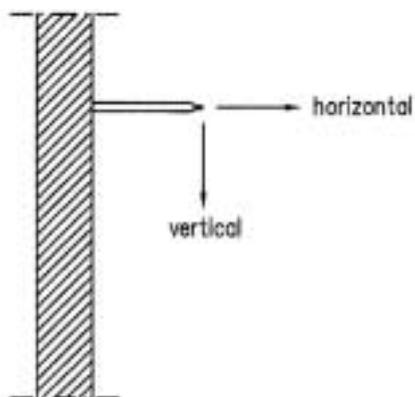


Fig. 14. Cargas de ensayo en pates.

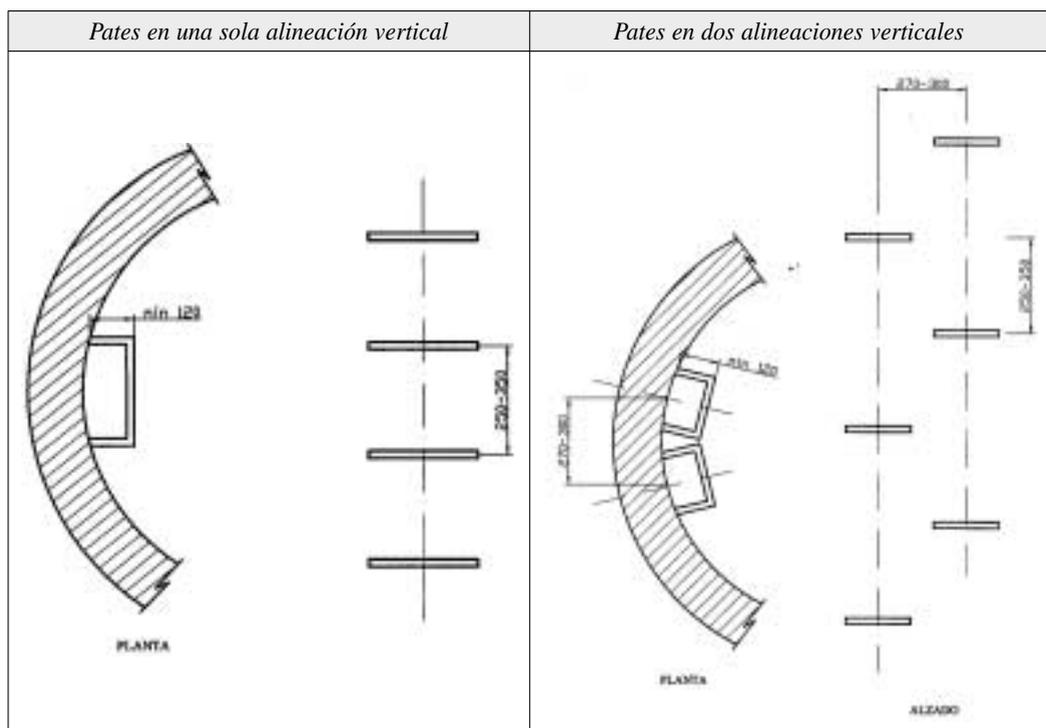


Fig. 15. Posibles disposiciones de los pates de PP.

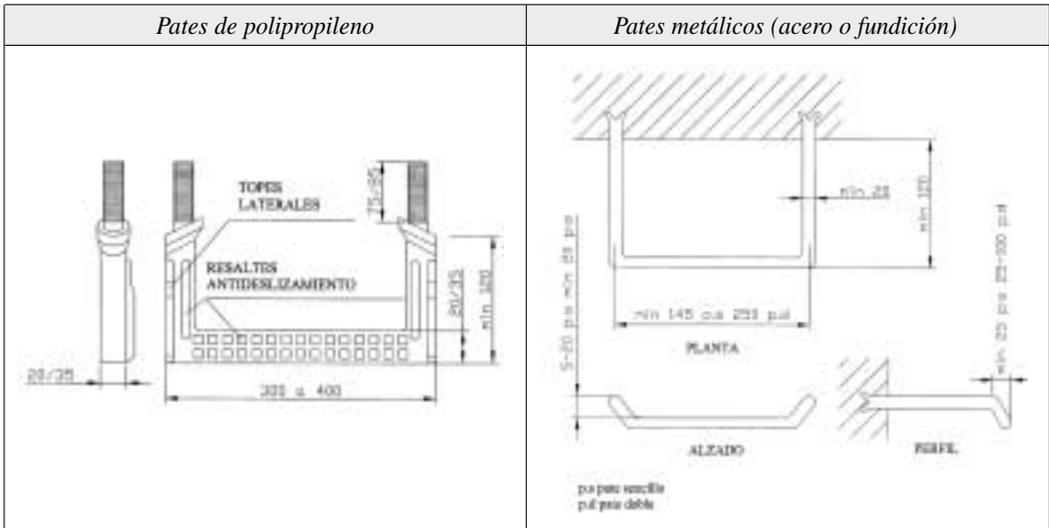


Fig. 16. Dimensiones de los pates de polipropileno y metálicos.

c) Escaleras

Cuando haya lugar, las escaleras de acceso a los pozos de registro deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 14.396.

d) Barandillas y cadenas de seguridad

Cuando se empleen en los pozos de registro barandillas y cadenas de seguridad, deberán ser de acero inoxidable.

e) Tramex

Cuando haya lugar, 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 17).

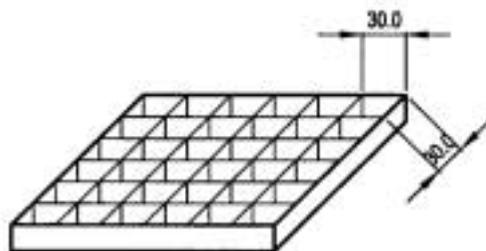


Fig. 17. Detalle de tramex.

II.5.10. Uniones

Cuando las uniones de los pozos de registro prefabricados de hormigón armado a las conducciones que los acometen sean rígidas, las mismas se realizarán, en general, mediante un tubo corto y un tubo biela (ver Fig 19).

Cuando, por el contrario, las uniones entre las conducciones y los pozos sean flexibles, podrá eliminarse el tubo corto, colocando únicamente un tubo biela entre el tubo y el pozo a unir (ver también Fig 19).

El tubo corto, en su caso, irá rígidamente empotrado al módulo base del pozo de registro y tendrá una longitud mínima igual al espesor de la pared del módulo base más la mitad del DN del tubo incidente y máxima de 500 mm si el extremo es hembra. En el caso de que el extremo sea macho, podrá aumentarse la longitud.

La tolerancia de desviación angular de la posición prescrita de las conexiones a los elementos verticales será de $\pm 3^\circ$ horizontalmente.

La tolerancia de nivel será de ± 15 mm, sin contrapendiente entre entradas y salidas.

La distancia mínima entre la superficie exterior de dos tubos conectados será igual al espesor de pared del elemento al que están conectados ó a 100 mm, tomando el valor más pequeño.

El tubo biela se dispondrá entre el tubo corto y el tubo incidente (uniones rígidas) o entre éste y el módulo base del pozo (uniones flexibles) con la finalidad, en cualquier caso, de permitir la absorción de los movimientos diferenciales que puedan producirse. La longitud máxima será la del tubo incidente ó 1,50 m (el menor de ambos), pudiendo estar acabados los extremos en macho o hembra (ver Fig 18).

Las uniones entre los módulos que conforman el registro deberán incorporar una junta elastomérica de forma que se asegure la estanquidad entre los elementos, pudiendo estar acabados los módulos de diversas maneras para alojar tales juntas (ver Fig 20).

Las juntas elastoméricas deberán cumplir lo especificado para los mismos en el artículo II.6.

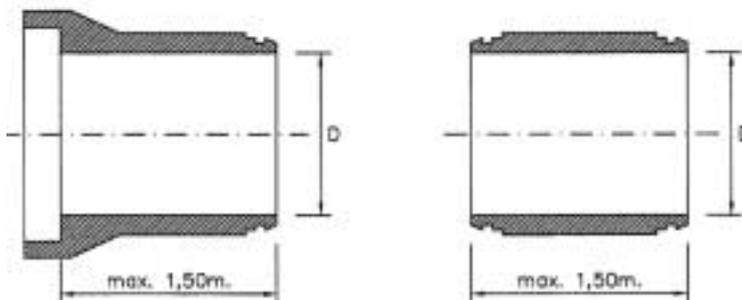


Fig. 18. Geometría de los tubos biela.

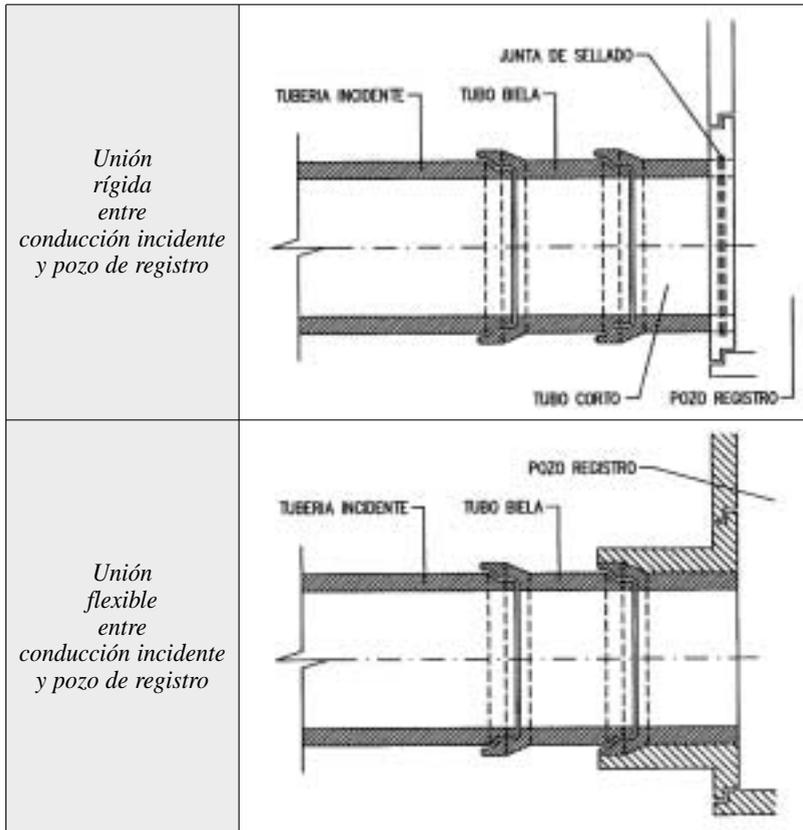


Fig. 19. Detalle de conexión entre conducciones incidentes y pozos de registro.

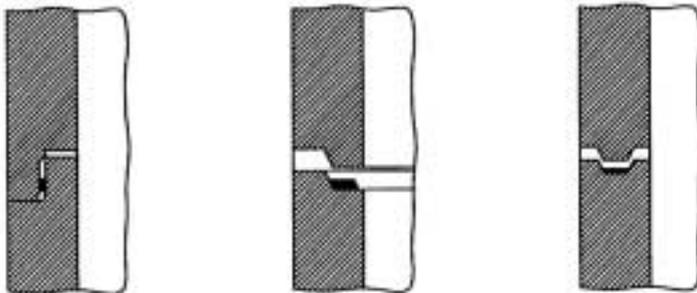


Fig. 20. Uniones entre módulos.

II.5.11. Identificación

Todos los módulos que componen los pozos de registro deberán marcarse con las siguientes informaciones:

- a) Nombre del fabricante, marca comercial o marca distintiva, así como lugar de fabricación
- b) Fecha de fabricación en la forma AAMMDD (año, mes, día)
- c) Diámetro nominal, en mm
- d) Altura útil
- e) Serie resistente (N-normal, R-reforzada)
- f) Referencia a las normas UNE-EN 1917 y UNE 127.917
- g) Identificación del material constituyente (HA Hormigón armado)
- l) Certificación por terceros. Marca de Calidad AENOR o similar, en su caso
- m) Marcado CE
- h) Identificación de las condiciones de uso distintas de las condiciones normales
- n) Identificación de la utilización particular prevista, si fuera el caso:
 - Sin ambiente químico específico o clase de exposición IIa no requiere marcado alguno
 - Con ataque químico débil o clase de exposición Qa se marcará con Qa
 - Con ataque químico medio o clase de exposición Qb se marcará con Qb
- i) Tipo de cemento si éste tuviera alguna característica especial
- j) En los módulos base, diámetros de las incorporaciones de entrada y salida

II.6. JUNTAS ELASTOMÉRICAS

11.6.1. Normativa

Deberán instalarse juntas elastoméricas de caucho vulcanizado en todas las uniones de los tubos de hormigón armado con cualquier componente de las redes de saneamiento, debiendo cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 681-1.

11.6.2. Tipología

Las juntas podrán fabricarse por distintos procedimientos (moldeo, extrusión o calandrado), siendo admisibles distintos diseños de las uniones entre componentes de una red de saneamiento, si bien, en cualquier caso, deberán cumplir los requisitos especificados en el presente artículo, así como las condiciones relativas a la durabilidad de las uniones incluidas en el apartado 4.3.4.2 de la norma UNE-EN 1.916 (método 1) con las limitaciones establecidas para dicho método en el apartado 4.3.4.2.2 de la citada norma.

Igualmente, el diseño de las uniones deberá ser tal que garantice la estanquidad de la conducción en servicio (ver artículo V).

Atendiendo a su forma de recepción, las juntas podrán ser suministradas de forma independiente a los tubos (y ser instaladas directamente en la obra) o estar integradas en el propio tubo.

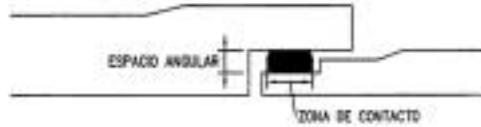


Fig. 21. Esquema de unión entre tubos.

Las juntas integradas presentan la ventaja de disminuir los posibles errores durante la instalación de la misma en la propia obra, si bien, por el contrario, requieren un cuidado especial durante el acopio de los tubos para evitar que se vean sometidas a posibles inclemencias temporales (sol, heladas, etc).

En cualquier caso, las juntas deberán ser deslizantes (autolubricadas o no), no siendo admisibles juntas rodantes en las que el anillo deba girar sobre sí mismo durante la instalación.

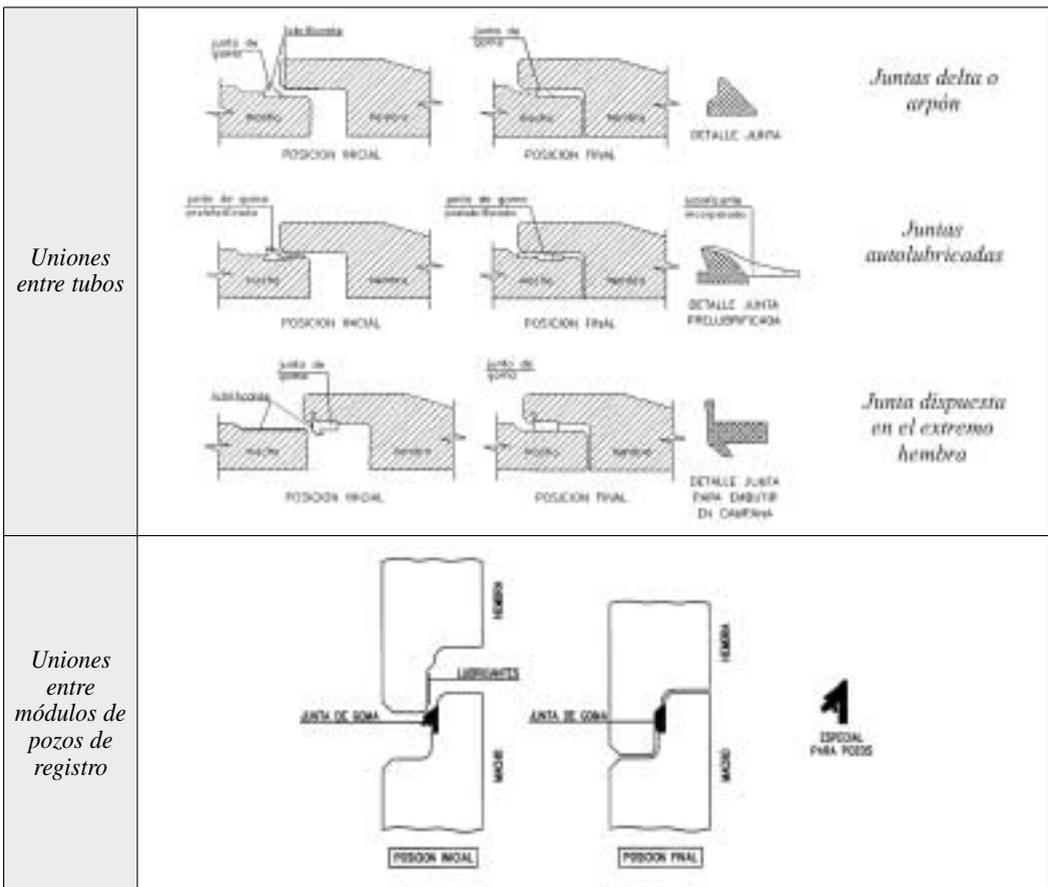


Fig. 22. Tipologías de uniones entre tubos y pozos de registro de hormigón.

Las juntas deslizantes entre tubos, a su vez, podrán ser de la siguiente tipología (ver figura anterior):

- Juntas delta o arpón

Podrán ser de distintas geometrías según fabricantes. Se instalarán en el extremo macho del tubo, bien con el enchufe escalonado o acanalado, debiendo aportar un lubricante en la campana del otro tubo a unir.

- Junta dispuesta en el extremo hembra

Podrán ser de distintas geometrías según fabricante, adoptando, en este caso, la disposición contraria al anterior, esto es, la junta se instalará en el extremo hembra (con la campana acanalada), aportando el lubricante en el enchufe del otro extremo a unir.

- Juntas autolubricadas

Como en los casos anterior, también podrán ser de distintas geometrías según fabricantes. Se instalarán en el extremo macho del tubo con el enchufe fresado y acanalado, no siendo necesario aportar ningún lubricante en la campana del otro tubo a unir pues la junta vendrá de fábrica prelubricada.

Las juntas deslizantes en los pozos de registro (tanto entre los módulos que los componen como entre el tubo que acomete al pozo y el módulo base) podrán ser también de distintas geometrías según fabricantes, debiendo instalarse en el extremo macho del módulo y aportar un lubricante para su colocación.

II.6.3. Clasificación

Además de por su tipología (ver artículo II.6.2) las juntas elastoméricas se clasificarán por su material, por la aplicación a que estén destinadas y por la clase de dureza.

En cuanto al material, las juntas elastoméricas serán siempre de caucho vulcanizado, pudiendo ser de los siguientes tipos, conforme a lo especificado en la norma ISO 1.629.

- caucho natural (SBR)
- caucho de etileno (EPDM)
- caucho acrilonitrilo butadieno (NBR)

Las posibles aplicaciones a que estén destinadas las juntas serán las siguientes, conforme lo establecido en la norma UNE-EN 681-1.

- WA Suministro de agua potable fría
- WC Suministro de agua fría no potable, tuberías de drenaje, de evacuación y de agua de lluvia
- WG Suministro de agua fría no potable, tuberías de drenaje, de evacuación y de agua de lluvia con resistencia a aceites

Las clases de dureza normalizadas en UNE-EN 681-1 son las siguientes:

40 – 50 – 60 – 70 – 80 – 90

II.6.4. Características técnicas

Los componentes que intervengan en la fabricación de las juntas elastoméricas estarán exentos de cualquier sustancia que pueda tener un efecto perjudicial sobre el agua transportada o sobre la vida de la junta, del tubo o del pozo de registro.

	Unidad	Categoría de dureza						
		40	50	60	70	80	90	
Tolerancia permisible en la dureza nominal	IRHD	±5	±5	±5	±5	±5	±5	
Mínima resistencia a la tracción	Mpa	9	9	9	9	9	9	
Mínimo alargamiento a la rotura	%	400	375	300	200	125	100	
Máxima deformación remanente por compresión	72 h a 23 °C	%	12	12	12	12	12	
	24 h a 70 °C	%	20	20	20	20	20	
	72 h a -10 °C	%	40	40	50	50	60	
Envejecimiento, 7 días a 70 °C	IRHD							
Máximo cambio de dureza		+8 / -5	+8 / -5	+8 / -5	+8 / -5	+8 / -5	+8 / -5	
Máximo cambio en la resistencia la tracción		%	-20	-20	-20	-20	-20	-20
Máximo cambio en el alargamiento	%	+10/-30	+10/-30	+10/-30	+10/-30	+10/-30	+10/-30	
Máxima relajación de esfuerzos	-7 días a 23 °C	%	13	14	15	16	17	18
	-100 días a 23 °C	%	19	20	22	23	25	26
Máximo cambio de volumen en agua a 7 días a 70°C	%	+8/-1	+8/-1	+8/-1	+8/-1	+8/-1	+8/-1	
Resistencia al ozono	-	Ausencia de grietas a simple vista						

Tabla. 24. Características técnicas de las juntas elastoméricas para aplicaciones WA, WC y WG.

A su vez, las juntas elastoméricas, una vez fabricadas estarán libres de defectos o irregularidades que puedan afectar a la estanquidad (clasificadas según la norma ISO 9.691), tales como los siguientes: burbujas, fisuras, migración de componentes (presencia de materiales componentes en la superficie), rebabas, grietas u otros.

Las uniones en las juntas elastoméricas se recomienda sean vulcanizadas en las que la tengan con un tamaño de la unión inyectada comprendido entre los 5 y los 9 mm. No serán admisibles, en ningún caso, las uniones pegadas.

Las juntas elastoméricas serán de caucho vulcanizado, conforme a lo establecido por la norma UNE-EN 681-1, pudiendo ser, a su vez, de caucho SBR, EPDM ó NBR según el tipo de ambiente al que se vaya a encontrar sometida (ataque químico débil o medio, ver Tabla 6) y a la presencia de hidrocarburos, aceites vegetales y esterres, alcoholes y acetonas.

En particular, la limitación de que las juntas sean de caucho EPDM si se prevé la presencia de esterres, alcoholes y acetonas solo será de aplicación si tal presencia se estima en una disolución menor o igual al 25% en peso. Si tal presencia se considera mayor, deberán hacerse estudios específicos.

	<i>Tipo de ambiente</i>			<i>Presencia de</i>		
	<i>Sin ambiente químico específico (IIa)</i>	<i>Ataque químico débil (Qa)</i>	<i>Ataque químico medio (Qb)</i>	<i>Hidrocarburos</i>	<i>Aceites vegetales</i>	<i>Esteres, alcoholes y acetonas</i>
<i>Caucho SBR</i>						
<i>Caucho EPDM</i>						
<i>Caucho NBR</i>						

Tabla. 25. Criterios para la selección de las juntas elastoméricas.

II.6.5. Dimensiones

Las dimensiones de las juntas elastoméricas deberán ser declaradas por el respectivo fabricante. Las tolerancias dimensionales deberán ser conformes a la norma ISO 3.302.

II.6.6. Identificación

Cada junta elastomérica (o paquete de varias cuando no sea posible el marcado de forma individual), se identificará de forma clara y duradera, como mínimo, con las siguientes indicaciones:

- a) Dimensiones nominales
- b) Identificación del fabricante
- c) Referencia a la norma UNE-EN 681
- d) Fecha de fabricación
- e) Clase de dureza
- f) Tipo de aplicación (WA, WC ó WG)
- g) Resistencia a bajas temperaturas (L), si procede (Ejemplo: WAL)
- h) Resistencia a aceites (O), si procede (Ejemplo: WCO)
- i) Abreviatura del caucho empleado (Ejemplo: SBR)
- j) Certificación por terceros. Marca de Calidad AENOR o similar, en su caso

II.7. ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

II.7.1. Marcos

Los marcos de hormigón armado utilizados como elementos complementarios en las redes de saneamiento y drenaje (pozos de registro, aliviaderos, rápidos, etc), deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el proyecto de norma europea prEN 14.844, debiendo cumplir, en cualquier caso, y además, con lo especificado por la vigente EHE al respecto.

II.7.2. Acometidas

II.7.2.1. Generalidades

Las acometidas a los edificios estarán constituidas, en general, por los siguientes componentes (ver figura Fig 23):

- Arqueta de arranque
- Albañal
- Entronque

Además, 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.

La arqueta registrable deberá ser sifónica y contar con los correspondientes conductos de ventilación, disponiéndose en lugares que no sean de paso preferencial.

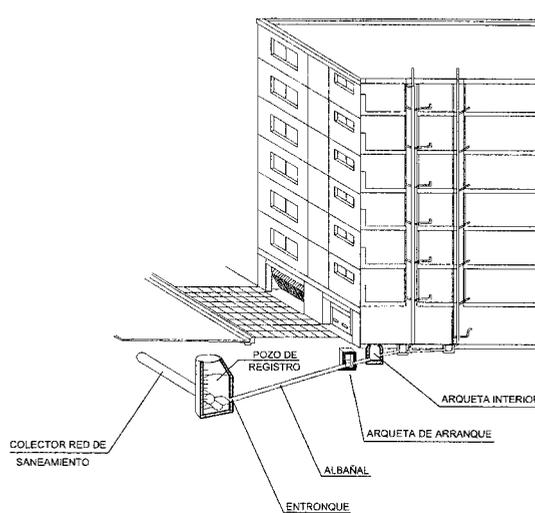


Fig. 23. Componentes que integran una acometida.

II.7.2.2. Componentes de las acometidas

a) Arqueta de arranque

Las arquetas de arranque de las acometidas podrán ser bien prefabricadas o bien construidas in situ. Sus funciones básicas 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 en los 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.

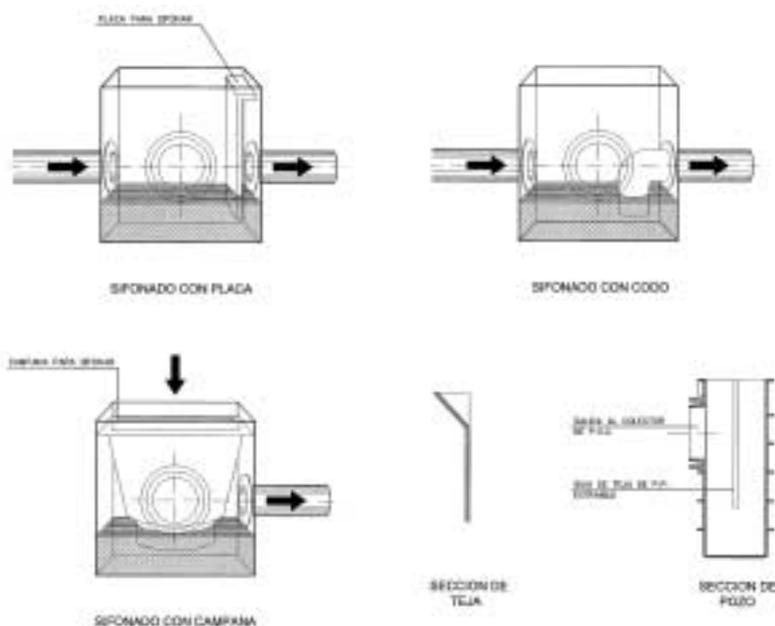


Fig. 24. Tipología de dispositivos de sifonado.

- 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:
 - 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.

b) Albañal

Los albañales, cuando sean de hormigón armado, deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo II.2 de las presentes Recomendaciones.

El diámetro mínimo nominal del albañil será de 300 mm, salvo 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.

La unión del albañil a la arqueta de arranque deberá realizarse mediante una junta flexible.

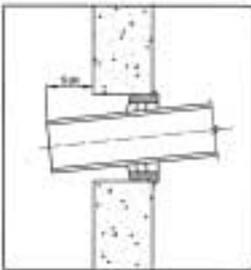
c) Entronque

En redes nuevas de alcantarillado, el entronque del albañil a la conducción principal de la red se realizará siempre a través de una arqueta o pozo de registro de la propia red, bien existente en la red o bien construido ex profeso, debiendo, cuando se trate de registros de hormigón armado, cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo II.5.

