Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO

Versión 4
2021

Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO

Versión 4
2021

Fecha de aprobación: 22/11/2021
Fecha de vigencia: 22/01/2022

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Presentación

Las normas de Canal de Isabel II son documentos de referencia que establecen criterios técnicos para el diseño y construcción de las infraestructuras hidráulicas gestionadas por la entidad, con el fin de conseguir la máxima uniformidad y de asegurar unos niveles adecuados de garantía y calidad dentro de su ámbito de aplicación.

La publicación de las *Normas para redes de abastecimiento*. *Versión 4. 2021* actualiza el marco normativo de Canal de Isabel II, que junto con las *Normas para Redes de Saneamiento Versión 3. 2020* y las *Normas para Redes de Reutilización. Versión 2. 2020*, constituyen el referente técnico para el diseño y construcción de infraestructuras hidráulicas para la gestión del ciclo integral del agua en el ámbito de la Comunidad de Madrid.

Las Normas de Abastecimiento se han modificado en diferentes ocasiones dando lugar a las versiones de 1991, 2004, 2012 y modificación de 2020.

En ellas se aúna la experiencia acumulada por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II y los avances e innovaciones surgidas en el campo de los materiales de los distintos componentes y equipos que integran el sistema de abastecimiento conforme a la legislación y normativa vigente.

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel podrán ajustar, modificar, especificar o suprimir cualquiera de los aspectos recogidos en estas Normas, en casos determinados, respecto de los que causas técnicas u operativas justifiquen la adopción de una solución distinta a la prevista en estas Normas.

La entrada en vigor de las *Normas para redes de abastecimiento. Versión 4. 2021* permitirá optimizar las redes existentes, incrementar la eficacia de aquellas de nueva construcción y, en definitiva, una garantía de mejor nivel de servicio.

Madrid, noviembre de 2021.

Pascual Fernández Martínez

Consejero delegado

Equipo Redactor y Revisor

Aprobación

Consejero delegado
Pascual Fernández Martínez

Revisión

Dirección Operaciones
María Belén Benito Martínez
Dirección de Recursos
Mónica Fierro Martín
Secretaría General Técnica
María del Carmen Tejera Gimeno
Dirección Financiera y de Desarrollo de Negocio
Rafael Laso Retamal
Dirección de Seguridad
Ricardo Llorente Hernán-Gómez
Dirección de Innovación e Ingeniería
Juan Sánchez García
Dirección Comercial
Juan Ignacio Zubizarreta Pariente

Redacción

Área Normativa. Subdirección de Proyectos. Dirección de Innovación e Ingeniería.

Elaboración

Valverde Agüi López
María del Carmen Benito López
Miriam Fernández Lara
Jesús González del Pozo
Almudena Lapeña Herranz
Abel Mariana Muñoz
Javier de Mateo Peña
Víctor Manuel Pérez Rodríguez
Alberto M. Rodríguez Asensio
Javier Urquiza López
José Luis Vicente Arcones

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Índice general

Introducción 15
I Condiciones generales 17
II Componentes de las redes de aducción y distribución 29
III Instalación eléctrica 141
IV Diseño del sistema de abastecimiento 175
V Consideraciones constructivas 253
VI Gestión de la calidad 281

Anexo 1. Legislación y normativa citada 303
Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje 325
Anexo 3. Planos 343

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Índice detallado

Introducción 15

I Condiciones generales 17
I.1 Objeto 17
I.2 Ámbito de aplicación 17
I.3 Legislación y normativa vigentes 17
I.4 Documentación del Proyecto 18
I.4.1 Memoria y Anejos 18
I.4.2 Planos 21
I.4.3 Pliego de Prescripciones Técnicas 22
I.4.4 Presupuesto 22
I.5 Definiciones 23
I.6 Sistema de unidades 25

II Componentes de las redes de aducción y distribución 29
II.1 Generalidades 29
II.2 Tubos 31
II.2.1 Consideraciones generales. Mapas de usos. 31
II.2.2 Tubos de fundición dúctil (FD) 33
II.2.3 Tubos de hormigón (HC/HT) 39
II.2.4 Tubos de acero (AC) 45
II.2.5 Tubos de polietileno (PE) 52
II.2.6 Tubos de policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O) 58
II.2.7 Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio basados en resina de poliéster insaturado (PRFV-UP) 62
II.3 Uniones 67
II.4 Piezas especiales 68
II.4.1 Consideraciones generales 68
II.4.2 Definiciones 71
II.4.3 Tipología 72
II.5 Elementos hidráulicos de maniobra y control 77
II.5.1 Consideraciones generales 77
II.5.2 Definiciones 77
II.5.3 Características técnicas y dimensiones 79
II.5.4 Válvulas de seccionamiento 80
II.5.5 Válvulas de aeración 81

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.5.6 Válvulas de control y seguridad ... 83
II.5.7 Desagües ... 86
II.5.8 Caudalímetros ... 86
II.6 Depósitos ... 87
II.6.1 Características generales ... 87
II.6.2 Juntas ... 91
II.6.3 Instalaciones auxiliares ... 94
II.7 Estaciones de bombeo ... 96
II.7.1 Características generales ... 96
II.7.2 Bombeo ... 97
II.7.3 Instalación hidráulica e instrumentalización ... 101
II.7.4 Obra civil ... 107
II.7.5 Edificio de bombeo ... 108
II.7.6 Instrumentación ... 114
II.7.7 Equipos de regulación de caudal ... 120
II.8 Alojamientos ... 121
II.8.1 Consideraciones generales ... 121
II.8.2 Dispositivos de cierre de alojamientos ... 125
II.8.3 Impermeabilización, desagüe y ventilación ... 130
II.9 Acometidas ... 131
II.10 Elementos complementarios ... 131
II.10.1 Escaleras y escalas ... 131
II.10.2 Pates ... 132
II.10.3 Pasarelas y plataformas ... 134
II.10.4 Barandillas y cadenas de seguridad ... 134
II.10.5 Trámex ... 134
II.10.6 Hitos de señalización ... 135
II.11 Acabados de superficie ... 135
II.11.1 Preparación de superficies ... 136
II.11.2 Condiciones ambientales ... 136
II.11.3 Galvanización en caliente ... 136
II.11.4 Pinturas para protección de superficies metálicas ... 136
II.11.5 Soldaduras ... 137
II.12 Automatización y control ... 137
II.13 Simbología en planos ... 139

III Instalación eléctrica ... 141

III.1 Especificaciones generales ... 141
III.2 Alta tensión ... 141
III.2.1 Línea de alimentación ... 141
III.2.2 Edificio centro de seccionamiento, centro de protección y medida y centro de transformación ... 143
III.2.3 Celdas ... 145
III.2.4 Transformadores de potencia ... 146
III.2.5 Suministro de alimentación segura ... 149
III.2.6 Cuadro de señalización y alarmas ... 150
III.2.7 Instalación de puesta a tierra ... 151
III.3 Baja tensión ... 153
III.3.1 Cuadro General de Distribución de Baja Tensión (CGDBT) ... 153

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

III.3.2 Equipos de corrección de energía reactiva ... 157
III.3.3 Centros de Control de Motores (CCM) ... 157
III.3.4 Cuadros locales o auxiliares ... 161
III.3.5 Líneas de alimentación, distribución, mando y señalización ... 162
III.3.6 Motores ... 164
III.3.7 Instalación de tierras de utilización ... 167
III.4 Alumbrado ... 167
III.4.1 Cuadro General de Alumbrado (CGA) ... 167
III.4.2 Alumbrado exterior ... 169
III.4.3 Alumbrado antideflagrante ... 169
III.4.4 Alumbrado de edificios ... 170
III.4.5 Alumbrado de Emergencia y Señalización ... 171
III.5 Grupo electrógeno ... 171
III.6 Especificaciones específicas de seguridad ... 172

IV Diseño del sistema de abastecimiento ... 175
IV.1 Información previa ... 175
IV.2 Criterios generales de diseño ... 175
IV.3 Trazado ... 176
IV.3.1 Consideraciones generales ... 176
IV.3.2 Trazado en planta ... 177
IV.3.3 Trazado en alzado ... 182
IV.4 Dimensionamiento hidráulico de las conducciones ... 183
IV.4.1 Dotaciones, demandas y caudales de cálculo ... 183
IV.4.2 Hipótesis de cálculo ... 187
IV.4.3 Cálculo de las pérdidas de carga ... 190
IV.4.4 Velocidad máxima del agua ... 192
IV.4.5 Sobrepresiones debidas a transitorios o golpe de ariete ... 193
IV.5 Dimensionamiento mecánico de las conducciones ... 194
IV.5.1 Consideraciones generales ... 194
IV.5.2 Tubos de fundición dúctil (FD) ... 197
IV.5.3 Tubos de hormigón (HC/HT) ... 200
IV.5.4 Tubos de acero (AC) ... 201
IV.5.5 Tubos de polietileno (PE) y policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O) ... 206
IV.5.6 Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) ... 208
IV.6 Cálculo de protección catódica ... 213
IV.6.1 Consideraciones generales ... 213
IV.6.2 Estudio de la naturaleza del terreno ... 214
IV.6.3 Sistemas de protección catódica ... 216
IV.6.4 Criterios de diseño ... 217
IV.6.5 Vigilancia del sistema de protección catódica ... 221
IV.6.6 Protección contra corriente continua (corrientes vagabundas) ... 222
IV.6.7 Protección contra corriente alterna ... 223
IV.7 Anclaje de conducciones a presión ... 224
IV.7.1 Empujes ... 224
IV.7.2 Sistemas de anclaje ... 228
IV.7.3 Dimensionamiento de macizos de anclaje ... 230
IV.8 Depósitos ... 247

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

IV.8.1 Geometría ... 247
IV.8.2 Capacidad del depósito ... 247
IV.8.3 Materiales ... 247
IV.8.4 Diseño estructural ... 248
IV.9 Elementos de maniobra y control ... 249
IV.9.1 Válvulas de aeración ... 249
IV.9.2 Válvulas de control y seguridad ... 251
IV.9.3 Desagües ... 251

V Consideraciones constructivas ... 253
V.1 Seguridad y salud y protección medioambiental ... 253
V.2 Gestión de residuos ... 254
V.3 Medidas de prevención y seguridad en las instalaciones ... 254
V.4 Transporte, almacenamiento y manipulación ... 255
V.4.1 Transporte ... 255
V.4.2 Almacenamiento ... 255
V.4.3 Manipulación ... 257
V.5 Instalaciones en zanja ... 257
V.5.1 Geometría de las zanjas ... 258
V.5.2 Ejecución de zanjas ... 260
V.5.3 Agotamiento de zanjas y rebajamiento del nivel freático ... 261
V.5.4 Entibaciones ... 261
V.5.5 Camas de apoyo ... 262
V.5.6 Colocación y montaje de la conducción ... 264
V.5.7 Elementos de automatización y control ... 267
V.5.8 Rellenos ... 269
V.5.9 Reposición del pavimento ... 271
V.6 Instalaciones subterráneas sin apertura de zanja ... 272
V.7 Instalaciones de tubos aéreos ... 273
V.8 Bandas de protección de las conducciones ... 274
V.8.1 Bandas de Infraestructura de Agua (BIA) ... 274
V.8.2 Franjas de Protección (FP) ... 275
V.9 Cruce de tuberías de abastecimiento con infraestructuras lineales ... 275
V.9.1 Cruce de tuberías bajo infraestructuras lineales existentes ... 275
V.9.2 Cruce de nueva infraestructura lineal sobre tubería existente o prevista ... 276
V.10 Protección anticorrosiva de las tuberías ... 277
V.11 Limpieza y desinfección de la tubería ... 278
V.11.1 Limpieza general ... 278
V.11.2 Desinfección ... 279

VI Gestión de la calidad ... 281
VI.1 Introducción ... 281
VI.2 Control de calidad de los componentes ... 281
VI.2.1 Fundición dúctil (FD) ... 285
VI.2.2 Hormigón (HC/HT) ... 286
VI.2.3 Acero (AC) ... 286
VI.2.4 Polietileno (PE) ... 287
VI.2.5 Policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O) ... 288

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

VI.2.6 Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) ... 289
VI.3 Control de la ejecución de las obras ... 289
VI.4 Pruebas de la tubería instalada ... 293
VI.4.1 Prueba preliminar ... 294
VI.4.2 Prueba de purga ... 294
VI.4.3 Prueba principal o de puesta en carga ... 295
VI.5 Control de la recepción de los depósitos ... 299
VI.5.1 Control de movimientos ... 299
VI.5.2 Ensayos de estanquidad ... 300
VI.5.3 Control de la calidad del agua ... 302

Anexo 1. Legislación y normativa citada ... 303
Legislación europea ... 305
Legislación nacional ... 305
Legislación autonómica ... 308
Normas UNE ... 309
Normas UNE-EN ... 310
Normas UNE-EN IEC ... 319
Normas UNE-CEN/TR ... 319
Normas UNE-EN ISO ... 319
Normas UNE-EN ISO/IEC ... 320
Normas UNE-ISO ... 321
Normas ISO ... 321
Otras normas ... 321
Documentación técnica ... 322

Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje ... 325

Anexo 3. Planos ... 343

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Introducción

La presente publicación *Normas para Redes de Abastecimiento. Versión 4. 2021* es el resultado de los trabajos desarrollados en la Dirección de Innovación e Ingeniería, encomendando su seguimiento a la Subdirección de Proyectos, y en concreto al Área de Normativa, que ha elaborado el presente documento.

El documento final constituye una actualización al documento previo "Normas para redes de abastecimiento. Versión 2012. Modificación 2020".

Se estructura en seis capítulos y tres anexos y su contenido es conforme a la legislación y normativa vigente de ámbito nacional e internacional, así como a la experiencia de los Servicios Técnicos participantes.

El capítulo *"I Condiciones generales*" especifica el objeto y ámbito de aplicación de estas Normas, establece la conformidad con respecto a la legislación y normativa vigente, establece los documentos que deben incluir los proyectos de las obras de las redes de abastecimiento, contiene una serie de definiciones de los principales conceptos empleados en las mismas y una síntesis de las unidades de medida empleadas y su conversión.

En el capítulo *"II Componentes de las redes de aducción y distribución""* se establecen los requisitos exigidos a los distintos elementos constitutivos del sistema de abastecimiento: tubos, uniones, piezas especiales, elementos hidráulicos de maniobra y control, depósitos, estaciones de bombeo, alojamientos, acometidas, elementos complementarios y automatización y control.

En el capítulo *"III Instalación eléctrica"*, se especifican los condicionantes que deben cumplir dichas instalaciones para las redes de abastecimiento, relacionando y describiendo cada uno de los elementos que forman parte de las líneas de alta y de baja tensión y la instalación de alumbrado.

En el capítulo "*IV Diseño del sistema de abastecimiento"* se recoge la información previa necesaria y criterios generales para el diseño de las redes de abastecimiento, se establecen condiciones generales del trazado en planta y alzado, criterios de dimensionamiento hidráulico, mecánico y de anclaje de las conducciones, consideraciones respecto al cálculo de la protección catódica y aspectos a considerar en el diseño de depósitos, acometidas y elementos de maniobra y control.

El capítulo "*V Consideraciones constructivas"* establece requisitos mínimos de seguridad y salud, gestión de residuos, medidas de prevención y seguridad en las instalaciones y consideraciones de protección medioambiental, incluye las especificaciones de carácter constructivo relativas al transporte, almacenamiento y manipulación de componentes, a la geometría, materiales a emplear y ejecución de instalaciones en zanja, subterráneas sin apertura de zanja y aéreas, y a la protección anticorrosiva. Este capítulo también incluye algunos criterios para realizar cruces de tuberías con otras infraestructuras, define las bandas de protección de las conducciones y establece cómo se deben realizar las labores de limpieza y desinfección de la tubería previamente a su puesta en servicio.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En el capítulo "*VI Gestión de la calidad"* se establecen los requisitos mínimos exigidos en cuanto al control de la fabricación de los componentes y de la ejecución de las obras, especificaciones sobre las pruebas a realizar a la tubería instalada y consideraciones para el adecuado control de la recepción de los depósitos.

De forma complementaria a los capítulos descritos, se incluyen tres anexos, cuyo contenido es el siguiente:

"Anexo 1. Legislación y normativa citada" citadas en el documento, relaciona los distintos documentos legislativos, normativos y técnicos que se citan en el texto.

"*Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje*", incluye las tablas en las que se establecen las dimensiones del macizo de hormigón y las armaduras necesarias para cada componente, conforme al cálculo detallado en el apartado correspondiente del capítulo IV.

"Anexo 3. Planos ", recoge una serie de planos correspondientes a aquellos componentes tipo cuya utilización es más frecuente en redes de abastecimiento, como pueden ser alojamientos (registros y cámaras), dispositivos de cierre normalizados para alojamientos, hitos de señalización, y esquemas tipo de instalaciones eléctricas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

I Condiciones generales

I.1 Objeto

Las presentes Normas para Redes de Abastecimiento de Canal de Isabel II tienen por objeto establecer las condiciones técnicas mínimas que han de cumplir los sistemas de abastecimiento gestionados por la entidad. Estas Normas establecen los criterios generales que deberán tenerse en cuenta para el proyecto, la instalación y el funcionamiento de dichos sistemas, con el fin de conseguir la máxima uniformidad y de asegurar unos niveles adecuados de garantía y calidad dentro de su ámbito de aplicación.

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel podrán ajustar, modificar, especificar o suprimir cualquiera de los aspectos recogidos en estas Normas, en casos determinados, respecto de los que causas técnicas u operativas justifiquen la adopción de una solución distinta a la prevista en estas Normas.

I.2 Ámbito de aplicación

Estas Normas son de aplicación para todas las redes de abastecimiento que, tanto por nueva implantación como por renovación de las existentes, vayan a incorporarse a los sistemas encomendados a Canal de Isabel II.

I.3 Legislación y normativa vigentes

La elaboración de las presentes Normas se ha realizado conforme a lo establecido en las leyes, reales decretos, decretos, órdenes y normas técnicas de ámbito internacional, europeo, nacional, autonómico, local e interno de Canal de Isabel II que aparecen detalladas en el "*Anexo 1. Legislación y normativa citada*". En ese apartado se indican tanto el código y el título como el año de publicación de la versión consultada de cada disposición.

Dicha legislación y normativa, así como sus futuras actualizaciones o disposiciones que las sustituyan, deberán ser consideradas a la hora de proyectar, ejecutar y mantener las redes de abastecimiento incluidas en el ámbito de aplicación de estas Normas.

En particular, deberá observarse lo especificado en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano; el Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión del Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo del segundo ciclo de planificación (período comprendido entre los años 2015 y 2021); la norma UNE-EN 805:2000 de Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes; y el resto de normativa vigente de Canal de Isabel II.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Para asegurar la calidad del agua se tendrá en cuenta lo dispuesto en el Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, y en el Real Decreto 902/2018 por el que se modifica, entre otros, el Real Decreto 140/2003. De igual manera, se considerará la Orden SCO/1591/2005 sobre el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo, así como la normativa autonómica correspondiente.

El Real Decreto 140/2003 tiene como objeto principal la incorporación al derecho interno español de la Directiva 98/83/CE, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Actualmente esta Directiva queda derogada por la Directiva (UE) 2020/2184 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, con efecto a partir del 13 de enero de 2023. Los Estados miembros de la UE pondrán en vigor a más tardar el 12 de enero de 2023 las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en dicha Directiva.

Las prescripciones referidas a normas técnicas podrán ser fundamentadas respecto a otra norma equivalente, hecho que deberá ser justificado documentalmente y admitido por Canal de Isabel II. Se consideran de obligado cumplimiento las normas técnicas que se encuentren incluidas en reglamentos e instrucciones técnicas nacionales. En el caso de que las normas no estén incluidas en reglamentos e instrucciones nacionales, podrán considerarse normas equivalentes a las aquí mencionadas.

I.4 Documentación del Proyecto

Con carácter general, todo proyecto de una red de abastecimiento deberá incluir, al menos, los siguientes documentos:

- Documento n.º 1: Memoria y Anejos.
- Documento n.º 2: Planos.
- Documento n.º 3: Pliego de Prescripciones Técnicas.
- Documento n.º 4: Presupuesto.

El contenido exacto de los documentos del proyecto será determinado en cada caso por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

En los apartados siguientes se describe el posible alcance de cada uno de ellos.

I.4.1 Memoria y Anejos

I.4.1.1 *Memoria justificativa*

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

Se incluirá una descripción detallada de la red propuesta, con referencia específica a las bases y sistemas de cálculo adoptados, características técnicas de las acometidas, redes de distribución y aducción y elementos complementarios constitutivos de la red.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

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

En particular, la Memoria incluirá, de manera general y en su caso, los capítulos siguientes:

- Antecedentes.
- Objeto del proyecto.
- Ámbito geográfico
- Descripción de las obras.
  - Descripción general
  - Estimación de la demanda.
  - Caudales y presiones.
  - Trazado.
  - Tuberías.
  - Depósito.
  - Estación de bombeo
  - Secciones tipo de zanjas y cruces de ríos y caminos.
  - Hincas.
  - Obras de fábrica.
  - Equipos de regulación: Válvulas de corte y regulación, ventosas y desagües.
- Cartografía y topografía
- Geología y geotecnia.
- Trazado y replanteo.
- Cálculos hidráulicos.
- Cálculos estructurales y mecánicos.
- Cálculos eléctricos
- Instrumentación y control.
- Seguridad y salud.
- Tramitación ambiental.
- Tramitación urbanística.
- Tramitación arqueológica.
- Plan de obra.
- Instrumentación y control.
- Estudio de expropiaciones.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Servicios afectados.
- Autorizaciones administrativas necesarias y certificaciones.
- Relaciones del contratista con la dirección de obra.
- Control de calidad.
- Gestión de residuos.
- Prevención.
- Señalización corporativa.
- Consideraciones administrativas.
- Presupuesto de ejecución de las obras.
- Documentos que integran el proyecto.

I.4.1.2 *Anejos*

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

Los anejos, de forma habitual, serán los siguientes:

Anejo nº1. Características Principales del Proyecto.

Anejo nº2. Cartografía y Topografía.

Anejo nº3. Estudio Geológico y Geotécnico.

Anejo nº4 Planeamiento y Adenda.

Anejo nº5. Estimación de demanda.

Anejo nº6. Estudio de alternativas y justificación de la solución adoptada.

Anejo nº7. Trazado y Replanteo.

Anejo nº8. Cálculos Hidráulicos.

Anejo nº9. Cálculos Estructurales.

Anejo nº10. Cálculos Mecánicos.

Anejo nº11. Cálculos Eléctricos.

Anejo nº12. Instrumentación y control

Anejo nº13. Protección Catódica.

Anejo nº14. Estudio de Seguridad y Salud.

Anejo nº15. Tramitación Ambiental.

Anejo nº16. Tramitación Arqueológica.

Anejo nº17. Tramitación Urbanística.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Anejo nº18. Plan de Obra.

Anejo nº19. Instrumentación y Control.

Anejo nº20. Estudio de Expropiaciones.

Anejo nº21. Conexiones exteriores, servicios afectados y consultas.

Anejo nº22. Autorizaciones administrativas necesarias.

Anejo nº23. Relaciones del Contratista con la Dirección de Obra.

Anejo nº24. Control de Calidad de las Obras.

Anejo nº25. Calidad de las Aguas

Anejo nº26. Estudio de Gestión de Residuos.

Anejo nº27.- Medidas de prevención y seguridad en instalaciones de Canal de Isabel II S.A.

Anejo nº28.- Señalización corporativa para instalaciones de Canal de Isabel II S.A.

Anejo nº29.- Justificación de Precios.

Anejo nº30.- Reportaje Fotográfico.

I.4.2 Planos

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

Se definirán en un formato de hoja DIN-A3.

Los planos generalmente incluidos serán:

- Situación. En general a escala 1:50.000, con indicación de los términos municipales o áreas urbanas afectadas por la ejecución de la red de abastecimiento.
- Planta general y distribución de hojas. A escala adecuada (preferiblemente 1:5.000) indicando la traza de la red y detallando los diámetros de las tuberías, la situación de elementos singulares y cualquier otra instalación de relevancia.
- Servicios afectados.
- Planta y perfil longitudinal. Generalmente en formato a escala horizontal 1:1.000 y vertical 1:100. Incluirán la indicación de caudales, pendientes, cotas rojas, rasante y situación de elementos singulares. En el perfil longitudinal también se indicarán la sección y el material de la conducción.
- Secciones tipo de zanja.
- Secciones tipo de elementos singulares, pozos de registro, cámaras, anclajes, etc.
- Planos de definición de depósitos.
- Planos de definición de estaciones de bombeo.
- Planos de definición de instalaciones eléctricas.
- Planos de sistemas de control.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

I.4.3 Pliego de Prescripciones Técnicas

El Pliego de Prescripciones Técnicas tendrá como objetivo definir las condiciones que han de regir la ejecución de las obras definidas en el Proyecto. Estará constituido por el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PPTG) y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (PPTP). Este último contendrá las Especificaciones Técnicas correspondientes. Con carácter general, incorporará los siguientes capítulos:

- Definición de las obras. Incluirá una descripción de las obras objeto del Proyecto, los documentos que las definen y la compatibilidad y prelación entre ellos, así como una relación de la normativa legal aplicable.
- Disposiciones generales. Se indicarán las condiciones generales relativas a responsabilidades del contratista, señalización, medidas de protección y limpieza de la obra, mano de obra y maquinaria adscrita a la obra, ejecución de obras no incluidas en el proyecto, pruebas y ensayos, revisión de precios, certificaciones, liquidación, plazo de garantía, así como cualquier otra que se considere de interés.
- Normativa y reglamentación vigente.
- Condiciones de los materiales. Se establecerán las características que deben cumplir los materiales, así como los ensayos a los que deberán someterse de forma previa a su utilización en las distintas unidades de obra.
- Condiciones de ejecución de las obras. Se definirán los procedimientos y medios necesarios para la ejecución de las distintas unidades de obra.
- Control de la ejecución. Se determinarán los procedimientos y ensayos de control de calidad, así como las pruebas de la tubería instalada a efectuar en las unidades de obra ejecutadas.
- Medición y abono. Se indicarán las formas de medición y abono de las unidades de obra.

I.4.4 Presupuesto

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

Salvo casos excepcionales, como proyectos que únicamente deban estar sometidos a una Conformidad Técnica por parte de Canal de Isabel II, se tomará el Cuadro de Precios de éste como referencia para la elaboración del presupuesto.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

I.5 Definiciones

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

– Accesorios (UNE-EN 805:2000)

Componentes distintos de tubos, racores (o piezas especiales) o válvulas, incorporados a una conducción, por ejemplo, contra-bridas, tornillos y juntas para uniones acerrojadas, y dispositivos de toma en carga.

– Acometida

Conjunto de elementos interconectados que une la red de distribución con la instalación de un cliente.

– Diámetro exterior (OD) (UNE-EN 805:2000)

Diámetro exterior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera. Para tubos perfilados exteriormente sobre la caña, se toma como diámetro exterior el diámetro máximo visto en corte.

– Diámetro interior (ID) (UNE-EN 805:2000)

Diámetro interior medio de la caña del tubo en una sección cualquiera.

– Diámetro nominal (DN) (UNE-EN 805:2000)

Designación numérica del diámetro de un componente mediante un número entero aproximadamente igual a la dimensión real en milímetros. Esto se aplica tanto al diámetro interior (DN/ID) como al diámetro exterior (DN/OD), según las Normas de Producto.

– Elemento de maniobra y control

Dispositivo que permite cortar o regular el caudal y la presión. Como ejemplos se pueden citar: válvula de seccionamiento, válvula de regulación, válvula de aeración, válvula reductora de presión, válvula anti-retorno, válvula de control, válvula de seguridad, etc.

– Hidrante

Elemento, conectado normalmente a la red de distribución principal, cuya finalidad es ser utilizado ante cualquier emergencia por el Servicio de Extinción de Incendios.

– Pieza especial (UNE-EN 805:2000)

Componente, distinto del tubo, que permite la derivación, el cambio de dirección o de diámetro. Entre otras, se definen como tales las piezas brida-enchufe, brida-extremo liso, collarines y manguitos.

También son denominadas racores.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Polígono de corte (UNE-EN 805:2000)

Conjunto formado por el menor número posible de dispositivos de seccionamiento que permite dejar sin suministro cualquier punto de una red de distribución. Por extensión se denomina también de esta forma al tramo de red sin suministro.

– Presión

Se diferencian varios conceptos relacionados con la presión del agua en el interior de la tubería que podrían clasificarse en aquellos relativos a la red y los que hacen referencia a los componentes.

- Presiones relativas a la red:
  - Presión de diseño (DP) (UNE-EN 805:2000): presión máxima de funcionamiento (en régimen permanente) de la red o de la zona de presión, fijada por el proyectista, considerando futuras ampliaciones, pero excluyendo el golpe de ariete.
  - Presión máxima de diseño (MDP) (UNE-EN 805:2000): Presión máxima de funcionamiento de la red o de la zona de presión, fijada por el proyectista, considerando futuras ampliaciones e incluyendo el golpe de ariete.
  - Presión de funcionamiento (OP) (UNE-EN 805:2000): Presión interna que aparece en un instante dado en un punto determinado de la red de abastecimiento de agua.
  - Presión de servicio (SP) (UNE-EN 805:2000): presión interna en el punto de conexión a la instalación del consumidor, con caudal nulo en la acometida.
  - Presión de prueba de la red (STP) (UNE-EN 805:2000): presión hidrostática aplicada a una conducción recientemente instalada de forma que se asegure su integridad y estanquidad.

  Estos conceptos se esquematizan en la siguiente figura:

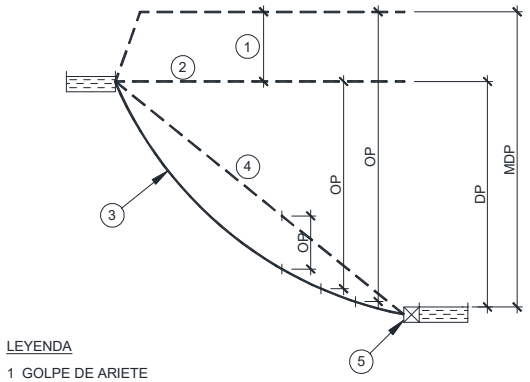


Figura 1. Ejemplo de conducción de gravedad a presión (UNE-EN 805:2000)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Presiones relativas a los componentes:
  - Presión de funcionamiento admisible (PFA) (UNE-EN 805:2000); presión hidrostática máxima que un componente es capaz de soportar de forma permanente en servicio.
  - La presión de funcionamiento admisible deberá ser mayor o igual que la presión de diseño (PFA ≥ DP).
  - Presión máxima admisible (PMA) (UNE-EN 805:2000): presión máxima, incluido el golpe de ariete, que un componente es capaz de soportar en servicio.
  - La presión máxima admisible deberá ser mayor o igual que la presión máxima de diseño (PMA ≥ MDP).
  - Presión de prueba en obra admisible (PEA) (UNE-EN 805:2000): presión hidrostática máxima que un componente recién instalado en obra es capaz de soportar, durante un período de tiempo relativamente corto, con objeto de asegurar la integridad y la estanquidad de la conducción.
  - La presión de prueba en obra admisible deberá ser mayor o igual que la presión de prueba de la red (PEA ≥ STP).
  - Presión normalizada o nominal (PN): presión con arreglo a la cual se clasifican y timbran los tubos, accesorios, piezas especiales y elementos de la red.
  - La relación entre la presión normalizada (PN) y las presiones relativas a los componentes se especifican en las normas del producto.
  - Depresión transitoria respecto a la presión atmosférica (bar): los componentes deben diseñarse para resistir, una vez instalados, una depresión transitoria de 80 kP respecto a la presión atmosférica.

– Sector

Cada una de las zonas delimitadas geográficamente dentro de la red de abastecimiento y que se encuentran controladas mediante la medición de datos de presión y caudal.

– Unión (UNE-EN 805:2000)

Ensamblaje de las extremidades adyacentes de dos componentes, que incluye elementos de estanquidad.

I.6 Sistema de unidades

Las unidades adoptadas en las presentes Normas corresponden a las del Sistema Internacional de Unidades (SI) que, según especifica el Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida, es el sistema legal de unidades de medida vigente en España. Sus unidades básicas son las indicadas en la *Tabla 1.*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 1. Unidades básicas del Sistema Internacional.

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

Son unidades del Sistema Internacional las indicadas en la *Tabla 2*

Tabla 2. Unidades derivadas del Sistema Internacional.

Magnitud	***Unidad***		
	Nombre	***Símbolo***	***Equivalencia en otras unidades***
Superficie	metro cuadrado	m^2	
Volumen	metro cúbico	m^3	
Velocidad	metro por segundo	m/s	
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s^2	
Fuerza	newton	N	$kg \cdot m/s^2$
Presión	pascal	Pa	N/m^2
Energía	julio	J	N·m
Potencia	vatio	W	J/s
Densidad	kilogramo por metro cúbico	kg/m^3	
Caudal	metro cúbico por segundo	m^3/s	

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

1 N= 0,102 kp e inversamente 1 kp= 9,81 N

1 N/mm^2= 10,197 kp/cm^2 e inversamente 1 kp/cm^2= 0,0981 N/mm^2

El kilopondio (kp) se denomina también kilogramo fuerza (kgf).
En el caso de la presión se pueden encontrar diferentes unidades. En la Tabla 3 se establece la relación entre las más frecuentes.

Tabla 3. Relación entre distintas unidades de presión

Una unidad de esta columna equivale a	***Pa*** N/m^2	***MPa*** N/mm^2	***kgf/cm²***	***atm***	***m.c.a.***	***mm Hg***	***bar***
Pa = N/m^2	1	10^{-6}	$10{,}2 \cdot 10^{-6}$	$9{,}87 \cdot 10^{-6}$	$1{,}02 \cdot 10^{-4}$	0,0075	0,00001
MPa = N/mm^2	10^6	1	10,1972	9,86923	101,974	7500,62	10
kgf/cm^2	98.066,5	0,098067	1	0,96784	10	735,559	0,98067
atm	101.325	0,101325	1,03323	1	10,3326	760	1,01325
m.c.a.	9.806,38	0,009806	0,1	0,09678	1	73,5539	0,09806
mm Hg	133,322	$1{,}333 \cdot 10^{-4}$	0,00136	0,00132	0,013595	1	0,00133
bar	100.000	0,1	1,01972	0,98692	10,1974	750,062	1
atm = atmósfera, m.c.a. = metro de columna de agua, mm Hg = milímetro de mercurio							

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

La equivalencia con las unidades de presión empleadas en el sistema anglosajón (o sistema imperial) es la siguiente:

1 kgf/cm^2 = 14,223 psi (libra por pulgada cuadrada)

1 kgf/cm^2 = 2.048,2 psf (libra por pie cuadrado)

1 kgf/cm^2 = 0,9289 tsf (tonelada por pie cuadrado)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II Componentes de las redes de aducción y distribución

II.1 Generalidades

El sistema de abastecimiento está compuesto por un conjunto de instalaciones que conectan las fuentes de suministro con las acometidas domiciliarias.

Se considera subdividido en cuatro elementos encadenados con diferentes funciones específicas: captación, estación de tratamiento, red de aducción y red de distribución.

– Captación

Conjunto de instalaciones de regulación, derivación, alumbramiento y conducción de las aguas superficiales y subterráneas, desde las fuentes de suministro hasta las instalaciones de tratamiento. Comprende presas, azudes, pozos, canales, estaciones de bombeo y conducciones de agua bruta.

– Estación de tratamiento

Conjunto de instalaciones de potabilización necesarias para que el agua de suministro alcance los valores paramétricos que se señalan en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, o en la legislación vigente.

– Red de aducción

Conjunto de conducciones e instalaciones que conecta las estaciones de tratamiento con las redes de distribución. Normalmente la red de aducción tiene estructura ramificada, puede intercalar estaciones elevadoras y cada rama termina en un depósito o válvula de control. Su trazado generalmente no discurre por suelo urbano, atraviesa frecuentemente varios municipios y debe mantenerse exenta de acometidas e hidrantes a fin de no condicionar su régimen de explotación.

– Red de distribución

Conjunto de conducciones e instalaciones que conecta los puntos de entrega de la red de aducción (depósito o válvula de control) con las acometidas domiciliarias. Su diseño, salvo excepción justificada, será mallado y su trazado discurrirá normalmente por suelo urbano o periurbano dentro de un mismo municipio.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

A los efectos de su diseño y explotación, dentro de la red de distribución se distinguen tres redes superpuestas:

– Red de transporte

Conjunto de conducciones troncales de la red de distribución que interconectan los puntos de entrega de la red de aducción con las distintas zonas de presión y consumo del municipio asegurando la continuidad hidráulica de la red básica del abastecimiento. Generalmente el diámetro nominal de las conducciones de la red de transporte será superior a 150 mm y sobre ellas debe evitarse la instalación de acometidas e hidrantes.

– Red principal

Conjunto de conducciones de reparto sobre las que se pueden instalar acometidas e hidrantes. Está compuesto por tuberías de diámetro nominal igual o superior a 150 mm.

– Red secundaria

Conjunto de conducciones de reparto compuesto por el resto de ellas de diámetro nominal inferior a 150 mm, sobre las que se podrán instalar acometidas.

Por otro lado, atendiendo a su estructura, las redes pueden ser de las siguientes formas:

– Red ramificada

Consiste en una tubería principal de la que derivan otras secundarias, de las que a su vez parten conducciones de tercer orden, y así sucesivamente. En este tipo de red, cada punto recibe el agua sólo por un camino.

– Red mallada

Sistema en el que la disposición de las tuberías es reticular. En estas redes el agua puede seguir diferentes caminos para ir de un punto a otro.

Ninguno de los componentes en contacto con el agua de consumo humano debe producir alteración alguna en las características físicas, químicas, bacteriológicas y organolépticas de las aguas, incluso teniendo en cuenta el tiempo y los tratamientos físico-químicos a que éstas hayan podido ser sometidas. Si el contacto del agua con los componentes se produce a través de una protección, ésta deberá cumplir los criterios anteriormente establecidos. Para ello, se deberá cumplir con las prescripciones reflejadas en el apartado *I.3 Legislación y normativa vigentes*.

En los apartados siguientes se especifican las condiciones básicas que deben cumplir los diferentes componentes que integran las redes de aducción y de distribución de agua para abastecimiento humano. Fundamentalmente son los siguientes:

– Tubos
– Uniones
– Piezas especiales

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Elementos de maniobra y control
- Depósitos
- Estaciones de bombeo
- Alojamientos
- Acometidas
- Otros componentes complementarios (pates, escaleras, pasarelas y plataformas, barandillas y cadenas de seguridad, trámex e hitos de señalización)
- Elementos de automatización y control

Los materiales o el diseño de los distintos componentes serán los que se indican a continuación. Cualquier otro material o variación en el diseño deberá ser debidamente justificado por el fabricante y aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

II.2 Tubos

En el presente apartado se especifican las condiciones básicas que deben cumplir los tubos a instalar en redes nuevas de aducción o de distribución de agua para consumo humano encomendadas a Canal de Isabel II.

II.2.1 Consideraciones generales. Mapas de usos.

Las tuberías a instalar en redes nuevas de aducción o de distribución de agua para consumo humano encomendadas a Canal de Isabel II deberán cumplir con lo especificado en los epígrafes *II.2.2 a II.2.7*, según materiales, y su empleo se realizará conforme a lo indicado en el Mapa de usos de Canal de Isabel II representado en la *Figura 2.*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

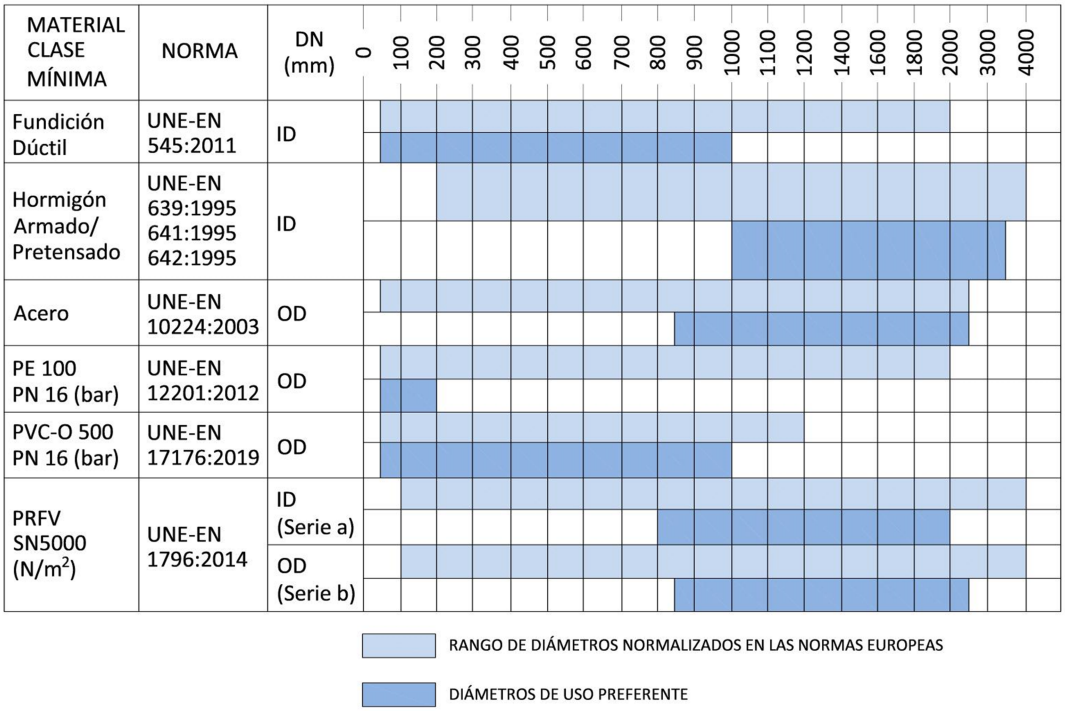


Figura 2. Mapa de usos de Canal de Isabel II.

El diámetro nominal mínimo de las conducciones de aducción será de 150 mm y el de las conducciones de la red de distribución de 80 mm.

Con carácter excepcional y previa justificación de la solución adoptada, podrán emplearse diámetros inferiores o superiores y/o materiales diferentes a los normalizados en el mapa de usos, siempre que se cuente con la aprobación de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

En ningún caso se instalarán tubos con presiones nominales (PN), o en su defecto presiones de funcionamiento admisibles (PFA), inferiores a 1,6 MPa. Además, deberán tenerse en cuenta las restricciones asociadas al rango de presiones admisibles para cada uno de los materiales, según lo indicado en la Tabla 4.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 4. Rango de presiones admisibles en función del material

Tipo de tubo		PFA (N/mm²)	PMA (N/mm²)
Fundición dúctil	Clase 30	3,00	3,60
	Clase 40	4,00	4,80
	Clase 50	5,00	6,00
	Clase 64	6,40	7,68
	Clase 100	10,00	12,00
Hormigón	Serán declaradas por el fabricante		
Acero		-	$\frac{2 \cdot e}{ID} \cdot \sigma_{adm}$
PE	PE100 PN 16	1,60	1,60 *
	PE100 PN 20	2,00	2,00 *
	PE100 PN 25	2,50	2,50 *
PVC-O	PVC-O 500 PN 16	1,60	1,60 *
	PVC-O 500 PN 20	2,00	2,00 *
	PVC-O 500 PN 25	2,50	2,50 *
PRFV	PN 16	1,60	2,24
	PN 20	2,00	2,80
	PN 25	2,50	3,50

* La norma de producto no especifica la PMA y, del lado de la seguridad, se supone un valor igual a la PFA.

II.2.2 Tubos de fundición dúctil (FD)

II.2.2.1 *Consideraciones generales*

Los tubos de fundición dúctil objeto del presente apartado deberán cumplir, en general, con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 545:2011. Su uso se limitará al indicado en el apartado *II.2.1.*

II.2.2.2 *Definiciones*

Complementariamente a las definiciones del apartado *I.5 Definiciones*, en los tubos de fundición serán de aplicación las siguientes de manera específica:

– Diámetro Nominal, DN

En los tubos de fundición dúctil la designación genérica DN se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID).

– Clase de presión (C) (UNE-EN 545:2011)

Designación alfanumérica de la familia de componentes, incluyendo sus uniones, relativa a sus presiones de operación verificadas por todos los ensayos de prestaciones descritos en la norma UNE-EN 545:2011,

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

que incluye la letra C seguida de un número adimensional igual a la PFA máxima en bares de la familia de componentes.

– Presión nominal (PN)

El concepto de presión nominal en los tubos de fundición dúctil sólo se emplea cuando se unan con bridas, en cuyo caso el valor de PN corresponde a las presiones que se indican en la *Tabla 5.*

II.2.2.3 *Clasificación*

Los tubos de fundición dúctil unidos mediante junta flexible (la disposición más habitual) se clasificarán por su diámetro nominal (DN) y su clase de presión (C). Si, excepcionalmente, los tubos de fundición se unen mediante bridas, entonces se clasifican por su diámetro nominal (DN) y por su presión nominal (PN).

Los valores normalizados del diámetro nominal (DN) de las clases de presión (C) y de las presiones nominales (PN), así como los de las presiones PFA, PMA y PEA para conducciones a instalar en redes encomendadas a Canal de Isabel II, serán los indicados en la *Tabla 5.*

Tabla 5. Clasificación de los tubos de fundición dúctil

Tubos con unión flexible						***Tubos con bridas***			
DN	***Clase 30***	***Clase 40***	***Clase 50***	***Clase 64***	***Clase 100***	***DN***	***PN 16***	***PN 25***	***PN 40***
	PFA 30 PMA 36 PEA 41	*PFA 40 PMA 48 PEA 53*	*PFA 50 PMA 60 PEA 65*	*PFA 64 PMA 76,8 PEA 81,8*	*PFA 100 PMA 120 PEA 125*		*PFA 16 PMA 20 PEA 25*	*PFA 25 PMA 30 PEA 35*	*PFA 40 PMA 48 PEA 53*
80					■	80	■		■
100					■	100	■	■	■
125				■	■	125	■	■	■
150				■	■	150	■	■	■
200			■	■	■	200	■	■	■
250			■	■	■	250	■	■	■
300		■	■	■	■	300	■	■	■
350		■	■	■	■	350	■	■	■
400		■	■	■	■	400	■	■	■
450*		■	■	■	■	450*	■	■	■
500	■	■	■	■	■	500	■	■	■
600	■	■	■	■	■	600	■	■	■
700	■	■	■	■		700	■	■	
800	■	■	■	■		800	■	■	
900	■	■	■			900	■	■	
1000	■	■	■			1000	■	■	

* Fabricación poco frecuente.

II.2.2.4 *Características técnicas*

Las características mecánicas de la fundición dúctil empleada en las tuberías deberán cumplir con lo especificado en la *Tabla 6*. Para la densidad del material se adopta, en general, el valor de 7.050 kg/m^3 y para el módulo de elasticidad, 1,7 x 10^5 N/mm^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 6. Características mecánicas de la fundición dúctil

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

II.2.2.5 *Dimensiones*

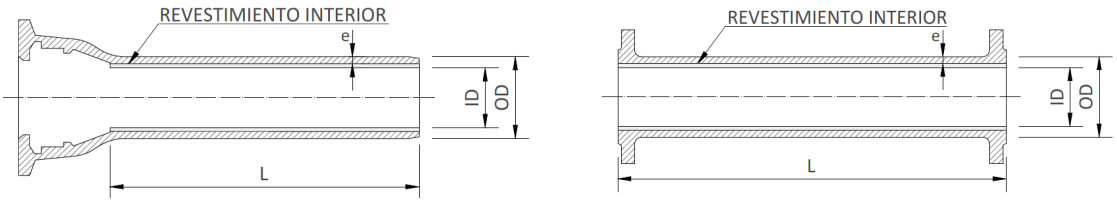
Las dimensiones normalizadas de los tubos de fundición con junta flexible serán las indicadas en la *Tabla 7* y en la *Figura 3*. Si, excepcionalmente, se dispusieran tubos unidos con bridas, sus dimensiones serán las especificadas en la norma UNE-EN 545:2011.

Tabla 7. Dimensiones de los tubos de fundición dúctil (UNE-EN 545:2011)

Diámetro (mm)		*Espesor mínimo (mm)*					*Longitudes*		
Valor nominal		*Clase 30*	*Clase 40*	*Clase 50*	*Clase 64*	*Clase 100*	*Valor nominal (m)*		
DN	*OD*						*Tubos para unión flexible*	*Tubos con bridas incorporadas*	*Tubos con bridas soldadas o roscadas*
80	98					4,7	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
100	118					4,7	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
125	144				4,0	5,0	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
150	170				4,0	5,9	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
200	222			3,9	5,0	7,7	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
250	274			4,8	6,1	9,5	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
300	326		4,6	5,7	7,3	11,2	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
350	378		5,3	6,6	8,5	13,0	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
400	429		6,0	7,5	9,6	14,8	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
450	480		6,8	8,4	10,7	16,6	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
500	532	5,6	7,5	9,3	11,9	18,3	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
600	635	6,7	8,9	11,1	14,2	21,9	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
700	738	7,8	10,4	13,0	16,5		5,5-6-7	0,5-1-2-3	2-3-4-5-6
800	842	8,9	11,9	14,8	18,8		5,5-6-7	0,5-1-2-3	2-3-4-5-6
900	945	10,0	13,3	16,6			5,5-6-7-8,15	0,5-1-2-3	2-3-4-5-6
1000	1048	11,1	14,8	18,4			5,5-6-7-8,15		

* El diámetro nominal (DN) se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid



Tubo para unión flexible

Tubo con bridas para unión rígida

Figura 3. Dimensiones de los tubos de fundición dúctil

II.2.2.6 *Uniones*

Los sistemas de unión de los tubos de fundición podrán ser alguno de los que se indican a continuación (ver *Figura 4*), los cuales deberán ser conformes con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 545:2011. En particular, la desviación angular admisible será la indicada en la *Tabla 8.*

- Unión flexible
  - Automática
    - Sin acerrojar
    - Acerrojada
  - Mecánica
    - Sin acerrojar
    - Acerrojada
- Unión rígida (embridada)

En el apartado *II.3 Uniones* se definen y clasifican estas tipologías de uniones.

La unión de tipo flexible mecánica sin acerrojar no se empleará generalmente entre tubos, sino para unir un tubo con una pieza especial o un elemento de maniobra o control.

Tabla 8. Valores mínimos de la desviación angular admisible en las uniones flexibles (UNE-EN 545:2011)

DN	***Tipo de unión***	
	Sin acerrojar	***Acerrojadas***
DN ≤ 300	3º 30'	1º 45'
350 ≤ DN ≤ 600	2º 30'	1º 15'
700 ≤ DN ≤ 1000	1º 30'	45’

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

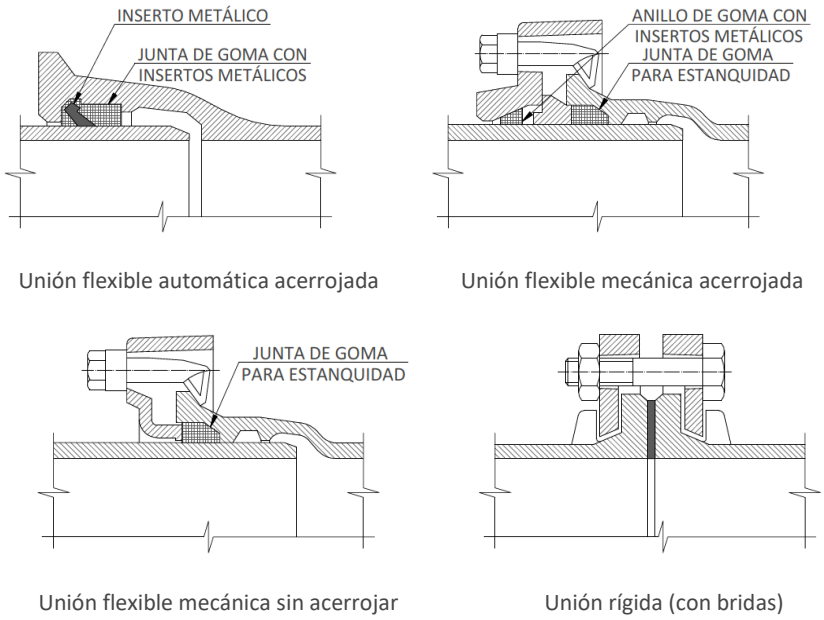


Figura 4. Tipos de uniones en los tubos de fundición dúctil

II.2.2.7 *Revestimientos de tubo*

Todos los tubos se protegerán contra la corrosión mediante revestimientos adecuados, los cuales recubrirán uniformemente la totalidad de los contornos de los tubos, constituyendo superficies lisas y regulares, exentas de defectos tales como cavidades o burbujas. Habrán de estar bien adheridos a la fundición, no descascarillándose, ni exfoliándose, y secando en un tiempo rápido. Los revestimientos se aplicarán siempre en fábrica, excepto la manga de polietileno que se colocará en la propia obra. Salvo indicación en contra, todos los tubos deberán suministrarse con las siguientes protecciones:

- Un revestimiento exterior de cinc metálico con capa de acabado
- Un revestimiento interior de mortero de cemento

Podrán ser admisibles también los siguientes revestimientos conforme a lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 545:2011:

- Revestimientos exteriores:
  - Recubrimientos de pintura rica en cinc con capa de acabado.
  - Manga de polietileno (añadida al recubrimiento de cinc con capa de acabado) según la norma ISO 8180:2020.
  - Recubrimiento de aleación de cinc y aluminio con o sin otros metales, con capa de acabado.
  - Polietileno extruido de acuerdo con la norma UNE-EN 14628-1:2021.
  - Poliuretano según la norma UNE-EN 15189:2008.
  - Mortero de cemento reforzado de acuerdo con la norma UNE-EN 15542:2009.
  - Cinta adhesiva.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Revestimientos interiores:
  - Mortero de cemento con mayor espesor.
  - Mortero de cemento con capa de sellado (“seal-coat”).
  - Poliuretano según la norma UNE-EN 15655-1:2019.
- Revestimientos del área de unión:
  - Recubrimiento epoxi.
  - Recubrimiento de poliuretano.

Como criterio general, la elección del revestimiento exterior se realizará en función de la agresividad del suelo que rodee la conducción (ver apartado *IV.6.2)*, conforme a lo indicado en la *Tabla 9* (anexo D informativo de la norma UNE-EN 545:2011).

Tabla 9. Criterios de selección de los revestimientos exteriores en tubos de fundición según la agresividad del terreno

Agresividad del terreno	***Tipo de revestimiento exterior de los tubos***
Terrenos poco corrosivos	Cinc metálico y pintura bituminosa de acabado.
Terrenos muy corrosivos	Cinc metálico; pintura bituminosa de acabado; manga de polietileno. Cinc-aluminio y pintura de acabado.
Terrenos sumamente corrosivos	Poliuretano. Polietileno extruído. Cinta adhesiva.

La norma UNE-EN 545:2011 entiende por suelos muy corrosivos los que tienen una resistividad muy baja (menor de 1.500 Ω·cm si es una instalación por encima del nivel freático o 2.500 Ω·cm si es bajo la capa freática), o un pH menor de 6, o si tienen un alto contenido de sulfatos, cloruros o sulfuros, o si hay peligro de contaminación por vertidos orgánicos o industriales o si existen corrientes vagabundas, etc.

En cuanto a los revestimientos interiores, su elección será función de la agresividad del agua transportada como se indica en la *Tabla 10*.

Tabla 10. Criterios de selección de los revestimientos interiores en tubos de fundición según la agresividad del agua transportada

Agresividad del agua transportada	***Tipo de revestimiento interior de los tubos***
Aguas no agresivas	Mortero de cemento portland
Aguas agresivas	Mortero de cemento resistente a los sulfatos (incluyendo cementos de alto horno)
Aguas sumamente agresivas	Mortero de cemento aluminoso Poliuretano

Las aguas agresivas son, según el anexo E (informativo) de la norma UNE-EN 545:2011, las que se indican en la *Tabla 11.*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 11. Clasificación de las aguas por su agresividad (UNE-EN 545)

Característica	***Aguas no agresivas***	***Aguas agresivas***	***Aguas sumamente agresivas***
Valor mínimo de pH	6	5,5	4
Contenido máximo (mg/l) en:			
CO_2 agresivo	7	15	No limitado
Sulfatos (SO4-)	400	3.000	No limitado
Magnesio (Mg++)	100	500	No limitado
Amonio (NH4+)	30	30	No limitado

En cualquier caso, en el ámbito del agua para consumo humano, se considerará con carácter general que el agua transportada es no agresiva.

II.2.2.8 *Marcado de los tubos*

Todos los tubos deberán ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con la siguiente identificación como mínimo:

- Nombre o marca del fabricante.
- Identificación del año de fabricación.
- Identificación como fundición dúctil.
- Diámetro nominal, DN.
- PN (rating) de las bridas, para componentes bridados.
- Referencia a la norma UNE-EN 545:2011.
- Clase de presión de los tubos centrifugados.
- Identificación del certificado de producto emitido por tercera parte, si procede.

Las cinco primeras indicaciones anteriormente citadas deben ser de molde o estampadas en frío; el resto pueden aplicarse mediante otro sistema, por ejemplo, pintadas sobre los tubos moldeados.

II.2.3 Tubos de hormigón (HC/HT)

II.2.3.1 *Consideraciones generales*

Podrán utilizarse tuberías de hormigón de los siguientes tipos:

- Tubos de hormigón armado con camisa de chapa (HC)
- Tubos de hormigón pretensado con camisa de chapa (HT)

La utilización de tubos de hormigón pretensado con camisa de chapa se realizará siempre bajo autorización expresa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Para su cálculo, fabricación, control e instalación deberá cumplirse lo especificado por las siguientes normas e instrucciones: UNE-EN 639:1995, UNE-EN 641:1995, UNE-EN 642:1995, Instrucción del

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado (IET), Código estructural CE-21 e Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Su uso se limitará al indicado en el apartado II.2.1

Las tuberías de hormigón armado con camisa de chapa podrán utilizarse en conducciones de diámetro igual o superior a 1.000 mm. Es recomendable su uso en conducciones en las que se puedan producir acciones ovalizantes importantes y en las que se prevean pocas derivaciones.

Para presiones máximas de diseño (MDP) superiores a 1,6 MPa, además de tuberías de hormigón armado con camisa de chapa, se considerará la posibilidad de utilizar tuberías de hormigón pretensado con camisa de chapa. Ambas soluciones requerirán un estudio técnico-económico justificativo previo y la aprobación por Canal de Isabel II de la solución adoptada.

II.2.3.2 *Definiciones*

Complementariamente al apartado *I.5 Definiciones*, en estos tubos son de aplicación los siguientes conceptos:

– Tubo de hormigón armado con camisa de chapa (HC)

Es el formado por una pared de hormigón y una armadura transversal, compuesta por una o más jaulas cilíndricas y una camisa de chapa de acero soldada, que, además, es la encargada de garantizar la estanquidad. Normalmente la camisa de chapa está situada más próxima al paramento interior que las armaduras y entre este paramento y la camisa pueden disponerse armaduras transversales y longitudinales o bien un mallazo, dependiendo del diámetro del tubo.

– Tubo de hormigón pretensado con camisa de chapa (HT)

Es el formado por un núcleo de hormigón que contiene una camisa cilíndrica de chapa, que le confiere estanquidad, un alambre de acero de alta resistencia que se enrolla helicoidalmente alrededor del núcleo, postesado a una tensión previamente fijada, que se designa "tensión de zunchado", y un revestimiento exterior, de espesor y naturaleza variables, cuya misión principal es la protección del alambre. Estos tubos podrán ser de camisa embebida o de camisa revestida, según que la camisa de chapa del núcleo esté revestida de hormigón por ambos lados o bien únicamente por el interior.

– Diámetro nominal

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

II.2.3.3 *Clasificación*

La clasificación de los tubos se realiza en base al tipo de tubo de que se trate, a su DN y a la presión máxima de diseño (MDP) que resistan, debiendo, en cualquier caso, figurar en el proyecto planos de detalle y prescripciones técnicas relativas a la disposición de las armaduras, espesor de hormigón y mortero de revestimiento, características de los materiales, proceso de ejecución y cuanta otra información sea necesaria para la completa y unívoca definición del tubo.

Las posibles tipologías son las indicadas en el apartado *II.2.3.1 Consideraciones generales* y la serie de DN admitidos para cada una de ellas se muestra en el *II.2.3.5 Dimensiones*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En cuanto a las presiones máximas de diseño (MDP) no hay serie alguna normalizada puesto que para un mismo valor podrían variar parámetros tales como el espesor, la disposición de las armaduras, su cuantía, etc.

II.2.3.4 *Características técnicas*

Los materiales empleados en los tubos de hormigón armado y pretensado (cemento, agua, áridos, aditivos, adiciones, acero para armaduras pasivas y activas y chapas de acero) deberán cumplir lo especificado por la vigente Instrucción de Hormigón Estructural y por las demás normas e instrucciones indicadas en el apartado II.2.3.1Consideraciones generales, así como lo que complementariamente se expone a continuación.

- Cemento: El cemento a emplear deberá cumplir con lo especificado por la vigente Instrucción para la Recepción de Cementos. En ningún caso se deberá utilizar cemento aluminoso.
- Hormigón: Se emplearán hormigones cuya resistencia característica no sea inferior a 35 N/mm^2.
- Armaduras pasivas: En general, las barras o alambres de las armaduras pasivas deberán ser de los siguientes diámetros: 6, 8, 10 y 12 mm y el acero a emplear será de calidad soldable, cuando sea preciso. Las barras corrugadas cumplirán con la norma UNE 36068:2011 y las mallas electrosoldadas con la UNE 36092:2014.

  En la armadura principal (transversal) se utilizarán barras o alambres corrugados, mientras que en la armadura auxiliar (longitudinal) se utilizarán aceros lisos.
- Armaduras activas: En general, los alambres de pretensado deberán ser de los siguientes diámetros: 5, 6 y 7 mm.

  Cumplirán con la normativa UNE 36094:1997 y con la vigente Instrucción de Hormigón Estructural, admitiéndose los tipos indicados en la *Tabla 12.*

Tabla 12. Tipos de alambre de pretensado

Designación	***Diámetros nominales (mm)***	***Carga unitaria máxima $f_{máx}$ (N/mm^2)***
Y 1670 C	7	1.670
Y 1770 C	5 - 6	1.770
Y 1860 C	5	1.860

- Chapa de acero: La chapa empleada en las camisas de los tubos de hormigón armado o pretensado, debe ser de acero dulce y espesor uniforme (en ningún caso inferior a 6 mm).

  Para su fabricación podrán emplearse chapas de tipo S-235 JR (UNE-EN 10025-2:2020) o de calidad superior.

  La consideración en el cálculo de un límite elástico del acero superior a 210 MPa deberá justificarse debidamente.

El proceso de ejecución (moldeado, disposición de armaduras activas y pasivas y camisas de chapa, hormigonado, etc.) debe cumplir con lo especificado en las normas e instrucciones indicadas en el II.2.3.1

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Consideraciones generales y complementariamente con lo que se expone en la Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión (CEDEX).

II.2.3.5 *Dimensiones*

La serie de DN y sus espesores mínimos normalizados se indican en la tabla siguiente en función de las tipologías de tubos de hormigón descritas en el apartado *II.2.3.1 Consideraciones generales*.

Tabla 13. Dimensiones de los tubos de hormigón armado y pretensado (normas UNE-EN 639:1995, 641:1995 y 642:1995)

DN	Tolerancia en DN		Espesores mínimos (mm) (incluida la camisa de chapa)		
			HC		HT
	Media (+/- mm)	Individual (+/- mm)	Revestimiento interior	Tubo	
1.000	11,0	22	20	80	65
1.100	11,5	23	25	85	70
1.200	12,0	24	25	95	75
1.250	12,0	24	25	100	75
1.400	12,0	24	25	110	85
1.500	12,0	24	25	115	90
1.600	12,0	24	25	125	100
1.800	12,0	24	30	140	115
2.000	12,0	24	40	155	125
2.100	12,0	24	40	165	-
2.200	12,0	24	40	170	135
2.400	12,0	24	45	185	145
2.500	12,0	24	45	195	150
2.600	12,0	24	45	200	160
2.800	12,0	24	45	215	170
3.000	12,0	24	45	220	180
3.200	12,0	24	45	230	190
3.500	12,0	24	50	250	210

La longitud de los tubos (L) no está normalizada. En cualquier caso, la tolerancia sobre el valor declarado por el fabricante debe ser de +/- 10 mm y la relación L/DN no mayor de 21 (UNE-EN 639:1995).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

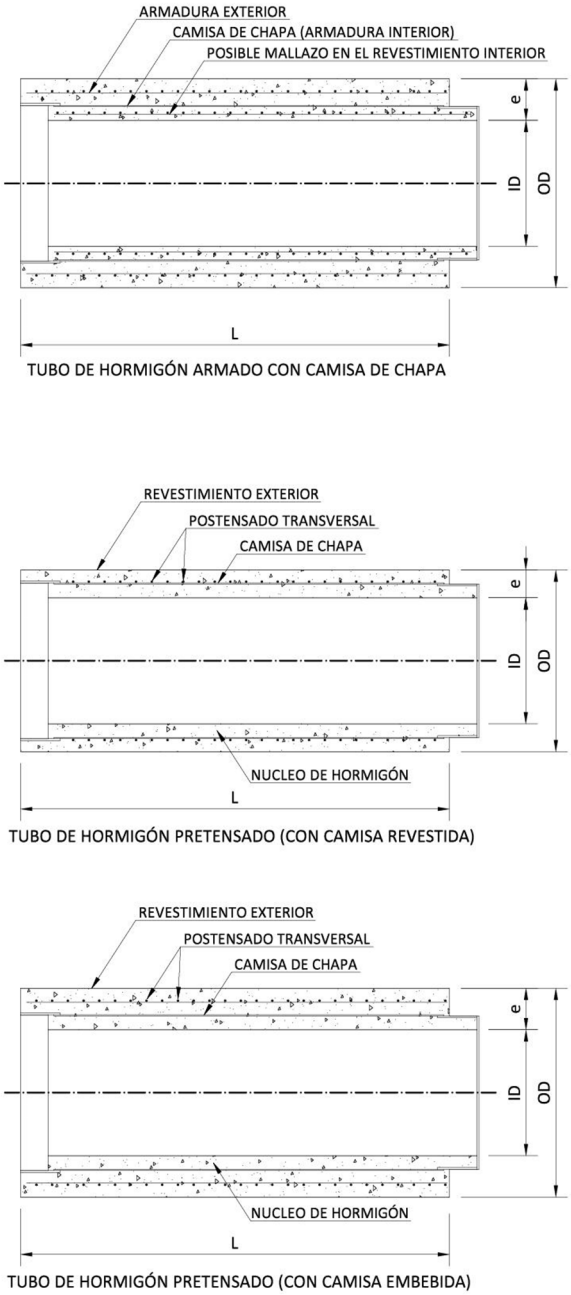


Figura 5. Dimensiones y tipologías en los tubos de hormigón

II.2.3.6 *Uniones*

Los sistemas de unión de los tubos de hormigón podrán ser alguno de los que se indican a continuación, los cuales deberán ser conformes con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 639:1995.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Uniones rígidas (uniones soldadas).
- Uniones flexibles con anillo elastomérico.

Se definen y clasifican estas tipologías de uniones.

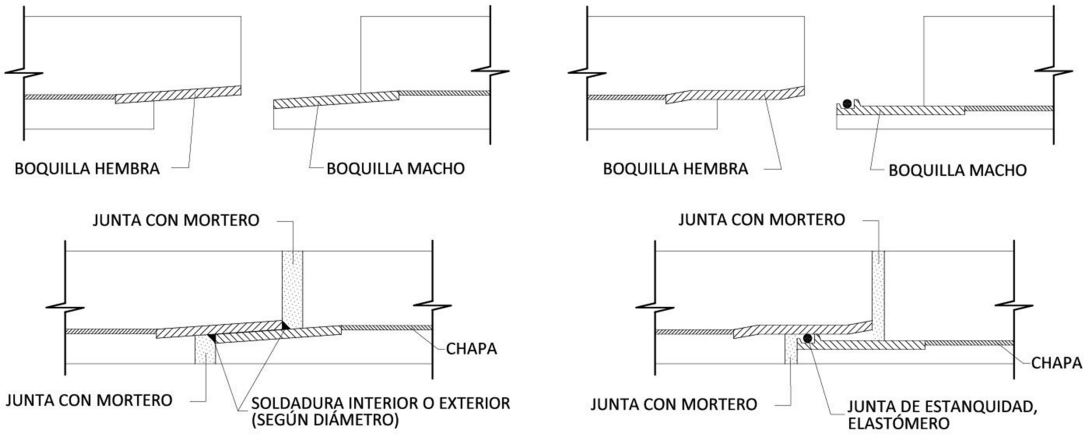


Figura 6. Unión rígida (izquierda) y flexible (derecha) en los tubos de hormigón

Las desviaciones angulares admisibles son las indicadas en la *Tabla 14.*

Tabla 14. Uniones flexibles. Valores mínimos de la desviación angular admisible (UNE-EN 639:1995)

DN	***Uniones flexibles***
DN ≤ 1.000	1º 09'
DN > 1.000	1º 09' x 1.000/DN

Para cada instalación el proyecto correspondiente debe especificar los tipos de unión que sean de aplicación.

Si hay muchos cambios de trazado en la conducción, las uniones rígidas pueden ser recomendables al reducir la necesidad de colocar los correspondientes macizos de anclaje.

II.2.3.7 *Marcado de los tubos*

Todos los tubos deberán ir indeleblemente marcados de forma claramente visible y duradera con la siguiente información como mínimo en el extremo macho o hembra:

- Referencia a la norma EN 641:1995, para HC, o EN 642:1995, para HT.
- Una “P” para indicar que el tubo es apto para el transporte de agua para consumo humano.
- Identificación del fabricante y lugar de producción.
- Identificación de la fecha de fabricación.
- Identificación de la certificación por tercera parte, si procede.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Identificación del diámetro y del tipo de resistencia mecánica, si procede.
- Identificación de un uso especial, cuando proceda.
- Si se especifica en los documentos del contrato se colocarán en el tubo marcas especiales de identificación suficientes para indicar la localización adecuada del tubo en la conducción por referencia a dibujos y nomenclaturas especificadas en la norma UNE-EN 639:1995.
- Todos los tubos biselados serán marcados indicando su desviación angular. El lado corto será igualmente identificado.
- Si se usa armadura elíptica, el eje menor de la armadura será identificado.

II.2.4 Tubos de acero (AC)

II.2.4.1 *Consideraciones generales*

Con carácter general, los tubos de acero cumplirán con la norma UNE-EN 10224:2003.

Podrán emplearse tuberías de acero en conducciones de diámetro nominal superior o igual a 800 mm, limitándose su uso al indicado en el apartado II.2.1 Consideraciones generales. Mapas de usos. En instalaciones singulares (depósitos, impulsiones, estaciones de tratamiento de agua, etc.), y previa justificación, se podrán utilizar tuberías de acero de menor diámetro.

En zonas urbanas, urbanizables y en aquellas que así lo aconsejen por su posible afección a otras infraestructuras, las tuberías de acero deberán ir alojadas en un dado de hormigón y seguirán lo especificado en el apartado *IV.5.4.1 Tubos enterrados*.

II.2.4.2 *Definiciones*

Complementariamente al apartado *I.5 Definiciones*, en estos tubos son de aplicación las siguientes:

- Diámetros nominales

En los tubos de acero el diámetro nominal (DN) se refiere al diámetro exterior (OD).

- Presión nominal (PN)

El concepto de presión nominal en los tubos de acero solo se emplea en el caso de que se unan con bridas, en cuyo caso, el valor de PN corresponde a la PFA.

II.2.4.3 *Clasificación*

Los tubos de acero se clasifican por el diámetro nominal (DN), por el espesor nominal (e) y por el tipo de acero empleado (por el valor de su límite elástico).

La serie de diámetros nominales (DN) y espesores nominales (e) normalizados son los indicados en el apartado *II.2.4.5 Dimensiones* y el tipo de acero empleado debe cumplir con lo especificado en el epígrafe siguiente *II.2.4.4*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.2.4.4 *Características técnicas*

El acero empleado debe ser no aleado y completamente calmado, según se indica en la norma UNE-EN 10020:2001. Además, será apto para el soldeo, según lo indicado en la norma UNE-EN 10025-1:2006 y UNE-EN 10025-2: 2020.

De acuerdo con la norma UNE-EN 10224:2003, se podrán utilizar dos tipos de acero: L275 y L355. De manera habitual se optará por acero de calidad L275.

También se podrán emplear otros aceros diferentes a los anteriormente indicados siempre que previamente se haya autorizado su utilización por parte de Canal de Isabel II. En la *Tabla 15* se recogen las equivalencias aproximadas de los aceros contemplados en la norma UNE-EN 10224:2003 con otros empleados tradicionalmente, en base a sus características mecánicas.

Tabla 15. Equivalencias aproximadas entre los aceros previstos en las diferentes normas de producto.

UNE-EN 10224:2003	***UNE-EN 10025-2:2020***	***UNE-EN-ISO 3183:2020 y API 5L 46th 2018***
L275	S275	L290 ó X42
L355	S355	L360 ó X52

La composición química de la colada en los aceros, así como las características mecánicas de éstos, deben cumplir con lo especificado de la *Tabla 16 a la Tabla 21*.

Tabla 16. Composición química de la colada del acero (UNE-EN 10224:2003)

Designación simbólica del acero	***C % máx.***	***Si % máx.***	***Mn % máx.***	***P % máx.***	***S % máx.***
L275	0,20	0,40	1,40	0,030	0,025
L355*	0,22	0,55	1,60	0,030	0,025

* Para el acero L355, se permiten adiciones de niobio, titanio y vanadio a la elección del fabricante. En este caso, los documentos de inspección deben indicar el contenido de estos elementos.

Tabla 17. Características mecánicas a temperatura ambiente del acero (UNE-EN 10224:2003)

Designación simbólica del acero	***Resistencia a tracción (MPa)***	***Límite elástico aparente mínimo (MPa) para los espesores (e) en mm***		***Alargamiento mínimo en la rotura (%)***	
		e ≤ 16	***e > 16***	***Longitudinal***	***Transversal***
L275	430 a 570	275	265	21	19
L355	500 a 650	355	345	21	19

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 18. Composición química de la colada del acero (UNE-EN 10025-2:2020)

Designación simbólica del acero	Estado de desoxidación (1)	C % máx.	Mn % máx.	Si % máx.	P % máx. (3)	S % máx. (3)	N % máx.	Cu % máx.
S275JR	FN	0,21	1,50	-	0,035	0,035	0,012	0,55
S275J0	FN	0,18	1,50	-	0,030	0,030	0,012	0,55
S275J2	FF	0,18	1,50	-	0,025	0,025	-	0,55
S355JR	FN	0,24	1,60	0,55	0,035	0,035	0,012	0,55
S355J0	FN	0,20 (2)	1,60	0,55	0,030	0,030	0,012	0,55
S355J2	FF	0,20 (2)	1,60	0,55	0,025	0,025	-	0,55
S355K2	FF	0,20 (2)	1,60	0,55	0,025	0,025	-	0,55

(1): FN = acero efervescente no permitido; FF = acero totalmente calmado.

(2): Para espesor nominal ≤ 16 mm en grados suministrados para conformado con rodillos en frío: C = 0,22% máx.

(3): Para productos largos el contenido en P y S puede ser un 0,005% superior.

Tabla 19. Características mecánicas a temperatura ambiente del acero (UNE-EN 10025-2:2020)

Designación simbólica del acero	Límite elástico mínimo (1) (MPa) Espesor nominal (mm)		Resistencia a tracción (1) (MPa) Espesor nominal (mm)	Alargamiento mínimo (1) (%) Espesor nominal (mm)
	e ≤ 16	16 < e ≤ 40	3 ≤ e ≤ 100	3 ≤ e ≤ 40
S275JR	275	265	410 a 560	23
S275J0	275	265	410 a 560	
S275J2	275	265	410 a 560	21
S355JR	355	345	470 a 630	22
S355J0	355	345	470 a 630	
S355J2	355	345	470 a 630	
S355K2	355	345	470 a 630	20

(1): Para chapas, bandas y planos anchos con anchura ≥ 600 mm, los valores se aplican a la dirección transversal a la de laminación. Para los demás productos los valores se aplican a la dirección paralela a la de laminación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 20. Composición química de la colada del acero (UNE-EN ISO 3183:2020 y API 5L 46th 2018; Niveles de especificación de producto PSL 1 y 2)

Nivel de especificación de producto 1 (PSL 1)							
Grado del acero	**C % máx.**	**Mn % máx.**	**P % máx.**	**S % máx.**	**V % máx.**	**Nb % máx.**	**Ti % máx.**
L290 ó X42	0,19	1,30	0,030	0,030	(2)	(2)	(2)
L360 ó X52	0,22	1,40	0,030	0,030	(2)	(2)	(2)

(2): (Nb+V+Ti) ≤ 0,15%

Nivel de especificación de producto 2 (PSL-2)									
Grado del acero	**C % máx.**	**Si % máx.**	**Mn % máx.**	**P % máx.**	**S % máx.**	**V % máx.**	**Nb % máx.**	**Ti % máx.**	**Otros % máx.**
L290R ó X42R	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	0,06	0,05	0,04	(3)
L290N ó X42N	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	0,06	0,05	0,04	(3)
L290Q ó X42Q	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	(3)
L290M ó X42M	0,22	0,45	1,30	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	(3)
L360N ó X52N	0,24	0,45	1,40	0,025	0,015	0,10	0,05	0,04	(2), (3)
L360Q ó X52Q	0,18	0,45	1,50	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	(3)
L360M ó X52M	0,22	0,45	1,40	0,025	0,015	(2)	(2)	(2)	(3)

(2): (Nb+V+Ti) ≤ 0,15%
(3): Cu ≤ 0,50%, Ni ≤ 0,30%, Cr ≤ 0,30% y Mo ≤ 0,15%

Tabla 21. Características mecánicas a temperatura ambiente del acero (UNE-EN ISO 3183:2020 y API 5L 46th 2018; Niveles de especificación de producto 1 y 2)

Nivel de especificación de producto 1 (PSL-1)			
Grado del acero	**Límite elástico (MPa)**	**Resistencia a tracción (MPa)**	**Alargamiento en rotura (%)**
	mín.	*mín.*	*mín.*
L290 ó X42	290	415	(1)
L360 ó X52	360	460	(1)

(1): Alargamiento en rotura (%) = $1940 \cdot A^{0,2}/U^{0,9}$

Donde: A (mm^2): Sección transversal de la probeta. U (MPa): Resistencia a tracción mínima especificada.

Nivel de especificación de producto 2 (PSL-2)					
Grado del acero	**Límite elástico (MPa)**		**Resistencia a tracción (MPa)**		**Alargamiento en rotura (%)**
	mín.	**máx.**	**mín.**	**máx.**	**mín.**
L290R ó X42R L290N ó X42N L290Q ó X42Q L290M ó X42M	290	495	415	760	(1)
L360N ó X52N L360Q ó X52Q L360M ó X52M	360	530	460	760	(1)

(1): Alargamiento en rotura (%) = 1940·A0,2/U0,9

Donde: A (mm): Sección transversal de la probeta. U (MPa): Resistencia a tracción mínima especificada.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.2.4.5 *Dimensiones*

Las dimensiones normalizadas de los tubos de acero (diámetros y espesores) según la norma UNE-EN 10224:2003, con las limitaciones indicadas en el apartado *II.2.1* y las relativas al cálculo mecánico del apartado *IV.5.4 Tubos de acero (AC)*, se recogen en la Tabla 22.

La *Tabla 22* recoge los valores espesor/diámetro que cumplen exclusivamente con las hipótesis de "Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)" y "Presión hidráulica interior negativa (pandeo o colapso)", reflejados en el mencionado apartado *IV.5.4,* tal como se desarrollan en el mismo, y considerando los tipos de acero L275 y L355. En cualquier caso, para estos tipos de acero, la relación espesor/diámetro vendrá dada por el valor crítico correspondiente a la hipótesis "Presión hidráulica interior negativa (pandeo o colapso)", que implica que dicha relación superará en todo caso el valor del ocho por mil (8 ‰). Con este valor se garantiza un coeficiente de seguridad mínimo de 2 ante el pandeo o colapso al comprobarlo mediante la formulación de Levy para la solicitación de vacío en el interior de la tubería (-0,1 MPa de presión relativa). Esta fórmula es válida para los tubos aéreos, pero también se recomienda su cumplimiento en los tubos enterrados. Cabe destacar que la *Tabla 22* no incluye ningún tipo de acción externa, como pueden ser las reflejadas en el apartado *IV.5.4.1 Tubos enterrados*.

Tabla 22. Diámetros y espesores nominales de los tubos de acero (UNE-EN 10224:2003)

DN	Espesor nominal, e (mm)											
	7,1	8,0	8,8	10,0	11,0	12,5	14,2	16,0	17,5	20,0	22,2	25,0
813	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
864	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
914		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.016			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.067			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.118				■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.168				■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.219				■	■	■	■	■	■	■	■	■
1.321					■	■	■	■	■	■	■	■
1.422						■	■	■	■	■	■	■
1.524						■	■	■	■	■	■	■
1.626							■	■	■	■	■	■
1.727							■	■	■	■	■	■
1.829								■	■	■	■	■
1.930								■	■	■	■	■
2.032									■	■	■	■
2.134									■	■	■	■
2.235										■	■	■
2.337										■	■	■
2.438										■	■	■
2.540											■	■
2.642											■	■
2.743											■	■

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Las longitudes de los tubos de acero no están normalizadas debiendo determinarse para cada proyecto concreto.

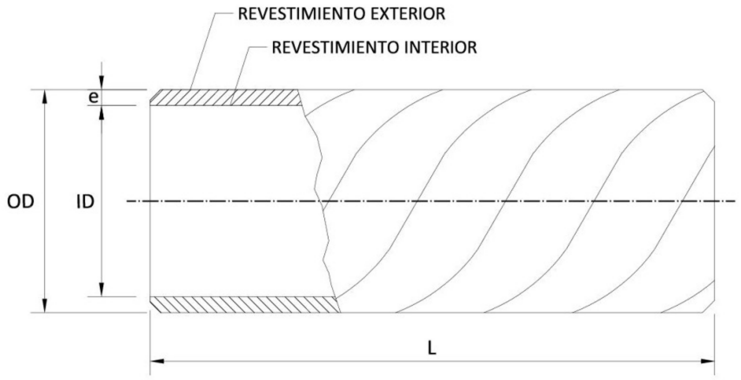


Figura 7. Dimensiones en los tubos de acero

II.2.4.6 *Uniones*

Los tubos de acero podrán estar provistos de los siguientes tipos de uniones, los cuales deberán cumplir lo especificado en la norma UNE-EN 10311:2006.

- Uniones rígidas soldadas
  - A tope
  - Con embocadura (junta abocardada)
    - Con embocadura cilíndrica
    - Con embocadura esférica
- Uniones rígidas con bridas

En el apartado *II.3 Uniones* se define el concepto de unión rígida en comparación a otras tipologías.

Habitualmente se emplearán uniones rígidas soldadas abocardadas. De manera excepcional, en instalaciones singulares y con diámetros pequeños, los tubos podrán unirse mediante bridas.

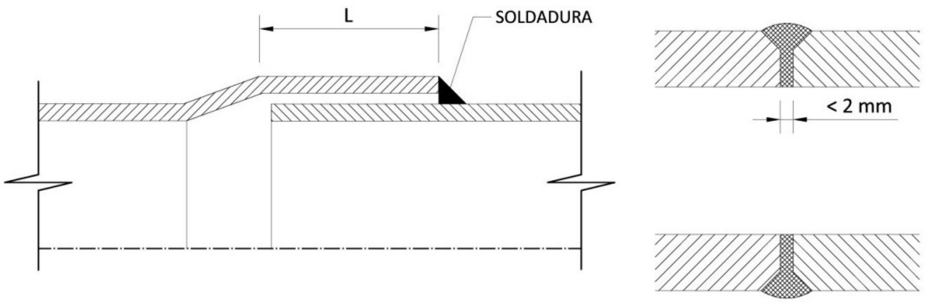


Figura 8. Detalle de unión abocardada (izquierda) o soldada a tope (derecha) en tubos de acero

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.2.4.7 *Revestimientos y protección del tubo*

Por su condición de metálicos los tubos de acero requieren protección frente a la corrosión, la cual se realizará mediante los dos sistemas siguientes:

- Protección pasiva mediante revestimientos: barrera física entre las partes que intervienen en el proceso de corrosión, con propiedades de aislante eléctrico.
- Protección activa o catódica: provoca que toda la superficie de la tubería se convierta en cátodo de una determinada pila, y de esta manera el metal no ceda electrones.

En todos los casos se estudiará la necesidad de protección catódica siendo obligatoria en el caso de tuberías enterradas (ver apartado *IV.6 Cálculo de protección catódica*).

El interior de los tubos ha de estar revestido con una capa mínima de 400 micras de pintura epoxi que cumpla la normativa vigente sobre productos en contacto con agua para el consumo humano, con una preparación previa de la superficie a grado SA 2½ según la norma UNE-EN ISO 8501-1:2008. También, previa autorización de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, podrá estar revestido con una capa mínima de 500 micras de poliuretano.

El exterior de los tubos se protegerá con una capa mínima de 1.000 micras de poliuretano o de 3 mm de polietileno extruido en caliente, previa preparación de la superficie a grado SA 2½ según la norma UNE-EN ISO 8501-1:2008.

Los valores citados son espesores mínimos. Para cada caso concreto, tanto los espesores como el resto de las características de los revestimientos deberán cumplir lo especificado en las normas indicadas a continuación:

- Revestimiento interior:
  - Pintura epoxi: AWWA C210-15.
  - Poliuretano: AWWA C222-18.
- Revestimiento exterior:
  - Poliuretano: UNE-EN 10290:2003 o AWWA C222-18.
  - Polietileno extruido en caliente: DIN 30670:2012-4 o ISO 21809-1:2019, para revestimiento tricapa.

Las uniones y soldaduras realizadas en obra se deberán proteger con bandas (cintas) o manguitos termoretráctiles según las normas UNE-EN 12068:1999, UNE-EN ISO 21809-3:2016 o DIN 30672-1:2019-05 y DIN 30672-2:2019-05.

El tipo de recubrimiento en obra (banda o manguito) se seleccionará en función de la clase de resistencia mecánica y de la temperatura de servicio de la conducción.

En cualquier caso, de forma previa a la instalación de la banda o del manguito deberá prepararse la superficie convenientemente.

Durante la instalación, el solape con el revestimiento aplicado en fábrica deberá ser de al menos 50 mm y el realizado entre bandas será el especificado por el fabricante.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En la unión se deberá conseguir un espesor aproximadamente igual al del recubrimiento exterior aplicado en fábrica al tubo de acero. Para ello, las bandas se enrollarán helicoidalmente y el manguito sobre sí mismo, requiriendo éste la aplicación de calor.

II.2.4.8 *Marcado de los tubos*

Cada tubo debe marcarse de manera legible mediante estarcido u otro procedimiento de marcado indeleble, con la siguiente información en la secuencia indicada:

- Nombre del fabricante o marca de identificación.
- Referencia a la norma EN 10224:2003, en su caso.
- Designación simbólica del acero.
- En caso de inspección técnica:
  - Marca del inspector, cuando se requiera una inspección específica.
  - Número de identificación (por ejemplo, número de pedido o de artículo), que permita la correlación del producto o unidad de suministro con los documentos relacionados.
- La letra W para indicar que el tubo ha sido fabricado mediante soldadura.
- Diámetro nominal, DN.
- Espesor nominal, e.
- Identificación del certificado de producto emitido por tercera parte, si procede.

El marcado sobre el tubo no debe comenzar a más de 300 mm de uno de los extremos.

II.2.5 Tubos de polietileno (PE)

II.2.5.1 *Consideraciones generales*

Los tubos de PE objeto del presente apartado deberán cumplir, en general, con lo especificado para los mismos en las normas UNE-EN 12201-1:2012 y UNE-EN 12201-2:2012+A1:2020. Su uso se limitará al indicado en el apartado *II.2.1 Consideraciones generales. Mapas de usos.*.

Únicamente se podrán emplear con presión nominal mínima (PN) de 1,6MPa, y siempre previa autorización de Canal de Isabel II.

II.2.5.2 *Definiciones*

Complementariamente al apartado *I.5 Definiciones*, en los tubos de PE serán de aplicación las siguientes:

- Diámetro nominal, DN

En los tubos de PE la designación genérica DN se refiere al diámetro exterior (OD).