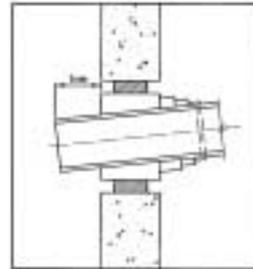
Para aquellos casos en los que la cota del conducto de la acometida tenga una altura sobre la clave del colector incidente superior a un metro se recomienda proteger la solera del pozo o arqueta (por ejemplo mediante una losa de granito).

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):

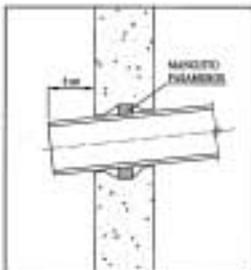
- mediante junta elástica/estanca
- mediante piezas elástica/estanca
- mediante manguito pasamuros in situ
- mediante injerto rígido (no estanco)



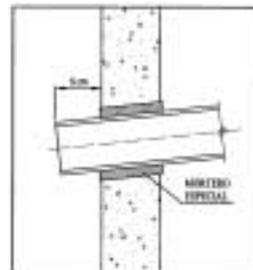
Entronque a pozo con junta elástica/estanca



Entronque a pozo con pieza elástica/estanca



Entronque a pozo con manguito pasamuros in situ



Entronque a pozo con injerto rígido (estanco)

Fig. 25. Tipología de entronques en acometidas.

II.7.3. Imbornales

II.7.3.1. Generalidades

Los imbornales estarán constituidos, en general, por los siguientes componentes:

- Elemento de recogida de las aguas pluviales
- Rejilla
- Albañal
- Entronque

II.7.3.2. 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, cuando se trate de registros de hormigón armado, deberá cumplir con lo especificado para los mismos 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 24)
- 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 o contruidos in situ

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. Serán como mínimo de la clase D 400.

Admitirán distintos diseños según fabricantes (ver Fig 26), como por ejemplo, con las barras transversales, diagonales, formando huecos, etc., si bien, en cualquier caso, deberán de ser de fundición dúctil.

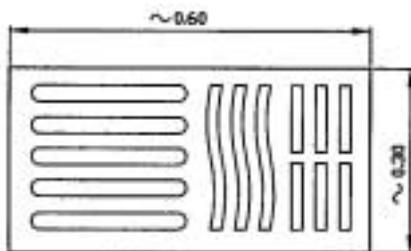


Fig. 26. Rejillas tipo (ranuras de paso variables, según fabricantes).

c) Albañal

El diámetro mínimo del conducto de unión con la red de alcantarillado (*albañal*) será 250 mm, o, excepcionalmente, 200 mm, debiendo cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo II.7.2.2 de estas Recomendaciones.

d) Entronque

El entronque de los sumideros con las redes de alcantarillado deberá cumplir con lo especificado en el artículo II.7.2.2 de estas Recomendaciones.

II.7.4. Aliviaderos

Los aliviaderos de crecidas son unos componentes que permiten desviar parte del caudal circulante por una conducción hacia un cauce cercano, pudiendo disponer o no de un tanque de tormentas adosado.

Los aliviaderos situados entre las incorporaciones de las redes de saneamiento unitarias urbanas y los interceptores principales (o al menos previo a las depuradoras) deben estar 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.

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.

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 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

En la solera del canal principal deberá disponerse un pequeño cuenco. Igualmente, dicha solera deberá tener una pendiente transversal importante hacia el mencionado cuenco. 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.

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%

En cualquier caso, los aliviaderos con tanque de tormentas adosado deberán estar dotados con los siguientes elementos auxiliares, debiendo figurar el respectivo Proyecto los requisitos que los mismos deben cumplir:

- Elementos de regulación (válvula de compuerta o vórtice)
- Dispositivos para la limpieza de la cámara de retención
- Dispositivos para evitar el vertido de flotantes al cauce receptor (pantalla defleitora o sistema de rejas 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.)

En ambos casos (aliviaderos con o sin tanque de tormentas adosados), los mismos podrán consistir en una obra de fabrica construida in situ o a base de elementos prefabricados, bien sean marcos o tubos de gran diámetro de hormigón armado, debiendo cumplir, en este último caso, con lo especificado en los artículos II.7.1 (marcos) ó II.2 (tubos), respectivamente.

II.7.5. Disipadores de energía

Los disipadores de energía son unos componentes que se incorporan en las redes de saneamiento para reducir la velocidad del agua. Pueden ser de la siguiente tipología:

a) Pozos de resalto

Deberán cumplir con lo especificado en el artículo II.5 de las presentes Recomendaciones

b) 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.

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, debiendo cumplir en este último caso lo especificado en el artículo II.7.1

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

c) Reducciones de sección

Consistirán en unas piezas prefabricadas de hormigón armado que permitan variar la sección interior de la conducción hasta las dimensiones requeridas

III. INSTALACIÓN

III.1. GENERALIDADES

III.1.1. Normativa y Reglamentación

La instalación de las conducciones de saneamiento se hará conforme a lo especificado en la norma UNE-EN 1.610.

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.

III.1.2. Recepción en obra

Siguiendo las recomendaciones de la Norma UNE-EN 1.610 para la recepción en obra, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos, además de lo especificado en el artículo V.4 de estas Recomendaciones.

- La recepción la hará personal experto en conducciones de hormigón.
- Todos los tubos que se reciban en la obra, aunque previamente hayan sido inspeccionados en fábrica, serán detenidamente comprobados a su recepción.
- Es responsabilidad del receptor verificar que los tubos se correspondan con el pedido cursado y que no sufran daños en el momento de la recepción.
- Se verificará que todos los tubos están claramente marcados, según lo especificado en los respectivos artículos de estas recomendaciones, y que la clase resistente corresponde a la solicitada.
- Ante cualquier anomalía que se detecte se tomarán las precauciones necesarias para apartar el material que ofrezca dudas para su utilización. Los extremos dañados,

desconchones o pequeñas fisuras podrán ser reparados en obra, antes de su instalación, con cementos especiales de alta adherencia, previa conformidad de la Dirección de Obra.

- Las anomalías quedarán reflejadas en el albarán de recepción, anotándose la cantidad de piezas dañadas y el tipo de daño advertido.

III.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.

III.2.1. Transporte

Las operaciones de transporte de los tubos deberán hacerse, en su caso, conforme a las vigentes normas de 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 tensiones superiores al 35% de la resistencia característica del hormigón en ese momento, ni el 50% de la tensión máxima que corresponda a la carga de rotura. Deberá garantizarse la inmovilidad de los tubos, apilándolos de forma horizontal de manera que no queden en contacto unos con otros, disponiendo para ello cunas de madera o elementos elásticos.

Los tubos con uniones de enchufe y campana deberán colocarse con los extremos alternados, de tal modo que los enchufes no queden en contacto con los tubos inferiores. En cualquier caso, el transporte a obra no deberá iniciarse hasta que haya finalizado el período de curado.

III.2.2. Almacenamiento

Cuando los tubos se almacenen sobre el terreno deberá comprobarse que éste sea 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 tan cerca como sea posible del lugar de instalación y, habitualmente, en posición horizontal, sujetos mediante calzos de madera u otros dispositivos que garanticen su inmovilidad. En cada hilada las campanas y los enchufes de los tubos estarán en la misma dirección. Las campanas en la hilada siguiente estarán cambiadas y dispuestas encima de los enchufes de la hilada inferior. Solo si se dispone de una solera rígi-

da 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 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. evitando, en particular, que sufran secados excesivos o fríos intensos.

Podrán emplearse dos sistemas de acopio de los tubos: en forma de pilas o longitudinalmente.

a) Acopio en forma de pilas

Se escogerán zonas despejadas de la obra que permitan las maniobras de los vehículos y de las grúas y otros elementos auxiliares de descarga. Los tubos apilados no se colocarán en las proximidades de zanjas abiertas.

El apilado más frecuente es el piramidal adoptándose precauciones especiales en el calzado lateral para prevenir que rueden. Se evitará un apilamiento excesivo en altura para que los tubos de la parte inferior no estén sobrecargados. Se recomienda que la altura del apilado no exceda de lo que se indica en la tabla adjunta.

La forma más segura de colocar la primera hilada es depositándola sobre el terreno nivelado, calzando en cuatro puntos cada uno de los tubos de esa hilada de arranque. La hilada siguiente se colocará de tal manera que todas las campanas estén al mismo lado y sobresalgan los machos de la hilada anterior apoyándose los tubos sobre sus fustes.

		<i>Número de hiladas de tubos</i>
<i>DN (mm)</i>	<i>300 - 400</i>	4
	<i>500 - 600</i>	3
	<i>800 - 1.000</i>	2
	<i>> 1.000</i>	1

Tabla 26. Número máximo de hiladas de tubo recomendadas.

b) Acopio longitudinal

Cuando los tubos se acopien longitudinalmente a lo largo de la zanja se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se colocará la tubería tan cerca como sea posible de la zanja con el debido resguardo.
- Se colocará la tubería al lado opuesto a las tierras de excavación.
- La tubería no estará expuesta al tránsito de vehículos de la obra, zonas de voladura, etc.

No se almacenarán los tubos en el tajo por un período largo de tiempo en condiciones climatológicas adversas. Si fuera inevitable hacerlo se protegerán adecuadamente, evitando el contacto con el suelo, la exposición al sol, etc.

Si durante los trabajos de acopio se detectara algún tubo dañado, se procederá a su separación, marcándolo y situándolo en acopio aparte.

El acopio de las juntas elastoméricas (cuando las mismas se suministren de manera independiente a los tubos, ver artículo II.6.2) 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.

III.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. Si la instalación fuera en terraplén, los tubos podrán acopiarse prácticamente en su posición definitiva.

En general, las operaciones de carga y descarga de los tubos habrá que realizarlas mediante equipos mecánicos. 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 bragas de cinta ancha recubiertas de caucho, o procedimientos de suspensión a base de ventosas. Los tubos tampoco se deben descargar en grupos de varios con cables o con cadenas, salvo que se disponga de un útil multihorquilla adecuado. La suspensión del tubo por un extremo y la descarga por lanzamiento no se harán nunca. La descarga mediante estobos, enganchando para ello las bocas del tubo, sí es una práctica admisible. Con todo, en la figura adjunta se representan algunos de los útiles más frecuentemente empleados para la manipulación de los tubos.

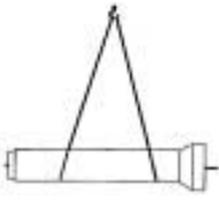
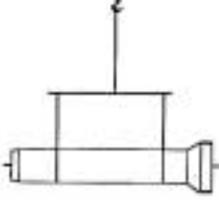
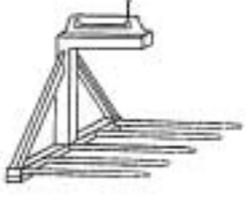
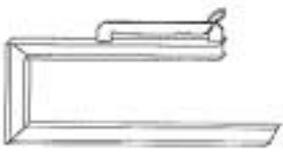
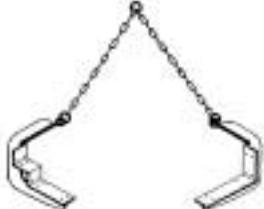
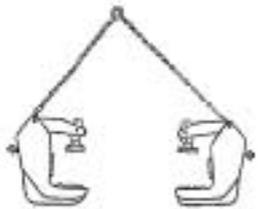
		
<i>Eslingas</i>	<i>Eslingas con puente</i>	<i>Útil multihorquilla</i>
		
<i>Horquilla de Ensarte</i>	<i>Ganchos</i>	<i>Cazos</i>
		
<i>Tijeras</i>	<i>Piezas mecánicas de fuste</i>	<i>Pinzas</i>

Fig. 27. Útiles frecuentemente empleados en las operaciones de manipulación de los tubos.

III.3. INSTALACIÓN DE CONDUCCIONES ENTERRADAS

III.3.1. Zanjias

III.3.1.1. Geometría de las zanjias

En general se procurará excavar las zanjias con un talud estable de forma natural. Si esto no fuera posible y la altura de la zanja estuviera comprendida entre 1,5 m y 2,0 m, será recomendable ataluzar el borde superior de la zanja, tal como se muestra en la Fig 28. Si la profundidad fuera superior a 2,0 m, las zanjias deberán entibarse en cualquier caso, conforme a lo establecido en el artículo III.3.7.

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 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 25 a 50 cm a cada lado del tubo según se indica en la Tabla 27.

La separación entre la pared de la zanja y la superficie exterior de la tubería, en cualquier caso, deberá ser la suficiente para que pueda entrar la maquinaria de compactación necesaria en cada caso (ver artículo III.3.6.2).

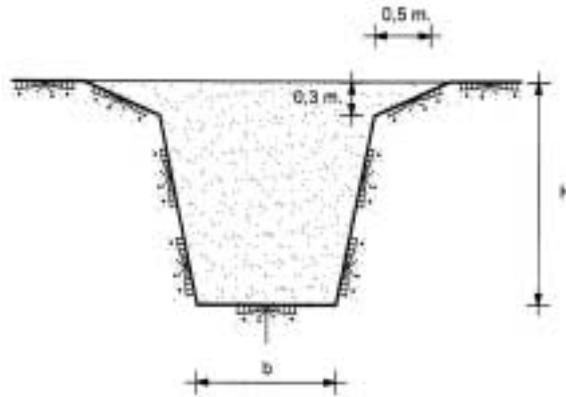


Fig. 28. Bordes ataluzados en zanjas verticales sin entibar.

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

Tabla 27. Ancho mínimo de zanja en función del DN y de la profundidad de la misma (UNE-EN 1.610).

Si se instalan dos tubos en una misma zanja la distancia horizontal mínima entre ambos será de 70 cm. Cuando la profundidad de la zanja o la pendiente de la solera sean grandes, o cuando el trazado sea en curva, debe preverse un sobreechanco de la zanja, para poder satisfacer las exigencias de montaje, en su caso, con medios auxiliares especiales, tales como pórticos, carretones, etc.

El recubrimiento mínimo sobre la generatriz superior de la tubería será de un metro.

III.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.

La modificación o consolidación del terreno se efectuará mediante la adición de material seleccionado al suelo original y posterior compactación. Se podrán emplear zahorras, arenas y otros materiales inertes, con un tamaño máximo del árido de 30 mm, con adiciones de cemento o productos químicos si fuese conveniente.

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 dimensionarán con holgura a fin de evitar cargas puntuales sobre las campanas y 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, siempre que el terreno sea uniforme y no meteorizable.

En el caso de terrenos meteorizables o erosionables por las lluvias en los que las zanjas vayan a estar abiertas durante un plazo en el que su rasante pueda deteriorarse, deberán

dejarse sin excavar unos veinte centímetros sobre dicha rasante, ejecutándose éstos poco antes del montaje de la tubería. Especial atención habrá que prestar a la estabilidad de la zanja al comienzo de períodos lluviosos tras una temporada de tiempo seco.

Los productos de la excavación aprovechables para el relleno posterior de la zanja deberán depositarse en caballeros situados a un solo lado de la zanja, dejando una banqueta del ancho necesario para evitar su caída, con un mínimo de 1,5 m. Los que no sean utilizables en el relleno se transportarán y depositarán en los vertederos o escombreras previstos. En particular, la tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones deberá removerse, recomendándose su acopio y posterior reposición en la traza de la tubería, al objeto de paliar el impacto ambiental que la misma haya podido producir.

III.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 cordales de la entibación, caso de ser necesaria, no se hayan relajado. En particular, en el caso de trabajo bajo nivel freático será aconsejable el rebajamiento de éste mediante la técnica de los *well-points*.

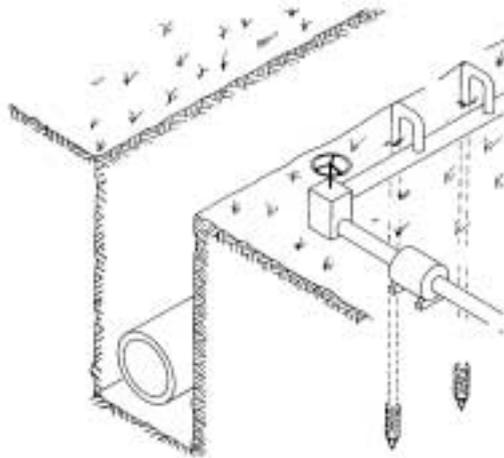


Fig. 29. Esquema de well-point.

En los casos que sea necesario, a juicio del proyectista o de la Dirección de Obra, podrá ser necesario disponer 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.

III.3.2. Terraplenes

Cuando la conducción se instale bajo un terraplén deberán observarse las especificaciones previstas en el presente artículo.

Una vez instalada la tubería conforme a lo especificado en el respectivo proyecto, y cuando las uniones entre los tubos estén en condiciones de recibir cargas, se procederá al terraplenado de la zona en tongadas sucesivas. Es necesario extender el material en capas de espesor suficientemente uniforme.

El espesor de las capas será lo suficientemente reducido para que, con los medios disponibles, se obtenga en todo su espesor el grado de compactación exigido. Los materiales de cada capa serán de características uniformes, y si no lo fueran, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente con maquinaria adecuada para ello.

Si el material es transportado en traillas se podrá descargar directamente en capas de espesor uniforme. En caso de transportarlo por medio de camiones o dumpers, se descargará con un espaciado adecuado al volumen del camión y al espesor de capa deseado. Posteriormente se procederá a extenderlo mediante un bulldozer o motoniveladora, cuidando siempre de que para la compactación mecánica del material situado justo encima del tubo, haya una profundidad mínima de 300 mm, tal y como establece la norma UNE-EN 1.610.

Cuando el terraplén haya de asentarse sobre un terreno en el que existan corrientes de agua superficial o subálvea, se desviarán las primeras y captarán y conducirán las últimas, fuera del área donde vaya a construirse el terraplén, antes de comenzar su ejecución.

Si el terraplén hubiere de construirse sobre un terreno inestable, turba o arcillas blandas, se asegurará la eliminación de este material o su consolidación.

III.3.3. Camas de apoyo

Las conducciones no deberán apoyarse directamente en el fondo de la zanja, sino que deberán hacerlo en una cama de apoyo, respetando escrupulosamente el ángulo de apoyo especificado en el proyecto, que, en general, será de 90° como mínimo, de manera que se distribuyan las presiones exteriores de forma uniforme.

Salvo que la Dirección de Obra autorice lo contrario, la anchura del apoyo será el total de la propia zanja (cuando la tubería esté instalada en zanja) o cuatro veces el diámetro exterior del tubo (en instalaciones en terraplén).

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.

El espesor mínimo, C, de las camas de apoyo (independientemente de que sean granulares o de hormigón y del tipo de instalación: zanja, terraplén u otras) será el indicado en la tabla 28, excepto cuando la tubería se instale en terraplén y se disponga apoyo de hormigón en cuyo caso el espesor mínimo C de la cama será 0,25 veces el diámetro interior de la conducción.

		Naturaleza del terreno natural	
		Suelo	Roca
DN (mm)	DN < 700	0,10	0,15
	700 < DN < 1.500	0,10	0,23
	1.500 > DN	0,15	0,30

Tabla 28. Espesor mínimo de la cama de apoyo C.

En el caso de tubos de gran diámetro instalados en terraplén y con apoyo de hormigón, el espesor mínimo, C, de la cama de apoyo normalizado en el párrafo anterior (0,25 veces el diámetro interior de la conducción) podrá reducirse a los valores indicados en la tabla 29, siempre y cuando el apoyo se realice en hormigón armado (y con las cuantías especificadas en la propia tabla) y no con hormigón en masa.

DN (mm)		Espesor de la cama C (m)	Cuantía armadura (cm ² /m)
		1.000	0,20
1.500	0,20	8,00	
2.000	0,20	14,00	
2.500	0,30	14,00	
3.000	0,40	17,00	

Tabla 29. Espesor mínimo de la cama de apoyo, C, en tuberías instaladas en terraplén y apoyo de hormigón armado.

III.3.3.1. Camas de material granular

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 acunados. 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 rela-

tiva si se trata de material granular libremente drenante, de acuerdo con las normas UNE 7.255 y NLT 204.

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.

III.3.3.2. 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:

- resistencia característica no inferior a 150 kg/cm^2
- 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°

Este tipo de apoyo se construirá hormigonando toda la cama en una sola fase con los tubos previamente 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.

Caso de ejecutarse el apoyo en dos fases (construyendo primero la solera de hormigón de la cama, apoyando en ella posteriormente los tubos y hormigonando posteriormente el apoyo hasta la altura requerida), deberán tomarse las medidas necesarias para garantizar que la solera agarre correctamente al hormigón de la segunda fase.

En este sentido, deberán respetarse las condiciones de las juntas de hormigonado previstas en la vigente EHE y no deberá apoyarse el tubo directamente en su generatriz inferior sobre la solera de hormigón previamente ejecutada, sino que deberán disponerse unos calzos de madera que faciliten la colocación del hormigón de la 2ª fase. Especial atención se prestará al caso de que los tubos vayan dispuestos con uniones de enchufe y campana.

III.3.3.3. 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. 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.

El factor de apoyo de esta instalación, no obstante, no es equivalente al de un apoyo granular convencional directo (ver artículo IV.2.1.2.7), oscilando, en este caso, entre 1,1 y 1,5, debiendo evaluarse en cada caso concreto en función de las características particulares de cada instalación.

- c) Suelos normales (areno-arcillosos estables). En general, deberán disponerse camas granulares, o camas de hormigón.

- d) Suelos malos (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.

- e) Suelos excepcionalmente malos (deslizantes, arcillas expansivas, terrenos movedizos, etc.). Habrá de tratarse el fondo de la zanja según figure en el proyecto o indique la Dirección de Obra para cada caso.

En función de cual sea la pendiente de la zanja y el diámetro de la conducción, el tipo de apoyo deberá ser conforme con los criterios recogidos en la figura adjunta. En tubos de DN > 1.500 mm es siempre recomendable colocar la conducción sobre un apoyo de hormigón.

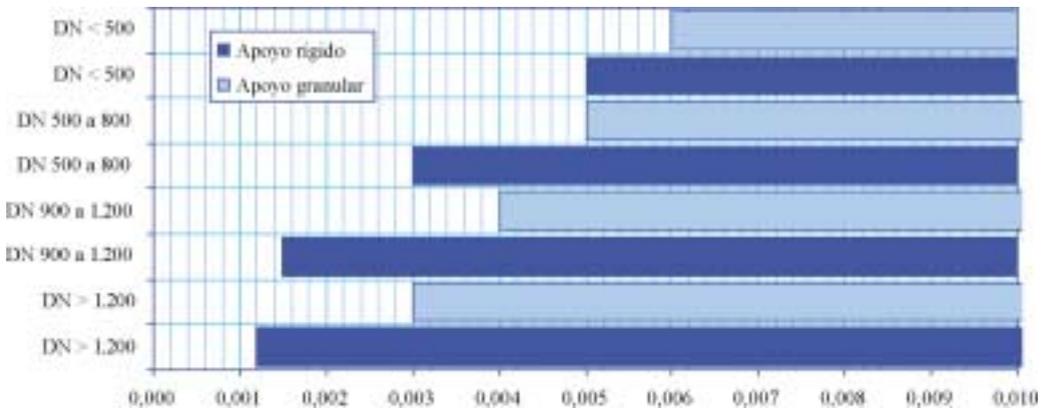


Fig. 30. Selección del tipo de apoyo en función de la pendiente de la zanja y del diámetro de la conducción.

III.3.4. 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 colocan puntos de referencia, de alineación y de nivel, a partir de los que colocan los tubos.

Las tuberías, sus accesorios y las juntas, 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. Podrán emplearse las retroexcavadoras de las obras o grúas ligeras montadas sobre camiones de transporte. Los tubos de grandes diámetros requerirán 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.

El tendido de la tubería comenzará en el extremo aguas abajo, colocando normalmente las embocaduras hacia aguas arriba.

En general, no se colocarán más de cien metros de tubería sin proceder al relleno parcial de la zanja para evitar la posible flotación de la tubería. Si esto no fuera suficiente deberán tomarse las medidas necesarias para evitar dicha flotación. 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.

Se adoptarán precauciones para evitar que las tierras puedan penetrar en la tubería por sus extremos libres. En el caso de que alguno de dichos extremos o ramales vaya a quedar durante algún tiempo expuesto, se dispondrá un cierre estanco al agua suficientemente asegurado para que no pueda ser retirado inadvertidamente.

Cada tubo deberá centrarse perfectamente con los adyacentes, con una desviación máxima respecto al trazado en planta y alzado del proyecto de ± 10 mm. En el caso de zanjas con pendientes superiores al diez por ciento (10%), la tubería se colocará en sentido ascendente. En el caso de que esto no sea posible, se tomarán las precauciones debidas para evitar el deslizamiento de los tubos. Si se precisa reajustar algún tubo, deberá levantarse el relleno y prepararlo como para su primera colocación.

III.3.5. Montaje de las juntas y de las tuberías

Cuando las juntas se suministren de manera independiente a los tubos (ver artículo II.6.2), el montaje de las mismas se hará conforme a la siguiente secuencia de acciones:

1. Eliminar las sustancias extrañas de la superficie de unión de la campana.
2. Lubricar, cuando proceda, la superficie interior de la campana usando un cepillo, esponja o guantes para cubrir la superficie entera. Sólo se usará lubricante adecuado.
3. Limpiar cuidadosamente el enchufe del tubo, incluyendo la ranura para la junta.
4. Fijar la junta cuidadosamente. Igualar la tensión de la junta de goma recorriendo la circunferencia entera varias veces con un objeto redondo, liso entre el enchufe y la junta.
5. Lubricar la junta en la zona de contacto con la hembra sobre la que deslizará
6. Alinear concéntricamente la campana y el enchufe de los tubos que van a ser unidos. Comprobar que la junta de goma hace contacto con la zona interior de la campana a lo largo de toda la circunferencia y proceder al emboquillado

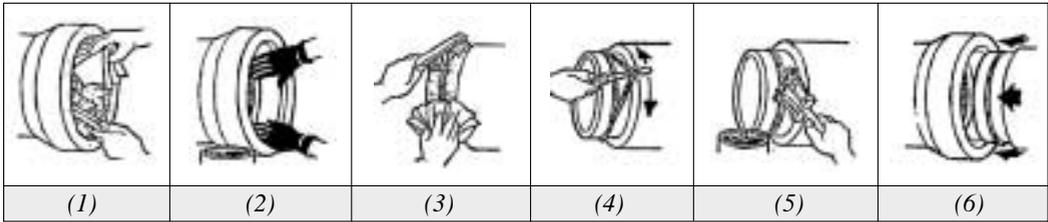


Fig. 31. Secuencia en la instalación de las juntas de goma.

Para el correcto empalme y estanquidad de la unión será necesario que el tubo entrante se encuentre suspendido y concéntrico con el tubo ya instalado. Las partes de la tubería que se ponen en contacto no tendrán daños y estarán limpias y lubricadas en el caso de tratarse de juntas deslizantes.

La suspensión de los tubos de pequeño diámetro (menores de 600 mm de DN) se podrá realizar con los mismos elementos utilizados para la bajada a zanja, pudiéndose emplear tiradores o palancas mecánicas para vencer el esfuerzo de conexión. En esta gama de diámetros también podrán emplearse tiradores hidráulicos, los cuales desarrollan una mayor potencia.

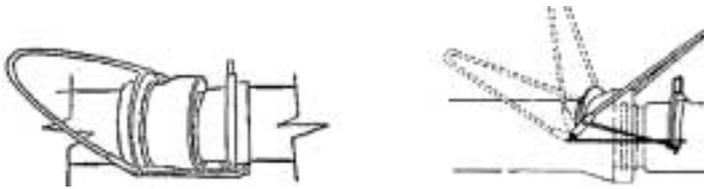


Fig. 32. Instalación de tubos mediante tiradores o palas mecánicas.

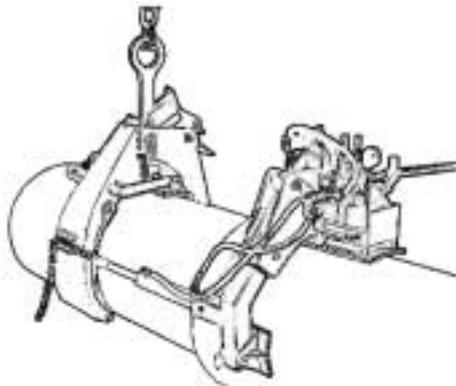


Fig. 33. Instalación de tubos mediante tirador hidráulico.