- Espesor nominal, en

Designación numérica del espesor de pared de un componente, que es un número convenientemente redondeado, aproximadamente igual a la dimensión de fabricación en mm.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

El valor del espesor nominal es igual al del espesor mínimo en cualquier punto del tubo.

– Relación de dimensiones normalizada, SDR

Relación entre el diámetro nominal (DN) y el espesor nominal (e_n) del tubo.

$$\mathrm{SDR} = \frac{\mathrm{DN}}{e_n}$$

– Serie, S

Relación entre el radio medio teórico (r_m) y el espesor nominal (e_n) del tubo.

$$S = \frac{r_m}{e_n} \qquad r_m = \frac{\mathrm{DN} - e_n}{2}$$

SDR y S, se relacionan según la expresión siguiente:

$$S = \frac{\mathrm{SDR} - 1}{2}$$

– Presión nominal, PN

Valor que coincide con la presión de funcionamiento admisible (PFA) en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 20°C. Para otras temperaturas del agua la PN deberá corregirse por un factor de corrección, F_c (ver apartado *II.2.5.4 Características técnicas*).

– Límite inferior de confianza de la resistencia hidrostática prevista, σLPL

Cantidad, expresada en MPa, que representa el límite inferior de confianza al 97,5% de la resistencia hidrostática prevista a una temperatura θ en un tiempo t.

– Resistencia Mínima Requerida, MRS

Valor de σ_{LPL} a 20°C y 50 años redondeado al valor inferior más próximo de la serie R20 de los números de Renard.

La serie R20 se recoge en la *Tabla 23.*

Tabla 23. Resistencia mínima requerida. Valores de aplicación de las Series de los números de Renard

Serie R20 de los números de Renard
1 - 1,12 - 1,25 - 1,4 -1,6 -1,8 - 2 - 2,24 - 2,5 - 2,8 - 3,15 - 3,55 - 4 - 4,5 - 5 - 5,60- 6,3 - 7,1 - 8 - 9 - 10 - 11,2 - 12 - 14 - 16 - 18 - 20 - 22,4 - 25 - 28 - 32 - 35,5 - 40 - 45 - 50 -56 - 63 - 71 - 80 - 90 - 100

– Esfuerzo de diseño, σs

Esfuerzo admisible para una aplicación determinada a 20°C. Se determina dividiendo la Resistencia Mínima Requerida (MRS) por el coeficiente de seguridad (C).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

$$\sigma_S = \frac{\text{MRS}}{C}$$

– Coeficiente de seguridad o coeficiente de diseño, C

Coeficiente global, con un valor mayor o igual a la unidad y que considera tanto las condiciones de servicio, como las propiedades de los componentes de un sistema de canalización distintas de las que están representadas por el límite inferior de confianza.

Se denomina también "coeficiente de diseño" y deberá ser seleccionado de entre alguno de los siguientes (serie R20 de los números de Renard):

1,12 - 1,25 - 1,40 - 1,60 - 1,80 - 2,00 - 2,24 - 2,50 - 2,80

Los parámetros anteriores se relacionan mediante las siguientes expresiones:

$$\text{PN} = \frac{20 \cdot MRS}{C \cdot (\text{SDR-1})} = \frac{10 \cdot \sigma_S}{S} \approx \frac{2 \cdot e_n \cdot \sigma_S}{\text{DN}}$$

II.2.5.3 *Clasificación*

Los tubos de PE se clasificarán por su diámetro nominal (DN), por su presión nominal (PN) y por la Resistencia Mínima Requerida (MRS) del material.

Alternativamente a la presión nominal (PN), pueden emplearse como parámetros de clasificación la relación de dimensiones normalizada (SDR) o la serie (S), ya que están relacionados (ver apartado *II.2.5.2 Definiciones*).

Se podrán emplear los siguientes diámetros normalizados para los tubos de PE:

90, 110, 125, 140, 160, 180 y 200

Únicamente se podrán emplear los tubos de PE de presión nominal mínima 1,6 MPa (PN 16) y MRS 10,0 N/mm2 (PE 100) y, por lo tanto, SDR = 11,0 y S = 5,0.

II.2.5.4 *Características técnicas*

El valor de σ_{LPL} a 20°C y 50 años de los tubos de PE 100 estará comprendido entre 10,00 y 11,19 N/mm^2.

El coeficiente de seguridad C, o coeficiente de diseño, será de 1,25, propuesto en la norma UNE-EN 12201-1:2012 por defecto (ver apartado II.2.5.2).

La tensión de diseño (σ_s) tendrá un valor de 8,0 N/mm2.

Para una temperatura de 20°C, el valor de la PFA de los tubos será 1,6 N/mm2. Para otras temperaturas, la PFA se obtendrá multiplicando el valor de PN (1,6 N/mm^2) por el factor de corrección F_c (PFA = PN F_c) indicado en la *Figura 9.*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

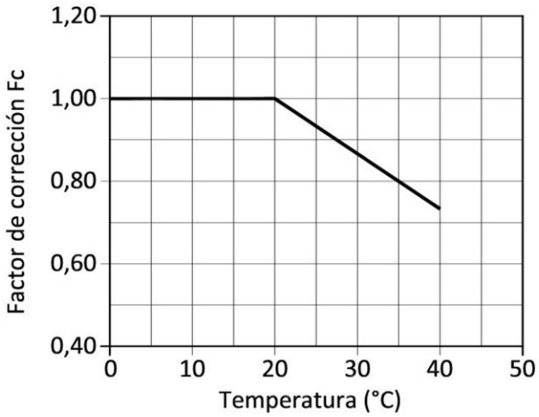


Figura 9. Factor de corrección Fc para T > 20 ºC (UNE-EN 12201-1:2012)

El valor de la PMA, en caso de no ser especificado por el fabricante, se tomará, del lado de la seguridad, igual a la PFA para cada temperatura.

El módulo de elasticidad del material a corto plazo, E_o, será, como mínimo, de 1.000 N/mm^2 y a largo plazo, E_{50}, de 160 N/mm^2. La resistencia mínima a flexotracción a corto o a largo plazo será, respectivamente, 30 ó 14,4 N/mm^2.

II.2.5.5 *Dimensiones*

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PE para su instalación en las redes encomendadas a Canal de Isabel II serán las que se indican a continuación:

Tabla 24. Dimensiones de los tubos de PE para conducción de agua (UNE-EN 12201-2:2012)

DN	*Espesor mínimo (mm)*	*Espesor máximo (mm)*
90	8,2	9,2
110	10,0	11,1
125	11,4	12,7
140	12,7	14,1
160	14,6	16,2
180	16,4	18,2
200	18,2	20,2

* El diámetro nominal (DN) se refiere, aproximadamente, al diámetro exterior (OD).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

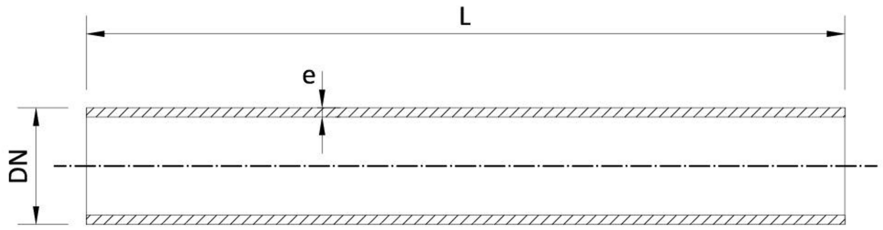


Figura 10. Dimensiones de los tubos de PE

No está normalizada la longitud nominal de los tubos suministrados en barras rectas, debiendo acordarse en cada caso con los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

En el caso de tubos que se suministren enrollados, el diámetro interior de la bobina no debe ser inferior a 18·DN.

II.2.5.6 *Uniones*

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

- Uniones por fusión:
  - Unión por electrofusión (por embocadura o por solape)
  - Unión por fusión a tope
  - Unión mediante fusión por solape
- Uniones mecánicas
  - Unión mediante accesorios de compresión
  - Unión mediante bridas

En el apartado *II.3 Uniones* se definen y clasifican estas tipologías de uniones.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

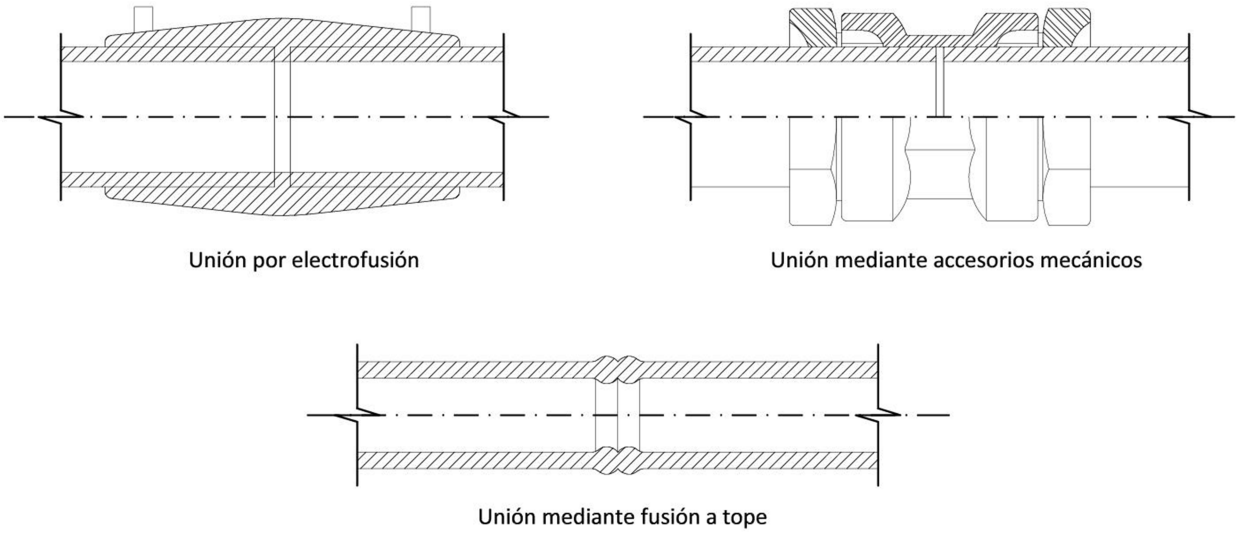


Figura 11. Sistemas de unión en los tubos de PE

Se recomienda que las uniones entre tubos de polietileno se realicen mediante electrofusión. La unión mediante accesorios mecánicos se podrá emplear en reparaciones de tuberías y la unión mediante bridas sólo se utilizará con piezas especiales y elementos de maniobra y control. La soldada térmicamente a tope sólo será aplicable a tubos de DN 200 y bajo la autorización expresa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

II.2.5.7 *Marcado de los tubos*

El marcado mínimo requerido debe ser conforme con lo indicado a continuación, con una frecuencia de marcado no inferior a una vez por metro.

- Referencia a la norma EN 12201-2:2012+A1:2020.
- Nombre o marca del fabricante.
- Dimensiones (DN x e, siendo e el espesor nominal).
- Serie SDR.
- Uso previsto
- Material y designación (PE 100).
- Clasificación de presión, en bar (PN 16).
- Información del fabricante sobre la trazabilidad (periodo y, en su caso, lugar de producción)
- Identificación del certificado de producto emitido por tercera parte, si procede.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.2.6 Tubos de policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O)

II.2.6.1 *Consideraciones generales*

Los tubos de PVC-O deberán cumplir con lo especificado para los mismos en la Norma UNE-EN 17176-2:2019, siendo requerido el Certificado de producto bajo dicha norma. Se considerará de manera adicional el cumplimiento de la ISO 16422:2014, y la disponibilidad del correspondiente Certificado. Su uso se limitará al indicado en el apartado *II.2.1 Consideraciones generales. Mapas de usos.*.

Se podrán emplear con presiones nominales (PN) de 1,6, 2,0 y 2,5 Mpa.

II.2.6.2 *Definiciones*

Complementariamente a las definiciones del apartado *I.5I.5 Definiciones*, en los tubos de PVC-O serán de aplicación las específicas para los tubos de PE incluidas en el apartado *II.2.5.2 Definiciones* (DN, SDR, serie S, σ_{LPL}, MRS, C yσ_s) excepto la presión nominal PN, que se define para los tubos de PVC-O como el valor que coincide con la presión de funcionamiento admisible (PFA) en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 25°C. Para otras temperaturas del agua la PN deberá corregirse por un factor de corrección, F_c (ver apartado *II.2.6.4 Características técnicas*).

II.2.6.3 *Clasificación*

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

Los valores normalizados en la Norma UNE-EN 17176-2:2019 de DN, PN y MRS, así como sus posibles combinaciones, serán tal como se muestra en la tabla adjunta, los cuales corresponden a un coeficiente de seguridad C de 1,40 que es el propuesto en la UNE-EN 17176-1:2019 por defecto, y considerado igualmente en la Norma ISO 16422:2014.

Se podrán emplear los siguientes diámetros normalizados para los tubos de PVC-O:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 25. Clasificación de los tubos de PVC-O (UNE-EN 17176-2:2019)

		PVC-O 500		
	MRS	50 N/mm²		
	PN	16	20	25
DN	90*			
	110			
	125*			
	140			
	160			
	180*			
	200			
	225*			
	250			
	280			
	315			
	355*			
	400			
	450			
	500			
	560			
	630			
	710			
	800			
	1000			

* Fabricación poco frecuente

Tabla 26. Valores de relaciones de dimensiones normalizadas (SDR) y serie de tubos (S) de tubos PVC-O (UNE-EN 17176-2:2019)

	PN		
	16	20	25
SDR	45,8	37,0	29,0
S	22,4	18,0	14,0

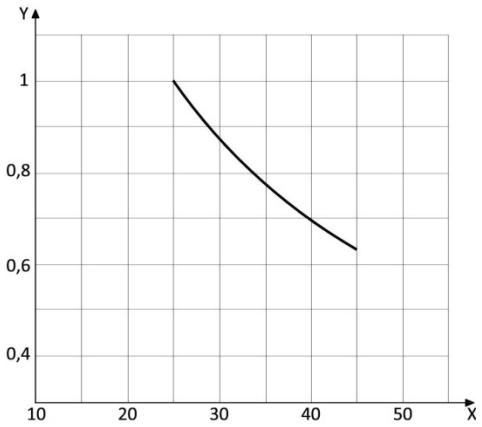
II.2.6.4 *Características técnicas*

El coeficiente de seguridad C adoptado será de 1,4, admitido por la norma UNE-EN 17176-1:2019 (ver apartado *II.2.5.2 Definiciones*) y considerado igualmente en la Norma ISO 16422:2014.

La tensión de diseño (σ_s = MRS/C) tendrá un valor de 36 N/mm^2.

Para una temperatura de 25 ºC, el valor de la PFA de los tubos será 1,6 N/mm^2. Para otras temperaturas, la PFA se obtendrá multiplicando el valor de PN (1,6 N/ mm^2) por el factor de corrección F_c (PFA = PN F_c) indicado en la *Figura 12*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid



X = Temperatura, °C
Y = Coeficiente de reducción, f_T

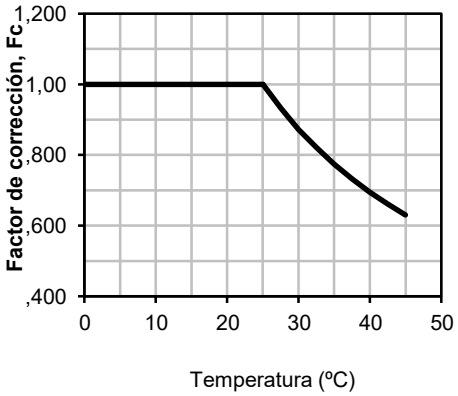


Figura 12. Factor de corrección Fc para T > 25 ºC (UNE-EN 17176-2:2019)

El valor de la PMA, en caso de no ser especificado por el fabricante, se tomará, del lado de la seguridad, igual a la PFA para cada temperatura.

En cuanto a las características mecánicas de los tubos, la resistencia al impacto (VGI) será inferior al 10% y la rigidez teórica mínima 5,2 N/mm^2.

Entre las características físicas, la temperatura de reblandecimiento Vicat no debe ser inferior a 80 ºC. Si se requiere que el tubo sea opaco para su uso en instalaciones no enterradas, la pared del tubo no debe transmitir más del 0,2% de la luz visible.

II.2.6.5 *Dimensiones*

Las dimensiones normalizadas de los tubos de PVC-O se indican en la *Tabla 27.*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 27. Dimensiones de los tubos de PVC-O (UNE-EN 17176-2:2019)

DN	Espesor nominal PN 16 (mm)	Espesor nominal PN 20 (mm)	Espesor nominal PN 25 (mm)
90	2,0	2,5	3,1
110	2,4	3,1	3,8
125	2,8	3,5	4,3
140	3,1	3,9	4,8
160	3,5	4,4	5,5
180	4,0	5,0	6,2
200	4,4	5,5	6,9
225	5,0	6,2	7,7
250	5,5	6,9	8,6
280	6,2	7,7	9,6
315	6,9	8,7	10,8
355	7,8	9,8	12,2
400	8,8	11,0	13,7
450	9,9	12,4	15,4
500	11,0	13,7	17,1
560	12,3	15,4	19,2
630	13,8	17,3	21,6
710	15,4	19,2	24,4
800	17,4	21,6	27,4
1000	21,7	27,0	34,3

* El diámetro nominal (DN) se refiere, aproximadamente, al diámetro exterior (OD).

II.2.6.6 *Uniones*

El sistema de unión de los tubos de PVC-O será mediante juntas flexibles de enchufe y extremo liso con anillo elastomérico (también denominadas de “enchufe y campana”) similar a la mostrada en la *Figura 13.*

Las juntas tóricas elastoméricas utilizadas para la unión de componentes deberán cumplir con lo especificado en la UNE-EN 17176-2:2019.

En el apartado *II.3 Uniones* se definen y clasifican las tipologías de uniones.

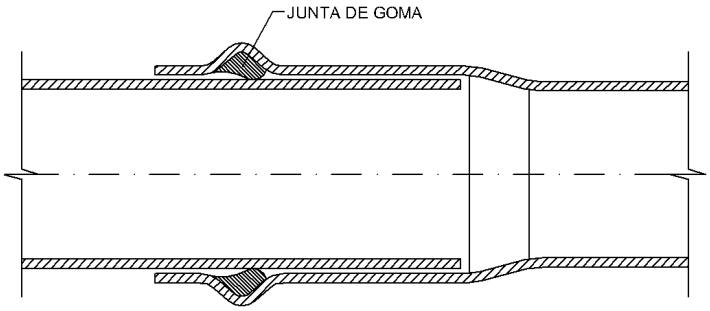


Figura 13. Detalle de unión elástica con anillo elastomérico en tubos de PVC-O

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

No se admitirán uniones simplemente encoladas en este tipo de tubos.

II.2.6.7 *Marcado de los tubos*

Los tubos deben marcarse permanentemente a intervalos no superiores a un metro. Este marcado sobre los tubos debe incluir, como mínimo, la siguiente información:

- Nombre del fabricante o marca comercial.
- Material del tubo y su clasificación (PVC-O 500).
- Diámetro exterior nominal, DN, y espesor nominal de pared, e.
- Referencia a la norma UNE-EN 17176-2:2019.
- Presión nominal, PN (PN 16).
- Coeficiente C (C = 1,4).
- Centro de producción.
- Fecha de producción o código.
- Identificación del certificado de producto emitido por tercera parte, si procede.

II.2.7 Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio basados en resina de poliéster insaturado (PRFV-UP)

II.2.7.1 *Consideraciones generales*

Los tubos de PRFV-UP deberán cumplir, en general, con lo especificado en la norma UNE-EN 1796:2014. Su uso se limitará al indicado en el epígrafe *II.2.1*.

Su utilización se limitará a presiones nominales (PN) máximas de 2,5 MPa, previa autorización de Canal de Isabel II.

Debido a las características de los tubos de PRFV-UP se extremarán en todo momento las medidas de precaución para evitar cualquier daño en los mismos.

II.2.7.2 *Definiciones*

Complementariamente a las definiciones de *I.5 Definiciones*, en estos tubos son de aplicación las siguientes:

- Diámetro nominal, DN

  Designación alfanumérica del tamaño de un componente, que es un número convenientemente redondeado aproximadamente igual a la dimensión de fabricación en milímetros y que puede aplicar tanto al diámetro interno (DN-ID) como al externo (DN-OD).

  En los tubos de PRFV-UP la designación genérica DN se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID), si bien estos tubos presentan la singularidad de poder ser fabricados bajo dos series: la serie A y la B.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En la primera serie (la A) los aumentos de espesor se obtienen por variación del diámetro externo (OD) (el ID es fijo), mientras que en la segunda serie (la B) es al contrario: el OD es fijo y varía el ID al aumentar o disminuir el espesor, pero en ambas la designación genérica DN se refiere al interior.

Para la serie B, además, existen cuatro subseries: B1, B2, B3 y B4. La primera es una serie genérica para tubos de PRFV, mientras que las series B2, B3 y B4 tienen unas dimensiones tales que los tubos fabricados bajo dichas series sean compatibles, respectivamente, con accesorios de fundición (según ISO 2531), de PVC (según ISO 161-1) o de acero (según ISO 4200).

– Presión nominal (PN)

Es el valor que coincide con la PFA en utilización continuada durante 50 años (largo plazo) a la temperatura de servicio de 35 ºC.

– Rigidez circunferencial específica (Sc)

Característica mecánica del tubo que representa su rigidez a flexión transversal por unidad de longitud a corto o a largo plazo. Se define mediante la expresión:

$$S_c = \frac{E\ x\ l}{D_m^3}$$

Siendo:

S_c rigidez circunferencial específica (N/mm^2).
E módulo de elasticidad a flexión circunferencial (N/mm^2).
I momento de inercia de la pared del tubo por unidad de longitud, (mm^3).

$$I = \frac{e^3}{12}$$

e espesor nominal de la pared del tubo (mm).
EI factor de rigidez transversal (N x mm).
D_m diámetro medio teórico del tubo (D_m=DN+e ó OD-e, según la Serie A ó B), (mm).

– Rigidez nominal (SN).

Es el valor mínimo requerido de la rigidez circunferencial específica a corto plazo (S0), (N/m2).

II.2.7.3 *Clasificación*

Los tubos de PRFV-UP se clasifican por su diámetro nominal (DN), su presión nominal (PN) y su rigidez nominal (SN).

La serie de DN normalizados son los indicados en el apartado *II.2.7.5*.

Los valores normalizados para PN en la norma UNE-EN 1796:2014 y su relación con la PFA son los que se indican en la *Tabla 28*. También se indican los valores de la PMA calculados según el manual AWWA M45 2013, en el cual se refleja que la clase de presión del tubo debe ser mayor a la suma de la presión de trabajo más el aumento de presión debido a sobrepresiones, dividido entre el factor 1,4.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 28. PFA y PMA en función de PN en los tubos de PRFV-UP
(UNE-EN 1796:2014 para la PFA y AWWA M45 2013 para la PMA)

PN	*PFA (N/mm²)*	*PMA (N/mm²)*
16	1,60	2,24
20	2,00	2,80
25	2,50	3,50

Los valores normalizados de SN para tuberías a utilizar en redes encomendadas a Canal de Isabel II extraídos de la UNE-EN 1796:2014 son 5.000 y 10.000

II.2.7.4 *Características técnicas*

La rigidez a corto plazo (S_0) deberá ser al menos el valor de la SN. La rigidez a los 50 años del tubo (S_{50}) será declarada por el fabricante. En cuanto a la resistencia a la tracción de la parte estructural del tubo, tanto a corto como a largo plazo ($\sigma_{r,0}$ y $\sigma_{r,50}$, respectivamente) también deberá ser declarado por el fabricante.

A título orientativo, la rigidez a largo plazo (50 años) suele ser del orden del 40% de la inicial y la resistencia a tracción de la parte estructural del tubo habitualmente oscila entre 50 y 150 N/mm^2.

II.2.7.5 *Dimensiones*

En la *Tabla 29* se representan las dimensiones normalizadas de los tubos de PRFV-UP que se podrán utilizar en las redes encomendadas a Canal de Isabel II (UNE-EN 1796:2014).

Los espesores de los tubos no están normalizados debiendo ser el fabricante quien los declare en cada caso particular.

En los tubos de las series A y B1 los diámetros deben estar comprendidos entre los valores indicados en la *Tabla 29* cumpliendo las tolerancias correspondientes.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 29. Dimensiones (en mm) de los tubos de PRFV (UNE-EN 1796:2014)

DN	Serie A			Serie B1	
	ID_{min}	ID_{max}	Toler.	OD	Toler.
800	795	816	±4,2	820	+1,0/-2,4
900	895	918	±4,2	924	+1,0/-2,6
1.000	995	1.020	±5,0	1026	+1,0/-2,6
1.200	1.195	1.220	±5,0	1229	+1,0/-2,6
1.400	1.395	1.420	±5,0	1434	+1,0/-2,8
1.600	1.595	1.620	±5,0	1638	+1,0/-2,8
1.800	1.795	1.820	±5,0	1842	+1,0/-3,0
2.000	1.995	2.020	±5,0	2046	+1,0/-3,0

* El diámetro nominal (DN) se refiere, aproximadamente, al diámetro interior (ID).

Las longitudes normalizadas en la norma UNE-EN 1796:2014 son de 3, 5, 6, 10, 12 y 18 metros, siendo las más habituales las de 6 y 12 metros.

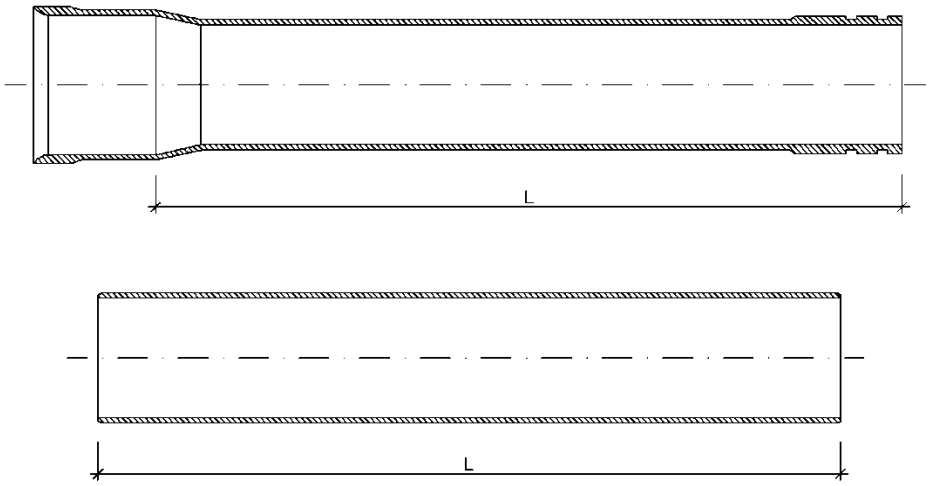


Figura 14. Dimensiones en los tubos de PRFV (tubos con embocadura o lisos)

II.2.7.6 *Uniones*

Los tubos de PRFV-UP pueden estar provistos con diferentes tipos de uniones, siendo las más habituales las siguientes:

- Uniones rígidas.
  - Con bridas (fijas o móviles).
  - Encoladas (o pegadas).
  - Vendadas a tope (o laminadas).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Uniones flexibles.
  - De enchufe y extremo liso con anillo elastomérico (con uno o dos anillos).
  - Con manguitos y elemento de estanquidad (con uno o dos anillos).
  - Autotrabada, cuando se prevean esfuerzos de tracción.

En el apartado *II.3 Uniones* se definen y clasifican las tipologías de uniones.

Cuando las uniones sean flexibles la desviación angular admisible no debe ser inferior a los valores indicados en la *Tabla 30.* El movimiento axial no debe superar nunca el 0,3% de la longitud de los tubos a unir.

Tabla 30. Valores mínimos de la desviación angular admisible de las uniones flexibles (UNE-EN 1796:2014)

DN	**Desviación angular mínima**
800 < DN ≤ 900	2º
900 < DN ≤ 1.800	1º
DN > 1.800	0,5º

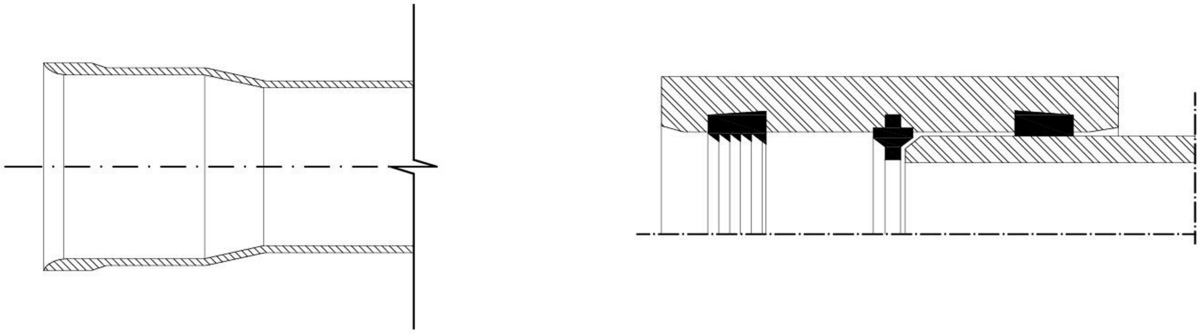


Figura 15. Unión mediante enchufe y extremo liso (izquierda) o manguito (derecha) en tubos de PRFV

II.2.7.7 *Marcado de los tubos*

Los detalles del marcado deben imprimirse o realizarse directamente sobre el tubo de tal forma que el marcado no inicie fisuras u otro tipo de fallo.

Si el marcado se imprime, el color de la información impresa debe diferir del color básico del producto, de tal forma que el marcado debe ser legible a simple vista.

El marcado siguiente debe figurar en el interior o el exterior de cada tubo:

– Referencia a la norma EN 1796:2014.

– Tamaño nominal, DN, y la serie de diámetro (A o B1).

– Valor de la rigidez nominal, SN.

– Valor de la presión nominal, PN.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Letra “P” para indicar que el tubo se puede utilizar en la canalización de agua para consumo humano.
- Nombre o marca del fabricante.
- Fecha y código de fabricación.
- Si procede:
  - Una marca “R” para indicar si el tubo es adecuado para utilizarse con cargas axiales, o
  - Una marca “RA” para indicar si el tubo es adecuado para utilizarse con cargas axiales y se ha sometido a ensayo conforme al anexo A de la norma UNE-EN 1796:2014.
- Letra “H” para indicar la aptitud para el uso aéreo, si procede.
- Marca de calidad normalizada, si procede.

II.3 Uniones

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

- Uniones flexibles (UNE-EN 805:2000)

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

Estas uniones pueden clasificarse a su vez en:

- Automática (UNE-EN 545:2011)

  También denominada de enchufe y extremo liso. Se monta empujando la caña de un componente a través de la junta de estanquidad situada en el enchufe del componente contiguo.

- Mecánica (UNE-EN 545:2011)

  Se obtiene la estanquidad mediante la aplicación de una presión sobre la junta por medios mecánicos, por ejemplo, mediante un prensaestopa.

- Uniones rígidas (UNE-EN 805:2000)

Si no permiten desviación angular significativa ni durante, ni después de la puesta en obra.

- Uniones ajustables (UNE-EN 805:2000)

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

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Uniones autotrabadas, acerrojada o resistentes a la tracción (UNE-EN 805:2000)

Son capaces de resistir el empuje longitudinal producido por la presión interna, las fluctuaciones de temperatura y la contracción de Poisson.

– Uniones no autotrabadas, no acerrojadas o no resistentes a la tracción (UNE-EN 805:2000)

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

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

En cualquier caso, las uniones deberán cumplir las siguientes condiciones:

– Resistir, permanentemente y sin fugas, la MDP del tramo de tubería correspondiente a la unión.

– Ser estancas a una presión hidráulica interior de 0,08 N/mm2 por debajo de la atmosférica.

– Resistir, sin entrada de agua, una presión hidrostática exterior de 0,2 N/mm2, cuando esté previsto su uso a profundidades mayores de 5 metros bajo el agua.

En el caso particular de que se empleen uniones con anillo elastomérico o uniones con bridas, deberán ser conformes con lo especificado por las normas UNE-EN 681-1:1996, para el primer caso (juntas elastoméricas), y UNE-EN 1092-1:2019, UNE-EN 1514-1:1997, UNE-EN 1515-1:2000, UNE-EN 1591-1:2014 y UNE-EN 12560-2:2014, para el segundo (uniones con bridas), independientemente de los componentes a unir. Los anillos elastoméricos pueden ser de distintos tipos de caucho conforme a lo especificado en la norma UNE-ISO 1629:2017.

II.4 Piezas especiales

II.4.1 Consideraciones generales

Las piezas especiales o racores normalizados podrán ser de alguno de los siguientes materiales, debiendo cumplir cada tipología con lo especificado para las mismas en los apartados *II.4.3.1 Piezas especiales de fundición dúctil (FD), II.4.3.2 Piezas especiales de polietileno (PE), II.4.3.3 Piezas especiales de poliéster reforzado con fibra de vidrio basados en resina de poliéster insaturado (PRFV-UP) y II.4.3.4 Piezas especiales de policloruro de vinilo no plastificado orientado (PVC-O),* respectivamente:

– Fundición dúctil

– Polietileno

– Poliéster reforzado con fibra de vidrio, basados en resina de poliéster insaturado (PRFV-UP)

– Policloruro de vinilo no plastificado orientado

Siempre que sea posible, las piezas especiales serán del mismo material que el de los propios tubos.

Las piezas especiales para tuberías de hormigón y/o acero serán, habitualmente, de acero. En general, sus dimensiones no están normalizadas debiéndose determinar para cada aplicación en particular. Para

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

su diseño puede seguirse lo especificado en la norma ANSI/AWWA C208-17 Dimensions for fabricated Steel water pipe.

De manera general, las piezas especiales a intercalar entre los tubos de PVC-O, serán de fundición dúctil conformes a la norma UNE-EN 12842:2013, pudiéndose instalar de PVC-O, con la autorización de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

En ningún caso se instalarán piezas especiales con presiones nominales (PN), o en su defecto presiones de funcionamiento admisibles (PFA), inferiores a 1,6 MPa.

Atendiendo a su tipología, las piezas especiales podrán clasificarse de la siguiente manera (ver *Figura 16* y sus definiciones en el epígrafe *II.4.2 Definiciones*):

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

En la *Figura 16* se representan las posibles combinaciones de tipologías de piezas especiales normalizadas según materiales.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

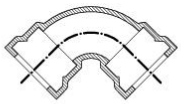
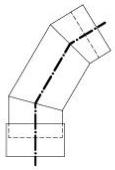
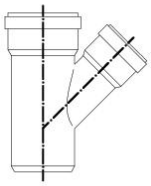
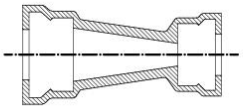
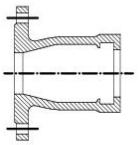
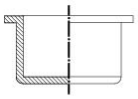
Piezas especiales		Materiales			
		Fundición	PE	PFRV	PVC-O
CODO	MOLDEADO 	■	■	■	■
	SEGMENTADO 		■	■	
DERIVACIÓN 		■	■	■	
CONO 		■	■	■	■
TUBO CORTO o CONECTOR 		■	■	■	
TAPÓN 		■	■		
BRIDA REDUCTORA		■			

Figura 16. Tipología de las piezas especiales según materiales

Brida enchufe de desmontaje de fundición dúctil, con enchufe de junta mecánica, C 30, DN 600, y unión brida, PN 16, con revestimiento interior y exterior de resina de epoxi, color exterior y marcado según

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Normas de Canal de Isabel II vigentes, incluso bulones de acero y juntas elastoméricas de estanquidad en EPDM y medios auxiliares.

Junta de desmontaje formada por un brida-enchufe y un brida-liso de fundición dúctil, de junta mecánica, C 100, DN 80, y unión brida, PN 16, con revestimiento interior y exterior de resina de epoxi, color exterior y marcado según Normas de Canal de Isabel II vigentes, incluso bulones de acero, juntas elastoméricas de estanquidad en EPDM y medios auxiliares.

Carrete telescópico autoportante, PN 16, DN 65 mm, formada por bridas y virola de acero al carbono S 235 o S 275, con revestimiento interior y exterior de resina de epoxi, junta piramidal elastomérica de estanquidad en EPDM o NBR, espárragos y tuercas de acero inoxidable.

Carrete telescópico autoportante, PN 16, DN 65 mm, formado por virola de acero inoxidable AISI-304 y bridas de acero al carbono S 235 con revestimiento interior y exterior de resina epoxi, junta elastomérica de estanquidad en EPDM y tornillería de acero inoxidable.

II.4.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado *I.5 Definiciones*, en las piezas especiales serán de aplicación las siguientes de manera específica:

– Codo

Componente que permite un cambio de dirección en el trazado del tubo. Podrán ser moldeados a partir de una sola pieza o estar constituidos por trozos de tubos cortados a inglete unidos entre sí formando curvas poligonales.

– Entronque, derivación, te o tubo con acometida

Componente que permite bien la conexión de dos tubos incidentes en uno único o bien el reparto del caudal circulante por un tubo en varios de sección más reducida.

– Cono o reductor

Componente que permite variar la sección del tubo a lo largo de una cierta longitud.

– Empalme, adaptador, conector, tubo corto o tubo de conexión

Componente que consiste en un tubo de pequeña longitud con sus extremos terminados bien en enchufe, en campana, en brida o directamente lisos.

– Brida ciega o tapón

Componente que, habitualmente colocado en los extremos de las conducciones o en sus derivaciones, impide que circule el agua por el tubo, a la vez que evita posibles intrusiones.

– Brida reductora

Tapón al que se le ha practicado un orificio en su zona central.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.4.3 Tipología

II.4.3.1 *Piezas especiales de fundición dúctil (FD)*

Las piezas especiales de fundición dúctil deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 545:2011, salvo que se trate de piezas específicas de este material para tubos plásticos, en cuyo caso deberán cumplir lo especificado en la UNE-EN 12842:2013, pudiendo ser de la siguiente tipología:

- Codos
- Tes
- Conos
- Conectores (brida-enchufe, brida-liso o manguito)
- Bridas ciegas
- Bridas reductoras

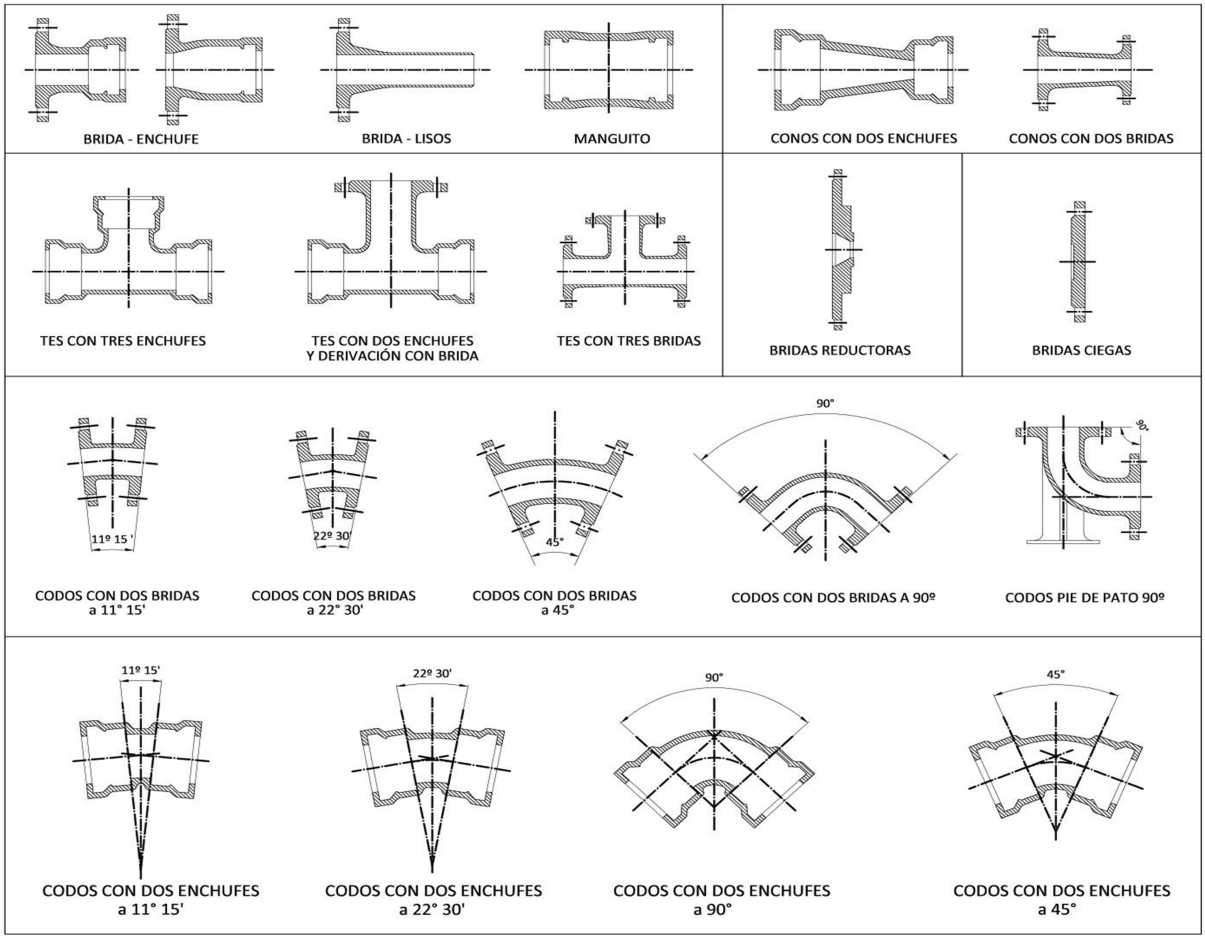


Figura 17. Ejemplos de piezas especiales de fundición dúctil

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Los fabricantes o suministradores de tubos de PVC-O deberán asegurar que las piezas especiales de fundición dúctil que utilicen sean adecuadas para este tipo de tubos.

En general, las piezas especiales de fundición dúctil irán provistas con un recubrimiento exterior e interior a base de resinas epoxi, si bien, excepcionalmente, y si así lo aceptan los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, podrá disponerse algún otro recubrimiento de los especificados en la norma UNE-EN 545:2011.

Las dimensiones de las piezas especiales de fundición dúctil están normalizadas en las normas UNE-EN 545:2011 y UNE-EN 12842:2013, en función del tipo de tubos de que se trate (ver *Figura 17*).

– Codos

Los codos de fundición dúctil se fabricarán por moldeo en una sola pieza. Los ángulos nominales de los mismos serán, en general, los siguientes: 90º (1/4), 45º (1/8), 22º 30´ (1/16) ó 11º 15´ (1/32).

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

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

– Tes

Están normalizadas las siguientes tipologías de tes a 90º (ver *Figura 17*): con tres enchufes, con tres bridas, con dos enchufes y derivación con brida.

– Conos

Los sistemas de unión normalizados de estos elementos serán enchufe-enchufe o brida-brida (ver Figura 17).

– Conectores

Los sistemas de unión normalizados de estos elementos serán brida-enchufe, brida-lisos o manguito (ver *Figura 17*).

Con respecto a la presión, no se admitirán piezas especiales de fundición dúctil inferiores a PN 16.

Para el caso de piezas especiales normalizadas en la UNE-EN 545:2011, los valores de PFA, PMA y PEA son los especificados en la *Tabla 31* y en la *Tabla 32*. Cuando existan otras limitaciones debidas al tipo de unión o a cualquier diseño específico, como piezas especiales con unión flexible mecánica, éstas deberán ser según lo indicado en la documentación del fabricante.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 31. Clases de presión de piezas especiales de unión flexible (UNE-EN 545:2011)

DN	*Clase de presión C*	*PFA*	*PMA*	*PEA*
80 ≤ DN ≤ 100	100	100	120	125
125 ≤ DN ≤ 200	64	64	77	82
250 ≤ DN ≤ 350	50	50	60	65
400 ≤ DN ≤ 600	40	40	48	53
700 ≤ DN ≤ 900	30	30	36	41

Tabla 32. Clases de presión de piezas especiales embridadas (UNE-EN 545:2011)

DN	*PN 16*			*PN 25*			*PN 40*		
	PFA	*PMA*	*PEA*	*PFA*	*PMA*	*PEA*	*PFA*	*PMA*	*PEA*
DN = 80	16	20	25	Ver PN 40			40	48	53
100 ≤ DN ≤ 150	16	20	25	25	30	35	40	48	53
200 ≤ DN ≤ 600	16	20	25	25	30	35	40	48	53
700 ≤ DN ≤ 900	16	20	25	25	30	35			

II.4.3.2 *Piezas especiales de polietileno (PE)*

Las piezas especiales de PE podrán ser de la siguiente tipología:

- Codos
- Derivaciones
- Conos
- Tubo corto o conector
- Tapones

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

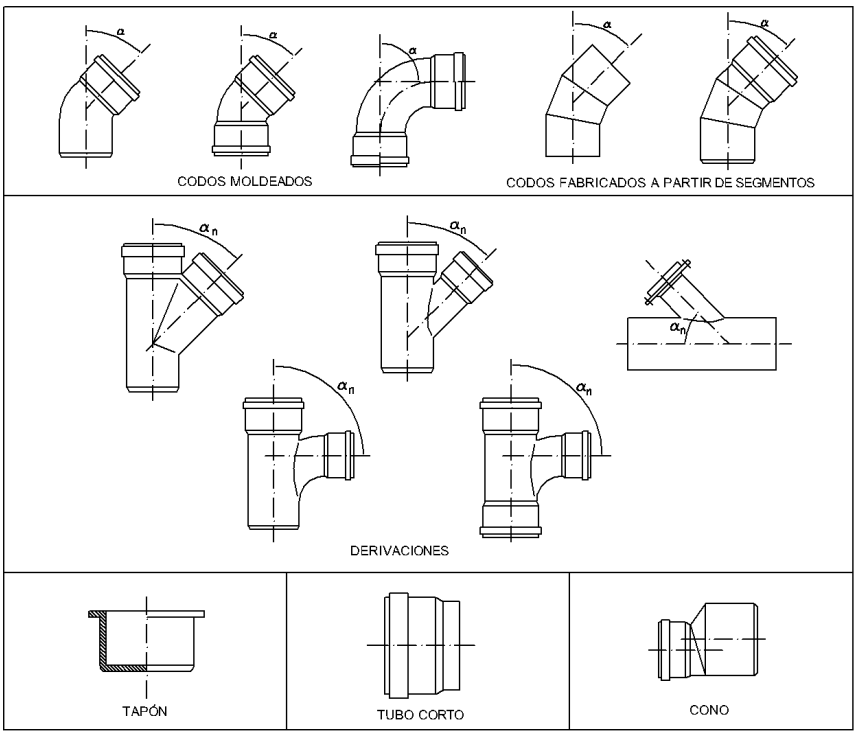


Figura 18. Ejemplos de piezas especiales de PE

En todo caso, deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 12201-3:2012+A1:2013.

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

Los codos deberán ser moldeados en una sola pieza.

II.4.3.3 *Piezas especiales de poliéster reforzado con fibra de vidrio basados en resina de poliéster insaturado (PRFV-UP)*

Deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 1796:2014, pudiendo ser de las siguientes tipologías:

- Codos.
- Derivaciones.
- Reductores.
- Conexión embridada.

El amplio diseño y la flexibilidad de fabricación que proporcionan los materiales de PRFV-UP, hace que sea difícil la total normalización de las dimensiones de los accesorios de PRFV-UP. Las dimensiones y tolerancia indicadas como mínimas en el capítulo 6 de la norma UNE-EN 1796:2014 se deberán tomar

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

como indicativo de valores de práctica común y por tanto se permite la utilización de otras dimensiones. El uso de otras dimensiones no impide que los componentes estén cubiertos por esta norma.

Los codos podrán ser fabricados en continuo (moldeados de una sola pieza) o miterados o mecanizados (fabricados mediante la unión soldada de distintos tramos de tubos). Los miterados ofrecen una mayor adaptación y flexibilidad respecto a ángulos, diámetros, conformación, etc., facilitando la adaptación a la traza de la red.

El resto de las piezas se suelen fabricar mediante la unión de distintos tramos de tubos, ofreciendo, de la misma manera, una mayor adaptación y flexibilidad.

Los valores preferentes para los ángulos de los codos, α, son 11,25º; 15º; 22,5º; 30º; 45º; 60º; y 90º, si bien, previa aceptación de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, podrán admitirse otros valores.

Los codos mecanizados a partir de un tubo recto no deben dar más de 30º de variación entre cada segmento del codo.

El radio de curvatura de los codos no debe ser inferior que el tamaño nominal (DN) del tubo al que se va a conectar el sistema de canalización.

El ángulo de la pieza especial, α, para las derivaciones de PRFV es el cambio angular de dirección del eje de la derivación.

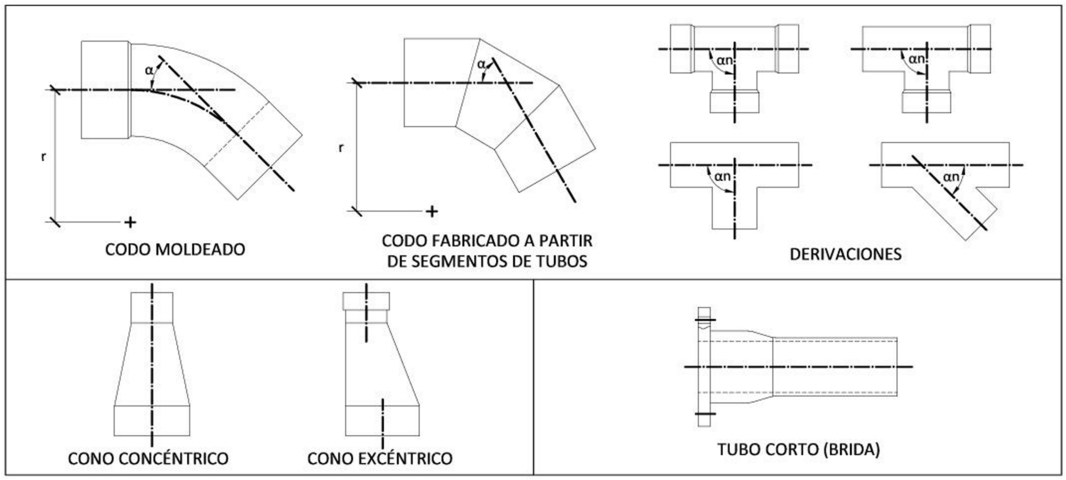


Figura 19. Ejemplos de piezas especiales de PRFV

II.4.3.4 *Piezas especiales de policloruro de vinilo no plastificado orientado (PVC-O)*

Las piezas especiales para intercalar entre los tubos de PVC-O, seguirán lo especificado en la norma UNE-CEN/TS 17176-3:2019, y se instalarán siempre bajo la aprobación de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Las piezas podrán ser de la siguiente tipología:

– Codos (moldeados)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Conos (reductores)

II.5 Elementos hidráulicos de maniobra y control

II.5.1 Consideraciones generales

Los elementos de maniobra y control o válvulas deberán cumplir con los requisitos de diseño y funcionamiento, así como los métodos de evaluación de la conformidad, especificados para las mismas por las distintas partes de las normas UNE-EN 736 y UNE-EN 1074.

Los elementos metálicos constitutivos de las válvulas, que así lo requieran, deberán contar con una protección anticorrosión interior y exterior a base una o varias capas de resina epoxi-poliamida.

La estanquidad entre los distintos elementos que componen las válvulas se llevará a cabo mediante la interposición de una o varias juntas elastoméricas.

II.5.2 Definiciones

Complementariamente a las definiciones del apartado *I.5I.5 Definiciones*, en los elementos de maniobra y control son de aplicación las siguientes:

– Coeficiente de caudal (KV)

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

– Diámetro nominal (DN)

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

– Presión nominal (PN)

En las válvulas, la PN será igual o superior a la DP de la conducción que pueda alcanzarse en el emplazamiento de la válvula. Las PN normalizadas y su relación con PFA, PMA y PEA son las indicadas en la *Tabla 33* (UNE-EN 1074-1:2001)

Tabla 33. Relación entre PFA, PMA y PEA con PN en las válvulas (UNE-EN 1074-1:2001)

PN	***PFA (N/mm^2) (1)***	***PMA (N/mm^2) (1)***	***PEA (N/mm^2) (2)***
16	1,6	2,0	2,5
25	2,5	3,0	3,5

(1) PFA y PMA se aplican a válvulas en todas las posiciones, desde totalmente cerrada a totalmente abierta.

(2) PEA sólo se aplica a válvulas que no estén en posición cerrada.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Válvula de seccionamiento

Dispositivo hidromecánico destinado a cerrar el paso del agua en una tubería por medio de un obturador. Su funcionamiento será de apertura o cierre total, correspondiendo las posiciones intermedias a situaciones provisionales.

- Válvula de compuerta

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

- Válvula de mariposa

  Elemento hidromecánico destinado al seccionamiento de conducciones mediante un obturador en forma de disco o lenteja que gira diametralmente mediante un eje o muñones solidarios con el obturador.

  Habitualmente, su funcionamiento será de apertura o cierre total, correspondiendo las funciones intermedias a situaciones provisionales o excepcionales.

  Excepcionalmente, y en particular en operaciones de desagüe, podrían utilizarse para regulación. En esta función es necesario tener en cuenta las condiciones hidráulicas del fluido para evitar el fenómeno de cavitación que se produciría si la presión absoluta aguas abajo (de valor la presión aguas arriba menos las pérdidas de carga que se produzcan en el obturador) fuera inferior a la presión atmosférica.

– Válvula de aeración

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

- Evacuación del aire almacenado en la conducción durante el proceso de llenado o puesta en servicio.
- Expulsión continua del aire procedente de la desgasificación del agua (purgado).
- Admisión de aire, para evitar la depresión o vacío, en las operaciones de vaciado o rotura de la conducción.

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

– Válvula de control

Elemento hidromecánico cuyo fin es mantener la instalación en unas condiciones de presión, capacidad o caudal predeterminadas.

Se utilizan para controlar las variables anteriores de manera que el mecanismo de regulación ocupa posiciones intermedias entre totalmente abierta o totalmente cerrada, adaptándose a las circunstancias que en cada momento se originen en la red.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Válvula de seguridad

  Elemento hidromecánico capaz de evitar o reducir, con su cierre o apertura, las consecuencias que pueden ocasionarse debido a sobrevelocidades, inversiones de flujo, sobrepresiones o roturas.

  Actúan ante una situación producida de forma brusca, funcionando en las posiciones de o bien completamente abierta o bien completamente cerrada y pasando a la posición contraria cuando se requiere de su actuación.

II.5.3 Características técnicas y dimensiones

Los materiales para la fabricación de las válvulas deberán figurar en el correspondiente proyecto o, en su defecto, habrán de ser aprobados expresamente por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

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

– Acero: UNE-EN 10028-1:2017 y UNE-EN 10028-2:2017
– Acero inoxidable: UNE-EN 10088-1:2015
– Fundición dúctil: UNE-EN 1563:2019
– Aleaciones de cobre: UNE-EN 1412:2017, UNE-EN 1982:2018, UNE-EN 12165:2017
– Juntas elastoméricas: UNE EN 681-1:1996

Para otros materiales el correspondiente proyecto deberá especificar la normativa de aplicación.

Se dispondrán macizos de anclaje de hormigón armado en aquellos componentes sometidos a empujes por efecto de la presión, asegurando su inmovilidad. Deberán instalarse, en general, en cámaras o registros, los cuales deberán cumplir lo especificado para los mismos en el apartado *II.8 Alojamientos* y en los Planos incluidos en el *Anexo 3. Planos* de estas Normas.

Las presiones normalizadas, PN, serán 16, 25 y excepcionalmente 40. En la red de distribución y acometidas, con carácter general, salvo especificación en contra, se instalarán válvulas de PN 16.

La serie de diámetros nominales normalizados, correspondientes al diámetro interior (DN/ID) para las válvulas será la siguiente:

80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1250, 1300, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000

Por otra parte, las válvulas se dimensionarán de forma que en condiciones de régimen permanente las velocidades del flujo no sobrepasen los valores de la *Tabla 34*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 34. Velocidad máxima del agua (UNE-EN 1074-1:2001)

PN	***Velocidad del flujo (m/s)***
16	4,0
25	5,0

Los elementos de maniobra y control de una red de abastecimiento se pueden dividir, según su función, en los siguientes tipos:

- Válvulas de seccionamiento
- Válvulas de aeración
- Válvulas de control y seguridad

En los epígrafes siguientes se definen las características técnicas de estos tipos de válvulas, así como su ámbito de aplicación y determinados criterios de colocación, que serán complementarios a los indicados a lo largo de estas Normas.

II.5.4 Válvulas de seccionamiento

Dentro de este grupo las más utilizadas son las válvulas de compuerta y las de mariposa.

En cualquier caso, el fabricante de la válvula deberá facilitar su curva característica, que deberá ser compatible con lo requerido en el proyecto para el estudio del golpe de ariete.

II.5.4.1 *Válvulas de compuerta*

Las válvulas de compuerta están constituidas básicamente por cuerpo, tapa, obturador, husillo o vástago y mecanismo de maniobra. Se instalarán en conducciones de diámetro nominal menor o igual a 300 mm.

El diseño de las válvulas de compuerta debe ser tal que se pueda desmontar y retirar el obturador sin necesidad de separar el cuerpo de la válvula de la conducción. La parte inferior del interior del cuerpo, en general, no debe tener acanaladuras, de forma que una vez abierta la válvula no haya obstáculo alguno en la sección de paso del agua, ni huecos donde puedan depositarse sólidos arrastrados por el agua.

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

Para la utilización y montaje de estas válvulas será necesario que dispongan de la homologación del producto por parte de Canal de Isabel II, de acuerdo con la Norma o Especificación Técnica vigente para Válvulas de Compuerta.

II.5.4.2 *Válvulas de mariposa*

Las válvulas de mariposa están constituidas, básicamente, por cuerpo, obturador circular (lenteja o mariposa) que gira alrededor de un eje ortogonal a la dirección del fluido, y mecanismo de maniobra. Se

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

emplean en conducciones de diámetro nominal igual o superior a 300 mm y en aquellos casos en los que el gálibo disponible no permita la instalación de una válvula de compuerta, así como en desagües de conducciones, by-pass e instalaciones especiales.

El obturador debe ser tal que las perturbaciones que produzca en el flujo del agua sean mínimas. Se recomienda que siempre dispongan de un indicador de posición del obturador que permita, en todo momento, conocer la situación del obturador.

El eje de giro puede ser único o constar de dos partes o semiejes y, además, puede ser excéntrico o estar situado en el plano de simetría del obturador. Las maniobras de apertura y cierre se llevarán a cabo por medio de un mecanismo de desmultiplicación.

La unión de las válvulas se realizará mediante bridas. Se efectuará por lo general intercalando un carrete de anclaje por un lado y un carrete de desmontaje por el otro.

Para la utilización y montaje de estas válvulas será necesario que dispongan de la homologación del producto por parte de Canal de Isabel II, de acuerdo con la Norma o Especificación Técnica vigente para Válvulas de Mariposa.

II.5.4.3 *Criterios de colocación*

En las redes de aducción y distribución se instalarán las válvulas de seccionamiento (compuerta y mariposa) necesarias, que permitan realizar su sectorización.

Se deben instalar válvulas de seccionamiento delante de las ventosas, de los hidrantes, de las bocas de riego, de los caudalímetros, de las válvulas reductoras de presión, así como en las acometidas, en los ramales de derivación y en los desagües.

La longitud de los tramos de conducción a aislar mediante este tipo de válvulas será de unos 500 metros en zonas urbanas y 1.500 en zonas no urbanas y conducciones de aducción, disponiéndose de tal modo que, ante situaciones anómalas, como en caso de rotura o avería, puedan aislarse sectores de la red maniobrando el menor número de válvulas posible.

En conducciones de aducción de diámetro igual o superior a 600 mm, el dispositivo de seccionamiento deberá ser siempre una válvula de mariposa con un by-pass. El by-pass tendrá una válvula de mariposa más dos válvulas de guarda, una a cada lado de la primera. Estas válvulas de guarda serán válvulas de compuerta.

II.5.5 Válvulas de aeración

II.5.5.1 *Clasificación y consideraciones generales*

Las válvulas de aeración a instalar en las redes de abastecimiento podrán clasificarse según su función de la siguiente manera:

– Purgadores: Su función es la expulsión, con la conducción en funcionamiento normal, de pequeñas bolsas de aire que se acumulan en los puntos altos durante el proceso de explotación normal.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Ventosas bifuncionales: Su función es la expulsión o admisión de grandes cantidades de aire durante el llenado o vaciado de la conducción, respectivamente. También deben estar preparadas para admitir el aire necesario ante eventuales roturas de la conducción o durante la explotación por los transitorios derivados de paradas de bombas, cierre de válvulas, etc.
- Ventosas trifuncionales o de doble efecto: Componentes que combinan la función de los purgadores y de las ventosas bifuncionales.
- Válvulas de aducción de aire: Su función es la admisión de aire cuando, por las características de la instalación, se requiera un volumen de aducción superior al que permite la ventosa.

Las válvulas de aeración están constituidas, básicamente, por un cuerpo y flotadores esféricos o cilíndricos que en su movimiento permiten la salida y entrada de aire, produciéndose el cierre contra la junta de estanquidad al finalizar el movimiento ascendente. Los flotadores, según su disposición en el cuerpo, pueden ser libres, guiados o articulados.

Las válvulas de aeración pueden tener diferentes diseños según las funciones encomendadas, pudiendo existir uno o varios compartimentos en el cuerpo, flotadores y superficies de aeración.

La selección de la válvula de aeración se realizará de forma que la capacidad responda a las necesidades de evacuación y admisión de aire en la conducción, tal y como se indica en el apartado *IV.9.1 Válvulas de aeración*.

La conexión de las válvulas de aeración a la conducción se realiza, en general, mediante bridas, si bien en los purgadores la unión puede ser roscada.

Las válvulas de aeración se instalarán en la generatriz superior de la tubería con una válvula de seccionamiento, que permita su reparación o sustitución.

Para la utilización y montaje de estas válvulas será necesario que dispongan de la homologación del producto por parte de Canal de Isabel II, de acuerdo con la Norma o Especificación Técnica vigente para Válvulas de Aeración.

II.5.5.2 *Criterios de colocación*

En general, se dispondrán válvulas de aeración en los siguientes puntos de la red:

- Puntos altos relativos de cada tramo de la conducción, para expulsar aire mientras la instalación se está llenando y durante el funcionamiento normal de la instalación, así como admitir aire durante el vaciado.
- Cambios marcados de pendiente, aunque no correspondan a puntos altos relativos.
- Al principio y al final de tramos horizontales o con poca pendiente y en intervalos de 400 a 800 m.
- En tramos prolongados con pendiente continua, en intervalos de 400 a 800 m.
- Aguas arriba de caudalímetros para evitar imprecisiones de medición causadas por aire atrapado.
- En la descarga de una bomba, para la admisión y expulsión de aire en la tubería de impulsión.
- Aguas arriba de una válvula de retención en instalaciones con bombas sumergidas, pozos profundos y bombas verticales.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- En el punto más elevado de un sifón para la expulsión de aire, aunque debe ir equipada con un dispositivo de comprobación de vacío que impida la admisión de aire en la tubería.
- Junto a las válvulas principales de la instalación para facilitar el vaciado de la tubería.
- A la salida de los depósitos por gravedad, después de la válvula de seccionamiento.
- Cerca de las bombas centrífugas se ubicarán, de manera general, purgadores ya que durante su funcionamiento pueden introducir pequeñas cantidades de aire.
- Como norma general, en los extremos finales de los ramales ubicados en viales en fondo de saco.

II.5.6 Válvulas de control y seguridad

II.5.6.1 *Válvulas de control*

El mecanismo de regulación de la válvula está constituido por un conjunto móvil que permite el desplazamiento del obturador hasta la posición deseada.

Las válvulas de control se pueden clasificar atendiendo a su funcionamiento ó a la función de regulación que desempeñen.

Según su funcionamiento, hay que distinguir dos tipos: de control autónomo y no autónomo.

- Válvulas de control autónomo

Estas válvulas tienen la capacidad intrínseca de regular la función utilizando la energía del agua conducida, mediante el ajuste de la posición del obturador. Pueden ser:

- De acción directa

  En este tipo de válvulas el mecanismo de regulación se encuentra en el interior de la propia válvula.

  Las válvulas de acción directa se componen esencialmente de cuerpo, tapa, mecanismo de regulación y enlaces a la conducción. El mecanismo de regulación está constituido por un tornillo para el ajuste de su posición y un conjunto móvil que se desplaza oponiéndose a la dirección del flujo. El conjunto móvil está formado por un resorte, un pistón o diafragma, y un disco de cierre que en la posición de válvula cerrada se apoya sobre el asiento e impide el paso del agua. En función de este mecanismo se diferencian, válvulas de pistón o de diafragma.

- De acción pilotada

  Las válvulas de acción pilotada están integradas por una válvula principal conectada a una válvula piloto que controla las funciones de regulación.

  La válvula principal se compone esencialmente de cuerpo, enlaces a la conducción, tapa, mecanismo de regulación y cámara. El mecanismo de regulación está formado por un conjunto móvil para la apertura y cierre constituido generalmente por eje, resorte, pistón o membrana y disco de cierre, que actuará en su posición de cierre, sobre la superficie de asiento en el interior del cuerpo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Externo a la válvula principal se encuentra el circuito piloto, formado por tubos de pequeño diámetro y por una válvula piloto (también llamada simplemente piloto). A través de los tubos se comunica la cámara, la válvula piloto y las dos partes (aguas arriba y aguas abajo) en que está separado el cuerpo de la válvula principal. El funcionamiento y tipo de la válvula piloto que se instale depende de la función encomendada a la válvula principal, pudiendo existir pilotos reductores de presión, sostenedores de presión, limitadores de caudal, etc.

– Válvulas de control no autónomo

Este tipo de válvulas requiere un sistema de control con una fuente de energía exterior para regular la función especificada. Se trata de válvulas de control de émbolo o paso anular. Está constituida por un cuerpo abombado en su sección central, en cuyo interior se desplaza, en el sentido del flujo, un pistón que puede contar en su extremo final con una corona de aletas o con un cilindro ranurado.

Según la función de regulación que realice la válvula, se clasificarán en válvulas de control de presión, de caudal y de nivel.

– Válvulas de control de presión

Son aquellas válvulas que tienen por función principal reducir y mantener la presión aguas arriba o abajo de la misma en un valor establecido. Atendiendo a este criterio se pueden diferenciar:

- Válvulas reductoras de presión: Tienen como función reducir y mantener la presión en la red aguas abajo del punto de instalación de la válvula, en un valor absoluto preestablecido, constante e independiente de las variaciones de presión aguas arriba y del caudal solicitado.
- Válvulas mantenedoras o sostenedoras de presión: Mantienen la presión aguas arriba de la válvula por encima de un valor mínimo preestablecido e independientemente de la presión y el caudal aguas abajo. La válvula se cierra completamente cuando la presión aguas arriba cae por debajo del valor preestablecido, pudiendo modularse su funcionamiento en múltiples posiciones de apertura.

– Válvulas de control de caudal

Se incluyen en este apartado las válvulas cuya función principal es limitar y estabilizar el caudal aguas abajo de la válvula, independientemente de las variaciones de la presión aguas arriba y aguas abajo, asegurando que el caudal circulante sea igual o inferior al ajustado. El funcionamiento se basa en la proporción directa que existe entre el flujo que pasa a través de un orificio y la pérdida de carga que se produce.

– Válvulas de control de nivel

Las válvulas de control de nivel son aquellas que actúan cerrando o abriendo el paso del agua hacia los depósitos, para lo que previamente se han tenido que fijar los niveles de apertura y cierre.

La regulación puede realizarse en función de la altura de la lámina de agua en el depósito a controlar (mediante flotador) o en función de la presión del agua (válvulas de altitud pilotadas).

II.5.6.2 *Válvulas de seguridad*

La función esencial de la válvula de seguridad es la de garantizar con su cierre o apertura la detención del flujo del agua en un tramo de un sistema de abastecimiento, proteger otras instalaciones, evitar o

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

reducir las consecuencias de una rotura de tubería, o impedir la inversión de la dirección del flujo del agua.

Se consideran los siguientes tipos de válvulas de seguridad:

– Válvulas de apertura-cierre automático

– Válvulas de retención

El cierre o apertura de la válvula debe realizarse de forma rápida, evitando al mismo tiempo provocar nuevas perturbaciones debidas al fenómeno del golpe de ariete que puedan dar origen a otras roturas.

– Válvulas de apertura-cierre automático

Se incluyen en este apartado las válvulas cuya apertura o cierre total se produce de forma automática cuando se varían los valores consigna establecidos relativos a:

- Aumento de velocidad del agua: Válvulas de cierre automático por sobrevelocidad.

  Las válvulas actúan mediante un cierre total cuando el agua alcanza una velocidad superior al valor consigna preestablecido, provocado por un fuerte aumento de caudal a consecuencia de una rotura en la tubería. Habitualmente corresponden a una válvula de mariposa o de paso anular unidas a la conducción mediante bridas y con un mecanismo de actuación complementario que permite detectar la velocidad y controlar el cierre mediante la acción de un contrapeso.

- Aumento de presión aguas arriba: Válvulas de alivio.

  Las válvulas de alivio tienen como misión principal descargar automáticamente un caudal de agua, para evitar que se sobrepase una presión determinada. Pueden ser de acción directa o con válvula piloto.

- Disminución de presión: Válvulas de cierre automático por depresión.

  Actúan mediante un cierre total cuando la presión del agua desciende por debajo de un determinado valor al producirse una pérdida de carga importante, debida a la excesiva velocidad causada por un fuerte aumento del caudal a consecuencia de la rotura de la tubería aguas abajo de la válvula. Habitualmente, su funcionamiento se basa en la proporción directa que existe entre el paso de un fluido a través de una placa o disco orificio y la perdida de carga que se produce. El diseño es similar al de las válvulas de control de caudal.

- Aumento de nivel de agua: Válvulas de flotador de cierre en nivel máximo.

  Son válvulas de seguridad que se utilizan para evitar que el nivel del agua dentro de un depósito suba por encima del nivel máximo impidiendo que el agua rebose. Pueden ser válvulas de flotador de acción directa (con un flotador que actúa sobre el obturador) y de circuito con piloto flotador (el piloto controla el nivel de agua y actúa sobre el obturador).

– Válvulas de retención

Elemento hidromecánico que se abre automáticamente por el paso de un fluido en una dirección definida y que se cierra automáticamente para evitar su paso en sentido inverso.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En el diseño de una válvula de retención podemos distinguir los siguientes elementos: cuerpo, obturador, mecanismo de accionamiento, asiento de estanquidad y enlaces a la conducción.

Existe gran variedad de diseños de válvulas antirretorno, según sea el obturador o sistema de retención de la válvula: de bola, clapeta simple, doble clapeta o de disco partido, disco o émbolo con eje longitudinal centrado, disco con muelles y asiento inclinado, disco basculante con amortiguador de contrapeso exterior y membrana.

El enlace con la conducción se realizará, generalmente, mediante uniones rígidas con bridas.

En la elección del tipo de válvula se tendrá en consideración su tiempo de cierre, así como el rango de presiones que se produzcan relacionadas con el fenómeno de golpe de ariete.

II.5.7 Desagües

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

Para diámetros de la tubería iguales o superiores a 600 mm se dispondrán en los desagües, por motivos de seguridad y posibilidad de regulación, dos válvulas de seccionamiento, la primera de compuerta y la segunda de mariposa, en el sentido de salida del agua. De esta forma, en caso de avería de la válvula de mariposa, podrá repararse sin necesidad de vaciar la tubería. La regulación del caudal de desagüe se realizará con la válvula de mariposa, a pesar de que ésta no sea su función habitual.

No obstante, en redes urbanas que discurran bajo la calzada y en las que los desagües se prolonguen hasta las aceras, puede también ser interesante disponer de dos válvulas en los desagües: una junto a la tubería (bajo la calzada) y otra bajo la acera, de manera que habitualmente la primera esté abierta y la segunda cerrada, manejándose el desagüe desde ésta última.

Deben disponerse desagües en los puntos bajos relativos de la conducción, así como en todos los sectores que puedan aislarse del resto mediante válvulas.

II.5.8 Caudalímetros

Son sistemas electrónicos capaces de medir caudal de agua en tuberías con presión.

La alimentación eléctrica será a 24 Vcc.

Las condiciones de instalación de los caudalímetros exigen la necesidad de disponer de tramos rectos de longitud suficiente aguas arriba y aguas abajo de los mismos, con el fin de obtener un perfil óptimo del líquido para efectuar su medición dentro de los márgenes de error establecidos por el fabricante, dependiendo del principio de funcionamiento de los equipos (electromagnéticos o ultrasónicos).

En función del principio de medida los caudalímetros pueden ser de dos tipos:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.5.8.1 *Caudalímetros electromagnéticos*

Se conectarán a la tubería mediante bridas, según UNE-EN 1092-1:2019, y se instalarán, siempre, con carrete de desmontaje para su posible desinstalación. Estarán formados por un elemento primario (carrete con bobinas y electrodos), con grado de protección IP68, y su correspondiente electrónica del convertidor, ambos independientes con el fin de que ésta pueda ser instalada de forma que no se pueda ver afectada ante posibles inundaciones.

Las longitudes mínimas de tramos rectos recomendadas, para el caso de caudalímetros electromagnéticos, serán:

- Tramo recto de entrada: $L > 5 \cdot DN$
- Tramo recto de salida: $L > 3 \cdot DN$

En cualquier caso, estás longitudes serán compatibles con las proporcionadas por el fabricante.

II.5.8.2 *Caudalímetros por ultrasonido*

Se instalarán, preferiblemente, para diámetros nominales de tubería mayores de 800 mm y conexión entre bridas, según la UNE-EN 1092-1:2019.

Estarán compuestos por un carrete, una sonda o transductor y la electrónica del convertidor.

Las longitudes mínimas de tramos rectos recomendadas serán variables dependiendo del elemento perturbador, siendo considerablemente superiores que para los electromagnéticos.

Dispondrán de grado de protección IP68.

Con carácter general, se podrá colocar, además del caudalímetro en la tubería principal, un baipás para dar continuidad al servicio en periodos de mantenimiento del caudalímetro. De esta forma, en la tubería principal se dispondrán de los conos de reducción y ampliación adecuados al diámetro del caudalímetro a disponer y sendas válvulas de seccionamiento para aislarlo. En el baipás se colocará otra válvula de seccionamiento que se encontrará cerrada en la forma habitual de funcionamiento. De la misma manera, para la correcta medición del equipo, se atenderán a las longitudes recomendadas para su instalación y a velocidades de paso de al menos 0,5 m/s.

II.6 Depósitos

II.6.1 Características generales

Con carácter general los depósitos deberán cumplir lo dispuesto en las normas UNE-EN 1508:1999 y UNE-EN 805:2000.

Asimismo, desde el punto de vista estructural, se deberá atender a lo especificado en la normativa vigente correspondiente al tipo de estructura. Concretamente, para estructuras de hormigón o de acero, deberá aplicarse el Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento. También deberá seguirse la Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE) así como, complementariamente, lo indicado en el resto de legislación y normativa vigente, especialmente los

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Eurocódigos 0, 1, 2, 3, 7 y 8 (UNE-EN 1990:2019, UNE-EN 1991, UNE-EN 1992, UNE-EN 1993, UNE-EN 1997 y UNE-EN 1998). Los Eurocódigos 1, 2, 3, 7 y 8 están compuestos de diferentes partes. A su vez, se tendrán en consideración, la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE-08) y la Instrucción de Acero Estructural (EAE), que abarcan tanto el proyecto como la construcción.

Para el caso concreto de los depósitos prefabricados, adicionalmente a todo lo anterior, se tendrá en consideración lo señalado específicamente en las instrucciones y normas correspondientes. Además, en su proyecto y construcción será necesario aportar toda la documentación descriptiva y de detalle que permita conocer sus características y justificar su adecuado dimensionamiento, incluyéndose todos los cálculos, planos, etc. que sean precisos.

Complementariamente a lo expuesto en el presente apartado, será de aplicación la Guía técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable (CEDEX) así como las indicaciones de diseño expuestas en el apartado *IV.8 Depósitos* y las de gestión de la calidad del capítulo *VI Gestión de la calidad* de las presentes Normas.

En las figuras siguientes se muestran unos esquemas de un depósito con la disposición más frecuente de los elementos necesarios.

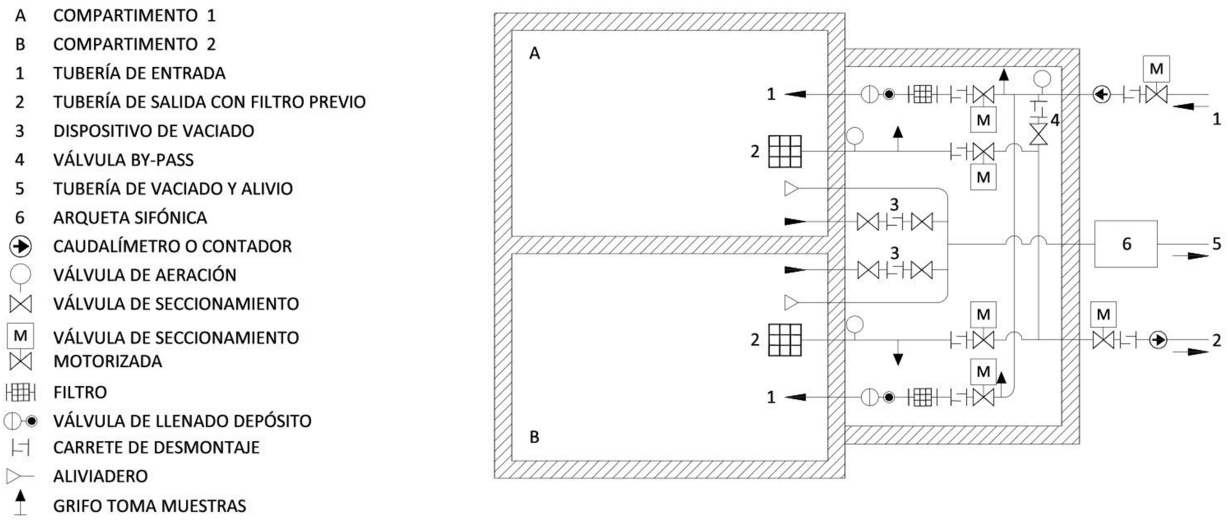


Figura 20. Esquema simplificado de la sección en planta de un depósito

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

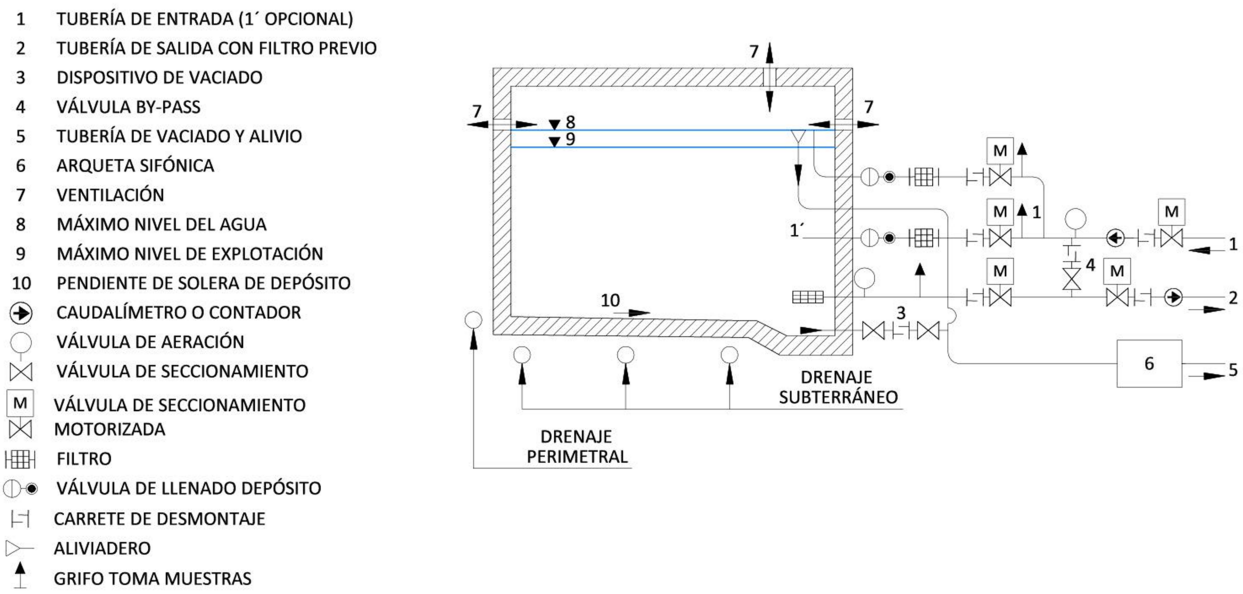


Figura 21. Esquema simplificado de la sección en alzado de un depósito

En cualquier caso, los depósitos deberán cumplir los requisitos funcionales de calidad del agua y explotación que se detallan a continuación.

II.6.1.1 *Calidad del agua*

El depósito debe diseñarse para prevenir la contaminación del agua que almacena y para evitar los cambios químicos, físicos o biológicos perjudiciales para la calidad del agua.

En cumplimiento de esto, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- El depósito será cubierto y dispondrá de lámina de impermeabilización sobre cubierta.
- Los materiales de construcción e impermeabilización de todas las superficies en contacto con el agua cumplirán los requerimientos de productos en contacto con el agua para consumo humano.
- Las superficies interiores deberán ser lo más lisas y libres de poros posible con el fin de facilitar la limpieza.
- Se protegerán todas las partes metálicas para su defensa frente a la corrosión.
- Se reducirán al mínimo las zonas estancadas, mediante el adecuado diseño de los compartimentos de agua y de las tuberías de entrada y salida. A este respecto, las embocaduras de las tuberías de entrada y salida deben estar alejadas para forzar la circulación del agua dentro del depósito. Asimismo, se dispondrán pantallas o tabiques guía, de forma que se obligue al agua a seguir un camino sinuoso entre la toma y la salida.
- Deberán disponerse huecos o ventanas enfrentadas para facilitar la ventilación cruzada del depósito. Se ubicarán en su parte superior, aprovechando los 50 cm mínimos disponibles entre el nivel máximo de agua y la cara inferior de la cubierta. Serán de dimensiones reducidas para impedir el acceso a personas y animales y se protegerán mediante rejas, lamas o caperuzas fijas

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

que dificulten la introducción de sustancias. Además, se evitará la entrada de radiación solar al vaso del depósito.

- El depósito y todas las instalaciones asociadas deberán ser cuidadosamente revisadas, limpiadas y desinfectadas antes de la puesta en servicio, siguiendo las indicaciones de Canal de Isabel II.
- Las tuberías de entrada y de salida de cada compartimento dispondrán de un grifo que permita la extracción de muestras para el análisis de la calidad del agua.

II.6.1.2 *Explotación*

Con el fin de que la posterior explotación del depósito se lleve a cabo de la forma más adecuada posible, se tendrán en cuenta los siguientes criterios en la fase de diseño:

- Para facilitar las labores de explotación y mantenimiento, el depósito se diseñará, como mínimo, con dos compartimentos. Excepcionalmente, cuando la capacidad de los depósitos sea inferior a 100 m^3, se podrá disponer un único compartimento, siempre que el mantenimiento pueda programarse sin interferencia con la explotación de la red.
- Cada compartimento dispondrá de una tubería de entrada y una tubería de salida, así como una tubería de desagüe para el vaciado total del depósito en operaciones de limpieza y desinfección. Todas ellas serán independientes y estarán provistas de los dispositivos de seccionamiento necesarios para realizar derivaciones y conexiones entre los compartimentos.
- Los dispositivos de seccionamiento, derivación y control se centralizarán en arquetas o casetas, también denominadas cámaras de llaves, adosadas al depósito y fácilmente accesibles.
- Para realizar las tareas de explotación y mantenimiento en el interior del depósito, se dispondrá de entrada de hombre y escalera (fija o de pates). En depósitos de capacidad superior a 5.000 m3 se añadirá alumbrado interior, un pasillo central de inspección y ventilación forzada al final del mismo.
- El acceso a las distintas zonas del depósito (compartimentos, cámara de llaves, etc.) será de tal forma que garantice la seguridad del personal y facilite la explotación. Las aperturas se dimensionarán para permitir la introducción de los materiales y el equipo necesarios de limpieza, mantenimiento y reparación.
- El depósito se proyectará cerrado. Los accesos al interior del depósito y a la cámara o cámaras de llaves dispondrán de puertas o tapas con cerradura.
- En las cámaras de válvulas se dispondrán ventanas de iluminación no practicables, de pavés o similar, protegidas mediante trámex, lamas, enrejado o mallado de seguridad, para evitar vandalismo y proporcionar luz natural.
- El llenado se puede realizar mediante una impulsión o por gravedad y dispondrá en todo caso de mecanismos de regulación del llenado, generalmente válvulas de flotador o válvulas de altitud.
- La tubería de salida del agua dispondrá de un filtro y el punto de toma se situará de 20 a 30 cm por encima de la solera para evitar la entrada de sedimentos. Si se quiere utilizar esta lámina de agua se podrá disponer la toma alojada en un rebaje practicado en la solera.
- En la solera de cada uno de los compartimentos del depósito deberá disponerse una pequeña canaleta que sirva para el vaciado de cada uno de los vasos. Ésta contará con un dispositivo de desagüe de fondo consistente en un cuenco desde el que partirá la oportuna conducción de

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

vaciado. A su vez, la solera presentará una pendiente hacia dicha canaleta del 5‰ como mínimo, que se podrá materializar bien directamente al ejecutar la losa o bien mediante la colocación de un mortero.

- Tendrá que garantizarse el desagüe, bien situando la solera del depósito a cota superior a la del punto de vertido, bien mediante otras soluciones alternativas cuando, por condicionantes geotécnicos o de otra naturaleza, el desagüe no pueda realizarse por gravedad. En todo caso, en la tubería de desagüe se colocará una arqueta sifónica para evitar la entrada de elementos o sustancias del exterior.
- En el caso de los depósitos que funcionen en cola de una red, la tubería de entrada puede ser de flujo reversible y coincidir con la de salida.
- Existirá un vertedero de emergencia que evite el rebose en caso de fallo en los mecanismos de regulación del llenado. Estará conectado con la tubería de vaciado y deberá tener capacidad para evacuar el máximo caudal entrante.
- Se instalará una derivación o by-pass, con dispositivo de seccionamiento, de forma que se permita la conexión eventual de las tuberías de entrada y de salida. En esta última se colocará, en caso de ser necesaria, una válvula reguladora de presión, que permita qué para presiones suficientes de la red, se pueda derivar el flujo directamente desde la tubería de entrada a la de salida.
- Se instalarán dispositivos medidores de volumen (contadores) o de caudal (caudalímetros) para el registro de los caudales de entrada y de salida, así como dispositivos eléctricos de control del nivel del agua.
- Se dispondrá drenaje tanto subterráneo como perimetral que verterá a la arqueta sifónica. Para facilitar la localización de las fugas se realizará mediante un sistema de tubos independientes.
- En cada cámara de válvulas (o de control) se establecerá un detector de inundaciones y un sistema de drenaje con vertido a la arqueta sifónica. Debe ser dimensionada para albergar válvulas, paneles de control, equipos para toma de muestras y vigilancia, y todos aquellos elementos necesarios para la explotación.
- En caso de necesitad de recloración, los equipos se ubicarán en una sala independiente.
- Se dotará al depósito de un sistema de telecontrol/telemando que incluya la medición de magnitudes como nivel en los compartimentos, caudal, presión y parámetros de calidad.
- Se deberá elaborar un manual de explotación del depósito.

II.6.2 Juntas

Las limitaciones en el volumen de hormigonado o la imposibilidad de su continuidad, así como los fenómenos de dilatación y retracción del hormigón, pueden hacer necesaria la ejecución de juntas ó uniones entre dos o más elementos de hormigón.

Las juntas habituales en un depósito son las de hormigonado o construcción, las de dilatación y las de retracción. Con el objetivo de minimizar el número de juntas, éstas se dispondrán de forma que realicen simultáneamente el mayor número de funciones posible.

Como norma general, para asegurar la estanquidad del depósito, todas las juntas deberán disponer de bandas de estanquidad. Éstas serán de materiales plásticos (PVC u otros) con buen comportamiento

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

elástico y admitirán grandes deformaciones. Su diseño deberá dificultar el recorrido del agua produciendo una pérdida de presión hidráulica y un cambio de dirección, mediante salientes en las alas para mejorar la adherencia del hormigón, y absorber movimientos en caso de ser necesario, a través de un bulbo central.

La estanquidad de las juntas depende fundamentalmente de su colocación, de la firmeza con que se hayan atado a las armaduras circundantes y del vibrado del hormigón que las rodea. Para conseguir su continuidad se deberán soldar entre sí tanto las de la solera como las de la unión entre solera y muros. Igualmente se asegurará la correcta elección de los materiales de sellado y la ausencia de desplazamiento durante el hormigonado.

Si la disposición de la junta implica la no continuidad de las armaduras de un elemento, habrá que tenerlo en cuenta en el cálculo y ejecución de la estructura, ya que de lo contrario se verá comprometida la seguridad de la obra.

II.6.2.1 *Juntas de hormigonado*

Para la ejecución de las juntas de hormigonado se tendrá en cuenta lo especificado en el Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento, y la EHE-08 (en concreto en su artículo 71.5.4).

En las juntas de hormigonado que estén en posición horizontal y que sirvan de unión entre solera y muro, se puede complementar o sustituir la banda de estanquidad por una junta hidroexpansiva situada en el eje central. Sin embargo, lo más efectivo es tratar la junta a posteriori por el lado interior del depósito, o por ambos lados si puede acumularse agua en el exterior. Si el espesor del muro no es grande, no es recomendable la colocación de bandas de estanquidad de PVC en la zona central de la sección de dicha unión, ya que debilitan peligrosamente el nudo estructural.

Las juntas ubicadas en el arranque de los muros desde la cimentación se comprobarán siempre a esfuerzo rasante.

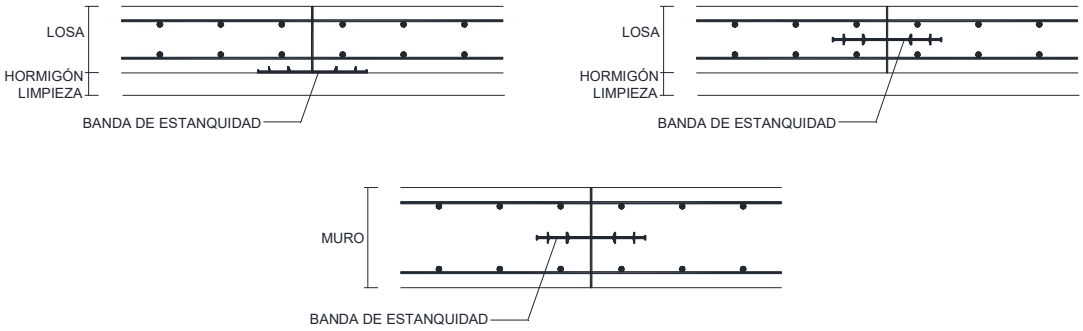


Figura 22. Detalle de junta de hormigonado en solera (arriba) y en muro (abajo)

II.6.2.2 *Juntas de dilatación y retracción*

El hormigón, independientemente de las deformaciones causadas por las cargas directas de trabajo, experimenta cambios volumétricos debidos a acciones de tipo indirecto como retracción, cambios

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

térmicos, deformaciones plásticas, etc. Coartar estos movimientos puede producir esfuerzos no deseados, y en caso de tracciones, provocar fisuras.

Para facilitar y localizar los movimientos del hormigón, se distribuirán juntas de dilatación en el depósito, analizándose su influencia en el comportamiento estructural del mismo.

La norma UNE-EN 1992-3:2011 indica unas recomendaciones sobre la disposición de juntas de dilatación.

Se dispondrán juntas de dilatación cuando existan cambios de altura de la pared del depósito, de tipo de suelo o de nivel de plano de cimentación. No se hará coincidir las juntas con los cambios de dirección en planta del muro perimetral, ni con los nudos de entronque de éste con las paredes divisorias interiores.

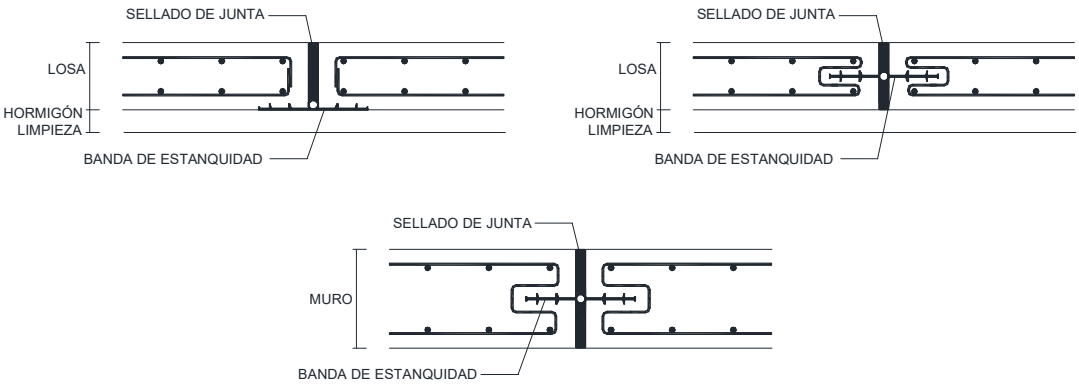


Figura 23. Detalle de junta de dilatación en solera (arriba) y en muro (abajo)

Por otro lado, en el proceso de retracción del hormigón se producen fisuras debido a la disminución de volumen ocasionada por la pérdida de agua durante el fraguado. Este fenómeno aumenta con la acción del viento y la temperatura atmosférica y se puede reducir mediante una correcta dosificación del hormigón y cuidado del curado.

Para controlar y tener localizadas las fisuras, se distribuirán juntas de retracción en el depósito, cuya disposición dependerá, entre otros factores, de la época del año en que se hormigones, del tipo de clima, de la dosificación del hormigón, de su armado, etc.

La *Figura 24* muestra un detalle de junta de retracción en solera y en muro.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

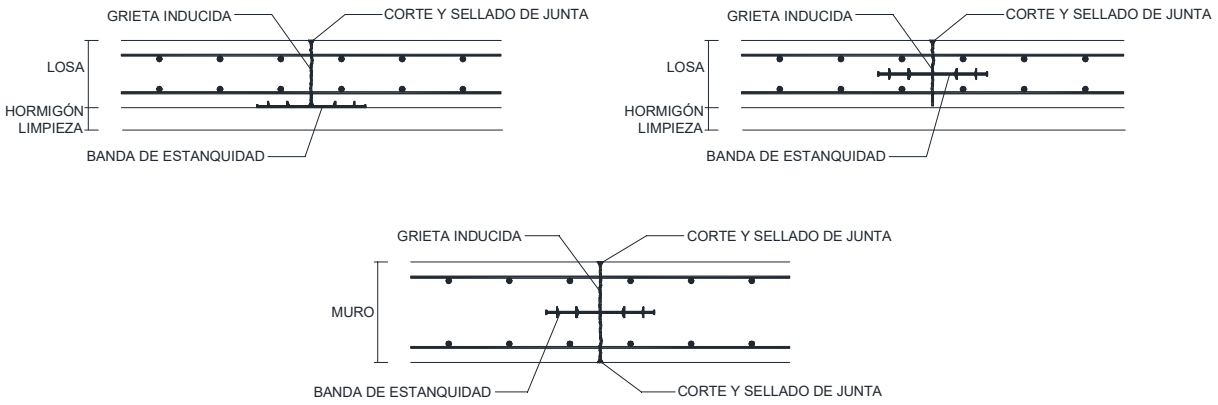


Figura 24. Detalle de junta de retracción en solera (arriba) y en muro (abajo)

II.6.3 Instalaciones auxiliares

Los dispositivos de seccionamiento, derivación y control necesarios se centralizarán en arquetas o casetas (denominadas cámaras de válvulas), adosadas al depósito y fácilmente accesibles.

Se anclarán adecuadamente todos los elementos (válvulas, codos, piezas de derivación, reducciones, etc.) sometidos a esfuerzos que no deban ser soportados por la tubería.

En las tuberías que atraviesen los muros del depósito se instalará un manguito embridado (pasamuros) empotrado en el muro y sellado mediante una impermeabilización que asegure la estanquidad del agua con el exterior.

Al determinar la ubicación de los diferentes elementos dentro de la cámara de válvulas se prestará especial atención a la cómoda accesibilidad a los mismos disponiendo el espacio suficiente para el montaje y desmontaje, el acceso durante la explotación, los anclajes, etc.

Con carácter general, en los depósitos se instalarán los componentes que se indican a continuación.

II.6.3.1 *Tuberías de entrada y salida*

La tubería general de entrada al depósito se bifurcará, mediante las oportunas derivaciones, en cuantos compartimentos esté dividido el depósito. Se dispondrán los siguientes equipos:

- Válvulas de seccionamiento (en el tramo común de la tubería y en las bifurcaciones que vayan a cada uno de los compartimentos).
- Un contador o caudalímetro.
- Una válvula de llenado.
- Un filtro.
- Un tomamuestras en el ramal común o uno en cada ramal.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Para el llenado de la conducción se dispondrán mecanismos de regulación, en general, válvulas de flotador o válvulas de altura.

Se dispondrá una tubería para la salida del agua en cada uno de los compartimentos del depósito, las cuales se unirán en la cámara de válvulas en una única. Se instalarán los siguientes equipos:

- Un filtro en cada uno de los ramales.
- Un tomamuestras en el ramal común o uno en cada ramal.
- Válvulas de seccionamiento (en lo ramales procedentes de cada uno de los compartimentos y en el tramo común de la tubería).
- Una válvula reguladora de presión para el by-pass, en caso de necesidad.
- Un contador o caudalímetro.

Las tuberías de entrada y de salida se conectarán mediante un by-pass o derivación, con dispositivo de seccionamiento, de forma que se permita la conexión eventual de ambas conducciones. Además, en caso de ser necesario, en el by-pass se instalará una válvula reguladora de presión con dispositivo de seccionamiento, que permita qué para presiones suficientes de la red, se pueda se pueda derivar el flujo directamente desde la tubería de entrada a la de salida, y el funcionamiento de la instalación sea por gravedad. En caso de que el depósito funcione como aspiración de un bombeo, si la presión en la red baja por debajo de la presión consignada, la válvula cierra y pasaría de nuevo a funcionar con los grupos de bombeo de la instalación.

Todas las tuberías relacionadas serán de acero inoxidable o acero con la adecuada protección frente a la corrosión.

II.6.3.2 *Tuberías de alivio, vaciado y desagüe*

El vertedero o aliviadero estará conectado mediante la tubería de alivio a la tubería general de desagüe, a la que acometerán las tuberías de vaciado de cada compartimento del depósito en la cámara de válvulas. Dichas tuberías de vaciado dispondrán de sus elementos de corte previos a la conexión con la tubería de desagüe. Las tuberías de alivio y desagüe carecerán de elemento de corte alguno.

Se dispondrá una tubería de vaciado con dos válvulas de corte en cada compartimento del depósito. Las tuberías de alivio, vaciado y desagüe serán de acero inoxidable o acero con la adecuada protección frente a la corrosión.

II.6.3.3 *Elementos auxiliares*

Los depósitos deberán ir provistos con los siguientes elementos auxiliares:

- Pates de acceso o escaleras.
- Barandillas.
- Cadenas de seguridad.
- Rejillas trámex.
- Elemento de izado (polipasto o puente grúa) con salida al exterior de la cámara.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Deberán cumplir con lo especificado en el epígrafe *II.10 Elementos complementarios*. Si bien todos los elementos que se instalen en el interior de los depósitos deberán ser de materiales plásticos o de acero inoxidable AISI 316 L, se permitirán aceros con la adecuada protección frente a la corrosión en aquellos elementos que así determine el Servicio Técnico de Canal de Isabel II.

II.7 Estaciones de bombeo

II.7.1 Características generales

En el presente apartado se especifican unas prescripciones básicas relativas a los componentes que intervienen en las estaciones de bombeo de las redes de abastecimiento. Dichas prescripciones se centran en las estaciones de bombeo que aspiran desde depósito y bombean a red, que aspiran desde depósito y bombean a otro depósito o que aspiran desde una conducción a presión y bombean a red.

En general, las estaciones de bombeo tendrán planta rectangular. Las dimensiones y geometría exacta de cada compartimento variarán en cada caso particular en función del número de bombas a instalar, de la profundidad del depósito o de la disposición de las conducciones de entrada y salida, si bien en el presente artículo se establecen unos criterios generales que deberán ser observados en su diseño.

Se deberá disponer de acceso a la instalación a través de un edificio o caseta encima de la estación para facilitar el acceso a la misma. En caso de existir problemas de integración ambiental o paisajística en el terreno, alternativamente a la instalación de una caseta, la entrada a la estación podrá realizarse por tapas de registro directamente desde la superficie.

Independientemente de cuál sea su geometría, todos los compartimentos que integren la estación de bombeo deberán ser accesibles. Dichos accesos deberán ser amplios para facilitar las operaciones de entrada y salida de los equipos que integran la estación de bombeo, y su posible extracción o introducción, en caso de avería o sustitución. Por ello es recomendable que en los techos de los distintos compartimentos se dispongan suficientes accesos a los mismos mediante cobijas de hormigón o rejillas trámex.

Cuando la estructura de las estaciones de bombeo sea de hormigón armado o de acero, deberá cumplir lo especificado al respecto en el Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento. Además, también deberán satisfacer la Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE) así como, complementariamente, lo indicado en el resto de legislación y normativa vigente, especialmente los Eurocódigos 0, 1, 2, 3, 7 y 8 (UNE-EN 1990:2019, UNE-EN 1991, UNE-EN 1992, UNE-EN 1993, UNE-EN 1997 y UNE-EN 1998). Los Eurocódigos 1, 2, 3, 7 y 8 están compuestos de diferentes partes. A su vez, se tendrán en consideración, la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) o la Instrucción de Acero Estructural (EAE), respectivamente.

Se pretende recoger una serie de criterios hidráulicos y constructivos que han de cumplirse a la hora de proyectar un bombeo de nueva instalación o remodelación de existentes. En el caso de remodelación de bombeos existentes, se deberá analizar si las características de las instalaciones permiten su aplicación.

Respecto a los requisitos funcionales, se deberán seguir los criterios marcados por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Las estaciones de bombeo que suministren agua a varios depósitos tendrán el mismo esquema hidráulico que las que bombeen agua a un depósito.

En cualquier caso, para la instalación de las bombas y los diferentes elementos de los colectores, se seguirán las recomendaciones facilitadas por los fabricantes, especialmente las relativas a las distancias que deben cumplir elementos como codos, derivaciones, etc., que puedan provocar perturbaciones en el bombeo.

La instalación estará clasificada como tipo b.4 “Bombas de extracción o elevación de agua, sean industrias o no” de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

A título orientativo, y acorde al espacio físico disponible, en los planos 20, 21 y 22 del *Anexo 3. Planos*, se muestran los esquemas de una estación de bombeo que aspira desde depósito y bombean a otro depósito, que aspira desde depósito y bombea a red y que aspira desde una conducción a presión y bombea a red, respectivamente.

II.7.2 Bombeo

En general, las bombas estarán fabricadas de fundición dúctil, con su protección anticorrosión correspondiente, a excepción del eje del motor y la tornillería que serán de acero inoxidable. El pedestal o la base soporte serán de fundición dúctil o de acero inoxidable.

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

- Estaciones de bombeo con cámara de aspiración o depósito y con bombas instaladas en seco.
- Estaciones de bombeo con cámara de aspiración o depósito y con bombas sumergidas.
- Estaciones de bombeo sin cámara de aspiración.

En la conducción incidente en la estación, en su caso, se instalará una válvula de seccionamiento que permita el cierre completo de la instalación.

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

Las bombas podrán ser centrífugas o de hélice e instalarse preferentemente en posición horizontal. No obstante, previa autorización de los Servicios Técnicos de canal de Isabel II, se podrán admitir bombas en posición vertical.

En ese mismo caso, en la entrada de la cámara de aspiración deberán disponerse cámaras tranquilizadoras para disipar la energía cinética del flujo entrante. Estas cámaras serán de hormigón armado y se comunicarán con la de aspiración mediante unos agujeros practicados en los muros de separación y enfrentados a las bombas de manera que se distribuya el caudal de entrada entre ellas de manera uniforme.

En instalaciones pequeñas, y previa autorización expresa de Canal de Isabel II, podrán sustituirse las anteriores cámaras tranquilizadoras de hormigón armado por pantallas deflectoras de acero inoxidable o galvanizado en caliente.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

El número mínimo de bombas a instalar será de n+1 (para cada potencia instalada,), siendo n el número necesario para elevar el caudal requerido en cada hipótesis de funcionamiento y quedando siempre, incluso en la hipótesis de pleno funcionamiento, una de reserva. Esta irá rotando, con objeto de que no sea siempre la misma. Todas ellas (incluida la de reserva) estarán instaladas y conectadas de manera adecuada para que puedan utilizarse cuando se requieran.

En los grupos de presión y estaciones que bombeen directamente a la red, se cumplirán los siguientes criterios:

- Para establecer el número de arranques por bomba, se especificará en los motores el tipo de servicio intermitente periódico con arranque, S4 con un sobredimensionamiento del 15%.
- Para la elección del número de bombas y sus correspondientes caudales, se tomará como referencia el estudio de los caudales demandados a largo plazo por la red a abastecer, de tal forma que se plantearán distintos escenarios a satisfacer por el grupo de bombeo instalado, dimensionándolas de tal forma que puedan suministrar todo el rango previsto con las presiones adecuadas, buscando en cada caso la mejor estrategia desde un punto de vista de funcionamiento y económico. Se estudiará la programación de las bombas en función del caudal y el rendimiento para que el consumo energético sea el menor posible. Además, deberán garantizar una presión mínima en los puntos más desfavorables de cada uno de los sectores abastecidos.

Las bombas sumergibles se instalarán acopladas a un pedestal y deberán ir siempre dispuestas con un tubo guía y una cadena para facilitar sus operaciones de montaje y desmontaje. Las bombas instaladas en seco se montarán sobre una base soporte, pudiendo o no disponerse carril guía. En cualquier caso, los equipos de bombeo nunca se instalarán anclados directamente mediante pernos a la solera.

El tubo guía será, en general, de alguno de los siguientes diámetros nominales: ¾”, 1¼”, 2” o 3”, de acuerdo con lo recomendado por los fabricantes.

Las bombas estarán unidas directamente mediante bridas al tubo de impulsión y, en su caso, al de aspiración.

El fabricante de la bomba deberá facilitar el catálogo técnico en el que se incluirá como mínimo las curvas características (caudal-altura), NPSH requerido, tensión, intensidad, potencia y velocidad de funcionamiento de la bomba.

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

P	<	40 kW	Arranque directo
40 kW ≤ P	<	300 kW	Arranque mediante arrancadores estático
300 kW	≤	P	Arranque directo en alta tensión

Los arranques con variadores no se utilizarán a menos que sea necesaria la regulación de velocidad de las bombas. En el caso de bombeos a red siempre se utilizarán variadores de frecuencia, independientemente del rango de potencia.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En cualquier caso, el motor debe ser capaz de operar en toda la curva de la bomba, independientemente de si hay puntos de esa curva en los que teóricamente no vaya a operar.

Los motores de las bombas deberán ser de la clase de eficiencia energética mínima IE3, tal como está definida en la UNE-EN 60034-30-1:2014. La eficiencia de los motores se ajustará, como mínimo, a lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2019/1781 y sus posteriores modificaciones, pudiendo ser exigible una eficiencia IE4 para los motores desde 75 kW hasta 200 kW que no sean motores-freno, motores de seguridad aumentada u otros protegidos contra explosión.

La protección del motor de la bomba será, al menos, del grado IP55 y el aislamiento de la Clase F. Para equipos sumergidos la protección mínima será IP68.

En cualquier caso, el cableado de las bombas deberá contar con las protecciones necesarias, así como disponerse alojado en el interior de un tubo cuando atraviese los muros de la estructura.

Una vez definido los grupos motobombas necesarios para la impulsión, será necesario dotar al bombeo de uno o varios equipos auxiliares (calderines/equipos hidroneumáticos), con el objetivo tanto de proteger a los equipos como de optimizar el funcionamiento del bombeo. Su presión de trabajo se corresponderá, como mínimo, con la presión para la que sea proyectada la instalación.

Aunque en bombeos a red (dependiendo de la topografía de cada red) es menos sensible el cálculo del golpe de ariete debido a que la ramificación de la red en cuestión atenúa el posible golpe de ariete generado, será necesario estudiar la instalación de calderines como medida de protección.

Para afrontar la demanda de caudales mínimos por la red evitando o reduciendo el número de arranques y paradas de los grupos motobomba de mayor potencia y caudal, se estudiará la posibilidad de instalar bombas de menor caudal nominal cuyo rendimiento sea óptimo en su curva H-Q para dichos caudales mínimos, manteniendo la misma altura de impulsión, dependiendo del caso. De manera compatible, o bien en el caso de que el caudal mínimo de los grupos de bombeo disponibles en el mercado (datos facilitados por los fabricantes) no satisfagan el caudal mínimo demandado por la red (estudio de caudales de la red en cuestión), habrá que estudiar otras opciones, como puede ser la instalación de equipos hidroneumáticos que limiten el número de arranques/paradas de las bombas y ayuden a aportar el caudal mínimo establecido, o bien mediante el by-pass del grupo de bombeo. De esta manera se alarga la vida útil de los equipos.

En la elección de una o varias de estas opciones se tendrán en cuenta si se trata de bombeos existentes o de nueva implantación y de las horas de funcionamiento y su amortización. Por tanto, las opciones anteriores no son excluyentes, así que el estudio debe abarcar de una manera conjunta todas ellas, o incluso implementar alguna de ellas aun encontrándonos en la situación de disponer de grupos de bombeo que suministren dichos caudales mínimos, debiéndose considerar el estudio económico previo de las distintas soluciones.

La consigna de presión del sistema será configurable en todos los tipos de bombeo. Las consignas estarán comandadas por el PLC, que tendrá en cuenta las curvas de H-Q de las bombas con el fin de programar la secuencia de arranque y parada, para cualquier presión de consigna, optimizando el rendimiento en cualquier situación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Deberá disponerse una distancia libre mínima de un metro en todo el perímetro de cada equipo, salvo que el espacio disponible no lo permita, en cuyo caso se justificará que la distancia es suficiente para mantenimiento.

Para cada rango de potencia arrancará el grupo que menos horas de funcionamiento acumule, siguiendo los criterios de rotación establecidos por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

En función de la demanda de caudal que se tenga en cada momento y manteniendo la presión de consigna prefijada, irán arrancando grupos hasta agotar los grupos que se disponen. En caso de que descendiese el consumo y la presión comenzase a subir, se haría la parada en sentido inverso a la secuencia de arranque.

Excepto en casos debidamente justificados, la velocidad de giro del motor no será mayor de 1.500 r.p.m. con el objetivo de reducir el riesgo de problemas de vibraciones. En caso de ser necesario, y a requerimiento de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, se instalará protección contra vibraciones en bomba y motor.

Independientemente de si se instalan o no sondas de monitorización de vibraciones, tanto en la bomba como en el motor, se dejarán previstos tanto en los lados del acoplamiento como en el opuesto, puntos para la toma manual de vibraciones.

Adicionalmente, en caso de que sean recomendados por el fabricante del grupo motobomba y justificados en proyecto, se pueden instalar manguitos antivibraciones. En dicho caso, se seguirán las siguientes consideraciones:

- Se instalarán en el colector de aspiración y de impulsión de las bombas para amortiguar el ruido y la vibración transmitida por los equipos de bombeo a las tuberías.
- Las uniones serán embridadas en acero.
- La tornillería será de acero inoxidable.
- Los fuelles serán de EPDM.
- Dispondrán de refuerzos con hilo de acero trenzado.
- En ningún caso se emplearán para absorber las posibles desalineaciones de los equipos.

Los bombeos se diseñarán con el nivel del agua por encima del eje de la bomba. Se deberá comprobar que el $NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido}$ para todas las situaciones contempladas en cada secuencia de funcionamiento. Al valor $NPSH_{requerido}$ se le añadirá un margen de seguridad mínimo de 0,5 m.

La documentación de la bomba deberá incluir, con carácter general:

- Bajo qué norma y con qué clase de tolerancia se fabrica.
- Las curvas características (caudal-altura).
- Momento de inercia J.
- Curva par-velocidad a válvula abierta y cerrada.
- Curva de NPSH.
- Valores normales y límites de temperatura, vibraciones y alineamiento.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Hoja de datos del fabricante del motor.
- Tensión, intensidad, potencia y velocidad de funcionamiento de la bomba.

Las bombas, sus motores y los accionadores de estos deberán cumplir con la normativa de seguridad vigente en España acorde a los criterios de diseño para aparatos instalados en locales húmedos. No obstante, tal y como se indica en el apartado de características generales, la instalación será clasificada como tipo “b.4 bombas de extracción o elevación de agua sean industrias o no". Además, se cumplirá con las siguientes Directivas Europeas y sus modificaciones posteriores:

- 2006/42/CE (máquinas).
- 2014/30/UE (compatibilidad electromagnética).
- 2014/35/UE (baja tensión).

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

- UNE-EN 809:1999+A1:2010 (seguridad).
- UNE-EN ISO 12100:2012 (seguridad).
- UNE-EN 60034 (características técnicas máquinas eléctricas rotativas, distintas partes).
- UNE-EN 61000 (compatibilidad electromagnética, distintas partes).

II.7.3 Instalación hidráulica e instrumentalización

La disposición general, a ajustar en casos especiales, de la instalación hidráulica y de distribución de instrumentación se encuentra representada en los planos 20, 21 y 22 del *Anexo 3. Planos,* para cada tipología de estación de bombeo.

En el caso de estaciones con depósito o cámara de aspiración e instalación en cámara seca, el colector de aspiración particular de cada bomba es el tramo que une la toma a la bomba correspondiente, En el caso de las estaciones sin depósito o cámara de aspiración, es el tramo que une la conducción de aspiración general con cada bomba.

Análogamente, el colector de impulsión de cada bomba es aquel tramo de conducción que une las bombas con la conducción de impulsión general.

Deberán disponerse con las bridas, carretes de desmontaje y elementos de unión necesarios para que puedan desmontarse en su totalidad. Para ello las longitudes máximas de cada tramo de tubo serán de 4 metros.

Como norma general las tuberías serán en acero inoxidable 316 L. Si se opta por instalar tuberías de acero al carbono, deberán someterse a un tratamiento de galvanizado en caliente o disponerse un sistema de pintado. Será de aplicación los sistemas de pintura recogidos en la norma UNE-EN ISO 12944-5:2018, considerando ambientes clasificados como C5 y durabilidades de pintura altas (A). Los tratamientos indicados se describen en el apartado *II.11 Acabados de superficie*.

En el tramo anterior a cada bomba se instalará una válvula de seccionamiento y en el tramo posterior una válvula de seccionamiento y otra de retención. Adicionalmente, se instalarán los presostatos o transductores de presión necesarios para su control.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Cuando las estaciones de bombeo dispongan de bombas sumergidas, el colector de impulsión se alojará en una cámara de las dimensiones necesarias para instalar dicho tubo y la valvulería asociada. La solera de esta cámara deberá disponerse a una cota superior que el nivel máximo que pueda alcanzar el agua en la cámara de aspiración.

Todos los picajes para la instalación de instrumentación han de realizarse en taller a la vez que la pieza donde van instalados y del mismo material, nunca en obra. En principio serán de ½" y con el diámetro constante durante todo el elemento (sin reducciones).

Se preverá un picaje de reserva en las tuberías generales de impulsión y aspiración.

En los casos especiales de las tuberías de impulsión y aspiración generales de la instalación se instalarán a la salida del picaje dos válvulas en serie, que generalmente serán válvulas de bola. A partir de estos se instalará toda la instrumentación (manómetro, presostatos y transductores) y bomba de taraje, preferentemente instalados en pared. La valvulería será en acero inoxidable y con el PN que requiera la instalación.

Se instalará en todos los casos tres sensores de detección de inundación y válvulas motorizadas que aíslen la elevadora en caso de inundación, siendo su tipología y funcionamiento las indicadas por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Las alturas de estos sensores deben ser tales que permitan en un primer momento detectar, de forma general, el desbordamiento de la poceta de achique de la sala de bombas, nivel de agua a la mitad de la bancada de los equipos motobomba y nivel de agua a la altura de los equipos.

A no ser que no sea posible constructivamente, se ejecutará un desagüe por gravedad del bombeo a la red de saneamiento o a cauce.

II.7.3.1 *Válvulas motorizadas*

Se motorizarán las válvulas de seccionamiento siguientes:

- Válvula general de aspiración.
- Válvula general de impulsión.
- Válvula de bypass de bombeo.
- Válvula individual de aspiración si DN ≥ 500 mm.
- Válvula individual de impulsión si DN ≥ 500 mm.

Además, en el caso de aspiración desde depósito, se podrán motorizar las válvulas de seccionamiento siguientes en caso de ser requerido por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

- Válvula general de entrada de agua.
- Válvulas individuales de entrada y de salida de agua a cada vaso del depósito.

Las válvulas motorizadas podrán ser telemandadas desde el centro de control o bien de gestión remota desde el PLC. Además, se podrán manipular desde la botonera colocada en la propia válvula. Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II decidirán la forma de control de las válvulas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En cualquier caso, de todas las válvulas motorizadas o que puedan ser motorizadas (ver planos 20, 21 y 22 del *Anexo 3. Planos*) al menos deben ser telemandadas, desde el PLC y mediante bus de campo las siguientes: válvula general de entrada de agua a depósito, válvulas de salida de agua de cada vaso, válvula del colector de impulsión del bombeo. Estas 4 válvulas (en caso de disponer el depósito de 2 vasos) cerrarán automáticamente en caso de alarma de inundación. Siempre que las válvulas sean motorizadas se recogerán las señales de posicionamientos extremos, alarmas eléctricas y con alimentación en 230 Vca (fuerza) y 24 Vcc (control).

Para los tiempos de maniobra de las válvulas motorizadas se tomará el siguiente criterio:

- Válvulas con DN < 500 mm. Tiempo de maniobra de 3 minutos con motor.
- Válvulas con DN ≥ 500 mm. Tiempo de maniobra de 5 minutos con motor.

Se incluirá un doble sello en la unidad de control, tanto en la válvula como en la pared. El controlador dispondrá de capacidad de comunicación mediante bus de campo.

Para el accionamiento manual se dotará a la válvula de reductor y volante, sobredimensionándose un escalón por encima a su diámetro correspondiente, no dotándose en ningún caso de accionamiento mediante palanca salvo aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Los motores del actuador deberán ser seleccionados para que admitan al menos tres maniobras completas y seguidas de las válvulas (sin que actúen las protecciones térmicas). Los actuadores multivueltas se elegirán preferentemente con relación 8:1 para reducir en la medida de lo posible el número de vueltas en el volante. Debe tenerse en cuenta que el empleo de reducciones de elevada relación aumenta el tiempo de maniobra manual y además ocasiona un alto par en el volante que provoca que el operario no perciba el cierre de la válvula, provocando averías.

En cuanto a su instalación, será tal que en todo caso permita el acceso a los actuadores de válvulas (fundamentado en que el propio actuador con la posición del selector a cero es el sistema de seguridad de la válvula), realizándose el montaje de la unidad de control separada del actuador en una ubicación que permita la visualización de la válvula.

II.7.3.2 *Calderín/depósito hidroneumático*

Los calderines/equipos hidroneumáticos serán de cuerpo de acero y con acabado interior y exterior con imprimación epoxi y llevarán incorporados los pilares de sujeción y placas de anclaje suficientes para que su instalación se realice de forma que garantice su inmovilidad durante el funcionamiento. Se atenderán las recomendaciones del fabricante para el anclaje del soporte del calderín/equipo hidroneumático.

Su diseño dependerá de su funcionalidad. Los caudales de entrada y salida del agua en el calderín podrán ser controlados mediante toberas o estrangulamientos. Normalmente el caudal de salida debe ser sin restricción y la conexión con la tubería principal debe realizarse evitando al máximo las pérdidas. Para el flujo de retorno la utilización de una tobera o estrangulamiento permite limitar las presiones máximas y el tamaño del calderín.

Para el buen funcionamiento del dispositivo es necesario mantener el volumen de aire del depósito antiariete o calderín dentro de unos límites. Las pérdidas de aire debidas a la disolución de éste en el agua se regularán mediante un compresor o colocando una vejiga o membrana interna en la que se

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

confine el aire evitando el contacto con el agua. Se deben prever el conjunto de accesorios y válvulas necesarios para el vaciado total de los equipos por labores de inspección o mantenimiento. Estos drenajes deberán conducirse o bien a la poceta de achique de la instalación o al desagüe, no siendo en ningún caso aceptable el vertido libre.

Deberá realizarse la oportuna inscripción en el Registro de Instalaciones de Aparatos a Presión en la Dirección General de Industria, Energía y Minas, según determina el Real Decreto 809/2021, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, así como sus posteriores modificaciones.

Como norma general los equipos a presión a disponer en el bombeo serán de la siguiente tipología, salvo justificación en el proyecto:

- ≤ 3000 litros: Calderín/equipo hidroneumático agua-aire de vejiga con instrumentación para diagnóstico de la membrana.
- > 3000 litros: Calderín/equipo hidroneumático agua-aire con equipo compresor externo. El compresor se colocará en interior con filtro de aire y secador. No es necesario compresor de reserva.

En el caso de las impulsiones, las sobrepresiones se calculan teniendo en cuenta un paro no programado de la bomba, utilizando calderines en caso de ser necesario por sobrepresiones o subpresiones.

El calderín debe situarse a continuación de la unión con los tramos individuales de las bombas y aguas abajo de la válvula motorizada de impulsión, según se recoge en los esquemas de instrumentación de los planos 20, 21 y 22 del *Anexo 3. Planos*.

Deberá ser instalado de tal forma que se facilite el acceso a su inspección, estando accesibles las válvulas de llenado, el manguito de conexión a la instalación y la etiqueta de características. En caso de ser necesario para el acceso tanto para la inspección, como para las reglamentarias pruebas de presión de los equipos la instalación de plataformas o escaleras, estas nunca podrán ser soldadas al cuerpo del calderín.

Se deberá instalar obligatoriamente una válvula de seguridad y un manómetro. El manómetro dispondrá de la escala adecuada para sea visible durante la operativa de instalación. Dicha válvula de seguridad se instalará en la tubería de unión del calderín/equipo hidroneumático con la conducción y nunca en la toma superior de que constan los equipos.

La válvula de seguridad estará tarada según la presión máxima de la instalación y nunca superior a la presión máxima admisible del equipo a presión. En caso de que el caudal de agua que expulsa la válvula de seguridad pueda ser significativo o está cerca de equipos que puedan resultar dañados en caso ocurrir proyección de agua, se tomarán medidas para conducir estos alivios hacia la arqueta de achique de la instalación o mediante el uso de pantallas deflectoras que lo eviten.

Si fuesen necesarios varios calderines/equipos hidroneumáticos para un mismo sistema, tienen que estar unidos mediante un pantalón (deben funcionar exactamente igual). También se unirán las cámaras de aire, si funcionan con compresor único (por la parte superior). Por otro lado, se preverá su vaciado y desagüe.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

La tubería de salida de unión del calderín/equipo hidroneumático con la conducción se dispondrá con codo favorable a la circulación de agua.

Se prestará especial atención al tramo desde la bifurcación del calderín hacia aguas arriba, ya que cuando se produce una depresión y el calderín aporta agua, lo haría tanto hacia aguas abajo como hacia las bombas, produciendo un efecto indeseado en la aspiración.

No se podrá conectar con el sistema hasta que la presión del agua no sea superior a la presión de hinchado del calderín/equipo hidroneumático, para evitar daños en la vejiga, en caso de ser de esta tipología.

II.7.3.3 *Colectores de aspiración e impulsión*

Tanto el colector de aspiración como el de impulsión tendrán dos zonas diferenciadas, una compuesta por varios tramos dispuestos en paralelo, uno por bomba, y otra formada por una tubería que conecta todos los tramos anteriores con la conducción general. La conexión de cada tramo individual a la tubería común se hará preferentemente con injertos a 45º para favorecer la dirección del flujo.

El gálibo para tornillería será de 0,5 m entre tubería y pared, y también de 0,5 m entre tubería y solera. En caso de no ser posible esta distancia se hará un rebaje en solera.

Tanto la tubería de impulsión como la de aspiración tendrán su propia fijación y no transmitirá tensiones a la brida de la bomba.

Se instalará neopreno en todos los apoyos de las conducciones.

En el caso de aspiración desde depósito o desde cámara de aspiración, se instalará una línea de recirculación, de diámetro inferior al de la impulsión general, con dos válvulas de corte para las pruebas de la puesta en marcha recirculando el agua al depósito. En el caso de aspiración desde tubería a presión, la recirculación se hará al colector general de aspiración de las bombas.

Cabe indicar, que para la elección de la válvula de retención se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Velocidad de cierre: se deberá valorar la velocidad de cierre, en función de la necesidad de laminar los efectos del transitorio en la medida de lo posible.
- Pérdida de carga: en determinados casos puede ser interesante elegir la válvula para minimizar las pérdidas de carga.
- Factores económicos.

Adicionalmente se instalarán los presostatos y transductores de presión necesarios para el control de las bombas (ver planos 20, 21 y 22 del *Anexo 3. Planos*).

En el colector de impulsión común a todas las bombas se insertará entre bridas un caudalímetro electromagnético y su correspondiente carrete telescópico de desmontaje. Se situarán en el último tramo del colector, con una válvula de corte manual que permita aislarlo de red. Con carácter general irá instalado en el interior de la caseta. En cualquier caso, se deberán respetar las distancias mínimas aguas arriba y aguas abajo del caudalímetro. El diámetro del caudalímetro deberá estar ajustado a la velocidad del fluido, requiriendo en algunos casos la reducción del diámetro para conseguir una lectura correcta, que de manera general se asegura para velocidades mayores a 0,5 m/s.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

La lectura directa de los instrumentos siempre deberá ser posible a pie de instalación. En caso de que esto no sea posible por la tipología de la instalación y por la ubicación del instrumento, deberá disponer de electrónica separada de manera que quede a pie de instalación para facilitar su lectura.

En cualquier caso, la instalación de los equipos se deberá realizar dejando previsto el espacio necesario para el acceso del personal de mantenimiento. Debe prestarse especial atención a la puesta a tierra de los equipos acorde al manual. Si fuera necesario el uso de plataforma, se preverá también el espacio necesario para su instalación.

II.7.3.3.1 Condicionantes geométricas del tubo de aspiración

Sus condicionantes geométricos dependerán principalmente de la forma de acceso de dicho tubo a la cámara, así como de la existencia y disposición de la campana de toma. Para su correcta instalación deberán seguirse las indicaciones del fabricante.

En el caso de que el tubo de aspiración entre horizontal en el depósito, y disponga de filtro en la toma, es conveniente que la aspiración de las bombas tome el agua en el depósito dentro de una poceta rebajada en la solera del propio depósito para que sea útil todo su volumen (ver *Figura 25)*. Las dimensiones de la poceta serán de al menos 1 m de altura bajo la toma de aspiración (A), permitiendo de esta forma situar la tubería de aspiración a la misma cota que la solera del depósito. El ángulo de encuentro (α) entre solera y poceta será de 45º aproximadamente. La distancia del filtro de toma sobre la pared del vaso de aspiración (B) será de unos 50 cm, de forma que permita su correcta instalación y manutención. Asimismo, la sumergencia mínima recomendada será de al menos 1,5 veces el diámetro del filtro.

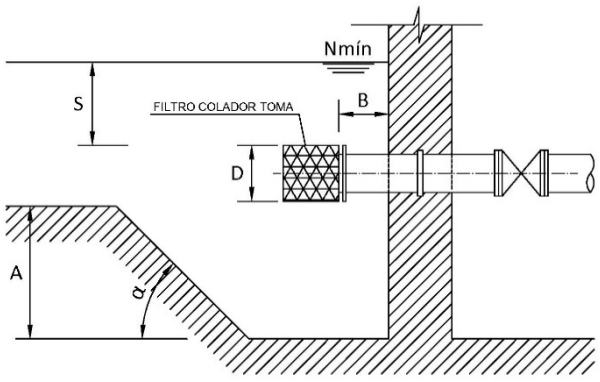


Figura 25. Esquema de condicionantes geométricos orientativos en el tubo de aspiración

En el caso de que el tubo de aspiración sea vertical (*Figura 26)*, se recomienda que la cota mínima de agua sobre el extremo de tal tubo (sumergencia), sea al menos 1,5 veces el diámetro exterior de la campana de entrada. Asimismo, la distancia de la campana a la solera del depósito debe tener un valor próximo a 0,5 veces el diámetro exterior de la misma. El tubo de aspiración debe encontrarse como mínimo a una distancia de la pared del depósito de 1,5 veces el diámetro exterior de la campana de entrada.

Cuando el tubo de aspiración sea horizontal con codo vertical descendente, se seguirán las recomendaciones indicadas en la *Figura 26.*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Si existen varios tubos de aspiración se recomienda que como mínimo se distancien en 3 veces el diámetro de la campana de entrada.

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

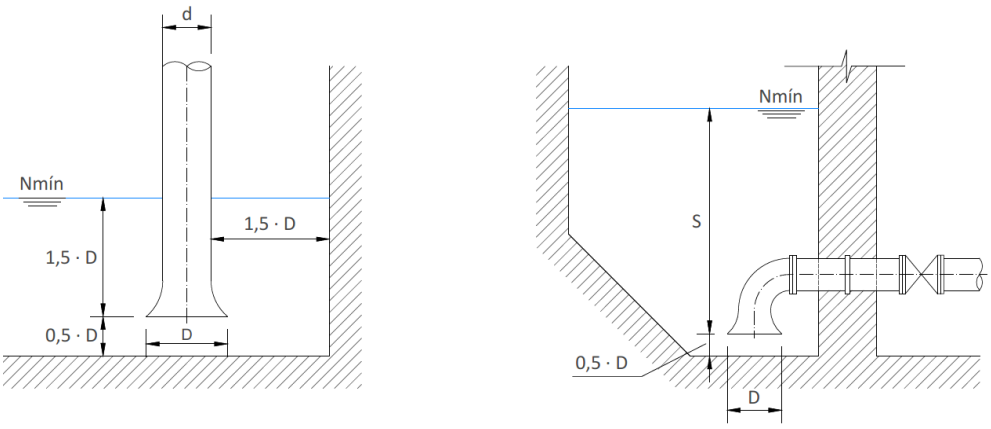


Figura 26. Esquema de condicionantes geométricos orientativos en tubo de aspiración vertical

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

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

II.7.3.3.2 Condicionantes geométricas del tubo de impulsión

El tubo de impulsión de cada bomba se recomienda sea, al menos, del mismo diámetro que la brida de descarga.

La velocidad del agua no debe ser superior a la indicada en el epígrafe *IV.4.4 Velocidad máxima del agua.* No obstante, en tramos muy cortos, como los previos al colector general, pueden permitirse velocidades mayores.

II.7.4 Obra civil

II.7.4.1 *Cimentación de equipos*

Al margen de los cálculos estructurales completos del proyecto de la estación de bombeo se deberá asegurar una correcta fijación del grupo motobomba. Tal y como se indica en el apartado *II.7.2*, los equipos de bombeo nunca se instalarán anclados mediante pernos a la solera, se montarán sobre una base soporte, pudiendo disponerse de carril guía en caso de bombas sumergibles. La cimentación de la bancada cumplirá al menos con las siguientes características generales:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Ha de realizarse independientemente para cada grupo.
- El largo y ancho debe exceder como mínimo 200 mm de la bancada del grupo.
- El tamaño recomendado será tal que proporcione un peso al menos de un 50% más que el equipo sustentado. Por lo que, una vez fijadas las dimensiones en planta con el criterio anterior, considerando una densidad del hormigón de 2300 kg/m3 podemos determinar su altura: H = 1,5·W/L·A·2300, siendo W el peso del grupo motobomba, L y A los lados de la cimentación y H su altura.
- El factor de seguridad a considerar para la carga transmitida al terreno será de 2,5, respecto a la tensión admisible del terreno obtenida del estudio geotécnico correspondiente.
- La cara superior del anclaje debe quedar perfectamente nivelada para la posterior colocación de la bancada (con lechada autonivelante, por ejemplo).
- Para evitar corrosión en la bancada por posibles charcos se dará un suplemento de 5 cm como mínimo de altura respecto solera.
- El macizo se ejecutará solidariamente a la bancada mediante unas varillas o pernos de anclaje con una métrica según fabricante del grupo. Se dejarán las cavidades cuadradas necesarias (de 10-20 cm) debajo de cada taladro de la bancada y con profundidad suficiente. De forma optativa también se puede rellenar los huecos de la bancada con lechada.

Además de las consideraciones indicadas se seguirán las recomendaciones facilitadas por los fabricantes.

Se deberá comprobar la alineación de los grupos una vez instalados.

II.7.5 Edificio de bombeo

El edificio deberá tener las dimensiones adecuadas para el correcto acceso (escaleras, trámex ...) y montaje de todos sus elementos (válvulas, carretes de desmontaje, bombas…).

Las entradas a los equipos y a los elementos de conexión y maniobra como son las cajas y botoneras se realizarán preferentemente por su parte baja y mediante prensaestopas (seleccionados del diámetro adecuado para su correcto ajuste) dejando unos centímetros sin entubar en la transición para favorecer la ventilación de los tubos y evitar las condensaciones.

Se instalarán los equipos de tal manera que no se vean mermadas su resistencia IP, que en ningún caso será inferior a IP54 para aquellos equipos en el exterior de armarios eléctricos.

Se deberá incluir en proyecto placas de toma de tierra para la conexión de las armaduras de los edificios, elementos muy necesarios que garantizan la correcta puesta a tierra de los elementos de obra civil y facilitan la instalación de la red de masas de BT del conjunto de la instalación.

Los elementos auxiliares que sea necesario instalar en las cámaras de las estaciones de bombeo (marcos y tapas exteriores de cierre, pates de acceso o escaleras, barandillas, cadenas de seguridad, rejillas trámex, etc.) deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el artículo *II.10 Elementos complementarios*.

El edificio de bombeo dispondrá de salas independientes como pueden ser la sala de bombas, la sala eléctrica, la sala para calidad de las aguas, la sala de tratamiento…

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Algunos condicionantes de estas salas se describen a continuación:

– Sala de bombas:

Se evitarán diseños en los que las bombas estén en contacto con espacios con agua libre, para evitar la degradación de los equipos.

En esta sala se dispondrá una arqueta de achique, con pendientes adecuadas hacia ella en la solera de la sala, para la captación de agua de inundación y su evacuación. Dicha arqueta desaguará por gravedad, siempre que sea posible, y si no, mediante bomba de achique. En este último caso, la arqueta será lo suficientemente grande como para albergar dicha bomba y las sondas anti-inundación sin que haya interferencia entre estos equipos para su buen funcionamiento.

Se pondrá puerta de dos hojas (dimensiones mínimas 3,20 m), que deberán abrir hacia fuera.

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

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

Los polipastos serán de accionamiento eléctrico. No obstante, previa autorización de los Servicios Técnicos de canal de Isabel II, se podrán admitir polipastos manuales en instalaciones pequeñas. Su capacidad nominal será de al menos el doble del peso del equipo mayor a extraer o mover.

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

Se deberá ejecutar en el interior del edificio una plataforma fija desde la que poder acceder al mantenimiento de los equipos del polipasto o puente grúa: cuadros eléctricos, carro de elevación, etc., cumpliendo con los requerimientos en materia de prevención de riesgos laborales. En cualquier caso, siempre que sea posible, el cuadro eléctrico se instalará a nivel de suelo.

Los cables serán tendidos preferentemente en bandeja plástica o de rejilla cuando la canalización discurra en pared, y a través de tubo embebido en obra civil cuando las canalizaciones eléctricas discurran en solera o a través del macizo.

A efectos de proteger el cable contra cualquier daño que provoque el acortamiento de su vida útil, se tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura de los cables, dependiente del tipo de cable y de su sección, y que será facilitado por el fabricante del cable.

La superficie en planta del macizo de anclaje será superior a la superficie de la bancada del grupo de bombeo, de forma que exista un margen suficiente para que la bancada no interfiera con la salida de la canalización eléctrica del macizo.

– Sala eléctrica:

Los sistemas de control y los sistemas eléctricos se dispondrán en armarios individualizados para cada sistema, instalados en una sala independiente a la cámara de bombeo, por lo que la sala de bombeo estará separada de la sala del CCM, aunque en el mismo edificio. Esta última estará a una altura superior y con visual de toda la sala de bombas y existirán pasamuros para realizar conexión de cables con la sala de CCM. Estarán separadas con mamparas transparentes que permitan la visión de los grupos en su operación desde la sala de CCM.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Los variadores de frecuencia y los arrancadores estáticos se instalarán en armario metálico independiente con protección IP54 (en caso de que aplique el uso tanto variadores de frecuencia como arrancadores estáticos, ambos equipos podrán instalarse en el mismo armario), para evitar ruido eléctrico y calentamiento de CCM y deben estar lo más cerca posible de las bombas y lo más lejos posible del PLC, para evitar ruidos o perturbaciones por armónicos en los cables de señales. Las ventanas de la sala se han de proyectar a partir de 2,20 m de altura, para disponer de todo el espacio de pared posible a la hora de la colocación de cuadros eléctricos, sin que éstas queden obstruidas por los citados cuadros y puedan disponerse cercanos a la pared.

La puerta de acceso a la sala debe tener al menos 2,50 m de altura para favorecer instalar o sacar los armarios eléctricos. En función de las condiciones particulares de cada proyecto se estudiará la necesidad que las puertas dispongan de rejillas para favorecer la ventilación. Se deberá disponer de ventilación cruzada, para ello las ventanas deberás estar ubicadas en la pared opuesta a las rejillas de la puerta. A su vez las rejillas dispondrán de mallas antiinsectos.

Para el diseño de salas destinadas a uso eléctrico, se deben contemplar unas distancias mínimas para la correcta instalación y mantenimiento de los cuadros eléctricos. Además, la colocación del cuadro deberá permitir disponer de campo visual de la sala de bombas mientras se opera en él:

- Distancia mínima entre frentes de armarios: 1,2 m.
- Distancia mínima entre partes posteriores de armarios: 0,8 / 1 m.
- Distancia mínima entre la parte posterior y la pared: 0,8 / 1 m.

– Sala de calidad:

La sala de calidad albergará los equipos de medida de calidad de las aguas. Esta sala deberá contar con los siguientes elementos:

- Equipamiento de mobiliario y climatización adecuado (mesas, sillas, equipo calefactor y refrigerador…).
- Canalizaciones para interconexión entre la sala de telecontrol y la sala de calidad.
- Panel hidráulico fabricado en acero inoxidable el cual contendrá los equipos de medida y los elementos auxiliares necesarios para el correcto funcionamiento de éste.
- Grifo toma muestra.
- Pileta para desagüe del grifo toma muestra.
- Canalizaciones y desagüe necesarios para el circuito hidráulico toma muestra.
- Acometida eléctrica y cuadro auxiliar para la alimentación del panel.
- Cuadro.
- Toma de agua potable.
- Pileta para desagüe del grifo de agua potable.
- Bombeo para elevar agua del desagüe al depósito.
- Bombeo para elevar agua del depósito al panel hidráulico.
- Turbidímetro.
- Medidor de cloro total.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.7.5.1 *Ventilación de la elevadora*

Se dispondrán ventanas no practicables, de pavés o similar y protegido con trámex o lamas para evitar vandalismo y dar ventilación y luz natural.

Para la evacuación del calor generado en el interior de la sala de cuadros eléctricos y la sala de bombas, deberá posibilitarse una circulación natural de aire como medida preferente de disipación de calor.

Los huecos destinados a la ventilación deberán estar protegidos de tal forma que impidan el paso de pequeños animales, y dispuestos de tal forma que, en el caso de ser directamente accesibles desde el exterior, no puedan dar lugar a contactos inadvertidos al introducir por ellos objetos metálicos. También deberán impedir la entrada de agua.

Se colocará una rejilla del tipo lamas en celosía con malla antipájaros en la parte interior.

En la medida de lo posible se priorizará una ventilación natural. La imposibilidad de introducir ventilación natural vendrá dada por las siguientes condiciones:

- Disposiciones constructivas. En el caso de que la entrada y la salida del aire no produzca una corriente efectiva a través de los elementos a refrigerar.
- Dimensiones de rejillas. Si las dimensiones de rejillas hacen inviable la instalación de éstas.

Cuando se de algunos de estos casos, se recurrirá a la ventilación forzada mediante extractores de tipo helicoidal.

En los casos en los que, de acuerdo con los cálculos, se prevea que la ventilación forzada no fuese suficiente, o en salas con ocupación permanente de personas, se proyectará el uso de climatización.

Para el diseño, se tomará como referencia como temperatura ambiente la temperatura media diaria del mes más caluroso.

II.7.5.1.1 Ventilación natural

Para el cálculo de la ventilación natural, sólo se tendrá en cuanta la evacuación de calor mediante el efecto de convección.

Se calcularán las superficies de los huecos necesarios para la ventilación, teniendo en cuenta el volumen de aire necesario para evacuar la cantidad de calor generada en un tiempo determinado, y a continuación, el área neta mínima de ventilación y el área efectiva a través del cálculo de las rejillas de ventilación.

Para el cálculo de la superficie necesaria para la correcta ventilación natural se utilizará la siguiente expresión:

$$S = \frac{P_t}{k1 * k2 * \left(\sqrt{2} - 1\right) * \sqrt{d * ST^3}} \ (m^2)$$

Dónde:

P = Pérdidas (kW)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

K1 = Coeficiente (ver *Tabla 35*)

K2 = Coeficiente corrección rejilla (entre 0,8 y 0,9)

d = Diferencia de alturas entre rejillas (H-h)

ST = Salto térmico (ts-te = 20ºC)

ts = temperatura de salida

te = temperatura de entrada

Tabla 35. Coeficiente K1 en función de la temperatura de entrada y de salida, te y ts, para el cálculo de la superficie de ventilación

te \ ts	30	32	35	37	40
10	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31
12	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30
15	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30
17	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29
20	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29
22	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29
25	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28
30	--	0,28	0,28	0,28	0,27

Para la sala de cuadros eléctricos la potencia de pérdidas dependerá del número de armarios eléctricos y de dispositivos que haya en cada caso.

II.7.5.1.2 Ventilación forzada

Para la instalación de ventilación forzada se colocarán extractores redundantes gobernados por termostato de ambiente, bien redundado o bien uno con 2 escalones de temperatura, de manera que se existirán dos umbrales de temperatura, el primero hará funcionar el primer ventilador, y el segundo a ambos ventiladores.

La ventilación forzada por parte de equipos redundantes proporciona flexibilidad en distintas épocas (verano/invierno) y posibilidad de seguir extrayendo aire en caso de avería de uno de los extractores.

La temperatura de tarado de los escalones será de 30ºC y 35ºC.

Se establecerá un número de renovaciones/hora superior a 10.

II.7.5.1.3 Climatización

Se diseñará instalación de climatización en salas con ocupación permanente de personas, o excepcionalmente, cuando no se consiga un correcto enfriamiento con ventilación forzada.

Si fuese necesario equipos de refrigeración hay que tener un equipo de reserva, con dispositivo de regulación que alterne el funcionamiento de los equipos, facilitando además un correcto mantenimiento a la instalación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Los equipos deberán ser de características robustas, es decir, válidos para trabajar en ambientes industriales.

II.7.5.2 *Canalizaciones eléctricas*

Con carácter preferente, para las canalizaciones eléctricas se utilizarán atarjeas. En caso de utilizar una solución diferente, esta deberá estar justificada y previamente aprobada por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Las atarjeas se diseñarán de obra civil desde el punto de vista del mantenimiento, intentando que tanto su ancho, como su profundidad sean lo mayor posible, para que un operario pueda trabajar dentro, evitando trabajar en posturas incómodas. Por otro lado, las atarjeas estarán alineadas con los frontales de los cuadros, dejando un hueco libre en su parte posterior (que se cubrirá pertinentemente). Las atarjeas se dotarán con bandejas en escalera en varios pisos. Si hubiera conductores de gran diámetro se colocarán directamente sobre el suelo. Se preverán planos de canalizaciones en proyecto. Será imprescindible separar el cableado de control y el cableado de potencia en canalizaciones separadas

Los conductores que vengan del exterior a las salas eléctricas lo harán a través de arquetas eléctricas exteriores, con un adecuado drenaje que evite la entada de agua, de tal manera que no pueda llegar a dichas salas, evitando daños en el equipamiento eléctrico.

El paso de conductores a equipos o a cajas de registro se hará mediante prensaestopas adecuados, para conservar un grado IP54 en toda la instalación, evitando además condensaciones dentro de los tubos del cableado.

En la sala de bombas, en general se colocarán tubos empotrados en la obra civil desde pared a bancada, el montaje en pared se hará mediante bandejas aislantes libres de halógenos y con tapa, según especificaciones técnicas, y en disposición horizontal.

Se incluirán en el proyecto tapas para las atarjeas (preferiblemente de material aislante). El espesor de las tapas será calculado para tener resistencia suficiente que evite el pandeo.

Deberán tener una ligera inclinación hacia los pozos de recogida o estarán provistas de tubos de desagüe. Es necesario acometer a la red de drenaje de la urbanización tanto las atarjeas como las arquetas eléctricas, para evitar sus posibles inundaciones.

II.7.5.3 *Eliminación de ruidos*

Las estaciones de bombeo deberán cumplir con la Legislación vigente en materia de ruidos:

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre del Ruido.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Cuando se instalen en las cercanías de núcleos urbanos, deberán realizarse estudios detallados de los niveles de ruidos emitidos para proponer las medidas correctoras necesarias.

II.7.6 Instrumentación

II.7.6.1 *Instalaciones básicas*

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

- Parada de las bombas por presiones máximas y mínimas.
- Protecciones térmicas de los motores.
- Sistemas de transmisión de señales.
- Alarmas.
- Niveles en depósitos (si aplica).

Todos los equipos de instrumentación cumplirán el estándar de salidas analógicas con señal normalizada de 4 a 20 mA.

II.7.6.2 *Equipos de medida y señales*

La instrumentación comprende los equipos de medición, que traducen una variable física a una señal de medida.

- Señales individuales: son aquellas que corresponden a un conjunto de motor-bomba.
  - Presión: para cada bomba, se instalará un presostato de máxima presión en la impulsión y otro de mínima presión en la aspiración.
  - Vibraciones: constan de sondas para proteger los equipos. Dependiendo del tipo de motor-bomba, será adecuado instalar protecciones contra vibraciones o no. A partir de 300 kW de potencia eléctrica de cada motor, se instalarán protecciones contra vibraciones en bombas y motores. En disposiciones de eje horizontal, se instalarán sondas radiales perpendiculares al eje y axial, previendo tantas sondas como sean necesarias según tamaño de los equipos. En disposiciones de eje vertical son necesarias al menos una sonda para motor (radial) y dos sondas para la bomba (radial y axial), para supervisar correctamente el equipo. Siguiendo en cualquier caso la ISO 10816-7:2009.
  - Temperatura devanados motor: del mismo modo que la protección contra vibraciones, son sondas para la protección de equipos y se instalarán de tipo PTC o PT100 según el siguiente criterio:
    - $10 < P \leq 40$ kW: 3 PTC serie, 150º C disparo.
    - $40 < P \leq 150$ kW: 6 PTC (3+3 serie), 130º C alarma y 150º C disparo.
    - $P > 150$ kW: 3 PT100.
  - Temperatura rodamientos/cojinetes:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- P > 75 kW: 2 PT100 en bomba y 2 PT100 en motores.

- Manómetro: deberán ser conformes a las distintas partes de la norma UNE-EN 837. Se instalará un manómetro en la aspiración y dos manómetros en la impulsión de cada bomba.

– Señales de sistema: son aquellas que miden parámetros generales del bombeo, más allá de los necesarios para cada elemento en particular.

- Señales correspondientes al tratamiento del agua.
- Caudalímetros electromagnéticos: generalmente, en las estaciones de bombeo se instalarán caudalímetros electromagnéticos, que exigen menos longitudes de tramos rectos tranquilizadores por la presencia de elementos perturbadores (bombas, válvulas, codos, reducciones…), tanto en el tramo previo como en el posterior, que los ultrasónicos. Estos caudalímetros cumplirán las condiciones indicadas en el apartado *II.5.8.* Se considerarán los reflejados en los planos 20, 21 y 22 del *Anexo 3. Planos.*
- Presostatos y sondas de presión del sistema: equipos sensibles a presión. Se instalarán tanto en la aspiración como en la impulsión de acuerdo con los planos 20, 21 y 22 del *Anexo 3. Planos.* Tienen funciones de operación y funciones de seguridad.
- Inundación: se incluirá bomba de achique para la elevadora, a la que irá asociada tres sondas de nivel. Estas sondas funcionarán según se vayan superando los niveles de inundación, que serán los siguientes:
  - Nivel inferior: con la activación de este primer nivel, se detectará la presencia de agua en el pozo de achique, y se creará un aviso.
  - Nivel alto: con el segundo nivel, se creará un corte de secuencia (el equipo vuelve a funcionar automáticamente si desaparece el nivel de inundación).
  - Nivel superior: con el tercer y último nivel, se creará un enclavamiento en CCM (el equipo se detiene definitivamente hasta que un operador no lo rearma).
- Niveles de calderín: en los casos donde se instalen calderines de aire comprimido, existirán tres sondas de presión para indicar los distintos niveles de carga del propio calderín.
  - Paro de Carga
  - Carga
  - Alarma
- Para el caso de los calderines de vejiga se instalará la instrumentación de diagnóstico del estado de la membrana (sondas de humedad) cuando sea posible.
- Niveles de depósito: en el caso de que la estación de bombeo aspire desde depósito, se emplearán señarles para para controlar el estado del depósito, se instalarán los siguientes elementos por cada vaso:
  - Nivel analógico mediante medidor tipo radar: estará formado por una unidad sensor, de grado de protección IP68, y una unidad transmisora. Ambas serán independientes
  - Niveles digitales de instrumentación (3 unidades).
    - Nivel de mínimo
    - Nivel de máximo (prevertido)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

        - Nivel de máximo (vertido)
    - Boyas de mínimo para protección de aspiración (2 unidades).
- Manómetros: serán conformes a las distintas partes de la norma UNE-EN 837. Se instalarán tanto en la aspiración como en la impulsión de acuerdo con los planos 20, 21 y 22 del *Anexo 3. Planos.*

Los manómetros, presostatos y transductores de presión tendrán un rango de medida acorde a la presión disponible en el punto en el que serán instalados, prestando especial atención en los instrumentos que se coloquen en la zona de aspiración del bombeo debido a que en este punto se pueden dar presiones relativas negativas. Además, se estudiará la posibilidad de instalar un vacuómetro si se considera necesario por requisitos técnicos.

II.7.6.3 *Sistemas de supervisión y control. Controlador lógico programable (PLC)*

La estación de bombeo dispondrá de un Controlador Lógico Programable (PLC), también denominado Autómata Programable, que permita controlar el funcionamiento de las bombas.

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

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

El microprocesador tendrá la memoria suficiente para poder almacenar el historial de bombeo (incluyendo todos los parámetros significativos) durante al menos 45 días.

Todos los elementos del PLC tendrán un grado de protección al menos IP21. Se dispondrán de las siguientes entradas y salidas, que serán analógicas (EA, SA) o digitales (ED, SD) según el parámetro a controlar:

Las asociadas a la instrumentación relacionada en el punto *II.7.6 Instrumentación*, según el siguiente balance:

- Por transductor de presión: 1 EA.
- Por caudalímetro: 1 ED; 1 EA.
- Por medidor radar: 1 EA.

Según sistemas y equipos:

- Cuadro de alarmas de CT: 8 ED por transformador y 2 ED de celda de protección general más conectividad bus para relé de protección.
- Grupo electrógeno (cuando lo haya): 2 ED.
- CGBT/CCM, servicios generales:
    - Por disyuntor motorizado de acometida: 4 ED; 2 SD.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Por disyuntor motorizado de grupo electrógeno fijo: 4 ED; 2 SD.
- Por disyuntor batería de condensadores: 3 ED.
- Por disyuntor salida cuadro general de alumbrado: 3 ED.
- Por disyuntor salida CCM: 3 ED.
- Por disyuntor a SSAA CGBT/CCM, SAI o cuadro secundario: 1 ED.
- Por disyuntor tensión de mando: 1 ED.
- Por disyuntor leds de señalización: 1ED.
- Por disyuntor bote fijo de condensadores: 3 ED.
- Por todos los servicios auxiliares de CGBT/CCM (calefacción, ventilación, alumbrado): 6 ED.
- Por analizador de redes: 2 ED; 2 EA; conectividad bus de campo.
- Por descargador de tensión: 1 ED.
- Por vigilante de tensión: 1 ED.
- Por SAI: 4 ED.

– Cuadro de control:
  - Protección general, salida SI, instrumentación, 24Vdc, 24Vac, 230Vac, PLC, etc: 10 ED; 3 SD (resets).
  - Por grupo motobomba con sensor vibraciones: 1 ED; 2 EA.
  - Por señal humedad (bomba achique): 1 ED.
  - Por motor con PTC en devanados: 3 EA.
  - Por motor con PT100 en devanados: 3 EA.
  - Por motor con PT100 en cojinetes: 2 EA.
  - Por bomba con PT100 en cojinetes: 2 EA.
  - Por distribución alimentación 24Vdc: 1 ED.
  - Por protecciones de sistema (presostato): 10 ED.
  - Por boya: 3 ED.
  - Por electroválvula: 2 ED; 1 SD.
  - Por consignas (CPC, HMI): 2 ED.
  - Por detección de inundación: 3 ED.
  - Por alta temperatura en sala: 1 ED.
  - Por vibraciones (en función del tipo y tamaño de los equipos).

– Motores:
  - Por presostato máx. presión para bomba: 4 ED.
  - Por analizador de redes para motor: 2 ED; 2 EA; conectividad bus de campo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Por motor, señales comunes (defecto mecánico, eléctrico, estado, disparo magnético, térmico, etc.): 11 ED; 1 SD.
- Por motobomba de achique con arranque directo (AD): 13 ED; 1 SD.
- Por extractor AD: 9 ED; 1 SD.
- Por motor genérico AD (pulsador de parada de emergencia, botonera, conf. Marcha, etc.): 4 ED; 1 SD.
- Por motor genérico AD + limitador de par: 4 ED; 1 SD.
- Por motor genérico AD + sonda humedad + PTC: 4 ED; 1 SD.
- Por motor con arrancador suave: 4 ED; 1 SD.
- Por motor con arrancador estático: 4 ED; 1 SD; conectividad bus de campo.
- Por motor con variador de frecuencia: 4 ED; 1 SD; 1 SA; conectividad bus de campo.
- Por válvula/compuerta con inversor integrado no telemandado: 7 ED; 4 SD; 1 EA.
- Por válvula/compuerta con inversor en cubículo: 7 ED; 2 SD; 1 SA.
- Por válvula/compuerta con inversor integrado y telemandado por bus: 5 ED; 4 SD; 1 EA; conectividad por bus.

– Por cuadro de variadores de frecuencia: 6 ED.

– Cuadro general de alumbrado:

- Analizador de redes: 2 ED; 2 EA; conectividad bus de campo.
- Descargador de sobretensiones: 3 ED.
- Disyuntor de acometida: 3 ED.

– Comunicación serie RS232 o RS485.

Además, el PLC dispondrá una pantalla donde se visualiza rápidamente el conjunto de la instalación del grupo de bombeo, mostrando, como mínimo:

– Los estados de los motores de las bombas.

– Los estados de las válvulas motorizadas.

– Los niveles de los compartimentos y niveles para aviso de aliviadero.

– La presión de la impulsión.

– Los estados del compresor y nivel del calderín.

– Acceso al sinóptico de valvulería, caudalímetro y transductores de impulsión.

– Señales de alarma en el caso de que el funcionamiento no se ajuste a lo programado.

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Se preverá la instalación de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) con la suficiente autonomía, mínimo 2 horas, que permita al PLC el envío de señales de alarma ante fallo general del suministro de energía eléctrica.

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

- Nivel máximo y mínimo en los vasos del depósito, en su caso.
- Velocidad máxima y mínima de funcionamiento de las bombas.
- Presión máxima y mínima de funcionamiento.
- Mandos para controlar el paro o marcha de las bombas y su velocidad de funcionamiento (cuando el selector esté en situación LOCAL).

Las máquinas estarán provistas de dispositivos de parada de emergencia por medio de los cuales se puedan evitar situaciones peligrosas que puedan producirse de forma inminente o que se estén produciendo.

Para ello, se dispondrá de al menos un pulsador de parada de emergencia a pie de máquina para cada equipo motor-bomba y donde exista potencial peligro eléctrico o mecánico (bien en el propio equipo o bien en elementos de transmisión). Las válvulas motorizadas en general no llevarán dispositivo de parada de emergencia, considerando la opción de colocar en 0 el selector como posición de seguridad del equipo.

También se dispondrá de un pulsador de parada de emergencia de la instalación situada en la columna de acometida del CCM.

Ambos pulsadores actuarán sobre relés de seguridad según las diferentes partes de la UNE-EN 61508:2011 Nivel SIL 4 (Safety Integrity Level). Máximo un fallo cada 10.000 demandas.

Para la tensión de mando que alimenta al pulsador de emergencia, el secundario del transformador debe estar conectado a tierra y con protección diferencial, para que cuando haya una derivación doble no anule el pulsador al accionarlo.

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

- Todos los equipos podrán ser controlados de forma manual o automática mediante el conmutador 0-L-R (cero-local-remoto) del correspondiente cubículo del CCM o cuadro eléctrico. En todos los casos se tendrán contempladas las protecciones y seguridades mínimas de la máquina.
- Ante una parada por fallo general del suministro de energía eléctrica se realizará una puesta en servicio de la instalación de forma secuencial, respetando unos tiempos mínimos de seguridad entre arranques.
- Se generarán secuencias que agrupen a motores de distintas líneas que realicen las mismas funciones (por ejemplo, la elevación), incluidos los equipos de reserva, que contemplen puntos de consignas, tiempos de marcha/paro, tiempos mínimos de funcionamiento o número de maniobras, PID´s, generación de alarmas en distintos grados de criticidad, etc.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

El Panel de Operador permitirá gobernar, mediante conmutadores lógicos 0-L-R, todas las máquinas de la instalación para incluirlas o no en secuencia de funcionamiento automático. También mediante conmutadores lógicos se activará o no el funcionamiento de cada secuencia. Asimismo, permitirá que todas las variables de puntos de consignas, tiempos, rotaciones, grado de criticidad de alarmas, etc., sean modificables. Se presentarán los valores recogidos por los distintos equipos de instrumentación.

II.7.7 Equipos de regulación de caudal

Los variadores deberán cumplir con las especificaciones de las distintas partes de la norma UNE-EN 61800.

El variador de velocidad dispondrá de una Intensidad Nominal 1,25 veces la Intensidad nominal del motor que accione cada bomba.

La regulación de la velocidad se realizará mediante una entrada de 4-20 mA o mediante comunicación mediante bus de campo, en correspondencia con las revoluciones de la bomba. La impedancia de entrada al variador para dicho control no será inferior a 20 kΩ.

La conexión del motor será:

- Tensión de salida: de 0 V a Ventrada
- Frecuencia: 0 a ±200 Hz.
- Intensidad de salida: 1,25 veces la Intensidad nominal del motor.
- Potencia del motor: 50-150% de la Pnominal del variador.
- Frecuencia de modulación: 8-16 KHz.
- Sobrecarga:
  - 150 % de la Inominal durante 60 s
  - 200 % de la Inominal durante 0,5 s

La conexión a la red será:

- Tensión entrada:
  - 400 VCA ±10%;
  - 690 VCA ± 10%;
- Frecuencia: 50 a 60 Hz ± 10%
- Pérdida de suministro < 2 s
- Factor de potencia > 0,98 (sobre frec. fundamental)
- Tasa de distorsión armónica en corriente: THDI < 5% a plena carga

La protección de los componentes del variador será, al menos, del grado IP54.

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Regulador PID interno que permita el control de diferentes funciones (control de nivel, bombeo a presión constante, etc.). En caso de que se interrumpa la comunicación, el variador será capaz de regular la velocidad en base a una señal de entrada analógica proveniente de un transductor de presión en la impulsión.
- Tarjeta de comunicación RS 232 o RS 485 que posibilite el control del variador desde algún equipo remoto.
- Dos entradas analógicas (como mínimo), una de ellas configurable a 0 – 10 Vcc ± 10 % y la otra estará diseñada para señal de control de 4 a 20 mA.
- Seis entradas digitales (como mínimo), tres de ellas configurables.
- Dos relés de salida (como mínimo) a 250Vac/30Vdc/2A, uno de ellos conmutado y el otro normalmente abierto.
- Panel de control LCD alfanumérico de 32 caracteres de iluminación, donde se tendrá información de la temperatura y frecuencia del motor. Deberá disponer de la posibilidad de control local o remoto.

Los variadores deberán cumplir con la normativa de seguridad vigente en España acorde a los criterios de diseño para aparatos instalados en locales húmedos. No obstante, tal y como se indica en el apartado de características generales, la instalación será clasificada como tipo "b.4 bombas de extracción o elevación de agua sean industrias o no". Además, se cumplirá con la Directiva Europea de compatibilidad electromagnética 2014/30/CE y sus modificaciones posteriores. En particular, la compatibilidad electromagnética de estos equipos deberá ser conforme a las normas UNE-EN 55011:2016/A1:2017 y UNE-EN 61000-6-1:2007. La seguridad eléctrica cumplirá con las distintas partes de la norma UNE-EN 61010.

II.8 Alojamientos

II.8.1 Consideraciones generales

Todos los elementos de maniobra y control definidos en el apartado *II.5 Elementos hidráulicos de maniobra y control* se ubicarán en alojamientos que permitan su acceso, maniobra o sustitución, en su caso.

Las estructuras necesarias pueden ser, en general, tanto de hormigón como de materiales plásticos o cerámicos. Su diseño debe ser tal que no sea precisa su demolición para la sustitución de tubos, piezas especiales y demás elementos.

Su construcción se realizará en base a la normativa vigente. En el caso de emplear hormigón se seguirá el Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento, y de forma general las recomendaciones correspondientes de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

A los efectos de las presentes Normas, se distinguen los siguientes tipos de alojamientos:

- Arquetas

  Son aquellos alojamientos no visitables que se emplean principalmente en acometidas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Registros

  Son aquellos alojamientos visitables cuyo acceso, tanto de personas como de materiales, se realiza única y exclusivamente a través de la abertura que ocupa la tapa normalizada. Con carácter general se empleará este tipo de alojamientos en conducciones de DN ≤ 300 mm.

– Cámaras

  Son aquellos alojamientos visitables que, aun cuando su acceso puede realizarse a través de una tapa normalizada, junto a ésta se dispone de una cubierta a base de losas desmontables de hormigón armado (cobijas), que, en caso necesario, pueden ser retiradas para realizar operaciones de mantenimiento. Todas las cámaras serán de hormigón armado. Con carácter general se empleará este tipo de alojamientos en conducciones de DN ≥ 300 mm.

Como criterio general, en redes de distribución se utilizará un alojamiento por cada elemento de maniobra, mientras que en conducciones de aducción y de redes de transporte podrán utilizarse alojamientos para varios elementos. Cuando se instalen dos o más elementos en un mismo alojamiento, éstos siempre serán cámaras, independientemente de su diámetro y del tipo de red en que se ubiquen.

Los alojamientos, en cualquier caso, deberán ir provistos, además de con un dispositivo de cierre, con distintos elementos auxiliares, entre ellos los siguientes, que deberán cumplir con lo especificado para los mismos en el epígrafe *II.10 Elementos complementarios*:

- Pates
- Escaleras
- Pasarelas y plataformas
- Barandillas y cadenas de seguridad
- Trámex

Las escalas, incluidas las de pates, han de disponer de un elemento que facilite el acceso al interior del registro o cámara, que podrá ser de los siguientes tipos:

- Pasamanos o asidero fijo en el exterior hasta una altura de 100 cm.
- Cuando no se pueda prolongar la escala con un pasamanos o asidero fijos, se colocará preferentemente un asidero regulable en altura extraíble que sobresalga también 100 cm.
- Cuando por causa debidamente justificada sea desaconsejable la instalación de asideros fijo o regulables en altura, se colocará un pate en el exterior (salvo que se trate de registros en calzada o viales donde es probable que puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso).

Desde la *Figura 27* a la *Figura 38,* se incluyen esquemas de las instalaciones más frecuentes con una simbología específica para este tipo de representaciones. En el *Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje* de estas Normas se recogen los planos de obra civil de los registros y cámaras habitualmente instalados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Figura 27. Simbología utilizada en los esquemas de las instalaciones

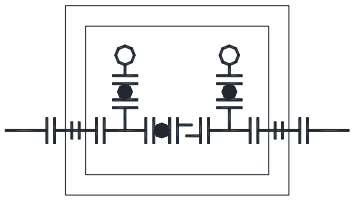


Figura 28. Seccionamiento con dos válvulas de aeración

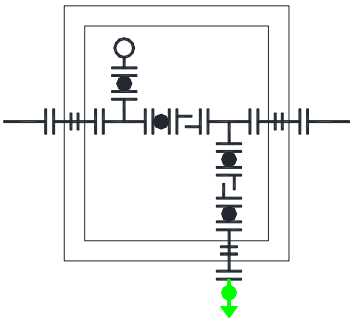


Figura 29. Seccionamiento con válvula de aeración y desagüe

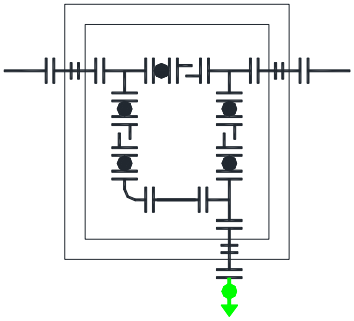


Figura 30. Seccionamiento con dos desagües

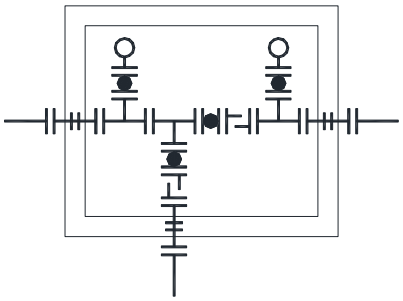


Figura 31. Seccionamiento con derivación y dos válvulas de aeración

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

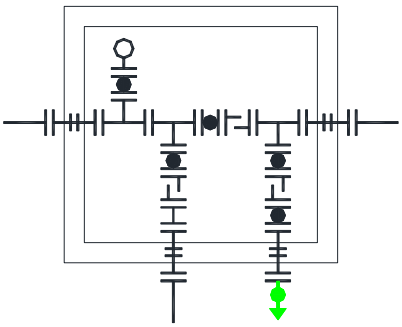


Figura 32. Seccionamiento con derivación, válvula de aeración y desagüe

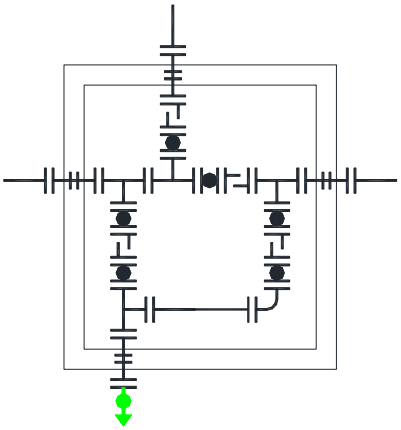


Figura 33. Seccionamiento con derivación y dos desagües

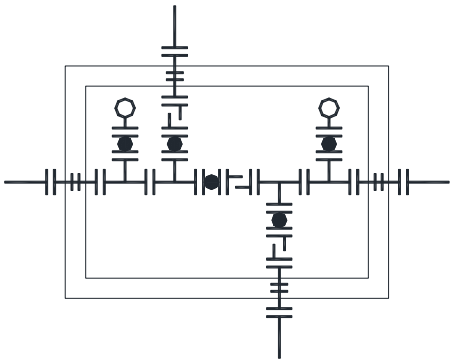


Figura 34. Seccionamiento con dos derivaciones y dos válvulas de aeración

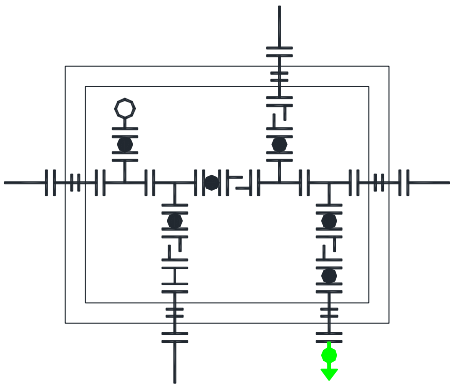


Figura 35. Seccionamiento con dos derivaciones, válvula de aeración y desagüe

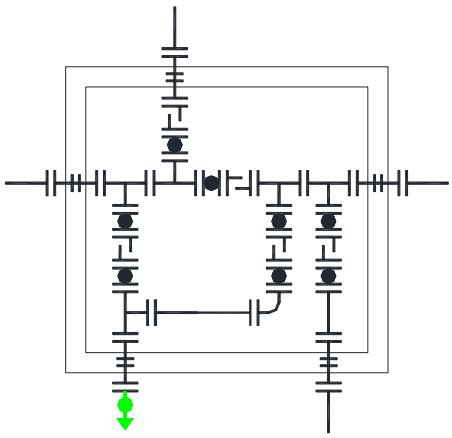


Figura 36. Seccionamiento con dos derivaciones y dos desagües

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

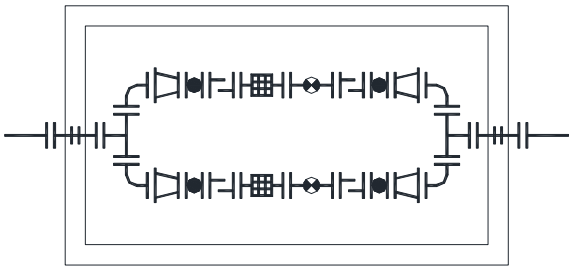


Figura 37. Instalación de válvulas reductoras de presión. Disposición en paralelo

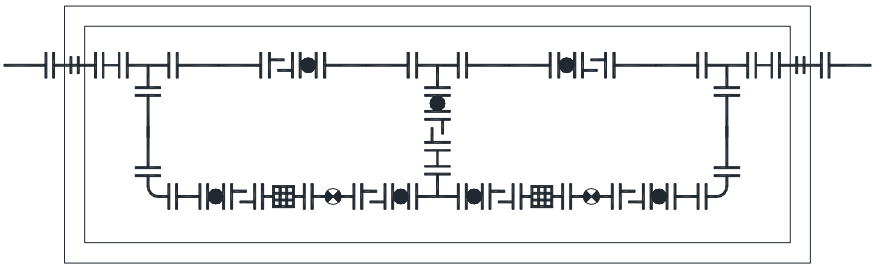


Figura 38. Instalación de válvulas reductoras de presión. Disposición mixta serie/paralelo.

II.8.2 Dispositivos de cierre de alojamientos

II.8.2.1 *Consideraciones generales*

Los dispositivos de cierre están formados por marco y tapa, siendo el primero el elemento fijado al alojamiento que recibe la tapa y le sirve de asiento. La tapa es el elemento móvil que cubre la abertura para el acceso.

Las cámaras incluirán un dispositivo de cierre específico para operaciones de mantenimiento cuya tapa estará formada por losas desmontables (cobijas) de hormigón armado canteadas con perfiles normalizados de acero.

Los marcos y tapas deberán cumplir con lo especificado en la norma UNE-EN 124-1:2015, UNE-EN 124-2:2015, UNE-EN 124-3:2015 y UNE-EN 124-4:2015. Además, se adaptarán a lo indicado en la "*Especificación técnica de dispositivo de cierre*" vigente de Canal de Isabel II, en lo referente a las tipologías referidas en la misma. Sólo en zonas aisladas, o cuando razones de urbanismo así lo aconsejen, y previa autorización de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, podrán instalarse tapas de materiales distintos a los indicados en dicha Especificación, las cuales deberán tener iguales características dimensionales y de resistencia.

Excepto las cobijas empleadas en las cámaras, los dispositivos de cierre cumplirán los siguientes requisitos:

- Serán de fundición dúctil, hormigón armado o mixtas de hormigón y acero.
- Los marcos podrán ser redondos o cuadrados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Las tapas serán redondas.

– En alojamientos visitables la cota de paso mínima será de 600 mm.

En los Planos 17, 18.1 y 18.2 del *Anexo 3. Planos* de estas Normas se especifican las dimensiones y tipología de tapas y elementos de cierre normalizados.

En el caso de utilizarse rejillas como dispositivo de cubrimiento deberán cumplir igualmente con las normas UNE-EN 124 mencionadas anteriormente.

II.8.2.2 *Definiciones*

En los dispositivos de cierre se aplican las siguientes definiciones:

– Cota de paso, CP (UNE-EN 124-1:2015)

– Diámetro, en mm, del círculo mayor que puede ser inscrito en la abertura libre del marco.

– Abertura libre, CA (UNE-EN 124-1:2015)

– Área no obstruida entre los asientos en el marco.

– Masa por unidad de área (UNE-EN 124-1:2015)

– Relación, en kg/m2, entre la masa total de la tapa o de la rejilla expresada en kg y la abertura libre expresada en m2.

– Carga de ensayo, FT (UNE-EN 124-1:2015)

– Carga, expresada en kN, aplicada a los dispositivos de cubrimiento o de cierre para el ensayo de la capacidad de soporte de carga.

– Carga de flecha residual, FP (UNE-EN 124-1:2015)

  Carga aplicada a los dispositivos de cubrimiento o de cierre para ensayar la flecha residual (F_p=2/3 F_T).

– Carga de deformación, FD (UNE-EN 124-1:2015)

  Carga aplicada a los dispositivos de cubrimiento o de cierre para el ensayo de deformación bajo carga (F_D=1/3 F_T).

II.8.2.3 *Clasificación*

Los dispositivos de cierre podrán ser, según la norma UNE-EN 124-1:2015, de las clases A 15, B 125, C 250, D 400, E 600 y F 900. La fuerza de control aplicable a los dispositivos cuya cota de paso sea igual o mayor a 250 mm será la indicada en la *Tabla 36*. Cuando la cota de paso (CP) sea inferior a 250 mm la fuerza de control será la de dicha tabla multiplicada por CP/250.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 36. Fuerza de control (UNE-EN 124-1:2015)

Clase	***F_T (kN)***
A 15	15
B 125	125
C 250	250
D 400	400
E 600	600
F 900	900

*Para la clase A, el fabricante puede, si se requiere por la empresa especificadora, declarar la carga de ensayo alcanzada.

La flecha residual de la tapa después de la aplicación de F_p (2/3 de la carga de ensayo F_T) no debe exceder los valores dados en la siguiente tabla:

Tabla 37. Flecha residual admisible (UNE-EN 124-1:2015)

Clase	***Flecha residual admisible mm***	
A 15 y B 125	CP/100 (1)	
C 250 hasta F 900	CP/300 (2)	CP/500 (3)

(1) CP/50 para CP ≤ 450 mm con un valor máximo de 6,5 mm.

(2) 1,0 mm máximo cuando CP < 300 mm.

(3) 1,0 mm máximo cuando CP < 500 mm.

La clase del dispositivo de cierre depende del lugar de instalación. Para ello se distinguen los siguientes grupos, conforme a la UNE-EN 124-1:2015, indicándose entre paréntesis la clase mínima a emplear:

- Grupo 1 (clase mín. A 15): zonas susceptibles de ser utilizadas exclusivamente por peatones y ciclistas.
- Grupo 2 (clase mín. B 125): aceras, zonas peatonales y superficies similares, áreas de estacionamiento y aparcamientos de varios pisos para coches.
- Grupo 3 (clase mín. C 250): arcenes y zona de las cunetas de las calles que medida a partir del bordillo de la acera se extiende en un máximo de 0,5 m sobre la calzada y de 0,2 m sobre la acera.
- Grupo 4 (clase mín. D 400): calzadas de carreteras (incluyendo calles peatonales), arcenes estabilizados y zonas de aparcamiento para todo tipo de vehículos.
- Grupo 5 (clase mín. E 600): áreas por las que circulan vehículos de gran tonelaje, por ejemplo, pavimentos de aeropuertos o muelles.
- Grupo 6 (clase mín. F 900): zonas sometidas a cargas particularmente elevadas, por ejemplo, pavimentos de aeropuertos.