Para el montaje de los tubos podrán igualmente utilizarse trácteles, si bien en este caso la precaución fundamental que habrá que adoptar será que la tracción aplicada no desvíe o impida la concentricidad y la alineación del tubo.

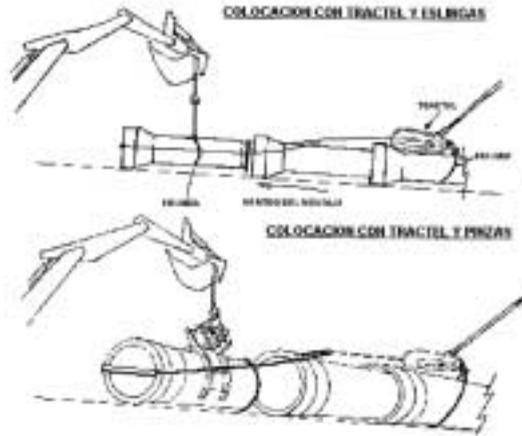


Fig. 34. Instalación de tubos con tráctel y retroexcavadora.

A partir de 800 mm de diámetro nominal podrá alojarse en el interior de la tubería una máquina juntatubos especialmente diseñada para el montaje de tubos de grandes diámetros.

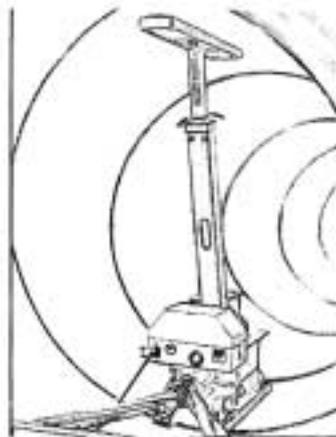


Fig. 35. Instalación con máquina juntatubos.

Una alternativa frente a los anteriores montajes para tubos de gran diámetro es el empleo de tubos taladrados de origen en fábrica. En dicho taladro se coloca una barra de

anclaje conectada a un tráctel mientras que la barra del tubo que va a ser instalado sirve para mantener el tubo en suspensión y permitir una correcta alineación.

Cuando se disponga de solera de hormigón, los tubos pueden montarse con el empleo de carretillas elevadoras.

Deberá prestarse especial atención a la posible rotura de las conducciones de saneamiento durante el proceso de instalación de las mismas a consecuencia del paso de maquinaria pesada en zonas de poco relleno por la vertical de los tubos. Para ello deberán establecerse rutas señalizadas para la maquinaria pesada, que impidan su paso por encima de los tubos y puedan romperlos.

III.3.6. Rellenos

III.3.6.1. Tipología de rellenos

Una vez instalada la tubería se efectuará el relleno y compactado de la zanja por capas, distinguiendo dos zonas: el relleno envolvente (o de la zona baja) y el relleno principal (o de la zona alta).

En el relleno envolvente, 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 el relleno principal 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.

Si no se alcanzaran las condiciones de compactación anteriores, el factor de apoyo de cálculo de la conducción debería disminuirse conforme a lo indicado en el artículo IV.2.1.2.7.

El material del relleno, tanto el de la zona envolvente como el de la principal, podrá ser, en general, procedente de la excavación de la zanja a menos que sea inadecuado. No se aceptarán en ningún caso como material de relleno las arcillas muy plásticas, los suelos altamente orgánicos ni cualquier otro material que pueda ser perjudicial (física o químicamente) para la tubería, el hormigón constitutivo o las armaduras.

Los requisitos que el material procedente de la propia excavación debe cumplir para poder ser empleado como relleno tanto en la zona envolvente como en la principal serán los siguientes:

- Conformidad con las especificaciones del proyecto.
- Compactabilidad si se especifica.
- Ausencia de materiales perjudiciales para la tubería (por ejemplo elementos de dimensiones excesivas, en función de la naturaleza de la tubería, de su espesor de pared y de su diámetro; raíces de árboles; escombros; materia orgánica; detritus; terrones de arcilla > 75 mm, nieve y hielo).

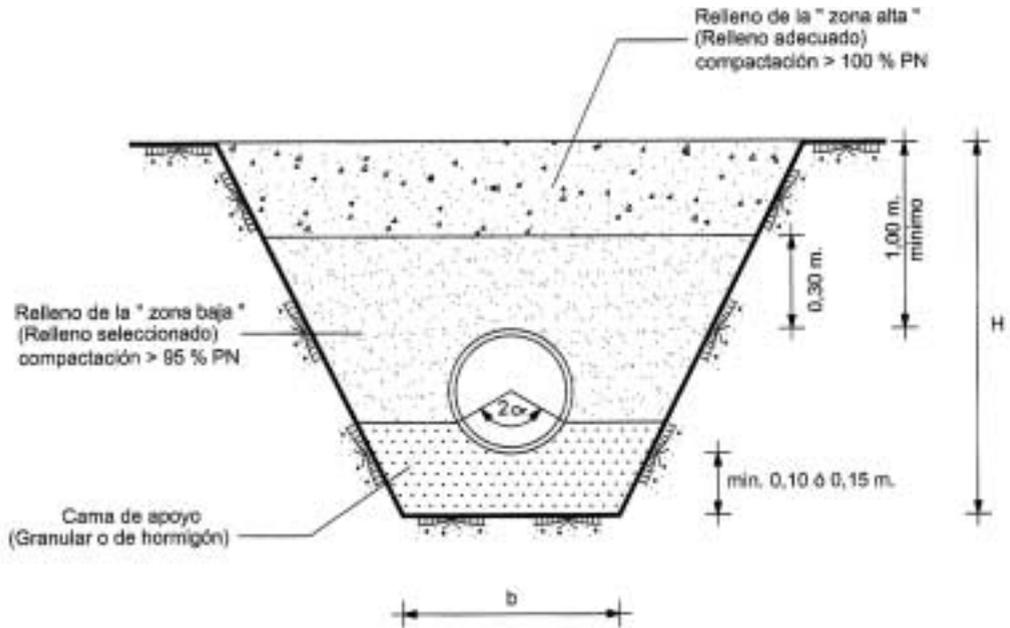


Fig. 36. Rellenos en tubos enterrados.

Cuando haya que utilizar otros materiales para los rellenos, distintos al propio terreno natural se considerarán válidos para ello los siguientes, entre otros:

- a) Materiales granulares. Se consideran dentro de este tipo los siguientes, entre otros:
 - Materiales monogranulares
 - Materiales graduados
 - Arena
 - Materiales todo uno
 - Material de machaqueo
- b) Materiales con aglomerantes hidráulicos. Se consideran dentro de este tipo los siguientes, entre otros
 - Cemento
 - Hormigón aligerado
 - Hormigón pobre
 - Hormigón sin armar
 - Hormigón armado
- c) Otros materiales: Pueden emplearse para el recubrimiento otros materiales si se demuestra su conformidad con los requerimientos especificados en el presente artículo. No se aceptarán sustancias naturales o artificiales que puedan provocar daños a la conducción y a los pozos.

No se comenzará a rellenar la zanja hasta que los tubos estén unidos y colocados sobre las camas, de forma que sean capaces de soportar cargas. 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 enterradas porciones de suelo congelado

III.3.6.2. Compactación de los rellenos

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. Los equipos de compactación se elegirán en cada caso en función de la naturaleza del terreno, el tamaño de la conducción y el tipo de instalación.

La pala mecánica de ruedas es adecuada para arcillas cohesivas o sedimentos, y no es adecuada para suelos granulares. Los rodillos de llantas de goma, que proporcionan peso estático y acción de amasado, son efectivos para muchos suelos. Los rodillos vibratorios, son efectivos para materiales granulares.

Para instalaciones en zanja, cuando el espacio está limitado, las apisonadoras neumáticas o de impacto mecánico son los medios de compactación más efectivos. Las apisonadoras de impacto, que actúan por peso estático y acción de amasado, se usan principalmente en suelos arcillosos, mientras que los suelos granulares se consolidan con mayor eficacia por vibración. Cuando se usen apisonadoras de impacto, se tomarán precauciones en la compactación e introducción de las capas del relleno lateral del tubo para conseguir la mayor uniformidad. El material de relleno no se deberá verter directamente a la zanja lanzándolo bruscamente sobre el tubo.

El sistema de compactación por inundación con agua y de aplicación de chorro a presión se utilizarán sólo para casos excepcionales, para compactar suelos suficientemente permeables para distribuir el exceso de agua y no serán usados con suelos cohesivos. El relleno, después de alcanzar la saturación, descenderá de 15 a 45 cm. Después de la saturación inicial y del asentamiento, se impulsa el agua al relleno, a la profundidad del tubo, en intervalos que varían de 8 a 16 cm. Este proceso se repite hasta que la totalidad del material de relleno queda compactada.

En cualquier caso unas indicaciones prácticas sobre el rendimiento esperado de algunos equipos utilizados habitualmente en la compactación de los rellenos de las zanjas pueden ser los indicados en la tabla adjunta.

En las proximidades de la obra de fábrica se tendrán en cuenta, además, las siguientes especificaciones.

El relleno inicial que va directamente sobre el tubo se compactará por procedimientos manuales donde sea necesario. La compactación mecánica del relleno principal directamente sobre el tubo no debe comenzar hasta que la profundidad del relleno sea de, al menos, 30 cm sobre la generatriz superior del tubo.

En los casos en que resulte peligroso la utilización de compactadores de tamaños medios y grandes, por estar los rellenos muy próximos a otras conducciones, se deberán ejecutar los rellenos por capas de espesor pequeño (10 ó 15 cm) y se compactarán con máquinas ligeras, como rodillos arrastrados a mano, bandejas vibrantes, pisones, etc.

Una vez colocado y compactado el material de relleno lateral alrededor del tubo, se colocará y compactará el resto del relleno para prevenir asentamientos de la superficie. No se usarán equipos de vibración para operar directamente sobre el tubo hasta que haya sido colocada una altura mínima de 1 m de relleno.

		Clases de compactación									
		C1*			C2*			C3*			
		Calidad	Espesor de tongada (cm)	N.º pasadas	Calidad	Espesor de tongada (cm)	N.º pasadas	Calidad	Espesor de tongada (cm)	N.º pasadas	
Tipos de compactadores y peso en servicio (kg)	compactadores ligeros (adecuados para la compactación de la zona baja)	Vibro-compactadores ligeros (25)	+	15	2-4	+	15	2-4	+	10	2-4
		Vibro-compactadores medianos (25 – 60)	+	20-40	2-4	+	15-30	3-4	+	10-30	2-4
		Pisones vibrantes ligeros (100)	O	20-30	3-4	+	15-25	3-5	+	20-30	3-5
		Bandejas vibrantes ligeras (100)	+	20	3-5	O	15	4-6	-		
		Bandejas vibrantes medianas (100 – 300)	+	20-30	3-5	O	15-25	4-6	-		
		Rodillos vibrantes ligeros (600)	+	20-30	4-6	O	15-25	5-6	-		
	compactadores medianos y pesados (adecuados para la compactación de la zona alta)	Vibro-compactadores medianos (25 – 60)	+	20-40	2-4	+	15-30	2-4	+	10-30	2-4
		Vibro-compactadores pesados (60 – 200)	+	40-50	2-4	+	20-40	2-4	+	20-30	2-4
		Pisones vibrantes medianos (100 – 500)	O	20-40	3-4	+	25-35	3-4	+	20-30	3-5
		Pisones vibrantes pesados (500)	O	30-50	3-4	+	30-50	3-4	+	30-40	3-5
		Bandejas vibrantes medianas (300 – 750)	+	30-50	3-5	O	20-40	3-5	-		
		Bandejas vibrantes pesadas (750)	+	40-50	3-5	O	30-50	3-5	-		
		Rodillos vibrantes (600 – 8.000)	+	20-50	4-6	+	20-40	5-6	-		
+ = ideal O = apropiado - = no conforme											
* C1 = terrenos sin cohesión de débil cohesión (arena o grava)											
* C2 = terrenos coherentes compuestos de una mezcla granular (grava y arena con contenido de arcilla)											
* C3 = terrenos coherentes de granos finos (arcilla y limo)											

Tabla 30. Rendimientos de los equipos de compactación.

En cualquier caso, complementariamente a lo anterior, podrán seguirse las recomendaciones en materia de compactación (según sea la altura de enterramiento) de la tabla adjunta.

		Compactación recomendada			
		Zonas a compactar	Tipo de carga	Tipo de compactador	Peso rodillo
H (m)	0	Sólo lateral	Cualquiera	Pisones o bandejas ligeras	0.1 t
	$0 < H \leq 0,5$	Preferiblemente lateral	Cualquiera	Pisones o bandejas ligeras	0.1 t
	$0,5 < H \leq 1,0$	Lateral y superior	Estática	Rodillo liso	5 t
				Neumáticos	
	$1,0 < H \leq 2,0$	Lateral y superior	Estática	Rodillo liso	10 t
				Neumáticos	
	$H > 2,0$	Lateral y superior	Estática	Rodillo liso	30 t
				Neumáticos	
			Dinámica	Rodillo liso	8 t

Tabla 31. Compactación recomendada en función de la altura de enterramiento.

III.3.7. Entibaciones

Todas las zanjas excavadas con un talud superior al estable de forma natural y de profundidad mayor a 2,0 metros se protegerán con sostenimientos o entibaciones metálicas.

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 y UNE-EN 13.331-2.

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)

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)

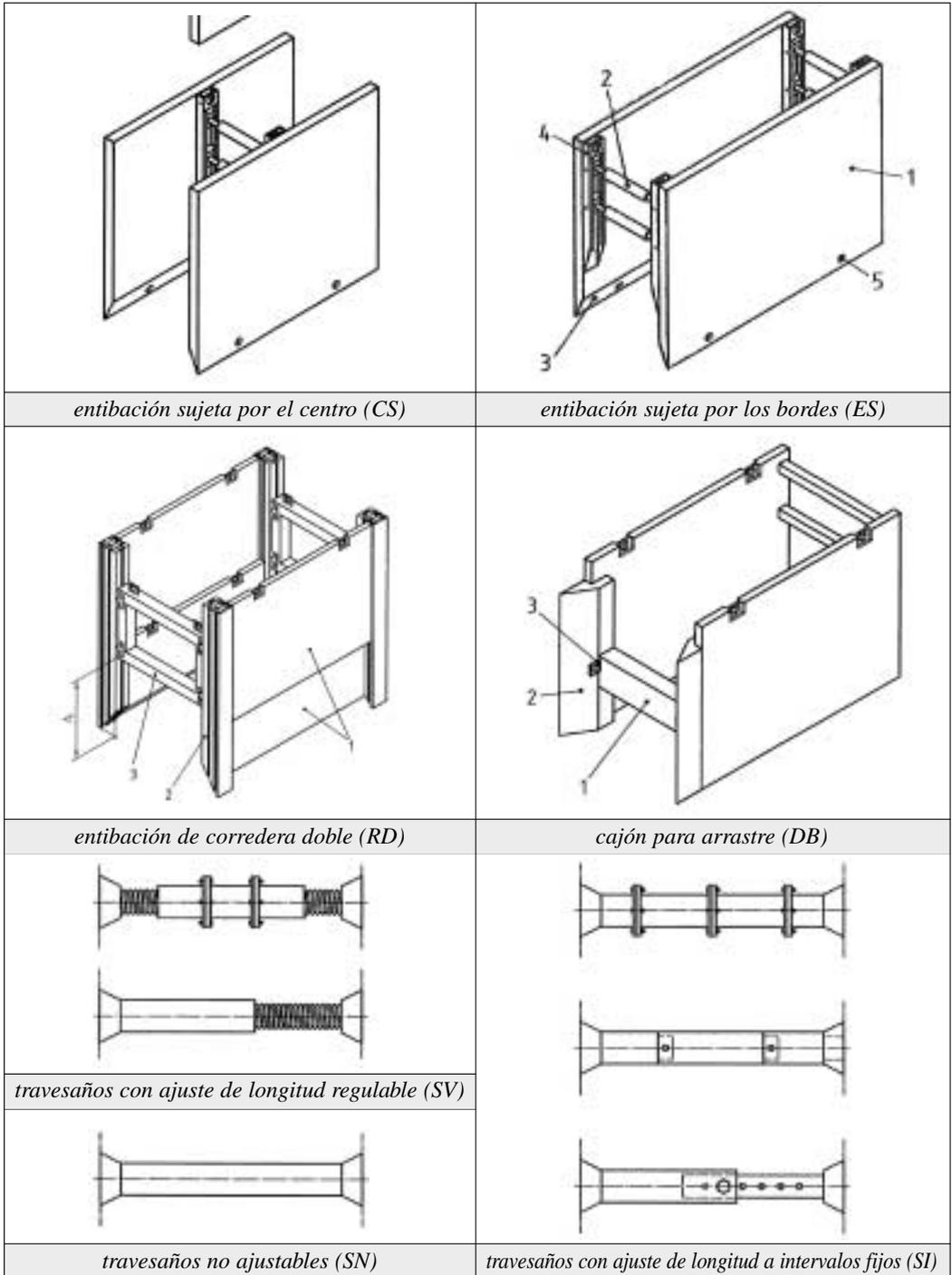


Fig. 37. Componentes de los sistemas de entibación.

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, quien deberá presentar a la Dirección de Obra, si así lo requiere, los planos y cálculos justificativos de la misma. En cualquier caso, los paneles que componen el sistema de entibación seleccionado deberán tener al menos una resistencia de 30 kN/m².

El desmontaje incorrecto del entibado puede influir negativamente en la capacidad portante del terreno y, por ello, habrá que prestarle la suficiente atención. El desmontaje del entibado se llevará a cabo progresivamente durante la colocación del relleno envolvente.

La eliminación del entibado, a un nivel por debajo del relleno envolvente, después de que el relleno principal se haya colocado, puede acarrear serias consecuencias para la carga portante y la alineación y profundidad de la tubería.

En aquellas zonas en las que no se pueda hacer el desmontaje del entibado antes de completar el relleno envolvente, se tomarán medidas especiales como las siguientes:

- Especial diseño estructural
- Dejar partes del entibado en el suelo

III.4. INSTALACIÓN DE CONDUCCIONES MEDIANTE HINCA POR EMPUJE

III.4.1. Generalidades

Alternativamente a las instalaciones convencionales enterradas (ver artículo III.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

En los siguientes artículos se establecen unas prescripciones relativas a cada uno de los sistemas, si bien, en cualquier caso, se deberá cumplir lo especificado al respecto por la norma UNE-EN 12.889.

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 de la Dirección de Obra el procedimiento de hinca, así como los equipos que propone uti-

lizar 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.

Las hincas por empuje podrán ser bien en escudo abierto o en escudo cerrado.

- Hinca en escudo abierto. La cabeza de avance tendrá un cabezal de ataque consistente en un escudo o visera conformado mediante un tubo de acero con los cantos biselados que se va hincando en el terreno y protege la cabina y los elementos de la excavación. Dicho cabezal de ataque deberá ser orientable para poder corregir las desviaciones que pudieran existir.

La excavación siempre se realizará con medios mecánicos (rozadoras o brazos retroexcavadores), los cuales irán alojados en el cabezal de ataque.

El terreno a atravesar deberá ser tal que garantice la sostenibilidad del frente de ataque, no debiendo haber presencia del nivel freático en el trazado de la tubería a hincar.

Habitualmente, el diámetro de la tubería a hincar deberá ser mayor de 0,8 m.

- Hinca en escudo cerrado. La excavación y la retirada de los materiales se realizará siempre por procedimientos mecánicos.

Las hincas en escudo cerrado podrán realizarse bajo el nivel freático. El diámetro de la tubería a hincar deberá ser mayor de 0,8 m.

La excavación se realizará mediante una tuneladora o una microtuneladora (en función del tamaño de la tubería a hincar), cuya selección será responsabilidad del contratista, debiendo, en cualquier caso, contar con la aprobación técnica de la Dirección de Obra. En cualquier caso, la excavación se hará mediante control remoto, sin requerir la entrada de personal en el interior de la tubería y garantizando una estabilidad continuada del frente de la excavación.

III.4.1. Elementos en una hinca

Cualquier hinca por empuje, independientemente de su tipología, constará de los siguientes elementos comunes:

- pozo de hinca
- arqueta de salida
- elemento de empuje
- muro de reacción
- instalación para la extracción del material y para el guiado interior
- instalación de bentonita
- estaciones intermedias
- tubo a hincar

Cada uno de ellos deberá cumplir con las prescripciones que a continuación se establecen. Además, cada sistema de hinca en particular requerirá componentes específicos, como el escudo de hinca o las microtuneladoras propiamente dichas, para los que deberán establecerse especificaciones complementarias en cada caso concreto.

- Pozo de hinca. Habitualmente será de hormigón armado, de forma circular o rectangular. Solo en instalaciones pequeñas podrá consistir en una simple excavación. En cualquier caso, tendrá las dimensiones adecuadas para llevar cabo las operaciones de bajado de la tubería e hinca de forma satisfactoria, debiendo elegir su emplazamiento de manera que no se interfiera el tráfico rodado.
- En la base del pozo de hinca se dispondrán unos carriles guía que permitan alinear perfectamente unos tubos con otros, tanto en alzado como en planta.
- Arqueta de salida. Tendrá que tener las dimensiones necesarias para poder extraer el escudo y su maquinaria (en su caso). Se procurará que tanto el pozo de hinca como la arqueta de salida sean aprovechables como pozos de registro definitivos de la conducción.
- Elemento de empuje. Consistirá en una serie de gatos o pistones hidráulicos de alta presión que permitan aplicar las fuerzas requeridas para la hinca de los tubos. El diámetro, número y recorrido de los mismos variarán de acuerdo a la técnica particular a emplear, si bien, en cualquier caso, habitualmente se dispondrán cuatro gatos con un recorrido de 1,5 metros como máximo en cada movimiento.
- Los gatos hidráulicos estarán interconectados hidráulicamente entre sí para asegurarse la igualdad en el empuje de cada uno de ellos. Deberán, además, poder accionarse individualmente cada uno de manera que se puedan permitir corregir los desvíos que se produzcan en la trayectoria durante el empuje.
- La fuerza de empuje se aplicará a la conducción mediante un anillo lo suficientemente rígido para garantizar una uniforme distribución de presiones. Igualmente, se debe colocar una sufridera de madera (un conglomerado de 17 a 20 mm de espesor) entre la tubería y dicho anillo, tanto en las estaciones intermedias como entre las superficies de contacto de cada unión de tuberías, a fin de distribuir la presión ejercida por los sistemas de hinca a lo largo del perímetro de la tubería, evitando la aparición de puntos de concentración de tensiones.
- Muro de reacción. Habitualmente será de hormigón armado, aprovechando una de las paredes del pozo de hinca. En cualquier caso, se dispondrá perpendicularmente a la dirección del empuje y deberá dimensionarse de manera que tenga capacidad suficiente para proveer la reacción necesaria contra la cual empujar.
- En su diseño deberá tenerse en cuenta de manera especial la naturaleza del terreno, de manera que tenga capacidad suficiente para resistir el empuje de la hinca.
- Instalación para la extracción del material y para el guiado interior. El guiado de la conducción a hincar deberá realizarse mediante un rayo láser. En función del sistema de hinca que se esté utilizando, se dispondrá de una instalación para la extracción del material de la excavación.
- Instalación de bentonita. Habitualmente se inyectará una solución de bentonita a presión entre la tubería a hincar y el terreno natural, con el fin de lubricar la superficie de contacto y facilitar las operaciones de empuje. Para poder efectuar la inyección de bentonita los tubos deberán provenir de fábrica con unas perforaciones uniformemente distribuidas por su pared, a través de las cuales se inyectará mortero de cemento una vez finalizada la operación de hinca, tanto para tapar tales agujeros

como para desplazar la bentonita del espacio comprendido entre la tubería y el terreno.

- En cualquier caso, deberá prestarse especial atención a la bentonita a utilizar, debiendo limitarse la presión, volúmenes y composición de los materiales a inyectar con objeto de evitar posibles daños o desplazamientos de la tubería.
- Estaciones intermedias. Se dispondrán cuando la tubería a hincar tenga una longitud de más de 100 metros. Podrán emplearse cuantas estaciones intermedias considere necesarias el contratista. Cada estación intermedia tendrá que poder ser controlada de forma individual.
- Tubo a hincar. Las tuberías que se instalen mediante hincadora por empuje deberán cumplir con lo especificado para las mismas en el artículo II.3.

III.4.2. Ejecución

La ejecución de la hincadora se realizará desde el pozo de ataque o de hincadora en sentido ascendente de la conducción. El trazado de la tubería a hincar deberá ser preferentemente recto, tanto en planta como en alzado, si bien, excepcionalmente, podrán admitirse curvas amplias en una sola dirección.

La tubería deberá ser empujada a medida que la excavación avance, de forma que ésta no podrá progresar en ningún momento por delante de la sección de ataque. En ningún caso se permitirá que la sobre-excavación perimetral sea mayor que la sección del escudo de corte en su punto de contacto con el frente de ataque.

Se debe evitar que se produzca un espacio, sobre todo en hincadora en curva, entre la virola metálica de la estación intermedia y el tubo, en el sentido de la hincadora, con objeto de evitar la introducción de elementos extraños que puedan producir la rotura localizada de la tubería.

Deberá procurarse que la operación de hincadora sea lo más continua posible, evitando las interrupciones en la medida de lo posible.

Se dispondrá un sistema para la recogida del material de la excavación, como por ejemplo una cinta cortadora que alimente un cubilete que, una vez cargado, recorra el interior de los tubos ya hincados hasta su extracción por el pozo de hincadora.

La longitud máxima a hincar viene condicionada por la máxima presión que puedan aplicar los gatos de empuje y por la resistencia que ofrece el terreno. En cualquier caso, si tal longitud máxima fuera inferior a la longitud real que tenga el tramo a hincar, podrán emplearse tantas estaciones intermedias como sean necesarias.

Las máximas desviaciones admisibles de la tubería hincada respecto a las alineaciones de Proyecto serán las siguientes:

En alzado: ± 30 mm para $DN \leq 1.500$ mm
 ± 50 mm para $DN > 1.500$ mm

En planta: ± 100 mm para $DN \leq 1.500$ mm
 ± 200 mm para $DN > 1.500$ mm

IV. DIMENSIONAMIENTO

IV.1. DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

IV.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 IV.1.2.

IV.1.2. Determinación de los caudales de diseño

Las conducciones que forman parte de una red de saneamiento 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 origen doméstico, industrial, del sector terciario, de los equipamientos dotacionales o las de cualquier otra naturaleza (riego, ganadería u otros).

IV.1.2.1. Dotaciones de cálculo

Las dotaciones de cálculo de las aguas residuales de las distintas procedencias antes enumeradas deberán figurar en los respectivos proyectos. Unos valores orientativos de las dotaciones de aguas domésticas, D_d , pueden ser los que se especifican a continuación.

		Actividad industrial comercial					
		Alta		Media		Baja	
		Año actual	Año horizonte	Año actual	Año horizonte	Año actual	Año horizonte
Población atendida	Menos de 10.000	270	280	240	250	210	220
	De 10.000 a 50.000	300	310	270	280	240	250
	De 20.000 a 250.000	350	360	310	330	280	300
	Más de 250.000	410	410	370	380	330	350

Tabla 32. Valores orientativos de las dotaciones domésticas, en l/hab/día (Basado en Recomendaciones para la elaboración de los Planes de cuenca, 1992).