En la *Figura 39* se muestran las clases mínimas a emplear en función de la zona donde se instale el dispositivo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

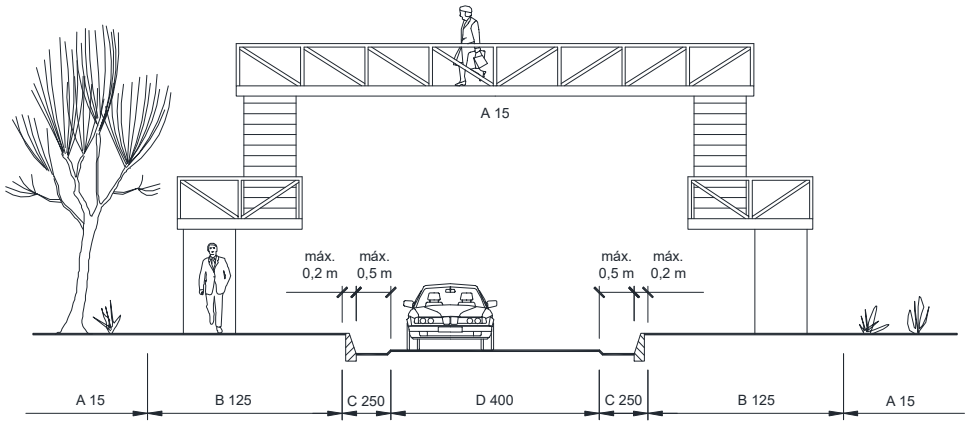


Figura 39. Clases mínimas de los dispositivos de cierre

II.8.2.4 *Aseguramiento del cierre*

La tapa debe asegurarse en su marco para cumplir con las condiciones requeridas correspondientes al lugar previsto de instalación definido en el apartado anterior.

Esto debe conseguirse, según la norma UNE-EN 124-1:2015, mediante al menos uno de los siguientes métodos:

- Dispositivo de aseguramiento.
- Masa por unidad de área.
- Otros métodos.

Estos métodos deben diseñarse de forma que permitan la apertura de las tapas mediante las herramientas habituales, excepto en el caso de que la empresa especificadora requiera un sistema de bloqueo adicional.

El aseguramiento de las tapas en los marcos debe ensayarse de acuerdo con el ensayo especificado en la norma UNE EN 124-1:2015. Debe declararse el método de aseguramiento y los detalles de diseño.

Todo ello deberá garantizar la estabilidad y minimizar el ruido del dispositivo de cierre. Además de la aplicación de alguno o varios de los procedimientos indicados anteriormente, habrá que considerar el correcto diseño y material de la junta de apoyo de la tapa y de la cavidad donde va alojada.

La norma UNE-EN 124-1:2015 admite que la holgura entre la tapa y su marco dé lugar a desplazamientos horizontales relativos entre ellos, con las siguientes limitaciones:

- Para tapas de uno o dos elementos, en función de la cota de paso, como se indica en la *Tabla 38*.

Tabla 38. Holgura total (UNE-EN 124)

Cota de Paso (mm)	***Holgura total (mm)***
≤ 400	≤ 7
> 400	≤ 9

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Para tapas con tres o más partes aseguradas en el marco, cada holgura individual debe limitarse máximo de 5 mm.

– Para tapas con tres o más partes no aseguradas en el marco, la holgura total resultante del desplazamiento de todas las partes no debe exceder de 15 mm.

Las tapas deben poderse abrir por medio de herramientas de uso normal.

En el caso de las tapas articuladas, deberán incorporar bloqueos de seguridad en posición abierta, de forma que se impida su cierre involuntario provocado por un golpe de aire, un vehículo en superficie o un acto vandálico.

En todo caso, el aseguramiento de la tapa al marco mediante los sistemas de masa superficial, diseño de la bisagra, mecanismo elástico o cualquier otro procedimiento, dependerá de cada fabricante y deberá ser aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Cuando las tapas dispongan de un sistema de acerrojado, éste también deberá ser aprobado por Canal de Isabel II. Por otra parte, se recomienda que las tapas localizadas en alojamientos donde se instalen válvulas de aeración o desagües dispongan de llave.

Asimismo, siempre que se considere necesario, se instalarán sistemas antirrobo en los alojamientos.

II.8.2.5 *Marcado*

Todas las tapas y marcos deben llevar:

– UNE-EN 124 (como marca de la norma europea).
– La clase apropiada o las clases apropiadas para el caso de marcos que puedan ser utilizados para varias clases.
– El nombre y/o sigla del fabricante y el lugar de fabricación, que puede estar en forma de código.
– La marca de un organismo de certificación.
– La marca CANAL DE ISABEL II.
– Identificación del servicio: ABASTECIMIENTO.

Además, opcionalmente podrán incluir:

– Identificación del producto (nombre y/o referencia de catálogo).

Las marcas mencionadas serán claras y duraderas. En la medida de lo posible, deben ser visibles tras la instalación de los dispositivos.

El diseño y la ubicación del marcado completo deberán ser aprobados por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.8.3 Impermeabilización, desagüe y ventilación

Al objeto de evitar la acumulación de agua en el interior de los alojamientos procedente del exterior que dificulte las labores de explotación y conservación, en todos los casos se impermeabilizará su perímetro externo mediante lámina bituminosa con una masa mínima por unidad de superficie de 4 kg/m^2, arrancando desde la cimentación y concluyendo en la coronación. Dicha lámina deberá cumplir con la norma UNE-EN 13969:2005/A1:2007.

Asimismo, la impermeabilización se protegerá de punzonamientos mediante una lámina de nódulos compatible con el material bituminoso.

Durante el hormigonado de los alojamientos se dispondrán juntas de estanquidad entre solera y alzado. Éstas podrán ser hidroexpansivas a base de bentonita.

Durante la construcción se prestará especial cuidado al sellado de las vainas para los espadines del encofrado, así como al sellado entre cerco y cobijas.

En las soleras del interior de los alojamientos se dispondrán pocetas para la evacuación de agua procedente de eventuales fugas y de posibles filtraciones. La retirada del agua de estas pocetas se realizará mediante una tubería de desagüe, siempre que sea posible, o empleando bombas de achique portátiles, en caso contrario.

Cuando sea viable la conexión a cauces naturales y/o alcantarillados en cámaras para conducciones con DN ≥ 500 mm, se instalará el correspondiente drenaje y desagüe. Para ello, se deberá obtener previamente la autorización de los organismos correspondientes

En ese caso, en el trasdós de las cámaras se colocarán drenajes mediante tubos de PVC o PE ranurados (según UNE-EN 1401-1:2020 y UNE 53994:2020) de 160 mm de diámetro mínimo, embebidos en grava de 40 mm de tamaño mínimo de árido. Para evitar la contaminación del árido con finos, la grava se envolverá en un geotextil que cumplirá con lo especificado en la norma UNE-EN 13252:2017. La cota inferior de este drenaje coincidirá con la de la cimentación del alojamiento para impedir su inundación.

El agua procedente del trasdós y de los desagües de las pocetas interiores se evacuará mediante un tramo de tubería conectada al drenaje natural o a la red de saneamiento más próxima.

La coronación de alojamientos dispuestos en zonas no urbanas (con perímetro no pavimentado), se realizará a una cota entre 0,50 m y 0,70 m. sobre el terreno natural, al objeto de prevenir posibles soterramientos de cobijas, y la circulación del agua de escorrentía sobre las mismas.

Se prestará especial atención a la ventilación de los alojamientos con las siguientes finalidades:

- Permitir la entrada y salida de aire para las válvulas de aeración.
- Permitir la circulación y renovación del aire para evitar condensaciones.

Para conseguir la ventilación necesaria en los alzados por encima del terreno natural de alojamientos sobreelevados se dispondrán rejillas de dimensiones mínimas de 400 x 200 mm, a ser posible, en alzados opuestos. Serán lo suficientemente robustas para impedir la invasión de cuerpos extraños, pudiendo utilizarse trámex de acero inoxidable convenientemente anclados al hormigón mediante espirros.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.9 Acometidas

Todas las instalaciones independientes abastecidas por la red de distribución se suministrarán mediante una sola acometida, y se cumplirá con lo especificado al respecto en el Reglamento para el servicio y distribución de las aguas del Canal de Isabel II (Decreto 2922/1975).

El diseño y configuración de las acometidas de agua se ajustará a lo indicado en la "Especificación técnica de acometidas de agua para consumo humano" vigente. De la misma forma, la tipología, dimensiones, características de los materiales y condiciones que deben cumplir todos los elementos de una acometida, incluyendo los de maniobra y control, así como los procedimientos y medios auxiliares para su ejecución, se recogen en la mencionada especificación técnica.

En cualquier caso, el diámetro de la acometida será menor que el diámetro de red de la que deriva partido por dos.

En el caso de que en un mismo ámbito convivan o vayan a convivir redes de agua para consumo humano y redes de agua regenerada, se instalará doble válvula de retención en las acometidas de agua para consumo humano, al objeto de evitar riesgo de circulación del agua de la red de agua regenerada a la de agua para consumo humano, en el supuesto de que se produzca una conexión accidental entre ellas.

II.10 Elementos complementarios

Los principales elementos auxiliares que forman parte de los diferentes componentes de las redes de abastecimiento, así como sus características básicas, son los siguientes.

II.10.1 Escaleras y escalas

Las instalaciones deberán disponer, como solución constructiva preferente, de escaleras fijas o de servicio constituidas por huella, contrahuella y pasamanos, bien metálicas o bien de obra. En el caso de cualquier alojamiento bajo rasante al que se deba acceder para la realización de actividades de limpieza, control, reparación o mantenimiento de equipos, se podrán instalar escalas fijas (constituidas por una sola pieza o bien por pates) debidamente protegidas, en detrimento de la utilización de escaleras de mano.

Las escaleras fijas o de servicio deberán cumplir con lo especificado para las mismas en el Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

En caso de ser metálicas, los pavimentos de las huellas estarán formados por trámex que serán de acero inoxidable AISI 304 y AISI 316 o PRFV, según lo especificado en el apartado *II.10.5 Trámex*.

Las escalas fijas de acceso a los alojamientos o a las obras de fábrica en general (depósitos, estaciones de bombeo, etc.) deberán cumplir con lo especificado para las mismas en la norma UNE-EN 14396:2004 Escaleras fijas para pozos de registro y en el Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Deberán ser fijas de forma permanente (ancladas a la pared de la estructura), y se deberán instalar en detrimento de la utilización de escaleras de mano o portátiles.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

La anchura mínima de las escalas fijas será de cuarenta centímetros (40 cm) y la distancia máxima entre peldaños de treinta centímetros (30 cm).

Cuando el paso desde el tramo final de una escala fija hasta la superficie a la que se desea acceder suponga un riesgo de caída por falta de apoyos, la barandilla o lateral de la escala se prolongará al menos 1 m por encima del último peldaño o se tomarán medidas alternativas que proporcionen una seguridad equivalente.

Las escalas fijas que tengan una altura superior a tres metros (3,00 m) dispondrán, al menos a partir de dicha altura, de una protección circundante.

En el caso de alturas superiores a 9,00 m será obligatorio la instalación de plataformas de descanso cada 9,00 m o fracción.

La tornillería y elementos de unión deberán ser de acero inoxidable.

Las escaleras de mano o portátiles deberán ajustarse a lo establecido en su normativa específica (UNE-EN 131-1: 2016+A1:2020, entre otras), pudiendo ser de una sola pieza o telescópicas.

II.10.2 Pates

Los pates para obras de fábrica serán de núcleo o alma de acero con recubrimiento plástico de polipropileno y, sólo en casos justificados, de materiales metálicos, debiendo cumplir con lo especificado para los mismos en la norma UNE-EN 13101:2003. En el caso de obras ejecutadas mediante elementos prefabricados de hormigón, los pates anclados en fábrica en el propio elemento deberán cumplir con lo especificado para ellos en las normas UNE-EN 1917:2008 y UNE 127917:2021.

Los pates se dispondrán en una única alineación vertical, conforme se indica en la *Figura 40.*

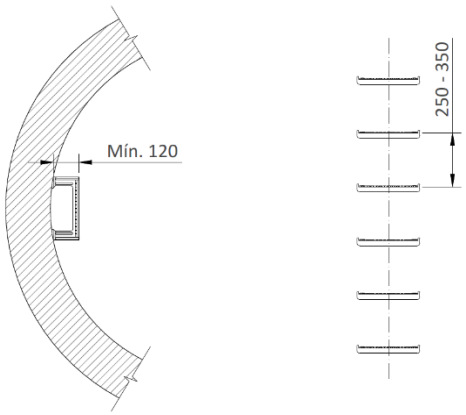


Figura 40. Disposición de los pates en una sola alineación vertical (UNE EN 1917:2008)

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

El punto límite de inserción de un pate en un alojamiento o en una obra de fábrica debe ser claramente indicado en el propio pate, excepto cuando sea fijado en fábrica en una pieza de hormigón prefabricado.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En cualquier caso, deberán cumplir con lo especificado para la correcta instalación en la normativa de aplicación y en las instrucciones del fabricante. Con carácter general, y previa limpieza de los agujeros, se aplicará el taco químico, anclaje químico o resina y se introducirá el pate hasta su inserción total.

La separación del pate superior más próximo a la boca del pozo estará comprendida entre cuatrocientos y quinientos milímetros (400-500 mm).

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

Tabla 39. Características geométricas de los pates según UNE-EN 13101:2003

Parámetro	***Valor (mm)***
Longitud mínima entre extremos del travesaño de apoyo con una sola alineación vertical	250
Proyección mínima desde la superficie de hormigón	120
Anchura o diámetro mínimo del travesaño de apoyo	20
Altura mínima del tope lateral para pates con una sola alineación vertical	20

Tabla 40. Características geométricas de los pates anclados (UNE 127917:2021 y UNE-EN 1917:2008)

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

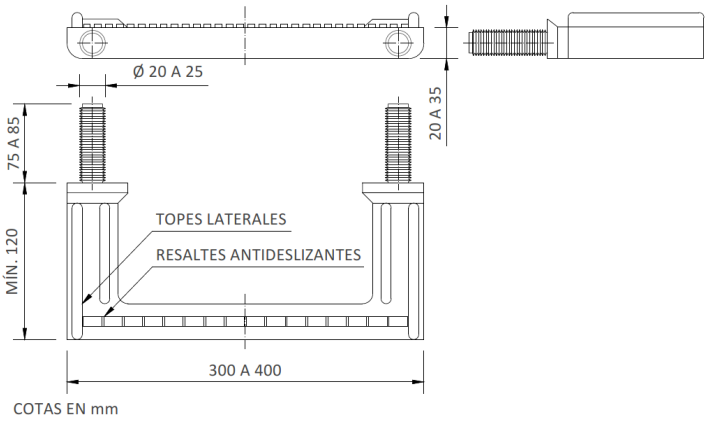


Figura 41. Dimensiones de los pates de núcleo de acero con recubrimiento plástico

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.10.3 Pasarelas y plataformas

Las pasarelas y plataformas cumplirán con lo establecido para las mismas en el Real Decreto 486/1997 y con las indicaciones siguientes:

- Las estructuras soportes serán de acero inoxidable, acero galvanizado en caliente, acero al carbono con protección anticorrosión o PRFV.
- Los pavimentos estarán formados por trámex, según lo especificado en el apartado *II.10.5.*
- Cuando sea necesario se instalarán protecciones perimetrales que impidan la caída de objetos.

II.10.4 Barandillas y cadenas de seguridad

Las barandillas y cadenas de seguridad serán de acero inoxidable AISI 304 o AISI 316. Para el caso de las barandillas se admitirá la posibilidad de que sean de aluminio. En el interior de las instalaciones se admitirá la colocación de barandillas de PRFV.

Las barandillas deberán ser conformes al Real Decreto 486/1997, tendrán una altura mínima de 1 m (cumpliendo la altura mínima de 90 centímetros indicada en el Real Decreto), y dispondrán de una protección mediante rodapié y listón intermedio que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.

Por motivos de seguridad, las barandillas se ajustarán, además, a las siguientes especificaciones:

- Su forma precisa se conseguirá mediante procedimiento de plegado y soldadura de tubos y chapas, debiendo ser siempre la soldadura continua. No se admitirá el punteado de elementos.
- Sus extremos serán curvados.
- Las placas de anclaje se dispondrán de manera que garanticen la resistencia máxima en el sentido de la protección.
- Generalmente la sujeción se realizará mediante anclaje con tirafondos en acero inoxidable, exceptuando los casos con base metálica, en los que se empleará tornillería.
- Cuando exista un tramo continuo de longitud superior a 50 metros se instalarán uniones que permitan la dilatación.

II.10.5 Trámex

Los trámex serán de acero inoxidable (AISI 304 o AISI 316) o PRFV y estarán constituidos por pletinas de 30 x 2 ó 30 x 3 mm, unidas formando mallas de 30 x 30 mm Estas mallas conformarán a su vez, piezas unitarias de dimensiones máximas de 3 m x 1 m (ver *Figura 42)*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

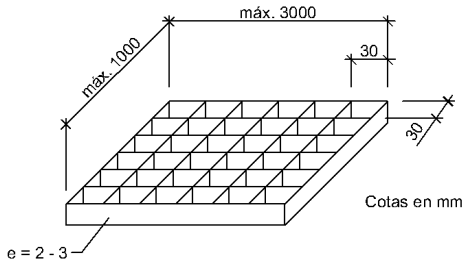


Figura 42. Detalle de trámex

Los cercos y piezas angulares de apoyo para encajar los trámex tendrán al menos la misma protección frente a la corrosión que éstos.

En todos los casos, el acabado debe ser antideslizante. Para ello, los metálicos serán de doble pletina con doble diente de sierra.

Para los trámex sobre los que se prevea circulación de personas, independientemente de su tipología, se deberá asegurar que la deformación bajo sobrecargas de uso no supera la deflexión o flecha máxima L/200, siendo L la longitud entre apoyos.

Los trámex siempre irán sujetos a la estructura soporte mediante tornillos, tuercas y piezas inferiores adaptables, todo ello en acero inoxidable.

Para evitar accidentes por caída de objetos, las zonas de tránsito de peatones por debajo de la superficie cubierta con los trámex llevarán incorporado en éste una malla de protección cuya abertura máxima de los intersticios será de ocho milímetros (8 mm), en caso de trámex de acero inoxidable. En caso de ser de PRFV se deberá colocar trámex de malla de 8 x 8 mm de paso libre máximo.

II.10.6 Hitos de señalización

Los hitos de señalización serán conforme a lo establecido en el plano 19 del *Anexo 3. Planos* de estas Normas.

Cualquier otra tipología o material distintos a los reflejados en dicho plano, deberá ser autorizado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

II.11 Acabados de superficie

Los requisitos técnicos necesarios para el tratamiento y pintado de estructuras, tuberías, soportes, accesorios, etc., construidos total o parcialmente con perfiles, chapas o tuberías en acero al carbono, así como elementos de fundición serán los indicados en los siguientes apartados. Dichos requisitos serán aplicables a componentes aéreos, sumergidos en agua y enterrados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

II.11.1 Preparación de superficies

Se seguirán los siguientes procedimientos:

- Limpieza: las grasas, aceites, suciedad y humedad deberán ser eliminados con paños o cepillos humedecidos en disolventes. Todas las salpicaduras de soldadura, los cantos vivos y los defectos de laminación serán eliminados con muelas u otras herramientas adecuadas. Se procederá a la eliminación de óxido.
- Chorreado: todas las superficies de acero que posteriormente deban ser pintadas se prepararán mediante limpieza por chorreado abrasivo. El proceso se regirá por la norma UNE-EN ISO 8501-1:2008 y se conseguirá un chorreado abrasivo "a metal casi blanco", correspondiendo a un grado SA 2 ½ según dicha norma.
- Limpieza de la superficie chorreada: inmediatamente después de finalizado el chorreado, se eliminará toda la granalla, polvo y suciedad de la zona a pintar, utilizando aire comprimido, seco y exento de grasa.

II.11.2 Condiciones ambientales

Al trabajar en el exterior, no se podrá aplicar ninguna imprimación en condiciones meteorológicas adversas: lluvia, niebla o condensación y rayos solares directos.

Se deberán observar, siempre los siguientes parámetros ambientales:

- La superficie que tratar deberá estar, como mínimo, 3°C por encima del punto de rocío.
- La humedad relativa máxima permitida para el pintado no supere, en ningún caso, el 80 %.
- Temperatura ambiente superior a 5°C e inferior a 50°C.
- Temperaturas superiores a 0°C en el proceso de secado de la imprimación.

II.11.3 Galvanización en caliente

La galvanización en caliente deberá cumplir con las condiciones especificadas en la UNE-EN ISO 1461:2010 así como la UNE-EN ISO 12944-5:2020 en su Anexo D.

II.11.4 Pinturas para protección de superficies metálicas

Serán de aplicación los sistemas de pintura recogidos en la norma UNE-EN ISO 12944-5:2020. Para los elementos aéreos se considerarán ambientes clasificados como C5 de categoría de corrosividad, para los elementos sumergidos en agua se considerará la categoría Im1 y para los elementos enterrados se cumplirá con la categoría Im3. En todos ellos la durabilidad de la pintura será alta (A) de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 12944-5:2020.

Se aplicarán varias capas que constituirán las capas de imprimación (primera capa de un sistema de pintura), intermedia (cualquier capa entre la de imprimación y la de acabado) y acabado (capa final de un sistema de pintura).

La capa de imprimación, las intermedias y la de acabado serán de distinto color.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En caso de aplicación en elementos exteriores, será obligatorio que el material sea resistente a los rayos UV.

II.11.5 Soldaduras

Las soldaduras durante la ejecución de las obras se realizarán por arco. Deberá especificarse el tipo de electrodo a utilizar según la norma UNE-EN ISO 15607:2020.

Se deberá reflejar en planos de detalle todas las soldaduras, indicando su localización, tipo, tamaños y extensión, distinguiéndose las soldaduras a realizar en taller de las que se harán en obra.

Los planos deberán indicar con símbolos de soldadura o esquemas, los detalles de las juntas soldadas y la preparación necesaria del metal base. Las juntas o grupo de juntas en las cuales el orden consecutivo o la técnica del soldeo son especialmente importantes, se deben controlar cuidadosamente para reducir al mínimo los esfuerzos y distorsión causados por el acortamiento al enfriarse.

La capacitación profesional de los operarios que realicen los trabajos de soldeo deberá ser acreditada según la norma UNE-EN ISO 9606-1:2017.

II.12 Automatización y control

En las conducciones de la red de aducción y distribución que se ejecuten enterradas, y de las cuales se considere necesario obtener información para su automatización y telecontrol se determinará el dispositivo que permita el alojamiento de los cables necesarios para la transmisión de la información.

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

El alojamiento de los cables se realizará de manera habitual en tritubo de polietileno de alta densidad, formado por tres conductos de diámetro exterior 50 mm y espesor mínimo de 3 mm, dispuestos en un plano y unidos entre sí por medio de una membrana (ver *Figura 43*), de características definidas en las *"Especificaciones técnicas sobre la instalación y recepción de tendidos de fibra óptica para Canal de Isabel II, S.A."* vigentes.

- Cuando no sea posible la instalación de tritubo para la canalización de fibra óptica se podrá hacer uso de las siguientes canalizaciones:

- Bitubo: canalización similar al tritubo, pero contando únicamente con dos tubos idénticos unidos entre sí por medio de una membrana y dispuestos en un mismo plano. Sus características técnicas serán las especificadas para el tritubo.

- Monotubo: canalización similar al tritubo, pero contando únicamente con un tubo. Sus características técnicas serán las especificadas para el tritubo.

- Tubo corrugado: tubo curvable, suministrado en rollo, fabricado en polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada) cuya unión se realiza mediante manguitos. Se instalarán desde 63 mm a 160 mm de diámetro nominal dependiendo de las necesidades del proyecto u

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

infraestructura, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N o 450 N, con grado de protección IP56 según UNE-EN 60529:2018, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1/A1:2020, UNE-EN 61386-22:2005 y UNE-EN 61386-24:2011.

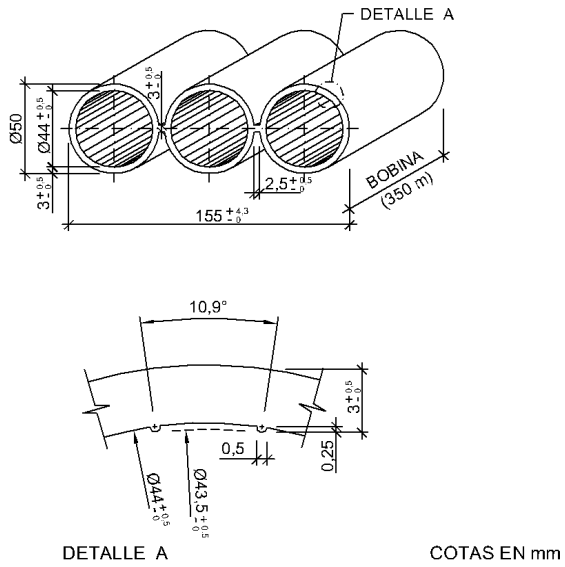
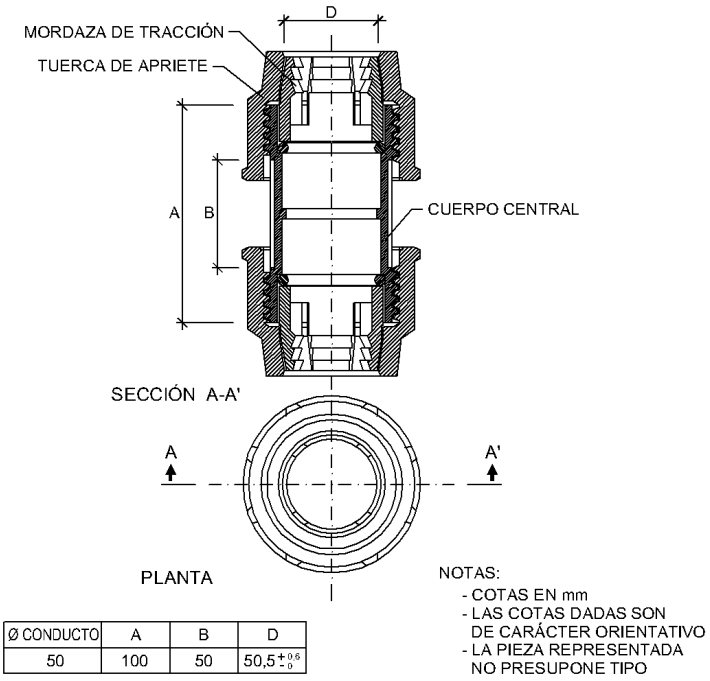


Figura 43. Dimensiones del tritubo

Junto con el tritubo u otro tipo de canalización, se utilizarán tres tipos de elementos:

- Manguitos de empalme: Se enroscarán en caso de finalización de la bobina de tritubo o para posibles reparaciones (ver *Figura 44*).
- Tapones de obturación: Se colocarán en conductos que permanezcan vacíos. Dispondrá de un sistema de fijación hermético por presión en la pared interna del conducto (ver *Figura 45*).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid



Ø CONDUCTO	A	B	D
50	100	50	$50{,}5^{+0{,}6}_{0}$

Figura 44. Manguito de empalme

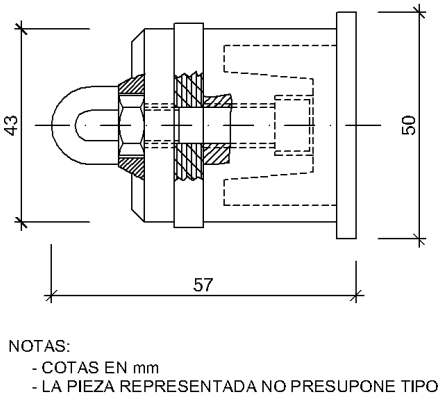


Figura 45. Tapón de obturación

– Hilos guía: cuerda de nylon o polipropileno, de 3/5 mm de diámetro, en color blanco o negro, con una carga de rotura de 150 kg/daN y una resistencia a tracción mínima de 300 kp. Todos los conductos se dejarán con hilo guía instalado para el posterior tendido del cableado de fibra óptica. Se emplea para el tirado de cables y subconductos en las conducciones subterráneas principales.

II.13 Simbología en planos

La red de abastecimiento se representará en soporte informático y en papel con arreglo a las vigentes Especificaciones y plantillas para la digitalización de redes de abastecimiento.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

La simbología deberá ser la que se adjunta a continuación:

Figura 46. Simbología para la digitalización de las redes de abastecimiento

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

III Instalación eléctrica

III.1 Especificaciones generales

Todas las instalaciones eléctricas cumplirán la reglamentación oficial vigente y las normas de la compañía suministradora en el momento que se lleve a efecto el montaje.

En los casos en los que la reglamentación oficial así lo requiera, se deberá disponer del correspondiente proyecto visado por un técnico competente para la legalización de la instalación.

Para la puesta en servicio de la instalación, se deberá disponer del permiso de conexión a la red de la Compañía suministradora de energía, el Acta de Puesta en Servicio de centros de transformación, líneas eléctricas de media tensión y demás instalaciones que lo requieran, así como el Certificado de Instalación Eléctrica de Baja Tensión, otorgadas por la Dirección General de Industria, Energía y Minas.

Se realizará una correcta coordinación de protecciones, la cual estará suficientemente documentada y comprenderá todas y cada una de las protecciones eléctricas en los diferentes niveles de tensión, así como el estudio de la selectividad de las protecciones en los diferentes circuitos.

III.2 Alta tensión

Corresponde a la parte de la instalación comprendida entre el entronque con la línea de distribución de alta tensión de la compañía suministradora y los transformadores.

Se preverá la legalización de la línea de alta tensión hasta el centro de seccionamiento, excepto si esto no es requerido legalmente por razones de longitud (exentas líneas no superiores a 20 metros en la Comunidad de Madrid, según indicaciones de la Dirección General de Industria, Energía y Minas). En este caso solo será necesario proyecto y legalización del centro de seccionamiento y del centro de transformación.

Si la línea que será cedida a la compañía distribuidora tiene más de 20 m, será necesario un proyecto para la línea y centro de seccionamiento y otro para el centro de transformación.

III.2.1 Línea de alimentación

La línea de alimentación es la infraestructura eléctrica que conecta el punto de entronque facilitado por la compañía eléctrica con las instalaciones de Canal de Isabel II, y abarca tanto a líneas aéreas, como a líneas subterráneas, posiciones en instalaciones de la compañía suministradora, etc.

Preferentemente, se cederá la titularidad de línea de alimentación a la Compañía suministradora, si no hubiera inconveniente por parte de ésta, debiendo realizarse la instalación en este caso de acuerdo con sus criterios y normativa.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Si las redes de distribución de la compañía suministradora lo permiten, la instalación quedará integrada dentro de un bucle/anillo.

La capacidad de la línea deberá ser la necesaria para alimentar a todos los transformadores de potencia que se instalen en los centros de transformación y la posible ampliación de la instalación.

Desde el punto de entronque previsto, la línea de alimentación a la instalación (o líneas si se considera la alimentación en bucle/anillo) podrá ser aérea o subterránea, siendo preferente esta última opción, aprovechando siempre que sea posible el trazado de las conducciones hidráulicas o caminos existentes.

En el caso de que la línea de alimentación sea subterránea y su titularidad corresponda a Canal de Isabel II, estará compuesta por un tubo resistente que aloje en su interior tres (3) cables unipolares de aislamiento en seco y enterrado a una profundidad mínima de un metro treinta centímetros (1,30 m). Además, se instalará un tubo de reserva del mismo diámetro y material con un conductor de la misma sección y características alojado en su interior. La sección del cable será la que resulte por cálculo siendo, como mínimo, de 400 mm^2 aluminio, en caso de que conecte en un extremo con una subestación, y de 240 mm^2 aluminio para el resto de los casos.

Si la línea de alimentación subterránea discurre en el interior de tubo metálico, el tubo alojará tanto los cables de fase como el cable de reserva.

A lo largo del trazado de la línea subterránea y en su proyección vertical, se instalará una cinta de señalización que informe de la presencia de un tendido eléctrico, instalada a una profundidad de 10 cm respecto al nivel del terreno.

Si el punto de entronque es una línea aérea y la nueva línea de alimentación es propiedad de Canal de Isabel II, se preverá en la cabecera de la línea un poste con protección de pararrayos, autoválvulas y de cortacircuitos seccionadores fusibles de expulsión, cuando la carga lo permita, independientes de las protecciones exigidas por la Compañía suministradora de electricidad.

En el caso de líneas aéreas, los postes serán de celosía con crucetas del tipo bóveda, horizontal o tresbolillo y dispondrán de sistemas antiescalo. En el apoyo de final de línea, de transición aéreo a subterráneo, se instalarán pararrayos autoválvulas, seccionadores unipolares y un anillo equipotencial para puesta a tierra de acuerdo con la Reglamentación vigente.

En caso de que la ubicación y características de la línea aérea así lo exijan, será preciso dotar a la línea de dispositivos que aseguren la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución. Dichos dispositivos deberán permitir la instalación de tomas de tierra y cortocircuito de manera sencilla y con seguridad, sin necesidad de utilizar plataformas elevadoras.

Se deberá incluir una partida para el abono de los derechos de enganche y de acometida a la línea de alta tensión, así como una partida para la verificación de los equipos de medida.

Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las líneas eléctricas de alta tensión deberán ser realizadas de acuerdo con la legislación vigente y con las Normas de la Compañía suministradora:

– Línea Aérea: ensayos de instalaciones de puesta a tierra, incluyendo medida de resistencia de puesta a tierra; el Reglamento de líneas requiere además comprobaciones de tensiones de paso y contacto en apoyos en zona frecuentada.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Línea Subterránea: comprobación del aislamiento principal y de la cubierta, aplicando la norma UNE 211006:2010.

III.2.2 Edificio centro de seccionamiento, centro de protección y medida y centro de transformación

Se define como el edificio de tipo convencional, o bien prefabricado a base de piezas de hormigón moldeado, vibrado y secado a vapor, en el que en su interior se alojará como mínimo los conjuntos prefabricados de aparamenta bajo envolvente metálica (cabinas/celdas). En el caso de los centros de transformación además contendrá los transformadores de potencia.

El centro de seccionamiento (CS) y el centro de transformación (CT) se ubicarán siempre en edificios independientes.

En caso de que el centro de seccionamiento y el centro de transformación se encuentren ubicados en distintos emplazamientos, se añadirá entre ambos una nueva envolvente llamada Centro de Protección y Medida, a determinar según estudio, en la que se ubicará la celda de protección general de alta tensión y la celda de medida.

El conjunto de centros quedará configurado por centro de seccionamiento, centro de protección y medida y centro de transformación.

III.2.2.1 *Centro de seccionamiento*

– Se considera centro de Seccionamiento a la envolvente en la que se ubicarán las celdas de seccionamiento de compañía, habitualmente una celda compacta con dos funciones de línea y 1 de protección (2L+1P). Si la compañía lo requiere, se deberá incorporar telemando en estas celdas.

– Si la alimentación se realiza en bucle/anillo desde la red de alta tensión propiedad de la Compañía suministradora, o bien si ésta lo exige, se le dotará de una servidumbre de paso al interior de la instalación.

– Existirá un centro de seccionamiento en un edificio independiente con acceso directo desde vía pública, que se conectará con la protección general de la instalación de AT particular, mediante cable. Debe existir una coordinación de dichas protecciones propiedad de Canal de Isabel II, con las protecciones de la compañía en la red a la que esté conectada.

– En su interior únicamente se alojarán los conjuntos prefabricados de aparamenta bajo envolvente metálica (cabinas/celdas), el armario de medida de compañía para equipo de medida, con salida de datos serie y con terminal para conexión del equipo de medida de telegestión.

– Los equipos de medida se adaptarán a lo estipulado en el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico, además de cumplir con lo requerido en la normativa técnica de la compañía suministradora.

– La conexión entre la cabina de salida del centro de seccionamiento y la cabina de entrada al centro de transformación se realizará mediante 4 cables unipolares (uno de reserva equipado con terminales) de aislamiento en seco alojados en tubos resistentes y enterrados a una profundidad mínima de 1,30 m. La sección será la suficiente para posibilitar la futura ampliación de la instalación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Se instalarán envolventes independientes para la celda de seccionamiento, para la celda de protección general y para la celda de medida.
- No se ubicará en este centro ningún cuadro de baja tensión, excepto el propio cuadro de protección de alumbrado, emergencia, bases de enchufe del propio edificio y, eventualmente, equipo de medida.
- Deberá preverse una línea de alimentación de baja tensión al centro de seccionamiento desde un punto de la red de distribución de baja tensión, indicado por la compañía. En su defecto, podrá instalarse una celda con autotransformador incorporado para el alumbrado, fuerza y telemando, en su caso, del centro de seccionamiento.

III.2.2.2 *Centro de protección y medida*

Envolvente en la que se ubicará una celda de remonte, una celda de protección general, una celda de medida, y una celda de salida de línea. En esta envolvente se ubicará también el contador de energía eléctrica.

III.2.2.3 *Centro de transformación*

- Se considera Centro de Transformación a la sala eléctrica en la cual se ubican los transformadores y las protecciones de éstos. Esta envolvente incluye: Celda de remonte de línea (desde el CS), celda de protección general, celda de medida, y en caso de que haya varios transformadores, una celda de protección por cada uno de ellos.
- Se dejará un espacio físico para montar en el futuro un transformador adicional de similares características a los proyectados, así como para la futura instalación de su celda de protección correspondiente.
- Los cables de baja tensión y de media tensión discurrirán por canaletas independientes y sin cruzamientos, protegidas contra posibles derrames de aceites.
- No se ubicará en este centro ningún cuadro de baja tensión, excepto el propio cuadro de protección de alumbrado, emergencia, bases de enchufe del propio edificio y, eventualmente, equipo de medida, que soportará la máxima tensión de defecto prevista en el CT durante el tiempo previsto para el despeje de la falta. La tierra de dicho cuadro será la tierra de protección del CT y bajo ningún concepto se traerá la tierra de utilización de la instalación a dicho CT. La envolvente de este cuadro deberá disponer de una tensión de aislamiento superior a la tensión de defecto que se pueda presentar en la instalación.

Los cuadros de baja tensión del CT conectados a la tierra de protección (cuadro de alumbrado, cuadro de medida, cuadro de alarmas, etc) deberán poseer un nivel de aislamiento a tensión asignada de corta duración a frecuencia industrial, como mínimo, de 10 kV (valor eficaz durante 1 minuto).

Cualquier conducción de BT que llegue desde el exterior deberá poseer este mismo nivel de aislamiento, debiendo colocarse una caja de interconexión de tierras.

Las puertas de acceso a las salas de los transformadores dispondrán de una cerradura de seguridad, enclavada con la cerradura de puesta a tierra de la celda de protección de transformador. Esta cerradura no liberará la llave a menos que la hoja se encuentre en posición de cerrado.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Los centros prefabricados constarán de todos los elementos previstos en sus normas correspondientes y su manejo se realizará con el procedimiento indicado por sus fabricantes.

Estarán dotados de todos los pernos de sujeción e izado correspondientes, que estarán apretados correctamente.

La situación del centro estará de acuerdo con las licencias de obra otorgadas, respetando las alineaciones con las edificaciones existentes, las distancias a bordillo y cuantas indicaciones figuren expresamente en ellos.

El emplazamiento del centro será tal que permita el acceso de las canalizaciones de AT y BT discurriendo siempre que sea posible por zonas de dominio público, debiendo establecerse las correspondientes servidumbres de paso en aquellos casos en que la solución técnica más adecuada requiera o exija el paso por propiedad privada.

El centro quedará nivelado y con la rasante de su piso interior 10 cm como mínimo más alta de la rasante de las aceras o jardines colindantes.

Tanto en el centro de seccionamiento como en el de transformación se dispondrá del equipamiento que indique la legislación vigente, además de:

- Ventanas de inspección en las puertas de los transformadores que permitan visualizar las protecciones instaladas en el transformador.
- Instrucciones de explotación y seguridad, plastificadas o enmarcadas.
- Diagrama unifilar, plastificado o enmarcado.
- Pértiga de maniobra y pértiga detectora de tensión.
- Banqueta aislante.
- Guantes dieléctricos según tensión con estuche metálico.

III.2.3 Celdas

En el interior del centro de seccionamiento y del centro de transformación se alojarán conjuntos prefabricados de aparamenta bajo envolvente metálica (cabinas/celdas), y estarán formados por los siguientes elementos, previamente aprobados por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II:

- Cabinas de entrada/salida con Interruptor - Seccionador de línea.
- Cabina con Interruptor - Seccionador. En función de la potencia de transformación y de las normas de compañía, estas celdas podrán estar telemandadas y contar con relés de protección.
- Cabina de protección general con Disyuntor Automático y relés programables de protección con capacidad de almacenamiento de distintos bloques de regulación de la protección. Las protecciones de éstos serán al menos contra cortocircuitos entre fases y sobreintensidad (50-51), y contra cortocircuitos fase - tierra y fugas a tierra u homopolar (50N-51N). El disyuntor será motorizado.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Cabina de medida en A.T. con 3 T.T. y 3 T.I. La relación de transformación de los TI's será determinada y aprobada por Canal de Isabel II, para que su calibre quede acorde para absorber posibles futuras ampliaciones del centro de transformación.
- Cabinas de protección de transformadores en número igual al de éstos, incluido el de reserva. La protección se realizará por medio de un interruptor-seccionador con fusibles combinados (ruptofusible). Para potencias iguales o superiores a 400 kVA, los fusibles se sustituirán por un disyuntor automático. En todos los casos, se dispondrá de protección indirecta mediante relés programables de protección con capacidad de almacenamiento de distintos bloques de regulación de protección. Las protecciones de estos serán al menos contra cortocircuitos entre fases y sobreintensidad de fase y neutro (50-51, 50N/51N y 50G), y un seccionador de puesta a tierra inferior, con enclavamiento entre ambos. El disyuntor será motorizado en cada cabina de protección de transformador. Adicionalmente, se incorporará en estas celdas un relé que reciba las señales de los transformadores de intensidad de las salidas de baja tensión de los transformadores de potencia.

Canal de Isabel II dará prioridad al empleo de tecnologías alternativas al SF_6 que se encuentren disponibles en el mercado, las cuales resulten menos nocivas para el medio ambiente y garanticen el correcto aislamiento eléctrico de la aparamenta eléctrica de las celdas, debiendo disponer de la aprobación expresa de los servicios técnicos de Canal de Isabel II.

Todas las cabinas del centro de transformación dispondrán de testigos de presencia de tensión.

Se dejará un espacio físico, con obra civil ejecutada, para la instalación futura de una celda adicional de protección de transformador.

Las celdas se situarán en los lugares y en el orden indicado en los planos correspondientes. Se colocarán adecuadamente sobre la solera del centro. Estarán alineadas entre sí, paralelas a los paramentos y perfectamente aplomadas.

Se comprobará que las celdas en cuanto a sus funciones, así como su colocación, su orden y su alineación, se corresponden con lo especificado en el proyecto.

Las celdas estarán conectadas a la línea de tierra de sistema de puesta a tierra PaT de protección en dos puntos como mínimo.

Se comprobará que los mandos de interruptores seccionadores, seccionadores de PaT y enclavamientos realizan la función para la que fueron diseñadas.

Se realizarán ensayos eléctricos en el primario de las celdas para comprobar el adecuado funcionamiento y tarado de sus protecciones.

III.2.4 Transformadores de potencia

Serán trifásicos con devanados de cobre en baño de éster vegetal, refrigeración natural, conmutador sobre tapa, ruedas para transporte orientables en dos direcciones a 90°, borna para puesta a tierra de la cuba, llenado integral de aceite, relé de protección DGPT2 hasta 250 kVA (para potencias superiores el transformador dispondrá de depósito de aceite y el relé mencionado se sustituirá por un relé de varias funciones), válvula de vaciado y toma de muestra.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

La conexión será en triángulo en la parte de alta tensión y estrella en la de baja tensión (Yzn11 para potencias hasta 160 kVA, y Dyn11 para potencias superiores a 160 kVA).

Cumplirán con la norma UNE 21428-1:2017 “Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite, 50 Hz, de 50 kVA a 2 500 kVA con tensión más elevada para el material hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales”. También cumplirán con las normas UNE-EN 60076 Transformadores de Potencia, RU 5201D, HD 428 y el Reglamento (UE) Nº 548/2014 de la Comisión de 21 de mayo de 2014.

En las instalaciones de alta tensión en las que la tensión de la línea de distribución de la compañía suministradora no sea de 20 kV, el primario del transformador será para doble tensión (P1: 20 kV, P2: la tensión de la línea), con conmutador de dos posiciones en la parte superior de la tapa. Una de las tensiones será la de la línea de la Compañía en el momento de montar la que nos ocupa, y la otra la normalizada que adopte la compañía suministradora en el futuro.

La regulación en alta (tensión primaria) se realizará con conmutador manual en vacío con tomas más/menos 2,5 %, más/menos 5 % y más/menos 7,5 %. Los servicios técnicos de Canal de Isabel II podrán aceptar otra configuración de tomas en función de los valores de tensión existentes en el punto de la red, del tipo de red y de la posición que ocupa el centro de transformación dentro de la red.

Se preverá la posibilidad de modificar esta regulación en función de la posición que ocupe el centro de transformación en la red de la compañía suministradora.

Los transformadores con dos tensiones en el arrollamiento de AT dispondrán de un conmutador de dos posiciones, con mando exterior sobre tapa, debidamente señalizadas. Este dispositivo será de características similares a las descritas para el conmutador de tomas en AT.

La tensión asignada en vacío del arrollamiento de BT será clase B2: 420 V entre fases.

El neutro del arrollamiento de BT será accesible y dimensionado para la máxima tensión y corriente de las fases.

Para el dimensionamiento de los transformadores y con objeto de prever la sobrecarga por armónicos, la potencia de las cargas se desclasificará según lo dispuesto en las especificaciones indicadas por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

El número de transformadores y su potencia serán los siguientes:

- Si la potencia punta de consumo es inferior a 100 kVA, se instalará un único transformador cuya potencia, como mínimo, será la máxima punta de consumo.
- Si la potencia punta de consumo está comprendida entre 100 y 630 kVA, el número de transformadores será 2 y la potencia conjunta el doble de la punta de consumo, dejando uno en reserva del otro.
- En el caso de que la potencia punta de consumo sea igual o superior a 630 kVA, el número de transformadores será 3 y la potencia conjunta un 50 % superior a la punta de consumo, dejando uno en reserva de los otros dos.

Se emplearán criterios similares para potencias superiores, considerando siempre transformadores con potencias normalizadas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En materia de protección contra incendios, se adoptarán las prescripciones recogidas en la ITC-RAT-14 del vigente Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

Se indicarán como mínimo las características siguientes:

- Marca.
- Potencia.
- Tensión o tensiones primarias.
- Tensión de cortocircuito.
- Pérdidas en vacío.
- Pérdidas totales en carga.
- Tomas de regulación.
- Placas de características en transformador y en la puerta de acceso a sala de transformador.

Se deberán incluir, además, las siguientes características:

- Calentamiento máximo en bobinas con temperatura ambiente de 40 °C.
- Curvas de rendimiento.

Se dotará a los transformadores de un detector integrador de seguridad con las siguientes protecciones: disparo por nivel de dieléctrico, disparo de presión, alarma de temperatura y disparo de temperatura. También contará con visualizador de nivel y alarma por emisión de gases del líquido dieléctrico. Se prestará especial atención en la colocación y orientación del visualizador de nivel, para que la instrumentación sea visible desde el exterior de la sala del transformador.

Se estudiará en detalle el enclavamiento, mecánico y/o eléctrico, según tipología aceptada por los servicios técnicos de Canal de Isabel II, entre el interruptor-seccionador en alta tensión y el interruptor automático de baja tensión de cada uno de los transformadores, así como las defensas de estos, con el fin de impedir retornos al estar conectados en paralelo, o el acceso a su cubículo.

Los interruptores-seccionadores podrán conectarse y desconectarse desde su emplazamiento y desde el cuadro general de distribución en baja tensión.

Todos los elementos de protección y control deberán poderse verificar en servicio y sin riesgos para el personal.

Se dotará a cada uno de los transformadores de potencia, de unos transformadores de intensidad en las salidas de baja tensión tanto de las fases como del neutro y el aterrizaje de éste (corrientes homopolares de tierra captadas para la protección 50G).

Se deberá instalar un relé homopolar en la tierra del neutro de cada transformador, cableado con el relé de la correspondiente cabina de protección de alta tensión, que irá enclavado con el disyuntor de baja tensión del propio transformador.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Las operaciones necesarias para el traslado del transformador hasta su posición definitiva, se realizará aplicando la tracción necesaria por medio de mecanismos apropiados (trácteles, polipastos, etc.).

Las ruedas serán orientables en 2 direcciones perpendiculares. La orientación de las ruedas se realizará elevando el transformador con gatos hidráulicos apropiados; se utilizarán barras de uña, barrones, etc., únicamente como medios auxiliares. Una vez instalado el transformador en su posición definitiva, las ruedas quedarán inmovilizadas, en posición no encarrilada, para evitar cualquier movimiento durante su funcionamiento.

Los elementos de protección deben ser visibles desde el exterior de las salas de los transformadores.

Los ensayos en los transformadores serán realizados de acuerdo con las normas UNE-EN 60076.

El fabricante expedirá certificado de las pruebas, que serán presenciadas por la inspección del adjudicatario. Así mismo, expedirá certificado de los materiales de los distintos componentes del equipo.

Los ensayos mínimos unitarios serán:

- Relación de transformación en vacío.
- Pérdidas en el hierro.
- Pérdidas en los arrollamientos.
- Aislamiento de los arrollamientos entre sí y de éstos a la masa.
- Sobretensión.
- Tensión de cortocircuito.
- Tensión aplicada.
- Tensión inducida.
- Resistencia de devanados.
- Tangente de delta.

Adicionalmente, se realizará a uno de cada tipo de transformador los siguientes ensayos:

- Calentamiento.
- Impulso tipo rayo.

Tras el montaje se realizará una inspección visual de posible daño sufrido en transporte, el control de nivel de líquidos en el depósito de expansión y la revisión con Megger de la resistencia entre bobinado y entre éstos y masa y el ensayo de Respuesta en frecuencia unitarios (FRA).

III.2.5 Suministro de alimentación segura

Para el accionamiento eléctrico de los disyuntores y para los circuitos de maniobra de los equipos de alta tensión, así como los relés de las celdas, se dispondrá un equipo específico que garantizará el suministro de energía a los mismos a una tensión de salida de 230 VCA.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En caso de avería del módulo de control, los módulos rectificadores y módulos inversores seguirán funcionando en modo autónomo, pasando a modo emergencia al régimen de carga de flotación, dando la pertinente alarma de módulo de control mediante señalización remota.

Cuando el rectificador o inversor en servicio presente alguna anomalía, automáticamente se producirá la desconexión de éste y la conexión del rectificador o inversor en reserva, señalizándose esta anomalía en el panel de control o cuadro de mando.

La envolvente tendrá un grado de protección IP54. Su color será el determinado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Este equipo estará compuesto por:

- Un sistema de baterías con capacidad mínima de soportar una carga de 250 W durante 48 horas o una carga de 1,5 kW durante 8 horas de autonomía.
- Dos rectificadores, ambos en sistema redundante, con una tensión de salida de 48 VCC.
- Dos inversores, ambos en sistema redundante, con una tensión de salida de 230 VCA.
- Un módulo de control, con pantalla HMI, para supervisarlas siguientes medidas de funcionamiento: tensión de entrada y tensión de salida por cada módulo rectificador, tensión y corriente de batería, capacidad de batería, tensión de entrada y tensión de salida de cada módulo inversor.

En caso de avería del módulo de control, los módulos rectificadores y módulos inversores seguirán funcionando en modo autónomo, pasando a modo emergencia al régimen de carga de flotación, dando la pertinente alarma de módulo de control mediante señalización remota.

Cuando el rectificador o inversor en servicio presente alguna anomalía, automáticamente se producirá la desconexión de éste y la conexión del rectificador o inversor en reserva, señalizándose esta anomalía en el sistema de supervisión y control de la instalación.

III.2.6 Cuadro de señalización y alarmas

La instalación dispondrá de un cuadro de señalización y alarmas que indiquen el estado y defecto de las protecciones y los interruptores generales de Alta y Baja Tensión, y el disparo de las protecciones propias de los transformadores de potencia, con dispositivo de prueba de lámparas. El suministro eléctrico a este cuadro será realizado a través del sistema de alimentación segura en alterna, mencionado anteriormente.

La envolvente tendrá un grado de protección IP54.

Todas las alarmas descritas en este apartado se deben incluir en el sistema de control, para lo que será necesario añadir las entradas digitales necesarias en el PLC.

El diseño eléctrico de los circuitos y las diferentes configuraciones se adecuarán a los esquemas eléctricos tipo establecidos por Canal de Isabel II.

Con carácter general, el cuadro de señalización y alarmas estará ubicado en el Centro de Transformación, según planos del proyecto.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Se comprobará que su funcionamiento se corresponde con las especificaciones correspondientes.

III.2.7 Instalación de puesta a tierra

Se ejecutará de acuerdo con la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 13 del vigente Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. También cumplirá con lo prescrito en el capítulo 11 de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-18 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002, así como con las normas y manuales técnicos de las compañías eléctricas que sean de obligado cumplimiento.

La puesta a tierra de masas del centro se dejará preparada para poder unirla en su día, si se estima conveniente, con la red general de tierras del conjunto de la instalación.

La puesta a tierra de protección se diseñará acorde a las especificaciones indicadas por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, a fin de garantizar mejor la seguridad de las personas e instalaciones en caso de defecto en alta tensión. El diseño de las tierras se deberá ajustar escrupulosamente a lo establecido por dichas especificaciones.

Hay que distinguir entre la línea de tierra de la PaT de Protección y la línea de tierra de PaT de Servicio (neutro).

A la línea de tierra del sistema de PaT de Protección se deberán conectar los siguientes elementos:

- Cuba de transformador/es.
- Envolvente metálica del cuadro B.T.
- Envolvente de las celdas de alta tensión (en dos puntos).
- Pantalla del cable aislado, extremos de conexión al transformador.
- Elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra y pantalla de separación de los circuitos primario y secundario de los transformadores de medida o protección.

Todo ello conforme a la legislación vigente.

A la línea de tierra de PaT de Servicio (neutro), se le conectará la salida del neutro del cuadro de B.T.

La puesta a tierra (PaT) de protección y la PaT de servicio (neutro) se establecerán separadas debiendo incluirse la correspondiente justificación.

Para acometer la tarea de seleccionar el tipo de electrodo de PaT más conveniente y dimensionar el sistema de Pat es necesario conocer el valor de la resistividad del terreno, pues de ella dependerán tanto la resistencia de difusión a tierra como la distribución de potenciales en el terreno, y, como consecuencia, las tensiones de paso y contacto resultante en la instalación.

La conexión de los distintos elementos a la línea de tierra de protección, el tipo del conductor de la línea de tierra y su sección será la especificada, de la misma forma se hará lo mismo para la conexión de la salida del neutro del cuadro de B.T. a la línea de tierra de servicios.

Por otra parte, se considerarán los siguientes criterios y medidas adicionales de seguridad:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- La solera del Centro estará constituida por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a cuatro milímetros (4 mm) formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se conseguirá que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparecerá el riesgo inherente a la tensión de paso y contacto interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.
- Como medida de seguridad adicional, se construirá una acera de 1,50 m de ancho en envolventes independientes de CS/CT. Al menos en aquellas partes de la fachada donde existan elementos metálicos (puertas, rejillas, etc.), la acera dispondrá de mallazo embebido, de 30 x 30 cm y con al menos 10 cm de hormigón sobre el mismo. Dicho mallazo será de 1,00 m de longitud montado desde el cerramiento. Tanto el mallazo de la acera como los elementos metálicos mencionados se conectarán a la tierra de protección.
- Cuando la distancia entre tierra de protección y tierra de masas de utilización sea suficiente para considerarlas tierras independientes reglamentariamente, las tensiones aplicadas de paso en el acceso y la de contacto exterior se calcularán mediante el coeficiente de la configuración elegida para la tierra de protección, Kc, según método UNESA.
- Si la tierra de protección y la tierra de masas de utilización no pudieran ser independientes, al no cumplir la distancia mínima entre ellas establecida reglamentariamente, la tierra de protección adoptará una disposición remota que exigirá la no conductividad de las envolventes del CS y CT, de forma que no actúe por sí misma como una pica, por lo que la parte asentada en el terreno deberá estar aislada del mismo o mostrar una resistencia suficientemente alta como para poder despreciar la corriente que se derive a tierra en el propio CS+CT. El cable que unirá las masas del CS+CT con las picas remotas deberá ser de sección adecuada y disponer de un aislamiento suficiente para la tensión nominal de la red de distribución. En este caso de tierra de protección remota, la acera perimetral no dispondrá de mallazo embebido y las masas metálicas del cerramiento vertical estarán aisladas, sin conexión a la tierra de protección. Se tomará especial cuidado en que las tensiones transferidas desde la tierra de protección (remota o local en el CS+CT) a elementos metálicos accesibles tales como vallado perimetral del recinto u otros, sea inferior a la establecida reglamentariamente.
- En caso de edificio prefabricado de hormigón, éste estará construido de tal manera que, una vez fabricado y montado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica y unidas a la red de tierras de protección. Se seguirán las mismas disposiciones que las ya señaladas para edificio “in situ”.
- En el cálculo de la intensidad de defecto, se considerará la impedancia del neutro del transformador de la subestación que alimenta el CT, o la impedancia capacitiva de la línea aérea en caso de existir neutro aislado en dicha subestación.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de paso y contacto en el interior, ya que estas serán prácticamente nulas.

Se requerirá el cálculo de las tensiones de paso en el exterior y en el acceso al CS y al CT, de forma que estén dentro del límite establecido por la Instrucción Técnica Complementaria ITC-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en las Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión, que se establece en el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las casetas prefabricadas deberán ser conforme a la legislación vigente; ensayos de instalaciones de puesta a tierra: medida de resistencia de puesta a tierra y comprobaciones de tensiones de paso.

III.3 Baja tensión

Se corresponde con la parte de la instalación cuya tensión nominal igual o inferior a 1 kV en corriente alterna, e igual o inferior a 1500 VCC, de acuerdo con lo establecido en el artículo 2 del RD 842/2002 de 2 de agosto.

En caso de que la parcela disponga de suministro eléctrico en Baja Tensión, la instalación comenzará a partir de la caja de protección y medida, el cual estará ubicado en fachada junto al acceso principal, y abarcará hasta los distintos receptores.

En caso de realizarse la medida en Alta Tensión, la instalación comenzará en el cuadro de protección de los puentes de baja tensión, entre los transformadores de potencia y el cuadro general de distribución de baja tensión (CGBT), y comprenderá hasta los distintos receptores.

A efectos de determinar el material eléctrico a emplear, se adoptarán los criterios de diseño de acuerdo con la clasificación del local o emplazamiento, según determina la ITC-BT-30 del vigente Reglamento de Baja Tensión.

Por la naturaleza de la elevadora, el CGBT y el CCM conforman un mismo cuadro eléctrico. En él habrá características relacionadas con el CGBT y otras relacionadas con la alimentación a las cargas finales (CCM). El diseño eléctrico tanto de los circuitos de fuerza (unifilar) como de los esquemas desarrollados de la maniobra deberán ser aprobados por los servicios técnicos de Canal de Isabel II.

III.3.1 Cuadro General de Distribución de Baja Tensión (CGDBT)

El Cuadro General de Distribución de Baja Tensión (en lo sucesivo CGDBT), será un Conjunto Verificado, según la norma UNE-EN 61439-1:2012 “Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 1: Reglas generales”.

En la fabricación del CGDBT, atendiendo al conjunto de normas UNE-EN 61439, se contemplarán las siguientes figuras que intervendrán en su fabricación:

- Fabricante Original: organización que lleva a cabo el diseño original y las verificaciones asociadas al conjunto de aparamenta, acorde a la norma aplicable a dicho conjunto.
- Fabricante del Conjunto: organización que toma la responsabilidad del conjunto completo.

Para la fabricación del CGDBT, tanto el “Fabricante Original” como el “Fabricante del Conjunto” serán la misma organización.

Se montará en un habitáculo diferente al centro de transformación.

El CGDBT estará formado por columnas construidas con chapa de acero galvanizada, plegada y laminada en frío de dos milímetros (2 mm) de espesor, donde se ubicarán, los módulos de acometida, colocados en un extremo del conjunto y los diferentes módulos de salida.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Dispondrá de una compartimentación forma 4b, según normas UNE-EN 61439.

El CGDBT estará diseñado para soportar los efectos electrodinámicos producidos por cortocircuitos.

Cada módulo en su parte frontal tendrá una puerta de bisagra con cerradura dotada de tres puntos de anclaje. La parte posterior se cerrará con una tapa desmontable mediante tornillos.

Las puertas dispondrán de un enclavamiento que impida el que puedan abrirse cuando haya tensión en la parte a que dan acceso, o bien todos los puntos en tensión dispondrán de protecciones mecánicas transparentes contra contactos accidentales.

El CGDBT en su conjunto será estanco a las proyecciones de agua, disponiendo al mismo tiempo de las aberturas necesarias para mantener una ventilación natural adecuada. Las entradas y salidas de cables se acondicionarán con este fin. El grado de protección de la envolvente será IP54, e IP20 en las partes activas desnudas y placas de entrada y salida de cables.

El tratamiento previo de la chapa consistirá en una preparación de superficie: repaso de cordones de soldaduras, eliminación de proyecciones, porosidades, golpes y aristas vivas, desengrasado, fosfatado e imprimación. El pintado será a base de resina epoxi con posterior secado al horno. El espesor mínimo de pintura seca aplicada no debe ser inferior a cien micras (100 µm). Tanto para el color de la envolvente del cuadro como para el resto de las instalaciones se consultará a los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II. Dispondrán de cáncamos para facilitar el transporte y montaje.

Tendrá tantas entradas de alimentación como transformadores se instalen, dejando espacio libre suficiente para una adicional, en previsión del montaje futuro de un transformador adicional, el armario dispondrá del equipamiento, así como de elementos necesarios para facilitar la incorporación de una entrada adicional sin detener el funcionamiento de la instalación.

Cada módulo de entrada dispondrá de un interruptor automático magnetotérmico tetrapolar del tipo extraíble y corte omnipolar, dotado de un relé de protección diferencial ajustable con graduación de sensibilidad y temporización, con su transformador toroidal correspondiente, con capacidad para soportar los efectos de cortocircuitos, mando directo independiente a la puerta y con enclavamiento mecánico y eléctrico con el disyuntor del transformador correspondiente, de tal forma que cuando se dispare el disyuntor de alta tensión, lo haga también automáticamente este interruptor automático de entrada al cuadro. Estas entradas se montarán en un extremo del cuadro.

Igualmente dispondrá de un módulo de entrada para la conexión de un grupo electrógeno móvil o estacionario, equipado con magnetotérmico tetrapolar, enclavado mecánicamente en posición abierto por medio de una cerradura con los interruptores de baja tensión de los transformadores de potencia, con el fin de evitar retornos peligrosos en los transformadores BT/MT.

El embarrado principal, que debe estar preparado para futuras ampliaciones laterales del cuadro, será de tensión de cuatrocientos/doscientos treinta voltios (400/230 VCA), estará constituido por pletinas de cobre estañado capaces de soportar los efectos electrodinámicos de cortocircuito, siendo de la misma sección la barra de neutro que las de fase. Todas ellas estarán protegidas con una capa aislante del color adecuado a cada una de las fases y neutro.

El cálculo de la corriente de cortocircuito y efectos electrodinámicos de los embarrados e interruptores automáticos deberá realizarse teniendo en cuenta la potencia total de los transformadores instalados,

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

incluido el de reserva. Se justificará que el embarrado y los interruptores soportan los cortocircuitos generados en los puntos en que están situados.

El CGDBT estará dotado de los elementos adecuados para su puesta a tierra y dispondrá de resistencias de calefacción reguladas mediante termostato.

Cada salida dispondrá de un interruptor automático magnetotérmico (de la intensidad adecuada en cada caso), con mando independiente a la puerta y con capacidad para soportar los efectos del cortocircuito, dotado de un transformador toroidal y de un relé de protección diferencial ajustable, con graduación de sensibilidad y temporización.

Los disyuntores de las entradas de alimentación al CGDBT serán motorizados.

En el frente del armario se instalarán los equipos de medida y señalización siguientes:

El CGDBT dispondrá de un analizador de redes en cada una de las acometidas de alimentación, de las siguientes características:

- Display multilínea para la indicación local de las siguientes variables: tensión simple, tensión compuesta, intensidad, potencias activa y reactiva, y consumo de energías activa y reactiva, tasa de distorsión armónica, tanto en corriente como en tensión. Todas estas variables deberán estar integradas en el sistema de control a nivel de PLC.
- 2 salidas digitales.
- 2 salidas analógicas.
- Puerto de comunicación Ethernet y con capacidad de comunicación en el protocolo de comunicaciones que determine Canal de Isabel II en cada caso.
- Sus dimensiones mínimas serán 144 mm x 144 mm.

Señalización óptica luminosa:

– Según especificaciones técnicas de Canal de Isabel II y planos típicos.

Señalización escrita:

– Cada circuito estará señalizado con un letrero de formica negra con escritura en blanco, visible al menos desde 2,00 m de distancia, en el que figure el número de circuito a que corresponde en los esquemas y su nombre.
– En una parte destacada, como puede ser el ángulo superior izquierdo, se colocará un letrero de las mismas características que los anteriores, en el que figure el número del cuadro y su nombre según los esquemas eléctricos siendo visible, al menos, desde una distancia a cinco metros.
– Todos los letreros se fijarán mediante remaches.

Si por la concentración de equipos, un único cuadro hace las veces de cuadro general de distribución y de CCM, dicho cuadro cumplirá con las especificaciones más exigentes de ambos.

Los cuadros se realizarán de acuerdo con los esquemas eléctricos proyectados, así como con los planos de vistas físicas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Antes de su expedición a obra se realizará el montaje total del armario con los componentes colocados, y realizado el cableado completo, con el fin de comprobar los circuitos.

El fabricante del conjunto verificado presentará las certificaciones de las verificaciones de diseño recogidas en las normas UNE-EN 61439, emitidas por un laboratorio homologado e independiente.

Se realizarán como mínimo los siguientes controles:

- Comprobación de dimensiones, espesor de chapa, acabado, etc.
- Comprobación del cableado de armarios y de cada componente en particular, de acuerdo con los esquemas, desde éstos hasta los regleteros de bornas de salida.
- Comprobación de que se cumplen con todas las características indicadas en la especificación de diseño.
- Comprobación de las características y calidades de los componentes incluido en cada panel, tales como: contactores, arrancadores, transformadores, relés, fusibles, pulsadores, pilotos, regleteros de bornas, bandejas y conductores, racores, puestas a tierra, etc.
- Comprobación del correcto funcionamiento de interruptores, pulsadores, lámparas piloto, relés, etc.
- Comprobación de rótulos.
- Comprobación del correcto funcionamiento de los contactores con tensiones de mando diferente a la nominal.
- Comprobación de los enclavamientos.
- Comprobación del marcado de fases.
- Comprobación de números y secciones de conductores.
- Ensayo de rigidez dieléctrica.
- Ensayo de simulación de funcionamiento.
- Ensayo de resistencia de aislamiento de cada cuadro.

Se comprobarán, mediante la emisión de Certificado de Cumplimiento y Certificado de Prueba, los siguientes ensayos:

- Aislamiento: se realizará con una fase a tierra (si el circuito es monofásico) y se comprobará que el aislamiento es el adecuado según el vigente Reglamento de Baja Tensión.
- Rigidez Dieléctrica: esta prueba consistirá en someter al panel a una tensión 2V + 1.000 V, con un mínimo de 1500 V, siendo V la tensión nominal de servicio. El tiempo será de un minuto y se comprobará que no se producen anomalías.
- Continuidad de circuitos: esta prueba consistirá en comprobar la continuidad de los circuitos principales.
- Simulación de Funcionamiento: consiste en una prueba en banco del funcionamiento del sistema. Se comprobará que al quitar o poner los enclavamientos correspondientes, el sistema actúa según lo previsto.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

III.3.2 Equipos de corrección de energía reactiva

En las instalaciones se montarán dos tipos de equipos de corrección de energía reactiva, según especificaciones técnicas de Canal de Isabel II:

- Batería fija.
- Batería automática de condensadores.

Las baterías corresponderán en cuanto a sus funciones a las características especificadas y se situarán en los lugares y en el orden indicado en los planos correspondientes.

El fabricante, antes del suministro del conjunto verificado, realizará las verificaciones individuales según las normas UNE-EN 61439.

El cos phi corregido deberá estar en todo momento por encima de los valores establecidos en la legislación vigente a partir de los cuales se establece el pago de penalizaciones por exceso de consumo de energía reactiva y de exceso de inyección de energía capacitiva a la red.

Con carácter general, la compensación de energía reactiva se realizará en un único punto por cada sistema de baja tensión (CGdBT), lo más próximo al punto frontera de la red interior de la instalación. En caso de que sea necesario compensar en más de un punto de la instalación, deberá estar debidamente justificado y aceptado por los servicios técnicos de Canal de Isabel II.

En aquellas instalaciones conectadas a redes de tensión superior a 1 kV, la batería automática de condensadores dispondrá de medida de tensión y de corriente en las tres fases.

III.3.3 Centros de Control de Motores (CCM)

Estos cuadros son los que, alimentándose directamente del Cuadro de Distribución General de Baja Tensión (CGDBT), alojan toda la aparamenta necesaria para alimentar, controlar, señalizar, enviar y recibir señales para el mando desde el autómata, etc., del grupo de motores sobre los cuales tiene influencia. Asimismo, en ellos se aloja la aparamenta precisa para alimentar otros cuadros auxiliares con los que está relacionado: cuadros en puentes grúa, equipos de control y regulación, equipos de preparación de reactivos, etc.

El Centro Control de Motores (en lo sucesivo CCM) será un conjunto verificado, según el conjunto de normas UNE-EN 61439.

En la fabricación del CCM, atendiendo a las normas UNE-EN 61439, se contemplarán las siguientes figuras que intervendrán en su fabricación:

- Fabricante Original: organización que lleva a cabo el diseño original y las verificaciones asociadas a un conjunto de aparamenta, conforme a la norma aplicable a dicho conjunto.
- Fabricante del Conjunto: organización que toma la responsabilidad del conjunto completo.

Para la fabricación del CCM, tanto el “Fabricante Original” como el “Fabricante del Conjunto” serán la misma organización.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Se considerarán los Centros de Control de Motores (en lo sucesivo CCM) que se precisen y que alimentarán a las distintas zonas de la instalación. Se instalarán preferentemente en una sala independiente convenientemente ventilada.

Los CCM serán de tipo autoportante, para montaje sobre suelo y de diseño normalizado en ejecución extraíble, estarán formados por columnas construidas con chapa de acero galvanizada, plegada y laminada en frío de 2 mm de espesor, donde se ubicará el módulo de acometida, colocado en un extremo del conjunto, y los diferentes módulos de salidas a receptores.

La forma de compartimentación del CCM será como mínimo 4b tanto en la columna de acometida como en las columnas de salida, según normas UNE-EN 61439, y estará diseñado para soportar los efectos electrodinámicos producidos por cortocircuitos.

El grado de protección será IP54 IK08. Todas las partes metálicas de la envolvente se protegerán contra la corrosión mediante un proceso de desengrasado, fosfatado, imprimación y capa de pintura epoxi secada al horno. El espesor mínimo de pintura seca aplicada no debe ser inferior a 100 µm. El color de la envolvente será determinado por los servicios técnicos de Canal de Isabel II.

La fabricación del cuadro estará condicionada a la aprobación por parte de Canal de Isabel II de los esquemas eléctricos del mismo. Dichos esquemas serán actualizados si hubiera cambios en obra y puesta en marcha. Lo anterior no eximirá al fabricante de su responsabilidad referente al cumplimiento de normas y reglamentos aplicables.

Los esquemas mencionados contendrán, entre otros documentos, el diagrama unifilar general de la instalación empleando la simbología normalizada, con características eléctricas de cada equipo, protecciones principales y secciones de los cables de fuerza, así como planos del frontal del cuadro eléctrico con dimensiones, con el detalle de pulsadores, indicadores, sinóptico, etc. El contenido de los esquemas desarrollados incluirá hasta el motor o receptor de que se trate, indicando secciones de cables y bornas y especificando las principales características eléctricas del receptor. Al final de la colección de esquemas se añadirá una lista de materiales con la descripción de marca y modelo, o similar, con las principales características eléctricas.

Serán montados completamente en fábrica, lo cual incluirá el montaje y cableado completo, así como un regletero intermedio, donde se conectarán todas las señales de entrada al autómata y salida desde el autómata, de tal manera que en obra solamente sea necesario la instalación de los cuadros y las conexiones de entrada y salida.

Los CCM serán modulares, contando con una columna de acometida, situada en un extremo, y un máximo de 6 diferentes columnas de salida. Cada una de éstas se dividirá en distintos cubículos extraíbles.

Los embarrados deberán soportar una potencia 25% superior a la potencia equipada. Los frontales de los CCM deberán tener un 25% de superficie de reserva, distribuida uniformemente en la superficie utilizada. Estas reservas, constarán de las unidades extraíbles con todos los elementos mecánicos instalados, sin aparamenta eléctrica. Del mismo modo, se deberán tener en cuenta en la columna de acometida, salidas tetrapolares y bipolares de reserva, así como el espacio de reserva para incorporar futuras alimentaciones directas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

El mando de todos los interruptores automáticos será accesible desde el exterior, sin que se precise abrir las puertas para maniobrarlos.

El cableado se realizará en 2 canalizaciones separadas, una para circuitos de fuerza a 400/230 VCA y otro para mando y señalización a 24 VCA, siendo de distinto color los correspondientes a circuitos de mando y señalización.

Los CCM estarán dotados de resistencias de calefacción, reguladas mediante termostato, así como de los elementos necesarios para garantizar su adecuada ventilación.

Cada uno de los elementos que componen el CCM: aparamenta, elementos de medida, cableado, regleteros, etc., se marcarán de forma permanente con la referencia que les corresponda en los esquemas eléctricos. Queda prohibido marcar directamente sobre la aparamenta.

El embarrado general se dispondrá horizontalmente en la parte superior de las columnas, tendrá la misma sección en la barra de neutro que en cada una de las 3 fases y será capaz de soportar los efectos electrodinámicos del cortocircuito, incluso con la aportación de la corriente generada por los motores principales trabajando como generadores, de ser síncronos. Dicho cálculo deberá estar justificado en el Anexo de cálculos eléctricos del proyecto. Estará formado por pletinas de cobre estañadas de la sección precisa en cada caso. El embarrado para puesta a tierra se dispondrá horizontalmente en la parte inferior del cuadro.

El embarrado para la alimentación de las distintas celdas extraíbles estará formado por 3 o 4 barras verticales de cobre estañado de la sección precisa en cada caso, y estará protegido por pantallas aislantes que aseguren, con la puerta abierta y la celda vacía, una protección IP20.

Se justificará que el embarrado y los interruptores soportan los cortocircuitos generados en los puntos en que estén situados.

El cuadro se protegerá contra fallo de fase mediante el correspondiente relé.

En la columna de acometida se instalará un interruptor automático magnetotérmico tetrapolar regulable en umbral y temporización asociado con un relé de protección diferencial ajustable en sensibilidad y temporización, con su transformador toroidal correspondiente, dotado con bobina de disparo, con capacidad para soportar los efectos de cortocircuito.

Además, en esta columna se instalará la siguiente aparamenta:

- Los transformadores y elementos de protección necesarios para los circuitos auxiliares de mando y señalización.
- Las salidas para alimentación para cuadros auxiliares, así como sus correspondientes salidas de alimentación de reserva, que se protegerán con interruptores automáticos magnetotérmicos tetrapolares y con interruptores diferenciales, con capacidad para soportar los efectos de cortocircuito.
- Los elementos de la protección frente a sobretensiones y descargas atmosféricas, que se protegerán mediante fusibles de tipo gL.
- Un analizador de redes con tres transformadores de intensidad, protegido con un interruptor automático magnetotérmico tetrapolar con capacidad para soportar los efectos de cortocircuito.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En las distintas columnas de salida se colocarán los diferentes cubículos extraíbles con los elementos precisos para la protección y el accionamiento de motores, cuya composición variará en función de la potencia del motor y de los requerimientos del receptor.

Los accionamientos de tipo electrónico, arrancadores estáticos y variadores de frecuencia, así como sus correspondientes filtros antiarmónicos (filtros dV/dt, etc.), debido al desprendimiento de calor que generan y a los problemas de compatibilidad electromagnética, no se instalarán en el interior de los cubículos de las columnas de salidas en ejecución extraíble del CCM, sino que se ubicarán en columnas auxiliares en ejecución fija, con placas de montaje en su interior y dispondrán de puertas plenas.

Estas columnas auxiliares se anexarán al CCM y se seguirán considerando parte de éste. Estarán dotadas de ventilación forzada, regulada mediante termostatos, extractores en techo y rejillas situadas en la puerta frontal o en los paneles laterales del mismo. El sistema de ventilación estará dimensionado con la capacidad suficiente para garantizar la evacuación de la totalidad de las pérdidas generadas por los equipos alojados en su interior. El sistema de ventilación no condicionará el grado de protección del cuadro.

Los teclados, displays, paneles de control, de los variadores de frecuencia o de los arrancadores estáticos, se dispondrán para que puedan ser operados sin necesidad de abrir las puertas del armario, de forma que se facilite su manejo y visualización.

En el frente del armario se instalarán los equipos de medida y señalización siguientes:

El CCM dispondrá de un analizador de redes en cada una de las acometidas de alimentación, de las siguientes características:

- Display multilínea para la indicación local de las siguientes variables: tensión simple, tensión compuesta, intensidad, potencias activa y reactiva, y consumo de energías activa y reactiva, tasa de distorsión armónica, tanto en corriente como en tensión. Todas estas variables deberán estar integradas en el sistema de control a nivel de PLC.
- 2 salidas digitales.
- 2 salidas analógicas.
- Puerto de comunicación Ethernet y con capacidad de comunicación en el protocolo de comunicaciones que los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II determine en cada caso.
- Sus dimensiones mínimas serán 144 mm x 144 mm.

Señalización óptica luminosa:

- Según especificaciones técnicas de Canal de Isabel II y planos típicos.

Señalización escrita:

- Cada circuito estará señalizado con un letrero de formica negra con escritura en blanco, visible al menos desde 2,00 m de distancia, en el que figure el número de circuito a que corresponde en los esquemas y su nombre.
- En una parte destacada, como puede ser el ángulo superior izquierdo, se colocará un letrero de las mismas características que los anteriores, en el que figure el número del cuadro y su nombre según los esquemas eléctricos siendo visible, al menos, desde una distancia a cinco metros.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Todos los letreros se fijarán mediante remaches.

Si por tamaño de la instalación eléctrica, fuera necesario un único cuadro, se refundirán las especificaciones del CGBT y del CCM, quedando claro que la ejecución de la maniobra para las distintas cargas será ejecutada en cubículos extraíbles.

Las características específicas de las distintas salidas a motores y alimentaciones serán determinadas por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II y en los correspondientes esquemas típicos.

En lo referente al control de calidad, se seguirá lo marcado en el apartado relativo a CGDBT.

III.3.4 Cuadros locales o auxiliares

Solamente se montarán cuadros auxiliares para aquellos grupos de equipos que por sus características específicas lo requieran, tales como: puentes-grúa, equipos de preparación de reactivos, etc.

Será un Conjunto verificado, según la serie de normas UNE-EN 61439 y marcado CE.

El diseño eléctrico de los circuitos deberá estar acorde a las directrices de Canal de Isabel II, para en caso de ser necesario, se puedan integrar al sistema de control de la instalación.

Los cuadros que deban montarse en el interior de edificios estarán fabricados en poliéster reforzado con fibra de vidrio, mientras que los que se instalen a la intemperie, serán metálicos.

La elección de la ubicación de los cuadros que se instalen a la intemperie tendrá en consideración minimizar la exposición a la radiación solar.

El diseño de los cuadros garantizará la correcta disipación de calor, manteniendo la temperatura de los elementos alojados en su interior en valores adecuados para su correcto funcionamiento.

Los elementos de mando, control y señalización estarán montados sobre una puerta opaca que estará protegida por otra, provista de una ventana transparente con burletes elásticos que garanticen su estanquidad.

Los cuadros locales o auxiliares tendrán un grado de protección mínimo IP54 y acabado en el color RAL 1028, o el que determinen los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Dispondrán, como protección general, un interruptor magnetotérmico tetrapolar, con poder de corte acorde a su punto de instalación, asociado con un relé diferencial indirecto regulable en tiempo y sensibilidad.

Los pulsadores de emergencia serán accesibles sin necesidad de abrir las puertas del cuadro, estarán colocadas en un lugar visible y que favorezca su accionamiento.

Estarán dotados de ventilación forzada, regulada mediante termostatos y con extractores en el techo. Dispondrá de rejillas situadas en la puerta frontal o en los paneles laterales del mismo, atendiendo a su montaje. Dispondrán de iluminación interior, que se accionará al abrir cualquier puerta.

Las entradas de los cables se realizarán por medio de prensaestopas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

La distribución del cableado en los cuadros se realizará a través de canaletas de material plástico, de apertura y cierre rápido y nunca se mezclarán, dentro de un mismo canal, distintos niveles de tensión y usos.

El tipo de cableado de los cuadros será NEMA tipo C, que consiste en llevar los cables de salida hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de cables del exterior. Cada uno de los cables de unión entre los elementos llevará una identificación, que deberá coincidir.

Los circuitos de mando se realizarán a tensión 24 VCA, mediante transformadores de circuitos separados y protegidos mediante interruptores automáticos bipolares. Con el fin de evitar caídas de tensión, las bobinas de los contactores serán alimentadas a 230 VCA, a través de relés auxiliares situados en el circuito de mando a 24 VCA. Tanto los circuitos de 230 VCA como los de 24 VCA serán protegidos con interruptores magnetotérmicos bipolares.

Todo cuadro eléctrico dispondrá de una cartera (interior a él) donde se depositará una copia del esquema eléctrico del mismo, tanto de fuerza como de maniobra.

Siempre existirá un mínimo de 25 % de la superficie (uniformemente repartida) de cada cuadro libre en condiciones de poder ser utilizada para ampliaciones o modificaciones. Las canaletas para cables estarán ocupadas en un máximo del 75 %.

En las zonas donde pueden producirse atmósferas explosivas, los cuadros se construirán e instalarán de acuerdo con la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-29 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002.

El fabricante, antes del suministro del conjunto de verificado, realizará las verificaciones individuales según las normas UNE-EN 61439.

En lo referente al control de calidad, se seguirá lo marcado en el apartado relativo a CGDBT.

III.3.5 Líneas de alimentación, distribución, mando y señalización

Comprende las líneas de alimentación desde las bornas de baja tensión de los transformadores hasta el cuadro de distribución general, desde éste hasta los cuadros de alumbrado y hasta los centros de control de motores, y desde éstos hasta los cuadros auxiliares y hasta los distintos receptores. Forman parte también de estas líneas, las correspondientes a circuitos de mando y señalización.

Para acometidas a cuadro de distribución general superiores a 1600 A, éstas se ejecutarán mediante blindobarra o sistema similar en cobre o aluminio desde el transformador correspondiente.

En el resto de los casos, todos los conductores serán de cobre con aislamiento en seco de polietileno reticulado, cubierta de PVC o de poliefina, y de baja emisión de humos, opacidad reducida y resistente al fuego, según se determine en las prescripciones. Corresponderán a la designación RV o RV-K 0,6/1 kV, o RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, según normas UNE 21123-2:2017 y UNE 21123-4:2017 respectivamente.

Para la alimentación a receptores ubicados en interior el cable corresponderá a la designación RZ1-K, con la excepción de alimentación a equipos alimentados mediante variadores de frecuencia, que serán cables apantallados tipo RC4Z1-K.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Para la alimentación a receptores ubicados en exterior el cable corresponderá a la designación RV o RV-K, con la excepción de alimentación a equipos alimentados mediante variadores de frecuencia que será RC4V-K.

Los cables para aplicaciones generales en construcción cumplirán la Norma UNE-EN 50575:2015 de reacción frente al fuego.

No estarán permitidos la realización de empalmes en las líneas de alimentación, distribución, mando y señalización.

Sus extremos estarán dotados de los terminales adecuados, así como de su identificación de forma permanente de acuerdo con los esquemas.

Además de las secciones mínimas fijadas por la reglamentación vigente (intensidad máxima admisible y criterios de caída de tensión desde bornes de baja tensión del transformador hasta el receptor), en el momento de realizarse la instalación, se establecen las siguientes:

- Para fuerza: 2,5 mm².
- Para maniobra y señalización: 2,5 mm² en el caso de utilizar cables unipolares y de 1,5 mm² si se utilizan cables multipolares.
- Para cada manguera multicable, se dejarán como reserva un mínimo de conductores igual al 20% por cada conjunto de cables de maniobra, control y señalización que conexionen entre sí cuadros, sinópticos, etc.

Si la intensidad de corriente que circulase por algún tramo concreto de la instalación fuese muy elevada, puede estudiarse la sustitución de cables por barras de cobre debidamente blindadas.

El tendido de cables, según la parte de instalación a que pertenezcan, podrá realizarse de forma subterránea, sobre bandejas o bajo tubo. Se realizarán canalizaciones independientes por tensiones y dentro de éstas, los conductores tendrán colores diferentes según al tipo de circuito que correspondan (mando, señalización, etc.) de acuerdo con las indicaciones de los servicios técnicos de Canal de Isabel II.

Siempre que sea posible, las canalizaciones eléctricas se llevarán por galerías de inspección y vigilancia sobre bandejas perforadas de acero laminado en frío y galvanizadas en caliente posteriormente a su mecanización, según UNE-EN ISO 1461:2010, colocadas en la parte más alta de ésta y a unos 30 cm por debajo de la losa de cierre, preferentemente fijadas sobre la pared en disposición vertical.

Dentro de los edificios, se canalizarán sobre bandejas de compuesto termoplástico libre de halógenos, preferentemente fijadas sobre la pared en disposición vertical, mediante soportes adecuados. Las ramificaciones desde éstas hasta los receptores se canalizarán en tubos del mismo material que las bandejas.

En recorridos intrincados, se podrá utilizar bandejas de varillas electrosoldadas galvanizadas en caliente, siendo éstas cosidas mediante cable de cobre desnudo de al menos 35 mm2, perfectamente grapado y conectado a la tierra de protección de masas de utilización.

Las canalizaciones que hayan de realizarse en el exterior podrán ser aéreas o subterráneas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Las canalizaciones aéreas serán metálicas y galvanizadas en caliente. Se podrán canalizar bajo tubo metálico, sobre bandejas portacables metálicas de acero laminado en frío o sobre bandeja portacables de varillas electrosoldadas, siendo estas últimas cosidas mediante cable de cobre desnudo de al menos 35 mm2. Las bandejas portacables siempre estarán dotadas con tapa.

La instalación dispondrá de cajas de registro accesibles, en aleación de aluminio, debidamente dimensionadas para la inspección y manipulación de los cables, siendo sus medidas mínimas de 120 mm x 120 mm x 60 mm.

Estarán dotadas de prensaestopas metálicos para la entrada y salida de cables. Dispondrán de un grado de protección IP67.

Las canalizaciones subterráneas serán entubadas y dispondrán de los elementos de protección y señalización que prescriba la reglamentación vigente en el momento de efectuarse el montaje. Se instalará un tubo de reserva del mismo diámetro para cubrir posibles necesidades futuras de la instalación. Durante el montaje, se dejará metida la guía para el posterior paso de cables.

Se construirán el suficiente número de arquetas, debidamente dimensionadas, para que puedan sustituirse cables con facilidad. Los cables estarán etiquetados de forma permanente a su paso por cada arqueta. Con carácter general, se instalarán arquetas cada 50 metros como máximo y en todo cambio de dirección.

Las arquetas se ubicarán de tal modo que garanticen el aislamiento y eviten el intercambio de ambientes entre las diferentes salas o zonas de la instalación.

El número máximo de capas será de 3 en los tendidos subterráneos y de 2 sobre bandeja.

Los circuitos de fuerza a 400/230 VCA y los de mando y señalización a 24 VCA se llevarán por canalizaciones separadas por tensiones.

Todas las conexiones se efectuarán dentro de cajas de derivación, que serán estancas, y se realizarán por medio de bornas de carril DIN.