IV.1.2.2. Caudales de aguas residuales

Para el cálculo del caudal medio y mínimo de las aguas residuales domésticas generadas en la zona objeto de proyecto se seguirán los criterios que se indican a continuación.

$$QD_m = \frac{D_d \times C_r \times P}{86,40} \qquad QD_{\min} = 0,25 \times QD_m$$

El caudal punta de las aguas residuales domésticas podrá calcularse mediante distintas expresiones, como por ejemplo, las siguientes:

$$QD_p = 1,6 \left(QD_m^{1/2} + QD_m \right) \leq 3 \times QD_m$$

ó

$$QD_p = QD_m + 2,6 \times (QD_m)^{0,7} \quad \text{si } QD_m > 2 \text{ l/s}$$

$$QD_p = 5,5 \times (QD_m)^{0,2} \quad \text{si } QD_m > 2 \text{ l/s}$$

ó

$$QD_p = QD_m \left[1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \right]$$

- D_d dotación de aguas domésticas (l/hab/día)
- P población atendida (hab)
- C_r coeficiente de retorno de valor 0,8
- QD_m caudal medio de aguas residuales domésticas (l/s)
- QD_p caudal punta de aguas residuales domésticas (l/s)
- QD_{\min} caudal mínimo de aguas residuales domésticas (l/s)

Para el cálculo de las aguas residuales de otros orígenes (industrial, sector terciario, equipamientos dotacionales, etc.) se seguirán criterios similares.

IV.1.2.3. Caudal de aguas pluviales

El método empleado para el cálculo del caudal de aguas pluviales deberá ser seleccionado por el proyectista de entre los de uso frecuente en el ámbito de la hidrología, de forma que se asegure el adecuado dimensionamiento de la conducción.

De manera simplificada podrá emplearse el método racional, si bien en sistemas especialmente complejos deberán emplearse procedimientos de modelación de mayor detalle con generación de lluvias sintéticas, entre otros aspectos.

En el caso genérico de emplear el método racional, su formulación básica es la siguiente:

$$QP = K \times \frac{C_e \times I_t \times A}{3,6}$$

- QP caudal de aguas pluviales, en m³/s
 C_e coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o de la superficie drenada.
 I_t intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo de tiempo de t horas, en mm/h
 A área de la cuenca o de la superficie drenada, en km²
 K coeficiente representativo del grado de uniformidad con que se reparte la escorrentía. Su valor depende del efecto de las puntas de precipitación, oscilando entre 1 (hipótesis ideal de reparto uniforme de la lluvia en el intervalo considerado) y 2 (hipótesis opuesta de concentración extrema de la escorrentía en un instante). En ausencia de información detallada al respecto, suele tomarse para el coeficiente K el valor de 1,2.

En relación con los valores a adoptar para la intensidad media de precipitación, I_t, y para el coeficiente de escorrentía, C_e, pueden seguirse los siguientes criterios:

a) Intensidad media de precipitación, I_t

La intensidad media de precipitación, I_t 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_c tiempo de concentración, en horas. A falta de datos más precisos se tomará igual a 3 minutos.
 t_e tiempo de recorrido en los cauces naturales, en horas
 t_r tiempo de recorrido en las conducciones de la red, en horas

$$t_r = \frac{L}{3600 \times v}$$

- 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_e tiempo de recorrido en los cauces naturales, en horas
 L longitud del cauce principal, en km
 J_e 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 areal (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

$$I_d = \frac{P_d}{24}$$



- Baleares: entre 11 y 12
 Canarias: 8 en la vertiente norte y en las islas de marcado relieve
 9 en la vertiente sur y en islas de topografía suave
 Ceuta y Melilla: entre 10 y 11

Fig. 38. Mapa para la obtención del factor regional I_t/I_d .

- P_d precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno, en mm
 I_1/I_d cociente entre la intensidad horaria y la diaria (ver Fig 38)
 t duración del intervalo al que se refiere I_1 , 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 período 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 período de retorno T
 P valor medio de las precipitaciones máximas, en mm

Las variables P y C_v se obtendrán de las figuras adjuntas.



Fig. 39. Coeficiente de variación C_v .

Para obtener el cuantil Y_T , se hará uso de la Tabla 33, entrando con el período de retorno en años, T , y el coeficiente de variación, C_v .



Fig. 40. Valor medio de las precipitaciones máximas, P.

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:

$$C = \frac{((Pd / Po) - 1) * ((Pd / Po) + 23)}{((Pd / Po) + 11)^2}$$

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.

Para el cálculo en detalle del valor del coeficiente P_o se podrá seguir lo establecido al respecto en la Instrucción 5.2 IC “Drenaje superficial” del Ministerio de Fomento.

Simplificadamente, se podrá 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.

A falta de información más detallada, se podrán adoptar los valores indicados en la Tabla 34 para el coeficiente de escorrentía C

		<i>Período de retorno en años, T</i>							
		2	5	10	25	50	100	200	500
C_v	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	

Tabla 33. Valores del cuantil Y_c .

		<i>Coficiente C</i>
<i>Tipo de zona</i>	<i>Zona verde</i>	0,30
	<i>Rural</i>	0,50
	<i>Urbana. Edificación abierta</i>	0,70
	<i>Industrial</i>	0,70
	<i>Mixta. Urbano – Industrial</i>	0,80
	<i>Urbana. Edificación cerrada</i>	0,90

Tabla 34. Valores del coeficiente de escorrentía C.

IV.1.2.4. Caudales de cálculo de las conducciones

Para las necesarias comprobaciones hidráulicas de las conducciones que forman parte de una red de saneamiento (ver artículos IV.1.3 a IV.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. Si además de aguas residuales domésticas hubiera de otros orígenes (industriales, etc.) deberían tenerse en cuenta de manera similar.

a) Caudal máximo de diseño, Q_{max}

i. Redes unitarias

Conducciones aguas arriba de los aliviaderos $Q_{max} = QD_p + QP$

Conducciones aguas abajo de los aliviadero $Q_{max} = C_d \times QD_m$

ii. Redes separativas

– conducciones de aguas residuales $Q_{max} = QD_p$

– conducciones de aguas pluviales $Q_{max} = QP$

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

QD_m caudal medio de aguas residuales domésticas (l/s)

QD_p caudal punta de aguas residuales domésticas (l/s)

QP caudal de aguas pluviales (l/s)

C_d coeficiente de dilución del aliviadero (usualmente entre 3 y 5)

b) caudal mínimo de diseño, Q_{min}

$$Q_{min} = QD_{min}$$

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)

	Redes unitarias		Redes operativas	
Q_{max}	Conducciones aguas arriba de los aliviaderos	$Q_{max} = QD_p + QP$	Conducciones de aguas residuales	$Q_{max} = QD_p$
	Conducciones aguas abajo de los aliviaderos	$Q_{max} = C_d \times QD_m$	Conducciones de aguas pluviales	$Q_{max} = QP$
Q_{min}	$Q_{min} = QD_{min}$			

Tabla 35. Resumen de los caudales de cálculo en las conducciones.

IV.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 el valor de 3 m/s, si el efluente no contiene arena, admitiéndose esporádicamente valores de hasta 6 m/s. Si el efluente contiene arenas, la velocidad de diseño deberá reducirse a 2 ó 3 m/s para evitar problemas de erosión.

- 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 el valor de, en general, 0,30 m/s, si el efluente no contiene arena. Caso contrario (presencia de arena en el efluente) la velocidad mínima de circulación debería aumentarse a 0,60 m/s.

La velocidad mínima de diseño deberá ser también compatible con las condiciones de autolimpieza establecidas en el artículo IV.1.6.

Cuando, en redes de saneamiento unitarias con grandes diferencias entre el caudal de diseño máximo Q_{\max} y mínimo Q_{\min} , sea difícil de cumplir simultáneamente con los criterios de velocidad máxima y mínima, será conveniente disponer de una canaleta central en la sección capaz de transportar el caudal medio de aguas residuales domésticas Q_{D_m} .

Si, por otro lado, fuera difícil cumplir con el criterio de velocidad máxima, y previa autorización de la Dirección de Obra, podrán adoptarse soluciones especiales como el empleo de revestimientos o la adopción de soleras de sacrificio.

En cualquier caso, las anteriores velocidades se calcularán conforme a lo establecido en el artículo IV.1.5.

IV.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 IV.1.5.

		<i>Velocidad</i>		<i>Llenado</i>	
<i>Hipótesis</i>	Q_{\max}	V_{\max}	3 m/s el efluente no contiene arena y 6 m/s en situaciones esporádicas 2 ó 3 m/s si el efluente contiene arenas	Redes separativas	75% el colector de aguas residuales 85% la conducción de aguas pluviales
	Q_{\min}	V_{\min}	0,30 m/s si el efluente no contiene arena 0,60 m/s si el efluente contiene arenas	Redes unitarias	75%

Tabla 36. Resumen de los criterios de velocidad y llenado en el diseño de las conducciones.

IV.1.5. Pérdidas de carga

IV.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)
 ΔH_c pérdida de carga continua, en m
 L longitud del tramo, en m
 v velocidad del agua, en m/s
 R_H radio hidráulico de la conducción, en m $R_H = \frac{A_m}{P_m}$
 A_m área mojada de la conducción, en m²
 P_m perímetro mojado, en m
 n coeficiente de rugosidad de Manning. Pueden emplearse los valores adjuntos.

<i>Redes en buen estado</i>	<i>Redes unitarias</i>	0,012	
	<i>Redes separativas</i>	<i>Colector aguas residuales</i>	0,013
		<i>Conducción de aguas pluviales</i>	0,012
<i>Redes en mal estado</i>	0,014		

Tabla 37. Valores de la rugosidad, n, de Manning.

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. En la tabla adjunta se resumen los valores analíticos que dan soporte a dicha figura.

h/D	V_p/V	Q_p/Q	h/D	V_p/V	Q_p/Q	h/D	V_p/V	Q_p/Q
0,000	0,0000	0,0000	0,350	0,84646	0,26403	0,700	1,11582	0,83428
0,025	0,15334	0,00102	0,375	0,87645	0,30020	0,725	1,12326	0,87220
0,050	0,25204	0,00471	0,400	0,90458	0,33789	0,750	1,12900	0,90828
0,075	0,33240	0,01133	0,425	0,93094	0,37691	0,775	1,13296	0,94216
0,100	0,40198	0,02092	0,450	0,95559	0,41706	0,800	1,13503	0,97343
0,125	0,46404	0,03348	0,475	0,97860	0,45816	0,825	1,13505	1,00164
0,150	0,52034	0,04894	0,500	1,00000	0,50000	0,850	1,13280	1,02625
0,175	0,57198	0,06723	0,525	1,01984	0,54237	0,875	1,12800	1,04662
0,200	0,61972	0,08823	0,550	1,03813	0,58505	0,900	1,12019	1,06189
0,225	0,66409	0,11184	0,575	1,05491	0,62781	0,925	1,10863	1,07085
0,250	0,70547	0,13792	0,600	1,07016	0,67042	0,950	1,09194	1,07152
0,275	0,74419	0,16633	0,625	1,08389	0,71264	0,975	1,06671	1,05961
0,300	0,78047	0,19693	0,650	1,09610	0,75421	1,000	1,00000	1,00000
0,325	0,81451	0,22955	0,675	1,10675	0,79485			

Tabla 38. 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.

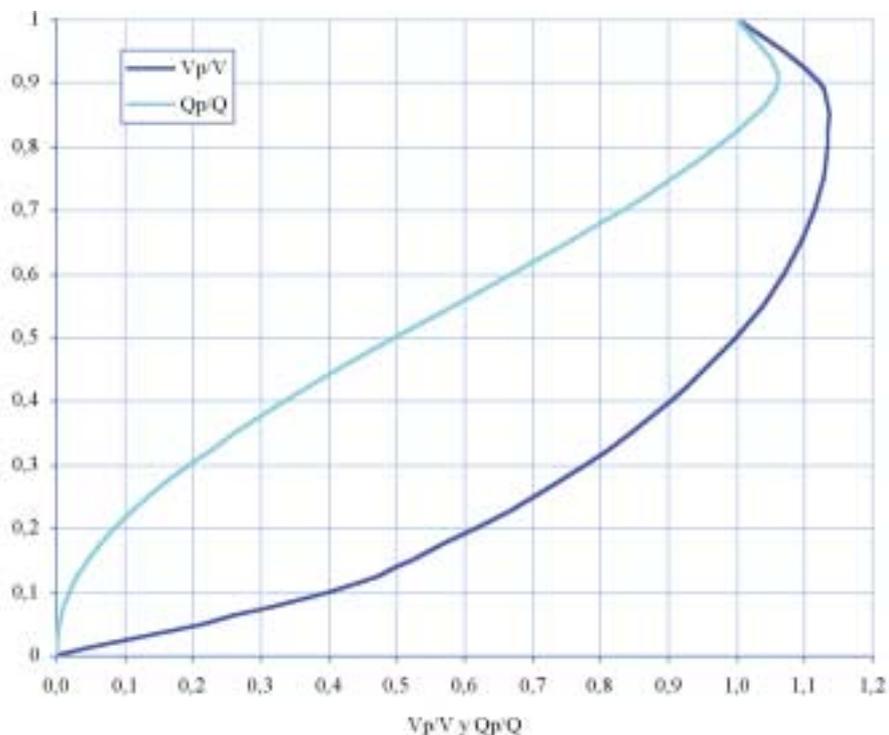


Fig. 41. Relación entre la velocidad y el caudal a sección llena y parcialmente llena en función del grado de llenado de la conducción de sección circular según la fórmula de Manning.

IV.1.5.2. Pérdidas de carga localizadas

Adicionalmente a las pérdidas de carga continuas, en los quiebrós de la conducción deberán calcularse las pérdidas de carga localizadas, ΔH_C , las cuales suelen evaluarse como una fracción K del término $v^2/2g$, en la que el término v es la máxima velocidad de paso del agua a través del quiebro.

Lo anterior implica que en los pozos de registro, en la rasante de la conducción aguas abajo deberá construirse un salto de altura H_C de manera que la línea piezométrica se iguale con la de aguas arriba. Para el cálculo del valor del salto H_C podrá emplearse la Fig. 42.

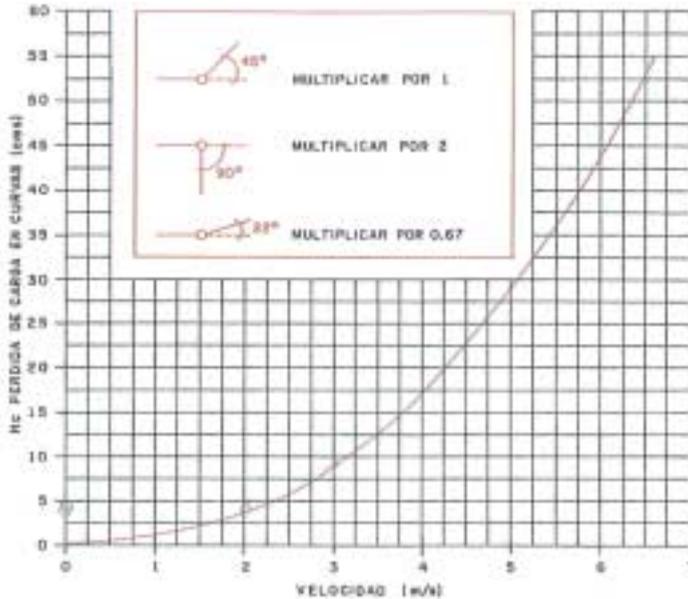


Fig. 42. Pérdida de carga en quebros.

IV.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, para lo que la velocidad mínima de circulación del agua deberá garantizar esta condición. Cuando este requisito sea difícil de alcanzar, será admisible que se cumpla con el caudal medio de aguas residuales actual correspondiente.

Lo anterior puede verificarse mediante la expresión de Shields:

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

- γ_w peso específico del agua, 1,00 t/m³
- γ_s peso específico de la partícula a arrastrar (2,65 t/m³ por defecto)
- R_H radio hidráulico de la conducción
- J pendiente de la conducción
- D diámetro de la partícula arrastrada (3 mm)

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

- QD_m caudal medio de aguas residuales domésticas (l/s)
- QI_m caudal medio de aguas residuales industriales (l/s)

IV.2. DIMENSIONAMIENTO MECÁNICO

IV.2.1.1. Consideraciones generales

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 se especifican en los diferentes artículos de esta Norma.

En este cálculo, se considerará en cada una de las secciones a estudiar la hipótesis pésima de carga, entendiendo por tal aquella combinación de acciones de cálculo que produzca la máxima sollicitación o deformación en esa sección, habida cuenta del tipo de apoyo adoptado.

Las principales acciones que, en general, deberán considerarse en el cálculo mecánico de las conducciones de saneamiento son las siguientes:

- a) Acciones gravitatorias
 - a.1) Peso propio
 - a.2) Cargas permanentes o cargas muertas
 - a.3) Sobrecargas de uso: Carga debida al peso del agua en el interior de la tubería
- b) Acciones del terreno
- c) Acciones del tráfico
- d) Acciones debidas al nivel freático
- e) Acciones reológicas
- f) Acciones sísmicas

Los tubos de hormigón armado funcionarán en lámina libre, por lo que no se tendrá en cuenta dentro de las sobrecargas de uso la posible presión interna actuante.

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).

IV.2.1.2. Dimensionamiento de tubos de hormigón armado de sección circular enterrados

En las instalaciones enterradas, si bien en el proyecto de la conducción deberán considerarse todas las acciones indicadas en el anterior artículo IV.2.1.1, habitualmente, las más determinantes son las del terreno y las del tráfico, de manera que la hipótesis pésima de carga se producirá usualmente por la combinación de las anteriores acciones conforme se especifica en los siguientes apartados.

El dimensionamiento mecánico de estos tubos se realizará conforme a lo especificado en el anexo M de la norma UNE 127.916.

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 Fig 43.

A efectos del cálculo mecánico de las conducciones de hormigón, los materiales empleados en el relleno de las zanjas se clasificarán en las cinco categorías que se indican en la tabla adjunta, junto con sus características geotécnicas básicas.

	$\lambda\mu'$	$\gamma(kN/m^3)$
<i>Arcilla plástica</i>	0,110	21,0
<i>Arcilla ordinaria</i>	0,130	19,2
<i>Arena arcillosa</i>	0,150	19,2
<i>Arena y grava</i>	0,165	17,6
<i>Material granular sin cohesión (zahorras)</i>	0,192	19,0

Tabla 39. Características geotécnicas básicas de los tipos de tierra considerados para el relleno.

γ peso específico del relleno, en kN/m^3 (pueden emplearse los valores de la Tabla 39)

λ coeficiente de Rankine, de valor: $\lambda = tg^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$

ϕ ángulo de rozamiento interno del relleno

μ coeficiente de rozamiento del relleno ($\mu = tg \phi$)

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

ϕ' ángulo de rozamiento interno del relleno contra los paramentos de la zanja

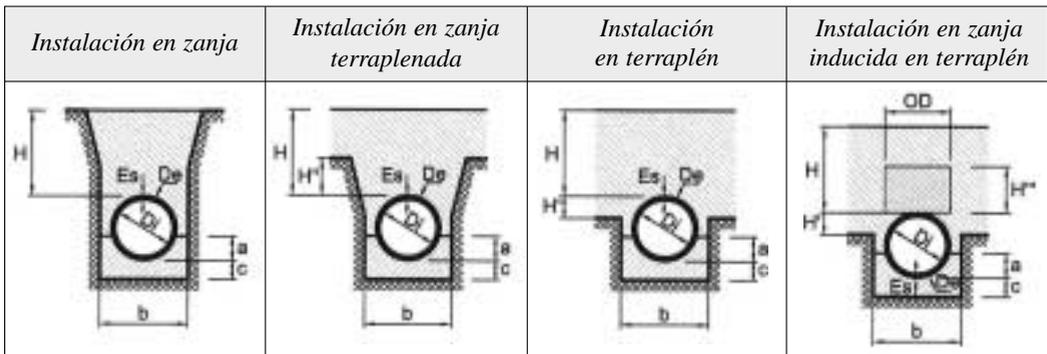


Fig. 43. Tipos de instalaciones en los tubos de hormigón enterrados.

En general, el dimensionamiento mecánico de estos tubos quedará 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 (ver artículo II.2.3):

$$\text{Clasificación Tipo E: } 1,5 \cdot \frac{q_{total}}{F_{ap} \cdot ID} \leq q_r \quad \text{Clasificación Tipo A: } \frac{q_{total}}{F_{ap} \cdot ID} \leq q_f$$

- q_r carga de cálculo de rotura, en kN/m (ver apartado II.2.3)
 q_f carga de cálculo por fisuración, en kN/m² (ver apartado II.2.3)
 q_{total} suma de las cargas actuantes sobre el tubo, en kN/m. Se calculará mediante la siguiente expresión (ver apartados siguientes):

$$q_{total} = W_e + W_t + W_f + W_a + W_p + W_s + W_c$$

- W_e carga producida por el relleno
 W_t carga producida por el tráfico automovilístico
 W_f carga producida por el tráfico ferroviario
 W_a carga producida por el tráfico aéreo
 W_p cargas puntuales
 W_s cargas uniformemente distribuidas en superficie
 W_c cargas debidas a compactadores
ID diámetro interior del tubo, en m
 F_{ap} factor de apoyo

IV.2.1.2.1. Carga producida por el relleno

Para el cálculo de las cargas debidas al peso de las tierras se seguirán las siguientes indicaciones según tipos de instalación. En todos los casos, la altura de relleno por encima de la clave del tubo se limitará a 0,5 m como mínimo.

a) Instalación en zanja

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

- W_e carga producida por el relleno, en kN/m
 C_z coeficiente de Marston, de valor: $C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \frac{H}{b}}}{2\lambda\mu \frac{H}{b}}$
 γ peso específico del relleno, en kN/m³ (pueden emplearse los valores de la Tabla 39)
H altura de tierras sobre la clave del tubo, en m
b ancho de la zanja en el plano de la clave, en m

El resguardo lateral de la zanja será, como mínimo, el expresado en la Tabla 40, en función del diámetro nominal de la conducción y del ángulo β de la pared de la zanja con la horizontal.

		$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
DN	≤ 350	0,25	0,2
	$> 350 \text{ a } \leq 700$	0,35	
	$> 700 \text{ a } \leq 1200$	0,43	
	> 1200	0,5	

Tabla 40. Valores del resguardo lateral de la zanja (en m).

b) Instalación en terraplén

$$W_e = C_z \cdot \gamma \cdot H \cdot OD$$

W_e carga producida por el relleno, en kN/m

C_z coeficiente de Marston, de valor:

$$C_z = \frac{e^{2\lambda\mu \frac{H}{OD}} - 1}{2\lambda\mu \frac{H}{OD}} \quad (\text{si } H \leq H_0)$$

$$C_z = \frac{e^{2\lambda\mu \frac{H_0}{OD}} - 1}{2\lambda\mu \frac{H}{OD}} + \frac{H - H_0}{H} e^{2\lambda\mu \frac{H_0}{OD}} \quad (\text{si } H > H_0)$$

H_0 altura del plano de igual asentamiento, en m. Se obtiene resolviendo la siguiente ecuación:

$$e^{2\lambda\mu \frac{H_0}{OD}} - 2\lambda\mu \frac{H_0}{OD} = 2\lambda\mu\delta\eta + 1$$

Simplificadamente, podrán tomarse los valores indicados en la tabla adjunta para el cálculo de H_0 , en función del tipo de base sobre la que se instale el tubo.

δ razón de asentamiento (ver tabla adjunta)

	δ	H_0/OD
Base rígida (roca o suelo muy compacto)	1,0	2,026
Base de suelo natural ordinario	0,5	1,475
Base muy asentable (terraplén no bien compactado)	0,3	1,170

Tabla 41. Valores de la razón de asentamiento δ y de H_0/OD en función del tipo de base sobre la que se instale el tubo.

η razón de proyección en terraplén. Se calculará mediante la siguiente expresión:

$$\eta = \frac{H'}{OD}$$

γ peso específico del relleno, en kN/m³ (pueden emplearse los valores de la Tabla 39)

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

H' altura de la clave del tubo sobre la base del terraplén, en m

OD diámetro exterior del tubo, en m

c) *Instalación en zanja terraplenada*

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

W_e carga producida por el relleno, en kN/m

C_z coeficiente de Marston, de valor:

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \cdot \frac{H}{b}}}{2\lambda\mu \cdot \frac{H}{b}} \quad (\text{si } H \leq H_0)$$

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \cdot \frac{H_0}{b}}}{2\lambda\mu \cdot \frac{H}{b}} + \frac{H - H_0}{H} e^{-2\lambda\mu \cdot \frac{H_0}{b}} \quad (\text{si } H > H_0)$$

H_0 altura del plano de igual asentamiento, en m. Se obtiene resolviendo la siguiente ecuación:

$$e^{-2\lambda\mu \cdot \frac{H_0}{b}} + 2\lambda\mu \cdot \frac{H_0}{b} = 2\lambda\mu \cdot \frac{H}{b} + 1$$

Simplificadamente, podrán tomarse los valores que se indican en la tabla adjunta para el cálculo de H_0 en función de la razón de proyección en zanja terraplenada h .

δ' razón de asentamiento (ver tabla 42)

η razón de proyección en zanja terraplenada (ver tabla 42) $\eta = \frac{H'}{OD}$

γ peso específico del relleno, en kN/m³ (pueden emplearse los valores de la Tabla 39)

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

H'' altura de la base del terraplén sobre la clave del tubo, en m

b ancho de la zanja en el plano de la clave, en m

η	δ'	H_0/OD
0,5	-0,1	0,600
1,0	-0,3	1,520
1,5	-0,5	2,515
2,0	-1,0	4,460

Tabla 42. Razón de asentamiento, de proyección y valores de H_0/OD en una instalación en zanja terraplenada.

El resguardo lateral de la zanja será, como mínimo, el expresado en la Tabla 40, en función del diámetro nominal instalado.

d) *Instalación en zanja inducida en terraplén*

La zanja inducida en terraplén podrá ejecutarse de dos maneras distintas:

- Modalidad A: se coloca primero el tubo, a continuación se ejecuta todo el terraplén y finalmente se excava una zanja en la parte superior del terraplén hasta el plano de la clave del tubo para sustituir el material del terraplén por uno más compresible
- Modalidad B: se ejecuta todo el terraplén, a continuación se excava una zanja hasta la rasante de la conducción, se coloca el tubo y se rellena toda la zanja, colocando en la parte superior un material compresible

La verdadera zanja inducida es la realizada mediante la modalidad A. La modalidad B produce en realidad una simple zanja terraplenada. La carga producida por el relleno se calculará mediante la siguiente expresión:

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

W_e carga producida por el relleno, en kN/m

C_z coeficiente de Marston, de valor:

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \frac{H}{b}}}{2\lambda\mu \frac{H}{b}} \quad (\text{si } H \leq H_0)$$

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \frac{H_0}{b}}}{2\lambda\mu \frac{H}{b_e}} + \frac{H - H_0}{H} e^{-2\lambda\mu \frac{H_0}{b}} \quad (\text{si } H > H_0)$$

H_0 altura del plano de igual asentamiento, en m. Se obtiene resolviendo la siguiente ecuación:

$$e^{-2\lambda\mu \frac{H_0}{b}} + 2\lambda\mu \frac{H_0}{b} = 2\lambda\mu |\delta' \eta| + 1$$

Simplificadamente, podrán tomarse los valores que se indican en la tabla adjunta para el cálculo de H_0 en función de la razón de proyección en zanja inducida en terraplén h.

- δ' razón de asentamiento (ver tabla adjunta)
 η razón de proyección en zanja inducida en terraplén
 (ver tabla adjunta) $\eta = \frac{H'''}{b}$

η	δ'	H_0/OD
0,5	-0,5	1,380
1,0	-0,7	2,421
1,5	-1,0	3,752
2,0	-2,0	6,915

Tabla 43. Razón de asentamiento, de proyección y valores de H_0/OD en una instalación en zanja inducida en terraplén.

- γ peso específico del relleno, en kN/m^3 (pueden emplearse los valores de la Tabla 39)
 H altura de tierras sobre la clave del tubo, en m
 H''' altura de material compresible sobre la clave del tubo, en m
 b OD, en m, en Modalidad A y ancho de la zanja en la clave, en m, en Modalidad B

IV.2.1.2.2. Resumen de la carga producida por el relleno

En la tabla adjunta se resume la formulación básica desarrollada en detalle en el apartado anterior para el cálculo de la carga producida por el relleno en función del tipo de instalación.

IV.2.1.2.3. Carga producida por el tráfico automovilístico

Para su cálculo pueden emplearse los valores especificados en la Tabla 46. 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 .

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 superiores a los 4 m no se considerarán cargas de tráfico. 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_p , según los valores indicados en la Tabla 45.

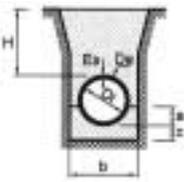
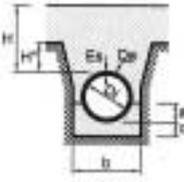
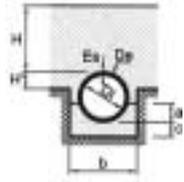
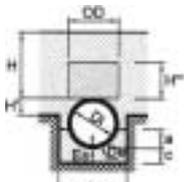
Tipo de instalación	Fórmula para el cálculo del peso de las tierras	Fórmula para el cálculo del coeficiente de Marston		Criterio para el cálculo del parámetro H_0	
		$H \geq H_0$	$H > H_0$		
 <p>Zanja</p>	$W_e = C_z \cdot \gamma \cdot H \cdot b$	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \frac{H}{b}}}{2\lambda\mu \frac{H}{b}}$			
 <p>Terraplén</p>	$W_e = C_z \cdot \gamma \cdot H \cdot OD$	$C_z = \frac{e^{2\lambda\mu \frac{H}{OD}} - 1}{2\lambda\mu \frac{H}{OD}}$	$C_z = \frac{e^{2\lambda\mu \frac{H_0}{OD}} - 1}{2\lambda\mu \frac{H}{OD}} + \frac{H - H_0}{H} e^{2\lambda\mu \frac{H_0}{OD}}$	Tipo de base	H_0/OD
				Roca o suelo rígido	2,026
				Suelo compacto (ordinario)	1,475
				Suelo natural asentable	1,170
 <p>Zanja terraplenada</p>	$W_e = C_z \cdot \gamma \cdot H \cdot b$	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \frac{H}{b}}}{2\lambda\mu \frac{H}{b}}$	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \frac{H_0}{b}}}{2\lambda\mu \frac{H}{b}} + \frac{H - H_0}{H} e^{-2\lambda\mu \frac{H_0}{b}}$	H'/OD	H_0/OD
				0,5	0,600
				1,0	1,520
				1,5	2,515
				2,0	4,460
 <p>Zanja inducida en terraplén</p>	$W_e = C_z \cdot \gamma \cdot H \cdot b$	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \frac{H}{b}}}{2\lambda\mu \frac{H}{b}}$	$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu \frac{H_0}{b}}}{2\lambda\mu \frac{H}{b}} + \frac{H - H_0}{H} e^{-2\lambda\mu \frac{H_0}{b}}$	H'/OD	H_0/OD
				0,5	1,380
				1,0	2,421
				1,5	3,752
				2,0	6,915

Tabla 44. Resumen de la formulación para el cálculo de la carga producida por el relleno.

		C_i
H (m)	$H \leq 0,60$	1,20
	$0,60 < H \leq 0,90$	1,10
	$H > 0,90$	1,00

Tabla 45. Coeficiente de impacto ante las acciones del tráfico.

Eje simple de 7 t			Eje simple de 13 t			Eje triple con 60 t		
$l_c = 0,20 + 1,40 H + 1,05 OD$ $s = 1,4 (H - 1,21)$ $t = 1,4 H + 0,30$ $v = OD + 1,4 H - 1,70$			$l_c = 0,20 + 1,40 H + 1,05 OD$ $s = 1,4 (H - 1,00)$ $t = 1,4 H + 0,60$			$l_c = 0,20 + 1,40 H + 1,05 OD$ $l_c = l_c + 3,0$ $s = 1,4 (H - 1,00)$ $t = 1,4 H + 0,60$ Sobrecarga de uso = 4,0 OD		
$OD \leq 2,0 m$	$H \leq 1,21 m$	$OD \geq t$	$OD \leq 2,0 m$	$H \leq 1,0 m$	$OD \geq t$	$OD \leq 2,0 m$	$H \leq 1,0 m$	$OD \geq t$
		$OD < t$			$OD < t$			$OD < t$
$W_t = \frac{35}{l_e} C_i$			$W_t = \frac{65}{l_e} C_i$			$W_t = \frac{300}{l_e}$		
$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} OD \cdot C_i$			$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} OD \times C_i$			$W_t = \frac{100}{t \cdot l_e} OD$		
OD cualquiera	$H \geq 1,21 m$	$OD \geq s$	OD cualquiera	$H \geq 1,0 m$	$OD \geq s$	OD cualquiera	$H \geq 1,0 m$	$OD < t$
		$OD < s$			$OD < s$			El mayor de
$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} (OD + s)$			$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} (OD + s)$			$W_t = \frac{300}{t \cdot l_e} OD$		
$W_t = \frac{70}{t \cdot l_e} OD$			$W_t = \frac{130}{t \cdot l_e} OD$			$W_t = \frac{300}{t \cdot l_e} (OD + s)$		
$OD \geq 2,0 m$	$H \leq 1,21 m$	$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} v \cdot C_i$		$OD \geq 2,0 m$	$H \leq 1,0 m$	$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} (OD + s) C_i$		$OD < s$
		$W_t = \frac{600}{t \cdot l_e} OD$						
$OD \geq 2,0 m$	$H \leq 1,21 m$	$W_t = \frac{300}{t \cdot l_e} (OD + s)$		$W_t = \frac{600}{t \cdot l_e} OD$		$W_t = \frac{300}{t \cdot l_e} (OD + s)$		

Tabla 46. Valores de la carga debida al tráfico, en kN/m.

IV.2.1.2.4. Carga producida por el tráfico ferroviario

Para el cálculo de la carga ferroviaria, se considerará un tren de cargas del tipo VIA UIC 71. La carga ferroviaria, en función de la profundidad de la clave del tubo, vendrá dada por la siguiente expresión, válida incluso para velocidades superiores a 220 km/h:

$$W_f = \frac{135,5H + 1142,3}{1,96H^2 + 11,2H + 13,11} \cdot C_i \cdot OD$$

W_f carga producida por el tráfico ferroviario, en kN/m

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

OD diámetro exterior del tubo, en m

C_i coeficiente de impacto, dado por la siguiente expresión:

$$C_i = 1,67 - (0,1 \cdot (H - 1)) \text{ siendo siempre } C_i / 1 \text{ y aplicable para } H / 1$$

Si el tubo está instalado longitudinalmente a la traza de la vía férrea, se considerará un reparto de 35°, teniendo en cuenta la superposición de presiones debidas a la locomotora y vagones y a la presencia de varias vías si procede (ver Fig 44). Si el tubo está instalado transversalmente a la traza de la vía férrea, sólo se tendrá en cuenta para el cálculo la carga W_f , multiplicada por el número máximo de vías cuyas sobrecargas se solapen a la profundidad de instalación del tubo.

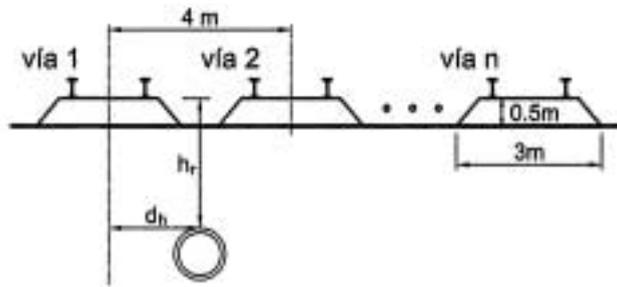


Fig. 44. Esquema de tubo instalado longitudinalmente a la vía.

IV.2.1.2.5. Carga producida por el tráfico aéreo

Se calculará mediante la siguiente expresión. El recubrimiento mínimo del relleno por encima de la clave del tubo deberá ser mayor o igual que 1,5 m.

$$W_a = OD \cdot q_a$$

W_a carga producida por el tráfico aéreo, en kN/m

OD diámetro exterior del tubo

q_a carga producida por las aeronaves, en kN/m² (ver Tabla 47)

		Tipo de avión				
		900 kN (DC9)	1800 kN (DC8)	3500 kN (Jumbo)	5500 kN	7500 kN
H (m)	< 1,0	98,0	117,6	132,3	137,2	147,0
	2,0	39,2	68,6	88,2	107,8	117,6
	3,0	19,6	39,2	58,8	78,4	88,2
	4,0	14,7	24,5	39,2	58,8	78,4
	5,0	9,8	19,6	29,4	39,2	53,9
	6,0	9,8	14,7	24,5	34,3	39,2
	7,0	4,9	9,8	19,6	24,5	34,3
	8,0	4,9	9,8	14,7	24,5	29,4
	9,0	4,9	9,8	14,7	19,6	24,5
	10,0	4,9	9,8	14,7	14,7	19,6
	< 15,0	4,9	4,9	4,9	9,8	14,7

Tabla 47. Carga producida por las aeronaves, en kN/m².

IV.2.1.2.6. Otras cargas

a) Cargas puntuales

La acción producida por una carga puntual, se calculará mediante la siguiente expresión (ver Fig 45):

$$W_p = \frac{3 \cdot OD \cdot q_p \cdot \cos^5 \alpha}{2 \cdot H^2}$$

W_p carga producida por una carga puntual, en kN/m

OD diámetro exterior del tubo, en m

q_p carga puntual, en kN

α ángulo formado por la vertical de la carga puntual y la línea que une el punto de aplicación de la carga puntual con la clave del tubo, en grados. Viene dado por la siguiente expresión:

$$\cos \alpha = \frac{H}{\sqrt{H^2 + d^2}}$$

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

d distancia horizontal entre la carga puntual y la clave del tubo, en m

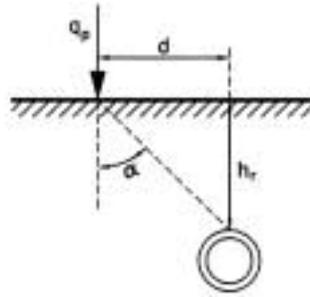


Fig. 45. Esquema de carga puntual.

b) *Cargas uniformemente distribuidas en superficie*

La acción producida por una sobrecarga uniforme, se calculará mediante la siguiente expresión:

$$W_s = b \cdot q_s \cdot e^{-\lambda \mu \frac{H}{b}}$$

W_s carga producida por una sobrecarga uniforme, en kN/m

b ancho de la zanja en el plano de la clave, en m

q_s sobrecarga uniforme, en kN/m²

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

λ coeficiente de Rankine, de valor: $\lambda = \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$

ϕ ángulo de rozamiento interno del relleno

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

ϕ' ángulo de rozamiento interno del relleno contra los paramentos de la zanja

Si la carga se aplica a una instalación en terraplén o zanja terraplenada, se asimilará la carga a la producida por un sobreespesor de relleno de valor equivalente a:

$$H' = \frac{W_s}{\gamma}$$

H_s sobreespesor de relleno equivalente, en m

γ peso específico del relleno, en kN/m³ (pueden emplearse los valores de la Tabla 39)

c) *Cargas debidas a compactadores*

La acción producida por un compactador, se calculará mediante la siguiente expresión:

$$W_c = q_c \cdot OD$$

- W_c carga sobre el tubo, en N/m
 OD diámetro exterior del tubo, en m
 q_c carga sobre la clave del tubo, en N/m². Se obtendrá por medio de las siguientes expresiones:

Para carga estática: $q_c = \frac{2 \cdot P_c}{\pi \cdot H}$

Para carga dinámica: $q_c = \frac{12 \cdot P_c}{\pi \cdot H}$ si $0,3 \leq H < 2$ m

$q_c = \frac{10 \cdot P_c}{\pi \cdot H}$ si $2 \leq H < 3$ m

$q_c = \frac{8 \cdot P_c}{\pi \cdot H}$ si $H \geq 3$ m

- P_c carga del compactador por m de ancho de rodillo, en N/m

Las cargas debidas a los compactadores deben considerarse en diferentes hipótesis de rellenos parciales de las zanjas, no solamente para la altura máxima de enterramiento.

IV.2.1.2.7. Factores de apoyo

a) Factores de apoyo en instalaciones en zanja y zanja terraplenada

En la Tabla 48 se indican los valores normalizados del factor de apoyo para las instalaciones en zanja y en zanja terraplenada, así como los recubrimientos mínimos recomendados, en función del tipo de apoyo seleccionado y de las características del relleno (ver Fig 46).

El espesor mínimo de la cama de apoyo, C, dependerá de la naturaleza del terreno en que se instale la conducción (suelo o roca) y del diámetro de la tubería, normalizándose los valores que se indican en la Tabla 49.

b) Factores de apoyo en instalaciones en terraplén y en zanja inducida

Para las conducciones instaladas en terraplén ó en en zanja inducida se normalizan cuatro tipos de apoyo conforme lo indicado en la Fig 47.

Cuando se dispongan apoyos granulares, el espesor mínimo de la cama, C, dependerá de la naturaleza del terreno en que se instale la conducción (suelo o roca) y del diámetro de la tubería, normalizándose los valores que se indican en la Tabla 49.

Cuando se dispongan apoyos de hormigón, el espesor mínimo de la cama será el 25% del DN del tubo. No obstante, este espesor podrá reducirse a los valores que se indican en la Tabla 29, siempre y cuando que el apoyo se realice en hormigón armado (y con las cuantías especificadas en dicha tabla) y no en hormigón en masa, y justificando debidamente en el proyecto que la capacidad mecánica del apoyo de hormigón armado con el espesor reducido es equivalente a la del apoyo de hormigón en masa de mayor espesor.

El factor de apoyo se calculará mediante la siguiente expresión:

$$F_a = \frac{1,431}{n - v \cdot \theta}$$

- n parámetro dependiente del tipo de apoyo (ver Tabla 50)
- v parámetro dependiente de la razón de proyección (ver Tabla 51)
- η razón de proyección (ver apartado IV.2.1.2.1)
- ϑ razón de la carga horizontal a la vertical. Viene dada por la siguiente expresión:

$$\theta = \frac{0,33 \cdot \eta}{C_z} \left(1 + \frac{\eta \cdot OD}{2 \cdot H} \right)$$

- C_z coeficiente de Marston (ver apartado IV.2.1.2.1)
- OD diámetro exterior del tubo, en m
- H altura de tierras sobre la clave del tubo, en m

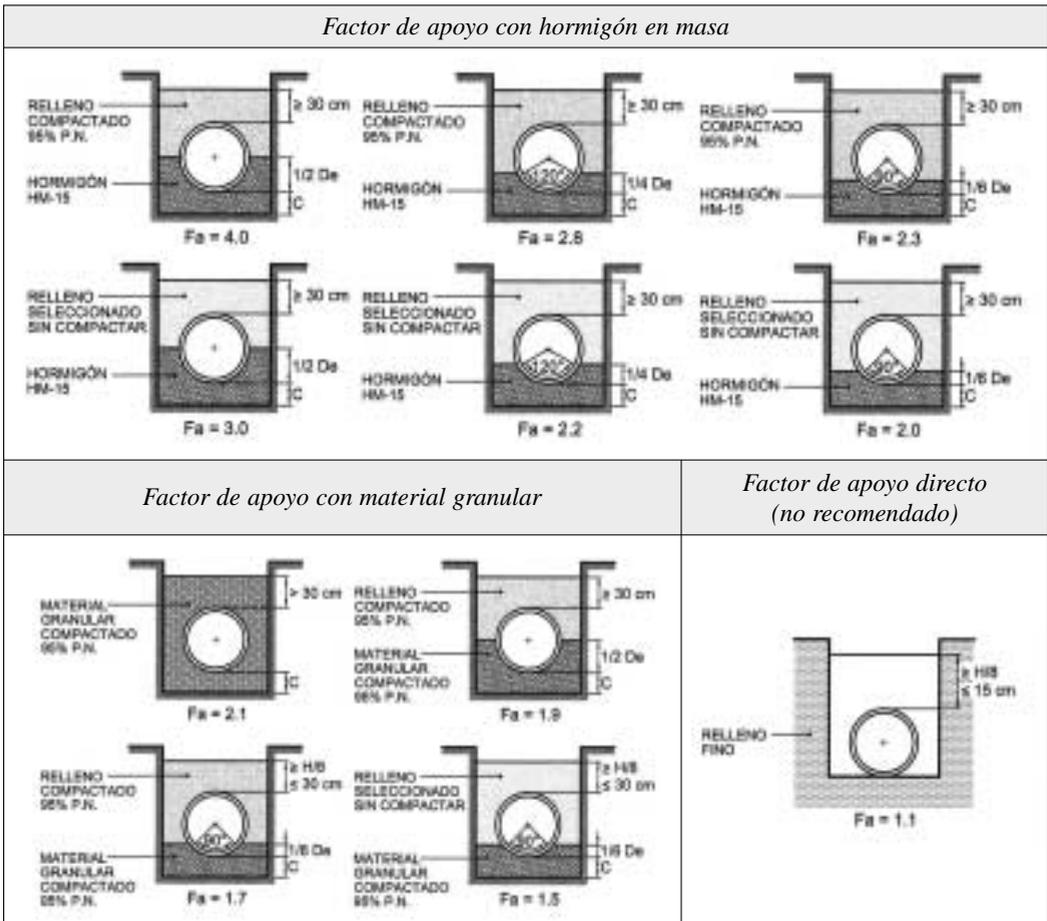


Fig. 46. Esquemas de factores de apoyo en instalaciones en zanja y zanja terraplenada.

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

Tabla 48. Factores de apoyo en zanja y zanja terraplenada.

		<i>Tipo de apoyo</i>	
		<i>Suelo</i>	<i>Roca</i>
<i>DN (mm)</i>	<i>DN < 700</i>	0,10	0,15
	<i>700 < DN < 1.500</i>	0,10	0,23
	<i>1.500 > DN</i>	0,15	0,30

Tabla 49. Espesor mínimo de la cama de apoyo C.

c) *Apoyos especiales*

Aparte de los apoyos convencionales antes descritos, se podrán utilizar los dos apoyos especiales representados esquemáticamente en la figura adjunta.

En el apoyo especial tipo I la carga producida por el relleno se calculará mediante la siguiente expresión:

$$W_e = \gamma \cdot \beta \cdot H \cdot OD$$

- W_e carga producida por el relleno, en kN/m
 γ peso específico del relleno, en kN/m³ (pueden emplearse los valores de la Tabla 39)
H altura de tierras sobre la clave del tubo, en m
OD diámetro exterior del tubo, en m

Se considerará un factor de apoyo de valor 4.

En el apoyo especial tipo II, se considerará el tubo como un encofrado y no como un elemento resistente. La clase mínima recomendada será la C-90, caso de utilizarse la clasificación tipo E y la C-II, caso de usarle la clasificación tipo A.

Al igual que en el caso de los apoyos de hormigón en terraplén (ver apartado IV.2.1.2.7.b), el espesor de la cama de apoyo bajo la solera del tubo podrá reducirse a la mitad de los valores que se indican en la Tabla 49 con un mínimo de 0,30 m, siempre y cuando que se arme el apoyo con la armadura mínima prevista en la vigente EHE para tales espesores reducidos y justificando debidamente en el proyecto que la capacidad mecánica del apoyo de hormigón armado con el espesor reducido es equivalente a la del apoyo de hormigón en masa de mayor espesor.

No se podrán utilizar, en ningún caso, tubos de hormigón en masa con estos apoyos.

			<i>n</i>
<i>Tipo de apoyo</i>	A	Hormigón, f_{ck} á15 N/mm ²	0,505
	B	Material granular compactado al 95% PN	0,707
	C	Material granular compactado al 95% PN	0,840
	D	Apoyo directo (No recomendado)	1,310

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.

Tabla 50. Parámetro *n* en función del tipo de apoyo.

		<i>v</i>	
		<i>Apoyo tipo A</i>	<i>Apoyo tipo B, C ó D</i>
η	0,0	0,150	0,000
	0,3	0,743	0,217
	0,5	0,856	0,423
	0,7	0,811	0,594
	0,9	0,678	0,655
	1,0	0,638	0,638

Tabla 51. Parámetro *v* en función del tipo de apoyo y de la razón de proyección η .

IV.2.1.3. Dimensionamiento de tubos de hormigón para hinca

El dimensionamiento mecánico de estos tubos se realizará conforme a lo especificado por los anexos B y M de las normas UNE-EN 1.916 y UNE 127.916, respectivamente.

La hipótesis pésima de cálculo 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:

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

- q_c carga de comparación, en kN/m^2 (ver apartado II.3.3)
- q_{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 IV.2.1.2, 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:

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

- λ coeficiente de Rankine, de valor:

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

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

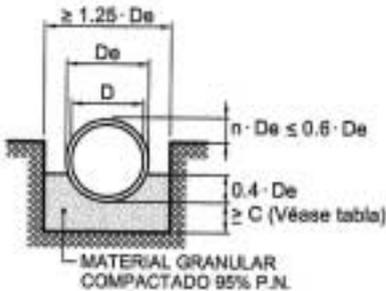
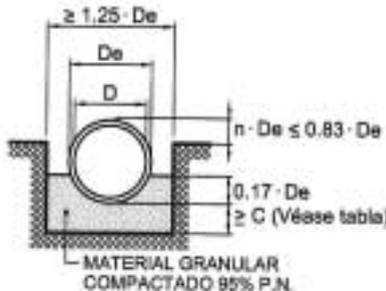
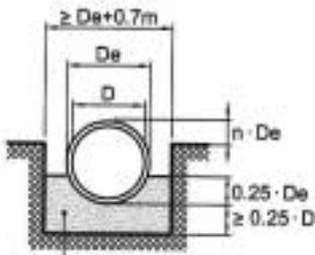
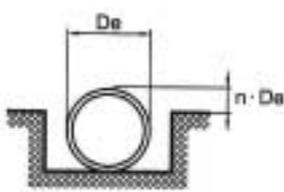
<i>Factor de apoyo con material granular</i>	
 <p>CLASE B</p>	 <p>CLASE C</p>
<i>Factor de apoyo con hormigón en masa</i>	<i>Factor de apoyo directo (no recomendado)</i>
 <p>CLASE A</p>	 <p>CLASE D</p>

Fig. 47. Esquemas de factores de apoyo en instalaciones en terraplén y zanja inducida.

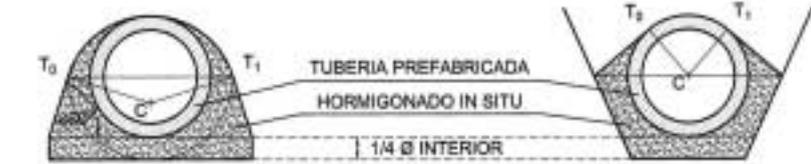
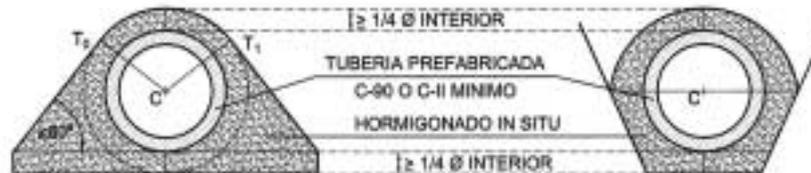
<i>Apoyo especial tipo I</i>	 <p>INSTALACION EN TERRAPLEN INSTALACION EN ZANJA</p>
<i>Apoyo especial tipo II</i>	 <p>INSTALACION EN TERRAPLEN INSTALACION EN ZANJA</p>

Tabla 48. Apoyos especiales.

- H altura, en m, de tierras sobre la clave del tubo (m)
 OD diámetro exterior del tubo (m)
 γ peso específico del relleno (kN/m³)
 C_o cohesión del terreno (kN/m²)

A efectos prácticos, pueden adoptarse los valores para los términos $\lambda\mu'$ y γ de la Tabla 39. Los valores de la cohesión pueden tomarse de la Tabla 52, si bien se recomienda utilizar el valor de 2 kN/m² en ausencia de datos significativos.

- 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 50.

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

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

		C_o (kN/m ²)
<i>Tipo de suelo</i>	<i>Arcilla</i>	
	<i>Blanda</i>	2,0
	<i>Media</i>	12,2
	<i>Dura</i>	48,8
	<i>Arena</i>	
	<i>Deseada</i>	0
	<i>Cenagosa</i>	4,8
	<i>Compacta</i>	14,6

Tabla 52. Valores de la cohesión C_o en función del tipo de suelo.

F_o empuje máximo admisible, en MN

A_c área(s) de la(s) superficie(s) de empuje sometida(s) a compresión, en m²

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, en m

d_{eh} diámetro exterior de la superficie de empuje, en m

f_{ck} resistencia característica del hormigón a compresión, en N/mm²

- f_{cd} resistencia a compresión de proyecto del hormigón, en N/mm^2
 z amplitud diametral de compresión en la zona de unión, en m (ver Fig 50)
 e_h factor de excentricidad. Se determinará según el gráfico adjunto

c) Comprobación de la longitud máxima de empuje

Se determinará mediante la siguiente expresión:

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

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
 φ'' coeficiente de rozamiento del terreno contra el tubo, en N/m^2
 OD diámetro exterior del tubo, en m

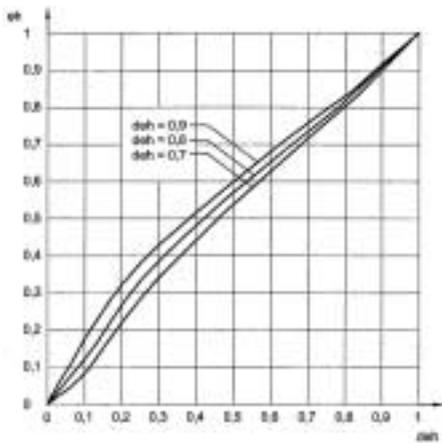


Fig. 49. Factor de excentricidad.

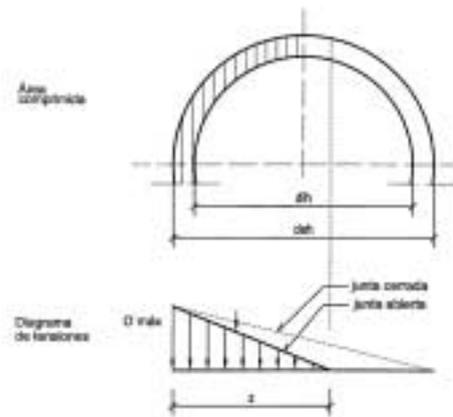


Fig. 50. Área comprimida y diagrama de tensiones para juntas cerrada y abierta.

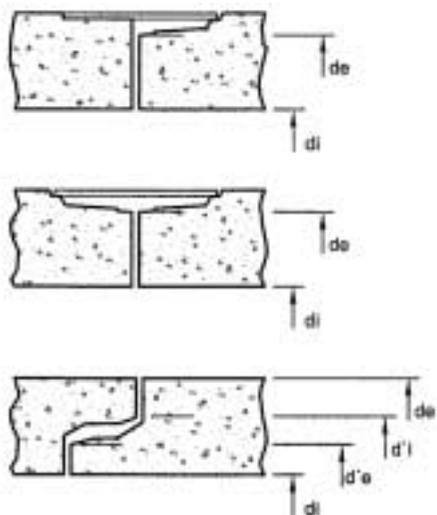


Fig. 51. Definición de diámetros para diferentes tipos de unión.

V. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Los tubos y los pozos prefabricados de hormigón armado unidos con junta elástica para redes de saneamiento y drenaje amparados por las normas UNE-EN 1.916 y UNE-EN 1.917, respectivamente, y que se vayan a utilizar en la Unión Europea deberán contar con el marcado CE, conforme a lo especificado por la Directiva 89/106 de Productos de la Construcción, para lo que el fabricante deberá tener un plan de aseguramiento de la calidad acorde con lo establecido en el Anexo G de la norma UNE-EN 1.916 (tubos) o en el Anexo F de la UNE-EN 1.917 (pozos de registro) para la verificación de las características contempladas en el Anexo ZA de las anteriores normas.

Tal y como se establece en la Directiva 89/106 de Productos de la Construcción, el sistema de evaluación de la conformidad para poder hacer el marcado CE en los tubos y en los pozos de registro de hormigón es el denominado tipo 4, el cual únicamente exige una auto-certificación por parte del fabricante sin necesidad de verificación por terceros.