Para cada zona de la instalación existirán tomas de corriente, repartidas uniformemente en la superficie de la parcela. Se dotará de un mínimo de dos por planta o instalación. Se instalarán en una única envolvente de características similares a los cuadros locales. Se les dotará de acometida única y constarán de, al menos, una base enchufe mural estanca de 3P+T de 32 Amperios para servicios, una base enchufe mural estanca de 2P+T de 16 Amperios y una base enchufe mural estanca de 2P+T de 16 Amperios tipo schuko. Cada una de las tomas dispondrá de protección magnetotérmica y diferencial general.

III.3.6 Motores

Las características de los motores serán, con carácter general, las siguientes:

- Tipo jaula de ardilla, con forma constructiva IM 1001, según norma UNE-EN 60034-7:1994.
- Tensión: 400/230 VCA para los motores inferiores a 18,5 kW y 690/400 VCA para los de potencia igual o superior a 18,5 kW. En caso de potencias superiores a 300 kW:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Si no equipan variador de velocidad, los motores serán de alta tensión.
- Si equipan variador de velocidad, la tensión del motor será sometida a estudio.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Aislamiento: Clase F.
- Calentamiento: Clase B.
- Vibración: cumplirán con la norma UNE-EN 60034-14:2004 “Máquinas eléctricas rotativas. Parte 14: Vibraciones mecánicas de determinadas máquinas con altura de eje igual o superior a 56 mm. Medición, evaluación y límites de la intensidad de vibración”; Grado A para motores con P<75 kW, Grado B para motores con P ≥ 75 kW (tamaño CEI 315L o mayores).
- Temperatura ambiente 40 °C.
- Carcasa y ventilador: provistos de pintura anticorrosiva.
- Protección: Completamente cerrados. Clases IP55 o IP68 (para elementos sumergidos de manera continua en agua), según norma UNE-EN 60529:2018, a excepción de los situados en las zonas de las plantas en que puedan existir gases explosivos, donde deberán cumplirse las exigencias de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-29 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002.
- Arranque: directo hasta 40 kW, mediante arrancador estático entre 40 y 300 kW y directo en alta tensión para potencias superiores a 300 kW, según especificaciones de las correspondientes fichas técnicas.
- Eficiencia: deberán ser de la clase de eficiencia energética mínima IE3, tal como está definida en la UNE-EN 60034-30-1:2014. La eficiencia de los motores se ajustará, como mínimo, a lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2019/1781 y sus posteriores modificaciones, pudiendo ser exigible una eficiencia IE4 para los motores desde 75 kW de hasta 200 kW que no sean motores-freno, motores de seguridad aumentada u otros protegidos contra explosión.
- Normas CEI y UNE, referentes a máquinas eléctricas rotativas.

Estas características sólo podrán ser obviadas en el caso de motores de accionamiento de máquinas especiales, siendo en todo caso debidamente justificado y aprobado por los servicios técnicos de Canal de Isabel II.

Relés electrónicos multifunción:

- Potencias igual o superior a 18,5 kW y menores a 75 kW: llevarán protecciones contra sobrecargas, defecto a tierra, inversión de fase, fallo de fase y asimetría, y térmica de devanados a través de termistancias.
- Potencias igual o superior a 75 kW: llevarán protecciones contra sobrecargas, fallo de fase, defecto a tierra, bloqueo, inversión de fases, asimetría de fases, subcarga y térmica en devanados a través de termistancias. Además, dispondrán de resistencias de caldeo para evitar condensaciones y sondas termométricas para vigilancia de la temperatura de los cojinetes, con dispositivo de alarma por calentamiento.

Los motores con potencia superior a 75 kW dispondrán de resistencias de caldeo cuya conexión y desconexión se realizará de forma automática cuando se produzca la parada o el arranque del motor.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Asimismo, llevarán sondas termométricas para la medida de la temperatura de los rodamientos, con dispositivos de alarma por calentamiento.

Se colocarán sondas PTC para aquellos motores cuya potencia sea igual o superior a 18,5 kW.

En caso de que se acepte por parte de los servicios técnicos de Canal de Isabel II la instalación en el exterior de motores con posición de montaje IM-1011, IM-3011, IM-3611 y IM-2011, éstos deberán estar provistos con doble protector de entrada de aire del ventilador o caperuza para evitar su inundación.

Los motores serán fácilmente accesibles para la realización de todos los trabajos de mantenimiento y se dispondrá como mínimo de 1 m libre en su perímetro.

El aire de refrigeración no debe tener impedimentos físicos en su circulación.

Si después del montaje del motor no fuera bien legible la placa de características, hay que ponerle una segunda placa en una zona que permita su fácil lectura.

Si un sentido de giro falso pudiera conducir a un perjuicio, se tendrá que marcar de forma claramente visible el sentido nominal de giro en el motor.

La orden de arranque de los motores se deberá poder efectuar de forma local, mediante el selector de la botonera situada al pie del motor.

La botonera a pie de máquina será de tipo caja estanca de fundición de aluminio, con un grado de protección IP65. Tendrá selector “Local - 0 - Remoto”, así como pulsador de parada de emergencia y serán instaladas sobre soportes tipo Canal de Isabel II.

Además, se podrá emitir la orden de arranque del motor de modo remoto desde el PLC.

Los motores accionados por variador de velocidad dispondrán de cojinete asilado en el extremo pasivo.

De todos los motores a instalar se exigirá Protocolo de Pruebas, que recogerá como mínimo los siguientes controles:

- Ensayo de cortocircuito.
- Ensayo de vacío.
- Ensayo de calentamiento.
- Rendimiento a 2/4, 3/4 y 4/4 de plena carga.
- Factor de potencia a 2/4, 3/4 y 4/4 de plena carga.
- Pérdidas globales.
- Par máximo.
- Par inicial.
- Nivel de ruido.
- Del núcleo magnético: características magnéticas y aislamiento.
- Del inducido: aislamiento del cobre.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Del rotor: características magnéticas.
- Inspección de la carcasa.
- Carcasa: Control dimensional y Certificado.
- Eje: Control dimensional y Certificado.
- Portaescobilla: Control dimensional.
- Inspección de los siguientes elementos auxiliares: cojinetes, engrase, caja de bornas, puesta a tierra, placa de características, ventilador y tapa, así como de la pintura de protección.

De todos estos controles se entregará un programa de puntos de inspección debidamente cumplimentado.

III.3.7 Instalación de tierras de utilización

La tierra de utilización cumplirá con las especificaciones dictadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y se ejecutará de forma independiente a la tierra de protección del centro de transformación.

Estará formada por cables de cobre desnudo de 50 mm² unidos en diversos puntos a picas de acero cobrizado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, ubicadas en pozos dispuestos para este fin, ejecutándose éstos preferentemente en las proximidades de cada armario o receptor importante.

Todas las masas de los elementos que componen la instalación estarán conectadas a la tierra de utilización con cables de cobre de 35 y 50 mm^2, mientras que los báculos y columnas de alumbrado se conexionarán con cable de cobre de 16 mm^2, cumpliendo en cualquier caso con las secciones mínimas establecidas en la ITC-BT-18 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002.

En caso de que no resulte viable ejecutar de forma independiente la tierra de utilización y la tierra de masas del centro de transformación, deberán concurrir las circunstancias precisas para unir ambas tierras, para lo cual se deberá disponer de la debida justificación técnica, junto con la aceptación por parte de los servicios técnicos de Canal de Isabel II.

Las verificaciones previas a la puesta en servicio de las instalaciones deberán ser realizadas conforme a la legislación vigente, e incluirán la medida de resistencia de puesta a tierra.

III.4 Alumbrado

III.4.1 Cuadro General de Alumbrado (CGA)

El Cuadro General de Alumbrado, en lo sucesivo (CGA), estará diseñado para alojar toda la aparamenta necesaria para la distribución de los circuitos de alumbrado de edificios y de los circuitos de alumbrado exterior, así como su gobierno y control.

El CGA se alimentará directamente del Cuadro de General de Distribución de Baja Tensión.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Será un Conjunto verificado, según la serie de normas UNE-EN 61439 (UNE-EN 61439-1:2012, UNE-EN 61439-2:2012, UNE-EN 61439-3:2012, UNE-EN 61439-4:2013, UNE-EN 61439-5:2015 y UNE-EN 61439-6:2013), y dispondrá de marcado CE.

El cuadro será de tipo prefabricado de primera calidad a base de acero laminado y con puerta que pueda montarse a ambas manos. Tendrá un grado de protección mínimo IP54 y su color será RAL 1028 o el indicado por los técnicos de Canal de Isabel II.

El diseño eléctrico de los circuitos y las diferentes configuraciones eléctricas serán aprobadas por los servicios técnicos de Canal de Isabel II.

Este cuadro se diseñará para realizar las siguientes funciones:

- Distribución de circuitos para cuadros locales de alumbrado de edificios: se dotarán de tantos circuitos de fuerza como cuadros locales de alumbrado disponga la instalación.
- Distribución y Control del Alumbrado Exterior: el mando para el control del alumbrado exterior deberá diseñarse contemplando los siguientes modos de funcionamiento:
- Encendido y apagado por célula fotoeléctrica.
- Encendido y apagado por reloj astronómico.
- Encendido y apagado por célula fotoeléctrica y reloj astronómico.
- Encendido y apagado manual de cada circuito.

Para ello se dotará al cuadro de los siguientes elementos:

- Un selector de tres posiciones para seleccionar el modo funcionamiento.
- Un selector de tres posiciones “Manual - 0 - Automático” para cada uno de los circuitos que formen parte del alumbrado exterior.
- Un reloj astronómico con contactor de encendido y apagado regulables.
- Dispositivo de célula fotoeléctrica.

La tensión del circuito de mando será de veinticuatro voltios (24 VCA).

El CGA dispondrá de protección frente a sobretensiones y descargas de tipo rayo.

Toda la aparamenta, regleteros, cableados, etc., se marcará de forma permanente de acuerdo con los esquemas eléctricos.

Las entradas de los cables se realizarán por medio de prensaestopas.

La fabricación del cuadro estará condicionada a la aprobación por parte de Canal de Isabel II de los esquemas eléctricos del mismo.

Todo cuadro eléctrico dispondrá de una cartera (interior a él) donde se depositará una copia de su esquema eléctrico, tanto de fuerza como de maniobra.

El control de calidad del fabricante del conjunto será una entidad independiente y certificará los ensayos de tipo recogidos en las normas UNE-EN 61439-1:2012, UNE-EN 61439-2:2012 y el marcado CE.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

El proyectista estudiará los edificios según su tamaño y características, y les dotará del número de Cuadros Locales de Alumbrado necesarios para disponer de la cobertura óptima, garantizando los niveles de iluminación exigidos en cada caso.

III.4.2 Alumbrado exterior

Salvo indicación contraria, se establece el siguiente nivel mínimo de iluminación:

- Viales
- Iluminación media: 20 lux
- Uniformidad media: 40 %
- Zonas de equipos
- Iluminación media: 75 lux en escaleras
- Iluminación media: 50 lux en resto de zonas
- Uniformidad media: 50 %

Se cumplirá con lo exigido en el reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, aprobado por Real Decreto 1890/2008 de fecha 14 de noviembre.

El alumbrado exterior será tipo LED y deberá disponer de certificado de garantía mínimo de 5 años del fabricante en cuanto a factor de mantenimiento y vida útil bajo condiciones de uso de 4.000 h/año, temperatura de 25 °C en horario nocturno.

El factor de potencia será corregido independientemente en cada punto de alumbrado.

El circuito de maniobra será a tensión de 24 VCA.

Cada punto de luz estará formado por un báculo o columna de altura mínima de 9,00 m, sobre el cual se montarán luminarias LED.

El equipo de encendido se montará sobre la columna o báculo en lugar fácilmente accesible y protegido contra los agentes atmosféricos.

Cada báculo o columna se conectará a la red general de tierras o se le dotará de pica independiente, según los casos.

El número mínimo de circuitos será de 2 con el fin de tener alumbrado de "noche" y de "media noche", procurando, siempre que sea posible, hacer circuitos cerrados en forma de anillo.

III.4.3 Alumbrado antideflagrante

En las zonas donde pueden producirse atmósferas explosivas, la instalación se realizará de acuerdo con la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-29 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

III.4.4 Alumbrado de edificios

Se utilizarán, en espacios interiores industriales, lámparas tipo led de luz blanca. Todas las luminarias y proyectores, así como los equipos auxiliares, estarán dotados de grado de protección adecuado para garantizar la estanquidad contra la entrada de polvo y agua.

Salvo indicación contraria, se establece el siguiente nivel mínimo de iluminación:

- Cuando sea necesaria una distinción pequeña de detalle (vestuarios, aseos, trasteros, etc.): 100 lux.
- Cuando sea necesaria una distinción media de detalle (zona de trabajo: 300 lux; zonas de paso: 20 lux).
- Se mantendrá siempre una uniformidad media de por lo menos el 40%.

En cada edificio se montará un cuadro prefabricado fabricado en acero laminado y con puerta que pueda montarse a ambas manos. Dicho cuadro alojará como mínimo los siguientes elementos:

- 2 interruptores automáticos diferenciales de sensibilidad 0,03 A, 1 para circuito de fuerza y 1 para circuitos de alumbrado.
- Tantos interruptores automáticos magnetotérmicos como circuitos de fuerza y alumbrado sean necesarios en el edificio.

El factor de potencia será corregido independientemente en cada punto de alumbrado.

El tipo de instalación será acorde en cada edificio, dejándose introducidas guías en los tubos durante el montaje para el posterior paso de cables.

Edificio de control:

- Nivel mínimo de iluminación 400 lux a nivel de suelo.
- La instalación será empotrada, bajo tubo corrugado y cajas de PVC.

Edificios industriales:

- Nivel mínimo de iluminación 200 lux a nivel de suelo, y además se discriminarán diferentes zonas dentro del edificio, atendiendo a las exigencias de iluminación:
  - Zonas de operación y mantenimiento de equipos 300 lux.
  - Salas destinadas al servicio eléctrico 500 lux.
- La instalación será al aire bajo tubo y cajas de PVC rígido. La entrada de cables será mediante prensaestopas.

Edificios con posibilidad de presencia de gases:

- El cuadro se montará en una zona del edificio en la que no pueda haber presencia de gases.
- Será de tipo antideflagrante y cumplirá la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-29 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002.
- El cable corresponderá a la designación RVFV o RVFV-K de las normas UNE.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

III.4.5 Alumbrado de Emergencia y Señalización

Se preverá Alumbrado de Emergencia y Señalización en todos los edificios, mediante equipos autónomos, estancos, que señalarán la situación de puertas y salidas del local, capaces de proporcionar, al menos durante una hora, una iluminancia mínima a nivel de suelo de 3 lux en recintos ocupados por personas y de 5 lux en los inicios de los caminos de evacuación y donde se precise maniobrar instalaciones. Su fuente de energía será independiente del sistema normal de iluminación.

Estos circuitos irán en canalización independiente, separados como mínimo 5 cm de otras canalizaciones eléctricas de alumbrado o de fuerza.

III.5 Grupo electrógeno

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II valorarán la necesidad de instalación de grupo electrógeno con potencia suficiente para alimentar a los equipos electromecánicos de la instalación (bombas, polipasto, etc.), la cual será definida mediante estudio específico para cada caso y aceptado por los servicios técnicos de Canal de Isabel II.

Deberá tener carenado y equipo silenciador cuando la estación se halle en zona urbana o zona de especial protección, cumpliendo la normativa vigente de aplicación.

Funcionará mediante motor diésel refrigerado por agua y contará con equipo precalentador del refrigerante del motor. El motor deberá funcionar en un rango de temperaturas comprendido entre -15 °C y 50 °C.

El sistema de puesta a tierra del grupo electrógeno cumplirá con lo establecido en la ITC-BT-40 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Real Decreto 842/2002 para instalaciones generadoras asistidas, conectadas a instalaciones receptoras que pueden ser alimentadas, de forma independiente, por dichos grupos o por la red de distribución pública.

El motor y el alternador deberán poder soportar una sobrecarga del 10% durante 1 hora.

El grupo electrógeno tendrá regulador electrónico de velocidad y contará con un sistema de control y cuadro de conmutación que permitirán las siguientes maniobras en local o remoto:

- Arranque manual.
- Arranque automático cuando se produzca fallo de red.
- Arranque de emergencia; el grupo podrá arrancarse de forma local aun cuando exista un fallo en el sistema de control.
- Arranque mediante señal remota.

Si el grupo electrógeno funciona en modo arranque automático, únicamente los consumos preferentes, previamente seleccionados, serán alimentados por el grupo electrógeno cuando entren de forma automática a través del sistema de control. En caso de funcionamiento manual, las cargas deberán ser conectadas/desconectadas por el operario.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Cuando exista fallo en la red eléctrica en cualquiera de las fases, o caída de ésta en un 80% de la tensión nominal, el grupo electrógeno procederá al arranque mediante un programador con 5 intentos de arranque. Para ello deberá disponer de una centralita que gestione esta conmutación, así como de un regletero de donde tomar las señales de arranque, paro, fallo y nivel de combustible para poder llevarlas al PLC y transmitirlas.

En caso de que el grupo electrógeno alimente a cargas no lineales que supongan más de un 30% de la potencia del grupo, se deberá recabar del fabricante la desclasificación de potencia a fin dimensionar correctamente el equipo para la potencia nominal requerida.

El grupo electrógeno dispondrá de una batería para el arranque del grupo. Ésta deberá garantizar el poder realizar 10 intentos de arranque. El grupo electrógeno tendrá un sensor que mida la energía residual de la batería y será capaz de generar una señal de alarma en caso de que ésta no permita garantizar los 5 intentos de arranque exigidos.

El depósito de carburante para el grupo electrógeno tendrá un volumen equivalente al consumo acumulado que demandará la potencia mínima eléctrica para servir a la estación con objeto de garantizar el funcionamiento de las instalaciones básicas, previamente definidas, durante un periodo de 24 horas. En caso de que el volumen de carburante resultante sea superior a 3m3, se realizará un estudio caso por caso.

El depósito estará dotado de doble pared, equipo de aspiración y retorno y detector de fugas. Los depósitos deberán disponer de sensores de nivel con objeto de poder efectuar una señal de alarma que avise de la necesidad de proceder a la recarga de carburante. Asimismo, deberá tener un nivel mínimo de parada del grupo cuando se agote el carburante para evitar la entrada de aire o partículas al motor. Los sensores de los depósitos quedarán conectados con el PLC de la estación.

Con carácter preferente, el grupo electrógeno se instalará a la intemperie y será de tipo insonorizado.

En caso de instalación interior en edificio, se realizará en una sala habilitada para albergar el grupo electrógeno, contando con las entradas y salidas de aire de ventilación adecuadas, según recomendaciones del fabricante, y debidamente insonorizadas, conduciendo la salida del aire al exterior evitando la recirculación.

Se tendrá en cuenta la legislación vigente en materia de control de ruidos y vibraciones y, si fuese preciso, se preverá el aislamiento y tratamiento acústico de la sala o instalación de cabina insonorizada para la atenuación acústica del ruido hasta los niveles exigidos.

III.6 Especificaciones específicas de seguridad

En las instalaciones eléctricas también serán de aplicación el Real Decreto 614/2001, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, o norma de sustitución.

En el diseño de las instalaciones, además de las especificaciones generales y específicas detalladas con anterioridad, se tendrán en cuenta las siguientes medidas a adoptar para evitar o minimizar los riesgos en el mantenimiento y explotación de las instalaciones y equipos eléctricos:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Se evitará la instalación de transformadores, cabinas de alta tensión y cuadros eléctricos bajo rasante en recintos con riesgo de inundación, debiendo estar fácilmente accesibles.
- Las protecciones eléctricas estarán debidamente identificadas conforme al esquema unifilar, de manera que permitan localizar fácilmente los equipos eléctricos o electromecánicos a los que alimentan.
- Las instalaciones eléctricas tendrán un grado de protección adecuado IP en función del lugar de instalación, especialmente si se encuentran en locales húmedos, o si están expuestas a proyecciones de agua en operaciones de limpieza, o si se encuentran a intemperie.
- Las instalaciones de baja tensión ubicadas en recintos húmedos o mojados se diseñarán conforme a los requerimientos reglamentarios, dotándose de las envolventes y las protecciones eléctricas necesarias para que los equipos allí instalados puedan ser utilizados de forma segura y no exista riesgo de contacto eléctrico.
- Las instalaciones con riesgo de explosión se diseñarán conforme a los requerimientos reglamentarios, donde se instalarán equipos eléctricos conforme a la clasificación de las zonas, cumpliendo la normativa ATEX y, en especial, lo establecido en el documento de protección contra explosiones redactado al efecto. Se cumplirán las prescripciones del Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, donde se definen las áreas de riesgo y su clasificación en zonas teniendo en cuenta la frecuencia en que se produzcan atmósferas explosivas y su duración.
- Se debe separar e interponer obstáculos o apantallamientos en las partes activas (barrajes y bornes desprotegidos), de manera que permita realizar maniobras y mantenimientos o reparaciones en condiciones de seguridad sin riesgo de contacto eléctrico.
- Las instalaciones eléctricas dispondrán conforme a la legislación vigente de los equipos de protección contra incendios que se precisen.
- Los cuadros eléctricos se señalizarán convenientemente con la señal normalizada de riesgo eléctrico, debiendo instalarse en ubicaciones fácilmente accesibles.
- Todas las zonas afectadas por riesgo eléctrico estarán debidamente señalizadas:
  - Riesgo eléctrico en todos los cuadros eléctricos y en el exterior de las puertas de acceso a recintos independientes destinados al servicio eléctrico (centros de transformación, seccionamiento, CCM, etc.).
  - Prohibición de paso excepto personal autorizado en centros de transformación y seccionamiento.
  - 5 reglas de oro y pautas de reanimación respiratoria de salvamento en interior de centros de transformación y seccionamiento.
- Cuando los cuadros eléctricos se ubiquen en plataformas con barandillas, los huecos de las escaleras o escalas existentes han de estar ubicadas de tal forma que se garantice un apoyo sólido, seguro y estable del trabajador, sin riesgo de caída en altura.
- Los cuadros eléctricos se deberán poder abrir sin obstáculos ni dificultades, disponiendo del espacio suficiente para poder realizar las operaciones de maniobra y/o mantenimientos en condiciones de seguridad.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Las bandejas de cableado y canaletas de servicio eléctrico estarán debidamente protegidas, discurriendo de tal manera que no entrañen riesgo de tropiezos, caídas o golpes (especialmente en la cabeza).
- Las infraestructuras estarán protegidas contra el rayo, disponiendo de pararrayos que aseguren una protección efectiva de la totalidad de las instalaciones.
- Los equipos eléctricos se suministrarán e instalarán con sus manuales de instrucciones y funcionamiento en español.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

IV Diseño del sistema de abastecimiento

IV.1 Información previa

Antes de proceder al estudio de un abastecimiento será necesario disponer de la siguiente documentación mínima:

- Cartografía o plano altimétrico de la zona.
- Plano con la red hidrográfica y las cuencas vertientes.
- Características geológicas de la zona (plano geológico).
- Estudio y plano de la red existente.
- Ordenanzas municipales.
- Planos de ordenación y clasificación del suelo.
- Planos de situación de todos los servicios e instalaciones subterráneas y aéreas.
- Condicionantes de servicios existentes para la ejecución de las obras (condiciones impuestas por los organismos afectados).
- Características máximas de población y superficie edificable (a techo de planeamiento o considerando el plazo de dimensionamiento de proyecto).

IV.2 Criterios generales de diseño

El funcionamiento hidráulico de las redes de abastecimiento objeto de la presente Norma será siempre bajo presión hidráulica interior. Si, excepcionalmente, se dispusieran conducciones cuyo funcionamiento hidráulico fuera en lámina libre, se atenderá a las especificaciones que indiquen los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II al respecto.

En los siguientes apartados se establecen unas directrices básicas para el diseño de los sistemas de abastecimiento objeto de las presentes Normas.

Conforme se especificó en el apartado II.1, las redes de los sistemas de abastecimiento se clasifican en los dos niveles siguientes:

- Redes de aducción (de estructura ramificada).
- Redes de distribución, que a su vez se dividen en red de transporte, red principal y red secundaria.

Las redes de distribución serán de diseño mallado en la medida de lo posible, eliminando puntos y situaciones que faciliten la contaminación o el deterioro del agua distribuida. Únicamente en los lugares donde sea imposible mallar la red de distribución, como en los viales en fondo de saco, se podrá permitir

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

la instalación de una red ramificada. La red principal, por su parte, formará mallas cuya superficie interior no deberá exceder de 4 ha.

Por otro lado, la red de distribución se dividirá en polígonos y el tamaño máximo de los mismos quedará limitado por los siguientes conceptos:

- No constará de más de dos mallas o de 500 m de tubería.
- No abastecerá a más de 1.500 habitantes.
- La extensión superficial que encierre no superará las 4 ha.

Los diámetros mínimos de las conducciones a instalar en las redes de distribución serán los indicados en la tabla adjunta.

Tabla 41. Diámetros mínimos de las tuberías a instalar en la red de distribución

Tipo de red	***Diámetro mínimo DN (mm)***
Red de transporte	150
Red principal	150
Red secundaria	80

En polígonos industriales, el diámetro nominal mínimo a instalar será de 150 mm.

Los diámetros de las piezas especiales en T, siempre que existan comercialmente, se corresponderán con los de las tuberías que unen, de forma que no sea necesario intercalar reducciones.

Las presiones mínimas y máximas de funcionamiento de la red oscilarán entre los valores normalizados en el apartado *IV.4.2 Hipótesis de cálculo* en función de la hipótesis de cálculo considerada.

Las tuberías que se instalen en el sistema de abastecimiento deberán tener una PFA superior o igual a la presión de diseño DP y una PMA mayor o igual a la presión máxima de diseño MDP, cumpliendo lo establecido en el apartado *II.2.1 Consideraciones generales. Mapas de usos.*

En el caso de que las respectivas normas de producto de las diferentes tipologías de tuberías incluidas en estas Normas no indiquen los valores de la PMA de los tubos, se tomará, a efectos del diseño de la red, como valor de la PMA el de la PN, estando así del lado de la seguridad.

Para garantizar una presión adecuada en inmuebles a partir de dos alturas, se recomienda disponer un grupo de sobreelevación en sus instalaciones interiores, exceptuando viviendas unifamiliares.

IV.3 Trazado

IV.3.1 Consideraciones generales

El trazado de las redes de abastecimiento de agua para consumo humano deberá ser tal que se garantice que no se produce ninguna interconexión con las redes de saneamiento, reutilización o de cualquier otro tipo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Las tuberías de abastecimiento de agua de consumo humano estarán siempre a una cota superior respecto a las tuberías de alcantarillado, saneamiento y reutilización.

Las separaciones mínimas entre las generatrices externas de las tuberías de abastecimiento alojadas en zanja y las de los conductos, o las aristas de los prismas, de los demás servicios instalados serán las siguientes:

Tabla 42. Separaciones mínimas con otros servicios

Servicio	***Separación en planta (cm)***	***Separación en alzado (cm)***
Reutilización	150	30
Saneamiento	100	100
Gas	50	50
Electricidad-alta	30	30
Electricidad-baja	20	20
Comunicaciones	30	30

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

Respecto al trazado específico de las conducciones, deberán observarse las siguientes prescripciones.

IV.3.2 Trazado en planta

Siempre que sea posible se seguirán las siguientes recomendaciones en el trazado de las conducciones.

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

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

En los viales de más de 15 m de ancho se instalarán dos tuberías, una a cada lado del vial, salvo que en alguno de los dos lados se prevean menos de dos acometidas por manzana. En los viales más estrechos se instalará una tubería en el lado que se prevea la existencia de mayor número de acometidas. En ambos casos deberán colocarse a una distancia superior a 2,5 m desde el frente de parcela y evitando coincidir con el eje del bordillo.

Tanto en la red de aducción como en la de distribución, la separación en planta de otras redes o servicios será la máxima posible, cumpliendo los valores mínimos indicados en la *Tabla 42 Separaciones mínimas con otros servicios*. En caso de no ser posible, se adoptarán las medidas de protección que los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II consideren oportunas.

Cuando vayan a verse afectados determinados servicios, accesos o instalaciones ubicados en el lugar de la obra será necesario cumplir con la legislación y normativa vigente específica. En el proyecto se establecerán las siguientes limitaciones por afecciones que, en cualquier caso, serán determinadas por el Organismo gestor correspondiente.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

a) Dominio Público Hidráulico

Las limitaciones en la afección al dominio público hidráulico quedan recogidas en:

- Real Decreto Legislativo 1/2001, Texto Refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 849/1986, Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Se establecen tres zonas en relación con los cursos fluviales, en los que la Administración ejerce sus competencias con ciertas restricciones de usos.

- Cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (artículo 4 del Real Decreto Legislativo 1/2001 y artículo 4 del Real Decreto 849/1986).
- Se entiende por riberas las fajas laterales de los cauces públicos situadas por encima del nivel de aguas bajas.
- Se denominan márgenes a los terrenos que lindan con los cauces (artículo 6 del Real Decreto Legislativo 1/2001 y artículo 6 del Real Decreto 849/1986). Las márgenes están sujetas, en toda su extensión longitudinal:
  - A una zona de servidumbre de 5 metros de anchura, que tiene ciertas servidumbres de paso, pero también de usos atendiendo a aspectos hidráulicos, de protección civil y ambientales.
  - A una zona de policía de 100 metros de anchura en la que se condicionará el uso del suelo y las actividades que se desarrollen.

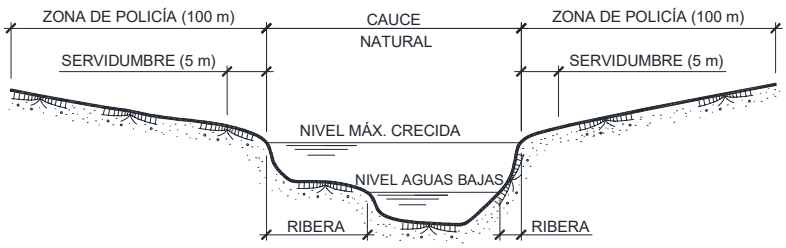


Figura 47. Cauce, zona de servidumbre y zona de policía (Real Decreto Legislativo 1/2001)

Cada una de estas zonas comporta una regulación de usos.

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

Los cruces de la red de abastecimiento se podrán realizar por encima del cauce, bien con una tubería autoportante o empleando una estructura, o por debajo del mismo, en cuyo caso se realizará mediante hinca. En cauces pequeños también se podrá realizar por debajo mediante zanja, en cuyo caso se podrá modificar su sección tipo, con el fin de evitar erosiones y proteger la tubería (por ejemplo, mediante zanja macizada de hormigón o mediante capa superior de la zanja de hormigón, tal como se indica en el apartado *V.5.8 Rellenos*), y, tras su ejecución, se restaurará completamente el lecho del cauce.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

b) Carreteras

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

- Legislación estatal: Ley 37/2015 de Carreteras y el Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.
- Legislación autonómica: Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid y el Decreto 29/1993 del Reglamento de Carreteras de la Comunidad de Madrid.

En la *Tabla 43* y en la *Tabla 44* se indican las distancias de uso y defensa de la carretera establecidas en dicha legislación, considerando las siguientes observaciones:

- La arista exterior de la explanación es la intersección del talud del desmonte, del terraplén o, en su caso, de los muros de sostenimiento colindantes con el terreno natural. En los casos especiales de puentes, viaductos, túneles, estructuras u obras similares, se podrá fijar como arista exterior de la explanación la línea de proyección ortogonal del borde de las obras sobre el terreno.
- En caso de existir cuneta de pie de terraplén o de coronación de desmonte, la arista exterior de la explanación es la intersección de talud exterior de ésta con el terreno natural. En los casos de existir cuneta en terreno plano, será la intersección del talud exterior de la misma con el terreno natural la que define dicha arista.

Tabla 43. Uso y defensa de la carretera (Ley 37/2015 de Carreteras, ver Figura 52)

Tipo de carretera	***Distancia a la arista exterior de la explanación (m)***		
	A	***B***	***C***
Autopistas, autovías y vías rápidas	8	25	100
Resto de carreteras	3	8	50

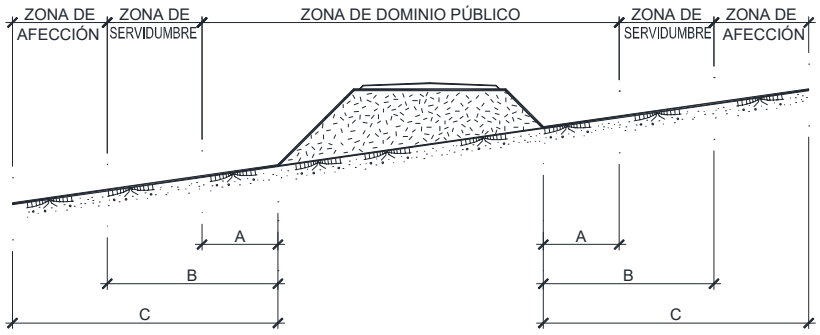


Figura 48. Uso y defensa de la carretera (Ley 37/2015 de Carreteras)

En las carreteras de titularidad estatal, como norma general, la tubería se instalará fuera de las zonas de dominio público y de servidumbre.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 44. Uso y defensa de la carretera (Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid, ver Figura 53)

Tipo de carretera	***Distancia a la arista exterior de la explanación (m)***	
	A	***B***
Autopistas y autovías	8	50
Carreteras red principal	3	25
Resto de carreteras	3	15

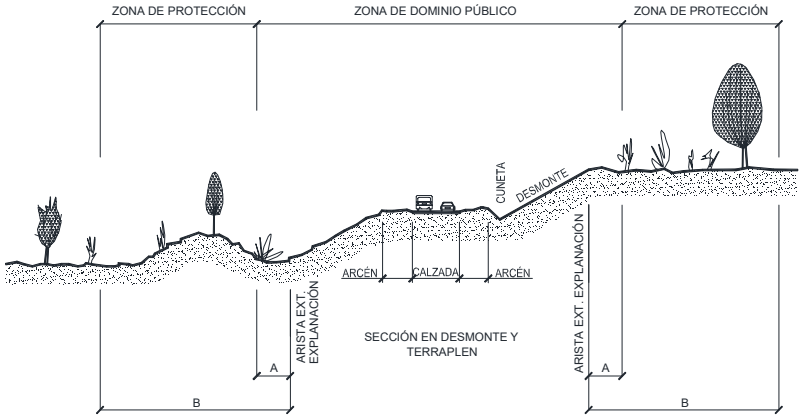


Figura 49. Uso y defensa de la carretera (Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid)

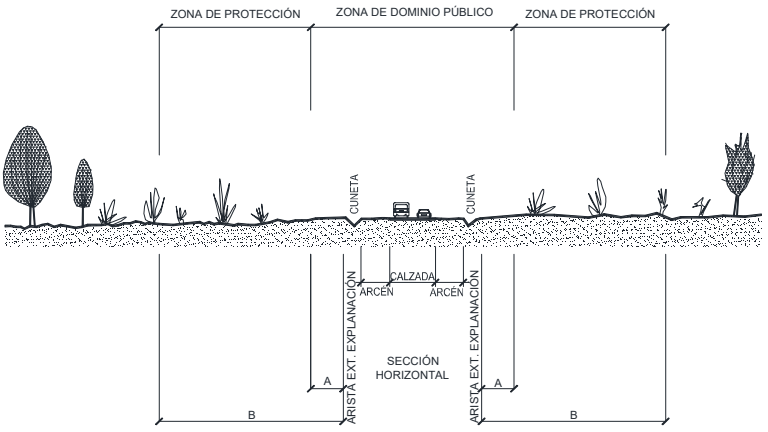


Figura 49. Uso y defensa de la carretera (Ley 3/1991 de Carreteras de la Comunidad de Madrid) (Continuación)

En las carreteras de titularidad de la Comunidad de Madrid, como norma general, la tubería se instalará fuera de las zonas de dominio público y de protección.

Se deberá consultar al organismo responsable (Ministerio de Fomento o Comunidad de Madrid) las previsiones de futuro respecto a posibles duplicaciones de calzada, enlaces, glorietas, etc. y pedir la correspondiente autorización para realizar cualquier tipo de obra que afecte a estas infraestructuras.

En la *Figura 50* se señalan los criterios generales de afección en conducciones de diámetro igual o menor de 1.000 mm.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

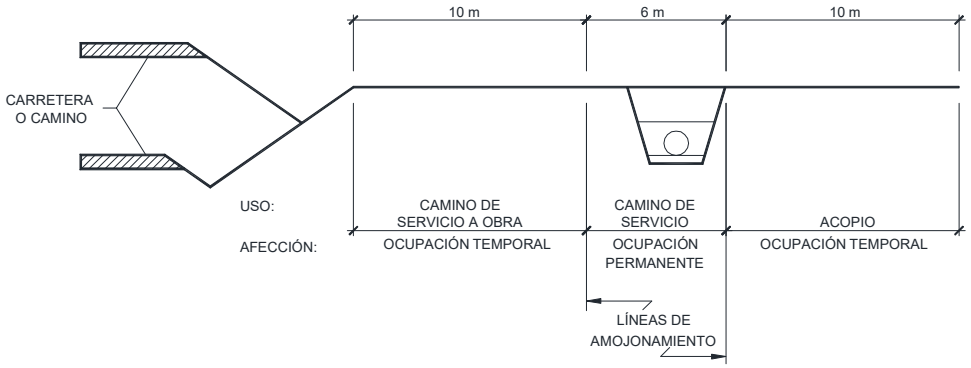


Figura 50. Criterios generales de afección en conducciones de diámetro ≤ 1.000 mm

c) Ferrocarriles

Las limitaciones en la afección a las infraestructuras ferroviarias se recogen en:

- Ley 38/2015 del Sector Ferroviario.
- RD 2387/2004, Reglamento del Sector Ferroviario.

Atendiendo a lo establecido en la legislación citada, en concreto en el artículo 24 y siguientes del mencionado Reglamento, se establecen unas limitaciones en las franjas de terreno adyacentes a la infraestructura en las que para la realización de obras se requiere autorización previa del correspondiente administrador de infraestructuras ferroviarias.

Tabla 45. Uso y defensa del ferrocarril (Ley 38/2015 del Sector Ferroviario, ver Figura 55)

Tipo de suelo	***Distancia a la arista exterior de la explanación (m)***	
	A	***B***
General	8	70
Suelo urbano consolidado	5	8

Figura 51. Uso y defensa del ferrocarril (Ley 38/2015 del Sector Ferroviario)

d) Vías pecuarias

La Ley 3/1995 de Vías Pecuarias establece que éstas son bienes de dominio público de las Comunidades Autónomas. La legislación autonómica de aplicación es la Ley 8/1998 de las Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid, y el Decreto 7/2021, por el que se aprueba el Reglamento de Vías Pecuarias de

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

la Comunidad de Madrid. La ley 8/1998 regula los usos compatibles y complementarios y asegura la conservación de las vías.

Durante la definición del trazado de las tuberías se evitará ocupar las vías pecuarias longitudinalmente.

e) Patrimonio histórico

De acuerdo con la Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español, deberá tenerse en cuenta que cualquier obra o remoción de terreno que se proyecte realizar en un sitio histórico o en una zona arqueológica declarados bien de interés cultural deberá ser autorizada por la Administración competente para la protección de dichos bienes, que podrá, antes de otorgar la autorización, ordenar la realización de prospecciones y, en su caso, excavaciones arqueológicas.

De la misma manera, se deberá considerar la Ley 3/2013, de 18 de junio, de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid. que tiene por objeto la protección, conservación, investigación, difusión y enriquecimiento del patrimonio histórico ubicado en el territorio de la Comunidad de Madrid.

f) Energía eléctrica

En el caso de afección a instalaciones de generación, transporte o distribución de energía eléctrica deberá contemplarse lo establecido en la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico respecto al ejercicio de la servidumbre de paso (tanto aérea como subterránea) y dado el especial carácter de las obras a realizar en las inmediaciones de una línea eléctrica cumplir lo establecido en el RD 614/2001 sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

g) Otros servicios afectados

En el caso de afección a cualquier otro tipo de servicio o infraestructura, como líneas de telecomunicaciones, gaseoductos, oleoductos, etc., deberá tenerse en cuenta la legislación específica al respecto y establecer en el proyecto las limitaciones por afecciones que, en cualquier caso, serán determinadas en base al informe preceptivo del organismo gestor o compañía responsable correspondiente.

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

IV.3.3 Trazado en alzado

La profundidad mínima de las conducciones se determinará de forma que se garantice que la conducción quede protegida frente a las acciones externas, especialmente el tráfico rodado (ver apartado IV.5) y preservada de las variaciones de temperatura.

No obstante, la profundidad mínima de enterramiento sobre la generatriz superior del tubo será igual o superior al mayor valor entre el diámetro exterior y un metro. Cuando este recubrimiento mínimo no pueda respetarse, deberán tomarse las medidas de protección necesarias.

El trazado en alzado no podrá sobrepasar en ningún punto la línea piezométrica y deberá ser tal que se garanticen en todas las secciones de la red las condiciones de presión establecidas en el epígrafe *IV.2.*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

La pendiente mínima de las conducciones será del 0,4 %, independientemente que el agua vaya en sentido descendente o ascendente, para evitar los problemas de explotación que origina la acumulación de aire en el interior de las conducciones.

La separación en alzado de otras redes o servicios será la máxima posible, cumpliendo los valores mínimos indicados en la *Tabla 42*. En caso de no ser posible, se adoptarán las medidas de protección que los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II consideren oportunas.

IV.4 Dimensionamiento hidráulico de las conducciones

IV.4.1 Dotaciones, demandas y caudales de cálculo

IV.4.1.1 *Dotaciones y demandas*

Las redes de abastecimiento de agua deberán ser diseñadas para atender las demandas de agua de la siguiente naturaleza:

- Consumo urbano residencial.
- Usos terciarios, dotacionales e industriales.
- Riego de zonas verdes (conforme a las limitaciones indicadas más adelante).
- Hidrantes contra incendios.

Se entiende por dotación al volumen medio diario de agua a suministrar para atender las necesidades conforme a los distintos usos previstos por el planeamiento y según se defina en la legislación vigente, pudiendo emplearse los valores normalizados en la *Tabla 47.*

Las dotaciones establecidas se han determinado teniendo en consideración:

- La evolución, distribución espacial y estructura de la población y de las actividades industriales.
- El análisis del grado de ocupación de vivienda y de la superficie media de la misma.
- Los valores máximos estacionales de consumo diario registrado en una muestra significativa de distintas zonas de suministro en el ámbito de actuación de Canal de Isabel II.

Se entiende por demanda al volumen de agua asignado a la población abastecida en una unidad de tiempo.

La demanda se calculará en función de todos los usos que se prevé que vayan a consumir agua en la zona a abastecer. Para su obtención, se tendrá en cuenta las dotaciones específicas en suelo urbano y urbanizable para uso residencial, terciario, dotacional e industrial y zonas verdes comunes y públicas, indicadas en la *Tabla 47.*

Cuando se tenga conocimiento de demandas concretas de usos terciarios, dotacionales o industriales que sean superiores a dos veces los valores medios señalados en los apartados siguientes, se empleará en el cálculo su valor real en lugar de los estimados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Se denomina demanda zonal de una determinada área urbana de igual uso, al volumen diario de suministro que resulta de multiplicar la dotación específica correspondiente al uso del suelo de dicho ámbito por la superficie edificable prevista en el planeamiento urbano. Dicha demanda se calcula según la expresión:

$$D_i = A_i \cdot d_i$$

Siendo:

- D_i Demanda zonal para el uso i (l/d).
- A_i Superficie edificable o superficie según el uso i determinado (m^2).
- d_i Dotación específica para el uso i ($l/m^2 \cdot d$), según la *Tabla 47.*

Se considera demanda total de un área urbana, a la suma de las demandas zonales correspondientes a todos y cada uno de los usos del suelo en el área de suministro considerada:

$$D_t = \sum_i (A_i \cdot d_i)$$

Siendo:

- D_t Demanda total (l/d)

El Plan Hidrológico del Tajo de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo 2015-2021 (PHT), aprobado mediante Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, en su "Anexo V Disposiciones normativas del Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo 2015-2021", hace referencia dentro de su "Apéndice 9 Dotaciones" a una **dotación máxima de riego de zonas verdes**.

Dicha *"**dotación máxima de referencia se establece en 2.500 m^3/Ha** año para zonas ajardinadas de nueva construcción o reformas de zonas ajardinadas existentes. En el caso de zonas ajardinadas existentes que no se propongan reformar, o de zonas ajardinadas que se rieguen con aguas residuales regeneradas, esta dotación podrá alcanzar **como máximo los 4.000 m^3/Ha/año**, previa justificación técnica adecuada de las necesidades hídricas y de la eficiencia alcanzada en la instalación de distribución y riego. En el caso de jardines históricos no aplicarán los máximos anteriores, debiendo justificarse en cada caso la dotación necesaria"*.

Para el riego de zonas verdes, como referencia de diseño y cálculo, y a título orientativo, podrá estimarse una dotación anual de 2.250 m^3/Ha·año, correspondiente a aplicar una dotación de 1,5 l/m^2·día (tal como se indica en la *Tabla 47*) durante 150 días de riego al año. La determinación del caudal diario estacional y del volumen anual suministrado se ha basado en la determinación sobre zonas verdes y dotaciones establecidas por la Comunidad de Madrid durante la sequía de 1991-1993. A estos efectos, Canal de Isabel II recomendó la siguiente distribución, incluida en la primera edición de sus Normas para el abastecimiento de agua del año 1991, que se resumen en la *Tabla 46.*

Tabla 46. Dotaciones brutas medias para el conjunto del municipio

Zonificación	*Suelo (%)*	*Dotación ($l/m^2/d$)*	*Acumulado ($l/m^2/d$)*
Arbustos y tapizantes	20	3	0,6
Árboles	50	0,5	0,25
Césped	10	6	0,6
Tratamientos duros	20	0,25	0,05
TOTAL	100		1,5

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Se deberá adecuar la estructura y composición de las zonas verdes a fin de asegurar la sostenibilidad ajustando las dotaciones medias de agua para riego a los estándares exigibles, colaborando así en el uso racional de este recurso.

Como referencia para el dimensionamiento y cálculo de las dotaciones de zonas verdes, y a título orientativo, podrán considerarse los siguientes criterios técnicos, de tal manera que no superen el límite establecido por la Confederación Hidrográfica del Tajo:

- A partir de dotaciones y superficies reales (zonas verdes existentes o consolidadas) o proyectadas (zonas verdes de nueva construcción o a reformar).
- A partir del número de aparatos y sus características (aspersores, difusores, goteos, bocas de riego…) existentes reales (zonas verdes existentes o consolidadas) o que se estime vayan a funcionar (zonas verdes de nueva construcción o a reformar), días de riego al año, horas de riego al día, simultaneidad entre aparatos…
- Hectárea tipo sequía 1991-1993: 2.250 m3/Ha año.

Las zonas verdes susceptibles de ser regadas con agua procedente de la red de abastecimiento se dividirán en jardines (zona de plantaciones con superficie total inferior a una hectárea) y parques (cuando su extensión sea igual o superior a esta superficie).

Desde las redes de abastecimiento de agua para consumo humano encomendadas a Canal de Isabel II objeto de estas Normas podrán regarse parques y jardines con una superficie bruta igual o inferior a 1,5 ha, y en todo caso los siguientes:

- Parques y jardines declarados bienes de interés cultural o de carácter análogo por legislaciones sectoriales, cuando las prácticas de riego puedan perjudicar a sus condiciones de protección.
- Parques y jardines vinculados a la docencia e investigación científica y técnica.

Para parques con una superficie bruta superior a 1,5 ha, el agua para riego deberá obtenerse de fuentes alternativas distintas de la red de agua para consumo humano, como pueden ser las redes de reutilización (ver Normas para Redes de Reutilización. Versión 2. 2020).

En casos excepcionales, y bajo autorización de Canal de Isabel II, se podrá modificar el límite de la superficie de riego anteriormente indicado.

De preverse alguna fuente ornamental o lámina de agua, debe instalarse un sistema de recirculación y filtrado mediante filtros de arena rápidos.

Las dotaciones de cálculo para los consumos urbano residencial, terciario, dotacional, industrial y para riego de zonas verdes serán las indicadas en la siguiente tabla.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 47. Dotaciones de cálculo

	Residencial		***Terciario, dotacional e industrial*** ***($l/m^2_{edificable}$ y día)***	***Zonas verdes*** ***(l/m^2 y día)***
	Viviendas unifamiliares ***($l/m^2_{edificable}$ y día)***	***Viviendas multifamiliares*** ***($l/m^2_{edificable}$ y día)***		
Suelo Urbano No Consolidado (SUNC) sin desarrollar	9,5	8,0	8,0	1,5
Suelo Urbanizable Sectorizado (SUS) sin desarrollar				
Suelo Urbanizable No sectorizado (SUNS) sin desarrollar				

Las dotaciones correspondientes al suelo urbano desarrollado se considerarán según establezcan los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

IV.4.1.2 *Caudales de calculo*

Se denomina caudal medio de suministro al caudal medio instantáneo correspondiente al ámbito de actuación considerado, obtenido mediante la siguiente expresión:

$$Q_m = D / 86.400$$

Siendo:

Q_m Caudal medio (l/s)

Se denomina caudal punta al caudal de cálculo resultante de aplicar al caudal medio el coeficiente punta instantáneo (Cp) correspondiente, indicado en la *Tabla 48.*

$$Q_p = Q_m, \ Cp$$

Siendo:

Q_p Caudal punta (l/s)

Tabla 48. Coeficientes punta instantáneos (Cp)

Tipo de red	***Uso***	***Coeficiente punta instantáneo***
Red de aducción	Por gravedad aguas arriba del depósito regulador	1
	En impulsiones a depósito regulador	$\frac{24}{horas\ de\ bombeo\ diarias}$
Red de distribución	Demandas de usos urbano-residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y riego de zonas verdes	$1{,}4 + \frac{2{,}8}{\sqrt{Q_m}} \leq 3$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

No obstante, las conducciones de alimentación a depósito se dimensionarán con el coeficiente punta correspondiente a la red de distribución aguas abajo del mismo siempre que la capacidad de regulación no supere el 50% de la demanda diaria.

Los caudales de cálculo que deben considerarse para los hidrantes exteriores ($Q_{m,\ hidrantes}$) serán los siguientes: 500 litros/minuto para los de 80 mm de diámetro y 1.000 litros/minuto para los de 100 mm de diámetro.

IV.4.2 Hipótesis de cálculo

En el cálculo de nuevas redes de abastecimiento se tendrán en cuenta, como mínimo, las siguientes hipótesis de cálculo para el dimensionamiento hidráulico de las conducciones:

- Hipótesis 1: Consumo cero.
- Hipótesis 2: Consumo punta de los usos urbano-residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y riego de parques y jardines.
- Hipótesis 3: Consumo medio con hidrantes adicionales.

A estas hipótesis se les impondrán las condiciones indicadas en los apartados siguientes.

Para las redes por gravedad, en todas las hipótesis anteriores, la presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto de la red no descenderá en ningún caso más de un 75% de la presión estática en ese punto.

Los resultados del cálculo hidráulico de la red pueden presentarse de forma gráfica o literal. En este último caso, deberá acompañarse a la representación literal un plano con los nudos y tramos numerados.

Cada nudo deberá contener los valores de:

- Consumo.
- Presión de funcionamiento del agua.

Y cada tramo los de:

- Caudal.
- Velocidad.
- Pérdida de carga entre nudos.

En función del tipo de red se considerará lo siguiente:

IV.4.2.1 *Redes de aducción*

Para las nuevas redes de aducción, será suficiente con analizar la hipótesis 2. En principio no es necesario contar con el consumo de los hidrantes puesto que esa demanda será absorbida por los depósitos, que deben estar sobredimensionados con un volumen de reserva para caso de incendio.

Se considerará, para los caudales de cálculo, que simultáneamente se estén produciendo los consumos punta en los usos urbano- residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y de riego de parques y

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

jardines. Dichos caudales punta se determinarán de la forma indicada en el apartado *IV.4.1 Dotaciones, demandas y caudales de cálculo*. En esta hipótesis deberán verificarse las siguientes comprobaciones:

- La presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto de la red no sea inferior a 0,1 MPa. Para esta verificación, las pérdidas de carga se estimarán conforme a lo especificado en el apartado *IV.4.3.*
- La velocidad de funcionamiento para los caudales resultantes no excede los valores indicados en el apartado *IV.4.4* en ningún punto de la red.

En cuanto a la situación pésima dentro de esta hipótesis, deberá tenerse en cuenta que, en las redes de aducción, al ser siempre ramificadas, está directamente asociada al consumo punta. Éste será el caudal necesario para atender todas las demandas de las acometidas situadas aguas abajo del punto a dimensionar (oportunamente mayorado por el coeficiente de punta).

Por otro lado, para el cálculo mecánico recogido en el apartado *III.5*, se determinará la presión de diseño (DP) en cada punto de la red, obtenida como la máxima presión de funcionamiento (OP) que se puede dar en dicho punto. Estos valores se calcularán en la hipótesis de consumo cero (hipótesis 1) y teniendo en cuenta que la presión de funcionamiento en este caso será la presión estática en redes de gravedad y la presión de bombeo en redes presurizadas.

IV.4.2.2 *Redes de distribución*

- Hipótesis 1. Consumo cero.

  En la hipótesis de que no haya ningún consumo en la red de abastecimiento de agua, deberá comprobarse que la presión de funcionamiento (OP), equivalente a la presión estática en redes de gravedad y a la presión de bombeo en redes presurizadas, no sobrepase en ningún punto de la red el valor de 0,8 MPa, recomendándose que dicho valor sea siempre inferior a 0,6 MPa.

  Cuando las condiciones topográficas impidan el cumplimiento del límite antes indicado, se dividirá la red de aducción y distribución en pisos independientes unidos mediante válvulas reductoras de presión, o separados por dispositivos de seccionamiento.

  Para el cálculo mecánico recogido en el apartado *IV.5 Dimensionamiento mecánico de las conducciones*, también se determinará en esta hipótesis la presión de diseño (DP) en cada punto de la red, obtenida como la máxima presión de funcionamiento (OP) que se puede dar en dicho punto.

- Hipótesis 2. Consumo punta de los usos urbano-residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y riego de parques y jardines.

  En la hipótesis de que simultáneamente estén produciéndose los consumos punta en los usos urbano-residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y de riego de parques y jardines considerados en el diseño de la red de abastecimiento, deberán verificarse las siguientes comprobaciones:

  - La presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto de la red no sea inferior a 0,25 MPa, salvo casos excepcionales por consideraciones urbanísticas, debidamente justificados por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II. Para esta verificación, las pérdidas de carga se estimarán conforme a lo especificado en el apartado *IV.4.3*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Para las redes por gravedad, la presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto de la red no descenderá en ningún caso más de un 75 % de la presión estática en ese punto. Es decir:

$$OP_i \geq 25\ \%\ DP_i$$

Siendo:

OPi Presión de operación en cualquier punto de la red.

DPi Presión de diseño en cualquier punto de la red.

- La velocidad de funcionamiento para los caudales resultantes no excede los valores indicados en el apartado *IV.4.4* en ningún punto de la red.

En cuanto a la situación pésima dentro de esta hipótesis, deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- En las redes ramificadas la situación pésima está directamente asociada al consumo punta. Éste será el caudal necesario para atender todas las demandas de las acometidas situadas aguas abajo del punto a dimensionar (oportunamente mayorado por el coeficiente de punta).
- En las redes malladas el reparto de los consumos punta de cada tramo no se conoce a priori, pues puede variar en el tiempo y depende de numerosos factores: las demandas y presiones en cada punto de consumo, los diámetros de cada tramo, etc. Por ello la determinación de la situación pésima debe hacerse analizando todos los casos necesarios.

Los caudales de cálculo a emplear en esta hipótesis se determinarán como caudales punta, de la forma indicada en el apartado *IV.4.1.*

A pesar de considerarse en el cálculo simultáneamente al resto de usos, es fundamental la programación del período de riego para evitar que sus puntas de consumo afecten el servicio en los núcleos adyacentes. A fin de evitar esta incidencia se programarán los riegos en horas nocturnas, concretando Canal de Isabel II el periodo citado en función de la ubicación del parque y la distribución de consumos en la zona.

– Hipótesis 3. Consumo medio con hidrantes adicionales.

En la hipótesis de que, adicionalmente a los consumos medios (a diferencia de la hipótesis anterior, donde eran consumos punta) en los usos urbano-residenciales, terciarios, dotacionales e industriales y de riego de parques y jardines, se consideren en funcionamiento dos hidrantes en cualquier lugar de la red, deberá comprobarse que la presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto sea superior a 0,15 MPa. Dichos hidrantes podrán ser de diámetro 80 o 100 mm y la separación máxima entre ambos será la indicada en las ordenanzas municipales correspondientes o, en su defecto, 200 m. Se analizarán todos los casos necesarios para determinar la situación pésima.

Para estas verificaciones, las pérdidas de carga se estimarán conforme a lo especificado en el apartado *IV.4.3.*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

IV.4.3 Cálculo de las pérdidas de carga

Para el cálculo hidráulico de las pérdidas de carga continuas (por unidad de longitud), J, se podrá utilizar cualquier fórmula sancionada por la práctica, recomendándose, en general, el empleo de la fórmula universal de Darcy-Weisbach:

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

Siendo:

- J Pérdida de carga continua, por unidad de longitud (m/m).
- ΔH_c Pérdida de carga continua (m).
- L Longitud del tramo (m).
- ID Diámetro interior del tubo (m).
- v Velocidad del agua (m/s).
- g Aceleración de la gravedad (m/s^2).
- f Coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud (o coeficiente de fricción), (adimensional).

En general, el cálculo del coeficiente de pérdida de carga por unidad de longitud, f, puede obtenerse mediante la expresión de Colebrook-White (1939):

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

Siendo:

- k Rugosidad absoluta de la tubería (m).
- Re Número de Reynolds, adimensional:

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

- ν_c Viscosidad cinemática, en m^2/s (1,01 x 10^{-6}, para el agua a 20 ºC).

Para cálculos aproximados, se podrán emplear las expresiones de Manning y Hazen-Williams:

- Manning: $$J = \frac{6{,}35 \cdot v^2 \cdot n^2}{(ID)^{4/3}}$$
- Hazen-Williams: $$v = 0{,}36 \cdot C \cdot ID^{0{,}63} \cdot J^{0{,}54}$$

Siendo:

- n Coeficiente de rugosidad de Manning.
- C Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams.
- J, v, ID Igual significado que para las expresiones anteriores.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En la *Tabla 49* se indican diferentes valores del coeficiente de rugosidad recomendado para tuberías nuevas y en servicio en función del tipo de material y de la fórmula de cálculo considerada para la pérdida de carga.

Tabla 49. Coeficientes de rugosidad empleados en el cálculo de las pérdidas de carga

	Rugosidad absoluta		***Manning***		***Hazen-Williams***	
	k (mm)		***n***		***C***	
	nueva	***en servicio***	***nueva***	***en servicio***	***nueva***	***en servicio***
Fundición	0,100	0,200	0,012	0,017	130	100
Hormigón	0,300	3,000	0,013	0,017	140	110
Acero	0,030	0,100	0,008	0,011	120	90
PE	0,005	0,030	0,007	0,009	150	140
PVC-O	0,003	0,060	0,007	0,009	150	140
PRFV	0,030	0,060	0,009	0,010	110	100

Adicionalmente a las pérdidas de carga continuas, deben calcularse también las pérdidas de carga localizadas ΔH_l en las piezas especiales y en las válvulas, las cuales se evaluarán mediante la siguiente expresión:

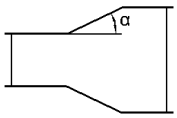
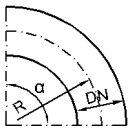
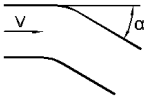
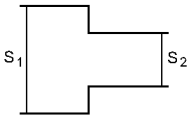
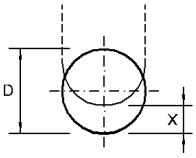
$$\Delta H_l = k_l \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Siendo:

- ΔH_l Pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas, en (m).
- k_l Coeficiente que depende del tipo de pieza especial o válvula (ver *Tabla 50*).
- v Máxima velocidad de paso del agua a través de la pieza especial o de la válvula, en (m/s).
- g Aceleración de la gravedad, en (m/s^2).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 50. Coeficiente para el cálculo de la pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas

Elemento	***Coeficiente k_l***							
Ensanchamiento gradual 	α	5º	10º	20º	30º	40º	90º	
	k_l	0,16	0,40	0,85	1,15	1,15	1,00	
Codos circulares 	R/DN	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	$k_{90º}$	0,09	0,11	0,20	0,31	0,47	0,69	1,00	1,14
	$k_l = k_{90^o} \cdot \frac{\alpha}{90^o}$								
Codos segmentados 	α	20º	40º	60º	80º	90º		
	k_l	0,05	0,20	0,50	0,90	1,15		
Disminución de sección 	S_2/S_1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8		
	k_l	0,5	0,43	0,32	0,25	0,14		
Válvulas de compuerta 	x/D	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8
	k_l	97	17	5,5	2,1	0,8	0,3	0,07	0,02
Válvulas de mariposa	α	10º	20º	30º	40º	50º	60º	70º
	k_l	0,5	1,5	3,5	10	30	100	500
Otras	Entrada a depósito	k_l =1,0						
	Salida de depósito	k_l =0,5						

IV.4.4 Velocidad máxima del agua

Para conducciones a presión por gravedad se fijan las siguientes velocidades máximas en función del diámetro interior (ID, en mm) de la conducción:

ID < 300	v=1,5 m/s
300 ≤ ID ≤ 800	v=2 m/s
800 < ID	v=2,5 m/s

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En bombeos se recomienda calcular la velocidad máxima de circulación del agua mediante la expresión de Mougnie-Manning:

$$v = 1{,}5 \cdot \frac{0{,}013}{n} \cdot \sqrt{(\mathrm{ID} + 0{,}05)}$$

Siendo:

v	Velocidad máxima de circulación del agua (m/s).
ID	Diámetro interior de la conducción (m).
n	Coeficiente de rugosidad de Manning (ver *Tabla 49*)

IV.4.5 Sobrepresiones debidas a transitorios o golpe de ariete

Al objeto de determinar la presión máxima de diseño (MDP) y las depresiones máximas en el interior de la conducción, el cálculo de las presiones que puedan actuar sobre la tubería debe incluir la determinación del golpe de ariete (sobrepresiones y depresiones).

Estas variaciones de presión se calcularán mediante el empleo de las ecuaciones dinámicas del modelo elástico, teniendo en cuenta la compresibilidad cruzada del agua y de las paredes de las conducciones. Para su resolución podrán emplearse métodos de resolución numérica como, por ejemplo, el de las características.

Para reducir el efecto de este fenómeno se analizará la instalación de elementos como chimeneas de equilibrio, calderines, etc.

En cualquier caso, la presión máxima de diseño (MDP) no será inferior a 1,20 veces la presión de diseño (DP).

Para una estimación provisional, y como paso previo al cálculo más preciso indicado anteriormente, se pueden utilizar las fórmulas simplificadas de Michaud o de Allievi, en función de cuál sea el tiempo T de cierre de la válvula o de parada de la bomba.

- Cierre lento, $T > \frac{2 \cdot L}{a}$ $\quad \Delta\mathrm{P} = \pm\frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$ (Fórmula de Michaud)
- Cierre rápido, $T < \frac{2 \cdot L}{a}$ $\quad \Delta\mathrm{P} = \pm\frac{a \cdot v}{g}$ (Fórmula de Allievi)

Siendo:

ΔP	Sobrepresión debida al golpe de ariete (m).
L	Longitud de la tubería (m).
v	Velocidad de circulación del agua (m/s).
T	Tiempo efectivo de cierre o parada (s). El tiempo de cierre depende del tipo de la válvula y de su forma de accionamiento. El tiempo de parada en bombeo se puede obtener mediante la fórmula de Mendiluce:

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

C Coeficiente empírico que depende de la pendiente hidráulica de la tubería. Toma el valor de 1 segundo para pendientes hidráulicas ascendentes de hasta el 20% y se va reduciendo hasta 0 segundos para pendientes del 40%.

K Coeficiente empírico que depende de la longitud de la tubería. Su valor puede obtenerse de la *Tabla 51*, propuesta por Mendiluce.

Tabla 51. Coeficiente K de la fórmula de Mendiluce

Longitud de tubería (m)	***K***
L < 500	2
L ≈ 500	1,75
500 < L < 1.500	1,5
1.500 ≈ L	1,25
1.500 < L	1

H_m Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo.

g Aceleración de la gravedad (g = 9,81 m/s^2).

a Celeridad (velocidad de propagación de las ondas) (m/s):

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48{,}3 + K_c \frac{D_m}{e}}}$$

$$K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

D_m Diámetro medio de la tubería (mm).

e Espesor de la tubería (mm).

E Módulo de elasticidad del material de la tubería (kp/m^2) (ver *Tabla 52*).

Tabla 52. Valores del módulo de elasticidad de las tuberías en función del material constitutivo

Material	***E (kp/m²)***	***K_c***
Fundición	$17 \cdot 10^9$	0,59
Hormigón	$3 \cdot 10^9$ *	3,33 *
Acero	$21 \cdot 10^9$	0,48
PE	10^8	100,00
PVC-O	$3 \cdot 10^8$	33,33
PRFV	$2 \cdot 10^9$ *	5,00 *
* Estos valores son orientativos puesto que varían con la composición del material.		

IV.5 Dimensionamiento mecánico de las conducciones

IV.5.1 Consideraciones generales

El presente apartado tiene por objeto establecer unos criterios básicos para el diseño mecánico de las conducciones, tanto enterradas con apertura de zanja como aéreas, que formen parte de una red de abastecimiento. Para cualquier otro tipo de instalación, como tuberías enterradas sin apertura de zanja,

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

se requerirán cálculos y comprobaciones adicionales no contemplados en las presentes Normas, que se incluirán en el proyecto de la tubería.

En cualquier caso, las conducciones singulares, por su gran diámetro, altas presiones o disposiciones especiales, requerirán cálculos adicionales no contemplados en el presente apartado, los cuales deben figurar en el proyecto de la tubería.

El cálculo mecánico de las conducciones deberá realizarse para todas sus posibles disposiciones que figuren en el proyecto, y en cada una de sus secciones más desfavorables, al objeto de dimensionar y comprobar su correcto funcionamiento.

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 solicitación o deformación en esa sección, habida cuenta del tipo de apoyo adoptado.

El método de cálculo que figure en el proyecto podrá ser cualquiera de los de uso frecuente dentro del ámbito de las tuberías, recogidos o no en las diferentes normas específicas para cada tipo de tubo, de forma que se asegure el adecuado dimensionamiento de la tubería, cumpliendo en todo caso los coeficientes de seguridad y demás criterios que se indican en los apartados siguientes para cada material.

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

- Acciones gravitatorias
  - Peso propio
  - Cargas permanentes o cargas muertas
  - Sobrecargas de uso
    - Carga debida al peso del agua en el interior de la tubería
    - Presión interna actuante, incluyendo el golpe de ariete
- Acciones del terreno
- Acciones del tráfico
- Acciones climáticas
  - Acciones del viento
  - Acciones térmicas
  - Acciones de la nieve
- Acciones debidas al nivel freático
- Acciones reológicas
- Acciones sísmicas

En las instalaciones enterradas, si bien en el proyecto de la conducción deberán considerarse todas las acciones antes indicadas y sus posibles combinaciones, habitualmente las más determinantes son las

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

derivadas del terreno, del tráfico y de la presión interior, de manera que la hipótesis pésima de carga se producirá usualmente por alguna de las siguientes combinaciones de acciones:

- Estado tensional debido a la acción exclusiva de la presión interna.
- Estado tensional debido a la acción exclusiva de las acciones externas.
- Estado tensional debido a la acción conjunta de las acciones externas y de la presión interna.
- Deformación causada por la acción exclusiva de las acciones externas.
- Deformación causada por la acción conjunta de las acciones externas y de la presión interna.
- Pandeo o colapso producido por la acción exclusiva de las acciones externas o en combinación con la posible presión interna negativa.

Según la UNE-EN 805:2000, a los efectos de su diseño mecánico, los tubos se clasifican en:

- Rígidos: aquellos cuya capacidad de carga está limitada por la rotura, sin que previamente aparezcan deformaciones significativas en su sección transversal.
- Flexibles: aquellos que su capacidad de carga está limitada por la deformación admisible (ovalización y/o deformación circunferencial) sin romperse o sin tensión excesiva.
- Semirrígidos: aquellos cuya capacidad de carga puede estar limitada bien por la rotura o bien por la deformación, en función de su rigidez circunferencial, de las condiciones de instalación y de las acciones actuantes.

De este modo, las combinaciones que presentan más probabilidades de ser la limitante dependen de la tipología de la conducción.

En las instalaciones aéreas, para todos los materiales, la hipótesis pésima de carga suele corresponder bien al estado tensional en la pared del tubo derivado de la sola acción de la presión interior, o bien a la flexión longitudinal producida por las acciones gravitatorias, si bien, en ocasiones puede haber alguna otra situación también condicionante, como el pandeo causado por posibles presiones internas negativas, las posibles tracciones longitudinales o las tensiones en los apoyos, etc.

En los apartados siguientes se indican, en función del material de los tubos, las combinaciones que con más frecuencia representan la hipótesis pésima de carga, así como las especificaciones que deberán tenerse en cuenta para su comprobación.

En cualquier caso, todos los componentes a instalar en la conducción, y no sólo los tubos, deberán cumplir las tres condiciones siguientes:

$$\begin{aligned} PFA &\geq DP \\ PMA &\geq MDP \\ PEA &\geq STP \end{aligned}$$

Siendo:

PFA	Presión de funcionamiento admisible del componente.
PMA	Presión máxima admisible del componente.
PEA	Presión de prueba en obra admisible del componente.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

DP Presión de diseño de la red en el punto donde se ubica el componente (obtenida de acuerdo con el apartado *IV.4.2*).
MDP Presión máxima de diseño de la red en el punto donde se ubica el componente (obtenida de acuerdo con el apartado *IV.4.5*).
STP Presión de prueba de la red en el punto donde se ubica el componente (obtenida de acuerdo con el apartado *IV.4).*

IV.5.2 Tubos de fundición dúctil (FD)

IV.5.2.1 *Tubos enterrados*

En el cálculo mecánico de los tubos de fundición enterrados la solicitación condicionante suele corresponder a alguna de las dos hipótesis siguientes:

– Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

En la hipótesis de actuación única de la presión interna del agua, debe comprobarse que dicha presión (para un determinado valor de DN y espesor e del tubo) produce un estado tensional en las paredes del tubo inferior al admisible, supuesto el coeficiente de seguridad que se indica a continuación.

Dicha comprobación debe hacerse verificando que la presión de diseño (DP) y la presión máxima de diseño (MDP) cumplen las siguientes condiciones:

$$DP \leq PFA \qquad\qquad MDP \leq PMA$$

Los valores de la presión de funcionamiento admisible (PFA) y de la presión máxima admisible (PMA) serán aportados por el suministrador de los tubos o, en su defecto, se determinarán según el Anexo A de la norma UNE-EN 545:2011. Según ésta, dichos valores se calculan con las siguientes expresiones:

$$PFA = \frac{2 \cdot e \cdot R_m}{D_m \cdot C_1} \qquad\qquad PMA = \frac{2 \cdot e \cdot R_m}{D_m \cdot C_2}$$

Siendo:

PFA, PMA	Presiones de funcionamiento admisible y máxima admisible (MPa).
e	Espesor mínimo de la pared del tubo (mm).
D_m	Diámetro medio del tubo (mm) (D_m = OD - e).
OD	Diámetro exterior del tubo (mm)
R_m	Resistencia mínima a la tracción (R_m = 420 MPa).
C_1	Coeficiente de seguridad para DP (C_1 = 3).
C_2	Coeficiente de seguridad para MDP (C_2 = 2,5).

– Hipótesis II. Acciones externas (estado deformacional)

Para la verificación de esta hipótesis deberá comprobarse que, actuando únicamente las acciones externas (terreno, sobrecargas móviles o fijas y otras, si existen), la deformación máxima del tubo no supera la admisible.

En general, estos cálculos se realizarán según lo indicado en el Anexo F de la norma UNE-EN 545:2011.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

La ovalización máxima admisible para todas las clases de presión es el menor de los valores entre el calculado a partir del límite de tensión de flexión de la pared del tubo y el correspondiente al límite del revestimiento.

La ovalización admisible limitada por la resistencia a la flexión de la fundición dúctil viene dada por la siguiente fórmula:

$$\lambda = 100 \cdot \left(\frac{R_f \cdot (DE - e_{nom})}{SF \cdot E \cdot e_{nom} \cdot DF} \right)$$

Siendo:

- λ Ovalización admisible (%).
- R_f Resistencia a la flexión del material de la pared del tubo (R_f=500 MPa).
- DE Diámetro exterior nominal del tubo (mm).
- e_{nom} Espesor nominal de la pared del tubo (mm).

$$e_{nom} = e_{min} + (1{,}3 + 0{,}001 \cdot DN)$$

  e_{min} espesor mínimo de la pared del tubo (mm) (ver *Tabla 53)*.

- SF Factor de seguridad (SF=1,5).
- E Módulo de elasticidad del material (E=170.000 MPa).
- DF Factor de deformación (DF=3,5).

En cuanto a la ovalización admisible limitada por los revestimientos internos de los tubos, para todas las clases de presión se establecen unos valores del 3 % para DN 80 a DN 300 y del 4% para DN 800 o superiores. Los tamaños DN 350 a DN 700 siguen una interpolación lineal entre los límites del 3% y el 4%.

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

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

Siendo:

- δ Ovalización producida en el tubo debida a las cargas externas (%).
- K_a Factor de apoyo en función del ángulo de apoyo 2α:

Tabla 53. Factor de apoyo

Ángulo de apoyo (2α)	***K_a***
20º	0,110
45º	0,105
60º	0,102
120º	0,090
180º	0,083

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

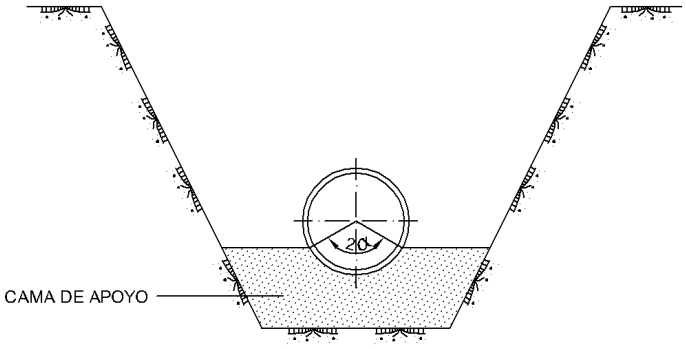


Figura 52. Ángulo de apoyo

W_e Carga debida al peso de las tierras (kN/m²):

$$W_e = \gamma \cdot H$$

γ Peso específico del relleno (kN/m³). A falta de datos al respecto, se suele tomar 20 kN/m³.

H Altura de tierras sobre la clave del tubo (m).

W_t Carga debida al tráfico (kN/m²):

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

β Coeficiente de carga de tráfico, de valores:

Tabla 54. Coeficiente de carga de tráfico

Tipo de tráfico	β
Zonas con cargas rodantes particularmente elevadas	2,00
Carreteras sin prohibición de tráfico de vehículos pesados	1,50
Carreteras con prohibición de tráfico de vehículos pesados	0,75
Zonas rurales (casos no incluidos en los anteriores)	0,50

Se recomienda tomar como mínimo β = 0,5, aún en el caso de no existencia de tráfico rodado.

DN Diámetro nominal del tubo (mm).

S_c Rigidez circunferencial específica (kN/m²).

$$S_c = 1.000 \cdot \frac{E}{12} \cdot \left(\frac{e_{stiff}}{D}\right)^3$$

e_{stiff} Espesor nominal de la pared del tubo para el cálculo de la rigidez circunferencial (mm).

$$e_{\mathrm{stiff}} = e_{min} + 0{,}5\ (1{,}3 + 0{,}001\ \cdot DN)$$

D Diámetro medio del tubo (mm).

$$D = DE - e_{stiff}$$

E' Módulo de reacción del suelo (kN/m²):

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 55. Módulo de reacción del suelo

Tipo de compactación del terreno	***E' (kN/m²)***
Sin compactar	0
Mala	1.000
Media	2.000
Buena	5.000

IV.5.2.2 *Tubos aéreos*

En el cálculo mecánico de los tubos de fundición instalados entre apoyos la solicitación condicionante suele corresponder a alguna de las dos hipótesis siguientes:

– Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional).

  La comprobación de los tubos aéreos sometidos únicamente a la acción de la presión hidráulica interior se realizará de la misma forma que la indicada previamente para los tubos enterrados.

– Hipótesis II. Acciones gravitatorias (estado tensional y deformacional).

  Para las hipótesis pésimas de carga se debe comprobar que la tensión y la deformación máximas no superan las admisibles. La tensión admisible es de 330 N/mm^2 y la deformación admisible la que hace que se alcancen las desviaciones angulares tolerables de las uniones.

Además de las comprobaciones anteriores, en los tubos instalados entre apoyos debe verificarse que, para la hipótesis pésima de carga, las tensiones producidas en las zonas de los apoyos, bifurcaciones, derivaciones, etc., no superan las admisibles.

IV.5.3 Tubos de hormigón (HC/HT)

El dimensionamiento mecánico de los tubos de hormigón, independientemente de su tipología (armado o pretensado), se realizará conforme a lo especificado en la vigente *Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado (IET)*.

En los tubos de hormigón, en general, la hipótesis pésima de carga y la solicitación condicionante, suelen corresponder a alguna de las combinaciones de acciones indicadas en los apartados siguientes.

IV.5.3.1 *Tubos enterrados*

Las principales comprobaciones que, en general, deben hacerse en los tubos de hormigón instalados enterrados son las siguientes:

– Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

  En la hipótesis de actuación única de la presión interna del agua, debe comprobarse que la MDP no excede la presión para la que esté diseñado el tubo.

– Hipótesis II. Acciones externas (estado tensional)

  Los tubos se dimensionarán para que, en la situación pésima de carga de las acciones externas, no se rebasen los estados límites del Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Hipótesis III. Presión hidráulica interior positiva y acciones externas (estado tensional)

  Al igual que en la hipótesis anterior, los tubos se dimensionarán para que, en la situación pésima de carga actuando de forma conjunta la presión hidráulica interior positiva y las acciones exteriores, no se rebasen los estados límites del Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento.

Además, cuando a juicio del proyectista, y como consecuencia de las condiciones de apoyo de los tubos, pudieran resultar solicitaciones significativas de flexión longitudinal sobre los mismos, deberá comprobarse que no se rebasen los estados límites últimos ni los de servicio, de acuerdo con lo indicado en el Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento, y en la EHE-08 y en la IET. Esta comprobación tiene mayor interés cuanto menor es el diámetro del tubo.

IV.5.3.2 *Tubos aéreos*

Las principales comprobaciones que, en general, deben realizarse en los tubos de hormigón instalados entre apoyos son las siguientes:

– Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

  La comprobación de los tubos aéreos sometidos a la sola acción de la presión hidráulica interior es como en el anterior caso de los tubos enterrados.

– Hipótesis II. Acciones gravitatorias (estado tensional y deformacional)

  En general, para la situación pésima de carga de las acciones gravitatorias se comprobará que no se rebasen los estados límites, de acuerdo con lo indicado en el Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento.

  Debe también verificarse que la deformación que pueda producirse en los tubos instalados entre apoyos no supera la admisible, entendiendo como tal la que hace que se alcancen las desviaciones tolerables por las uniones.

IV.5.4 Tubos de acero (AC)

El dimensionamiento mecánico de los tubos de acero se realizará conforme a lo especificado en la *Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión (CEDEX)* y en los puntos siguientes.

En cualquier caso, las conducciones singulares, por su gran diámetro, altas presiones o disposiciones especiales, requerirán cálculos adicionales no contemplados en el presente apartado, los cuales deben figurar en el proyecto de la tubería.

IV.5.4.1 *Tubos enterrados*

Cuando las tuberías de acero se instalen alojadas en un dado de hormigón (ver apartado *II.2.4.1*), el diseño de este dado se deberá realizar calculándolo para que resista las cargas de tráfico y de tierras a que vaya a estar sometido conforme a lo especificado en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural. En cualquier caso, el lado del dado deberá ser igual o superior al diámetro exterior del tubo más 40 cm (20 a cada lado).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En el cálculo mecánico de los tubos de acero enterrados la solicitación condicionante suele corresponder a alguna de las tres hipótesis que se indican a continuación.

– Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

En la hipótesis de actuación única de la presión interna del agua, debe comprobarse que dicha presión (para un determinado valor de DN y espesor e igual al del tubo) produce un estado tensional inferior al admisible, supuesto el coeficiente de seguridad que se indica a continuación. Dicha comprobación debe hacerse verificando que la presión máxima de diseño (MDP) cumple la siguiente condición:

$$MDP \leq PMA$$

El valor de la presión máxima admisible (PMA) se puede calcular mediante la siguiente expresión (AWWA M11 2019):

$$PMA = \frac{2 \cdot e}{OD} \cdot \sigma_{adm}$$

Siendo:

PMA Presión máxima admisible (N/mm^2).
e . Espesor del acero de la pared del tubo (mm).
OD Diámetro exterior del tubo (mm).
σ_{adm} Tensión a tracción admisible del acero (N/mm^2). En la *Tabla 22* se considera un coeficiente de seguridad en la fórmula de cálculo de 4 respecto a la resistencia a la tracción mínima reflejada en la *Tabla 17*. En general, otro valor común que se puede adoptar como tensión a tracción admisible del acero es el 50% de su límite elástico mínimo ($1/2 \cdot L_{e,min}$), si bien otro posible criterio sería adoptar como valor de dicha tensión a tracción admisible el menor de los siguientes: 1/3 de la resistencia mínima a la tracción ($1/3 \cdot R_m$) ó 2/3 del límite elástico mínimo ($2/3 \cdot L_{e,min}$).

– Hipótesis II. Acciones externas (estado deformacional)

Cuando actúen únicamente las acciones exteriores al tubo (terreno, sobrecargas móviles o fijas y otras si existen), debe comprobarse que la deformación máxima debida a la flexión transversal no supera la admisible, que con carácter general se fija en el 5% del diámetro exterior.

La deformación máxima debida a la flexión transversal se suele calcular mediante la formulación de Spangler (1941), la cual, en su forma más general, adopta la expresión siguiente (AWWA M11 2019):

$$d = D_l \cdot \frac{K_a \cdot (W_e + W_t) \cdot {r_m}^3}{E \cdot I + 0{,}061 \cdot E' \cdot {r_m}^3}$$

Siendo:

d Deformación horizontal producida en el tubo (m).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

D_l	Coeficiente empírico de deformación diferida, que considera la reducción de volumen que a lo largo del tiempo va a tener el terreno de los laterales, tomándose como valor medio 1,2.
K_a	Constante de apoyo (0,1).
W_e y W_t	Cargas debidas al peso de las tierras y al tráfico respectivamente (kN/m).
r_m	Radio medio de la tubería (m).
E	Módulo de elasticidad del acero. Habitualmente, E = $2{,}1 \cdot 10^8$ kN/m^2.
I	Momento de inercia de la pared del tubo (m^3), (I=e^3/12).
e	Espesor de la pared del tubo (m).
E'	Modulo de reacción del suelo (kN/m^2), (ver *Tabla 55*).

Respecto a las cargas debidas al peso de las tierras y al tráfico (W_e y W_t respectivamente), pueden seguirse las siguientes indicaciones:

- Cargas debidas al peso de las tierras, W_e:

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

Siendo:

W_e	Cargas debidas al peso de las tierras (kN/m).
γ	Peso específico del relleno. Por defecto, puede tomarse 20 kN/m^3.
H	Altura de tierras sobre la clave del tubo (m).
OD	Diámetro exterior del tubo (m).

- Cargas debidas al tráfico, W_t:

El cálculo de las sobrecargas puntuales debidas al tráfico se realizará mediante la formulación genérica de Boussinesq.

En la *Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado (IET)* se incluye una simplificación de dicha formulación, suponiendo que los vehículos que transitan sobre una superficie producen una acción dinámica que se transmite a la tubería en forma de tronco de pirámide cuyas caras laterales forman un ángulo de 45º con la vertical.

A modo de resumen de dicha formulación simplificada, para tubos menores de dos metros de diámetro, altura de tierras sobre la clave del tubo superior a 1 m y una carga de triple eje con 60 t, el valor de las cargas puntuales debidas al tráfico, en t/m, son las siguientes:

OD > s	$W_t = 30 \cdot (OD+s)/(t \cdot l_e')$
OD < s	$W_t = 60 \cdot OD/(t \cdot l_e')$

Siendo:

l_e	= 0,20+1,4·H+1,05·OD
t	= 1,4·H+0,60
s	= 1,40·(H-1,00)
l_e'	= l_e+3,0
H	Altura de tierras sobre la clave del tubo (m).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

OD Diámetro exterior del tubo (m).

– Hipótesis III. Presión hidráulica interior negativa y acciones externas (pandeo o colapso)

Ante la actuación conjunta de las cargas externas y de las posibles presiones internas negativas, debe comprobarse que el coeficiente de seguridad C frente al pandeo sea al menos de 2 (AWWA M11-2019), lo cual puede comprobarse mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{P_{crit}}{q_e} \geq 2$$

Siendo:

P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm^2). Se recomienda calcularla mediante la expresión de Luscher:

$$P_{crit} = \sqrt{32 \cdot f_f \cdot B' \cdot E' \cdot \frac{E \cdot I}{{D_m}^3}}$$

E Módulo de elasticidad del material de la tubería (N/mm^2).
I Momento de inercia de la pared de la tubería (mm^3), (I=e^3/12),
D_m Diámetro medio del tubo (mm).
E´ Módulo de reacción del suelo (N/mm^2).
B´ Coeficiente de origen empírico, de valor:

$$B' = \frac{1}{1 + 4 \cdot e^{(-0{,}213 \cdot H)}}$$

H Altura de tierras por encima de la clave del tubo (m).
f_f Factor de flotación

$$f_f = 1 - 0{,}33 \cdot \frac{H_w}{H}$$

H_w Altura del nivel freático sobre la clave del tubo (m).

Adicionalmente a la expresión de Luscher, es recomendable utilizar también la fórmula de Levy, indicada a continuación, y tomar como valor de la carga crítica de pandeo el menor de los obtenidos con las dos expresiones.

$$P_{crit} = \frac{2 \cdot E}{1 - \nu^2} \left(\frac{e}{D_m}\right)^3$$

P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm^2).
E Módulo de elasticidad del material de la tubería (N/mm^2).
ν Coeficiente de Poisson del material de la tubería (adimensional).
e Espesor del tubo (mm).
D_m Diámetro medio del tubo (mm).

q_e Acciones totales, en N/mm^2. Se calculan mediante la expresión:

$$q_e = \gamma_w \cdot H_w + f_f \cdot \frac{W_e}{DN} + \frac{W_t}{DN} + P_v$$

γ_w Peso específico del agua (N/mm^3).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

H_w Altura del nivel freático sobre el tubo (mm).

f_f Factor de flotación, de valor:

$$f_f = 1 - 0{,}33 \cdot \frac{H_w}{H}$$

H Altura de tierras sobre el tubo (mm).

W_e Cargas verticales totales debidas al peso de las tierras (N/mm).

W_t Cargas verticales totales debidas a las sobrecargas concentradas, fijas o móviles (N/mm), (en el caso de las móviles se considerará el correspondiente coeficiente de impacto).

DN Diámetro nominal del tubo (mm).

P_v Depresión interna debida a posibles golpes de ariete, succiones, etc., en N/mm^2. Se supondrá igual a 0,1 N/mm^2, correspondiente a la situación de vacío en el interior de la tubería.

C Coeficiente de seguridad, de valor mínimo 2 (AWWA M11-2019).

En la *Tabla 22 se* considera el caso de actuación únicamente de la presión hidráulica interior negativa considerando la fórmula de Levy, con un coeficiente de seguridad de 2.

IV.5.4.2 *Tubos aéreos*

En el cálculo mecánico de los tubos de acero instalados entre apoyos la solicitación condicionante suele corresponder a alguna de las tres hipótesis siguientes:

– Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

  La comprobación de los tubos aéreos sometidos únicamente a la acción de la presión hidráulica interior positiva se realizará de la misma forma que la indicada previamente para los tubos enterrados.

– Hipótesis II. Acciones gravitatorias (estado tensional y deformacional)

  Para la hipótesis pésima de carga de las acciones gravitatorias debe comprobarse que la tensión y la deformación máxima no superan las admisibles. En defecto de otros condicionantes más restrictivos, como deformación admisible se adoptará el valor de 1/360 de la luz entre apoyos.