En consecuencia (y habida cuenta que el marcado CE únicamente supone la declaración por parte del fabricante del cumplimiento de los requisitos contemplados en el anexo ZA de las normas europeas de producto), y complementariamente a dicho marcado CE, es necesario que en los tubos y en los pozos prefabricados de hormigón armado esté certificado por terceros (Marca de calidad AENOR o similar otorgada por un Organismo acreditado conforme a la norma UNE-EN 45.011) el cumplimiento íntegro de las especificaciones de la norma UNE-EN 1.916 y UNE 127.916 (para los tubos) ó UNE-EN 1.917 y UNE 127.917 (en el caso de los pozos de registro).

En cualquier caso, en el presente capítulo se especifican aquellas actividades que deben realizarse para garantizar los requisitos de calidad anteriores. Además, y complementariamente a dicho control de la calidad de la fabricación, se incluyen también unas recomendaciones sobre el control de la calidad de la instalación que debe hacerse durante la colocación de los tubos en obra, especialmente de las pruebas de la tubería instalada.

V.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Se entiende por *aseguramiento de la calidad* al conjunto de actividades que se desarrollan antes, durante y después de la ejecución de una obra, para verificar si ésta alcanza el nivel de calidad exigido en el proyecto.

A los efectos de estas Recomendaciones, el aseguramiento de la calidad se divide en:

- a) Control de calidad de la fabricación (o previo al suministro). Es el control de calidad a realizar previamente al suministro (en fábrica, por tanto), sobre los tubos,

los pozos de registro, los materiales componentes de los mismos, las uniones y demás elementos constitutivos de la tubería, al objeto de comprobar que se cumple lo establecido en el proyecto, de acuerdo con lo especificado en estas Recomendaciones.

En el caso de que las materias primas, los tubos, los pozos de registro, las uniones, etc. estén en posesión de la marca de calidad o certificado de conformidad AENOR o similar, puede eximirse la realización de los ensayos del control de fabricación que, figurando en estas Recomendaciones, sean exigidos para la concesión de la mencionada marca, debiendo realizarse cuantos otros adicionales se exijan en el presente documento.

El control de la calidad de la fabricación comprende dos categorías diferentes de procedimientos de verificación:

- los ensayos que obligatoriamente deben llevarse a cabo para poder hacer el marcado CE
- los que, complementariamente a los anteriores, implicarían el cumplimiento íntegro de las normas UNE-EN 1.916 y UNE 127.916 (para los tubos) o de las UNE-EN 1.917 y UNE 127.017 (para los pozos de registro).

Para comprobar los anteriores procedimientos el control de calidad de la fabricación constará tanto de ensayos de tipo como de controles de producción periódicos en fábrica.

Los primeros (ensayos de tipo) solo se realizarán sobre un componente representativo del diseño y proceso de fabricación, para verificar la conformidad de la producción con los requisitos especificados. Estos ensayos, por tanto, no se realizarán más que una vez en tanto en cuanto no cambie la concepción del elemento a ensayar.

Los segundos (controles de producción periódicos en fábrica) se realizarán periódicamente sobre los distintos componentes durante el proceso de fabricación, para verificar la conformidad de la producción con los requisitos especificados

- b) Control de calidad de la recepción. Es el control de calidad a realizar por la Dirección de Obra, bien directamente o por medio de terceros, para comprobar que los componentes una vez recibidos en obra y previo a su instalación son conformes a las exigencias recogidas en las presentes Recomendaciones.
- c) Control de calidad de la instalación. Es el control de calidad a realizar por la Dirección de Obra, bien directamente o por medio de terceros, para comprobar que se cumple lo establecido en el proyecto, en lo relativo a la instalación de la tubería, de acuerdo con los *ensayos de recepción* especificados por las presentes Recomendaciones.

Un tipo particular de *ensayos de recepción* son las *pruebas de la tubería instalada*, las cuales se realizarán una vez instalada la tubería parcial o totalmente, con la obra terminada o no, para comprobar su correcto funcionamiento, todo ello de acuerdo con lo establecido en el proyecto y con lo especificado en este documento.

V.2. CONTROL DE LA CALIDAD DE LA FABRICACIÓN DE LOS TUBOS Y POZOS DE REGISTRO

V.2.1. Mercado CE

Conforme se especificó anteriormente, los tubos y los pozos prefabricados de hormigón armado unidos con junta elástica para redes de saneamiento y drenaje que se vayan a utilizar en la Unión Europea deberán ir marcados con el distintivo CE, para lo que el fabricante deberá tener un plan de aseguramiento de la calidad acorde con lo establecido en el Anexo G de la norma UNE-EN 1.916 (tubos) o en el Anexo F de la UNE-EN 1.917 (pozos de registro).



El marcado CE supone la declaración por parte del fabricante de que los tubos por él fabricados cumplen los siguientes requisitos esenciales:

- Tolerancias dimensionales de las uniones (máxima tolerancia admisible entre extremo macho, hembra y junta)
- Resistencia al aplastamiento (resistencia al aplastamiento de tubos de hormigón en masa y armado y resistencia característica del hormigón y fuerza máxima de empuje de tubos de hinca)
- Resistencia a la flexión longitudinal (sólo para $DN \leq 250$ y cuando la longitud sea mayor a 6 veces el diámetro exterior)
- Estanquidad frente al agua (hidrostático sólo para espesores ≤ 125 mm y sobre la unión)
- Durabilidad (relación a/c, ión cloro, absorción, juntas, recubrimientos, virolas)

Análogamente, en el caso de los pozos de registro, el marcado CE supone la declaración por parte del fabricante de que los pozos por él fabricados cumplen los siguientes requisitos esenciales:

- Dimensiones de aberturas (cumplimiento de las disposiciones en materia de seguridad en obras visitables del lugar de utilización del elemento)
- Resistencia mecánica (valor prescrito de la resistencia característica del hormigón salvo para los módulos de recrecido, resistencia al aplastamiento de módulos de recrecido, resistencia bajo carga vertical de los módulos reductores y de coronación)
- Resistencia de pates anclados.
- Estanquidad frente al agua (hidrostático sólo para espesores ≤ 125 mm y sobre la unión)
- Durabilidad (relación a/c, ión cloro, absorción, juntas, recubrimientos)

En los tubos de hinca, además de lo anterior, debe hacerse el control del hormigón, el cual se podrá realizar bien por extracción de testigos o bien mediante la realización de probetas durante la fabricación.

Las metodologías de ensayos, frecuencias y otras especificaciones requeridas para la verificación de lo anterior serán las recogidas en los anexos ZA de las normas UNE-EN 1.916 (tubos) o UNE-EN 1.917 (pozos de registro), respectivamente.

V.2.2. Cumplimiento íntegro del cuerpo normativo

En el presente artículo se especifican los ensayos que deben realizarse complementariamente a los indicados en el anterior artículo para garantizar el cumplimiento íntegro de las normas UNE-EN 1.916 y UNE 127.916 (tubos) o UNE-EN 1.917 y UNE 127.917 (pozos de registro), las cuales constituyen el nuevo cuerpo normativo en materia de tubos y pozos de registro de hormigón armado.

a) Tubos

Para garantizar el cumplimiento íntegro de los tubos de hormigón respecto a las normas UNE-EN 1.916 y UNE 127.916 deberán controlarse las siguientes características:

- Control visual del acabado superficial (fisuras inferiores a 0,15 mm.)
- Características geométricas de las unidades (diámetros, tolerancias, etc.)
- Armaduras (cuantía mínima y disposición de la jaula de armado).

b) Pozos de registro

Análogamente, para garantizar el cumplimiento íntegro de los pozos de hormigón respecto a las normas UNE-EN 1.917 y UNE 127.917 deberán controlarse las siguientes características:

- Control visual del acabado superficial (fisuras inferiores a 0,15 mm.)
- Características geométricas de las unidades (diámetros, tolerancias,...)
- Armaduras (disposición de la jaula de armado).

En ambos casos, las metodologías y frecuencias de los ensayos a realizar serán las especificadas en las respectivas normas antes citadas.

Además de lo anterior, para garantizar el cumplimiento íntegro de los productos fabricados respecto al nuevo cuerpo normativo, el plan de aseguramiento de la calidad necesario para asegurar el cumplimiento del marcado CE descrito en el artículo anterior deberá hacerse extensivo a la totalidad de las propiedades a evaluar.

De esta manera, y tal y como se expone en el anexo G ó F de la Norma UNE-EN 1.916 (tubos) ó UNE-EN 1.917 (pozos), el plan de control deberá constar de:

- Plan de control de calidad de las materias primas
- Plan de control de los equipos de producción y ensayo
- Plan de control de los procedimientos de fabricación
- Plan de control del producto acabado

V.3. CONTROL DE LA CALIDAD DE LA FABRICACIÓN DE LAS JUNTAS

La verificación del cumplimiento de las características técnicas exigidas a las juntas elastoméricas (ver Tabla 25) se realizará mediante los ensayos que se indican a continuación, conforme a lo especificado por la norma UNE-EN 681-1.

- Tolerancia permisible en la dureza nominal
- Mínima resistencia a la tracción
- Mínimo alargamiento a la rotura
- Máxima deformación remanente por compresión
- Envejecimiento, 7 días a 70 °C

Máximo cambio de dureza

Máximo cambio en la resistencia a la tracción

Máximo cambio en el alargamiento

- Máxima relajación de esfuerzos
- Máximo cambio de volumen en agua
- Resistencia al ozono

V.4. CONTROL DE LA CALIDAD DE LA RECEPCIÓN

El control de la calidad de la recepción de los tubos y pozos de registro a la obra, previo a la instalación de los mismos, se hará conforme a lo especificado en el anexo L ó K, respectivamente, de las normas UNE 127.916 (tubos) y/o UNE 127.917 (pozos de registro).

Si los tubos o pozos de registro no disponen de una Marca de Calidad que certifique el cumplimiento íntegro de las normas UNE-EN 1.916 ó 1.917, respectivamente, además de los ensayos de recepción indicados en el Anexo L ó K de tales normas, se comprobará el marcado CE de los elementos exigiendo inicialmente el Ensayo de Tipo y se entregarán con el suministro los ensayos de control de producción periódicos en fábrica correspondientes a los lotes suministrados sobre las características obligatorias para el marcado CE (Anexo ZA de las anteriores normas europeas).

V.5. CONTROL DE CALIDAD DE LA INSTALACIÓN

El control de calidad de la instalación y de la recepción de los componentes de la tubería se recomienda realizarlo mediante las actividades que se indican a continuación. El personal que intervenga en las tareas de manipulación, montaje o, en general, manejo de la tubería durante cualquier fase de su instalación debe ser lo más experimentado posible y tener la capacitación adecuada.

Dentro de este control de calidad de la instalación cobra importancia especial la realización de las conocidas como *pruebas de la tubería instalada*, que no son sino un ensayo de estanquidad mediante presión hidráulica interior (o alternativamente mediante aire) por tra-

mos de la conducción una vez montada. Dichas pruebas, por su importancia singular, se describen en el siguiente artículo V.6

- a) Examen visual. Una vez recibidos los tubos, y previo a su instalación, éstos deben ser sometidos a un examen visual a fin de comprobar que no presentan deterioros perjudiciales producidos durante el transporte. A tal efecto, aquellos elementos que no superen dicho examen visual han de ser rechazados. Asimismo, una vez realizada la instalación de la tubería, debe realizarse un nuevo examen visual de la misma al objeto de comprobar su correcto montaje.
- b) Comprobaciones dimensionales de las zanjas y verificación de las alineaciones de las rasantes. Deben realizarse las comprobaciones dimensionales de las zanjas para alojamiento de las conducciones y la verificación de las alineaciones de las rasantes de las mismas, al objeto de comprobar que cumplen lo especificado para las mismas en el proyecto.
- c) Control del montaje de la tubería y de la ejecución de la unión. Debe igualmente comprobarse que la tubería está correctamente montada y que las juntas de los tubos cumplen lo especificado para las mismas en los diferentes artículos de estas Recomendaciones
- d) Control de calidad de los rellenos de las zanjas y de las camas de apoyo. El respectivo proyecto debe fijar los ensayos de control de calidad que deban realizarse en los rellenos de las zanjas y en las camas de apoyo, exponiéndose a continuación unas recomendaciones generales para ello.

En cualquier caso, y a efectos de los ensayos recomendados, se considera como lote el menor de los valores siguientes:

- a) La producción diaria
- b) El relleno correspondiente a 300 metros de zanja
- c) El volumen correspondiente a cada cambio de material de relleno

Los ensayos recomendados a realizar en los rellenos de las zanjas, aleatoriamente distribuidos en la longitud y en las diferentes tongadas de cada lote, son, en general, los siguientes:

- 2 identificaciones completas, comprendiendo:
 - Límites de Atterberg (límite líquido y plástico), según NLT 105 y NLT 106
 - Granulometría, según norma NLT 104
 - Proctor Normal, según norma NLT 107
 - Análisis de sulfatos, en tubos de hormigón, según NLT 119 y NLT 120
- 6 ensayos de densidad. En el caso de realizar estos ensayos por métodos nucleares, el equipo nuclear a emplear debe ser tarado regularmente mediante ensayos de densidad de arena según la norma NLT 109.
- 6 ensayos de humedad. En el caso de realizar estos ensayos por métodos nucleares, el equipo nuclear a emplear debe ser tarado regularmente mediante ensayos de humedad por secado en estufa o por el procedimiento del alcohol, según las normas NLT 102 y NLT 103 respectivamente.

En las camas granulares, por su parte, los ensayos recomendados son los siguientes:

- 2 identificaciones completas, de acuerdo a lo indicado en el apartado anterior.
- 2 ó 3 ensayos de densidad in situ por el método de la arena, según lo indicado en la norma NLT 109.

En las camas de hormigón, por último, se recomienda realizar el control de calidad del hormigonado de las mismas de acuerdo a lo indicado en la vigente EHE, según el nivel de control que exija el proyecto.

V.6. LA PRUEBA DE LA TUBERÍA INSTALADA

La prueba de la tubería instalada a realizar una vez montada ésta se realizará conforme a lo especificado por la norma UNE-EN 1.610. Salvo que la Dirección de Obra estime oportuno lo contrario, se deberán probar la totalidad de las conducciones instaladas.

La prueba se realizará una vez se hayan colocado los tubos, los pozos y previo al relleno total de la zanja (dejando las uniones al descubierto), para lo que se obtura 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.

Cuando el apoyo de los tubos sea tal que el mismo abrace gran parte del cuerpo de la conducción, las pruebas de la tubería instalada se deberán realizar antes de ejecutar la cama lateral de apoyo, ya que, si la prueba presenta problemas, resultaría muy difícil localizar las pérdidas para proceder a su reparación

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

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

A continuación se llenará completamente de agua la tubería y el pozo de aguas arriba del tramo a probar, cuidando que la presión de prueba esté comprendida entre 0,10 y 0,50 kg/cm².

Transcurridos 30 minutos del llenado de los tubos se inspeccionarán los tubos, las juntas y los pozos, comprobándose que no haya pérdidas de agua significativas. En concreto, serán admisibles las siguientes pérdidas:

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

Todo el personal, elementos y materiales necesarios para la realización de la prueba serán de cuenta del Contratista.

Excepcionalmente (y si así lo acepta la Dirección de obra) podrá emplearse este sistema de prueba por otro suficientemente contrastado que permita la detección de fugas (por ejemplo mediante aire). En este caso la norma UNE-EN 1.610 prevé la realización de cuatro posibles pruebas (LA, LB, LC y LD) basadas todas ellas en que a medida que aumenta la presión de prueba, disminuye la duración del ensayo. Preferentemente se emplearán los métodos LA o LB.

Cuando en tubos de diámetro grande sea especialmente dificultoso realizar la prueba de la tubería por los procedimientos anteriores, y si así lo acepta la Dirección de Obra, podrá sustituirse la prueba de toda la conducción por la prueba individual de cada junta mediante aire para lo que deberán emplearse los útiles necesarios capaces de aislar cada unión y comprobar su estanquidad.

En cualquier caso, los valores de la presión de prueba (STP), la duración del ensayo (t) y el descenso de presión admisible (ΔP) son los establecidos en la tabla siguiente, según cual sea el diámetro nominal de la tubería y el método de ensayo (LA, LB, LC, LD) seguido.

	Método de prueba	STP mbar	ΔP mbar	Tiempo de prueba, t (min)				
				DN 300	DN 400	DN 600	DN 800	DN 1.000
Tubería de hormigón seca	LA	10	2,5	5	7	11	14	18
	LB	50	10	4	6	8	11	14
Tubería de hormigón mojada	LA	10	2,5	7	10	14	19	24
	LB	50	10	6	7	11	15	19

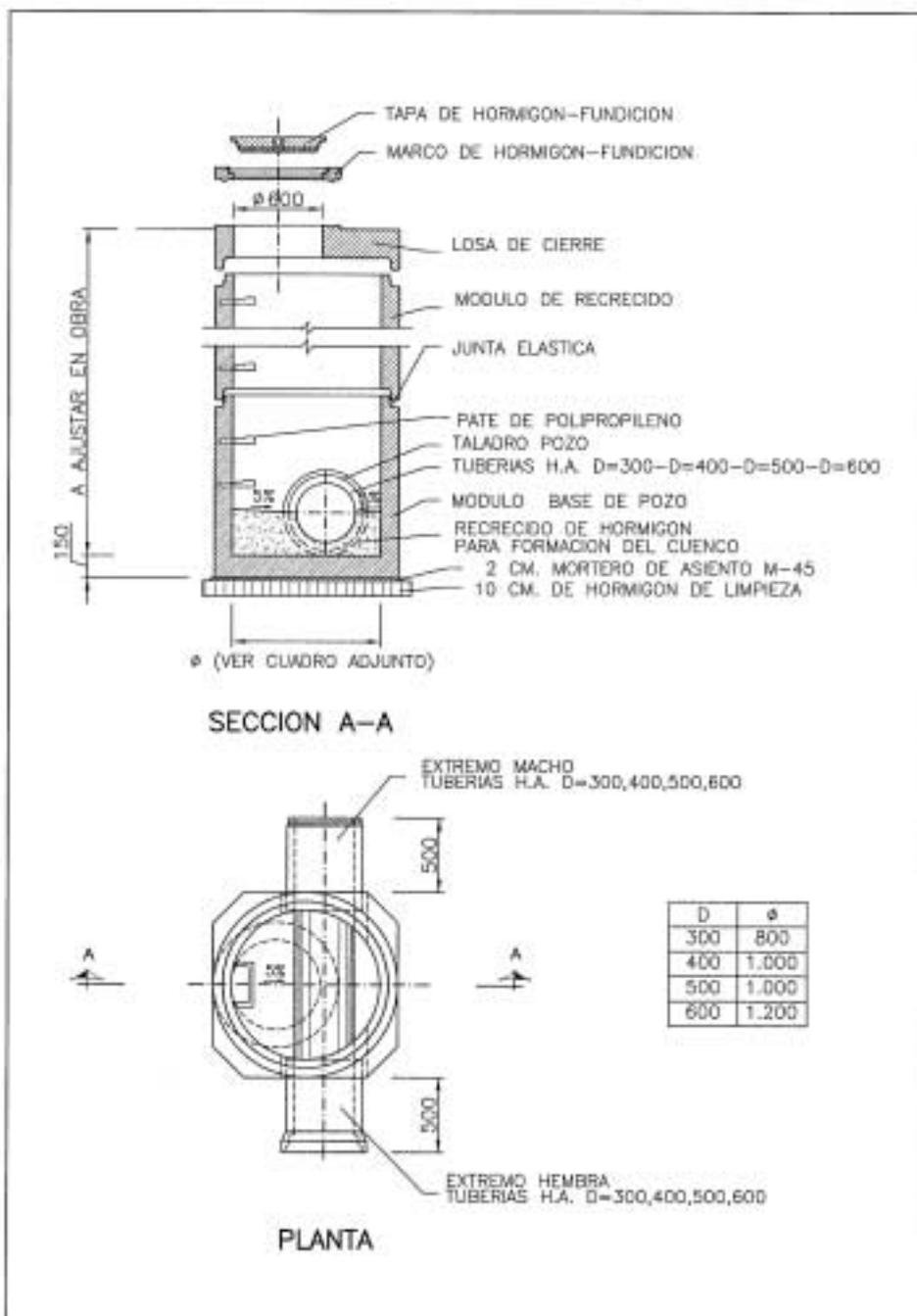
Tabla 53. Condiciones de las pruebas de la tubería instalada con aire.

ANEXO PLANOS

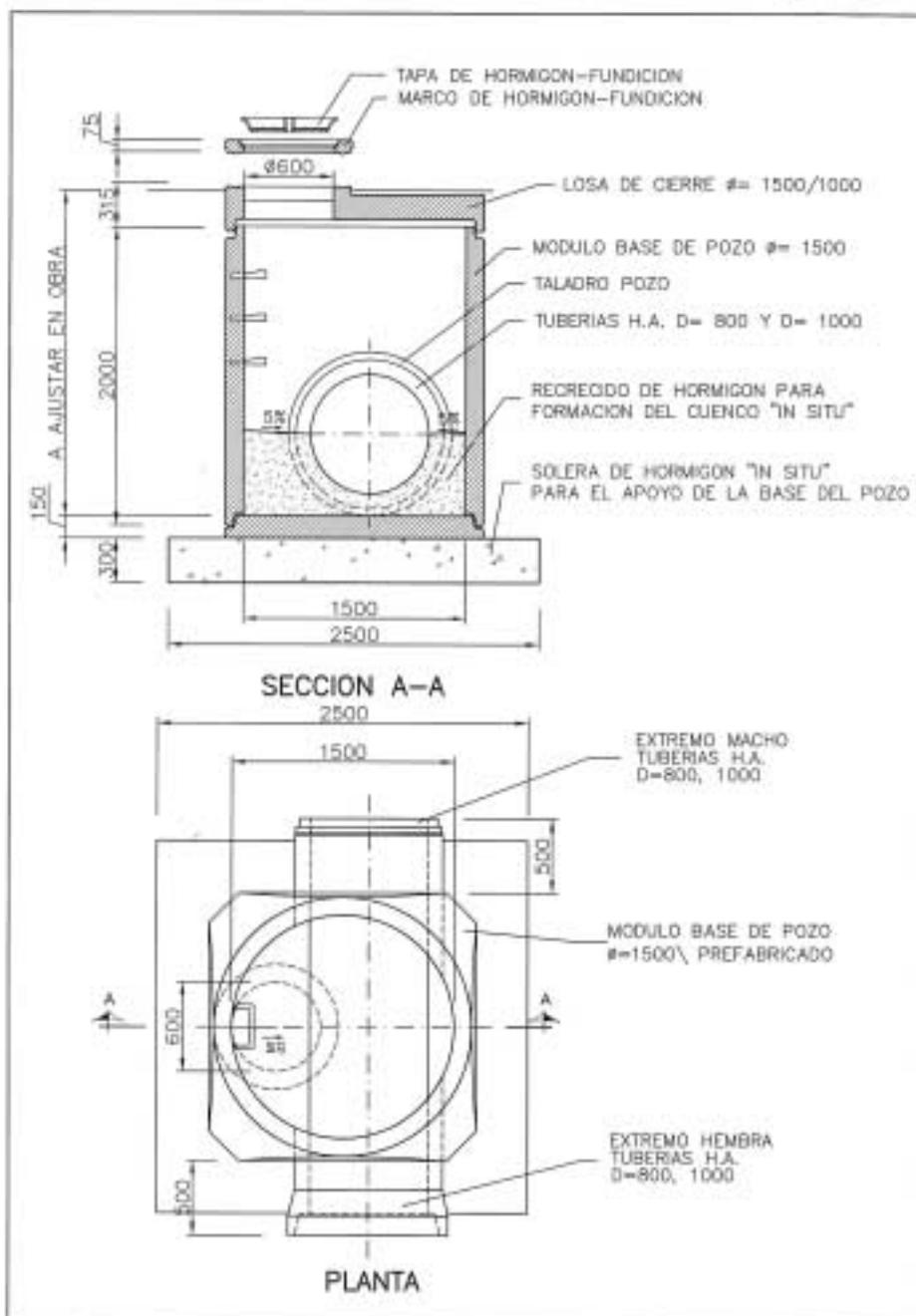
- Fig. 1 Pozo de registro Tipo 1 (profundidades hasta 2,5 m y tubos de D = 300, 400, 500 y 600 mm)
- Fig. 2 Pozo de registro Tipo 2 (profundidades mayores de 2,5 m y D = 300, 400, 500 y 600 mm)
- Fig. 3 Pozo de registro Tipo 3 (profundidades hasta 2,5 m y tubos de D = 800 y 1.000 mm)
- Fig. 4 Pozo de registro Tipo 4 (profundidades mayores de 2,5 m y tubos D = 800 y 1.000 mm)
- Fig. 5 Pozo de registro Tipo 5 (tubos de D = 1.200, 1.400 y 1.500 mm)
- Fig. 6 Pozo de registro Tipo 6 (tubos de diámetro superior a 1.200 mm; pozos chimenea)
- Fig. 7 Pozo de resalto Tipo 7 (tubos de D = 300, 400, 500 y 600 mm)
- Fig. 8 Pozo de resalto Tipo 8 (tubos de D = 800 y 1.000 mm)
- Fig. 9 Pozo de resalto Tipo 9 (tubos de D = 1.200, 1.400 y 1.500 mm)
- Fig. 10 Elementos de reducción para pozos en tubos de DN 300, 400, 500 y 600 mm
- Fig. 11 Elementos de partición
- Fig. 12 Pates
- Fig. 13 Tapa de fundición para pozo de registro
- Fig. 14 Cerco para pozo de registro en acera
- Fig. 15 Cerco para pozo de registro en calzada
- Fig. 16 Dispositivo de cierre hormigón-fundición
- Fig. 17 Dispositivo de cierre hormigón-fundición. Marco cuadrado mixto y tapa clase B 125
- Fig. 18 Dispositivo de cierre hormigón-fundición. Marco circular mixto
- Fig. 19 Acometida saneamiento
- Fig. 20 Elementos de medición y control
- Fig. 21 Absorbedero prefabricado
- Fig. 22 Sumidero prefabricado
- Fig. 23 Imbornal o absorbedero conectado a pozo de registro