– Hipótesis III. Presión hidráulica interior negativa (pandeo o colapso)

  Ante la actuación exclusiva de presiones interiores negativas, debe comprobarse que el coeficiente de seguridad C frente al colapso por abolladura o pandeo sea al menos 2, lo cual se puede verificar mediante la expresión:

$$C = \frac{P_{crit}}{P_v} \geq 2$$

Siendo:

P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm^2). Se puede calcular mediante la expresión de Levy:

$$P_{crit} = \frac{2 \cdot E}{1 - \nu^2} \left(\frac{e}{D_m}\right)^3$$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

E Módulo de elasticidad del material de la tubería (N/mm^2).
v Coeficiente de Poisson del material de la tubería (adimensional).
e Espesor del tubo (mm).
D_m Diámetro medio del tubo (mm).

P_v Depresión debida a posibles golpes de ariete, succiones, etc. (N/mm^2). Se supondrá igual a 0,1 N/mm^2, correspondiente a la situación de vacío en el interior de la tubería.

C Coeficiente de seguridad, de valor igual o superior a 2 (*US Army Corp of Engineers, 1970*).

Los espesores nominales normalizados en el apartado *II.2.4.5 Dimensiones* deben cumplir que la relación espesor/diámetro supere el valor del ocho por mil (8 ‰). De este modo se garantiza el cumplimiento de esta hipótesis con un coeficiente de seguridad C mínimo de 2.

Además de las comprobaciones anteriores, en los tubos instalados entre apoyos debe verificarse que, para la hipótesis pésima de carga, las tensiones producidas en las zonas de los apoyos, bifurcaciones, derivaciones, etc., no superan las admisibles.

IV.5.5 Tubos de polietileno (PE) y policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O)

Se recomienda realizar el dimensionamiento mecánico de los tubos de PE y de PVC-O conforme a lo especificado por la norma UNE 53331:2021 (método de la norma ATV 127).

En los tubos enterrados de PE y PVC-O la hipótesis pésima de carga y la solicitación condicionante, suelen corresponder a alguna de las combinaciones de acciones indicadas a continuación.

– Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

  En la hipótesis de actuación única de la presión interna, debe comprobarse que la presión de diseño (DP) y la presión máxima de diseño (MDP) cumplen las siguientes condiciones:

  $$DP \leq PFA \qquad MDP \leq PMA$$

– Hipótesis II. Presión hidráulica interior positiva y acciones externas (estado tensional y deformacional)

  Debe comprobarse que, actuando conjuntamente ambas acciones, el coeficiente de seguridad C a largo plazo para los esfuerzos tangenciales a flexotracción en clave, riñones y base sea superior al valor admisible, conforme los valores indicados en la *Tabla 56,* y que la deformación producida sea inferior al 5% del diámetro del tubo (UNE 53331: 2021).

Tabla 56. Esfuerzo tangencial de diseño a flexotracción admisible en tubos de PE y PVC-O (UNE 53331: 2021)

	Esfuerzo tangencial de diseño a flexotracción (N/mm²)	
	PE	*PVC - O*
Corto plazo	21	100
Largo plazo	14	70

El coeficiente C adopta los valores de la *Tabla 57* en función de la clase de seguridad definida en la norma UNE 53331: 2021:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Clase de seguridad A: Caso general (amenaza de capa freática; reducción de servicio o fallos con consecuencias económicas notables).
- Clase de seguridad B: Casos especiales (sin amenaza de capa freática; débil reducción de servicio o fallos con consecuencias económicas poco importantes).

Tabla 57. Coeficiente de seguridad C para esfuerzos tangenciales a flexotracción

	Coeficiente de seguridad C para esfuerzos tangenciales a flexotracción	
	PE	*PVC - O*
Clase de seguridad A	2,5	2,5
Clase de seguridad B	2,0	2,0

La determinación de estos esfuerzos tangenciales se realizará preferentemente mediante el método de la norma ATV 127 desarrollado en la UNE 53331: 2021.

– Hipótesis III. Acciones externas (estado tensional y deformacional)

Debe comprobarse que, actuando únicamente las acciones externas (terreno, sobrecargas móviles o fijas, y otras si existen) el coeficiente de seguridad C a largo plazo para los esfuerzos tangenciales a flexotracción en clave, riñones y base sea superior al admisible, conforme a los valores indicados en la y que *Tabla 57* la deformación producida sea inferior al 5% del DN.

Tanto la comprobación del estado tensional como la del deformacional suelen calcularse en estos tubos según la formulación desarrollada en UNE 53331: 2021.

– Hipótesis IV. Presión hidráulica interior negativa y acciones externas (aplastamiento, pandeo o colapsado)

Ante la actuación conjunta de las cargas externas y de las posibles presiones internas negativas, debe comprobarse que el coeficiente de seguridad η_1 frente al aplastamiento alcance al menos los valores indicados en la *Tabla 58*, lo cual puede realizarse mediante la siguiente expresión

$$\frac{crit\ q_{vt}}{q_{vt}} \geq \eta_1$$

Siendo:

crit q_{vt} Presión de aplastamiento crítica (N/mm2)
q_{vt} Acciones totales sobre el tubo (N/mm2)
η_1 Coeficiente de seguridad al aplastamiento (*Tabla 58*)

Tabla 58. Coeficiente de seguridad η_1 frente al aplastamiento

	Coeficiente de seguridad η_1 frente al pandeo	
	PE	*PVC - O*
Clase de seguridad A	2,5	2,5
Clase de seguridad B	2,0	2,0

La presión de aplastamiento crítica en los tubos de PE puede calcularse mediante la expresión (UNE 53331: 2021):

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

$$crit\ q_{vt} = 2\sqrt{S_t \cdot S_{sh}}$$

Siendo:

crit q_{vt}	Presión de aplastamiento crítica (N/mm^2)
S_t	Rigidez circunferencial específica a largo plazo (N/mm^2)
S_{sh}	Rigidez horizontal del relleno hasta la clave del tubo (N/mm^2) (ver UNE 53331: 2021, apartado 6.1.2)

En el caso de los tubos de PVC-O, dicha presión crítica se puede calcular según la fórmula (UNE 53331: 2021 y ISO 16422: 2014):

$$P_{crit} = \frac{24 \cdot S_{calc}}{1 - v^2}$$

Siendo:

P_{crit}	Carga crítica de pandeo (kPa)
v	Coeficiente de Poisson (v = 0,45)
S_{calc}	Rigidez anular inicial calculada (kN/m^2)

$$S_{calc} = \frac{E \cdot I}{(d_n - e_n)^3}$$

E	Módulo de Young (E = 4·10^6 KN/m^2)
I	Momento de inercia por unidad de longitud (mm^3)

$$I = \frac{1}{12} \cdot {e_n}^3$$

d_n	Diámetro nominal (mm)
e_n	Espesor nominal (mm)

IV.5.6 Tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

El método de cálculo recomendado, así como los valores de cálculo propuestos, para el dimensionamiento mecánico de los tubos de PRFV es, básicamente, el que figura en el manual AWWA M45 3rd Edition, 2013.

IV.5.6.1 *Tubos enterrados*

La hipótesis pésima de carga y la solicitación condicionante en los tubos de PRFV enterrados suelen corresponder a alguna de las hipótesis indicadas a continuación.

– Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

En la hipótesis de actuación única de la presión interna del agua, debe comprobarse que la DP y la MDP cumplen las siguientes condiciones:

DP ≤ PFA MDP ≤ PMA

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Los valores de la presión de funcionamiento admisible (PFA) y de la presión máxima admisible (PMA) serán aportados por el suministrador de los tubos o, en su defecto, se determinarán según las siguientes expresiones (AWWA M45 3rd Edition, 2013):

$$\text{PFA} = \frac{2 \cdot e \cdot E_H \cdot \text{HDB}}{D_m \cdot C}$$

$$\text{PMA} = 1{,}4 \cdot \text{PFA}$$

Siendo:

PFA, PMA	Presiones de funcionamiento admisible y máxima admisible (MPa)
e	Espesor estructural del tubo (mm)
E_H	Módulo de tracción circunferencial de la capa estructural (MPa)
HDB	Base de diseño hidrostático (mm/mm)
D_m	Diámetro medio del tubo (mm) (D_m = OD - e)
OD	Diámetro exterior del tubo (mm)
C	Coeficiente de seguridad (C = 1,8)

El valor de la HDB será aportado por el suministrador del tubo. Para cálculos orientativos se puede emplear 0,0065 como valor preliminar.

– Hipótesis II. Acciones externas (estado tensional y deformacional)

Debe comprobarse que, actuando únicamente las acciones externas, la deflexión vertical a largo plazo (δ) no excede su máximo valor permitido (δ_{perm}) ni su máximo valor admisible (δ_{adm}).

$$\delta < \text{mín} (\delta_{perm}, \delta_{adm})$$

El valor de la deflexión vertical a largo plazo producida en el tubo bajo la actuación de las acciones externas se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$\delta = 100 \cdot \frac{K_a \cdot (D_L \cdot W_e + W_t)}{0{,}149 \cdot SN + 0{,}061 \cdot E' \cdot S_s}$$

Siendo:

δ	Deflexión vertical a largo plazo (%)
K_a	Coeficiente de factor de apoyo (ver *Tabla 53 y Figura 52*)
D_L	Factor de retardo de la deflexión (a falta de datos más precisos, se puede tomar 1,5)
W_e y W_t	Cargas debidas al peso de las tierras y al tráfico respectivamente (N/m^2)
SN	Rigidez nominal del tubo (N/m^2)
E´	Modulo de reacción del suelo. Su valor se puede obtener del manual AWWA M45 3rd Edition, 2013 en función del tipo de suelo y sus condiciones de compactación. Simplificadamente se podrán adoptar los siguientes valores:

Terreno bien compactado E´= 5 x 10^6 N/m^2

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Terreno con compactación media	$E' = 2 \times 10^6$ N/m^2
Terreno con mala compactación	$E' = 1 \times 10^6$ N/m^2

S_s Factor combinado de soporte del suelo (ver *Tabla 59*) en función de:

- E_s Módulo de elasticidad del suelo natural
- b Ancho de la zanja

Tabla 59. Factor combinado de soporte del suelo, Ss, en tubos de PRFV (AWWA M45 3rd Edition, 2013)

Es/E´	*b/DN = 2,0*	*b/DN = 2,5*	*b/DN = 3,0*	*b/DN = 4,0*	*b/DN = 5,0*
0,005	0,12	0,23	0,43	0,72	1,00
0,01	0,15	0,27	0,47	0,74	1,00
0,02	0,20	0,32	0,52	0,77	1,00
0,05	0,27	0,38	0,58	0,80	1,00
0,1	0,35	0,45	0,65	0,84	1,00
0,2	0,47	0,58	0,75	0,88	1,00
0,4	0,64	0,75	0,85	0,93	1,00
0,6	0,81	0,87	0,94	0,98	1,00
0,8	0,93	0,96	0,98	1,00	1,00
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,5	1,12	1,06	1,03	1,00	1,00
2,0	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00
3,0	1,50	1,35	1,20	1,10	1,00
> 5,0	1,70	1,50	1,30	1,15	1,00

El valor de la máxima deflexión vertical permitida (δ_{perm}) establece un límite para garantizar las adecuadas condiciones del servicio. Este valor se fijará en el 5% del DN del tubo.

$$(\delta_{perm}) = 5\%$$

Por su parte, el valor de la máxima deflexión vertical admisible a largo plazo garantiza la integridad mecánica del tubo. Su valor se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$\delta_{adm} = 100 \cdot \frac{D_m \cdot S_b}{e \cdot D_f \cdot C}$$

Siendo:

- δ_{adm} Deflexión vertical admisible a largo plazo (%).
- D_m Diámetro medio del tubo (mm) (D_m = OD - e).
- OD Diámetro exterior del tubo (mm).
- e Espesor estructural del tubo (mm).
- S_b Alargamiento unitario por flexión anular a largo plazo (mm/mm).
- D_f Factor de forma. Su valor puede obtenerse del manual AWWA M45 3rd Edition, 2013 en función de la rigidez del tubo, del material de relleno de la zanja y de su grado de compactación. Simplificadamente se podrán adoptar un valor medio de 5.
- C Coeficiente de seguridad (C = 1,5).

El valor de S_b será aportado por el suministrador del tubo. Para cálculos orientativos se puede emplear 0,012 como valor preliminar.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Hipótesis III. Presión hidráulica interior positiva y acciones externas (estado tensional)

Debe comprobarse que actuando conjuntamente las cargas externas y la presión interior no se excede el estado tensional límite. Para ello deberán cumplirse las dos condiciones siguientes (AWWA M45 3rd Edition, 2013):

$$\frac{\varepsilon_{pr}}{HDB} \leq \frac{1 - \frac{\varepsilon_b \cdot r_c}{S_b}}{C_{pr}}$$

$$\frac{\varepsilon_b \cdot r_c}{S_b} \leq \frac{1 - \frac{\varepsilon_{pr}}{HDB}}{C_b}$$

Siendo:

ε_{pr} Alargamiento unitario (mm/mm) por tracción debido a la presión interior obtenido mediante la fórmula:

$$\varepsilon_{pr} = \frac{DP \cdot D_m}{2 \cdot e \cdot E}$$

ε_b Alargamiento unitario (mm/mm) por flexión cuando se alcanza la máxima deflexión vertical permitida, calculado según:

$$\varepsilon_b = D_f \cdot \frac{\delta_{perm}}{100} \cdot \frac{e}{D_m}$$

r_c Coeficiente de redondeo obtenido mediante la siguiente expresión:

$$r_c = 1 - \frac{DP}{3}$$ válida para DP ≤ 3 MPa

C_{pr} Coeficiente de seguridad de presión (C_{pr} = 1,8)

C_b Coeficiente de seguridad de flexión (C_b = 1,5)

DP Presión de diseño (MPa)

HDB, S_b, D_m, e, E, D_f y δ_{perm} Indicados en las hipótesis anteriores

– Hipótesis IV. Presión hidráulica interior negativa y acciones externas (pandeo o colapsado)

Ante la actuación conjunta de las cargas externas y de las posibles presiones internas negativas, debe comprobarse que el coeficiente de seguridad C frente al pandeo sea al menos 2,5, lo cual puede comprobarse mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{P_{crit}}{q_e} \geq 2{,}5$$

Siendo:

q_e Acciones totales (N/mm^2). Se calcularán de la misma forma que para el caso de tubos de acero (hipótesis III del apartado *IV.5.4.1*)

P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm^2). Se recomienda calcularla mediante la siguiente expresión:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

$$P_{crit} = 0{,}0024 \cdot C_n \cdot \left(\phi_S \cdot S_S \cdot E' \cdot k_\nu\right)^{2/3} \cdot R_h \cdot \frac{(E \cdot I)^{1/3}}{D_m}$$

C_n Factor de efectos no lineales (C_n = 0,55)

φ_S Factor de variabilidad de la rigidez del suelo compactado (φ_S = 0,9)

k_ν Factor de corrección por coeficiente de Poisson (ν):

$$k_\nu = \frac{(1+\nu) \cdot (1-2 \cdot \nu)}{(1-\nu)}$$

En ausencia de datos específicos puede asumirse que ν = 0,3, con lo que k_ν = 0,74.

R_h Factor de profundidad de relleno:

$$R_h = \frac{11{,}4}{11 + \frac{D_m}{1000 \cdot h}}$$

h Altura de la superficie del terreno sobre la clave del tubo (m)

E Módulo de elasticidad del material del tubo (GPa)

I Momento de inercia por unidad de longitud (mm^3)

S_S, E' y D_m Indicados en las hipótesis anteriores

IV.5.6.2 *Tubos aéreos*

La hipótesis pésima de carga y la solicitación condicionante en los tubos de PRFV aéreos suelen corresponder a alguna de las hipótesis indicadas a continuación.

– Hipótesis I. Presión hidráulica interior positiva (estado tensional)

  La comprobación de los tubos sometidos a la sola acción de la presión hidráulica interior se realizará de la misma forma que en el caso de tubos enterrados.

– Hipótesis II. Acciones gravitatorias (estado tensional y deformacional)

  Para la hipótesis pésima de carga debe comprobarse que la tensión y la deformación máxima no superan las admisibles. En defecto de otros condicionantes más restrictivos, como deformación admisible se adoptará el valor de 1/500 de la luz entre apoyos.

– Hipótesis III. Presión hidráulica interior negativa (pandeo o colapsado)

  Ante la actuación exclusiva de presiones interiores negativas, debe comprobarse que el coeficiente de seguridad C frente al colapso por abolladura o pandeo sea al menos de 2, lo cual se puede verificar mediante la expresión:

$$C = \frac{P_{crit}}{P_V} \geq 2$$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Siendo:

P_{crit} Carga crítica de pandeo (N/mm^2) calculada, por ejemplo, según la expresión de Levy teniendo en cuenta que se trata de un material anisótropo

P_v Depresión debida a posibles golpes de ariete, succiones, etc. (N/mm^2)

C Coeficiente de seguridad, de valor igual o superior a 2

Además de las anteriores hipótesis, también se deberán tener en cuenta los posibles efectos térmicos. Para ello se recomienda seguir lo indicado al respecto en el manual AWWA M45 3rd Edition, 2013.

IV.6 Cálculo de protección catódica

IV.6.1 Consideraciones generales

La corrosión es un fenómeno electroquímico según la cual un metal se transforma en un óxido. Supone que una corriente eléctrica circula entre determinadas zonas de la superficie del metal, ánodos y cátodos, a través de una solución o liquido (electrolito) que está en contacto con ambas zonas, capaz de conducir esa corriente. Es decir, el electrolito debe ser conductor eléctrico y es el que proporciona el medio a través del cual se produce el desplazamiento de cargas eléctricas o electrones desde el ánodo (polo positivo, cede electrones) hasta el cátodo (polo negativo, receptor de electrones). La zona de la superficie de metal que actúa como ánodo se disuelve o corroe al perder electrones, y la que actúa como cátodo queda protegida.

La corrosión de las tuberías es, generalmente, una consecuencia de la naturaleza del medio ambiente en que estén instaladas, del material de su fabricación, del régimen de funcionamiento a que se ven sometidas y de los medios de protección empleados.

Para alcanzar la protección catódica se deben satisfacer las siguientes condiciones:

- Continuidad eléctrica.
- Aislamiento eléctrico.
- Recubrimiento externo.

Tal como se especifica en el apartado *II.2.4.7*, para la protección contra la corrosión de las tuberías de acero se dispondrán sistemas de protección catódica complementariamente a la protección pasiva mediante revestimientos.

La continuidad eléctrica longitudinal de una tubería de acero se conseguirá mediante uniones soldadas. Su aislamiento de otras estructuras también enterradas y que no se desean proteger, tales como redes de tierra de cobre, armaduras de estructuras de hormigón armado, otras tuberías, etc. se llevará a cabo instalando juntas dieléctricas con ciertas precauciones para evitar que la corriente de la protección catódica las cortocircuite por el interior a través del agua. Por su parte, el recubrimiento externo cumplirá con lo especificado para el mismo en el epígrafe *II.2.4.7.*

No es recomendable el empleo de protección catódica en tuberías de fundición dúctil por la discontinuidad eléctrica que presentan debido a las juntas elastoméricas. En caso de utilizarse dicha

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

protección deben disponerse en las uniones sistemas como puentes, elementos mecánicos o, en general, accesorios que garanticen la continuidad eléctrica de la conducción.

No es habitual el empleo de protección catódica en tubos de hormigón armado con camisa de chapa porque el hormigón suele ser suficiente protección para el acero de la camisa. Sin embargo, en algunos casos, ante suelos considerados muy agresivos, la protección catódica se emplea como medida preventiva y en otros, si se comprueba que el acero no está pasivado por el hormigón, como medida correctiva. En tubos de hormigón pretensado deben tomarse precauciones especiales para evitar la fragilidad por hidrógeno.

El proyecto de la conducción debe detallar el sistema de protección catódica a instalar, así como las condiciones de los materiales, las de instalación de éstos y cuantas otras características sean necesarias para el buen funcionamiento de la protección adoptada.

En conducciones enterradas es conveniente efectuar un reconocimiento y estudio del trazado, que permita conocer la naturaleza del terreno y su potencial agresividad respecto de la tubería que se pretende instalar.

Como resultado de todos los parámetros descritos en el siguiente epígrafe, se puede determinar, en cada caso, la agresividad potencial del suelo frente a los fenómenos de corrosión a efectos de establecer el tipo de tubería más adecuada en cada proyecto.

Las condiciones naturales del suelo y por tanto su potencial agresividad, pueden variar a lo largo del tiempo debido a procesos de contaminación tanto físico-químicos como eléctricos.

Por ello, es necesario que las conducciones eléctricamente continuas se diseñen e instalen con los dispositivos adecuados para que en cualquier momento de su vida útil pueda aplicarse un sistema de protección catódica.

IV.6.2 Estudio de la naturaleza del terreno

Deberá estudiarse la agresividad del terreno por el que se prevé que discurrirá la tubería.

En base al Manual de Corrosión y Protección de Tuberías de AEAS, 2001, los factores del suelo que tienen una incidencia más directa sobre la corrosión son los siguientes:

IV.6.2.1 *Porosidad*

La porosidad de un suelo es la relación existente entre el volumen relativo de los espacios vacíos y el volumen aparente total de una masa de tierra dada.

$$\text{Porosidad} = (VA-VR) / VA$$

Siendo:

VA Volumen aparente
VR Volumen real

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Se ha encontrado una corrosión máxima cuando la relación entre la humedad y la porosidad es del orden de 0,5.

IV.6.2.2 *Humedad*

En general, los suelos húmedos y conductores son más agresivos que los secos y resistivos. La humedad también está muy relacionada con la disponibilidad de iones, ya que estos se pueden difundir más fácilmente y disminuir considerablemente la resistividad del suelo.

IV.6.2.3 *Resistividad*

La resistividad depende, en parte, de la temperatura; se puede decir que la resistividad del terreno aumentará, a medida que la temperatura disminuya.

Tabla 60. Agresividad del suelo en función de la resistividad

Resistividad (Ω·cm)	***Agresividad***
< 1.000	Altamente corrosivos
1.000 - 2.000	Severamente corrosivos
2.000 - 10.000	Moderadamente corrosivos
> 10.000	Muy poco corrosivos (condicionado)

IV.6.2.4 *pH*

Un suelo está formado por la disgregación de rocas y, según su origen, así será también el suelo. El grado de división de un suelo es lo que da lugar a arenas, limos y arcillas. Estos suelos, sin embargo, pueden tener otros componentes, como materia orgánica, abonos químicos, contaminación industrial o doméstica, etc., con lo cual las características iniciales pueden variar enormemente.

En un suelo muy ácido se puede dar un fuerte ataque corrosivo en buen número de metales. Sin embargo, un grado elevado de acidez no suele darse normalmente en suelos, salvo terrenos pantanosos y suelos de gran proporción de materia orgánica.

Tabla 61. Agresividad del suelo en función del pH

pH	***Agresividad***
< 5	Muy agresivo
5,0 - 6,0	Agresivo
> 6	No agresivo (condicionado)

IV.6.2.5 *Potencial de oxidación-reducción (redox)*

La medida de potencial redox sirve para poder predecir el riesgo de corrosión por bacterias anaerobias que puede sufrir una estructura enterrada, pero no para dictaminar sobre otros tipos de corrosión. En términos generales, cualquier suelo cuyo contenido en sulfatos no sea despreciable, con un potencial redox de + 200 mV o inferior, está, probablemente, iniciando su transformación en anaerobio y debe considerarse sospechoso (corrosión por bacterias).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 62. Riesgo de corrosión anaerobia en función del potencial redox

Potencial redox (mV)	*Riesgo de corrosión anaerobia*
< 100	Severo
110 - 200	Moderado
200 - 400	Ligero
> 400	Nulo

IV.6.2.6 *Contenido en sales*

El contenido salino incide directamente en la resistividad, haciendo el suelo progresivamente más conductor y, por tanto, favoreciendo el funcionamiento de las pilas de corrosión.

Los aniones cloruro y sulfato tienen una incidencia muy importante en la corrosión. Los cloruros, a partir de concentraciones muy pequeñas, pueden romper la pasividad de los metales debido a su gran poder de penetración y los sulfatos son imprescindibles para que tenga lugar la corrosión bioquímica por bacterias reductoras de sulfato.

IV.6.3 Sistemas de protección catódica

La protección catódica de una tubería consiste en su polarización negativa respecto al medio donde se encuentra mediante una corriente externa. Los sistemas de aplicación para la protección catódica pueden ser algunos de los dos siguientes (ver *Figura 53*):

- Por ánodos de sacrificio. En este caso, la tubería a proteger se conecta a un metal más electronegativo que el del propio tubo, formando una pila y consiguiendo así, con el sacrificio del metal añadido, salvar el metal de la tubería.

- Por fuentes de corriente impresa. En este caso, la corriente es enviada a la tubería a través del terreno, normalmente desde un solo lugar (estación de protección catódica), utilizando una fuente de energía (rectificador) y siendo únicamente necesario conectar este punto a la tubería. La estación de protección catódica está constituida por un rectificador, un lecho anódico o dispersor de la corriente y un electrodo de referencia para controlar el funcionamiento del rectificador (que podrá ser manual o regulado).

  Los sistemas de “corriente impresa con rectificador manual” se basan en que éste fuerce la salida de corriente continua hacia el suelo a través de un lecho de ánodos, actuando la tubería como cátodo y recibiendo corriente continua del suelo que la rodea.

  Los sistemas de “corriente impresa con rectificador automático” trabajan igual que el caso anterior, pero con un control automático de la corriente de protección en función del potencial de la tubería.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

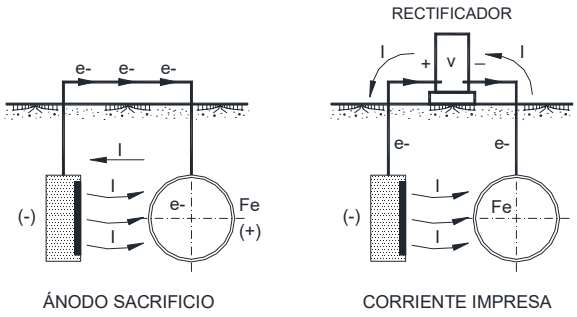


Figura 53. Sistemas de protección catódica

La normativa básica de aplicación en el diseño y mantenimiento del sistema de protección catódica adoptado será, además de lo especificado en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las normas europeas enumeradas a continuación: UNE-EN 12501-1:2003, UNE-EN 12501-2:2003, UNE-EN 50122-2:2011, UNE-EN 50162:2005, UNE-EN 12954:2020, UNE-EN 13509:2003, UNE-EN ISO 18086:2018, UNE-EN 14505:2006 y UNE-EN ISO 12696:2017.

IV.6.4 Criterios de diseño

Con carácter general, el sistema de protección catódica se diseñará para alcanzar un nivel de polarización en los tubos de acero de -850 mV relativo al electrodo de referencia de cobre-sulfato de cobre Cu/SO4Cu. En el caso de terrenos anaeróbicos con riesgo de presencia de bacterias sulforreductoras, este valor será de -950 mV. En suelos arenosos de muy alta resistividad pueden aceptarse valores negativos del orden de -750 mV. Todos los potenciales citados están libres de caída óhmnica I·R.

La intensidad de corriente necesaria a suministrar por el sistema de protección catódica para alcanzar el anterior nivel de polarización en el caso genérico se calculará mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{A_t \cdot D_c}{1.000}$$

Siendo:

I	Intensidad de corriente necesaria a suministrar (A).
A_t	Área exterior de la tubería a proteger (m^2).
D_c	Densidad de corriente precisa (mA/m^2), (ver *Tabla 63*).

La densidad de corriente necesaria para proteger la tubería vendrá condicionada principalmente por la calidad del revestimiento y la resistividad del suelo. En la *Tabla 63* se indican unos valores orientativos. En el caso del revestimiento a base de pintura epoxi este valor puede variar significativamente en función de sus características específicas. En cuanto a la resistividad del suelo, ésta se encuentra íntimamente relacionada con el resto de los factores especificados en el epígrafe *IV.6.2* relativo al estudio de la naturaleza del terreno, que deberá llevarse a cabo para obtener unos datos más precisos.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 63. Valores orientativos para la densidad de corriente precisa, D_c en mA/m^2

Resistividad del suelo (Ω·cm)	***Densidad de corriente precisa D_c (mA/m^2)***	
	Revestimiento Polietileno o Poliuretano	***Revestimiento Epoxi***
> 10.000	0,1	0,1
1.000 a 10.000	0,1	0,4
< 1.000	0,1	1

Según el manual de corrosión y protección de tuberías de AEAS, para la elección del método de protección se evaluarán, de manera general, los siguientes factores:

- Resistividad del terreno.
- Longitud de la conducción.
- Revestimiento de la conducción.
- Trazado.
- Existencia de corrientes vagabundas.

Hasta 10.000 Ω·cm pueden aplicarse ambos métodos para pequeñas tuberías. Como criterio orientativo, se recomienda realizar la elección del sistema más adecuado a cada caso concreto conforme a lo indicado en la *Figura 54*, en función de la intensidad de corriente necesaria a suministrar y de la resistividad del suelo.

A partir del citado valor de 10.000 Ω·cm es preferible la corriente impresa, ya que en caso contrario se necesitarían muchos ánodos de sacrificio para proporcionar la corriente requerida.

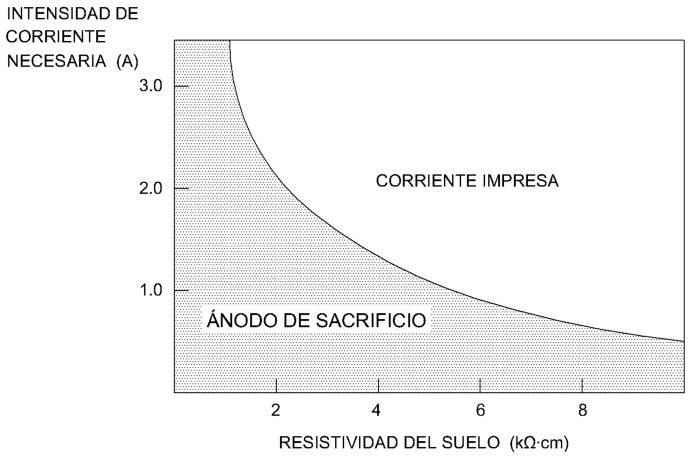


Figura 54. Criterio para la selección del sistema de protección catódica (Baeckmann y Schwenk)

Además de los criterios generales indicados anteriormente, será necesario tener en cuenta otros aspectos que también pueden influir en la elección de uno u otro sistema. Entre ellos se encuentran los siguientes:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Como norma general, los ánodos de sacrificio no son adecuados para su utilización en áreas con interferencia de corriente continua y/o interferencias permanentes de corriente alterna.

– Para aplicar el sistema de corriente impresa es importante observar, además de otras consideraciones detalladas posteriormente, que en el trazado existan lugares adecuados para la ubicación de los rectificadores y posibilidades de un suministro eléctrico.

IV.6.4.1 *Protección mediante ánodos de sacrificio*

En el caso de que la protección catódica se realice mediante el sistema de ánodos de sacrificio, la masa anódica necesaria se calculará mediante la expresión:

$$W = I \cdot D_R \cdot D_L$$

Siendo:

W	Peso total de la masa anódica requerida (kg).
D_R	Consumo del ánodo (kg/A·año).
D_L	Vida de diseño del sistema (años).

Como ánodos de sacrificio para tuberías enterradas podrán emplearse aleaciones de cinc o magnesio en función de que la resistividad del terreno sea inferior a 1.000 Ω·cm o superior, respectivamente.

Los ánodos de cinc son adecuados para suelos de baja resistividad porque su potencial es suficientemente electronegativo para aportar la corriente necesaria (-1,1 V respecto al electrodo de referencia de $Cu/CuSO_4$), mientras que para resistividades mayores no es capaz de polarizar suficientemente la estructura, aumentando mucho la alcalinidad y acortando, al mismo tiempo, la vida de los ánodos. Por su parte, el potencial del magnesio es muy electronegativo (entre -1,3 y -1,7 V) y en suelos de baja resistividad provoca una excesiva salida de corriente y, por lo tanto, un consumo demasiado rápido de los ánodos, siendo recomendable para terrenos de resistividad elevada.

De manera orientativa, pueden utilizarse los valores indicados en la *Tabla 64* para el consumo de los ánodos más frecuentemente utilizados.

Tabla 64. Consumo anual aproximado de los ánodos más frecuentemente utilizados

Ánodo	***Consumo (kg/A·año)***
Magnesio	8
Cinc	11

El número de ánodos requeridos N y su espaciamiento S, vendrán dados por las siguientes expresiones:

$$N = \frac{W}{W_A} \qquad\qquad S = \frac{L}{N}$$

Siendo:

N	Número de ánodos requeridos.
W_A	Peso de cada ánodo (kg).
S	Espaciamiento (m).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

L Longitud de la tubería a proteger (m).

La separación o espaciamiento entre ánodos para unas mismas condiciones de terreno debe ser uniforme a lo largo de toda la longitud de la conducción.

En general, se recomienda que los ánodos de sacrificio se instalen rodeados con una mezcla activadora formada por una combinación de bentonita, yesos y sales de manera que aumenta la superficie de contacto con el terreno, se mantiene un cierto grado de humedad alrededor del ánodo y se evita su pasivación con el paso del tiempo.

IV.6.4.2 *Protección mediante corriente impresa*

En sistemas de protección catódica por corriente impresa, la estación de protección catódica deberá suministrar la intensidad de corriente necesaria.

Tal y como se especifica en la norma UNE-EN 12954:2020, el emplazamiento de las instalaciones de corriente impresa se debería seleccionar teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Disponibilidad de suministro eléctrico de baja tensión.
- Nivel de corriente de protección necesario.
- La menor resistividad del suelo en el área del lecho de ánodos.
- Mínimo impacto en terceras partes interesadas.
- Buenos accesos a las instalaciones.
- Distancia entre el lecho de ánodos y las instalaciones ajenas suficiente para minimizar interferencias y mayor, en todo caso, a 40 metros.
- Distancia suficiente entre el lecho de ánodos y la estructura a ser protegida.
- Áreas peligrosas.

Se deberían tomar medidas de precaución con el fin de protegerse frente al contacto accidental con los componentes que están bajo tensión cuando están en servicio y para la protección frente a contactos con altas tensiones (por encima de 50 V) que pueden persistir en el caso de un fallo eléctrico.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de suministro eléctrico y la intensidad de corriente necesaria para la protección de la conducción, se ajustará la distancia entre lechos anódicos.

El voltaje de salida del rectificador vendrá dado por:

$$V = I \cdot R + V_R$$

Siendo:

V Voltaje de salida de los rectificadores (V).
I Intensidad de corriente necesaria a suministrar (A).
R Resistencia del lecho de ánodos (Ω).
V_R Caída de tensión a través de los cables (V).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

La resistencia de un lecho de ánodos depende de la resistividad del terreno, de las dimensiones y de la forma de los ánodos del lecho.

Un ánodo enterrado verticalmente en un terreno de resistividad conocida, rodeado de una columna de relleno de dimensiones determinadas, tiene una resistencia dada por la fórmula:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot Ln \frac{4 \cdot L}{a \cdot e}$$

Siendo:

ρ	Resistividad del terreno (Ω·cm).
L	Longitud de la columna de relleno (cm).
a	Radio de la columna de relleno (cm).
e	Número de Euler.

Si se dispone de varios ánodos enterrados verticalmente y paralelos entre sí a una cierta distancia, la resistividad será:

$$R = \frac{\rho}{\pi \cdot n} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot L} \cdot Ln \frac{4 \cdot L}{a \cdot e} + \frac{1}{s} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \ldots\ldots + \frac{1}{n}\right)\right]$$

Siendo:

n	Número de ánodos.
s	Distancia entre ánodos (cm).

Cuando se trate de un lecho horizontal de ánodos con relleno continuo, la resistencia total del lecho se podrá calcular por la fórmula:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(Ln \frac{4 \cdot L}{D} + Ln \frac{L}{h} - 2 + \frac{2 \cdot h}{L}\right)$$

Siendo:

L	Longitud total de ánodo (cm).
D	Diámetro (cm).
h	Profundidad al centro del lecho (cm).

IV.6.5 Vigilancia del sistema de protección catódica

Con el fin de medir el potencial de polarización de la tubería y comprobar la efectividad del sistema de protección catódica, a lo largo de la tubería, deberán instalarse puestos de toma de potencial en puntos tales como:

- Cruces con estructuras metálicas.
- Juntas aislantes.
- Cruces con puentes, carreteras, canales de agua, etc.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Zonas de corrientes vagabundas.

En cualquier caso, estos puestos no estarán separados en general más de 3 km y en zonas muy urbanizadas más de 1 km y estarán formados por un cable conectado a la tubería enterrada y con el otro extremo accesible situado en el interior de una arqueta (podrán utilizarse los registros destinados al alojamiento de los elementos de maniobra y control).

Para la medida de los potenciales anteriores debe seguirse lo establecido en la norma UNE-EN 13509:2003.

Una vez puesto en funcionamiento el sistema de protección catódica adoptado debe realizarse su mantenimiento durante la vida útil del mismo. En general, las operaciones a realizar son las siguientes:

– Comprobación anual de la eficacia del sistema adoptado.
– Comprobación bimestral de las fuentes de corriente impresa. Esta operación podrá realizarse, por ejemplo, a través de la medida de la intensidad de salida, por el consumo normal de energía, por los valores de potenciales de la tubería, etc.
– Inspección anual de los sistemas de protección de las instalaciones de corriente impresa (conexiones de puesta a tierra de seguridad, precisión de los aparatos de medida, rendimiento y resistencia del circuito, etc.).
– Inspección bimestral de los interruptores-inversores de corriente, diodos, puentes de conexión y demás dispositivos de protección.
– Reemplazo periódico de los ánodos que se vayan desgastando y reparación de las averías eléctricas en el sistema.

IV.6.6 Protección contra corriente continua (corrientes vagabundas)

Se conocen como corrientes vagabundas a aquellas circulaciones de corrientes no deseadas a lo largo de una tubería enterrada que se producen por un sistema de corriente continua cercana (como los ferrocarriles electrificados tradicionales, tranvías o metros) y que pueden producir severos ataques por corrosión. La intensidad de esta corriente es, con frecuencia, variable y depende esencialmente de la naturaleza y funcionamiento de las fuentes que las emite. Otra posible fuente de corrientes vagabundas son los equipos de protección catódica por corriente impresa de otras tuberías cercanas (como los gasoductos).

Para la evaluación del riesgo debido a este tipo de influencias y la determinación de posibles sistemas de mitigación y control se recomienda seguir lo especificado en las normas UNE-EN 50162: 2005 y UNE-EN 50122-2: 2011.

El incremento máximo positivo de potencial en una tubería a partir del cual existe riesgo de corrosión según la norma UNE-EN 50162: 2005 es el indicado en la *Tabla 65*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 65. Variación máxima positiva de potencial sin riesgo de corrosión (UNE-EN 50162)

Resistividad del suelo, ρ (Ω·m)	***Variación máxima positiva de potencial (mV)***
≥200	300
15-200	1,5·ρ Ω·m)
<15	20

La tubería se alejará de la fuente de corrientes vagabundas lo suficiente para que no se superen los valores citados. Si esto no es posible y la resistividad del suelo no hace necesaria la aplicación de protección catódica, para drenar dichas corrientes se recomienda utilizar equipos de "drenaje polarizado" o unidireccionales. En el caso del ferrocarril consisten en establecer una conexión entre la tubería y el carril electrificado de la vía que únicamente permita el flujo de la corriente en el sentido de la tubería a la vía a través del cable, evitando así las salidas de corriente de la tubería al suelo. Estos equipos de drenaje polarizado incluyen un rectificador en la conexión unidireccional entre la tubería y la vía del ferrocarril electrificada.

IV.6.7 Protección contra corriente alterna

Las afecciones más destacadas en la corrosión por corriente alterna están provocadas por las líneas eléctricas de alta tensión y las líneas ferroviarias de alta velocidad.

Para la evaluación del riesgo de corrosión por corriente alterna se recomienda seguir lo especificado en la norma UNE-EN ISO 18086: 2018.

La probabilidad de corrosión puede ser despreciable si la densidad de corriente alterna referida a 1 cm^2 de superficie no recubierta (por ejemplo, un electrodo probeta) es inferior a 30 A/m^2 y el potencial de la estructura con respecto al electrolito alcanza los criterios de protección catódica.

La tensión alterna entre la tubería y tierra no deberá superar el valor de 10 V ó 4 V en suelos con resistividades superiores o inferiores a 2.500 Ω·cm, respectivamente.

Se prestará especial atención a alejar, en la medida de lo posible, las conducciones metálicas de las líneas eléctricas aéreas de tensión superior a 15 kV. Para ello deberán realizarse los cálculos necesarios para la evaluación de las tensiones producidas en las tuberías por conducción y por inducción.

La tensión sobre la tubería frente a cada apoyo de la línea de alta tensión originada por conducción no deberá superar la máxima admisible por el revestimiento. Ésta puede determinarse mediante el método descrito en la norma UNE-EN 13509: 2003.

La tensión en la tubería (V_λ) se puede calcular a partir de la expresión:

$$V_\lambda = \frac{V_p}{R_p} \cdot \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot X} \cdot K$$

Siendo:

V_p Tensión nominal de la línea $/\sqrt{3}$.
ρ Resistividad del terreno.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

R_p Resistencia a tierra del apoyo (Máximo admitido por las compañías eléctricas: 20 Ω).
X Distancia tubería apoyo.
K Coeficiente:
K= 0,7 Con cable guarda.
K= 1,3 Con línea alimentada por ambos extremos.

Por su parte, la tensión inducida sobre la tubería no podrá superar lo aceptado para la seguridad de las personas según el Reglamento Electrotécnico para baja tensión, 24 V en ambientes húmedos y 50 V en ambientes secos.

Para su cálculo deberá recurrirse a diagramas específicos determinándose tanto la influencia momentánea como la prolongada.

Cuando la tensión alterna, tanto por conducción como por inducción, sea excesiva se pueden mitigar los riesgos asociados mediante:

- Aumento de la separación entre la tubería enterrada y la fuente.
- Instalación de sistemas de puesta a tierra en las que se intercala un equipo que permite la descarga de alterna pero no el paso de continua.
- Instalación de juntas aislantes.
- Reparación de defectos del revestimiento y otras medidas complementarias.

IV.7 Anclaje de conducciones a presión

IV.7.1 Empujes

En muchas situaciones, en las redes de agua a presión aparecen fuerzas no equilibradas tanto de origen hidrostático como hidrodinámico, haciendo necesaria la disposición de sistemas de anclaje que impidan la separación de las juntas.

La presencia de estas fuerzas no equilibradas se traduce en empujes sobre los componentes afectados, tanto en conducciones aéreas como enterradas. La magnitud de los empujes de origen hidrodinámico es, generalmente, muy inferior a los valores derivados de las presiones hidrostáticas, por lo que suelen ser ignorados en el diseño de los anclajes.

La presión hidrostática, como su nombre indica, es debida al peso del fluido en reposo en la tubería. Las componentes radiales de dicha presión se contrarrestan a través de la tensión circunferencial de la pared de la tubería, mientras que las componentes axiales actuando en un plano perpendicular a la conducción, se equilibran por la misma fuerza actuando en el lado contrario del plano (ver *Figura 55*).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

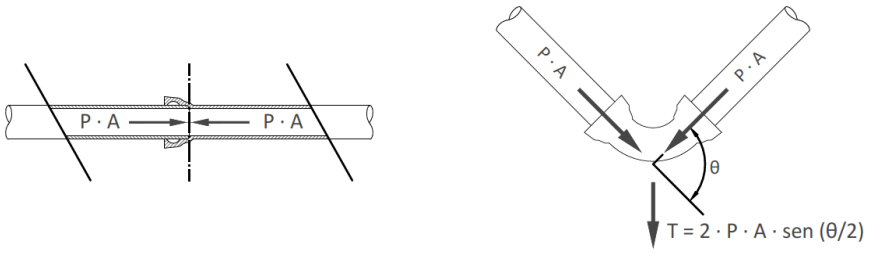


Figura 55. Equilibrio de fuerzas internas. Empuje en un codo

Sin embargo, en el caso, por ejemplo, de un codo, las componentes axiales a cada lado del elemento no se equilibran, dando lugar al vector suma resultante, T, denominado normalmente empuje (ver *Figura 55*).

La necesidad de estos sistemas de anclaje se plantea fundamentalmente en aquellas situaciones en las que se produce un cambio de dirección o de sección de la conducción. En estos puntos, los empujes pueden ocasionar el desplazamiento de las tuberías, comprometiendo de este modo la funcionalidad de la red y causando daños estructurales en dicho sistema y en su entorno. En este sentido, en el diseño de las redes a presión, debe prestarse especial atención al anclaje de la tubería en los siguientes casos:

- Codos horizontales.
- Codos verticales.
- Derivaciones (“T”, “Y”, etc.).
- Conos de reducción (disminución del diámetro).
- Válvulas (enterradas o alojadas).
- Extremos finales.
- Tramos de pendientes elevadas.

El valor del empuje resultante para varios de los casos anteriores se determina en las figuras siguientes.

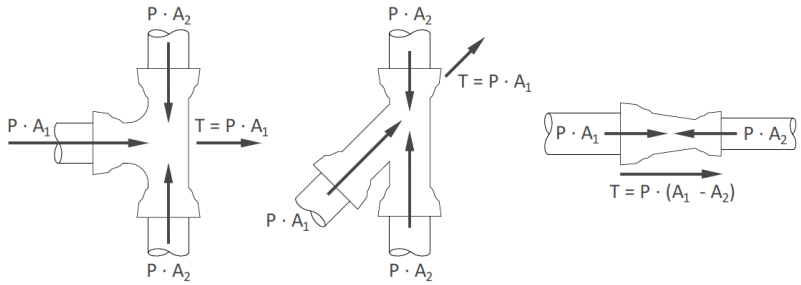


Figura 56. Derivaciones en T e Y, y Conos de reducción

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

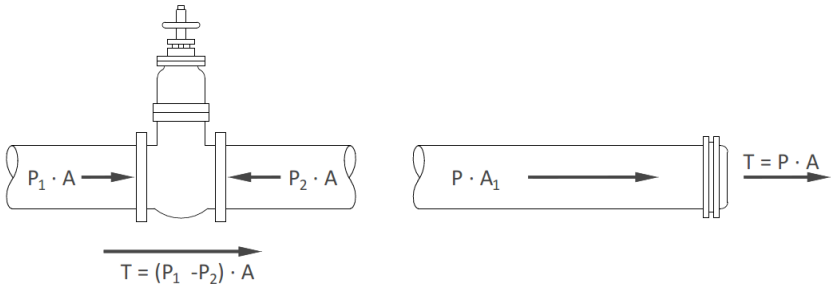


Figura 57. Válvula cerrada y extremo final de tubería

Cuando los tramos de una tubería se encuentran apoyados sobre un terreno en pendiente, la componente del peso propio de la tubería en la dirección de su trazado (ver *Figura 58*) favorece su deslizamiento, circunstancia que aumenta en función del ángulo de inclinación de dicha pendiente.

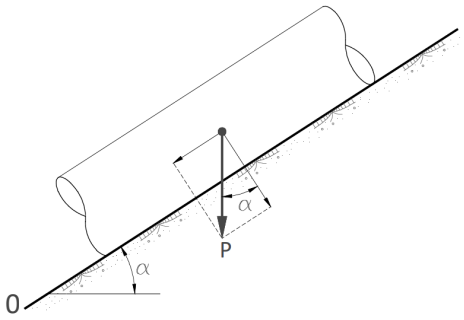


Figura 58. Tubería en pendiente

En el caso de pendientes pequeñas, esta componente se contrarresta gracias al rozamiento existente entre el relleno y las paredes de la conducción, aspecto que se encuentra condicionado por la tipología del recubrimiento exterior de la tubería.

Con carácter general, si en el trazado de una canalización están previstos tramos en los que el perfil longitudinal de la conducción presente pendientes superiores al 20 %, se deberán colocar macizos de anclaje.

El anclaje de las instalaciones en pendiente puede realizarse de dos maneras diferentes:

– Anclaje de tubo a tubo: consiste en disponer un anclaje detrás del enchufe de cada tubo, siendo la unión entre tubos mediante juntas automáticas o mecánicas sin acerrojar. Esta configuración debe permitir la posible absorción de dilataciones térmicas que puedan producirse.

– Anclaje de todo el tramo en pendiente a partir de tuberías cuyas uniones son acerrojadas, se procede a:

  - Anclar el tramo mediante un macizo de anclaje en el punto más alto (ver *Figura 59)*. En caso de que la longitud máxima del tramo a anclar por ese macizo fuera superior a la admisible por dicho macizo, deberán realizarse varios tramos independientes, anclando cada uno de ellos en su cabecera mediante macizo de anclaje intercalados en el tramo en pendiente, o

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

bien reforzar el macizo colocado en el punto más alto para que pueda soportar todo el tramo acerrojado en pendiente.

- Garantizar la actuación de una longitud de acerrojado, L, mínima en un tramo horizontal superior de la conducción (ver *Figura 60*). En este caso, la tracción existente es resistida por rozamiento.

La actuación consiste en "colgar" la totalidad del tramo en pendiente por medio de uno o varios macizos de anclaje o a través del tramo complementario.

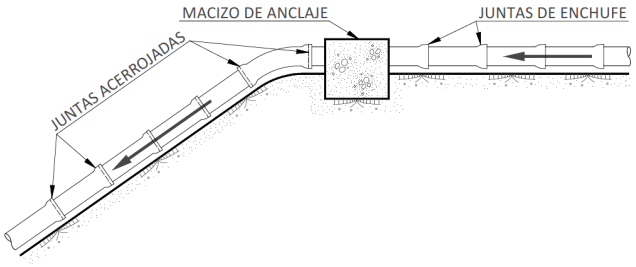


Figura 59. Anclaje de tubería en pendiente mediante macizo de anclaje

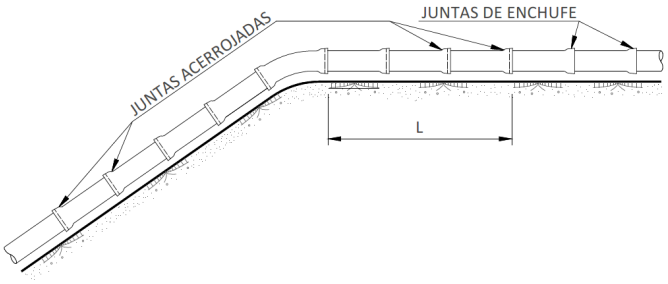


Figura 60. Anclaje de tubería en pendiente mediante la actuación de una longitud L de acerrojado

Por tanto, como posibles soluciones al anclaje de tuberías en pendiente se proponen macizos de anclaje de hormigón armado como el representado esquemáticamente (ver *Figura 61*), el empleo de uniones acerrojadas, o la combinación de ambas.

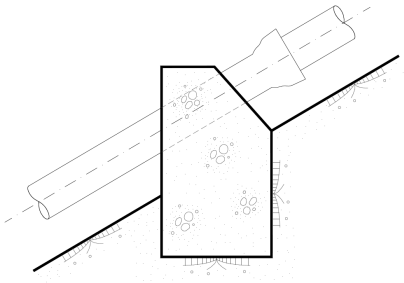


Figura 61. Macizo de anclaje en tubería en pendiente

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

IV.7.2 Sistemas de anclaje

En el caso de tuberías aéreas, los empujes suelen ser resistidos por los propios soportes diseñados para elevar la conducción, elementos que, en este caso, se emplearían con la doble función de apoyo y macizo de anclaje.

Para las tuberías enterradas, se van a considerar dos tipologías en cuanto a los sistemas de anclaje habitualmente empleados:

- Macizos de anclaje.
- Uniones autotrabadas o acerrojadas.

IV.7.2.1 *Macizos de anclaje*

Se trata de grandes macizos de hormigón cuyo peso "P" inclina el empuje "T" hacia el terreno (*Figura 62 a*). Se calculan las dimensiones necesarias del dado para:

- Situar la reacción "R" (resultante de "T" y "P") dentro de la superficie del macizo (comprobación al vuelco) (ver *Figura 62* b).
- Comprobar que el ángulo "(90°- ϕ)" de la reacción (resultante de "T" y "P") es mayor que el ángulo de rozamiento entre el macizo y el terreno (comprobación de deslizamiento) (ver *Figura 62* c).
- Comprobar que el suelo es capaz de desarrollar la reacción "R" (resultante de "T" y "P") sin romper (comprobación de tensiones en el terreno) (ver *Figura 62* d).

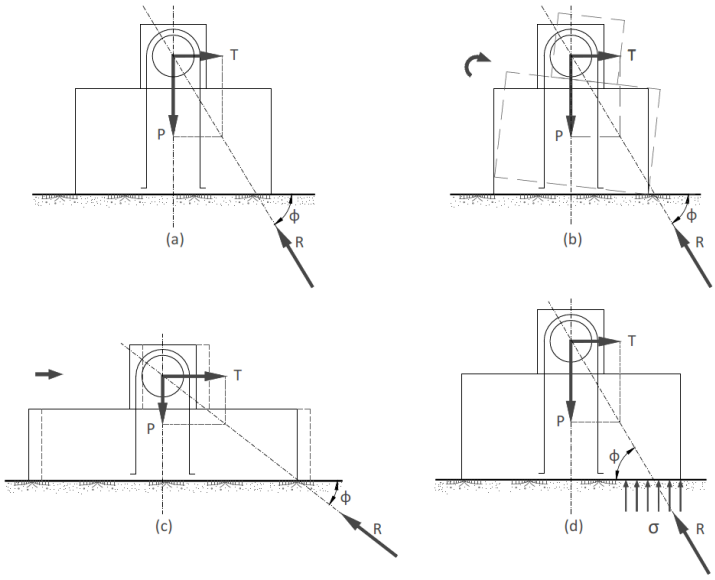


Figura 62. Macizo de anclaje

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

IV.7.2.2 *Uniones autotrabados o acerrojados*

Los empujes "T" en uniones autotrabadas o acerrojadas (ver *Figura 63*) se compensan a través de las propias tuberías sin necesidad de otra acción exterior. Es necesario comprobar que tanto las paredes de las tuberías como, especialmente, las uniones resisten estos empujes.

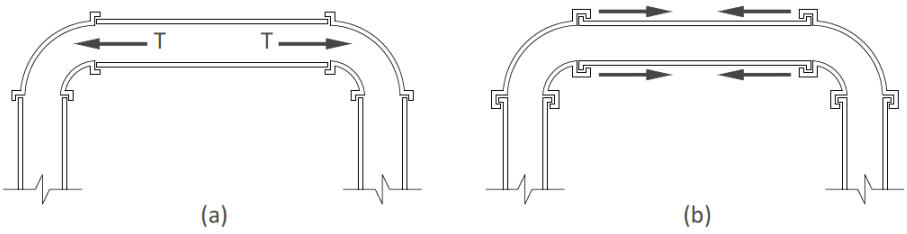


Figura 63. Uniones autotrabadas o acerrojadas

Estas uniones se caracterizan por su capacidad para resistir tracciones longitudinales. Se trata de un sistema cuyas aplicaciones más usuales son las siguientes:

- Como alternativa a los macizos de anclaje, especialmente cuando existen condicionantes de espacio (por ejemplo, en zonas urbanas), en terrenos poco estables o para agilizar la instalación de la tubería.
- En caso de pendientes elevadas.
- Situaciones especiales. Paso bajo ríos en los que la tubería apoya directamente sobre el fondo del cauce y se pueden producir movimientos de dicho fondo, o cuando la tubería se monta fuera de su ubicación definitiva y una vez conectada se traslada, etc.

Estas uniones ofrecen una alternativa a la hora de resistir los empujes que consiste en valorar la resistencia máxima que por efecto del rozamiento es capaz de oponer el terreno por metro lineal de tubería, considerando que a cada lado del vértice (o punto de actuación del empuje) esos esfuerzos disminuyen linealmente hasta cero, en unas longitudes suficientes para equilibrar las componentes del empuje.

De este modo, el sistema requiere la colaboración de una longitud variable de la tubería a cada lado de la junta, para evitar así que se produzca una concentración de tensiones elevada en las paredes de la tubería o provocar la separación de los tramos unidos por dichas juntas. Esta magnitud dependerá del valor del empuje que debe ser equilibrado, del sistema comercial empleado y de las condiciones del entorno, puesto que dicho empuje se transmitiría al terreno gracias a la suma de los siguientes fenómenos de interacción:

- Fuerza de rozamiento (movilizada sobre y bajo la conducción en dirección opuesta al empuje).
- Adherencia del terreno (movilizada en el perímetro de la tubería en dirección longitudinal a su eje).
- Resistencia pasiva del terreno (movilizada transversalmente a la conducción).

El cálculo de uniones acerrojadas requerirá de un estudio específico de dicha solución en función de los factores indicados anteriormente.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

IV.7.3 Dimensionamiento de macizos de anclaje

A continuación, se relacionan los criterios adoptados para el diseño de elementos horizontales, codos verticales y armado de macizos y dados de anclaje, así como los principales aspectos de los resultados presentados en los *Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje* y *Anexo 3. Planos* de estas Normas.

IV.7.3.1 *Elementos horizontales*

IV.7.3.1.1 Geometría del macizo

Se considera que el diseño más práctico y eficaz para los macizos de anclaje es de forma paralelepipédica.

El dimensionamiento se realiza a partir de macizos de base cuadrada, L=2·H, siendo H su altura (ver *Figura 69*).

Se exceptúan de lo anterior los macizos de anclaje de alojamientos (cámaras y registros), en los que sus dimensiones excedan de las dimensiones obtenidas por cálculo estructural, debido a la suma de las longitudes de los elementos que alojan.

IV.7.3.1.2 Tipología del anclaje

En cuanto a los elementos de anclaje de la tubería al macizo, se contemplan tres posibilidades (ver *Figura 64):*

- Caso (a): mediante dado de hormigón armado que aloja el elemento a anclar, cuyas armaduras (bien horquillas de acero o bien armadura convencional) abrazan al mismo.
- Caso (b): mediante dado excéntrico de hormigón armado. En este caso habrá que colocar un elemento de sujeción entre el elemento a anclar y el dado de anclaje, como pueden ser unas horquillas de acero.
- Caso (c): empuje en la dirección longitudinal de la conducción, mediante dado de hormigón armado, que alojará un pasamuros con brida de anclaje, cuyas armaduras abrazan al mismo.

La elección de una de estas posibilidades dependerá de su posibilidad o facilidad de ejecución, que será función de diversas circunstancias como el tipo de elemento a anclar, su diámetro, etc. En caso de ejecutarse dado excéntrico se deberán colocar igualmente horquillas de sujeción del elemento, ante la posibilidad de que se produzcan empujes verticales.

La ejecución de estos elementos debe realizarse de forma que las uniones queden al descubierto.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

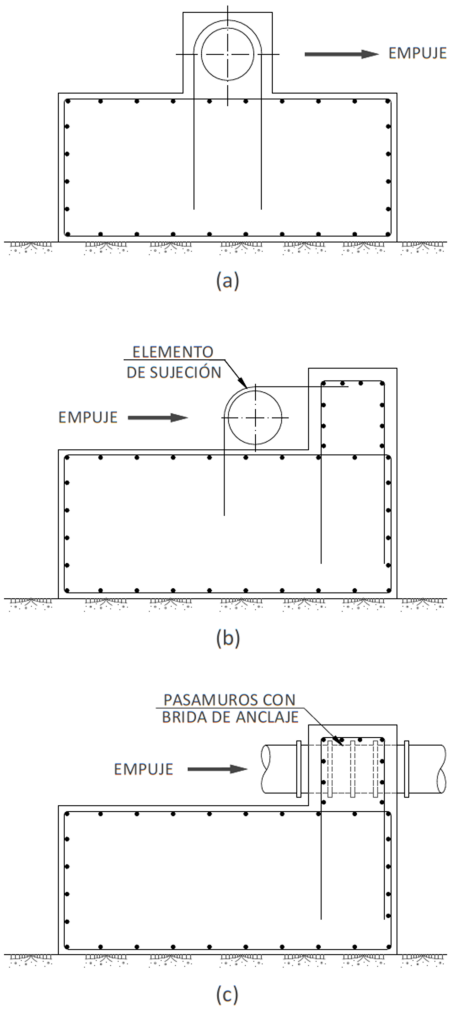


Figura 64. Anclajes: Elemento alojado (a), dado excéntrico (b) y dado con pasamuros alojado (c)

Los dados de hormigón a los que se anclará la conducción tendrán forma de paralelepípedo recto de altura s y base d x p (ver *Figura 65*), siendo sus dimensiones mínimas en metros las siguientes:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

$s \geq 0{,}30 + DN + 0{,}15$

$p \geq máx\ [(DN{+}0{,}10);\ 0{,}40)]$

$\mathrm{d} \geq \mathrm{máx}\ (\mathrm{s}\ ;\ \frac{\mathrm{L}}{2} = \mathrm{H})$

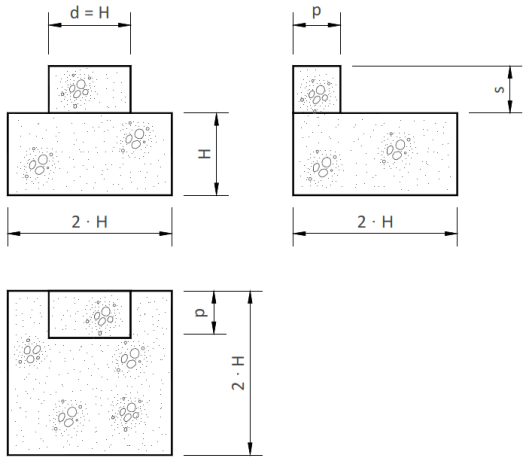


Figura 65. Caso de dado excéntrico

Estas dimensiones de los dados deberán ser compatibles con las necesarias para alojar la totalidad de las armaduras.

El empuje actúa a una distancia h de la cara superior del macizo.

$$h = \frac{DN}{2} + 0{,}30\ (m)$$

El valor de h adoptado permite una holgura (0,30 m) suficiente para facilitar la maniobra de los tornillos en el supuesto de uniones embridadas.

De este modo, las dimensiones mínimas de los dados de hormigón armado, en función del diámetro de la conducción, serán las siguientes:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 66. Dimensiones mínimas del dado

ID (mm)	h (m)	p (m)	s (m)
80	0,34	0,40	0,55
100	0,35	0,40	0,55
125	0,36	0,40	0,60
150	0,38	0,40	0,60
200	0,40	0,40	0,65
250	0,43	0,40	0,70
300	0,45	0,40	0,75
350	0,48	0,45	0,80
400	0,50	0,50	0,85
500	0,55	0,60	0,95
600	0,60	0,70	1,05
700	0,65	0,80	1,15
800	0,70	0,90	1,25
900	0,75	1,00	1,35
1.000	0,80	1,10	1,45

IV.7.3.1.3 Empujes de cálculo

Siendo P_{cal} el valor de la presión de cálculo, que deberá cumplir con lo indicado en el apartado *IV.7.3.4*, el empuje hidráulico para los distintos componentes se obtiene aplicando las siguientes fórmulas:

– Codo:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot 2 \cdot sen\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Siendo:

ID Diámetro interior de la conducción

θ Ángulo de la desviación

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

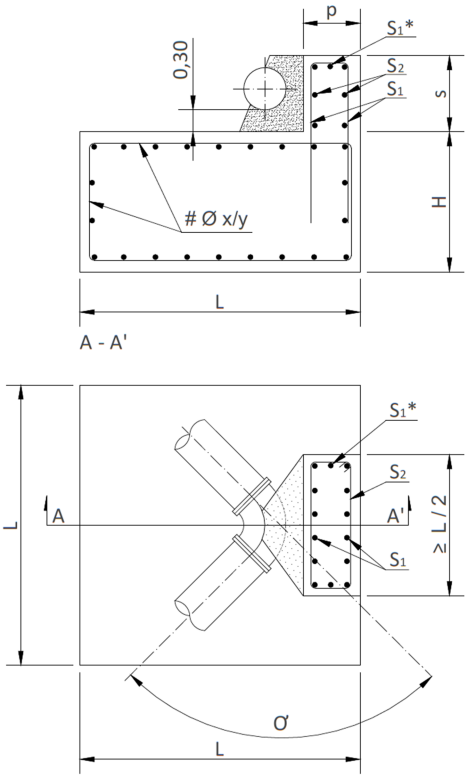


Figura 66. Codo horizontal

– Derivación:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot IDD^2}{4}$$

Siendo:

IDD Diámetro interior de la derivación

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

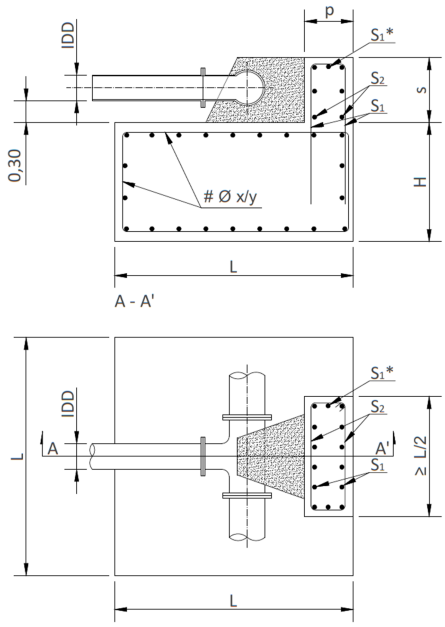


Figura 67. Derivación, T

– Cono de Reducción:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot (ID_1^2 - ID_2^2)}{4}$$

Siendo:

ID_1 Diámetro mayor de la reducción

ID_2 Diámetro menor de la reducción

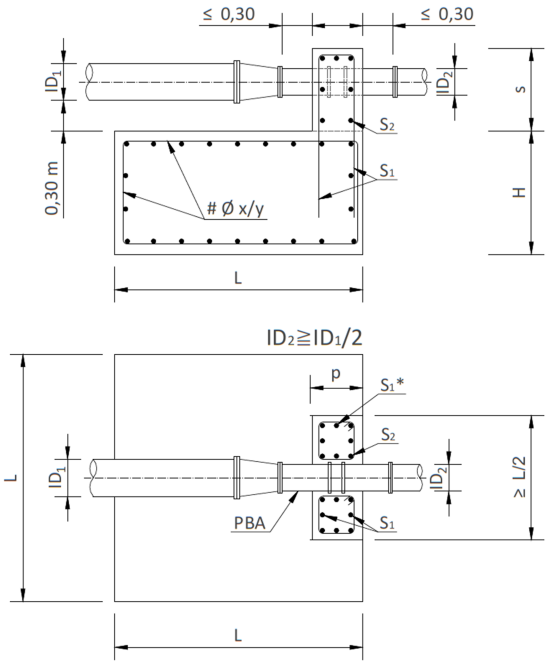


Figura 68. Cono de reducción

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Válvula:

$$E = P_{cal} \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4}$$

Siendo:

ID Diámetro interior de la conducción

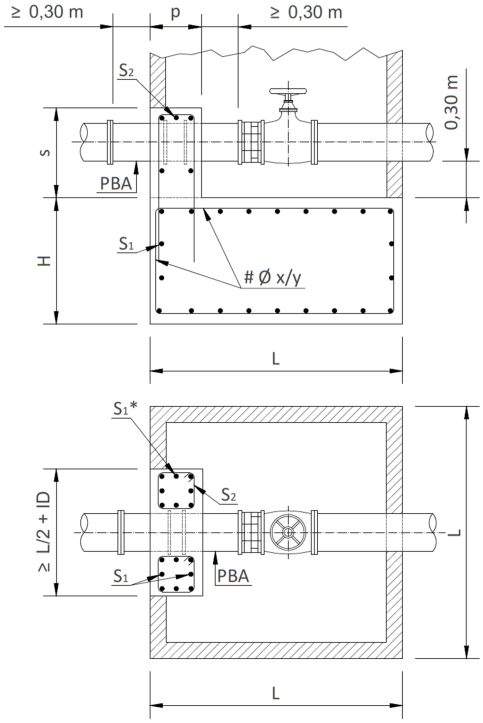


Figura 69. Válvula

IV.7.3.1.4 Hipótesis de cálculo

El procedimiento de cálculo utilizado consiste en realizar un predimensionamiento del macizo imponiendo unos coeficientes de seguridad frente a deslizamiento y vuelco determinados, y comprobando después que las tensiones transmitidas al terreno son admisibles. En este sentido, las hipótesis de cálculo adoptadas son las siguientes:

– El valor del coeficiente de seguridad considerado en las comprobaciones realizadas frente a deslizamiento es 1,5, conforme a las prescripciones del Código Técnico de la Edificación. Seguridad Estructural. Cimientos (CTE-DBSE-C, Tabla 2.1. Coeficientes de seguridad parciales, coeficiente Υ_R referido a la resistencia del terreno).

– El valor del coeficiente de seguridad considerado en las comprobaciones realizadas frente a vuelco es 1,8, conforme a las prescripciones del Código Técnico de la Edificación. Seguridad Estructural. Cimientos (CTE-DBSE-C Tabla 2.1. Coeficientes de seguridad parciales, coeficiente Υ_E relativo a las acciones).

– Características de los materiales empleados en el diseño, según parámetros definidos tanto en el Código Estructural CE-21:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Peso específico del hormigón = 2.300 kg/m3
- Peso específico del acero = 7.850 kg/m3
- Límite elástico del acero: $f_y \geq 400$ N/mm2
- Resistencia característica del hormigón: $f_{ck} \geq 25$ N/mm2
- Coeficientes parciales de seguridad de los materiales (ELU):
  - Hormigón: $\gamma_c = 1,5$
  - Acero: $\gamma_s = 1,15$

– Características del terreno. Se consideran los siguientes valores unificados del terreno:

- Peso específico del terreno: $\gamma = 1.800$ kg/m3
- Ángulo de rozamiento interno: $\Phi = 30º$
- Tensión admisible del terreno σ no inferior a 10 t/m2

– La conducción se encuentra enterrada de tal forma que sobre la generatriz superior de la tubería se dispone, al menos, un espesor de tierras de 1 m debidamente compactadas. El macizo de anclaje se dispondrá por debajo del componente a anclar, excavando el fondo de la zanja de la conducción y hormigonando contra el terreno siempre que lo permitan las condiciones geotécnicas del mismo. En caso contrario, se procederá al encofrado del macizo de anclaje y posterior relleno con suelo seleccionado (artículo 330 del PG-3) compactado al 95 % Próctor Modificado.

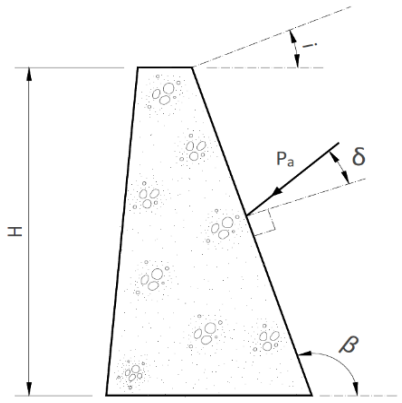
  Esta hipótesis implica el cumplimiento de las siguientes cuestiones:

  - Antes de proceder a excavar la cobertura de tierras existente sobre un macizo de anclaje habrá que proceder al vaciado de dicho tramo de tubería.
  - Antes de proceder a la realización de las pruebas de carga de la tubería habrá que ejecutar el relleno debidamente compactado (al menos de 1 m) sobre los macizos de anclaje.

  En el caso de alojamientos (registros y cámaras), no se considera la existencia de rellenos.

– Se considera una cierta colaboración del terreno en la pared lateral delantera del macizo en la dirección del empuje. El valor límite de esta colaboración sería el correspondiente al empuje pasivo del terreno, cuya total movilización provocaría unos movimientos que podrían ser incompatibles con el juego axial permisible por las juntas. Por ello, se adopta el criterio conservador de considerar el coeficiente de empuje activo K_A, en lugar del de empuje pasivo K_p o en reposo K_o (que conceptualmente sería más correcto). El valor del coeficiente de empuje activo K_A definido en el Código Técnico de la Edificación CTE-SE-C es el siguiente (ver *Figura 70):*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid



$$K_A = \left[\frac{cosec\ \beta \cdot sen\ (\beta - \phi)}{\sqrt{sen\ (\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{sen\ (\delta + \phi) \cdot sen\ (\phi - i)}{sen\ (\beta - i)}}} \right]^2$$

Figura 70. Esquema empuje activo

i y β	Ángulos definidos en la figura anterior
δ	Ángulo de rozamiento entre la cara lateral del macizo y el terreno
ϕ	Ángulo de rozamiento interno del terreno o relleno del trasdós

En los cálculos realizados se ha considerado i=0°, β=90° y simplificadamente δ=0°.

De este modo la resultante del empuje activo, EA, es una fuerza horizontal cuya posición depende de la profundidad de excavación, de las dimensiones del macizo y del peso específico, γ, del terreno.

- No se considera la influencia negativa del terreno en la pared lateral trasera del macizo en la dirección del empuje. El valor de esta influencia negativa se compensa con el empleo, del lado de la seguridad, del coeficiente de empuje activo, en lugar del de empuje pasivo o empuje en reposo (que conceptualmente sería más correcto).
- No se consideran determinadas colaboraciones del terreno, como la cohesión o los rozamientos de las superficies perimetrales del macizo.
- La fuerza de rozamiento generada como oposición al movimiento en la base del macizo (ver Figura 71) se define como:

$$\text{Froz} = \mu \cdot (G + T)$$

Siendo:

μ (Coeficiente de rozamiento) = tan Φ

G (Peso del macizo) = 2,3 · Volumen del macizo

T [Peso del relleno que gravita el macizo sobre el macizo (simplificadamente)] = $\gamma \cdot h_T \cdot L \cdot L$

h_T = Altura de tierras sobre el sobre el macizo

En el caso de alojamientos (registros y cámaras), no se considera la existencia de rellenos, por lo que T = 0.

- No se considera el peso propio del dado de hormigón en el dimensionamiento.
- No se considera la posible colaboración de la tipología de unión entre componentes en la compensación de esfuerzos.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– El esquema general de las fuerzas actuando en el macizo, y la formulación básica de partida es la siguiente:

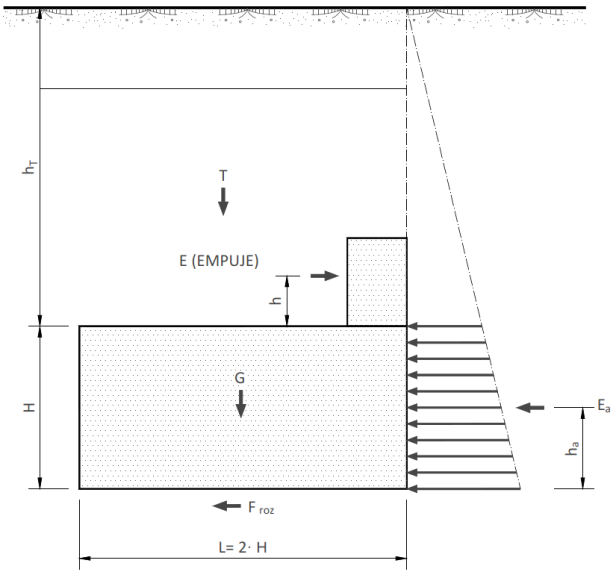


Figura 71. Esquema de fuerzas

Coeficiente seguridad frente al deslizamiento:

$$C_S = \frac{F_{estabilizadoras}}{F_{desestabilizadoras}} \geq 1{,}50$$

Coeficiente seguridad frente al vuelco:

$$C_v = \frac{M_{estabilizadores}}{M_{desestabilizadores}} \geq 1{,}80$$

– Una vez dimensionado el macizo de acuerdo con el apartado anterior y garantizado su comportamiento frente a deslizamiento y vuelco, se comprobará que el terreno admite las presiones resultantes. Es decir, se calcularán las tensiones transmitidas comprobándose que en ningún caso superan las admisibles por el terreno.

En los cálculos realizados, cuyos resultados se muestran en el *Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje,* se ha considerado que la tensión admisible del terreno no es inferior a 10 t/m^2.

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación CTE-SE-C, para realizar esta nueva comprobación, se calculará el área equivalente de la base del macizo como L_1^* x L_2^*, siendo:

$$L_1^* = L\text{-}2e$$

$$L_2^* = L$$

Siendo:

L Lado del macizo de anclaje

e Excentricidad en la dirección del empuje

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

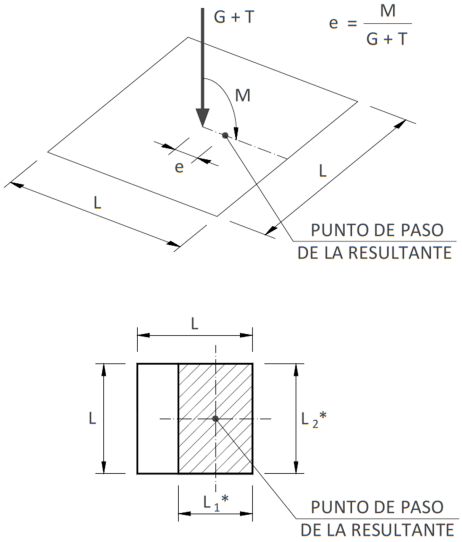


Figura 72. Tensión admisible del terreno

La tensión final se obtendrá descontando al resultado obtenido de la aplicación del criterio del CTE, la presión del terreno desalojado durante su excavación, $\sigma_{ex} = \gamma \cdot (h_T + H)$, es decir:

$$\sigma = \frac{(G+T)}{L_1^* \cdot L_2^*} - \gamma \cdot (h_T + H) \leq 10 \ t/m^2$$

En aquellos casos puntuales en los que se han obtenido valores superiores a dicha tensión admisible, se ha procedido a aumentar proporcionalmente la superficie cuadrada de la base del macizo, manteniendo el canto inicialmente calculado.

En el caso de alojamientos (registros y cámaras), no se considera el descuento de la presión del terreno desalojado durante su excavación.

– Para el caso de alojamientos (registros y cámaras), las dimensiones del macizo obtenidas mediante cálculo tienen que ser compatibles con las obtenidas en función de las longitudes de los elementos incluidos en dichos alojamientos.

  En el caso que las dimensiones necesarias para alojar los elementos sean mayores que las obtenidas por cálculo, se ha recalculado la altura H del macizo manteniendo el volumen de hormigón, cumpliendo la hipótesis de deslizamiento y comprobando vuelco y tensión admisible del terreno. Se han mantenido las dimensiones del dado de anclaje. Estos casos son los reflejados en las tablas de los planos incluidos en el *Anexo 3. Planos*.

  Se considera que las distintas piezas y elementos que se encuentran en el interior de los alojamientos van embridados, por lo que soportan las tracciones originadas por los empujes y no precisan anclaje.

  En el *Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje* se incluyen tablas de alojamientos considerando únicamente el cálculo estructural, es decir, sin tener en cuenta los elementos que alojan.

– Serán objeto de estudio detallado las hipótesis siguientes:

  - Tuberías de diámetro superior a 1.000 mm.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Presiones hidráulicas superiores a 2,5 MPa.
- Empujes cuyo valor supere las 100 t.
- Situaciones en las que existan 2 o más tuberías en paralelo.
- Cuando en el terreno exista presencia de agua o se esté por debajo del nivel freático, habrá que considerar el cambio de parámetros del terreno, las subpresiones, etc.
- Situaciones en las que existan otro tipo de sobrecargas.

En estos casos se analizarán las soluciones más adecuadas en función de las condiciones particulares del terreno, zanja, tipo de unión o cualquier otra distinta a las consideradas y desarrolladas en los párrafos anteriores. Se podrán determinar los empujes aplicando las fórmulas que se señalan, justificándose debidamente las dimensiones de los macizos y dados de anclaje y armaduras necesarias.

IV.7.3.1.5 Recomendaciones de diseño

Las recomendaciones de diseño que deberán tenerse en cuenta son las siguientes:

– Para determinar los parámetros del terreno, se recomienda partir de un estudio geotécnico de la zona particular. En ausencia de este estudio, el proyectista podría emplear alguna tabla genérica de caracterización del terreno, asumiendo la responsabilidad que dicha suposición conlleva.

  El valor de cálculo de la resistencia del terreno o presión admisible (R_d), según se define en el Código Técnico de la Edificación CTE-SE-C, se obtendrá aplicando la expresión:

$$R_d = \frac{R_K}{\gamma_R}$$

  Siendo:

  R_K Valor característico de la presión de hundimiento

  γ_R Coeficiente parcial de resistencia, de valor 3

  En cuanto a la presión de hundimiento que debe ser considerada, en el Código Técnico de la Edificación CTE-SE-C se incluyen los métodos analíticos que pueden emplearse para su cálculo.

– Como criterio de diseño es aconsejable evitar codos de ángulo elevado, y sustituirlos en la medida de lo posible por codos de ángulos inferiores, es decir, proyectar, por ejemplo, dos codos de 22º30´ debidamente distanciados, en lugar de un codo de 45°. De este modo serán necesarios macizos de anclaje de tamaño más reducido y más sencillos de ejecutar.

– Se recomienda anclar las conducciones cuyo trazado longitudinal presente pendientes superiores al 20 %, siguiendo las indicaciones desarrolladas en los apartados *IV.7.1* y *IV.7.2.*

– En aquellos casos en los que las hipótesis de partida no fueran las contempladas en este documento, se podrán estudiar distintas alternativas para cada caso particular:

  - La consideración del empuje pasivo de la pared lateral del macizo.
  - El empleo de tacones que permitan contar con la colaboración de una profundidad mayor del terreno. Esta práctica requiere una ejecución más compleja.
  - Uniones autotrabadas o acerrojadas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Otras alternativas, siempre y cuando se encuentren debidamente justificadas.

IV.7.3.2 *Codos verticales*

Cuando el trazado de la tubería presente una trayectoria descendente, se deberá diseñar un elemento de hormigón cuyo peso garantice el anclaje, según el esquema resistente representado en la *Figura 73*:

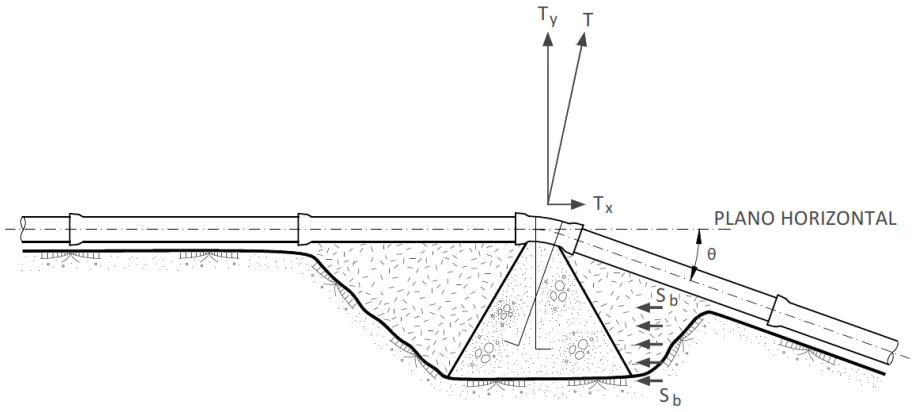


Figura 73. Macizo de anclaje, codo vertical

El volumen mínimo de hormigón requerido será tal que, sumado al peso del relleno dispuesto sobre el macizo (con espesor de al menos 1 m sobre la generatriz de la tubería, y debidamente compactado), equilibre la componente vertical del empuje, T_y, con un coeficiente de seguridad de valor no inferior a 1,5. La componente horizontal del empuje, T_x, se equilibraría mediante la fuerza de rozamiento movilizado en la base del macizo y la colaboración del empuje lateral del terreno. Una vez obtenido el volumen mínimo de hormigón se comprobarán los mismos condicionantes que en el resto de los anclajes, es decir: deslizamiento, vuelco y tensiones del terreno. Debe disponerse una armadura de anclaje de cuantía suficiente para transmitir el empuje generado en el codo al macizo.

Para los macizos de anclaje así diseñados, se exige un volumen de hormigón V_g, tal que:

$$V_g = S_f \cdot \frac{T_y}{\rho_c}$$

Siendo:

T_y Componente vertical del empuje

S_f Coeficiente de seguridad de valor 1,5

ρ_c Densidad del hormigón

La geometría y el diseño de estos elementos se realizará de acuerdo con las bases de cálculo descritas en el apartado *IV.7.3.1* (estabilidad frente al deslizamiento, vuelco, y transmisión de tensiones al terreno), y admite numerosas soluciones. Es recomendable rellenar la excavación realizada con el propio hormigón.

En el caso de codos verticales ascendentes, el problema de diseño consistiría realmente en proyectar una zapata de cimentación que sea capaz de transmitir eficazmente al terreno los empujes generados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

IV.7.3.3 *Armado*

La armadura de anclaje en el macizo cumplirá los requerimientos reflejados en el Código Estructural CE-21 y se ha dimensionado conforme a las indicaciones de la EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural, y del "ACI-CODE 318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary" (ACI 318-19), del American Concrete Institute (ACI), siguiendo los esquemas propuestos en la *Figura 74*:

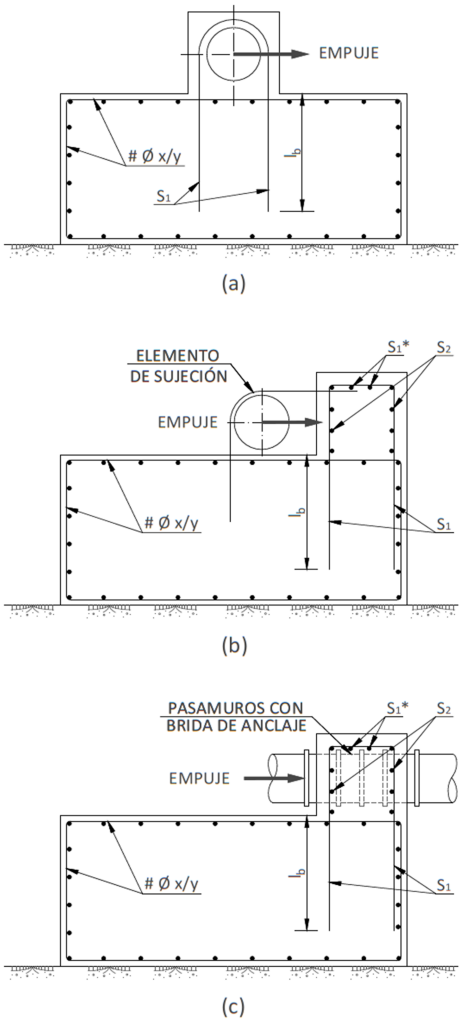


Figura 74. Armado de macizos

Las prescripciones para tener en cuenta de estos documentos son las siguientes:

- Se emplearán recubrimientos mínimos de 70 mm, tal y como corresponde a piezas hormigonadas contra el terreno. Aunque se disponga un hormigón de limpieza, tanto las paredes laterales como la cara superior del macizo quedarán en contacto directo con el terreno (CE-21: artículo 44.2.1.1, EHE-08. Art. 37.2.4).
- Se recomienda emplear armaduras de diámetro mínimo 12 mm (CE-21: Articulo 9.8.2.1, EHE-08. Art. 58.8.2).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Tanto la longitud de anclaje, lb, de las armaduras S_1 y S_1* como, en caso de ser necesario, la longitud de solapo entre la armadura de espera del macizo y la armadura vertical del dado, S_1, deben ajustarse a las prescripciones dadas en el artículo 49.5 del CE-21 o el 69.5 de la EHE-08.
- Para la armadura horizontal, S_2, y vertical S_1, del dado, se consideran las cuantías geométricas mínimas respecto a la sección total del hormigón establecidas en el artículo 42.3.5. de la EHE-08. Las armaduras calculadas, S_1 y S_2, corresponden a cada una de las caras de la sección.
  - Cuantía mínima armadura horizontal S_2: 2,0 ‰
  - Cuantía mínima armadura vertical S_1: 1,2 ‰
- Todas las armaduras cumplirán, tanto separaciones mínimas como máximas indicadas:
  - Distancia libre mínima (CE-21: Artículo 49.4.1.1, EHE-08: artículo 69.4.1.1):
    - Distancia libre ≥ 20 mm.
    - Distancia libre ≥ diámetro de la barra mayor.
    - Distancia libre ≥ 1,25 veces el tamaño máximo del árido.
  - Separación máxima entre barras (CE-21: artículo 9.7, EHE-08: artículo 42.3.1): $s \leq 30$ cm.

  En caso de que no se cumpla la separación máxima entre barras, será necesario añadir una armadura suplementaria S_1* (en cada cara), tal como se indica en la *Figura 74*.
- En caso de dado con elemento o pasamuros alojado, hay que tener especial cuidado en que no queden zonas de hormigón sin armar.
- En el caso c, conducción que atraviesa el dado, se considerará un número par de redondos para la armadura S_1, por simetría a ambos lados del tubo.
- El procedimiento de cálculo seguido para determinar la armadura S_1 dispuesta, consiste en garantizar que la sección que conecta el dado con el macizo resiste tanto el cortante (resistido por corte-fricción) como el momento flector, introducidos por el empuje. En ningún caso este armado será inferior al que indica la EHE-08 por cuantías mínimas (artículo 42.3.5).

  El estado de corte-fricción, tal y como se recoge en el "Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón. En masa, armado y pretensado" de J. Calavera, es un Estado Límite Último que consiste en comprobar que la transferencia de esfuerzos se realiza directamente por cortante a través de una superficie potencial de fisuración o una junta entre dos hormigones. Este estado de cortante por fricción se explica con detalle en el "ACI-CODE 318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary" (ACI 318-19), del American Concrete Institute (ACI).

  Al experimentar un corrimiento paralelo a la superficie mencionada de las partes A y B, *Figura 79*, las crestas de la superficie rugosa montan unas sobre otras tensando la armadura de cosido A_{st}. Esta armadura A_{st} se refiere a cada una de las filas de armaduras perpendiculares a la dirección del empuje, tal como se indica en la *Figura 75.*

  La componente $A_{st}\cdot f_{yd}\cdot\mu\cdot\text{sen}(\alpha)$ es la resistencia del refuerzo por cortante y la $A_{st}\cdot f_{yd}\cdot\cos(\alpha)$ es la resistencia por tracción, esta última en el caso de que el ángulo α y el sentido del cortante sean los indicados en la *Figura 75*.

  Por tanto, la tensión tangencial en la superficie de la fractura, τ_d, según el diagrama de fuerzas indicado en la *Figura 75*, puede calcularse de la siguiente forma:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

$$V_u \leq V_n$$

$$V_u = \tau_d \cdot p \cdot d$$

$$V_n = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot [\mu \cdot sen\,(\alpha) + \cos(\alpha)]$$

De este modo, el esfuerzo cortante quedaría:

$$\tau_d = \frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{p \cdot d} \cdot [\mu \cdot sen\,(\alpha) + \cos(\alpha)]$$

Siendo (ver *Figura 75*):

- V_u Solicitación cortante de cálculo
- V_n Resistencia a cortante de cálculo
- A_{st} Armadura de cosido
- α Ángulo de la armadura de cosido
- s Separación entre redondos
- p Largo de la pieza, dado de hormigón en este caso
- d Ancho de la pieza, dado de hormigón en este caso, en sentido perpendicular a la *Figura 75*
- μ Coeficiente de rozamiento entre ambos hormigones

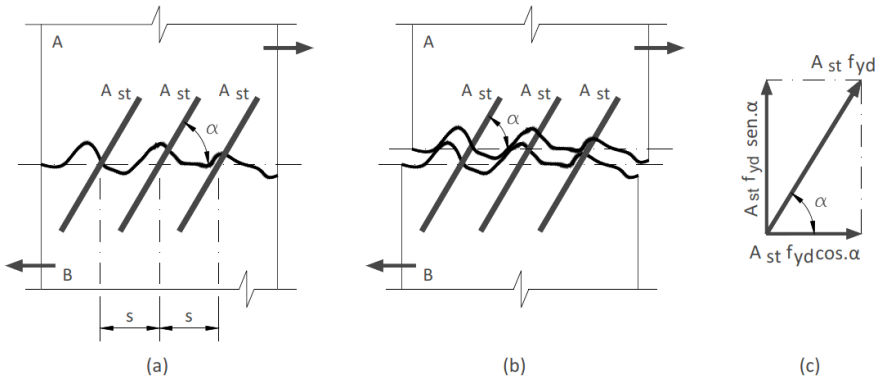


Figura 75. Estado de Corte fricción

Realmente μ no es tan solo un coeficiente de rozamiento, sino que además tiene en cuenta el efecto del engranaje de las crestas de la superficie de fractura y el efecto de pasador de la armadura. La norma 318-19 del American Concrete Institute (ACI 318-19) especifica los siguientes valores al respecto:

- $\mu = 1{,}4 \cdot \lambda$ Hormigón colocado monolíticamente
- $\mu = 1{,}0 \cdot \lambda$ Hormigón colocado contra otro endurecido y de superficie intencionadamente rugosa
- $\mu = 0{,}6 \cdot \lambda$ Hormigón colocado contra otro endurecido y de superficie no intencionadamente rugosa
- $\mu = 0{,}7 \cdot \lambda$ Hormigón anclado mediante conectadores

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Siendo λ=1,0 para hormigón de peso normal.

El apartado 47.2.2 Secciones con armadura transversal, de la EHE-08, referido al estado límite de agotamiento por esfuerzo rasante en juntas entre hormigones, limita la tensión rasante de agotamiento a:

$$\tau_d(N/mm^2) \leq 0{,}25 \cdot f_{cd}$$

$$0{,}25 \cdot f_{cd} = 0{,}25 \cdot \frac{f_{ck}}{1{,}5} \approx 0{,}166 \cdot f_{ck} = 0{,}166 \cdot 25\, N/mm^2 \approx 4{,}15\ N/mm^2$$

Dicho valor cumple con lo indicado en el artículo 6.2.5 Esfuerzo rasante en el contacto entre hormigones de diferentes edades del CE-21.

El procedimiento para comprobar el momento flector está recogido en el "Anejo 7 Cálculo simplificado de secciones en Estado Límite de Agotamiento frente a solicitaciones normales", apartado "3 Flexión simple en sección rectangular", subapartado "3.2 Comprobación", de la EHE-08.

Otro procedimiento es el indicado en "Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón. En masa, armado y pretensado." de J. Calavera. Consiste en comprobar que en la figura "*GT-84 Secciones rectangulares sometidas a flexión simple*", aplicable al diagrama de tensión-deformación rectangular, se está en la zona de cuantía mínima de acuerdo con la EHE-08. En este caso no sería necesario realizar la comprobación a flexión, siendo ésta obligatoria en caso contrario.

– Con objeto de minimizar la fisuración superficial del macizo, se recomienda armar todas sus caras mediante un mallazo formado por redondos de 12 mm a 10 cm, #Φ12/10.

IV.7.3.4 *Resultados*

Los resultados obtenidos, según el procedimiento descrito en los apartados precedentes, se presentan en las tablas incluidas en el *Anexo 2.* Dimensiones y armado de los macizos de anclaje y en el *Anexo 3.* Planos .

En el *Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje* se incluyen tablas para elementos enterrados (codos horizontales, codos verticales descendentes, derivaciones, válvulas de seccionamiento y extremos finales, y conos de reducción) y tablas para elementos alojados (cámaras y pozos de registro). En ellas se definen las dimensiones de los macizos obtenidos y el armado necesario para el dado, S_1, S_1* y S_2.

Cualquier variación que pueda proponerse sobre las dimensiones del macizo de anclaje indicadas en las tablas, deberá justificarse, requiriendo la conformidad del Servicio correspondiente de Canal de Isabel II, debiendo cumplir lo exigido por el vigente CE-21.

En los planos del *Anexo 3. Planos* se incluyen las tablas para definir los anclajes de los elementos que alojan.

Los resultados se han obtenido a partir de unas presiones de cálculo (P_{cal}) prefijadas. Esta presión deberá ser mayor que la presión de comparación (P_{comp}).

$$P_{cal} \geq P_{comp}$$

La presión de comparación se puede fijar bajo distintos criterios:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- La PMA del componente que tenga un menor valor de ésta, para evitar que el anclaje sea el elemento crítico de la instalación.
- La presión de prueba de la red, STP.
- La presión máxima de diseño, MDP, cuando la adopción del valor de la STP se considere un criterio excesivamente conservador.
- Otras debidamente justificadas, previa conformidad del Servicio correspondiente de Canal de Isabel II.

IV.8 Depósitos

En este apartado se indican una serie de aspectos fundamentales que hay que tener en cuenta en el diseño de los depósitos adicionalmente a lo expuesto en el apartado *II.6 Depósitos* y en la normativa referenciada en el mismo.

IV.8.1 Geometría

Generalmente, los depósitos se construirán con forma en planta rectangular y la altura de la lámina de agua oscilará entre 3 y 7 metros (ver *Tabla 67*). Deberá garantizarse un resguardo de 0,60 metros desde el nivel del aliviadero hasta la losa superior.

Tabla 67. Altura de agua recomendable

Capacidad útil (m^3)	*Altura de agua recomendable (m)*
Hasta 500	3 a 4
> 500 a 10.000	4 a 5
> 10.000	5 a 7

IV.8.2 Capacidad del depósito

La capacidad del depósito será suficiente para garantizar el abastecimiento a la zona servida durante 24 horas, incluyendo un volumen de reserva necesario para incendios y averías, y no debiendo ser nunca inferior a la necesaria para el abastecimiento durante 12 horas.

Las conducciones de entrada y salida de agua al depósito se dimensionarán para el régimen de caudales establecido para cada una de ellas en el apartado *IV.4* de estas Normas.

IV.8.3 Materiales

Los materiales empleados en la construcción de los depósitos de hormigón o acero deberán cumplir lo establecido para los mismos en el Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento.

No se podrán emplear hormigones con resistencias inferiores a 30 N/mm^2 debido a la posible presencia en el agua de sulfatos o cloruros, tal como prescribe el Código estructural CE-21 (artículo 43.2.1). Para las soluciones prefabricadas se suelen especificar valores entre 30 y 40 N/mm^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Asimismo, para conseguir una durabilidad adecuada, la calidad del hormigón empleado deberá ser acorde al tipo de ambiente al que se encuentre sometido cada elemento estructural, tal como se establece en el artículo 27 del Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento, o el artículo 8.2 de la EHE-08. En general se definirán ambientes distintos para la cimentación y para las paredes del depósito:

- En las cimentaciones y elementos enterrados se emplearán generalmente hormigones resistentes a la clase general de exposición XC2 del Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento, o IIa según la EHE-08, aunque en algunos casos podrá establecerse una clase específica diferente cuando la naturaleza del terreno dé lugar a una agresividad especial (por ejemplo, en caso de alto contenido de sulfatos).
- En las paredes interiores de los depósitos se recomienda utilizar un hormigón adecuado para la clase general de exposición XD2 del Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento, o clase general de exposición IV (resistente a cloruros) según la EHE-08, ya que el agua tratada presenta un alto contenido en cloro y su agresividad se potencia aún más por el hecho de las continuas variaciones de nivel.

IV.8.4 Diseño estructural

El dimensionamiento estructural de los depósitos se realizará conforme a la legislación y normativa vigente aplicable. Se deberá atender a lo especificado en la normativa vigente correspondiente al tipo de estructura. Concretamente, para estructuras de hormigón o de acero, deberá aplicarse el Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento. También deberá seguirse la Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE) así como, complementariamente, lo indicado en el resto de legislación y normativa vigente, especialmente los Eurocódigos 0, 1, 2, 3, 7 y 8 (UNE-EN 1990:2019, UNE-EN 1991, UNE-EN 1992, UNE-EN 1993, UNE-EN 1997 y UNE-EN 1998). Los Eurocódigos 1, 2, 3, 7 y 8 están compuestos de diferentes partes. A su vez, se tendrán en consideración, la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE-08) y la Instrucción de Acero Estructural (EAE), que abarcan tanto el proyecto como la construcción.

En el proyecto de cada depósito se aportará toda la documentación necesaria para justificar suficientemente su adecuado dimensionamiento, cumpliendo en todo caso lo especificado en el Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento, y en el Anejo 20 de la EHE-08.

Se recomienda considerar una vida útil nominal de 100 años, correspondiente a estructuras de ingeniería civil, según las bases de cálculo de estructuras del Código estructural CE-21 y de los Eurocódigos (UNE-EN 1990:2019), o a estructuras de importancia especial, según se indica en la EHE-08.

Por otra parte, los valores de los coeficientes de seguridad, tanto los de minoración de las propiedades de los materiales como los de mayoración de las acciones, dependen del material y de la situación comprobada. Se emplearán los indicados en la normativa correspondiente al material (Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento). Para el coeficiente parcial de seguridad en estados límites últimos para la acción del peso del agua (no para la presión producida por ella), se podrá adopta un valor de 1,20, tal como se establece en el anexo B de la UNE-EN 1991-4:2011 (en lugar del 1,50 indicado en la EHE-08 para las acciones permanentes de valor no constante).

Respecto a la abertura de fisura máxima a admitir en el cálculo, los depósitos de las redes de abastecimiento encomendadas a Canal de Isabel II se clasifican dentro de la clase de estanquidad 1 según

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

la UNE-EN 1992-3:2011, lo que supone que la fuga se limita a una pequeña cantidad (ver apartado *IV.5.2*) y son aceptables algunas manchas o zonas húmedas. Esto supone que cualquier fisura que se pueda esperar que pase completamente a través del espesor de la sección se deberá limitar a un valor comprendido entre 0,2, para $h_w/e \leq 5$, y 0,05 mm, para $h_w/e \geq 35$, en función de la relación entre la presión hidrostática (h_w) y el espesor de la pared de la estructura de contención (e). Para valores intermedios de h_w/e se puede interpolar linealmente entre 0,2 y 0,05. La limitación de las aberturas de fisura a estos valores debería dar como resultado el sellado eficaz de las fisuras dentro de un tiempo relativamente corto. Cuando no sea probable la fisuración de todo el espesor de la sección, se aplicarán los valores de máximas aberturas de fisura establecidos en el artículo 7.3 del Anejo 19 del Código estructural CE-21, de obligado cumplimiento, o en la EHE-08 (artículo 5.1.1.2).

En cuanto al cálculo sísmico, la NCSE obliga a reflejar en la Memoria del proyecto un apartado de "Acciones sísmicas", incluso en aquellos casos en los que, por situarse el depósito en zonas de baja sismicidad, como es el caso de la Comunidad de Madrid, no sea necesario tomar medidas especiales ni comprobar la estructura para la acción sísmica.

Se deberá prestar especial atención a las juntas (de hormigonado o construcción, retracción y dilatación) y a los conductos que atraviesan elementos estructurales, utilizando los materiales y juntas de sellado apropiadas.

Para el caso concreto de los depósitos prefabricados, adicionalmente a todo lo anterior, se tendrá en consideración lo señalado específicamente en las instrucciones y normas correspondientes. Además, en su proyecto y construcción será necesario aportar toda la documentación descriptiva y de detalle que permita conocer sus características y justificar su adecuado dimensionamiento, incluyéndose todos los cálculos, planos, etc. que sean precisos.

IV.9 Elementos de maniobra y control

En los epígrafes siguientes se especifican criterios de diseño en las redes de abastecimiento para elementos de maniobra y control descritos en el apartado *II.5*, donde también se especificaban los criterios de colocación correspondientes.

Por otra parte, las válvulas deberán ser tales que en condiciones de régimen permanente las velocidades del flujo no sobrepasen los valores de la *Tabla 34*.

IV.9.1 Válvulas de aeración

En los apartados siguientes se establecen unos criterios para el diseño de este tipo de válvulas a instalar en las redes de abastecimiento, en función de las tipologías establecidas en el apartado *II.5.5.*

En cualquier caso, una vez determinado el caudal de admisión o expulsión de aire de la válvula, así como la presión a la que debe trabajar, la misma se seleccionará a partir de las curvas de capacidad que relacionan el caudal de entrada/salida de aire y la presión interior de la conducción, las cuales deberán ser facilitadas por el correspondiente fabricante.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

IV.9.1.1 *Purgadores*

Los purgadores deberán ser capaces de expulsar un caudal de aire igual al 2% del caudal medio de agua circulante por el tramo de conducción sobre el que estén instalados a la presión de diseño de la conducción.

IV.9.1.2 *Ventosas bifuncionales*

Las ventosas bifuncionales deberán ser capaces de expulsar y admitir el caudal de aire necesario durante el llenado y vaciado de la conducción, respectivamente. También deberán estar preparadas para admitir el aire necesario ante eventuales roturas de la conducción. De este modo, se deberán tener en cuenta las siguientes situaciones para su diseño:

- Diseño para el llenado de la conducción

  Las ventosas deberán ser capaces de expulsar un caudal de aire igual al caudal de llenado de agua de la conducción soportando una presión relativa positiva de 0,3 bar. Se recomienda que la velocidad de llenado de la conducción esté alrededor de 0,3 m/s.

- Diseño para el vaciado de la conducción

  Las ventosas deberán ser capaces de inyectar un caudal de aire a la conducción igual a su caudal de vaciado de agua soportando una presión relativa negativa de 0,3 bar. Se recomienda que la velocidad máxima de vaciado de la conducción esté entre 0,3 y 0,6 m/s.

- Diseño para protección frente a roturas francas

  En esta hipótesis, las ventosas deberán ser capaces de inyectar un caudal de aire a la conducción suficiente para paliar los efectos negativos que se producirían ante el vaciado brusco de la conducción. Simplificadamente, dicho caudal dependerá del diámetro de la conducción y de su pendiente, pudiendo emplear, de manera aproximada, la siguiente expresión para el cálculo del caudal de aire necesario:

  $$Q = 24{,}6 \cdot \sqrt{ID^5 \cdot I}$$

  Siendo:

Q	Caudal de aire a inyectar (m3/s)
ID	Diámetro interior de la conducción (m)
I	Pendiente media de la conducción (adimensional)

  Con carácter general, esta hipótesis se calculará para una rotura parcial, con un caudal del 30% de los valores calculados anteriormente, correspondientes a la rotura franca. No obstante, y a juicio de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, podrá suponerse que la rotura sea de un valor diferente al anterior.

En cualquier caso, para evitar que se produzcan golpes de ariete por una excesiva aireación, las ventosas bifuncionales deberán diseñarse para que tengan la capacidad de venteo acorde a lo especificado para el llenado de la conducción. Si la necesidad de aducción de aire calculada conforme a las otras dos situaciones fuera superior a dicha capacidad de venteo, la necesidad de aire suplementaria se completará con válvulas de aire unidireccionales (aductores) que sólo permiten la entrada de aire, pero no la salida, evitando, de esta manera, sobredimensionar la salida de aire.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

IV.9.1.3 *Ventosas trifuncionales*

El diseño de los dispositivos para el llenado y vaciado se realizará conforme a lo enunciado en párrafos anteriores. En condiciones normales, los purgadores asociados a las ventosas trifuncionales suelen ser suficientes para la expulsión del aire necesario durante el servicio.

IV.9.2 Válvulas de control y seguridad

Cuando sea necesario, la reducción de la presión del agua se realizará mediante válvulas reguladoras de presión de diámetro inferior al de la tubería. Generalmente, las velocidades de paso por la válvula no deben ser superiores a 5 m/s. Si la diferencia entre la presión original y la reducida es elevada, la reducción de presión se llevará a cabo escalonadamente en intervalos de reducción del 50% como máximo, con el fin de evitar la aparición de cavitación.

Se deberán colocar al menos dos válvulas reductoras de presión instaladas en paralelo, permaneciendo alternativamente en funcionamiento una de ellas y manteniendo la otra en reserva.

Si se prevé que puedan circular caudales pequeños, por debajo del umbral de funcionamiento óptimo de la válvula reductora de presión, una de las válvulas será del diámetro adecuado para regular estos caudales.

En los sistemas reguladores de presión, se procederá a instalar dos válvulas de seccionamiento (compuerta o mariposa) una a cada lado de la válvula, junto con los carretes de desmontaje, manómetros de control y un filtro aguas arriba de la línea de regulación.

IV.9.3 Desagües

El diámetro de los desagües dependerá del volumen de agua a desalojar, que a su vez depende de la localización de puntos altos y bajos, el diámetro de la tubería, etc. En la *Tabla 68* se indican los diámetros mínimos recomendables para los desagües en función del tamaño de la conducción. Dichos diámetros deberán ser calculados para cada caso y para diámetros superiores a los indicados en la tabla.

Tabla 68. Diámetros recomendados para los desagües

DN de la tubería	***DN del desagüe***
DN ≤ 200	80
250 ≤ DN ≤ 350	100
400 ≤ DN ≤ 600	150
700 ≤ DN ≤ 1.000	200

Cuando sea posible, los desagües deberán disponerse de tal manera que puedan conectarse a la red de alcantarillado.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

V Consideraciones constructivas

Para el replanteo y la realización de las obras se tendrán en cuenta todas las consideraciones administrativas y de carácter legal necesarias para su ejecución. Se prestará una atención especial a las medidas de protección medioambiental, seguridad y salud y gestión de residuos.

V.1 Seguridad y salud y protección medioambiental

Deberá prestarse especial atención a la seguridad y salud en el trabajo, a cuyo efecto será preceptivo el cumplimiento de la legislación vigente en materia de Seguridad y Salud en el trabajo en lo que sea de aplicación y en particular:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y la Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (el cual se ve modificado por el RD 2177/2004).
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas, en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y Real Decreto 427/2021, de 15 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto
- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, mencionado anteriormente, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.

De la misma manera, deberá prestarse especial atención a la protección medioambiental, a cuyo efecto será preceptivo el cumplimiento de la legislación vigente en lo que le sea de aplicación. En particular, la Ley 22/2011 de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados y la Ley 5/2003 de 20 de marzo, de residuos de la Comunidad de Madrid.

Se deberán tener en cuenta para cada actuación específica las normas de prevención y protección medioambiental que establezca la legislación vigente en cada caso.

Respecto al ruido ambiental o contaminación acústica, considerado tanto en su vertiente de protección de la salud como del medioambiente, se deberá cumplir la legislación indicada en el apartado *II.7.5.3*.

V.2 Gestión de residuos

Según el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) con arreglo a la orden MAM/304/2002 de 8 de febrero y sus modificaciones posteriores, el productor de los residuos debe incluir un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición con los contenidos mínimos que indica el citado Real Decreto.

Asimismo, para la gestión de los residuos generados durante la construcción de las obras, se tendrán en cuenta las especificaciones establecidas en el Real Decreto mencionado, así como en el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante deposito en vertedero y en el Real Decreto 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado, y las especificaciones establecidas en la Ley 22/2011 de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, la Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid y la Orden 2726/2009, de 16 de julio, por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid.

De igual modo, para aquellos casos en los que se planifique la utilización de materiales naturales excavados en obras distintas a aquéllas en las que se generaron y en operaciones de relleno, se tendrá en consideración lo establecido en la Orden APM/1007/2017.

Para la gestión de los residuos de amianto generados durante la construcción de las obras, se tendrán en cuenta las especificaciones establecidas en el Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

V.3 Medidas de prevención y seguridad en las instalaciones

Todas las instalaciones deberán cumplir con todos los requisitos de seguridad y salud establecidos en la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales, así como en materia de seguridad industrial, que sean de aplicación durante su posterior explotación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Las obras ejecutadas deberán contar con las medidas preventivas y de seguridad necesarias que permitan evitar riesgos en la explotación de las instalaciones.

V.4 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 y sin dejarlos caer en ningún momento. En el caso de los tubos, debe evitarse que rueden sobre piedras. Cualquier defecto, daño o deterioro detectado en los mismos podrá ser razón suficiente para su rechazo. En este sentido, se prestará especial atención a las tuberías de PRFV, debido a su fragilidad ante posibles impactos.

V.4.1 Transporte

Las operaciones de transporte de los tubos deberán hacerse, en su caso, conforme a las vigentes normas de seguridad vial y tráfico. El transporte desde fábrica se realizará con medios adecuados a las dimensiones de los componentes, solicitándose, si es el caso, los permisos pertinentes para el transporte por carretera.

En primer lugar, deberá cuidarse 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 del mismo desde la hilera de la base hacia arriba. No se admitirán cargas adicionales sobre los tubos que puedan producirles deformaciones excesivas. Asimismo, se garantizará su inmovilidad y se apilarán de forma que no queden en contacto unos con otros, disponiendo para ello cuñas de madera o elementos elásticos. Se deberá prestar especial atención a todo ello en el caso de los tubos flexibles, y más cuidadosamente en el PRFV. Los tubos con uniones de enchufe y extremo liso deberán colocarse con los extremos alternados, de tal modo que los enchufes no queden en contacto con los tubos inferiores.

V.4.2 Almacenamiento

Cuando los tubos se almacenen sobre el terreno deberá comprobarse que éste tenga la suficiente resistencia para soportar las cargas a las que vaya a estar sometido y sea lo suficientemente liso para que se apoyen en toda su longitud, sin riesgo de poder ser dañados por piedras u otros salientes. Las precauciones deben ser máximas cuando se almacenen tubos de PRFV.

El acopio de los tubos en obra se hará, habitualmente, en posición horizontal, sujetos mediante calzos de madera u otros dispositivos que garanticen su inmovilidad. Sin embargo, los tubos de hormigón podrán almacenarse en posición vertical, siempre que no se ocasionen daños en sus boquillas al colocarlos en esta posición, si se dispone de una solera rígida y se garantizan las debidas condiciones de seguridad.

El número de hileras superpuestas en los acopios y su disposición (piramidal o prismática) deberá ser tal que ninguno de los tubos apilados sufra daños. Cuando la manipulación sea manual, la altura máxima será inferior al alcance que, en condiciones de seguridad, tenga el personal que realice el trabajo, no

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

debiendo, en ningún caso, excederse alturas de 3 metros. En la tabla siguiente se relacionan unos valores recomendados para las alturas máximas de apilamiento.

Tabla 69. Alturas máximas (número de hileras) de almacenamiento de los tubos

DN	*Fundición*	*Hormigón*	*Acero*	*PE*	*PVC-O*	*PRFV*
≤ 100	16			10	12	5
200	11			6	7	5
300	9			4	4	5
400	7			3	3	5
500	5			3	2	4
600	5			3	2	3
700	4			3	2	3
800	3		3	3	1	2
900	3		3	2	1	2
1.000	2	1	3	2	1	2
1.100	2	1	2	2		2
1.200	2	1	2	2		2
1.400	1	1	2	2		1
> 1.500	1	1	1	1		1

El tiempo de almacenamiento deberá restringirse al mínimo posible, no debiendo prolongarse innecesariamente. Además, habrá que procurar la adecuada protección frente a posibles daños externos, especialmente en los anillos elastoméricos y las válvulas, que habrá que situar en lugar cerrado y protegidos de la luz solar y de temperaturas elevadas. En los tubos de hormigón en particular, deberá evitarse que sufran secados excesivos o fríos intensos.

Los tubos de materiales plásticos no deberán estar en contacto con combustibles o disolventes, se protegerán de la luz solar y se evitará que su superficie alcance temperaturas superiores a 45 o 50 °C.

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

- Las juntas se mantendrán limpias y no se expondrán a la intemperie hasta el momento de su utilización.
- La temperatura de almacenaje estará comprendida entre 10 ˚C y 25 ˚C.
- Los anillos elastoméricos 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.
- Los anillos elastoméricos 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. También 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 deberán estar suspendidas por ninguna parte de su circunferencia.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– No estarán en contacto con materiales líquidos o semisólidos, en especial disolventes, aceites y grasas, ni con metales.

V.4.3 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 se hará, en la medida de lo posible, cerca del lugar donde vayan a ser colocados, de tal manera que el movimiento de los tubos, una vez descargados, sea mínimo, y evitando que el tubo quede apoyado sobre puntos aislados.

Si la zanja no estuviera abierta en el momento de la descarga de los tubos, éstos deberán colocarse, siempre que sea posible, en el lado opuesto a aquel en que se piensen depositar los productos de la excavación, de tal forma que queden protegidos del tránsito de vehículos, explosivos, etc.

En general, las operaciones de carga y descarga de los tubos habrá que realizarlas mediante equipos mecánicos, si bien, para diámetros reducidos podrán emplearse medios manuales. Nunca se suspenderá el tubo por un extremo ni se descargará por lanzamiento. Sin embargo, si es admisible la descarga mediante estrobos, enganchando para ello las bocas del tubo.

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

No será admisible la rodadura o el arrastre de los tubos sobre el terreno, especialmente si los tubos tienen revestimientos exteriores. En el caso de que los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II admitan la rodadura, ésta debe realizarse sobre superficies preparadas a tal efecto de forma que no se ocasionen desperfectos en el tubo.

La descarga de los tubos de materiales plásticos, cuando se transporten unos dentro de otros, deberá comenzarse por los del interior. En los tubos de PVC-O, cuando se manejen con temperaturas inferiores a 0 ˚C, deberá prestarse especial atención a todas estas operaciones, evitando que sufran golpes. Asimismo, cualquier componente de PRFV que haya sufrido un daño podrá ser rechazado.

V.5 Instalaciones en zanja

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

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En el caso de interferencias con servicios afectados, se atenderá a las especificaciones del Real Decreto 171/2004, estableciendo la coordinación de actividades empresariales.

En el caso de instalación de conducciones de PE además de lo indicado en el presente artículo, se tendrá en cuenta lo indicado en la norma UNE 53394:2018 IN.

La clasificación de los suelos en este apartado se realiza en base a las características intrínsecas de sus materiales según el artículo 330 del Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3).

V.5.1 Geometría de las zanjas

En general se procurará excavar las zanjas con un talud estable de forma natural siguiendo las recomendaciones de los estudios geotécnicos. Si esto no fuera posible y de dichos estudios se desprendiera que hay riesgo de inestabilidad en las paredes de la zanja, éstas deberán entibarse conforme a lo establecido en el epígrafe *V.5.4*.

En cualquier caso, es también recomendable ataluzar el borde superior de la zanja, tal como se muestra en la *Figura 76.*

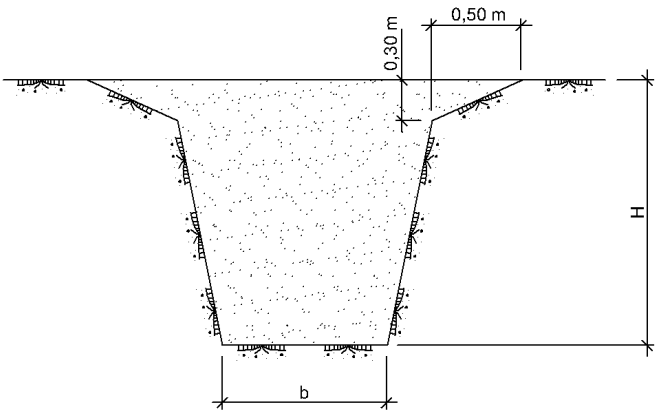


Figura 76. Bordes ataluzados en zanjas

Si la profundidad de la zanja fuera superior a unos cuatro o cinco metros, será recomendable que se dispongan en los taludes bermas del orden de un metro de ancho que dividan el desnivel existente entre el fondo de la zanja y la superficie natural del terreno en partes aproximadamente iguales, las cuales tampoco deberán exceder profundidades superiores a cuatro o cinco metros de altura (ver *Figura 77)*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

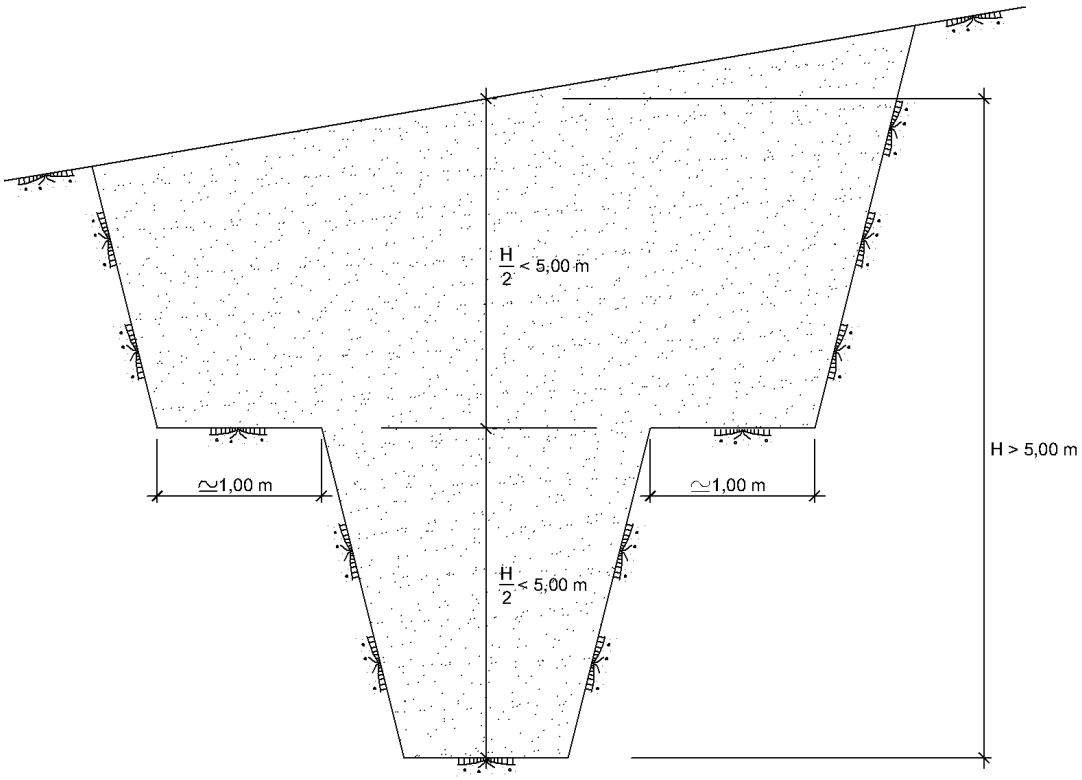


Figura 77. Bermas intermedias en zanjas profundas

El valor mínimo del ancho del fondo de zanja, b, será función de su profundidad y del diámetro de la conducción, debiendo adoptarse una anchura mínima no inferior a 80 cm y dejar, al menos, un espacio de 25 a 50 cm a cada lado del tubo, según se indica en la *Tabla 70*, debiéndose adoptar el valor superior obtenido de las dos tablas.

Tabla 70. Ancho mínimo de zanja en función del DN y de su profundidad

DN	***Ancho mínimo de zanja b (m)***
DN ≤ 350	OD + 0,50
350 < DN ≤ 700	OD + 0,70
700 < DN ≤ 1.200	OD + 0,85
DN > 1.200	OD + 1,00

Profundidad de zanja H (m)	***Ancho mínimo de zanja b (m)***
1,00 <H ≤ 1,75	0,80
1,75 <H ≤4,00	0,90
H > 4,00	1,00

Cuando se sitúen dos o más tuberías en la misma zanja, se deberá respetar un espacio de trabajo horizontal mínimo entre las generatrices interiores de las canalizaciones. Si no está especificado en el respectivo Proyecto, éste deberá ser de 0,50 m si el DN es menor de 700 mm o de 0,50 a 1 m para tuberías mayores.

Cuando la profundidad de la zanja o la pendiente de la solera sean grandes, deberá preverse un sobreancho de la zanja, para poder satisfacer las exigencias de montaje, en su caso, con medios auxiliares especiales, tales como pórticos, carretones, etc.

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

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

V.5.2 Ejecución de 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.

El fondo de la zanja deberá quedar perfilado de acuerdo con la pendiente de la tubería, por lo que su pendiente mínima será de 0,4 %, tal como se indica en el apartado *IV.3.3*. En general, se procurará excavar las zanjas en el sentido ascendente de la pendiente para dar salida a las aguas por el punto bajo. Se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar que las aguas superficiales inunden las zanjas abiertas realizando los trabajos necesarios 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 indicarán los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, 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 kg/cm^2, deberá mejorarse el terreno mediante sustitución o modificación.

La sustitución consistirá en la retirada de material inadecuado (artículo 330 del PG-3) y la colocación de seleccionado (artículo 330 del PG-3), 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 kg/cm^2. El tamaño máximo del árido del material de sustitución será de 30 mm. De la misma manera, dicha sustitución se podrá realizar mediante hormigón en masa, que dispondrá al menos de las características indicadas en la EHE-08 para el Hormigón No Estructural (HNE-15/C/TM).

La modificación o consolidación del terreno se efectuará mediante la adición de material seleccionado (artículo 330 del PG-3) 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 efectuarán conforme avance el montaje de la tubería. En general, deberá excavarse hasta un espesor por debajo de la línea de la rasante igual al de la cama de apoyo, si existe, siempre que el terreno sea uniforme y no meteorizable.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

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 el ancho necesario para evitar su caída. Dicha distancia, desde el borde de la zanja, será superior a la mitad de su profundidad, como norma general, y superior a su profundidad, en terrenos arenosos. Deberá estudiarse en función del tipo de terreno. Para los que no sean utilizables en el relleno se seguirá el Plan de Gestión de Residuos correspondiente. En particular, deberá removerse la tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, recomendándose su acopio y posterior reposición en la traza de la tubería, al objeto de paliar el impacto ambiental que la misma haya podido producir.

V.5.3 Agotamiento de zanjas y rebajamiento del nivel freático

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

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

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

En los casos que sea necesario, podrá requerirse el correspondiente drenaje longitudinal de la zanja, a uno o a ambos lados de ésta. Si se adopta la solución de dos drenes, éstos deberán unirse cada cierto intervalo, preferentemente en la zona de uniones.

V.5.4 Entibaciones

Si la excavación de la zanja hubiera de realizarse con taludes inestables de forma natural, y si de los estudios geotécnicos realizados se desprendiera que hay riesgo de inestabilidad en las paredes de la zanja, de tal manera que la pendiente de las paredes sea superior a la del ángulo de deslizamiento del terreno o talud natural, las mismas deberán entibarse. Las entibaciones tienen por objeto asegurar la estabilidad de las paredes verticales de la zanja y proteger a los trabajadores de su derrumbamiento.

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 y su estabilidad esté garantizada.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En caso de que la entibación esté constituida por un sistema metálico completamente ensamblado a partir de componentes prefabricados, diseñados especialmente para tal fin, deberá ser conforme con las normas UNE-EN 13331-1:2002 y UNE-EN 13331-2:2002:

- La parte 1 especifica los requisitos de los sistemas metálicos de entibación de zanjas completamente ensamblados a partir de componentes prefabricados.
- La parte 2 prescribe los métodos de cálculo y de ensayo para evaluar la conformidad de los sistemas de entibación con los requisitos establecidos en la parte 1.

El diseño, dimensionamiento y cálculo de la entibación serán de la exclusiva responsabilidad del contratista de las obras, quién deberá presentar a los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, si así lo requieren, los planos y cálculos justificativos de la misma. En cualquier caso, la resistencia característica mínima del sistema debe ser de 30 kN/m^2, tal como se indica en la norma UNE-EN 13331-1:2002.

Se deberá disponer de un manual de instrucciones que facilite toda la información necesaria sobre la designación y la utilización segura del sistema de entibación, según normas referidas.

Las entibaciones mediante tablestacas o paneles fenólicos de madera solo podrán utilizarse puntualmente, mediante la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Para el caso de entibaciones de madera, se podrán considerar las indicaciones de buenas prácticas recogidas en la Nota Técnica de Prevención NTP 278, del Instituto nacional de seguridad y salud en el trabajo (INSST).

La siguiente tabla resume los tipos de entibación aconsejables en función de la tipología del terreno, según NTP 278:

Tabla 71. Tipos de entibación en función de la tipología del terreno

Tipo de terreno	Solicitación	Profundidad del corte (m)			
		< 1,30	1,30 - 2,00	2,00 - 2,50	> 2,50
Coherente	Sin solicitación	---	Ligera	Semicuajada	Cuajada
	Solicitación de vial	Ligera	Semicuajada	Cuajada	
	Solicitación de cimentación	Cuajada			
Suelto	Cualquiera	Cuajada			

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

V.5.5 Camas de apoyo

Las tuberías no podrán instalarse de forma tal que el contacto o apoyo sea puntual o una línea de soporte. No deberán apoyarse directamente en el fondo de la zanja, sino que deberán hacerlo en una cama de apoyo en un ángulo de 60º como mínimo. La cama de apoyo tiene por misión asegurar una distribución uniforme de las presiones exteriores sobre la conducción. Se prestará especial atención en el caso de los tubos de PRFV.

Tanto el fondo de la zanja como la superficie superior de la cama de apoyo, deberá quedar perfilado de acuerdo con la pendiente de la tubería.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Para tuberías con protección exterior, el material y ejecución de la cama de apoyo deberán ser tales que el revestimiento protector no sufra daños.

En los casos en que la tubería esté colocada en zonas de agua circulante, deberá adoptarse un sistema tal que evite el lavado y transporte del material constituyente de la cama.

Las camas de apoyo podrán ser de material granular o de hormigón, y deberán especificarse en los proyectos correspondientes, conforme a las especificaciones que se indican a continuación.

V.5.5.1 *Camas de material granular*

Las camas de apoyo serán, en general, de material granular, debiendo cumplir con las siguientes especificaciones:

- El espesor mínimo bajo la generatriz inferior del tubo será de 15 cm para asegurar el perfecto asiento de la tubería.
- El material 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), y 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 acuñados. 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 a 10 cm compactadas mecánicamente. Los grados de compactación serán tales que la densidad resulte como mínimo el 95% de la máxima del ensayo Próctor modificado según norma UNE 103501:1994, o bien el 70% de la densidad relativa si se tratara de material granular libremente drenante (arenas y gravas finas), de acuerdo con las normas NLT-204/72 y NLT-205/91.

Las camas granulares simplemente vertidas no se realizarán en ningún caso. Además, deberá prestarse especial cuidado en las operaciones de extensión y compactación para no producir movimientos ni daños en la tubería.

V.5.5.2 *Camas de hormigón*

En caso de emplear camas de hormigón, las características geométricas y mecánicas deberán figurar en el proyecto, debiendo en general cumplir con las siguientes especificaciones:

- Espesor mínimo bajo la generatriz inferior del tubo de unos 10 a 15 cm.
- Resistencia característica no inferior a 20 N/mm^2.
- Tamaño máximo del árido no mayor de la cuarta parte del espesor de la cama bajo el tubo.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Ángulo de la cama de apoyo de 90º a 180º (en función del factor de apoyo que adopte el proyectista en el cálculo mecánico).

En las zonas de uniones, la cama se interrumpirá en un tramo de unos 80 cm como mínimo y, en su caso, deberá profundizarse la excavación del fondo de la zanja hasta dejar bajo la tubería el espacio suficiente para su ejecución.

La cama de hormigón se construirá con los tubos colocados en su posición definitiva, apoyados sobre calzos que impidan movimientos en la tubería y debiendo asegurar el contacto del tubo con el hormigón en toda la superficie de apoyo.

V.5.5.3 *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, profundidad de la excavación, tipo de relleno, cargas actuantes, etc.

Como criterio general, los tubos flexibles deberán disponerse sobre camas granulares, no debiendo apoyar ni embutir la tubería en hormigón. Se exceptúan de esto los casos indicados en el apartado *II.2.4.1* en los que se podrán instalar completamente embebidos en hormigón.

En relación con la naturaleza del terreno del fondo de la zanja se tendrán en cuenta las indicaciones siguientes:

– Terrenos de gran resistencia y rocas: se dispondrán camas, en general, granulares con un espesor mínimo de unos 15 a 20 cm.

– Suelos normales (areno-arcillosos estables): en general, deberán disponerse camas granulares, o camas de hormigón.

– Suelos inadecuados (fangos, rellenos, etc.), (artículo 330 del PG-3): 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.

– 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.

Cuando el terreno del fondo de la zanja sean materiales deslizantes, arcillas expansivas, terrenos movedizos, etc., habrá de tratarse según figure en el proyecto o indiquen los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II para cada caso.

V.5.6 Colocación y montaje de la conducción

Previamente 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 se fijarán puntos de referencia, de alineación y de nivel, a partir de los cuales se colocarán los tubos.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Las tuberías, sus accesorios, el material de juntas y, cuando sean aplicables, los revestimientos de protección interior o exterior se inspeccionarán antes del descenso a la zanja para su instalación, tal como se indica en el epígrafe *VI.3*.

El descenso de la tubería se realizará con equipos de elevación adecuados tales como cables, eslingas, balancines y elementos de suspensión que no puedan dañar la conducción ni sus revestimientos. Sólo se podrá realizar de forma manual si la profundidad de la zanja no excede de 1,5 m, los tubos no son demasiado pesados y de diámetro inferior a 300 mm y el borde de la zanja suficientemente estable.

En caso contrario se deben emplear medios mecánicos adecuados para la carga, izado y descenso de los tubos. En el caso de tubos de gran diámetro se requiere el empleo de grúas automotrices.

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

En general, no se colocarán más de 100 metros de tubería sin proceder al relleno parcial de la zanja. En cualquier caso, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posible flotación de la tubería.

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

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

En el caso de zanjas con pendientes superiores al diez por ciento (10%), la tubería se colocará en sentido ascendente, excepto en caso de uniones acerrojadas. En el caso de que esto no sea posible, se tomarán las precauciones debidas para evitar el deslizamiento de los tubos.

Los extremos libres de las tuberías instaladas deberán ser tapados diariamente al finalizar la jornada de trabajo.

Una vez montados los tubos y el resto de los elementos, se procederá a la sujeción y apoyo de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y, en general, todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar desviaciones perjudiciales. Estos apoyos o sujeciones serán de hormigón, establecidos sobre terrenos de resistencia suficiente, y con el desarrollo preciso para evitar que puedan ser movidos por los esfuerzos soportados, conforme a lo especificado en el apartado *IV.7*.

Las conducciones podrán reforzarse con recubrimiento de hormigón si tuvieran que soportar cargas superiores a las de diseño de la propia tubería, para recubrimientos inferiores a 1 m, si se prevé que puedan producirse erosiones y descalces, si se quiere proteger la tubería frente a agresiones externas, o si se desea añadir peso para evitar su flotabilidad bajo el nivel freático. En estos casos, las características del hormigón y dimensiones de las secciones reforzadas se indicarán en el proyecto correspondiente. Las partes de la tubería correspondientes a las juntas se mantendrán libres, limpias y protegidas.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

A una distancia de 0,50 m sobre la generatriz superior de la conducción, se colocará una banda señalizadora, tal como se indica en la *Figura 79* y en la *Figura 80* Dicha banda será de color azul (PANTONE 3005 ó RAL 5005, 5007, 5010, 5015 ó 5017) y deberá incluir el texto AGUA CONSUMO HUMANO.

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

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

- Uniones de bridas. Las uniones de bridas se instalan interponiendo entre las dos coronas una arandela de material elastomérico centrada, que es comprimida con los tornillos pasantes de la unión, mediante llave dinamométrica. Las tuercas deben apretarse alternativamente. Si debido a la existencia de fugas de agua fuese necesario ajustar más las bridas, esta operación se haría de igual forma.
- Uniones de enchufe y extremo liso. En este tipo de unión deberá cuidarse especialmente que las superficies del tubo en contacto con el anillo elastomérico estén limpias y exentas de defectos superficiales, tales como coqueras o aristas, que puedan afectar a la estanquidad o dañar al anillo. Durante el montaje de la unión se efectúa el encaje correcto del anillo, comprobándose que los paramentos verticales del enchufe y del extremo liso están separados lo suficiente, para poder absorber los movimientos de la unión.

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

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

  - Limpieza de la superficie interior de la campana.
  - Lubricado, cuando proceda, de la superficie interior de la campana.
  - Limpieza del enchufe del tubo.
  - Colocación del anillo elastomérico en el enchufe del tubo a unir.
  - Lubricado de enchufe y anillo, una vez montado éste, en la zona de contacto con la campana.
  - Alineación del enchufe y extremo liso y emboquillado de la unión.
- Uniones mecánicas (tubos de fundición dúctil). Estas uniones están constituidas, en general, por elementos metálicos, independientes del tubo, un anillo elastomérico y tornillos con collarín de ajuste o sin él. Los extremos de los tubos no han de quedar a tope, sino con un pequeño huelgo. En los elementos mecánicos se debe comprobar que no haya rotura ni defectos de fundición, en su caso, examinándose el buen estado de los filetes de las roscas de los tornillos y de las tuercas y comprobándose también que los diámetros y longitudes de los tornillos son los que corresponden a la unión propuesta y al tamaño del tubo.
- Unión mediante manguito. Este tipo de unión solo es aplicable en tuberías de PRFV. Cuando la unión de los tubos se efectúe mediante manguito y anillo elastomérico ha de cuidarse especialmente el centrado de la unión, sobre todo cuando la tubería describa una curva.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

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

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

– Uniones soldadas. En general, para los materiales metálicos la preparación y soldeo de las uniones debe realizarse según lo indicado en las normas UNE-EN ISO 15607:2020, UNE-EN ISO 15609-1:2020 y UNE-EN ISO 15614-1:2018, y por soldadores cualificados de acuerdo con lo especificado en la norma UNE-EN ISO 9606-1:2017. Según como sea la soldadura, estas juntas pueden ser a tope, mediante manguito o con embocadura (junta abocardada).

  Para los tubos de PE, los métodos de soldadura a tope, con embocadura o por electrofusión, deben cumplir con lo especificado en la norma UNE 53394:2018 IN. Es recomendable que la empresa adjudicataria de la instalación y montaje de la conducción certifique que dispone de soldadores con el carné de especialista en instalación de sistemas de tuberías plásticas emitido por ASETUB.

V.5.7 Elementos de automatización y control

En la instalación del tritubo y cables de comunicación se seguirán las consideraciones dadas en las *"Especificaciones técnicas sobre la instalación y recepción de tendidos de fibra óptica para Canal de Isabel II, S.A."* y las instrucciones de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II. Con carácter general se efectuará teniendo en cuenta las siguientes indicaciones respecto a trazado, instalación en zanja, señalización y arquetas:

– Para la instalación del tritubo no deberá aprovecharse la zanja de la conducción de agua, salvo cuando las características de la obra civil de la conducción lo requieran, sino que se recomienda hacer expresamente una zanja de al menos 30 cm de ancho, que se realizará cuando finalicen las obras relativas a la conducción de agua.

– En el caso de que el trazado de la canalización del tritubo siga el mismo trazado que el de una tubería de abastecimiento de agua existente, el recorrido será paralelo a dicha tubería, con unas separaciones mínimas respecto a la tubería en horizontal de 25 cm y en vertical de 30 cm.

– Las curvas de la zanja tendrán el mayor radio de curvatura posible que permita el trazado, aconsejándose que no sea inferior a 25 m y teniendo en cuenta que, en caso necesario, puede llegar hasta 10 m.

– En cuanto al trazado en alzado, el tritubo se tenderá paralelo a la rasante del terreno, evitando en lo posible ondulaciones en la zanja, y a una profundidad mínima de 80 cm, pero sin rebasar los 150 cm. Excepcionalmente, en terreno rocoso, dicho valor se podrá reducir a 55 cm. En vías urbanas u otras situaciones que por necesidad se tenga que reducir esta profundidad a 50 cm, el tritubo siempre irá protegido con una capa de hormigón exceptuando los últimos 25 cm donde la terminación será similar a la existente (terreno, asfalto, solado, etc.).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

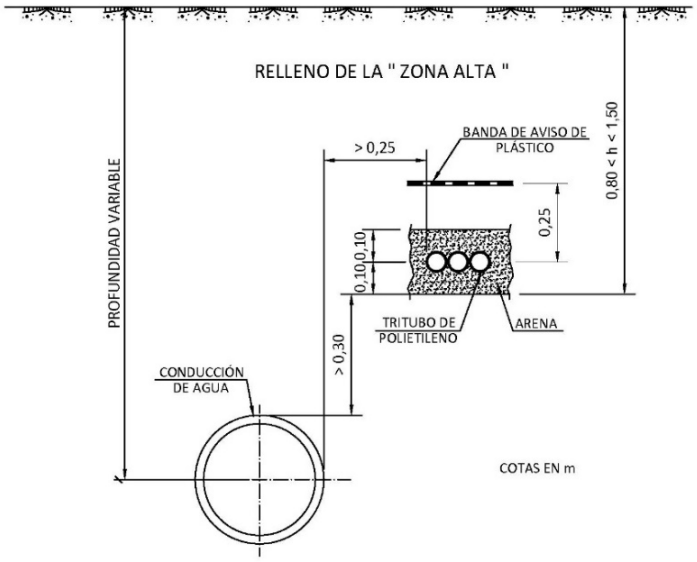


Figura 78. Instalación del tritubo

- Para evitar las grandes ondulaciones que se producen en el tritubo al dilatarse en la zanja por efectos térmicos, se recomienda realizar simultáneamente la instalación del tritubo y el recubrimiento de tierra.
- La operación de instalación se podrá realizar situando el tritubo al borde de la zanja y posteriormente bajándolo al fondo de ella, o bien colocándolo simultáneamente a la excavación mediante el empleo de una zanjadora.
- Cuando el terreno sea rocoso, antes de rellenar la zanja, si se reduce la profundidad de excavación, se recomienda cubrir el tritubo con una capa de hormigón en masa de 100 mm de alto por 300 mm de ancho.
- El relleno de la zanja se hará compactándose por tongadas de 20 cm de material.
- Cuando el tamaño de los áridos pueda deteriorar el tritubo, se tendrá especial cuidado al introducirlos en la zanja para que el impacto no lo dañe. Además, el tritubo se protegerá con dos capas de arena o tierra fina: una de asiento de 10 cm, depositada previamente a su colocación, y otra de cubierta de igual espesor. El conjunto será compactado antes de seguir tapando la zanja.
- A 25 cm sobre el tritubo y a lo largo de toda la instalación, se colocará una cinta de polietileno de baja densidad y con una película plástica de color verde, advirtiendo de la proximidad de cables de telecomunicaciones enterrados bajo la misma. Las dimensiones de la cinta serán de 15 cm x 200m de largo.
- De manera general, se instalará una arqueta de registro de hormigón prefabricado con solera y desagüe inferior cada 120 metros, (pudiendo llegar hasta los 150 metros dependiendo de las necesidades de la instalación), o en cambios de dirección o pendiente que no permitan respetar el radio de curvatura. Las arquetas también podrán realizarse in situ. Las tapas de las arquetas llevarán impreso el logo del Canal de Isabel II.
- Las arquetas serán de (ancho x largo) 80 x 70 cm u 80 x 80 cm de dimensiones interiores, con tapa de hormigón y cerco y precerco metálico, en zonas de acera y terreno natural. Allí donde exista posibilidad de tráfico rodado sobre las arquetas se colocarán tapas de fundición D-400.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Como excepción se podrán instalar arquetas de 60 x 60 cm de medidas interiores en áreas urbanas y en aquellas zonas donde exista problemas de espacio para la ubicación de las arquetas estándar.
- Las arquetas se colocarán enrasadas sin sobresalir cuando estén ubicadas en viales, aceras, parques o jardines, por el contrario, cuando se ubiquen en terreno natural o de cultivo, sobresaldrán del mismo 20/30 cm, y la cara superior de la solera estará como mínimo 20 cm más profunda que el tritubo.
- La entrada del tritubo en las arquetas con conducción hidráulica se hará perpendicularmente a una de sus paredes y sin cambiar de profundidad, procurando que no coincida con elementos que dificulten el tendido del cable ni entorpezcan las actuaciones de explotación hidráulica.
- El tritubo se adentrará en las arquetas hasta 15 cm medidos desde su paramento interior y se instalará dentro de un pasamuros para evitar la cizalladura entre la arqueta y el terreno en caso de un posible asiento diferencial. Dicho pasamuros tendrá un diámetro mínimo de 160 mm y una longitud suficiente para apoyarse en terreno firme, nunca inferior a 3 m. Se deberá elegir el material y la calidad del pasamuros que garantice que no se produce la cizalladura del tritubo por el terreno o, en su defecto, deberá sustituirlo por un elemento de calidad superior. El tubo se sellará con una capa fina de mortero o similar que impida la filtración de agua.
- Los empalmes, cruces y pasos singulares se efectuarán conforme a lo especificado en las vigentes "Especificaciones técnicas sobre la instalación y recepción de tendidos de fibra óptica para Canal de Isabel II, S.A.".

V.5.8 Rellenos

Una vez instalada la tubería se efectuará el relleno y compactado de la zanja por capas, distinguiendo dos zonas: baja y alta (ver *Figura 79)*.

La zona baja de las zanjas para tubos de fundición dúctil, hormigón y acero alcanzará una altura de unos 30 cm por encima de la generatriz superior del tubo. En ella se empleará relleno seleccionado (artículo 330 del PG-3) con un tamaño máximo recomendado de 3 cm, y se colocará en capas de pequeño espesor hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 95% del Próctor modificado.

En el caso de tubos de material plástico (PE, PVC-O y PRFV) se rellenará la zanja con gravilla de canto rodado de tamaño máximo 25 mm hasta 15 cm por encima de la clave de la tubería. Se prestará especial atención a la colocación en obra sobre los tubos de PRFV; el manual AWWA M45 3rd Edition, 2013, recomienda un tamaño máximo de partícula de 25, 32 ó 38 mm en función de que su DN esté comprendido entre 600 y 900 mm, entre 900 y 1.200 o sea superior a este valor, respectivamente.

En caso de que la zona baja se rellene con gravilla, se colocará un geotextil filtrante entre dicha zona y la zona alta, de tal manera que se evite la migración de finos de la zona alta a la baja, y se puedan producir deflexiones del terreno debido a su descompresión.

En la zona alta se empleará relleno adecuado (artículo 330 del PG-3) con un tamaño máximo recomendado de 15 cm, que se colocará en tongadas horizontales hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 100% del Próctor modificado.

El material del relleno, tanto para la zona alta como para la baja, podrá ser, en general, procedente de la excavación de la zanja, en caso de cumplir con las especificaciones dadas anteriormente.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34; NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

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

En cuanto a la instalación de tubos de acero, podrá rellenarse parte de la zanja con hormigón, en cuyo caso se deberá llegar hasta los riñones de la tubería.

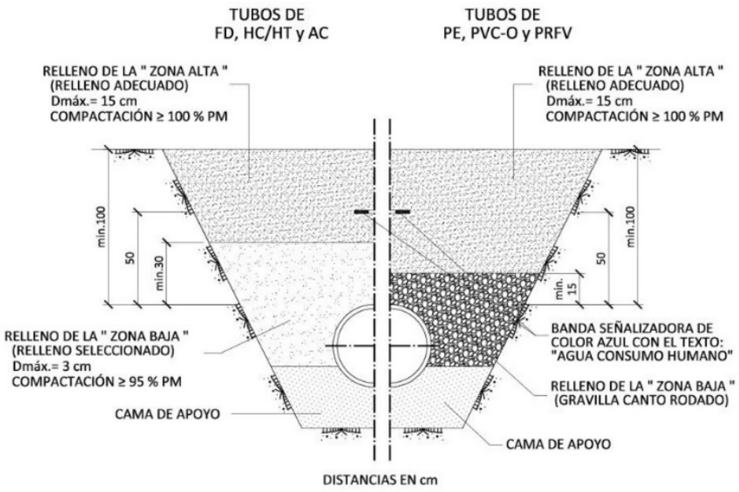


Figura 79. Rellenos en tubos enterrados en instalaciones convencionales

En el paso de arroyos y de carreteras, se presenta la *Figura 80* como solución orientativa, pero en todo caso, la solución que finalmente se considere deberá contar con la aprobación de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II y de los organismos afectados. En el caso de pasos de arroyo, la capa superior de zahorra natural que constituye el cauce del río (figura 80.a) se podrá sustituir por hormigón (figura 80.b), para evitar el lavado de finos de dicha capa. En caso de que la profundidad de enterramiento del tubo sea pequeña (sobre 1 o 1,5 m) se podrá rellenar la zanja de hormigón en su totalidad (figura 80.c).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

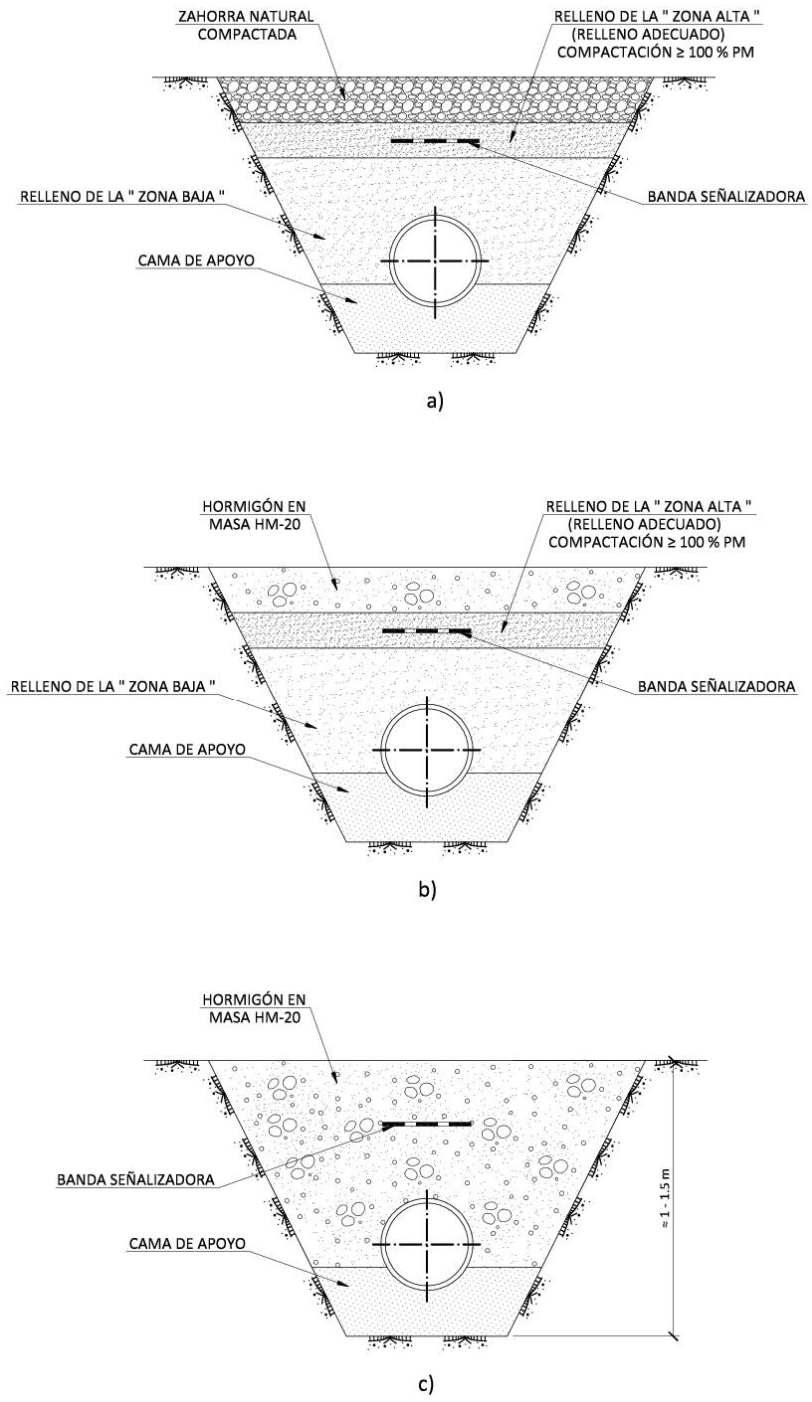


Figura 80. Rellenos en tubos enterrados en cruces de arroyos (a), pasos bajo viales o cruces de arroyos (b) y cruces de arroyos con poca profundidad de enterramiento (c)

V.5.9 Reposición del pavimento

Una vez realizadas las pruebas de instalación, que deberán cumplir con lo indicado en el epígrafe *VI.4*, se procederá a la reposición del pavimento afectado por la instalación de la conducción. La reposición

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

se efectuará con materiales análogos a los existentes antes de la excavación manteniéndose las mismas condiciones de urbanización en el vial por el que discurra la traza y conforme a las condiciones impuestas en las preceptivas licencias o permisos.

V.6 Instalaciones subterráneas sin apertura de zanja

La elección de una u otra técnica de instalación de tubería sin apertura de zanja depende de si el objetivo de la obra es:

- Instalación de nuevas conducciones.
- Renovación de conducciones.
- Sustitución de la conducción existente.

Se aplicará la normativa vigente al respecto, y en concreto las normas UNE-EN ISO 11295:2018 y UNE-EN ISO 11298-1:2018, UNE-EN ISO 11298-2:2018 y UNE-EN ISO 11298-3:2019, para renovación de redes en materiales plásticos.

En el caso de instalación de nuevas conducciones, la utilización de tecnologías sin apertura de zanja como alternativa a la instalación convencional enterrada suele realizarse 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.
- Zonas urbanas de alto uso ciudadano (ejes comerciales o lúdicos, arterias viarias, etc.).
- 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.

Aunque la ejecución sea sin apertura de zanja, en cualquier caso, es necesario realizar excavaciones puntuales para la construcción de pozos de registro en algunos lugares muy concretos, así como en los fosos de ataque o recepción de la obra subterránea, y a veces también en los puntos de conexión con acometidas.

Las técnicas más utilizadas para este tipo de instalaciones son:

- Instalación de nuevas conducciones:
  - Hinca.
    - Por percusión.
    - Por rotación.
    - Por empuje.
  - Perforación horizontal dirigida (PHD).
- Renovación de conducciones. Sistemas de refuerzo estructural. Se conserva la conducción existente introduciendo una nueva en su interior (Relining):
  - Metodo sliplining.
  - Método close-fit pipe.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Método cured in place pipe (CIPP).
- Método fold and form pipe (FFP).

– Sustitución de la conducción existente:

- Reventamiento (Bursting). Destrucción de la conducción existente, que queda sustituida por otra de las mismas dimensiones o, en ocasiones, ligeramente superior.
- Otros sistemas de sustitución de conducciones. Métodos que aun no siendo propiamente métodos de sustitución se podrían utilizar como tales en algunas circunstancias (microtuneladoras, perforación dirigida o extracción directa).

En cualquier caso, en la fase de proyecto, debe realizarse un estudio geotécnico que incluya, al menos, un perfil geológico-geotécnico de la traza de la tubería a hincar.

Además, previamente al comienzo de las obras, el contratista someterá a la aprobación técnica de Canal de Isabel II el procedimiento de instalación, así como los equipos que propone utilizar para la instalación de las tuberías, debiendo presentar los correspondientes cálculos mecánicos referentes a las solicitaciones a las cuales estará sometida la conducción durante la instalación.

V.7 Instalaciones de tubos aéreos

En la instalación de tubos aéreos, tanto en galerías de servicio como en recintos cerrados o a cielo abierto, la tubería debe colocarse exenta sobre apoyos aislados que, en general, suelen ser de hormigón o metálicos. Los apoyos de hormigón se disponen con una cuna de asiento de la tubería, la cual abarca al tubo en un arco de entre 120º y 180º. Cuando se empleen zunchos metálicos para el apoyo de los tubos, deben ser pletinas con ancho mínimo de 50 mm, las cuales han de estar protegidas contra la corrosión y no deberán, en ningún caso, provocar el aplastamiento local del tubo ni poner en peligro su integridad mecánica.

En el caso de tubos de materiales plásticos el apoyo debe realizarse mediante pinzas o abrazaderas de material plástico o metálico, las cuales no deben comprimir al tubo. En cualquier caso, debe cuidarse que la superficie de contacto con la tubería sea suave y lisa, recomendándose colocar a tal efecto, salvo disposiciones especiales, una lámina gruesa de material elastomérico adecuado o de fieltro de fibra imputrescible entre el tubo y el apoyo.

La distancia entre apoyos debe ser tal que se garantice lo especificado en el epígrafe *IV.5*. En la instalación de tubos aéreos, en general, se recomienda disponer dos apoyos por tubo.

Las uniones de los tubos y de las piezas especiales deben quedar al descubierto para permitir su montaje y desmontaje.

En instalaciones aéreas deben preverse, en general, dispositivos para compensar las dilataciones debidas a las variaciones de temperatura, circunstancia a la que se le prestará especial atención en las tuberías de acero y de polietileno.

Para el caso de tuberías que pudieran ser susceptibles de sufrir heladas, la conducción deberá ir calorifugada.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En la instalación aérea de tuberías de acero hay que cuidar especialmente la protección anticorrosiva del tubo, para lo cual debe quedar accesible toda su superficie exterior, cuidándose el diseño de las zonas de apoyo para facilitar su pintado y revisión cuando sea necesario.

Con carácter general, no es aconsejable emplear tubos de PE en instalaciones aéreas. Cuando los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II autoricen su utilización, las distancias máximas serán las contempladas en la norma UNE 53394:2018 IN.

De manera general, los tubos deberán disponer de una protección contra rayos ultravioletas. En concreto, los tubos de PVC-O que se dispongan en instalaciones aéreas, se deben proteger especialmente contra la acción de los rayos solares. En cualquier caso, la temperatura de la superficie exterior del tubo no debe alcanzar los 45º C.

V.8 Bandas de protección de las conducciones

Por el interés estratégico que representan las grandes conducciones en el abastecimiento de agua a la Comunidad de Madrid, es necesario garantizar su seguridad frente a actuaciones de terceros. Para tal fin, a lo largo de su trazado, se definen dos tipologías de protección a dichas infraestructuras sobre las zonas de suelo y proyección de vuelo que ocupan: Bandas de Infraestructura de Agua (BIA) y Franjas de Protección (FP).

Estas zonas de afección a la protección de las infraestructuras se establecen con independencia de las titularidades y derechos legales que recaigan sobre los suelos ocupados y sin diferenciación en la clasificación y calificación urbanística de los mismos.

V.8.1 Bandas de Infraestructura de Agua (BIA)

Se denomina Banda de Infraestructura de Agua (BIA) a una zona de un ancho determinado en función de las características técnicas y ubicación de las conducciones, en la que se establece una prohibición absoluta para construir y una fuerte limitación sobre cualquier actuación que se pretenda realizar en dicha banda.

Su anchura será definida por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II y variará entre 4 y 25 metros dependiendo de las características de las conducciones: sección hidráulica, número de conducciones paralelas, capacidad máxima de transporte, etc.

Sobre las Bandas de Infraestructura de Agua serán de aplicación las siguientes condiciones de protección:

- No se establecerán estructuras, salvo las muy ligeras que puedan levantarse con facilidad, y en cuyo caso se requerirá la conformidad expresa de Canal de Isabel II.
- No se colocarán instalaciones eléctricas que puedan provocar la aparición de corrientes parásitas.
- Se prohíbe la instalación de colectores.
- Cualquier actuación de plantación o ajardinamiento, instalación de viales sobre las Bandas de Infraestructura de Agua, así como su cruce por cualquier otra infraestructura, requerirá la conformidad técnica y patrimonial de Canal de Isabel II.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Cuando exista un condicionante de interés general que impida el cumplimiento de lo establecido en los puntos anteriores, Canal de Isabel II estudiará y propondrá una solución especial de protección que deberá ser aceptada por el solicitante para su ejecución.

V.8.2 Franjas de Protección (FP)

Se denomina Franja de Protección (FP) a dos zonas paralelas a ambos lados de la BIA, donde no existe limitación alguna para la edificación, pero sí se requiere autorización expresa de Canal de Isabel II.

Cada una de las dos zonas de la FP tendrá una anchura de 10 metros medidos desde la línea exterior correspondiente de la BIA asignada a la infraestructura de abastecimiento.

Para la ejecución en estas zonas de cualquier estructura o edificación, salvo las muy ligeras, se requerirá la oportuna conformidad de Canal de Isabel II, que condicionará su autorización a aspectos y procedimientos constructivos que puedan afectar a la seguridad de las conducciones existentes.

Cuando en caso de rotura de la conducción exista riesgo para la seguridad de las estructuras o edificaciones a construir en la FP, Canal de Isabel II podrá requerir la implantación en dichas construcciones de medidas correctoras o de protección.

V.9 Cruce de tuberías de abastecimiento con infraestructuras lineales

Los criterios que aquí se establecen se refieren tanto al cruce de tuberías de nueva construcción bajo infraestructuras existentes como al paso de infraestructuras de nueva construcción sobre tuberías, ya sean estas existentes o previstas.

Estos criterios se aplicarán para diámetro (DN) de la tubería de agua de abastecimiento afectada de a lo sumo 1.000 mm. Para los casos en los que el diámetro de la tubería supere esta dimensión (DN ≥ 1.000 mm), será necesaria la realización de un proyecto específico, a consensuar con la administración correspondiente.

Se deberán cumplir las condiciones generales y particulares establecidas con carácter obligatorio, que se determinen en las licencias o autorizaciones de los organismos competentes en la materia que la legislación vigente imponga.

V.9.1 Cruce de tuberías bajo infraestructuras lineales existentes

Se recomienda la realización del cruce con la estructura en aquellas zonas por las que el trazado de ésta discurra en terraplén.

Si se autoriza la ejecución del cruce a cielo abierto la tubería se alojará en una galería visitable, según se indica en el apartado *V.9.2*.

En caso contrario, el cruce de la conducción se podrá ejecutar mediante hinca de tubería o perforación horizontal dirigida con tubería de polietileno, tal como se indica en el apartado *V.6.*

En caso de ejecución mediante hinca de tubería, en el interior de la tubería hincada se alojará la tubería para abastecimiento. El diámetro mínimo contemplado para la tubería de abastecimiento en estas

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

condiciones será de 200 mm (DN ≥ 200 mm). El diámetro de la tubería de hinca (DN_H) excederá, como mínimo, en 300 mm al diámetro de la tubería de agua ($DN_H \geq DN + 300$ mm).

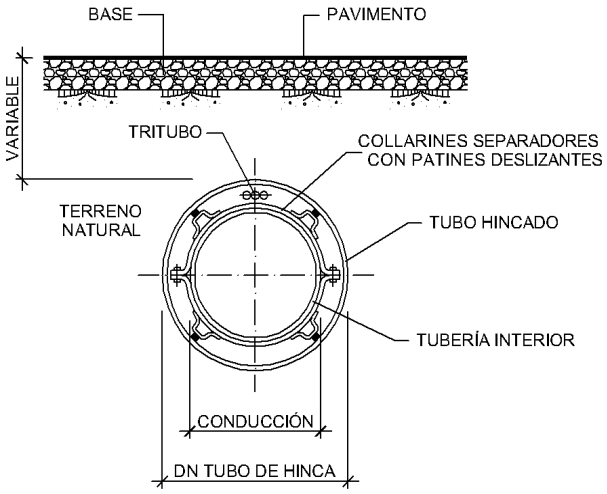


Figura 81. Sección transversal de hinca de tubería

La tubería de agua a instalar en el interior de la hincada, dependiendo de las condiciones del terreno, ambientales, etc, será de fundición dúctil con unión flexible acerrojada según UNE-EN 545:2011, de acero al carbono con protección anticorrosión, o de acero inoxidable AISI 316L según UNE-EN 10088-1:2015, con junta soldada, y espesor (e) mayor o igual que la centésima parte de su diámetro (DN) y nunca inferior de 6 mm (e ≥ DN/100 y e ≥ 6 mm).

El control, mantenimiento y explotación de la tubería de agua, objeto de la actuación, se realizará mediante la instalación de dos válvulas de seccionamiento, alojadas en cámaras, dispuestas a ambos lados de la infraestructura lineal, y cuya ubicación se adecuará a los requerimientos legales y a las condiciones del entorno. Se continuará la vaina hincada hasta las cámaras de válvulas con el fin de conducir por dicha vaina las posibles fugas que se puedan producir.

En otro caso, se recomienda para su ejecución el sistema de perforación horizontal dirigida con tubería de polietileno. Si fuera necesario, la tubería de polietileno se podría alojar en una vaina de protección.

En caso de que el cruce se pueda ejecutar en zanja se dispondrá banda de señalización a 50 cm por encima de la generatriz superior de la conducción, tal como se indica en el apartado *V.5.6.*

V.9.2 Cruce de nueva infraestructura lineal sobre tubería existente o prevista

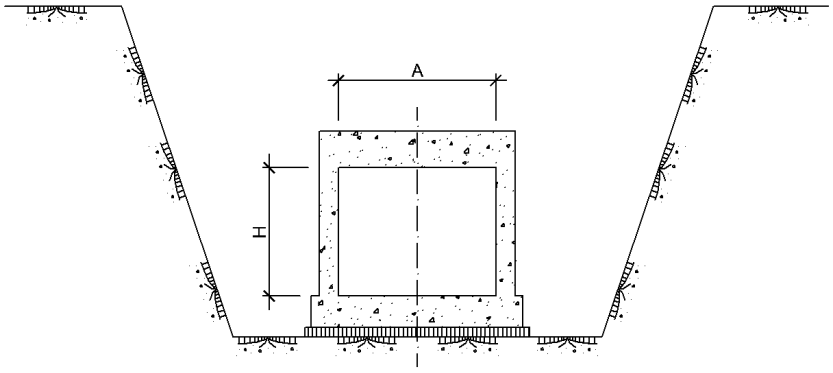
La obra de cruce se realizará en zanja a cielo abierto, realizándose el cruce mediante una tubería alojada y debidamente anclada en galería rectangular, de dimensiones mínimas según la *Figura 82*, ejecutada mediante cajones o elementos prefabricados, y con acceso para personal desde la superficie.

Se dispondrá de una cámara de entrada de materiales en un extremo de la galería y de una cámara de entrada de personal en el extremo opuesto. En las conexiones del tramo de cruce con la conducción existente se dispondrán válvulas de corte.

La pendiente mínima de la obra de cruce será al menos del 0,4 %, de tal manera que se facilite su drenaje.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En caso de emplear cajones prefabricados, deberá cuidarse la impermeabilización de las juntas, de tal forma que se impida la penetración de agua procedente de la infiltración del terreno. Se dispondrá de desagües en los puntos bajos de la galería, de manera que se facilite la evacuación del agua almacenada en la misma.



SECCIÓN TIPO EN GALERIA

DN (mm)	*A (m)*	*H (m)*
≤ 300	≥ 1,50	≥ 1,80
300 < DN ≤ 1.000	≥ (2DN+0,90)	≥ 1,80

Figura 82. Cajón prefabricado para alojamiento de tubería

V.10 Protección anticorrosiva de las tuberías

A lo largo de toda la instalación de la tubería se respetarán los requisitos de aislamiento eléctrico de la misma y de conservación del buen estado de su revestimiento exterior.

Para asegurar el aislamiento eléctrico se emplearán juntas dieléctricas. Según el elemento de la tubería que se vaya a aislar se podrá recurrir a junta de tipo embridado o monobloc.

En la instalación de la junta aislante embridada deberá reforzarse el revestimiento interno de la tubería hasta alcanzar un espesor entre 1 y 1,5 mm en el lado de la junta en el que se vaya a instalar la protección catódica, en una longitud que dependerá de la conductividad del agua y nunca inferior a 5 diámetros. Este refuerzo también se aplicará en el interior de las bridas.

La junta tipo monobloc se instalará en la tubería soldada por ambos extremos.

Independientemente de su tipología todas las juntas aislantes deberán ir provistas de un descargador de sobretensión del tipo vía de chispas para su protección contra elevadas descargas eléctricas.

Las especificaciones de instalación de juntas aislantes deberán ser facilitadas por el fabricante.

Además de en los puntos de origen y final de la tubería y de sus derivaciones, se prestará especial atención a que la tubería no esté en contacto con:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Las armaduras de las arquetas intermedias: en el muro de entrada y salida se practicarán orificios para introducir la tubería sellándose el espacio libre con hormigón en masa o morteros especiales (autonivelantes, fluidos…).
- Las armaduras de los bloques de hormigón armado que embeben los codos o piezas especiales de calderería: se emplearán separadores de tamaño y resistencia adecuados mientras se construye el armado para mantener el aislamiento durante el vertido del hormigón; complementariamente la pieza puede revestirse con geotextil garantizándose el aislamiento durante el hormigonado.
- Los apoyos de un tramo aéreo: se intercalarán elementos aislantes entre la estructura de la pila o la estructura portante y la tubería, como por ejemplo bandas de neopreno de grosor suficiente.

En lo referente al revestimiento exterior, se realizarán controles eléctricos a base de chispómetros o instrumentos similares durante la fase de construcción. Se repararán todos los defectos que puedan haberse producido en las operaciones de transporte, montaje, tapado, etc. de la conducción, conforme al procedimiento indicado por el fabricante.

V.11 Limpieza y desinfección de la tubería

En las conducciones para el transporte de agua para consumo humano, una vez realizada la instalación de la tubería y ejecutadas las pruebas de la tubería instalada o después de cualquier actividad de mantenimiento o reparación que pueda suponer un riesgo de contaminación del agua de consumo humano, y antes de su puesta en funcionamiento, debe procederse a la limpieza general y desinfección del tramo afectado con alguna de las sustancias establecidas en el RD 140/2003 o en la legislación vigente.

Deberá contabilizarse el agua empleada en las operaciones de limpieza y desinfección mediante la instalación de un contador.

V.11.1 Limpieza general

El lavado de la tubería se realiza llenándola varias veces de agua. Esta operación de limpieza interior se lleva a cabo por sectores, mediante el cierre de las válvulas de seccionamiento adecuadas.

El llenado de la conducción se realiza, en general, por el punto más bajo de la misma, mediante aperturas parciales y controladas de la válvula de llenado.

Se abrirán las válvulas de desagüe del sector aislado y se hará circular el agua alternativamente desde cada una de las conexiones del sector con la red general. Se recomienda que la velocidad de circulación del agua esté comprendida entre 1 m/s y 3 m/s.

Tras la limpieza, y en el caso de agua para consumo humano, debe comprobarse que el olor, sabor, turbidez, color, conductividad, concentración de E. coli, de amonio, de bacterias coliformes y del ión hidrógeno o pH del agua se mantiene dentro de los límites aceptables para que se cumplan las condiciones establecidas en el RD 140/2003 o en la legislación vigente.

La limpieza general no podrá en modo alguno sustituir a la desinfección indicada en *V.11.2,* que deberá realizarse previamente a la puesta en servicio.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

V.11.2 Desinfección

Tras la limpieza interior de la red, debe procederse a su desinfección. Para ello se introducirán los productos químicos adecuados (*Tabla 72*) con la red llena de agua, aislada y con los desagües cerrados.

Tabla 72. Productos químicos recomendados para la desinfección de la tubería (UNE-EN 805:2000)

Desinfectante	***Concentración máxima recomendada (mg/l)***	***Agentes neutralizantes***
Cloro gas (Cl_2)	50 (como Cl)	Dióxido de azufre (SO_2) Tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$)
Hipoclorito de sodio (NaClO)	50 (como Cl)	Dióxido de azufre (SO_2) Tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$)
Hipoclorito de calcio, ($Ca(ClO)_2$)	50 (como Cl)	Dióxido de azufre (SO_2) Tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$)
Permanganato potásico ($KMnO_4$)	50 (como $KMnO_4$)	Dióxido de azufre (SO_2) Tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) Sulfato de hierro ($FeSO_4$)
Peróxido de hidrógeno (H_2O_2)	150 (como H_2O_2)	Tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) Sulfito de sodio (Na_2SO_3) Sulfito de calcio ($CaSO_3$)
Dióxido de cloro (ClO_2)	50 (como Cl)	Tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$)

En general, se utilizará una dilución de hipoclorito de sodio (NaClO) de 50 ml/m^3 excepto para tuberías con recubrimiento interior de mortero de cemento, en cuyo caso será de 100 ml/m^3.

El proceso de desinfección comprende las siguientes actuaciones:

- Primer día:
  - Vaciado de la tubería para su posterior llenado.
  - Adición de hipoclorito de sodio, dejando la conducción llena durante 24 h.
- Segundo día:
  - Vaciado de la tubería y aclarado durante una hora.
  - Llenado de la tubería dejándose cargada durante 24 h.
- Tercer día:
  - Vaciado de la tubería, aclarado durante una hora y llenado de la misma.
  - Toma de una muestra de agua para su análisis, dejando provisionalmente la tubería en carga, hasta que se disponga de los resultados del análisis de la muestra.
  - Los resultados del análisis de la muestra deben certificarse por el Servicio de Canal de Isabel II encargado del Control de Calidad del agua, el cual los comunicará al Servicio correspondiente. En caso de que los resultados no fueran los adecuados para dejar la nueva conducción en servicio, deberá repetirse todo el proceso de desinfección.

Efectuadas las operaciones de limpieza y desinfección de la tubería, debe procederse a una prueba de funcionamiento general de la tubería. Para ello, la conducción se llena desde el punto más bajo de la misma mediante aperturas parciales y controladas de la válvula de llenado. Durante el llenado, deben estar abiertas todas las válvulas, desagües y ventosas hasta que no haya ninguna fuga de aire. Una vez

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

que la conducción esté llena se procede a la prueba de servicio general de la tubería, comprobando que su funcionamiento es satisfactorio.

.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

VI Gestión de la calidad

VI.1 Introducción

El sistema de gestión de la calidad de cualquier empresa relacionada con la fabricación de los componentes que integran las redes de abastecimiento deberá ser conforme a las normas UNE-EN ISO 9001:2015 y UNE-EN ISO 9000:2015, debiendo disponer del correspondiente certificado según la UNE-EN ISO 9001:2015.

En el caso de obras, la gestión de la calidad comprende el conjunto de actividades que tienen lugar antes, durante y después de su ejecución, con el objetivo de verificar si ésta reúne las condiciones suficientes como para alcanzar los requisitos establecidos en el proyecto.

Asimismo, los organismos que actúen como entidades certificadoras o laboratorios de ensayo deberán ser conformes a lo establecido en el apartado siguiente.

En cuanto a la calidad del agua, ninguno de los componentes en contacto con el agua de consumo humano debe producir alteración alguna en las características físicas, químicas, bacteriológicas y organolépticas del agua, teniendo en cuenta el tiempo y los tratamientos físico-químicos a que ésta haya podido ser sometida.

Así pues, los fabricantes deberán declarar la composición de todos los materiales utilizados en la fabricación de sus componentes, así como el cumplimiento de los requerimientos de la normativa vigente de productos en contacto con el agua para consumo humano.

VI.2 Control de calidad de los componentes

La calidad de los distintos componentes deberá ser asegurada por el fabricante mediante un sistema de control de las materias primas y del proceso de fabricación, que garantice el cumplimiento de las prescripciones técnicas de las normas de referencia utilizadas para su producción y los requisitos establecidos por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

El sistema de gestión de calidad del fabricante deberá ser conforme a las normas UNE-EN ISO 9001:2015 y UNE-EN ISO 9000:2015, debiendo disponer del correspondiente certificado según la UNE-EN ISO 9001:2015

A petición de Canal de Isabel II, se deberá facilitar la documentación relativa a cada uno de los componentes descritos en los capítulos anteriores, al objeto de conocer las características técnicas, materias primas, proceso de fabricación, control de calidad durante el mismo, certificaciones de producto, marcado CE y recomendaciones de su instalación y manipulación.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Todas las piezas constitutivas de mecanismos (llaves, válvulas, juntas mecánicas, etc.), deberán ser intercambiables para un mismo diámetro nominal y presión normalizada, para cualquiera que sea el modelo o fabricante.

Todos los componentes, con independencia del tipo de material, deberán ser sometidos a una inspección visual al finalizar el proceso de fabricación, de forma que se verifique la uniformidad en su color y aspecto, de forma que tanto la superficie exterior como la interior estén libres de irregularidades que puedan afectar negativamente a la hora de cumplir los requisitos previstos. Igualmente serán sometidos a una comprobación de sus características geométricas, de forma que se verifique que todas sus dimensiones son correctas.

Además de lo indicado anteriormente, siempre que un producto esté contemplado en una norma armonizada, los fabricantes de ese producto están obligados a tener y exhibir el Marcado CE para su comercialización en Europa. Por tanto, los fabricantes deberán presentar a los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II la documentación correspondiente a dicho marcado. El Marcado CE deberá cumplir con los siguientes actos legislativos de la Unión Europea: Decisión n.º 768/2008/CE y Reglamento (UE) n.º 305/2011.

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II podrán solicitar la documentación que permita verificar el cumplimiento de los estándares mínimos de calidad de cada uno de los componentes especificados en los apartados anteriores, y que podrá ser la siguiente:

- Certificado de producto emitido por empresa certificadora acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) u organismo equivalente para la norma de producto de referencia. Adicionalmente, se podrá solicitar el informe de ensayos efectuados para la obtención de dicho certificado.
- Certificado de producto emitido por empresa certificadora no acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) u organismo equivalente para la norma de producto de referencia. Adicionalmente, se podrá solicitar el informe de ensayos efectuados para la obtención de dicho certificado.

En el caso de no disponer de Certificado de producto, los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II podrán considerar la validez y/o suficiencia de un informe de ensayos, en el cual se deberá garantizar que los componentes incluidos en el mismo corresponden con los analizados.

Los organismos de acreditación deberán ser conformes a lo establecido en la norma UNE-EN ISO/IEC 17011:2017.