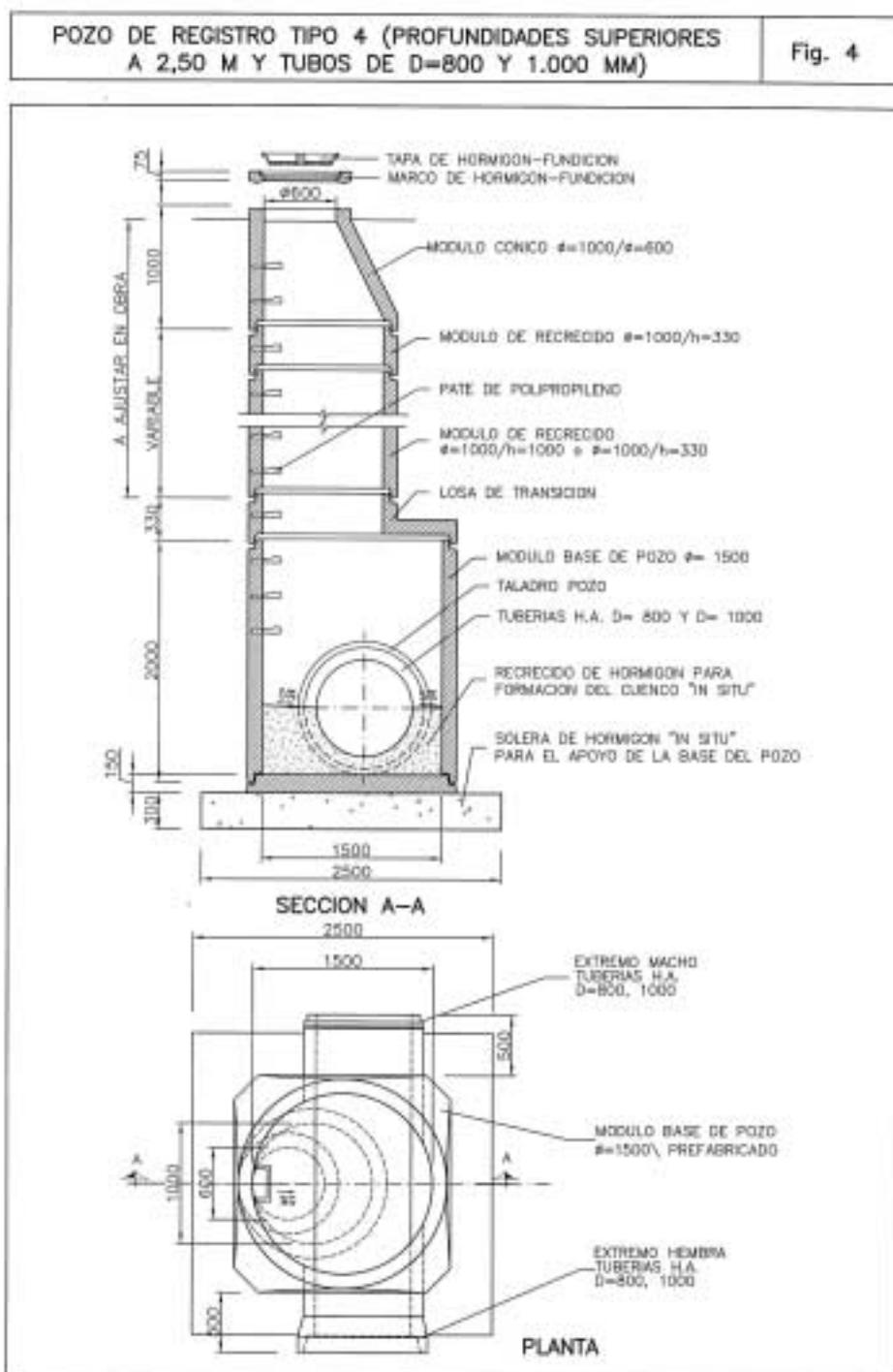
POZO DE REGISTRO TIPO 1 (PROFUNDIDADES DE HASTA 2.5 M Y TUBOS DE D=300, 400, 500 Y 600 MM)

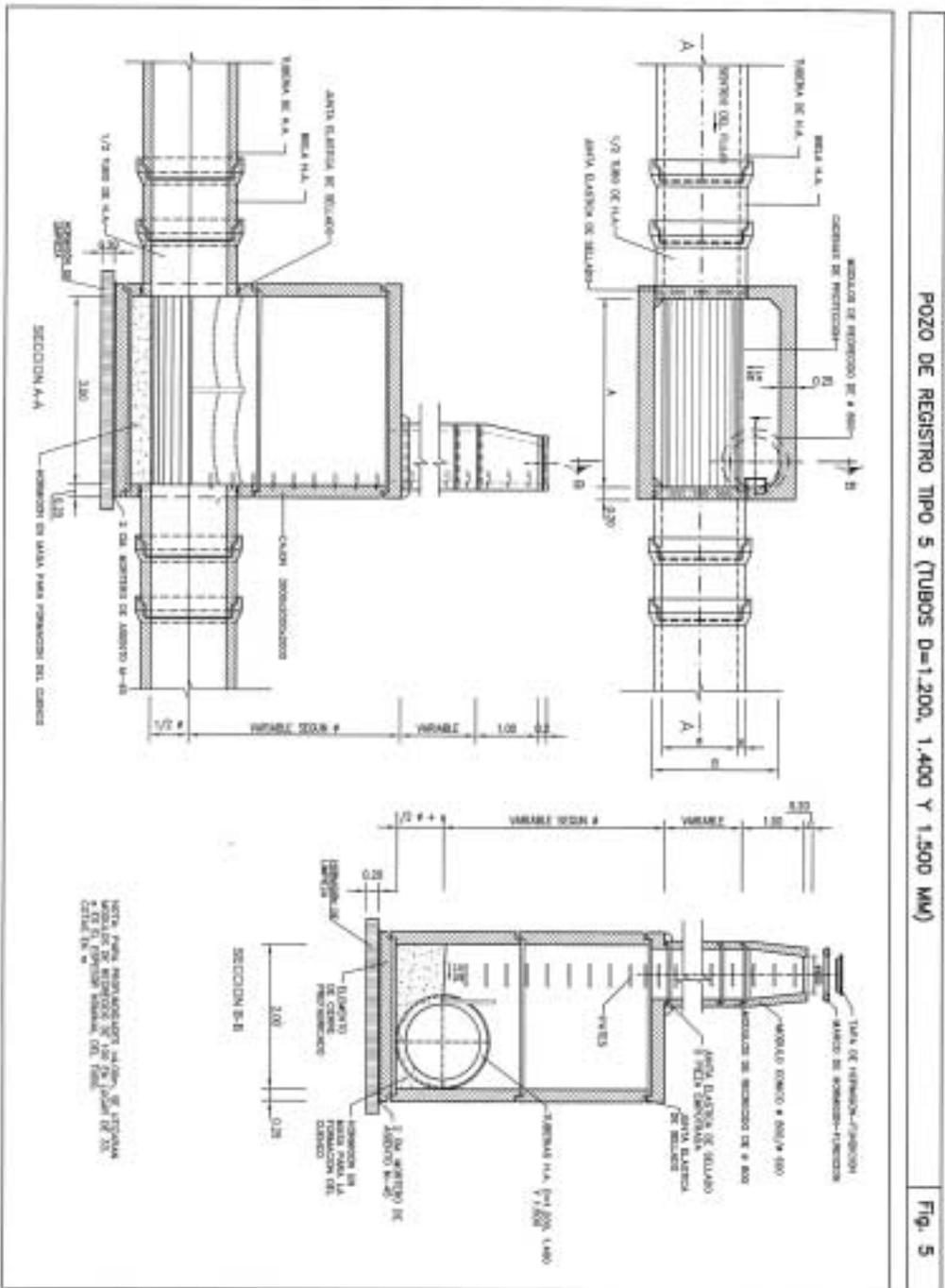
Fig. 1

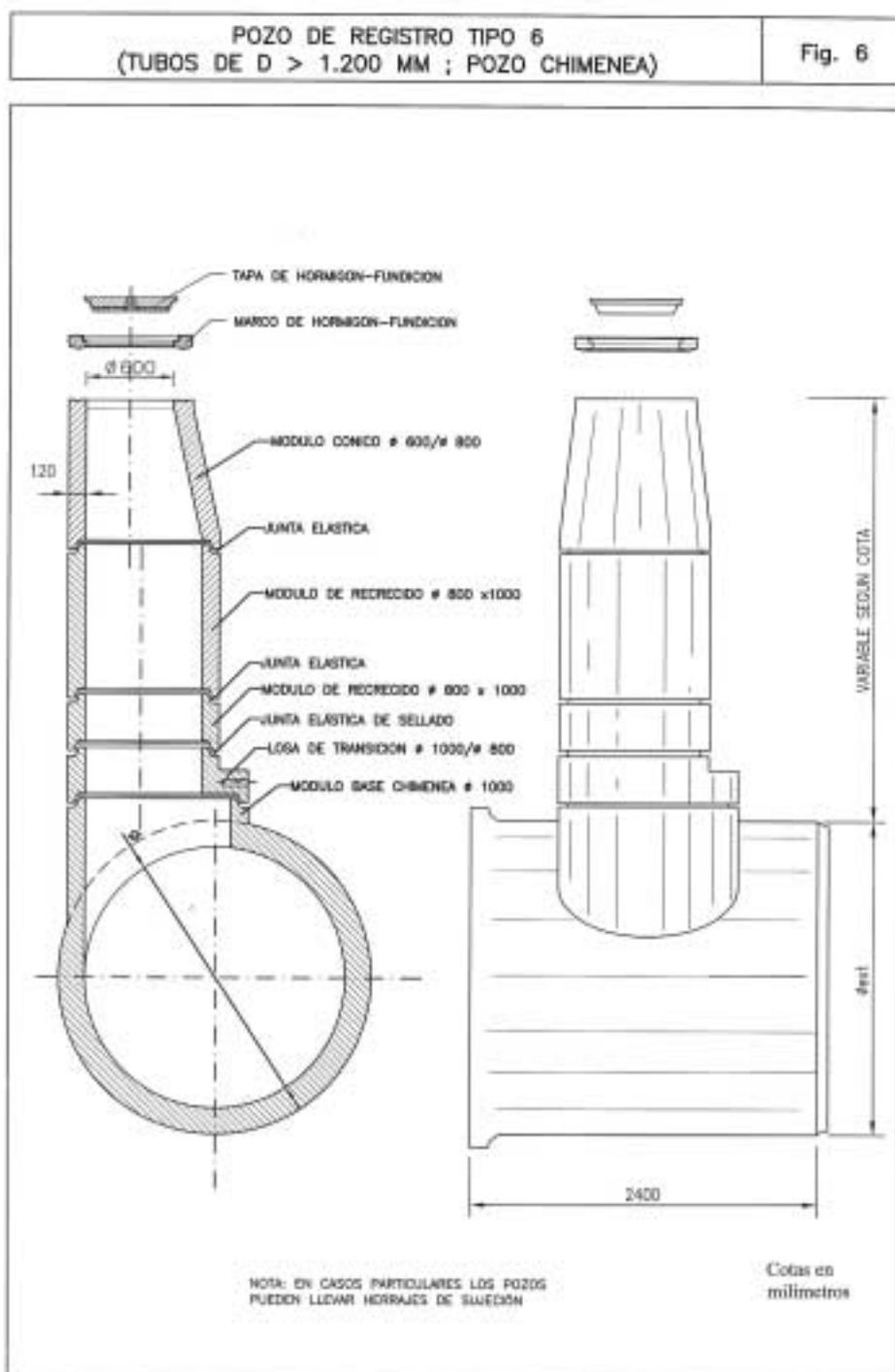


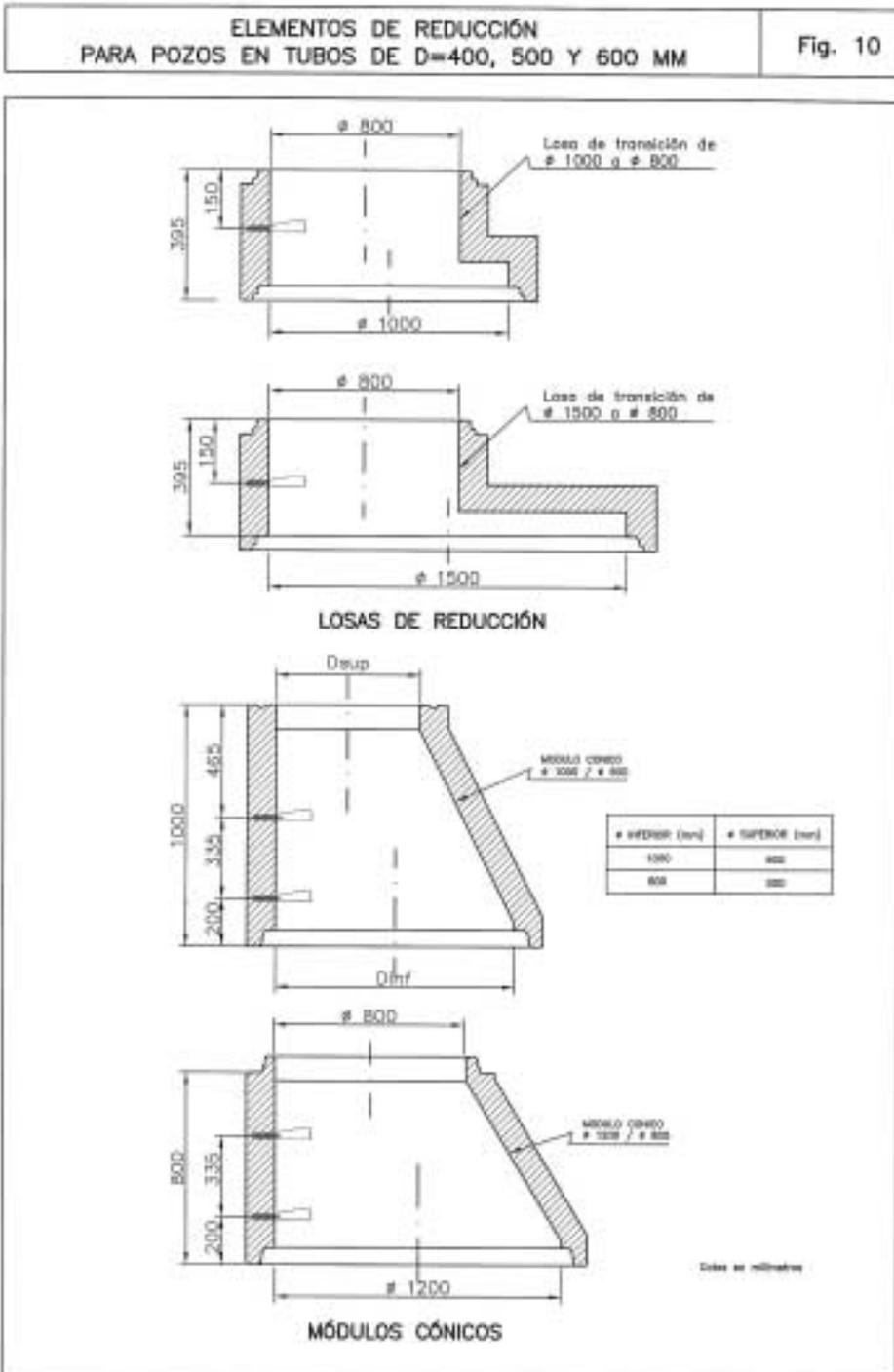
POZO DE REGISTRO TIPO 3 (PROFUNDIDADES DE HASTA 2,50 M Y TUBOS DE D=800 Y 1.000 MM)	Fig. 3
----------------------------------------------------------------------------------------	--------

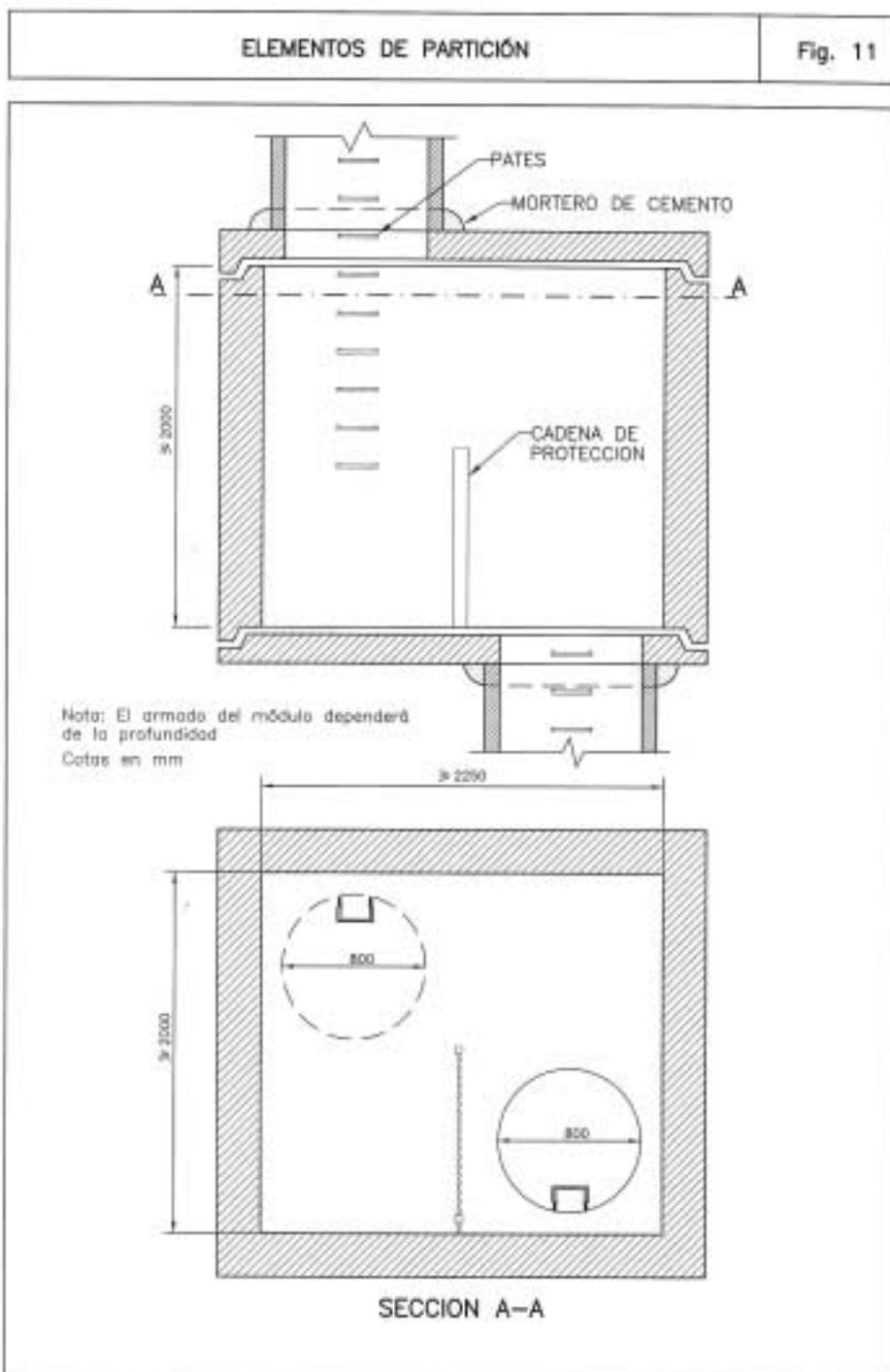


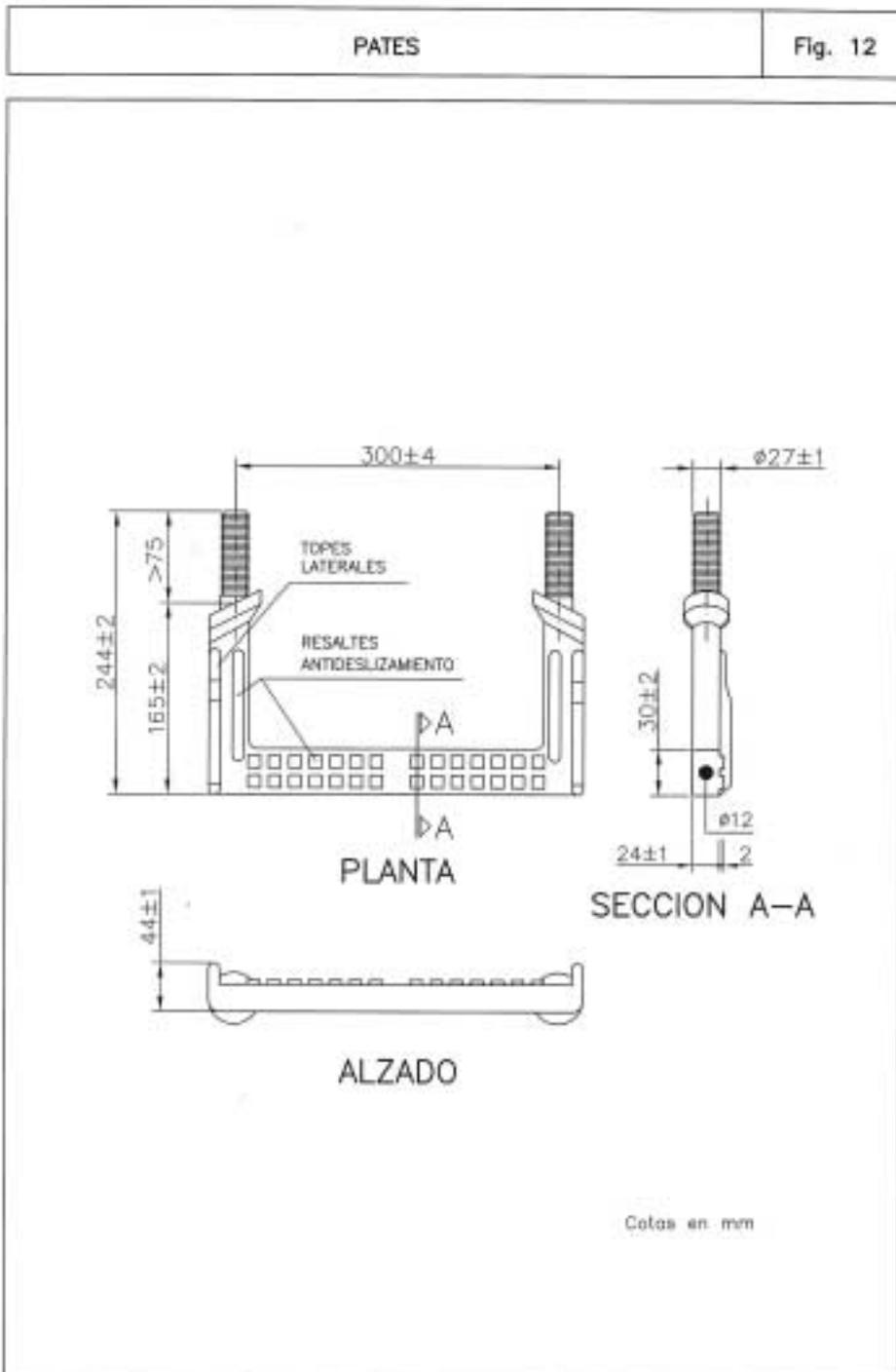






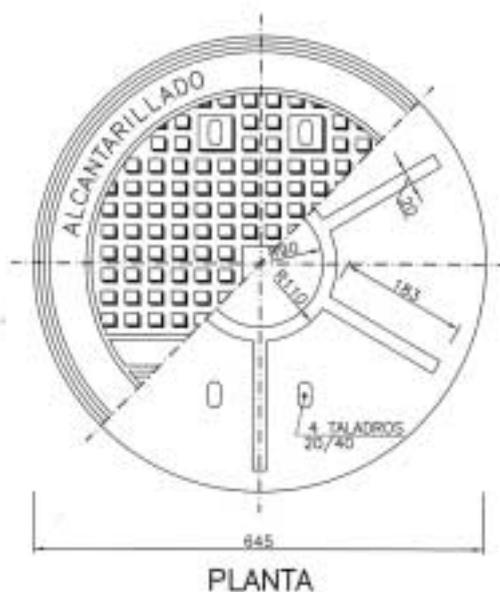






TAPA DE FUNDICIÓN PARA PARA POZO DE REGISTRO

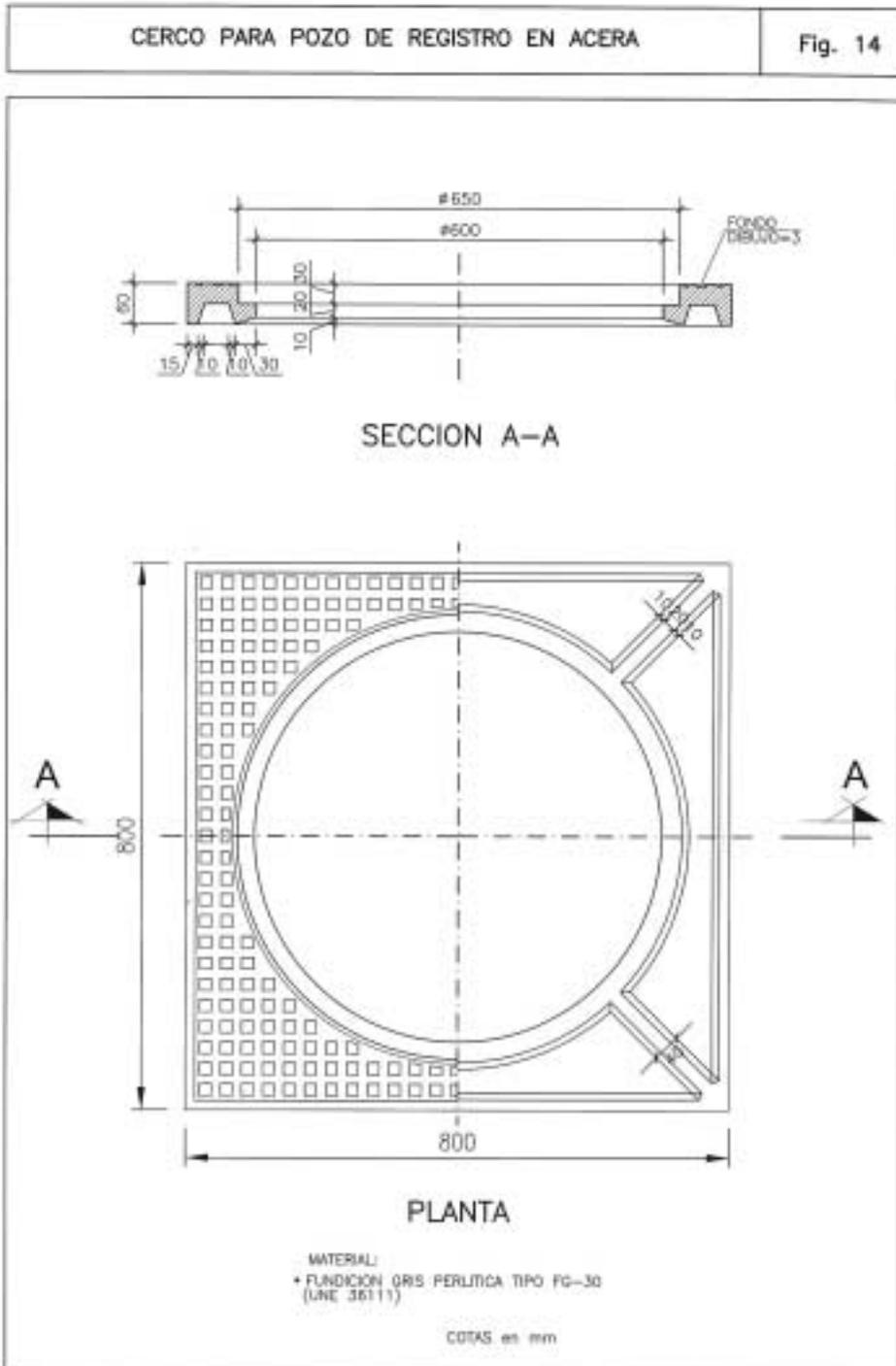
Fig. 13



MATERIAL:

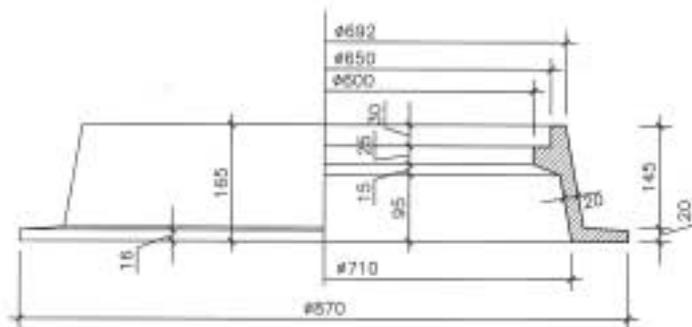
- FUNDICIÓN CON GRAFITO ESFERODAL TIPOS FGE-50.7 o FGE-60.2 (UNE 36118)

COTAS en mm

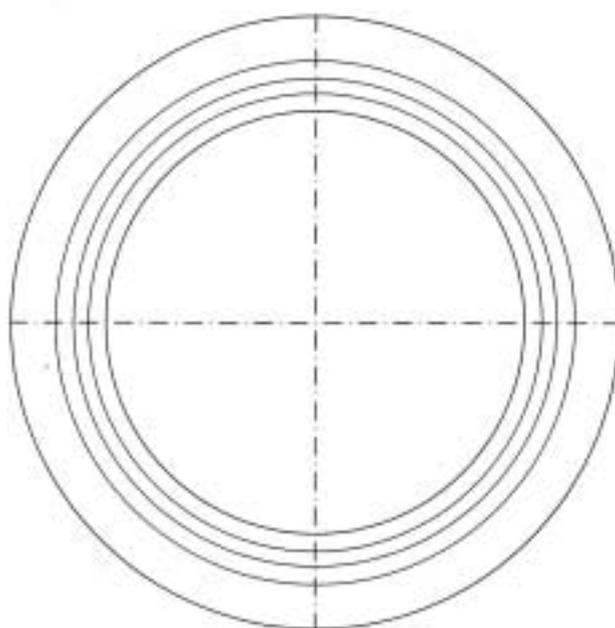


CERCO PARA POZO DE REGISTRO EN CALZADA

Fig. 15



ALZADO-SECCION



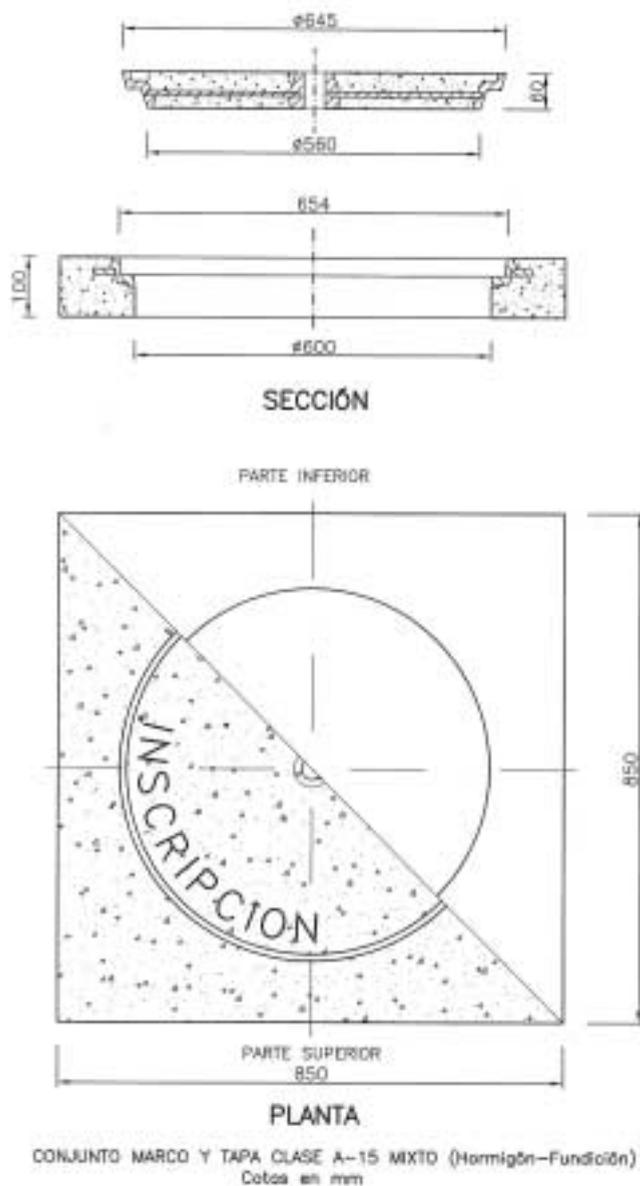
PLANTA

MATERIAL:
 • FUNDICION GRIS PERLITICA TIPO FG-30
 (UNE 36111)

COTAS en mm

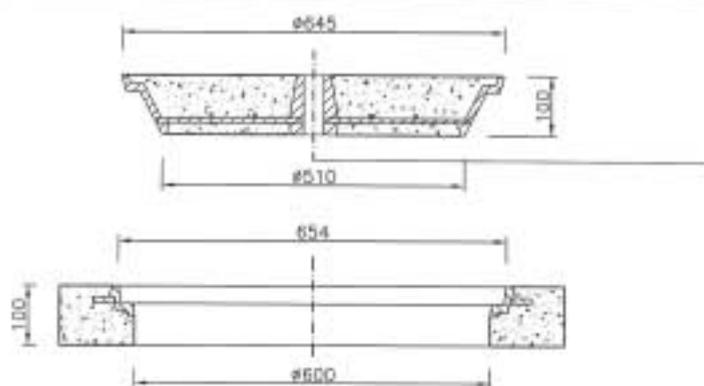
DISPOSITIVO DE CIERRE DE HORMIGÓN-FUNDICIÓN

Fig. 16

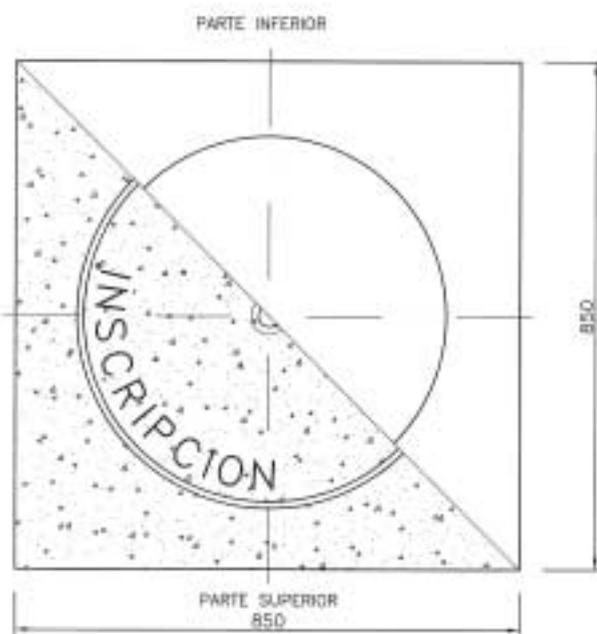


DISPOSITIVO DE CIERRE DE HORMIGÓN-FUNDICIÓN
MARCO CUADRADO MIXTO Y TAPA CLASE B-125

Fig. 17

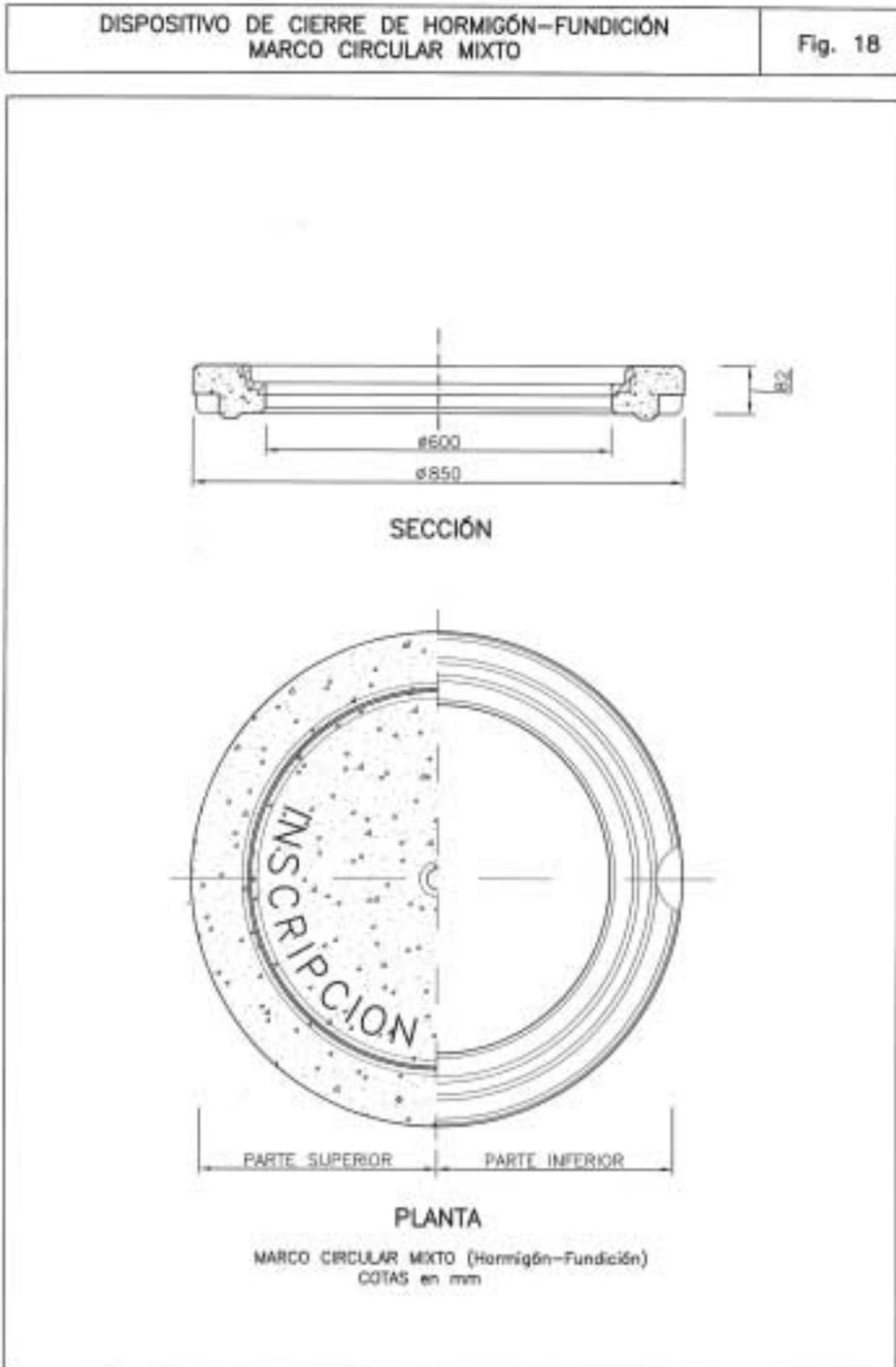


SECCIÓN



PLANTA

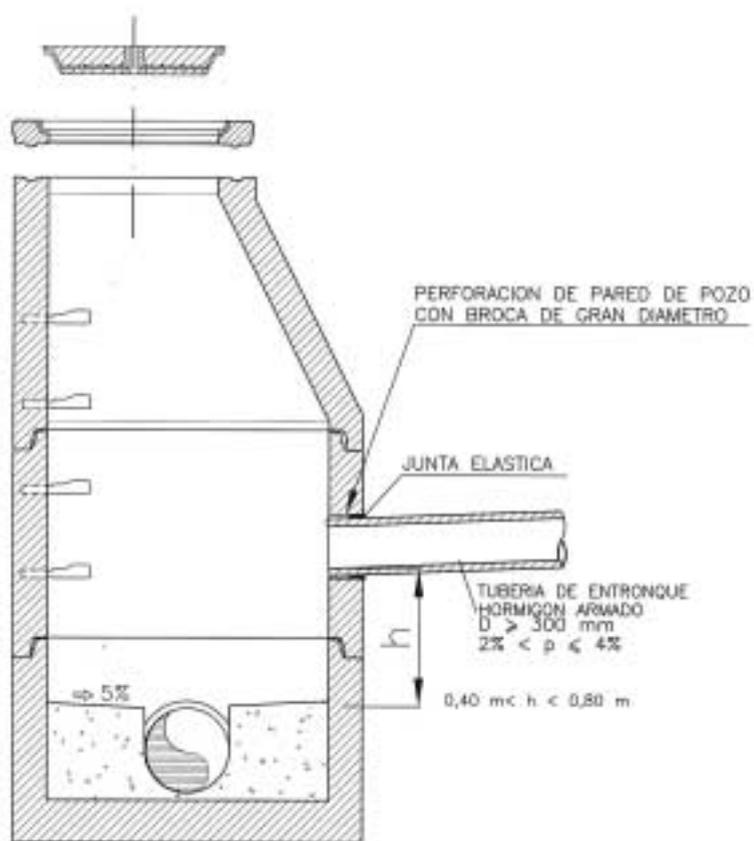
CONJUNTO MARCO Y TAPA CLASE b-125 MIXTO (Hormigón-Fundición)
Cotas en mm

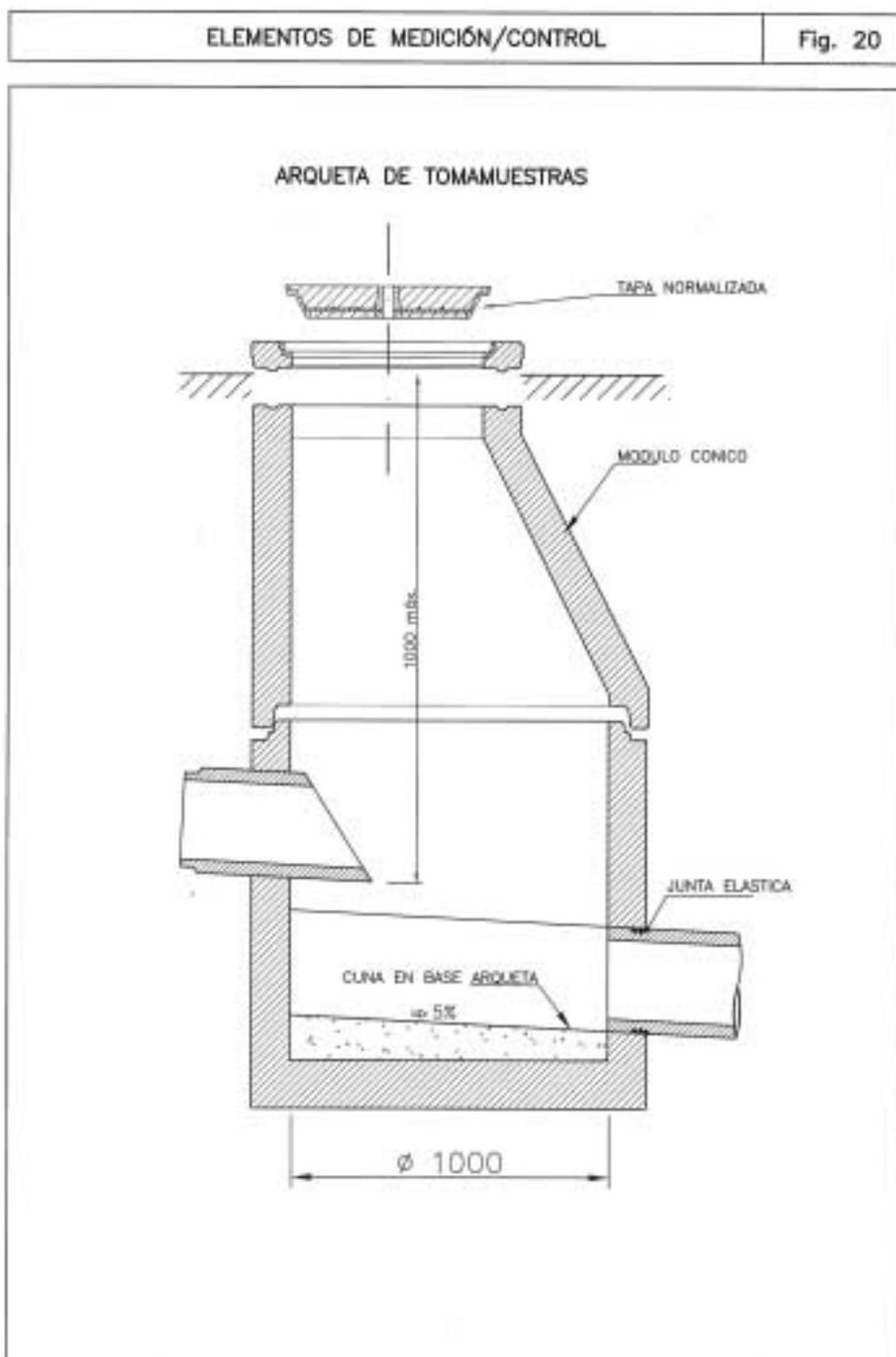


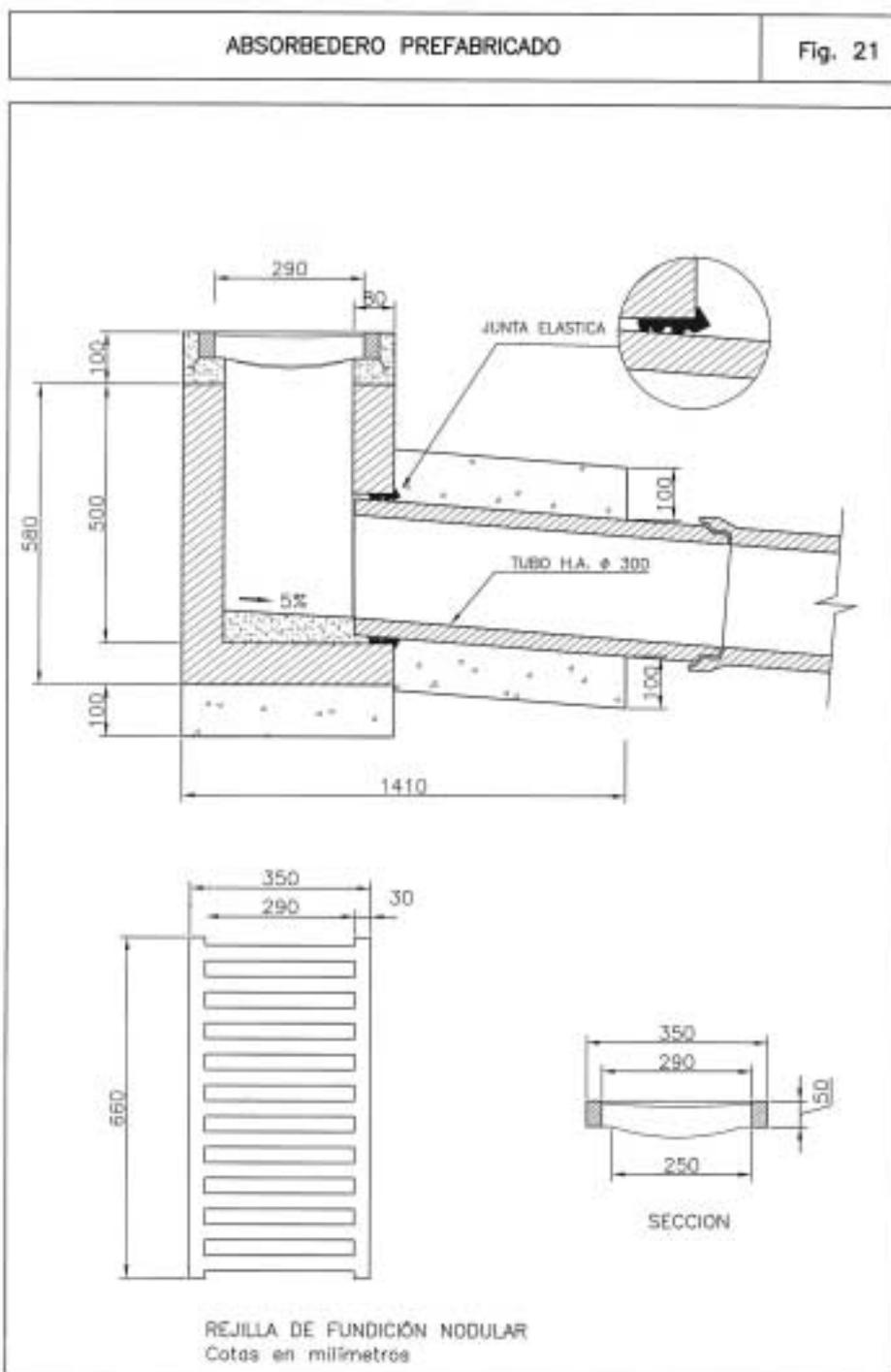
ACOMETIDA SANEAMIENTO

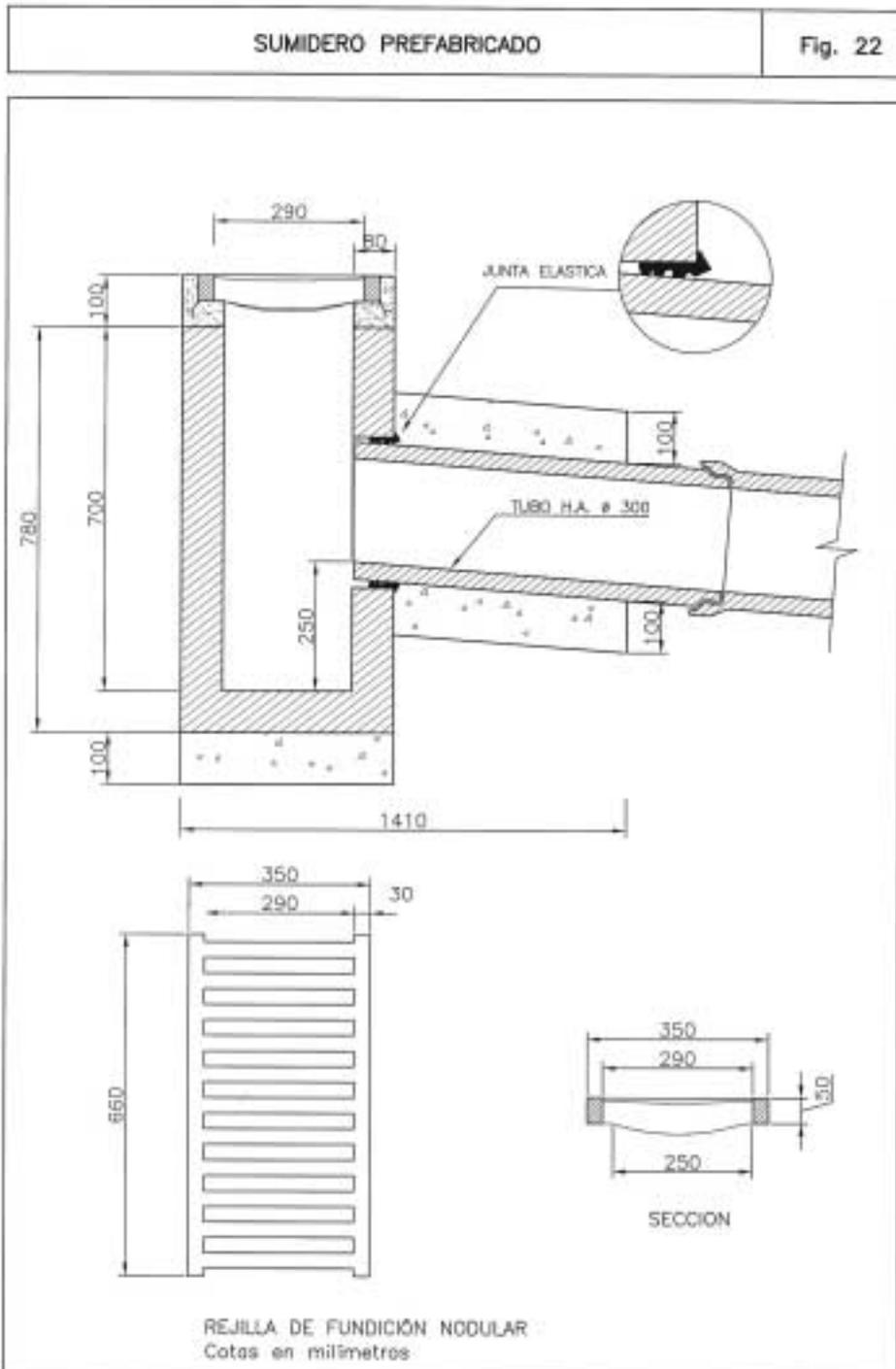
Fig. 19

ENTRONQUE A POZO CON JUNTA ELASTICA/ESTANCA









NORMATIVA CITADA

Se adjunta a continuación la relación completa de la normativa utilizada en la elaboración de estas Recomendaciones. Se trata tanto de legislación nacional (Leyes, Reales Decretos, Órdenes Ministeriales) como de la Unión Europea, así como normas elaboradas por distintos Organismos de normalización, tanto nacionales como internacionales, las cuales figuran detalladas con su descriptor completo.

Legislación nacional

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE n.º 269, de 10 de noviembre)

Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (BOE n.º 266, de 6 de noviembre)

Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1.302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE n.º 111, de 9 de mayo)

RD 1302/1986, de 28 de junio, sobre evaluación y obligatoriedad de estudio sobre impacto ambiental. (BOE de 30 de junio de 1986).

RD 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción (BOE n.º 256, de 25 de octubre)

RD 9/2000, de 6 de octubre, de modificación del Real Decreto legislativo 1.302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE n.º 241, de 7 de octubre)

Legislación de la Unión Europea

Directiva 76/464/CE del Consejo, del 4 de mayo, relativa a los valores límite y a los objetivos de calidad para los vertidos de cadmio

Directiva 76/160/CE del Consejo, relativa a la calidad de las aguas de baño

Directiva del Consejo 91/271/CEE, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas

Directiva 92/57/CE del Consejo, de 24 de junio, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deben aplicarse en las obras de construcción temporales o móviles.

Directiva 96/61/CE del Consejo de 24 de septiembre de 1996 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación

Directiva 98/83/CE, de 3 de noviembre, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano (DOCE L330 del 5 de diciembre de 1998).

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas

Normas UNE-EN

- 124 Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Principios de construcción, ensayos de tipo, marcado, control de calidad.
- 476 Requisitos generales para componentes empleados en tuberías de evacuación, sumideros y alcantarillados para sistemas de gravedad.
- 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
 Parte 2: Elastómeros termoplásticos
 Parte 3: Materiales celulares de caucho vulcanizado
 Parte 4: Elementos de estanquidad de poliuretano moldeado
- 752 Sistemas de desagües y de alcantarillado exteriores a edificios.
- Parte 1: Generalidades y definiciones (1.996)
 Parte 2: Requisitos de comportamiento (1.997)
 Parte 3: Proyecto (1.997)
 Parte 4: Cálculo hidráulico. Consideraciones ambientales (1.998)
 Parte 5: Rehabilitación (1.998)
 Parte 6: Instalaciones de bombeo (1.999)
 Parte 7: Explotación y mantenimiento (1.999)
- 1.610 Instalación y pruebas de acometidas y redes de saneamiento
- 1.916 Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero.
- 1.917 Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, de hormigón armado y hormigón con fibras de acero.
- 1.982 Cobre y aleaciones de cobre. Lingotes y piezas moldeadas.
- 10.025 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

	Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de planchas y bandas para uso general
	Parte 3: Condiciones técnicas de suministro para semiproductos, barras, alambroón y perfiles para aplicaciones en general
12.165	Cobre y aleaciones de cobre. Productos y semiproductos para forja.
12.889	Puesta en obra sin zanja de redes de saneamiento y ensayos
13.101	Pates para pozos de registro enterrados. Requisitos, marcado, ensayos y evaluación de conformidad.
13.331	Sistemas de entibación de zanjas
	Parte 1: Especificaciones del producto
	Parte 2: Evaluación por cálculo o por ensayo
14.844	Precast concrete products – Box culverts

Normas UNE

80.303	Cementos con características adicionales
127.010 EX	Tubos prefabricados de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero, para conducciones sin presión (anulada)
127.011 EX	Pozos prefabricados de hormigón para conducciones sin presión (anulada)
127.916	Complemento nacional a la norma UNE-EN 1.916
127.917	Complemento nacional a la norma UNE-EN 1.917

Proyectos de normas europeas

14.396	Escaleras fijas para pozos de registro
--------	----------------------------------------

Normas ISO

37	Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of tensile stress-strain properties.
48	Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD).
188	Rubber, vulcanized or thermoplastic. Accelerated ageing and heat resistance tests.

815	Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of compression set at ambient, elevated or low temperatures.
1.431-1	Rubber, vulcanized or thermoplastic. Resistance to ozone cracking. Part 1: Static strain test.
1.629	Rubber and latices – Nomenclature
1.817	Rubber, vulcanised. Determination of the effect of liquids.
2.859-1	Sampling procedures for inspection by attributes. Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection.
3.302	Rubber. Tolerances for products. Part 1: Dimensional tolerances. Part 2: Geometrical tolerances.
3.384	Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of stress relaxation in compression at ambient and at elevated temperatures.
9.691	Rubber. Recommendations for the workmanship of pipe joint rings. Description and classification of imperfections.

Normas ASTM

C 14	Standard Specification for concrete sewer, storm drain, and culvert pipe
C 76	Standard Specification for reinforced concrete culvert, storm drain, and sewer pipe

Normas NLT

102	Humedad mediante secado en estufa
103	Humedad de un suelo por el procedimiento alcohol
104	Granulometría de suelos por tamizado
105	Límite líquido por el método de la cuchara
106	Límite plástico
107	Apisonado Proctor
109	Densidad in situ por el método de la arena
119	Reconocimiento de sulfatos solubles en los suelos
120	Contenido de sulfatos solubles en los suelos



MINISTERIO DE FOMENTO MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

ISBN 84-7790-422-7



9 788477 904229

R16

P.V.P.: 23 €
(I.V.A. Incluido)