Los organismos que actúen como entidades certificadoras o laboratorios de ensayo deberán ser conformes a lo establecido en las normas: UNE-EN ISO/IEC 17065:2012 para entidades que realizan la certificación de producto, UNE-EN ISO/IEC 17021-1:2015 para organismos que realizan la certificación de sistemas de gestión y UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 para laboratorios. El/Los laboratorio/s que hayan realizado los ensayos requeridos deberá/n estar incluido/s en uno o varios de los siguientes niveles:

- Laboratorio certificado con UNE-EN ISO 9001:2015 por entidad acreditada por ENAC u organismo equivalente, o laboratorio acreditado por ENAC con UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, para la realización de los ensayos requeridos. Deberán aportarse los certificados correspondientes, en el caso que así se requiera.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Laboratorio con sistemas UNE-EN ISO 9001:2015 o UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 para la realización de los ensayos requeridos, implantados o mantenidos, pero no certificados o acreditados, respectivamente. La implantación de dichos sistemas deberá estar verificada por entidad certificadora de control de calidad, independiente del laboratorio. En el caso que se requiera deberá documentarse dicha implantación.
- Laboratorio que cumpla los siguientes requisitos:
  - Sistema de aseguramiento interno: disponen de una organización interna de los servicios, de sistemáticas de control de los equipos y de métodos de ensayo/calibración, como garantía de los resultados.
  - Trazabilidad: disponen de control de la trazabilidad de sus medidas, mediante planes de calibración y la realización de inter-comparaciones con otros laboratorios.
  - Disponer de procedimientos documentados o normas para la prestación de servicio a los clientes.

En el caso de que así sea requerido, a efectos del último caso indicado, deberá aportarse la siguiente documentación a fin de comprobar los requisitos anteriores:

- Organigrama con funciones definidas, cualificación y experiencia del personal.
- Manual de calidad.
- Procedimientos o normas de descripción de los ensayos solicitados en la normativa de aplicación.
- Procedimiento predefinido de elaboración y contenido de los informes de ensayo.
- Planes de mantenimiento y calibración de equipos.
- Certificados de calibración de equipos por entidad acreditada por ENAC u organismo equivalente.
- Plan de inter-comparación con otros laboratorios o entidades de reconocido prestigio, en caso de disponerse de los mismos.
- Resumen de la sistemática general de aseguramiento de la trazabilidad de las medidas del laboratorio.
- Referencias de ensayos realizados en los cinco últimos años. Deberá acreditarse la realización de al menos 3 ensayos de similares características.
- Inscripción en cualquier relación de organismos reconocidos de ámbito internacional, nacional, autonómico o local.

Tanto en los certificados como en los informes de ensayos se deberá demostrar la trazabilidad del producto a que se hace referencia, así como la identificación del fabricante tanto en las muestras como en la documentación.

Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II podrán solicitar el Manual de Control de Calidad del fabricante y en el mismo deberán señalarse las normas oficiales de ensayos que se apliquen, o en otro caso incluirse la descripción detallada de los métodos de ensayo utilizados.

Adicionalmente, los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II podrán solicitar los ensayos (según las normas correspondientes) e informes necesarios que justifiquen el tipo y la calidad del material de cualquiera de los elementos del componente.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Se exigirá certificado de producto según norma de referencia, entre otros, a los siguientes elementos:

- Tubos de Fundición Dúctil (FD), según UNE-EN 545:2011.
- Tubos de acero, según UNE-EN 10224:2003.
- Tubos de PVC-O, según UNE-EN 17176-2:2019.
- Tubos de PE, según UNE-EN 12201-2:2012+A1:2020.
- Tubos de PRFV, según UNE-EN 1796:2014.
- Accesorios de PVC-O para conducción de agua a presión, según UNE-CEN/TS 17176-3:2019.
- Dispositivos de cubrimiento, según UNE-EN 124:2015.

Los elementos que actualmente están amparados por una norma armonizada y, por lo tanto, es obligatorio su marcado CE, son los siguientes:

- Tubos y accesorios en acero no aleado para el transporte de líquidos acuosos, incluido agua para consumo humano, según UNE-EN 10224:2003 (sistema 4: declaración del fabricante sin intervención de organismos notificados).
- Elementos prefabricados para pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón armado, según UNE-EN 1917:2008 (sistema 4: declaración del fabricante sin intervención de organismos notificados).
- Pates para pozos de registro enterrados, según UNE-EN 13101:2003 (sistema 4: declaración del fabricante sin intervención de organismos notificados).
- Escaleras fijas para pozos de registro, según UNE-EN 14396:2004 (sistema 4: declaración del fabricante sin intervención de organismos notificados).

Para el resto de los elementos, los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II decidirán la documentación exigible, previo análisis de la norma de referencia vigente, y su carácter armonizado o no.

En cuanto al equipamiento instalado, con objeto de asegurar su calidad, se deberá realizar un control de calidad de los equipos fundamentales de la instalación por parte de una empresa independiente. Para ello habrá que realizar una serie de inspecciones mínimas durante la fase de fabricación de estos equipos.

Los equipos y sus exigencias mínimas se describen a continuación:

- Cuadros eléctricos

  Se llevará a cabo la comprobación documental de las exigencias requeridas en el apartado *III.3.1*. Se prestará especial atención a los certificados de cortocircuito para los cuadros eléctricos. Todo ello deberá quedar recogido en el Dosier de calidad que debe emitir el fabricante y que será obligatorio para la recepción.

- Autómata de control

  Se llevará a cabo la comprobación documental de las exigencias requeridas. Todo ello deberá quedar recogido en el Dosier de calidad que debe emitir el fabricante y que será obligatorio para la recepción.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– Bombas

Se exigirán los certificados de materiales, pruebas de funcionamiento según la norma UNE-EN ISO 9906:2012, protocolos de las pruebas de rutina en fábrica del motor eléctrico. Además, para bombas de potencia superior a 110 kW se exigirá el equilibrado de los rodetes. Todo ello deberá quedar recogido en el Dosier de calidad que debe emitir el fabricante y que será obligatorio para la recepción.

En cuanto a las exigencias de las pruebas de las bombas, se hará una diferenciación por potencia:

- Para bombas de potencia inferior a 30 kW, se exigirá la prueba de una bomba de cada tipo, siendo el grado de aceptación de la prueba según la UNE-EN ISO 9906:2012 el 2B.
- Para bombas de potencia igual o superior a 30 kW, se exigirá la prueba todas las bombas, siendo el grado de aceptación de la prueba según la UNE-EN ISO 9906:2012 el 1E.

– Calderería

Se exigirá comprobación de certificados de materiales, los protocolos de ensayos de rutina en fábrica para el motor eléctrico, procedimientos de Soldadura, protocolos examen soldadores, examen visual de las soldaduras al 100 %, pruebas de funcionamiento en vacío y comprobación del acabado exigido. Todo ello deberá quedar recogido en el Dosier de calidad que debe emitir el fabricante y que será obligatorio para la recepción.

Para las conducciones de los diferentes materiales se deberá cumplir lo indicado en los apartados siguientes.

VI.2.1 Fundición dúctil (FD)

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 545:2011, cuyo contenido se resume en la *Tabla 73.*

Tabla 73. Control de calidad de tubos y piezas especiales de fundición dúctil (UNE-EN 545:2011)

Tipo de control		***Apartados***
Control de materiales	Tracción	*6.3; 4.4.1*
	Dureza Brinell	*6.4; 4.4.2*
Características geométricas	Diámetro exterior	6.1.2; 4.3.2.1
	Diámetro interior	6.1.3; 4.3.2.2
	Espesor de la pared	6.1.1; 4.3.1
	Longitud	6.1.4; 4.3.3
	Rectitud	6.2; 4.3.4
Características mecánicas	Resistencia a flexión longitudinal	Anexo B
	Rigidez diametral	Anexo C
	Estanquidad bajo presión	6.5; 4.8
Control de los revestimientos	Masa de recubrimiento de cinc	6.6; 4.5.2.2
	Resistencia a compresión del recubrimiento de mortero de cemento	7.1; 4.5.3.2
	Espesor del recubrimiento del mortero de cemento	6.8; 4.5.3.3
	Espesor de recubrimiento de pintura	6.7; 4.6.2.2
Control de las uniones	Estanquidad de las uniones flexibles a la presión interna positiva	7.2.2; 4.8; 5.2.2
	Estanquidad de las uniones flexibles a la presión interna negativa	7.2.3; 4.8; 5.2.2
	Estanquidad de las uniones automáticas a la presión externa positiva	7.2.4; 4.8; 5.2.2
	Estanquidad de las uniones flexibles a la presión interna cíclica	7.2.5; 4.8; 5.2.2
	Estanquidad y resistencia mecánica de las uniones embridadas	7.3; 4.8; 5.4

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

VI.2.2 Hormigón (HC/HT)

Será de aplicación lo especificado en las normas UNE-EN 639:1995, UNE-EN 641:1995 y UNE-EN 642:1995 cuyo contenido se resume en la *Tabla 74*, *Tabla 75* y *Tabla 76* respectivamente.

Tabla 74. Control de calidad de tubos de hormigón, incluyendo juntas y accesorios (UNE-EN 639:1995)

Tipo de control		***Apartados***
Control de materiales		*5*
Geometría y dimensiones		6.1
Métodos de ensayo	Diámetro interior	6.4.1
	Longitud interior del cuerpo del cilindro	6.4.2
	Rectitud y estado de la superficie	6.4.3
	Escuadrado	6.4.4
	Espesor de la pared	6.4.5
	Boquillas	6.4.6
	Prueba hidráulica de la camisa de chapa	6.4.7
	Prueba de líquidos penetrantes	6.4.8
	Elementos de sellado (anillos de elastómero)	6.4.9
	Resistencia del hormigón	6.4.10
	Fisuración del hormigón	6.4.11
	Ensayo de desviación angular y cortante	6.4.12
Control de recepción		7.2
Instalación y prueba		10

Tabla 75. Control de calidad de tubos de hormigón armado con camisa de chapa, incluyendo juntas y accesorios (UNE-EN 641:1995)

Tipo de control		***Apartados***
Control de materiales		*2*
Ensayos en fábrica	Ensayos de hormigón	4.1
	Pruebas de los tubos	4.2

Tabla 76. Control de calidad de tubos de hormigón pretensado con camisa de chapa, incluyendo juntas, accesorios y prescripciones particulares relativos al acero de pretensar los tubos (UNE-EN 642:1995)

Tipo de control		***Apartados***
Control de materiales		*2*
Ensayos en fábrica	Probetas cúbicas y cilíndricas	4.1
	Pruebas hidráulicas	4.2
	Ensayo de permeabilidad del revestimiento	4.3

VI.2.3 Acero (AC)

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 10224:2003, cuyo contenido se resume en la *Tabla 77*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 77. Control de calidad de tubos y accesorios de acero (UNE-EN 10224:2003)

Tipo de control		*Apartados*
Control de materiales	Composición química	*10.1*
Características mecánicas	Ensayo de tracción	10.2.1
	Ensayo de aplastamiento	10.2.2
	Ensayo de avance expansivo	10.2.3
	Ensayo de doblado sobre la soldadura	10.2.4
Calidad interna	Estanquidad	10.3
	Soldadura	10.4; 10.5
Examen visual		10.6
Verificación dimensional		10.7

VI.2.4 Polietileno (PE)

Será de aplicación lo especificado en las normas UNE-EN 12201-1:2012, UNE-EN 12201-2:2012+A1:2020 y UNE-EN 12201-3:2012+A1:2013, cuyo contenido se resume en la *Tabla 78*.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 78. Control de calidad de tubos y piezas especiales de PE (UNE EN 12201-1:2012, UNE-EN 12201-2:2012+A1:2014 y UNE-EN 12201-3:2012+A1:2013)

Tipo de control		***Apartados UNE-EN 12201-1***	***Apartados UNE-EN 12201-2***	***Apartados UNE-EN 12201-3***
Control de materiales	Densidad del compuesto	4.4		
	Contenido en negro de carbono	4.4		
	Dispersión del negro de carbono	4.4		
	Dispersión del pigmento (compuesto azul)	4.4		
	Contenido en agua	4.4		
	Contenido en materias volátiles	4.4		
	Tiempo de inducción a la oxidación	4.4		
	Índice de fluidez en masa	4.4		
	Resistencia a la tracción en uniones a tope por fusión	4.4		
	Resistencia a la propagación lenta de fisuras - dimensión del tubo 110 mm SDR 11	4.4		
	Resistencia a la propagación rápida de fisuras	4.4		
	MRS	4.6		
Características geométricas			6	6
Características mecánicas	Resistencia hidrostática a 20 °C		7	7
	Resistencia hidrostática a 80 °C		7	7
Características físicas	Alargamiento en la rotura		7	
	Índice de fluidez en masa MFR		8	8
	Tiempo de inducción a la oxidación		8	8
	Resistencia a la descohesión para accesorios de electrofusión por embocadura			7
	Resistencia a la tracción en uniones por fusión a tope de accesorios (accesorios con extremo macho)			7

VI.2.5 Policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O)

Será de aplicación lo especificado en las normas UNE-EN 17176-2:2019 y UNE-EN 17176-5:2019, cuyo contenido se resume en la *Tabla 79.*

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Tabla 79. Control de calidad de tubos y piezas especiales de PVC-O (UNE-EN 17176-2:2019 y UNE-EN 17176-5:2019)

Tipo de control		*Apartados*
Control de materiales	MRS	5.3
	Tª reblandecimiento Vicat	10
	Opacidad	6.3
Características geométricas		7
Características mecánicas	Resistencia a presión hidrostática	9.1
	Resistencia a impactos externos a 0 °C	9.2
	Rigidez anular	9.3
Características físicas	Resistencia a tracción	10
Control de uniones con juntas no resistentes al esfuerzo axial	Estanquidad a presión interna a corto plazo	5.1
	Estanquidad a presión negativa a corto plazo	5.2
	Estanquidad a presión a largo plazo	5.3
Control de uniones resistentes al esfuerzo axial	Ensayo de presión y flexión para estanquidad y resistencia	5.4 y 5.4

VI.2.6 Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

Será de aplicación lo especificado en la norma UNE-EN 1796:2014, cuyo contenido se resume en la *Tabla 80*.

Tabla 80. Control de calidad de tubos y piezas especiales de PRFV (UNE-EN 1796:2014)

Tipo de control		*Apartados*
Control de materiales		4.2
Características geométricas		5.1
Características mecánicas	Rigidez circunferencial específica inicial	5.2.1
	Rigidez circunferencial específica a largo plazo en condiciones de humedad	5.2.2
	Resistencia inicial al fallo en flexión	5.2.3
	Resistencia al fallo, a largo plazo, en la carga última en condiciones de flexión	5.2.4
	Resistencia específica inicial en tracción longitudinal	5.2.5
	Presión de diseño inicial y de fallo para tubos de presión	5.2.6
	Presión de fallo a largo plazo	5.2.7
Control de las juntas		7

VI.3 Control de la ejecución de las obras

El control de calidad de la ejecución de las obras (recepción de los distintos componentes que integran la red de abastecimiento, su instalación, construcción de elementos complementarios…), se realizará atendiendo a lo expuesto a continuación. El personal que intervenga en las tareas de manipulación,

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

montaje o manejo en general de la tubería durante cualquier fase de su instalación deberá disponer de la capacitación adecuada.

El transporte, almacenamiento y manipulación de componentes deberá realizarse acorde a las indicaciones dadas en el apartado *V.4*.

La recepción e inspección visual de componentes seguirá, entre otros, los siguientes criterios:

- Canal de Isabel II podrá solicitar la documentación que considere oportuna para comprobar que los componentes cumplen las condiciones técnicas y dimensionales determinadas en el proyecto y aprobadas por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
- La recepción podrá efectuarse directamente en obra o bien desplazándose una persona autorizada a fábrica. Las comprobaciones o ensayos podrán efectuarse por muestreo dentro de cada lote de fabricación. El resultado del muestreo se asignará al total del lote siendo significativo para su rechazo o aceptación global.
- Una vez recibido cualquier componente, y previamente a su instalación, será sometido a un examen visual a fin de comprobar que no presenta deterioros perjudiciales producidos durante el transporte.
- Se procederá a la devolución de aquellos componentes defectuosos que no superen la inspección visual o no cumplan las condiciones técnicas establecidas de forma previa al suministro.
- Los tubos se reconocerán y limpiarán de cualquier cuerpo extraño vigilando especialmente que la superficie interior sea lisa, no admitiéndose más defectos de regularidad que los accidentales siempre que estén dentro de las tolerancias permitidas. Se comprobará asimismo que la superficie exterior no presente grietas, poros o daños en la protección o acabado. Los espesores deberán ser uniformes.

Comprobaciones dimensionales: siempre que se hagan operaciones de manipulado en obra en los tubos o en las piezas especiales, como proceder a su corte, deben realizarse posteriormente las oportunas comprobaciones dimensionales, al objeto de verificar que se cumplen sus características geométricas y tolerancias establecidas para cada tipo de tubo en los respectivos apartados de este documento y las normas correspondientes.

Ensayos de las soldaduras:

- Debe llevarse a cabo una inspección visual de las soldaduras terminadas en obra, comprobando sobreespesores de los cordones de soldadura, desalineaciones en la tubería, escorias, poros, mordeduras y grietas, según se recomienda en las indicaciones de las normas UNE-EN ISO 5817:2014 y UNE-EN ISO 17637:2017.
- Asimismo, se realizarán ensayos mediante la utilización de líquidos penetrantes, en un 10% de las soldaduras realizadas en obra en los tubos de acero y en los de hormigón armado o pretensado con camisa de chapa. Para ello se recomienda seguir las indicaciones de la norma UNE-EN ISO 3452-1:2013, no debiendo detectarse ningún poro durante el ensayo.
- Además, se recomienda que, sobre el 10% de las mismas, se realicen ensayos por otros procedimientos, tales como radiografías o partículas magnéticas, según lo indicado en la norma UNE-EN ISO 10675-1:2017. Por otra parte, por cada soldadura rechazada se extenderá el control en 2 más del mismo soldador y, si aparecen nuevos defectos, se deberán radiografiar todas las

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

soldaduras ejecutadas por dicho soldador. Asimismo, si los fallos detectados exceden en porcentajes de más del 5%, este control radiográfico podría extenderse al 50% de las soldaduras.

- En los tubos de PE, el control de las soldaduras en obra se recomienda realizarlo conforme lo especificado por las normas UNE 53394:2018 IN, distintas partes de la UNE-EN 12814 para los ensayos, y los documentos de la Asociación Alemana de Soldadura DVS 2203, DVS 2206 y DVS 2207.

Ensayos de los revestimientos: cuando se apliquen revestimientos en obra, deben realizarse los ensayos de control de calidad que indique el correspondiente proyecto o los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II. En particular, para los tubos de fundición y de acero se aplicará lo indicado en los apartados *II.2.2.7* y *II.2.4.7*, respectivamente.

Comprobación de trazado y secciones tipo: se procederá a la verificación de alineaciones y rasantes para que éstas sean conformes a lo establecido en el proyecto correspondiente. Asimismo, se efectuará la comprobación dimensional de las secciones tipo de zanjas definidas para cada tramo de la red.

Control de calidad de materiales utilizados en camas de apoyo y rellenos: las características de los materiales se comprobarán antes de su utilización mediante la ejecución de los ensayos cuya frecuencia y tipo dependerán de las características de la obra (volumen de relleno a ejecutar, profundidad de zanja, diámetro de tubería, tipología y procedencia de materiales a emplear…). A continuación, se indican volúmenes de material aconsejables para la ejecución de dichos ensayos, en el caso de obras de nueva ejecución:

Por cada lote de 750 m^3 de material cuyas características sean similares, a emplear como relleno:

- 1 análisis granulométrico de suelos, según UNE-EN ISO 17892-4:2019.
- 1 contenido de materia orgánica, según UNE 103204:2019.
- 1 ensayo compactación. Proctor modificado, según UNE 103501:1994.
- 1 límites de Atterberg, según UNE-EN ISO 17892-12:2019.
- 1 índice CBR en laboratorio, según UNE 103502:1995. CBR ≥ 10.
- 1 contenido de sulfatos en suelos, según UNE 103202:2019 y UNE 103201:2019, o NLT 120.

Por cada lote de 500 m^3 de material filtro o drenante cuyas características sean similares:

- 1 análisis granulométrico de suelos, según UNE-EN ISO 17892-4:2019. Tamaño máximo < 76 mm y cernido tamiz 0,080 < 5%.
- 1 límites de Atterberg, según UNE-EN ISO 17892-12:2019.
- 1 contenido de materia orgánica en suelos, según UNE 103204:2019.
- 1 contenido de sulfatos en suelos, según UNE 103202:2019 y UNE 103201:2019, o NLT 120.
- 1 equivalente de arena, según UNE 103109:1995 o NLT-113. EA > 30.
- 1 resistencia al desgaste de los Ángeles, según UNE-EN 1097-2:2010 o NLT-149. Coeficiente de desgaste < 40.

Por cada lote de 10.000 m3 de material filtro:

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

– 1 ensayo compactación. Proctor modificado, según UNE 103501:1994.

Control de calidad de la ejecución o de producto terminado:

Rellenos: por cada 1.000 m^3 o fracción de capa colocada de material:

– 2 controles de compactación mediante determinación de densidad y humedad "in situ" según UNE 103900:2013 y UNE-EN ISO 17892-1:2015.

– Para obras de redes de distribución hasta 3000 ml, el control de calidad de la ejecución o de producto terminado podrá consistir en la realización de una densidad in situ mediante métodos nucleares por cada 100 ml según UNE 103900:2013.

Rellenos de material filtrante: por cada 1.000 m^3 o fracción de material filtro colocado:

– 2 controles de compactación mediante determinación de densidad y humedad "in situ" según UNE 103900:2013 y UNE-EN ISO 17892-1:2015.

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

Control de la construcción de los elementos complementarios de la red: en los elementos complementarios de la red (pozos de registro, macizos de anclaje, arquetas, cámaras de válvulas, etc.) debe realizarse, en primer lugar, un examen visual, al objeto de comprobar que su aspecto general es satisfactorio. Posteriormente, han de efectuarse las oportunas comprobaciones dimensionales y demás especificaciones que figuren en el proyecto.

Pruebas de funcionamiento de la instalación. Protocolo de pruebas: señales y secuencias: se deberán realizar una serie de pruebas de funcionamiento a la finalización de una instalación con automatización. Dichas pruebas se dividen en las siguientes categorías:

– Pruebas de señales físicas. Comprobación del cableado del sistema y del direccionamiento de las señales físicas al PLC según el listado de señales de la instalación.

– Pruebas de máquinas o elementos. Comprobación del funcionamiento de máquinas individuales o elementos funcionales como bombas, válvulas, compresores, etc.

– Pruebas de conjuntos funcionales o secuencias. Se probará tanto el funcionamiento automático de la instalación según las lógicas de funcionamiento programadas, como la respuesta del sistema ante situaciones anómalas.

– Pruebas de buses de campo y comunicaciones a nivel local.

– Pruebas de HMI (gestión de usuarios, avisos y alarmas).

– Estas pruebas deberán quedar recogidas en un documento llamado Pruebas de Señales y Secuencias, que será obligatorio para la recepción de la instalación.

Dentro de este control de calidad de la ejecución, cobra especial importancia la realización de las conocidas como pruebas de la tubería instalada, que no son sino un ensayo de estanquidad mediante presión hidráulica interior por tramos de la conducción una vez montada. Dichas pruebas, por su importancia singular, se describen en el apartado siguiente.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Por otra parte, en el caso de que en la red se instalen depósitos, también será necesario realizar el control de calidad específico de este tipo de estructuras, que se describe en el apartado *VI.5*.

VI.4 Pruebas de la tubería instalada

A medida que avance el montaje de la tubería se podrán ir haciendo las pruebas de la tubería instalada conforme a la metodología expuesta en el presente artículo.

Con carácter general, se deberá probar la longitud total de la red instalada, salvo que el respectivo proyecto especifique otra distinta, en cuyo caso los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II determinarán los tramos que deben probarse. Las pruebas se efectuarán de forma previa a la ejecución de acometidas.

La prueba de la tubería instalada se realizará conforme a la metodología general de la norma UNE-EN 805:2000.

Dicha metodología, desarrollada en los siguientes apartados, es de aplicación para las conducciones de cualquiera de los materiales incluidos en estas Normas. Para las tuberías de comportamiento viscoelástico, como las de PE, se recomienda seguir el procedimiento de verificación descrito en el Anexo A, apartado A.27 de la norma UNE-EN 805:2000, que tiene en cuenta la fluencia que caracteriza al material.

Antes del comienzo de las pruebas, se realizarán las operaciones de relleno y anclaje, así como la selección y llenado de los tramos de prueba, en caso de que la conducción no sea probada en su totalidad. La longitud de los tramos de prueba dependerá de las características particulares de cada uno de ellos (podrá oscilar entre 250 y 1000 o incluso 2000 metros), debiendo ser aprobada por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II. Para la selección de los tramos de prueba se pueden seguir, junto con otras, las indicaciones dadas en la propia UNE-EN 805:2000. En particular se recomienda que:

- La presión de prueba pueda aplicarse al punto más bajo de cada tramo en prueba.
- Pueda aplicarse una presión de al menos igual a MDP en el punto más alto de cada uno de ellos.
- Pueda suministrarse y evacuarse sin dificultad la cantidad de agua necesaria para la prueba.
- En la medida de lo posible, sus extremos coincidan con válvulas de paso de la tubería.

Para todas las conducciones, la presión de prueba, STP, se calculará a partir de la presión máxima de diseño, MDP, considerando los siguientes dos casos:

- Golpe de ariete calculado en detalle:

$$STP = MDP_c + 0{,}1 \qquad (MPa)$$

- Golpe de ariete estimado o no calculado en detalle, el menor valor de los siguientes:

$$STP = MDP_a + 0{,}5 \qquad (MPa)$$
$$STP = 1{,}5 \cdot MDP_a \qquad (MPa)$$

Siendo:

MDP_c Presión máxima de diseño con golpe de ariete calculado en detalle (MPa).
MDP_a Presión máxima de diseño con golpe de ariete estimado o no calculado en detalle (MPa).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En los casos de impulsiones y grandes diámetros, deberá calcularse en detalle el valor del golpe de ariete. Sólo en caso de redes de distribución por gravedad puede ser estimado como $MDP_a = 1,2 \cdot DP$, debiendo cumplir $MDP_a \geq DP + 0,2\ MP_a$.

El procedimiento de prueba, conforme a la metodología general indicada en la norma UNE-EN 805:2000, puede llevarse a cabo en tres fases:

- Prueba preliminar
- Prueba de purga
- Prueba principal o de puesta en carga

Las fases necesarias serán fijadas en cada caso por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II, que asimismo deberán aprobar su desarrollo.

VI.4.1 Prueba preliminar

De forma general, la prueba preliminar puede realizarse conforme se detalla a continuación.

Se comenzará llenando lentamente de agua el tramo objeto de la prueba, preferentemente de aguas abajo a aguas arriba. Se dejarán abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire, para después ir cerrando cada uno de ellos sucesivamente de aguas abajo a arriba. Una vez llena de agua se debe mantener la tubería en esta situación al menos 24 horas.

A continuación, se aumentará la presión hidráulica de forma constante y gradual hasta alcanzar un valor comprendido entre MDP y STP, de forma que el incremento de presión no supere 0,1 MPa por minuto, manteniendo estos límites durante un tiempo, que dependerá del material de la conducción y será establecido por el proyectista considerando las normas del producto aplicables.

Durante este período de tiempo no debe haber pérdidas apreciables de agua, ni movimientos aparentes de la conducción.

VI.4.2 Prueba de purga

La presencia de aire en la conducción produce datos erróneos y reduce la precisión de la prueba principal de presión. Los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II deberán especificar si la prueba de purga debe llevarse a cabo. Un método para realizar el ensayo y los cálculos necesarios se describe en el Anexo A.26 de la norma UNE-EN 805:2000, que es el desarrollado en este apartado en los siguientes pasos:

- Se presuriza la conducción hasta alcanzar la presión de prueba de la red (STP), prestando atención a que la purga del equipo de prueba se complete.
- Se extrae un volumen de agua a contabilizar ΔV de la conducción midiéndose la caída de presión correspondiente ΔP.
- Se compara el volumen de agua extraído con el volumen de la pérdida de agua admisible ΔV_{max} correspondiente a la caída de presión medida ΔP, calculada según la siguiente fórmula:

$$\Delta V_{máx} = 1,5 \cdot V \cdot \Delta P \cdot \left(\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E}\right)$$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Teniendo que cumplirse:

$$\Delta V \leq \Delta V_{máx}$$

Siendo:

$\Delta V_{máx}$	Pérdida de agua admisible (l)
V	Volumen del tramo de conducción en prueba (l)
ΔP	Caída de presión medida durante la prueba (MPa)
E	Módulo de elasticidad del material de la conducción (MPa), (ver *Tabla 81*)
E_W	Módulo de compresibilidad del agua ($2{,}1 \cdot 10^3$ MPa)
ID	Diámetro interior de la conducción (mm)
e	Espesor nominal de la conducción (mm)
1,5	Factor de corrección que considera la cantidad de aire restante admisible antes de la prueba principal de presión.

Tabla 81. Módulo de elasticidad del material de la tubería

Material	***E (MPa)***
Fundición	$1{,}70 \times 10^5$
Acero	$2{,}10 \times 10^5$
Hormigón	$2{,}00 \times 10^4 – 4{,}00 \times 10^4$
PVC-O	3.500
PE	1.000 (corto plazo) / 150 (largo plazo)
PRFV	$1{,}0 \times 10^4 – 3{,}9 \times 10^4$

VI.4.3 Prueba principal o de puesta en carga

La prueba principal de presión no debe comenzar hasta que hayan sido completadas satisfactoriamente la prueba preliminar y la prueba de purga especificada, en caso de ser requeridas.

Se admiten dos métodos de prueba básicos:

- El método de prueba de caída o pérdida de presión.
- El método de prueba de pérdida de agua.

Su desarrollo se deberá ajustar a lo siguiente:

- Método de prueba de caída o pérdida de presión

  Para evaluar la pérdida de presión, la presión hidráulica interior se aumentará de forma constante y gradual mediante bombeo, de forma que el incremento de presión no supere 0,1 MPa por minuto, hasta alcanzar el valor de STP.

  Alcanzado dicho valor, se desconectará el bombeo y no se admitirá la entrada de agua en al menos una hora. Transcurrido este tiempo, se medirá con un manómetro el descenso de presión durante dicho intervalo, que deberá ser inferior a 0,02 MPa.

- Método de prueba de pérdida de agua

  Para medir la pérdida de agua se pueden emplear dos métodos equivalentes: medida del volumen evacuado o medida del volumen bombeado.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En ambos métodos se incrementará la presión regularmente mediante bombeo hasta alcanzar el valor de STP en la conducción. Posteriormente se mantendrá la STP mediante bombeo, si es necesario, durante un periodo no inferior a una hora.

Para el método de medida del volumen evacuado, se desconectará la bomba y no se permitirá que entre más agua en la conducción durante un periodo de prueba de al menos una hora. Al final de este periodo se medirá la presión reducida y se procederá a recuperar la STP bombeando. Se medirá la pérdida, evacuando agua hasta que se alcance nuevamente la anterior presión reducida.

Para el método de medida del volumen bombeado, se medirá la cantidad de agua que es necesario inyectar para mantener la presión de prueba de la red durante el periodo de tiempo indicado anteriormente.

El volumen final evacuado o suministrado durante la primera hora de prueba no deberá exceder el valor dado por la siguiente expresión:

$$\Delta V_{máx} = 1{,}2 \cdot V \cdot \Delta P \cdot \left(\frac{1}{E_w} + \frac{ID}{e \cdot E}\right)$$

Teniendo que cumplirse:

$$\Delta V \leq \Delta V_{máx}$$

Siendo:

ΔV_{max}	Pérdida de agua admisible (l)
V	Volumen del tramo de conducción en prueba (l).
ΔP	Caída admisible de presión durante la prueba (0,02 MPa)
E	Módulo de elasticidad del material de la conducción (MPa), (ver *Tabla 81)*,
E_W	Módulo de compresibilidad del agua ($2{,}1 \cdot 10^3$ MPa)
ID	Diámetro interior de la conducción (mm)
e	Espesor nominal de la conducción (mm)
1,2	Factor de corrección que, entre otros aspectos, tiene en cuenta el efecto del aire residual existente en la conducción

Cuando, durante la realización de esta prueba principal o de puesta en carga, el descenso de presión o las pérdidas de agua sean superiores a los valores admisibles antes indicados, se analizarán las causas y se corregirán los defectos observados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

ACTA DE PRUEBAS DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA EN CONDUCCIONES BAJO PRESIÓN CON GOLPE DE ARIETE CALCULADO

SUBDIRECCIÓN:
ÁREA: FECHA:
OBRA:
CONTRATISTA:
DIRECTOR/A DE OBRA:
PROMOTOR:

CÓDIGO DE MANÓMETRO/CAUDALÍMETRO UTILIZADO:

ASISTENTES:

D./ Dña. En representación de:
D./ Dña. En representación de:
D./ Dña. En representación de:

PRUEBA DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA PARA GOLPE DE ARIETE CALCULADO

(Según UNE-EN 805:2000. Apartado 11.3)

Ø: Diámetro (mm)
L: Longitud del tramo de conducción en prueba (m)

A: Presión Máxima de Diseño, MDP_c, con golpe de ariete calculado (MPa)
B: Presión de prueba de la red, STP, con golpe de ariete calculado (MPa)

$$STP = MDP_c + 0{,}1$$

C: Caída de presión real medida en una hora (MPa)

ΔV: Volumen final suministrado (l)
$\Delta V_{máx}$: Pérdida admisible (l)

$$\Delta V_{máx} = 1{,}2 \cdot V \cdot \Delta P \cdot (1/E_w + ID/(e \cdot E))$$

V	Volumen del tramo de conducción en prueba (l)
ΔP	Caída admisible de presión durante la prueba (0,02 MPa)
E	Módulo de elasticidad del material de la conducción (MPa)
E_W	Módulo de compresibilidad del agua ($2{,}1 \cdot 10^3$ MPa)
ID	Diámetro interior de la conducción (mm)
e	Espesor nominal de la conducción (mm)
1,2	Factor de corrección que, entre otros aspectos, tiene en cuenta el efecto del aire residual existente en la conducción

CRITERIOS DE VALIDEZ

Prueba de caída de presión: $C \leq 0{,}02$ MPa
Prueba de pérdida de agua: $\Delta V \leq \Delta V_{máx}$

Tramo	Tubería			Presión (MPa)			Volumen (l)		Observaciones
	Material	Ø (mm)	L (m)	A	B	C	ΔV	$\Delta V_{máx}$	

FIRMAS

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

ACTA DE PRUEBAS DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA EN CONDUCCIONES BAJO PRESIÓN CON GOLPE DE ARIETE ESTIMADO

SUBDIRECCIÓN:

ÁREA: FECHA:

OBRA:
CONTRATISTA:
DIRECTOR/A DE OBRA:
PROMOTOR:

CÓDIGO DE MANÓMETRO/CAUDALÍMETRO UTILIZADO:

ASISTENTES:

D./ Dña. En representación de:
D./ Dña. En representación de:
D./ Dña. En representación de:

PRUEBA DE CAÍDA DE PRESIÓN O PÉRDIDA DE AGUA PARA GOLPE DE ARIETE ESTIMADO
(Según UNE-EN 805:2000. Apartado 11.3)

Ø: Diámetro (mm)
L: Longitud del tramo de conducción en prueba (m)

A: Presión Máxima de Diseño, MDP_a, con golpe de ariete estimado (MPa)
B: Presión de prueba de la red, STP, con golpe de ariete estimado (MPa)
El menor de los valores siguientes:
$STP = MDP_a + 0,5$
$STP = MDP_a \times 1,5$
C: Caída de presión real medida en una hora (MPa)

ΔV: Volumen final suministrado (l)
$\Delta V_{máx}$: Pérdida admisible (l)

$$\Delta V_{máx} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta P \cdot (1/E_w + ID/(e \cdot E))$$

V	Volumen del tramo de conducción en prueba (l)
ΔP	Caída admisible de presión durante la prueba (0,02 MPa)
E	Módulo de elasticidad del material de la conducción (MPa)
E_W	Módulo de compresibilidad del agua ($2,1 \cdot 10^3$ MPa)
ID	Diámetro interior de la conducción (mm)
e	Espesor nominal de la conducción (mm)
1,2	Factor de corrección que, entre otros aspectos, tiene en cuenta el efecto del aire residual existente en la conducción

CRITERIOS DE VALIDEZ

Prueba de caída de presión: $C \leq 0,02$ MPa
Prueba de pérdida de agua: $\Delta V \leq \Delta V_{máx}$

Tramo	Tubería			Presión (MPa)			Volumen (l)		Observaciones
	Material	Ø (mm)	L (m)	A	B	C	ΔV	$\Delta V_{máx}$	

FIRMAS

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

VI.5 Control de la recepción de los depósitos

Para comprobar que se cumple lo establecido en el proyecto en lo relativo a la construcción de los depósitos, se realizará el control de calidad de la recepción, que incluirá al menos los siguientes aspectos:

- Estructural: control de movimientos y fisuración.
- Funcional: estanquidad y funcionamiento de equipos.
- Higiénico: limpieza y desinfección del depósito y control de calidad del agua.

Todos ellos se pueden analizar en una prueba consistente en el llenado total de todos los compartimentos que conforman el depósito y la realización de mediciones, tanto en la situación de depósito vacío como en la de depósito lleno.

Para evitar en lo posible el desperdicio de agua, se estudiará detenidamente el protocolo de llenado y vaciado de los vasos, de tal modo que resulte compatible con las pautas de consumo de la población y usos abastecidos. En el caso de depósitos con vasos múltiples puede emplearse la misma masa de agua para el llenado sucesivo de los distintos vasos. Por la misma razón, conviene que antes de la realización de la prueba se proceda a la limpieza y desinfección del depósito y de sus instalaciones para asegurar la calidad del agua almacenada.

En caso de no pasar la prueba satisfactoriamente, se estudiarán posibles soluciones y se realizará una nueva prueba de llenado tras las reparaciones.

Antes de efectuar el llenado del depósito, se comprobará el correcto funcionamiento de todos los aparatos y equipos del depósito, tales como:

- Valvulería, bombas y conducciones de actuación manual, motorizada o remota.
- Limnímetros, caudalímetros y otros equipos de medición.
- Sistemas de transmisión de datos y de telemando.
- Equipos de limpieza, desinfección y de análisis de calidad del agua.
- Iluminación, cuadros de control y sistemas de suministro eléctrico normal y de emergencia.
- Equipos de ventilación.
- Equipos de vigilancia de las instalaciones.
- Accesibilidad a los distintos espacios y elementos de seguridad en dichos accesos.

VI.5.1 Control de movimientos

Los principales parámetros para tener en cuenta son los correspondientes a los movimientos de los muros y a las aperturas de juntas y fisuras, debiendo comprobarse la inexistencia de deformaciones y pérdidas de agua inadmisibles.

Con el fin de evitar movimientos en el depósito, la velocidad de llenado no deberá superar los 2 m cada 24 horas, y el llenado deberá hacerse en lo posible a velocidad constante. Si el depósito se encuentra

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

semienterrado y el movimiento de los muros debido a los primeros metros de llenado puede suponerse despreciable frente a la flexión total, se podrá acelerar el llenado de esos primeros metros del depósito.

VI.5.2 Ensayos de estanquidad

Estos ensayos se basarán fundamentalmente en comprobar la estanquidad de los muros, la solera y la cubierta del depósito.

Pese a no existir una normativa española al respecto, en estas Normas se recoge un procedimiento basado en la norma inglesa BS 8007:1987, de común aceptación para estos ensayos, junto con el cumplimiento de indicaciones reflejadas en la norma UNE-EN 1508:1999.

VI.5.2.1 *Estanquidad de los muros y la solera del depósito*

Previamente a la finalización de la construcción se deberá:

- Asegurar que los dispositivos adecuados de evacuación del agua están operativos.
- Limpiar cuidadosamente las superficies interiores.
- Aislar y asegurar todas las conducciones de entrada y salida.
- Llenar despacio el compartimento con agua hasta el nivel de lleno total.
- Permitir un período de absorción donde sea apropiado, para conseguir la saturación de las superficies mojadas y si fuera necesario, llenar con agua al final de dicho período.

El procedimiento de ensayo será el siguiente:

- Medir y registrar el nivel de agua al comienzo del ensayo mediante un punto de referencia fijo.
- Observar y medir el caudal en el drenaje subterráneo.
- Medir el nivel de agua a intervalos durante la ejecución del ensayo. Hacer un seguimiento del estado de las superficies exteriores, incluyendo las paredes divisorias, para detectar pérdidas.
- Al final del período de ensayo medir el nivel final del agua.
- Calcular las pérdidas de agua.
- Completar el informe del ensayo.

Para la realización de esta prueba, el llenado del vaso se realizará a una velocidad no superior a los 2 m de lámina de agua cada 24 horas. Durante la fase de llenado y posteriores, se registrarán detalladamente la eventual aparición de humedades y flujos de agua a través de fisuras, debiendo detenerse el ensayo si las filtraciones resultasen peligrosas para la integridad de la estructura.

En ningún caso se admitirán las pérdidas vistas.

Para distinguir entre las pérdidas debidas a la absorción inicial de la superficie de hormigón y a fisuras autosellantes del resto de las filtraciones existentes, se mantendrá el depósito lleno durante un periodo de tiempo suficiente en el que se controlará su velocidad de vaciado, aportándose el agua consumida. Esta primera fase de absorción tendrá una duración comprendida entre una semana, para aquellos

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

depósitos calculados con una anchura máxima de fisura inferior a 0,1 mm, y tres semanas, para anchura máxima de fisura mayor o igual a 0,2 mm.

Durante esta fase de estabilización se registrarán los caudales filtrados recogidos por la red de drenaje bajo solera. También se indicará si las fisuras registradas durante el llenado y la fase de estabilización se han sellado o si, por el contrario, siguen provocando filtraciones.

Una vez finalizada la fase de absorción inicial, se mantendrá el depósito lleno sin aportación adicional de agua durante al menos 7 días más, en los que se registrará el nivel del depósito y las filtraciones recogidas por la red de drenaje. Salvo que en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del depósito se establezca otra especificación, el descenso de la lámina de agua debido a las filtraciones que se recojan durante esta segunda fase no debe superar los siguientes límites:

– 2‰ de la capacidad total del vaso estudiado.
– 10 mm de descenso absoluto de la lámina de agua.

Para ajustar en lo posible la cifra real de pérdidas por filtración, podrán restarse las pérdidas de agua debidas a la evaporación.

En caso de no resultar favorable la prueba, se propondrá una solución que asegure la estanquidad del depósito y se realizará otro ensayo tras la ejecución de los trabajos de impermeabilización, que puede igualmente requerir una primera fase de estabilización.

Las reparaciones de fisuras, juntas, etc. deberán efectuarse desde la cara en contacto con el agua. El material empleado ha de tener la flexibilidad adecuada, no reaccionar con el agua y ser compatible con el posterior uso del agua almacenada según lo establecido por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II respecto al control de calidad del agua (ver apartado *VI.5.3*).

Se valorará la posibilidad de realizar el llenado de prueba en dos fases, una primera con el objetivo de comprobar la estanquidad en la unión muro-solera, consistente en el llenado de, aproximadamente, un metro de altura, manteniendo dicho nivel al menos durante 48 h, y comprobando posteriormente si se produce un descenso de nivel de la lámina de agua, tal como se indica anteriormente. En caso de que se supere esta fase se procederá a la segunda fase de llenado total del depósito. De no superarse esta primera fase, se deberá proponer una solución para asegurar la estanquidad de la unión muro-solera, realizándose posteriormente un nuevo ensayo.

VI.5.2.2 *Estanquidad de la cubierta del depósito*

Previamente a la realización del ensayo se deberá:

– Asegurar que el compartimento está vacío de agua.
– Si se trata de una cubierta plana, realizar previsiones temporales para sellar cualquier pérdida en la cubierta.
– Realizar los ajustes temporales para conseguir la profundidad de agua necesaria en la cubierta.

El procedimiento de ensayo será el siguiente:

– Mojar o inundar la cubierta.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

- Se mojará con agua por aspersión o inundación sobre el área completa.
- Observar la parte inferior de la cubierta para detectar las pérdidas.
- Completar el informe del ensayo.

La cubierta del depósito deberá ser impermeable para evitar la contaminación del agua almacenada por la lluvia y los arrastres de la suciedad acumulada en la misma. Siempre que sea posible, se deberá comprobar la estanquidad de la cubierta inundándola con una lámina de agua de al menos 25 mm durante no menos de 24 horas, para detectar eventuales filtraciones.

Cuando la geometría de la cubierta impida su inundación, se procederá al regado por aspersión durante al menos 6 horas.

Si apareciesen filtraciones, goteras o manchas de humedad en la cara inferior de la cubierta o en el contacto de ésta con los muros perimetrales durante el ensayo de estanquidad o inmediatamente después, deberá proponerse una solución de impermeabilización de la cubierta y repetirse el ensayo de estanquidad en las zonas afectadas una vez efectuadas las reparaciones.

VI.5.3 Control de la calidad del agua

Para el procedimiento de control de calidad del agua se seguirá el establecido por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

Para ello se deberán instalar las correspondientes estaciones de muestreo en las redes para el control de la calidad del agua.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Anexo 1. Legislación y normativa citada

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

En los diferentes apartados de estas Normas se hace referencia a una serie de disposiciones legales y normativas que han servido de base para su redacción y que se deben tener en cuenta para su aplicación.

La relación de las versiones correspondientes a las disposiciones aplicables en cada caso, con referencia a su fecha de aprobación, es la que se indica a continuación.

Legislación europea

Directiva 98/83/CE	Relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano
Directiva2006/42/CE	Relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE.
Directiva 2014/30/CE	Armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética
Directiva 2014/35/UE	Armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
Directiva (UE) 2020/2184	Relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano
Reglamento (UE) n.º 305/2011	Condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo.
Reglamento (UE) n.º 548/2014	Reglamento por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a los transformadores de potencia pequeños, medianos y grande
Reglamento (UE) 2019/1781	Por el que se establecen requisitos de diseño ecológico para los motores eléctricos y los variadores de velocidad de conformidad con la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y de Consejo, se modifica el Reglamento (CE) nº 641/2009 en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico aplicables a los circuladores sin prensaestopas independientes ya los circuladores sin prensaestopas integrados en productos y se deroga el Reglamento (CE) nº 640/2009 de la Comisión.
Decisión n.º 768/2008/CE	Marco común para la comercialización de los productos y por la que se deroga la Decisión 93/465/CEE del Consejo.

Legislación nacional

Ley 16/1985	Ley del Patrimonio Histórico Español.
Ley 3/1995	Ley de Vías Pecuarias.
Ley 31/1995	Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
Ley 54/1997	Ley del Sector Eléctrico.
Ley 37/2003	Ley del Ruido.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Ley 54/2003	Ley de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
Ley 22/2011	De residuos y suelos contaminados.
Ley 37/2015	Ley de Carreteras.
Ley 38/2015	Ley del Sector Ferroviario.
RD Ley 1/2001	Texto Refundido de la Ley de Aguas.
RD 849/1986	Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
RD 1812/1994	Reglamento General de Carreteras.
RD 485/1997	Disposiciones mínimas, en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
RD 486/1997	Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
R.D. 665/1997	Sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
RD 773/1997	Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
RD 1215/1997	Real Decreto por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
RD 1627/1997	Real Decreto que establece disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
RD 614/2001	Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
RD 842/2002	Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.
RD 997/2002	Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02).
RD 140/2003	Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
RD 681/2003	Sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
RD 171/2004	Por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

RD 2177/2004	Real Decreto por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
RD 2387/2004	Reglamento del Sector Ferroviario.
RD 1513/2005	Real Decreto por el que se desarrolla la Ley37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
RD 314/2006	Código Técnico de la Edificación.
R.D 396/2006	Por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
RD 1110/2007	Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
RD 1367/2007	Real Decreto por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
RD 105/2008	Real Decreto que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
*RD 1247/2008	Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

*Nota: este RD ha sido anulado y sustituido por el ***Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.*** *El RD 470/2021 entrará en vigor a los tres meses de su publicación en el BOE (10 de agosto de 2021), es decir, el 10 de noviembre de 2021.*

RD 1890/2008	Reglamento por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07
RD 2032/2009	Unidades legales de medida.
RD 337/2010	Real Decreto por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
*RD 751/2011	Instrucción de Acero Estructural (EAE).

*Nota: este RD ha sido anulado y sustituido por el ***Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.*** *El RD 470/2021 entrará en vigor a los tres meses de su publicación en el BOE (10 de agosto de 2021), es decir, el 10 de noviembre de 2021.*

RD 337/2014	Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
RD 1/2016	Revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

	de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro
RD 902/2018	Real Decreto por el que se modifican el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, y las especificaciones de los métodos de análisis del Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano, y del Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano.
RD 553/2020	Real Decreto por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado
RD 646/2020	Real Decreto por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero
*Real Decreto 470/2021	Por el que se aprueba el Código Estructural.

*Nota: el presente real decreto entrará en vigor a los tres meses de su publicación en el BOE (10 de agosto de 2021), es decir, el 10 de noviembre de 2021.

Real Decreto 427/2021	por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
Real Decreto 809/2021	Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
Decreto 2922/1975	Reglamento para el servicio y distribución de las aguas del Canal de Isabel II.
Orden APM/1007/2017	Orden sobre normas generales de valorización de materiales naturales excavados para su utilización en operaciones de relleno y obras distintas a aquéllas en las que se generaron.
Orden FOM/1382/2002, de 16 mayo	por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes relativos a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones (PG-3).
Orden MAM/304/2002	Orden por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y lista europea de residuos.
Orden SCO/1591/2005	Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo.

Legislación autonómica

Ley 3/1991	Ley de Carreteras de la Comunidad de Madrid.
Decreto 29/1993	Reglamento de la Ley de Carreteras de la Comunidad de Madrid.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Ley 8/1998	Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid.
Ley 9/2001	Ley del Suelo de la Comunidad de Madrid
Ley 5/2003	Ley de Residuos de la Comunidad de Madrid
Ley 3/2013	Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid.
Decreto 7/2021	Por el que se aprueba el Reglamento de Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid
Orden 2726/2009	Orden por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid

Normas UNE

UNE 21123	**Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV.**
21123-1:2017	Parte 1: Cables con aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo.
21123-2:2017	Parte 2: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo.
21123-3:2017	Parte 3: Cables con aislamiento de etileno-propileno y cubierta de policloruro de vinilo.
21123-4:2017	Parte 4: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina.
21123-5:2017	Parte 5: Cables con aislamiento de etileno propileno y cubierta de poliolefina.
UNE 21428-1:2011	Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite, 50 Hz, de 25 kVA a 3150 kVA con tensión más elevada para el material hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Sección 1: Requisitos para transformadores bitensión en alta tensión.
UNE 36068:2011	**Barras corrugadas de acero soldable para uso estructural en armaduras de hormigón armado.**
UNE 36092:2014	**Mallas electrosoldadas de acero para uso estructural en armaduras de hormigón armado. Mallas electrosoldadas fabricadas con alambres de acero B 500 T**
UNE 36094	**Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado.**
36094:1997	
36094:1997 ERRATUM	
UNE 53331:2021	**Plásticos. Tuberías de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas.**
UNE 53394:2018 IN	**Plásticos. Código de instalación y manejo de tubos de polietileno (PE) para conducción de agua a presión. Técnicas recomendadas.**

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

UNE 53994:2020	**Plásticos. Tubos y accesorios de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polietileno (PE) y polipropileno (PP) para drenaje enterrado en obras de edificación e ingeniería civil y drenaje agrícola.**
UNE 103109:1995	**Método de ensayo para determinar el índice "equivalente de arena" de un suelo.**
UNE 103201:2019	**Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles en agua que hay en un suelo.**
UNE 103202:2019	**Determinación cualitativa del contenido de sulfatos solubles en agua que hay en un suelo.**
UNE 103204:2019	**Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.**
UNE 103501:1994	**Geotecnia. Ensayo de compactación. Próctor modificado.**
UNE 103502:1994	**Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice C.B.R. de un suelo.**
UNE 103900:2013	**Determinación in situ de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.**
UNE 127917:2021	**Pozos de registro y cámaras de Inspección de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibras de acero. Complemento nacional a la Norma UNE-EN 1917:2008.**
UNE 211006:2010	**Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.**

Normas UNE-EN

UNE-EN 124	**Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos.**
124-1:2015	Parte 1: Definiciones, clasificación, principios generales de diseño, requisitos de comportamiento y métodos de ensayo.
124-2:2015	Parte 2: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de fundición
124-3:2015	Parte 3: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de acero o aleación de aluminio.
124-4:2015	Parte 4: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de hormigón armado.
124-5:2015	Parte 5: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de materiales compuestos.
124-6:2015	Parte 6: Dispositivos de cubrimiento y de cierre de polipropileno (PP), polietileno (PE) o poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U).
UNE-EN 131-1: 2016+A1:2020	**Escaleras. Parte 1: Terminología, tipos y dimensiones funcionales.**
UNE-EN 545:2011	**Tubos, racores y accesorios de fundición dúctil y sus uniones para canalizaciones de agua. Requisitos y métodos de ensayo.**
UNE-EN 639:1995	**Prescripciones comunes para tubos de presión de hormigón incluyendo juntas y accesorios.**

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

UNE-EN 641:1995	**Tubos de presión de hormigón armado, con camisa de chapa, incluyendo juntas y accesorios.**
UNE-EN 642:1995	**Tubos de presión de hormigón pretensado, con y sin camisa de chapa, incluyendo juntas, accesorios y prescripciones particulares relativos al acero de pretensar para tubos.**
UNE-EN 681	**Juntas elastoméricas. Requisitos de los materiales para juntas de estanquidad de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y drenaje.**
681-1:1996	Parte 1. Caucho vulcanizado.
681-1/AC:2002	Parte 1. Caucho vulcanizado.
681-1/A1:1999	Parte 1. Caucho vulcanizado.
681-1/A2:2002	Parte 1. Caucho vulcanizado.
681-1:1996/A3:2006	Parte 1. Caucho vulcanizado.
681-2:2001	Parte 2. Elastómeros termoplásticos.
681-2:2001/A1:2002	Parte 2. Elastómeros termoplásticos.
681-2:2001/A2:2006	Parte 2. Elastómeros termoplásticos.
681-3:2001	Parte 3. Materiales celulares de caucho vulcanizado.
681-3:2001/A1:2002	Parte 3. Materiales celulares de caucho vulcanizado.
681-3:2001/A2:2006	Parte 3. Materiales celulares de caucho vulcanizado.
681-4:2001	Parte 4. Elementos de estanquidad de poliuretano moldeado.
681-4/A1:2002	Parte 4. Elementos de estanquidad de poliuretano moldeado.
681-4:2001/A2:2006	Parte 4. Elementos de estanquidad de poliuretano moldeado.
UNE-EN 736	**Válvulas. Terminología.**
736-1:2019	Parte 1. Definición de los tipos de válvulas.
736-2:2016	Parte 2. Definición de los componentes de las válvulas.
736-3:2008	Parte 3: Definición de términos.
UNE-EN 805:2000	**Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.**
UNE-EN 837	**Manómetros.**
837-1:1997	Parte 1: Manómetros de tubo Bourdon. Dimensiones, metrología, requisitos y ensayos.
837-1/AC:1998	Parte 1: Manómetros de tubo Bourdon. Dimensiones, metrología, requisitos y ensayos.
837-2:1998	Parte 2: Recomendaciones para la selección e instalación de manómetros.
837-3:1997	Parte 3: Manómetros de membrana y manómetros de cápsula. Dimensiones, metrología, requisitos y ensayos.
UNE-EN 809	**Bombas y grupos motobombas para líquidos. Requisitos comunes de seguridad.**
809:1999+A1:2010	
809:1999+A1:2010/AC:2010	
UNE-EN 1074	**Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados.**
1074-1:2001	Parte 1. Requisitos generales.
1074-1:2001 ERRATUM:2008	Parte 1. Requisitos generales.
1074-2:2001	Parte 2. Válvulas de seccionamiento.
1074-2:2004/A1:2004	Parte 2. Válvulas de seccionamiento.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

1074-3:2001	Parte 3. Válvulas antirretorno.
1074-4:2001	Parte 4. Purgadoras y ventosas.
1074-5:2001	Parte 5. Válvulas de control.
1074-6:2011	Parte 6. Hidrantes.
UNE-EN 1092	**Bridas y sus uniones. Bridas circulares para tuberías, grifería, accesorios y piezas especiales, designación PN.**
1092-1:2019	Parte 1: Bridas de acero.
1092-2:1998	Parte 2: Bridas de fundición.
1092-3:2004	Parte 3: Bridas de aleación de cobre.
1092-3/AC:2004	Parte 3: Bridas de aleación de cobre.
1092-3:2004/AC:2007	Parte 3: Bridas de aleación de cobre.
1092-4:2002	Parte 4: Bridas de aleaciones de aluminio.
UNE-EN 1401	**Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U).**
UNE-EN 1401-1:2020	Parte 1: Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema.
UNE-EN 1412:2017	**Cobre y aleaciones de cobre. Sistema europeo de designación numérica.**
UNE-EN 1508:1999	**Abastecimiento de agua. Requisitos para sistemas y componentes para el almacenamiento de agua.**
UNE-EN 1514	**Bridas y sus complementos. Medidas de las juntas para bridas designadas por la PN.**
1514-1:1997	Parte 1. Juntas planas no metálicas con o sin insertos.
1514-2:2014	Parte 2. Juntas en espiral para su utilización con bridas de acero.
1514-3:1997	Parte 3. Juntas no metálicas con envolvente de PTFE.
1514-4:1997	Parte 4. Juntas metálicas onduladas, planas o estriadas y juntas metaloplásticas para bridas de acero.
1514-6:2004	Parte 6. Juntas metálicas en diente de sierra revestidas para bridas de acero.
1514-7:2004	Parte 7. Juntas metaloplásticas revestidas para bridas de acero.
1514-8:2005	Parte 8. Juntas tóricas poliméricas para bridas ranuradas.
UNE-EN 1515	**Bridas y sus uniones.**
1515-1:2000	Parte 1: Selección de la tornillería.
1515-2:2002	Parte 2: Clasificación de materiales para bulones utilizados en bridas de acero, designación PN.
1515-3:2006	Parte 3: Clasificación de materiales para bulones utilizados en bridas de acero, designación por clase.
1515-4:2010	Parte 4: Selección de los bulones para los equipos sometidos a la Directiva de Equipos a Presión 97/23/CE.
UNE-EN 1563:2019	**Fundición. Fundición de grafito esferoidal.**
UNE-EN 1591	**Bridas y sus uniones. Reglas de diseño de las uniones de bridas circulares con junta de estanquidad.**
UNE-EN 1591-1:2014	Parte 1: Cálculo.
UNE-EN 1796:2014	**Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua con o sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resina de poliéster insaturada (UP).**

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

UNE-EN 1917:2008	**Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibras de acero.**
UNE-EN 1982:2018	**Cobre y aleaciones de cobre. Lingotes y piezas fundidas.**
UNE-EN 1990:2019 (Eurocódigo 0)	**Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras.**
UNE-EN 1991 (Eurocódigo 1)	**Acciones en estructuras.**
1991-1-1:2019	Parte 1-1. Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios, y sobrecargas de uso en edificios.
1991-1-2:2019	Parte 1-2: Acciones generales. Acciones en estructuras expuestas al fuego.
1991-1-3:2018	Parte 1-3: Acciones generales. Cargas de nieve.
1991-1-4:2018	Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento.
1991-1-5:2018	Parte 1-5: Acciones generales. Acciones térmicas.
1991-1-6:2018	Parte 1-6: Acciones generales. Acciones durante la ejecución.
1991-1-7:2018	Parte 1-7: Acciones generales. Acciones accidentales.
1991-4:2011	Parte 4: Silos y depósitos.
1991-4:2011/AC:2013	Parte 4: Silos y depósitos.
UNE-EN 1992 (Eurocódigo 2)	**Proyecto de estructuras de hormigón.**
1992-1-1:2013	Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
1992-3:2011	Parte 3: Depósitos y estructuras de contención.
UNE-EN 1993 (Eurocódigo 3)	**Proyecto de estructuras de acero.**
1993-1-1:2013	Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios.
1993-1-1:2013/A1:2014	Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios.
1993-1-2:2016	Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
1993-1-3:2012	Parte 1-3: Reglas generales. Reglas adicionales para perfiles y chapas de paredes delgadas conformadas en frío.
1993-1-5:2013	Parte 1-5: Placas planas cargadas en su plano.
1993-1-8:2013	Parte 1-8: Uniones.
1993-1-9:2013	Parte 1-9: Fatiga.
1993-1-10:2013	Parte 1-10: Tenacidad de fractura y resistencia transversal.
1993-1-12:2010	Parte 1-12: Reglas adicionales para la aplicación de la Norma EN 1993 hasta aceros de grado S700.
UNE-EN 1997 (Eurocódigo 7)	**Proyecto geotécnico.**
1997-1:2016	Parte 1: Reglas generales.
UNE-EN 1998 (Eurocódigo 8)	**Proyecto de estructuras sismorresistentes.**
1998-1:2018	Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación.
1998-2:2018	Parte 2: Puentes.
1998-6:2018	Parte 6: Torres, mástiles y chimeneas.
1998-3:2018	Parte 3: Evaluación y adecuación sísmica de edificios.
1998-4:2021	Parte 4: Silos, depósitos y tuberías.
1998-5:2018	Parte 5: Cimentaciones, estructuras de contención y aspectos geotécnicos.
UNE-EN 10020:2001	**Definición y clasificación de los tipos de aceros.**
UNE-EN 10025	**Productos laminados en caliente de aceros para estructuras.**
10025-1:2006	Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.
10025-2:2020	Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

UNE-EN 10028	**Productos planos de acero para aplicaciones a presión.**
10028-1:2017	Parte 1: Prescripciones generales.
10028-2:2017	Parte 2: Aceros no aleados y aleados con propiedades especificadas a altas temperaturas.
UNE-EN 10088	**Aceros inoxidables.**
10088-1:2015	Parte 1: Relación de aceros inoxidables.
10088-2:2015	Parte 2: Condiciones técnicas de suministro para chapas y bandas de acero resistentes a la corrosión para usos generales.
10088-3:2015	Parte 3: Condiciones técnicas de suministro para productos semiacabados, barras, alambrón, alambre, perfiles y productos calibrados de aceros resistentes a la corrosión para usos generales.
10088-4:2010	Parte 4: Condiciones técnicas de suministro para chapas y bandas de aceros resistentes a la corrosión para usos en construcción.
10088-5:2010	Parte 5: Condiciones técnicas de suministro para barras, alambrón, alambre, perfiles y productos brillantes de aceros resistentes a la corrosión para usos en construcción.
UNE-EN 10224	**Tubos y accesorios en acero no aleado para el transporte de líquidos acuosos, incluido agua para consumo humano. Condiciones técnicas de suministro.**
10224:2003	
10224:2003/A1:2006	
UNE-EN 10290:2003	**Tubos y accesorios de acero para canalizaciones enterradas y sumergidas. Recubrimientos externos de poliuretano o poliuretano modificado aplicados en estado líquido.**
UNE-EN 10311:2006	**Uniones para la conexión de tubos de acero y sus accesorios para la conducción de agua y otros líquidos acuosos.**
UNE-EN 12068:1999	**Protección catódica. Recubrimientos orgánicos exteriores para la protección contra la corrosión de tubos de aceros enterrados o sumergidos, empleados en conjunción con la protección catódica. Cintas y materiales retráctiles.**
UNE-EN 12165:2017	**Cobre y aleaciones de cobre. Semiproductos para forja.**
UNE-EN 12201	**Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y saneamiento con presión. Polietileno (PE).**
12201-1:2012	Parte 1: Generalidades.
12201-2:2012+A1:2020	Parte 2: Tubos.
12201-3:2012+A1:2013	Parte 3: Accesorios.
12201-4:2012	Parte 4: Válvulas.
12201-5:2012	Parte 5: Aptitud al uso del sistema.
UNE-CEN/TS 12201-7:2014	Parte 7: Guía para la evaluación de la conformidad. (Ratificada por AENOR en diciembre de 2014.)
UNE-EN 12501	**Protección de materiales metálicos contra la corrosión- Probabilidad de corrosión en el suelo.**
12501-1:2003	Parte 1 Generalidades.
12501-2:2003	Parte 2 Materiales ferrosos de baja aleación y no aleados.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

UNE-EN 12560	**Bridas y sus juntas. Juntas para las bridas designadas por Clase.**
12560-1:2001	Parte 1. Juntas planas no metálicas con y sin insertos.
12560-2:2014	Parte 2: Juntas en espiral para bridas de acero.
12560-3:2001	Parte 3. Juntas no metálicas con envolventes PTFE.
12560-4:2001	Parte 4. Juntas metálicas corrugadas, planas o estriadas y juntas metaloplásticas para bridas de acero.
12560-5:2001	Parte 5. Juntas anulares metálicas para bridas de acero.
12560-6:2004	Parte 6. Juntas metálicas en diente de sierra revestidas para bridas de acero.
12560-7:2004	Parte 7. Juntas metaloplásticas revestidas para bridas de acero.
UNE-EN 12814	**Ensayo de uniones soldadas en productos termoplásticos semi-acabados.**
12814-1:2000	Parte 1: Ensayo de curvatura.
12814-1/AC:2003	Parte 1: Ensayo de curvatura.
12814-2:2001	Parte 2: Ensayo de tracción.
12814-3:2014	Ensayo de fluencia en tracción.
12814-4:2018	Parte 4: Ensayo de pelado. (Versión consolidada)
12814-5:2001	Parte 5: Examen macroscópico.
12814-6:2001	Parte 6: Ensayo de tracción a baja temperatura.
12814-7:2003	Parte 7: Ensayos de tracción con probetas con entalla en U.
12814-8:2002	Parte 8: Requisitos.
12814-8/AC:2003	Parte 8: Requisitos.
UNE-EN 12842:2013	**Racores de fundición dúctil para sistemas de tuberías de PVC-U o PE. Requisitos y métodos de ensayo.**
UNE-EN 12954:2020	**Principios generales de la protección catódica de estructuras metálicas terrestres enterradas o sumergidas.**
UNE-EN 13101:2003	**Pates para pozos de registro enterrados. Requisitos, marcado, ensayos y evaluación de conformidad.**
UNE-EN 13252:2017	**Geotextiles y productos relacionados. Características requeridas para su uso en sistemas de drenaje.**
UNE-EN 13331	**Sistemas de entibación de zanjas.**
13331-1:2002	Parte 1. Especificaciones del producto.
13331-2:2002	Parte 2. Evaluación por cálculo o por ensayo.
UNE-EN 13509:2003	**Técnicas de medida en protección catódica.**
UNE-EN 13969	**Láminas flexibles para impermeabilización. Láminas anticapilaridad bituminosas incluyendo láminas bituminosas para la estanquidad de estructuras enterradas. Definiciones y características.**
13969:2005	
13969:2005/A1:2007	
UNE-EN 14396:2004	**Escaleras fijas para pozos de registro.**
UNE-EN 14505:2006	**Protección catódica de estructuras complejas.**
UNE-EN 14628-1:2021	**Tuberías, racores y accesorios de fundición dúctil. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Recubrimiento de polietileno (PE).**

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

UNE-EN 15189:2008	**Tuberías, accesorios y piezas especiales de fundición dúctil. Recubrimientos exteriores de poliuretano para tuberías. Requisitos y métodos de ensayo.**
UNE-EN 15542:2009	**Tubos, racores y accesorios de fundición dúctil. Revestimiento exterior de mortero de cemento para tubos. Requisitos y métodos de ensayo.**
UNE-EN 15655-1:2019	**Tuberías, racores y accesorios de fundición dúctil. Requisitos y métodos de ensayo para revestimientos orgánicos de tuberías y racores de fundición dúctil. Parte 1: Revestimientos de poliuretano para tuberías y accesorios.**
UNE-EN 17176:2019	**Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua, riego, saneamiento y alcantarillado, enterrado o aéreo, con presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado orientado (PVC-O).**
UNE-EN 17176-1:2019	Parte 1: Generalidades.
UNE-EN 17176-2:2019	Parte 2: Tubos.
UNE-CEN/TS 17176-3:2019	Parte 3: Accesorios.
UNE-EN 17176-5:2019	Parte 5: Aptitud al uso del sistema.
UNE-CEN/TS 17176-7:2020	Parte 7: Evaluación de la conformidad. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en septiembre de 2020.)
UNE-EN 50085	**Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para instalaciones eléctricas.**
50085-1:2006	Parte 1: Requisitos generales.
50085-2-1:2008	Parte 2-1: Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para montaje en paredes y techos.
50085-2-1:2008/A1:2012	Parte 2-1: Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para montaje en paredes y techos.
50085-2-2:2009	Parte 2-2: Requisitos particulares para sistemas de canales y sistemas de conductos cerrados de sección no circular destinados a ser montados bajo suelo, enrasados con el suelo o sobre suelo.
50085-2-3:2010	Parte 2-3: Requisitos particulares para sistemas de canales ranuradas destinados a la instalación en armarios eléctricos.
50085-2-4:2009	Parte 2-4: Requisitos particulares para columnas y torretas.
UNE-EN 50122-2:2011	**Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno. Parte 2: Medidas de protección contra los efectos de las corrientes vagabundas producidas por los sistemas de tracción de corriente continua.**
UNE-EN 50162:2005	**Protección contra la corrosión debida a corrientes vagabundas provenientes de sistemas de corriente continua.**
UNE-EN 50575	**Cables de energía, control y comunicación. Cables para aplicaciones generales en construcciones sujetos a requisitos de reacción al fuego.**
UNE-EN 55011:2016/A1:2017	**Equipos industriales, científicos y médicos. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medición.**
UNE-EN 60034	**Máquinas eléctricas rotativas.**
60034-1:2011	Parte 1. Características asignadas y características de funcionamiento.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

60034-2-1:2014 (Ratificada)	Parte 2-1: Métodos normalizados para la determinación de las pérdidas y del rendimiento a partir de ensayos (excepto las máquinas para vehículos de tracción).
60034-3:2008	Parte 3. Reglas específicas para las turbomáquinas síncronas.
60034-5:2003	Parte 5. Grados de protección proporcionados por el diseño integral de las máquinas eléctricas rotativas (código IP). Clasificación.
60034-5:2003 ERRATUM:2005	Parte 5. Grados de protección proporcionados por el diseño integral de las máquinas eléctricas rotativas (código IP). Clasificación.
60034-5:2003/A1:2007	Parte 5. Grados de protección proporcionados por el diseño integral de las máquinas eléctricas rotativas (código IP). Clasificación.
60034-6:1997	Parte 6. Métodos de refrigeración (Código IC).
60034-7:1997	Parte 7. Clasificación de los tipos de construcción, de las disposiciones de montaje y posición de la caja de bornes (código IM).
60034-7:1998 ERRATUM	Parte 7. Clasificación de los tipos de construcción, de las disposiciones de montaje y posición de la caja de bornes (código IM).
60034-7/A1:2003	Parte 7: Clasificación de los tipos de construcción, de las disposiciones de montaje y posición de la caja de bornes (código IM).
60034-8:2008	Parte 8. Marcas de los bornes y sentido de giro.
60034-9:2006	Parte 9. Límites de ruido.
60034-9:2006/A1:2008	Parte 9. Límites de ruido.
60034-11:2005	Parte 11. Protección térmica.
60034-12:2017	Parte 12: Características de arranque de los motores trifásicos de inducción de jaula con una sola velocidad.
60034-14:2004	Parte 14. Vibraciones mecánicas de determinadas máquinas con altura de eje igual o superior a 56 mm. Medición, evaluación y límites de la intensidad de vibración.
60034-14:2004/A1:2007	Parte 14. Vibraciones mecánicas de determinadas máquinas con altura de eje igual o superior a 56 mm. Medición, evaluación y límites de la intensidad de vibración.
60034-15:2010	Parte 15. Niveles de tensión soportada con impulso de las máquinas rotativas de corriente alterna con bobinas de estator preformadas.
60034-16-1:2012	Parte 16-1: Sistemas de excitación para máquinas síncronas. Definiciones.
60034-18-1:2010	Parte 18-1: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Principios directores generales.
60034-18-21:2013	Parte 18-21: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Procedimientos de ensayo para devanados de hilo. Evaluación térmica y clasificación.
60034-18-22:2003	Parte 18: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Sección 22: Procedimientos de ensayo para devanados de hilo. Clasificación de las modificaciones y de la sustitución de componentes del aislamiento.
60034-18-31:2013	Máquinas eléctricas rotativas. Parte 18-31: Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento. Procedimientos de ensayo para devanados preformados. Evaluación térmica y clasificación de los sistemas de aislamiento utilizados en máquinas rotativas.
60034-18-32:2010	Part 18-32: Functional evaluation of insulation systems - Test procedures for form-wound windings - Evaluation by electrical endurance.
60034-22:2010	Parte 22: Generadores de corriente alterna para grupos electrógenos accionados por motores de combustión interna de pistones.
60034-26:2008	Parte 26: Efectos de las tensiones desequilibradas en el funcionamiento de los motores trifásicos de inducción de jaula.
60034-28:2013	Máquinas eléctricas rotativas. Parte 28: Métodos de ensayo para determinar las magnitudes de los esquemas del circuito equivalente para motores de inducción de jaula trifásicos de baja tensión.
60034-29:2009	Parte 29: Técnicas de carga equivalente y de superposición. Ensayos indirectos para determinar el calentamiento.
60034-30-1:2014	Parte 30-1: Clases de rendimiento para los motores trifásicos de inducción de jaula de velocidad única (código IE).

UNE-EN 60076	**Transformadores de potencia.**

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

UNE-EN 60529:2018	**Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).**
UNE-EN 60529:2018/A1:2018	**Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).**
UNE-EN 60529:2018/A2:2018	**Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).**
UNE-EN 60529:2018/A2:2018/ AC:2019-02	**Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).**
UNE-EN 61000-6	**Compatibilidad electromagnética.**
61000-6-1:2007	Parte 6-1: Normas genéricas. Inmunidad en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera.
61000-6-2:2006	Parte 6-2: Normas genéricas. Inmunidad en entornos industriales.
61000-6-2:2006 ERRATUM:2009	Parte 6-2: Normas genéricas. Inmunidad en entornos industriales.
61000-6-3:2007	Parte 6-3: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera.
61000-6-3:2007/A1:2012	Parte 6-3: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera.
61000-6-4:2007	Parte 6-4: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos industriales.
61000-6-4:2007 ERRATUM:2008	Parte 6-4: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos industriales.
61000-6-4:2007/A1:2011	Parte 6-4: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos industriales.
UNE-EN 61010	**Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio.**
UNE-EN 61386	**Sistemas de tubos para la conducción de cables.**
61386-1:2008/A1:2020	Parte 1: Requisitos generales.
61386-22:2005/A11:2011	Parte 22: Requisitos particulares. Sistemas de tubos curvables.
61386-24:2011	Parte 24: Requisitos particulares. Sistemas de tubos enterrados bajo tierra.
UNE-EN 61439	**Conjuntos de aparamenta de baja tensión.**
61439-1:2012	Parte 1. Reglas generales.
61439-2:2012	Parte 2. Conjuntos de aparamenta de potencia.
61439-3:2012	Parte 3. Cuadros de distribución destinados a ser operados por personal no cualificado (DBO).
61439-4:2013	Parte 4. Requisitos particulares para conjuntos para obras (CO).
61439-5:2015	Parte 5. Conjuntos de aparamenta para redes de distribución pública.
61439-6:2013	Parte 6. Canalizaciones prefabricadas.
1993-1-3:2012	Parte 1-3: Reglas generales. Reglas adicionales para perfiles y chapas de paredes
UNE-EN 61508:2011	**Seguridad funcional de los sistemas eléctricos, electrónicos, electrónicos programables relacionados con la seguridad.**
UNE-EN 61800	**Accionamientos eléctricos de potencia de velocidad variable.**
61800-1:1999	Parte 1. Especificaciones de dimensionamiento para sistemas de accionamiento de potencia en corriente continua y baja tensión.
UNE-EN IEC 61800-3:2018	Parte 3: Requisitos CEM y métodos de ensayo específicos (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en octubre de 2018.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Normas UNE-EN IEC

UNE-EN IEC 60034-4-1:2018	**Máquinas eléctricas rotativas. Parte 4-1: Métodos para la determinación de las magnitudes de las máquinas síncronas a partir de los ensayos.**

Normas UNE-CEN/TR

UNE-CEN/TR 1591-2:2021 IN	**Parte 2: Parámetros de la junta de estanquidad.**

Normas UNE-EN ISO

UNE-EN ISO 1461:2010	**Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo**.
UNE-EN ISO 3183:2020	**Industrias del petróleo y del gas natural. Tubos de acero para sistemas de transporte por canalizaciones.**
UNE-EN ISO 3452-1:2013	**Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes. Parte 1: Principios generales. (ISO 3452-1:2013, versión corregida 2014-05-01).**
UNE-EN ISO 8501-1:2008	**Preparación de substratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 1: Grados de óxido y de preparación de substratos de acero no pintados después de eliminar totalmente los recubrimientos anteriores.**
UNE-EN ISO 9000:2015	**Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. (ISO 9000:2015).**
UNE-EN ISO 9001:2015	**Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.**
UNE-EN ISO 9606-1:2017	**Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros. (ISO 9606-1:2012 incluido Cor 1:2012 y Cor 2:2013).**
UNE-EN ISO 9906:2012	**Bombas rotodinámicas. Ensayos de rendimiento hidráulico de aceptación. Niveles 1, 2 y 3.**
UNE-EN ISO 11295:2018	**Clasificación e información sobre el diseño y aplicaciones de sistemas de canalización en materiales plásticos utilizados en renovación y reemplazo.**
UNE-EN ISO 11298	**Sistemas de canalización en materiales plásticos para la renovación de redes de conducción de agua enterradas.**
11298-1:2018	Parte 1: Generalidades. (ISO 11298-1:2018).
11298-2:2018	Parte 2: Entubado en continuo. (ISO 11298-2:2018).
11298-3:2019	Parte 3: Entubado ajustado. (ISO 11298-3:2018).

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

UNE-EN ISO 12100:2012	**Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo**
UNE-EN ISO 12696:2017	**Protección catódica del acero en el hormigón. (ISO 12696:2016)**
UNE-EN ISO 12944-5:2020	**Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 5: Sistemas de pintura protectores.**
UNE-EN ISO 15607:2020	**Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Reglas generales.**
UNE-EN ISO 15609-1:2020	**Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Especificación del procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco.**
UNE-EN ISO 15614-1	**Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones.**
15614-1:2018	Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones.
15614-1:2018/A1:2020	Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones. Modificación 1.
UNE-EN ISO 17892	**Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorio de suelos.**
17892-1:2015	Parte 1: Determinación de la humedad.
17892-4:2019	Parte 4: Determinación de la distribución granulométrica.
17892-12:2019	Parte 12: Determinación del límite líquido y del límite plástico.
UNE-EN ISO 18086:2018	**Corrosión de metales y aleaciones. Determinación de la corrosión ocasionada por la corriente alterna. Criterios de protección.**
UNE-EN ISO 21809-3:2016	**Industrias del petróleo y del gas natural. Recubrimientos externos para tuberías enterradas o sumergidas empleadas en sistemas de transporte por tubería. Parte 3: Revestimientos de las juntas realizados en obra.**

Normas UNE-EN ISO/IEC

UNE-EN ISO/IEC 17011:2017	**Evaluación de la conformidad. Requisitos para los organismos de acreditación que realizan la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad.**
UNE-EN ISO/IEC 17021-1:2015	**Evaluación de la conformidad. Requisitos para los organismos que realizan la auditoría y la certificación de sistemas de gestión. Parte 1: Requisitos.**

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

UNE-EN ISO/IEC 17025:2017	**Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.**
UNE-EN ISO/IEC 17065:2012	**Evaluación de la conformidad. Requisitos para organismos que certifican productos, procesos y servicios.**

Normas UNE-ISO

UNE-ISO 1629:2017	**Cauchos y látex. Nomenclatura.**

Normas ISO

ISO 161-1:2018	**Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids — Nominal outside diameters and nominal pressures — Part 1: Metric series**
ISO 2531 2531:2009 2531:2009/Cor 1:2010	**Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water applications.**
ISO 4200:1991	**Plain end steel tubes, welded and seamless. General tables of dimensions and masses per unit length.**
ISO 8180:2020	**Ductile iron pipelines Polyethylene sleeving for site application.**
ISO 10816-7:2009	**Mechanical vibration Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts**
ISO 16422:2014	**Pipes and joints made of oriented unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-O) for the conveyance of water under pressure — Specifications**
ISO 21809-1:2018	**Petroleum and natural gas industries — External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation systems — Part 1: Polyolefin coatings (3-layer PE and 3-layer PP)**

Otras normas

ACI-CODE 318-19	**Building code requirements for structural concrete and commentary.**
API 5L 46th 2018	**Line pipe**
ANSI/AWWA C208-17	**Dimensions for fabricated Steel water pipe**
AWWA C210-15	**Liquid epoxy coatings and linings for steel water pipe and fittings.**
AWWA C222-18	**Polyurethane coatings and linings for steel water pipe and fittings.**
AWWA M11-2019	**Steel pipe: a guide for design and installation, fith edition.**

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

AWWA M45 3rd Edition, 2013	**Fiberglass pipe design. Third edition**
BS 8007:1987	**Design of concrete structures for retaining aqueous liquids.**
DIN 30670:2012-04	**Polyethylen coatings of steel pipes and fittings. Requirements and testing.**
DIN 30672-1:2019-05	**Field coating materials for corrosion protection of buried pipelines - Part 1: Requirements and product testings**
DIN 30672-2:2019-05	**Field coating materials for corrosion protection of buried pipelines - Part 2: Application and quality control on site**
DVS 2203	**Testing of welded joints of thermoplastic.**
DVS 2206	**Testing of building components and structures of thermoplastics.**
DVS 2207	**Welding of thermoplastics.**
NLT-120/72	**Contenido de sulfatos en los suelos**
NLT-149/72	**Resistencia al desgaste de los áridos por medio de la máquina de Los Ángeles.**
NLT-204/72	**Determinación de densidad mínima de una arena.**
NLT-113/87	**Equivalente de arena**
NLT-205/91	**Determinación de la densidad máxima de una arena por el método de apisonado**
NTP 278 (1992)	**Zanjas: prevención del desprendimiento de tierras**

Documentación técnica

Canal de Isabel II. Normas para Redes de Reutilización. Versión 2. 2020.

Canal de Isabel II. Normas para Redes de Saneamiento. Versión 3. 2020.

Canal de Isabel II. Especificación Técnica de acometidas de agua para Consumo humano. Versión 4. 2018.

Canal de Isabel II. Especificación Técnica de elementos de elementos de maniobra y control. Válvulas de Compuerta. Versión 2012.

Canal de Isabel II. Especificación Técnica de elementos de elementos de maniobra y control. Válvulas de Mariposa. Versión 2013.

Canal de Isabel II. Especificación Técnica de elementos de elementos de maniobra y control. Válvulas de Aeración. Versión 2. 2015.

Canal de Isabel II. Especificación Técnica de tubos de fundición dúctil para agua de consumo humano. Criterios de homologación. Versión 2015.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Canal de Isabel II. Especificación Técnica de dispositivos de cierre. Versión 2013.

Canal de Isabel II. Especificaciones técnicas sobre la instalación y recepción de tendidos de fibra óptica para Canal de Isabel II, S.A.

Canal de Isabel II. Especificaciones y plantillas para la digitalización de redes de abastecimiento de Canal de Isabel II. Madrid.

CEDEX. Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión. Madrid, 2017.

CEDEX. Guía técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable. Madrid, 2017.

Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS). Manual de corrosión y protección de tuberías. 2001.

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado (IET). Madrid, 2007

“Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón. En masa, armado y pretensado, 2ª edición” de J. Calavera. Intemac. 2008

.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Anexo 2. Dimensiones y armado de los macizos de anclaje

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Codos Horizontales 11º 15'

CODO HORIZONTAL 11º 15' P_{cal}: 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,16	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,25	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,39	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,57	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,01	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	1,57	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	2,26	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	3,08	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	4,02	0,80	1,60	2,05	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	6,28	0,90	1,80	2,92	4Φ16 (8,04)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	9,05	1,05	2,10	4,63	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	12,31	1,15	2,30	6,08	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800	0,70	16,08	1,30	2,60	8,79	7Φ16 (14,07)	6Φ16 (12,06)	2Φ16 (4,02)
900	0,75	20,35	1,40	2,80	10,98	6Φ20 (18,85)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	25,13	1,50	3,00	13,50	7Φ20 (21,99)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

CODO HORIZONTAL 11º 15' P_{cal}: 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,20	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,31	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,49	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,71	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,26	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	1,96	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	2,83	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	3,85	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	5,03	0,85	1,70	2,46	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	7,85	1,00	2,00	4,00	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	11,31	1,15	2,30	6,08	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	15,39	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800	0,70	20,10	1,40	2,80	10,98	6Φ20 (18,85)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	25,44	1,50	3,00	13,50	6Φ20 (18,85)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	31,41	1,65	3,30	17,97	7Φ20 (21,99)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

CODO HORIZONTAL 11º 15' P_{cal}: 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,25	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,39	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,61	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,88	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,57	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	2,45	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	3,53	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	4,81	0,85	1,70	2,46	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	6,28	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	9,82	1,10	2,20	5,32	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	14,13	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	19,24	1,35	2,70	9,84	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800	0,70	25,13	1,50	3,00	13,50	6Φ20 (18,85)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	31,80	1,65	3,30	17,97	7Φ20 (21,99)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	39,26	1,75	3,50	21,44	8Φ20 (25,13)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Codos Horizontales 22º 30'

CODO HORIZONTAL 22º 30' P_{cal}: 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,32	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,50	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,78	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,13	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	2,00	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	3,13	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	4,50	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	6,13	0,90	1,80	2,92	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	8,00	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	12,50	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	18,00	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	24,51	1,50	3,00	13,50	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800	0,70	32,01	1,65	3,30	17,97	7Φ20 (21,99)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	40,51	1,80	3,60	23,33	7Φ20 (21,99)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	50,01	1,90	3,85 (**)	28,16	9Φ20 (28,27)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

CODO HORIZONTAL 22º 30' P_{cal}: 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,40	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,63	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,98	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,41	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	2,50	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	3,91	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	5,63	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	7,66	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	10,00	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	15,63	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	22,51	1,45	2,90	12,19	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	30,63	1,60	3,20	16,38	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800	0,70	40,01	1,75	3,50	21,44	7Φ20 (21,99)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	50,64	1,90	3,85 (**)	28,16	8Φ20 (25,13)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	62,52	2,05	4,20 (**)	36,16	8Φ25 (39,27)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

CODO HORIZONTAL 22º 30' P_{cal}: 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,50	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,78	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,22	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,76	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	3,13	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	4,88	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	7,03	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	9,57	1,05	2,10	4,63	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	12,50	1,20	2,40	6,91	7Φ12 (7,92)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	19,54	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	28,13	1,55	3,10	14,90	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	38,29	1,75	3,50	21,44	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	50,01	1,90	3,85 (**)	28,16	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	63,30	2,10	4,25 (**)	37,93	8Φ25 (39,27)	7Φ16 (14,07)	2Φ25 (9,82)
1000	0,80	78,14	2,25	4,60 (**)	47,61	9Φ25 (44,18)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Codos Horizontales 45º

CODO HORIZONTAL 45º P_{cal}: 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,63	0,40	0,80	0,26	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,98	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,53	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,21	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	3,92	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	6,13	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	8,83	1,05	2,10	4,63	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	12,02	1,15	2,30	6,08	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	15,70	1,25	2,50	7,81	7Φ12 (7,92)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (1,13)
500	0,55	24,53	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	35,32	1,70	3,40	19,65	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	48,07	1,90	3,80	27,44	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	62,79	2,10	4,20	37,04	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	79,46	2,25	4,60 (**)	47,61	9Φ20 (28,27)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	98,10	2,45	5,05 (**)	62,48	10Φ25 (49,09)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

CODO HORIZONTAL 45º P_{cal}: 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,78	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,23	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,92	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,76	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	4,91	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	7,66	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	11,04	1,15	2,30	6,08	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	15,02	1,25	2,50	7,81	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	19,62	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,03)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	30,66	1,60	3,20	16,38	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	44,15	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,09)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	60,09	2,05	4,10	34,46	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	78,48	2,25	4,60 (**)	47,61	9Φ20 (28,27)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	99,33	2,45	5,05 (**)	62,48	10Φ20 (31,42)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	122,63 (*)						

CODO HORIZONTAL 45º P_{cal}: 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,98	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,53	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,40	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	3,45	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	6,13	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	9,58	1,05	2,10	4,63	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	13,80	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	18,78	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,03)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	24,53	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,03)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	38,32	1,75	3,50	21,44	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	55,18	2,00	4,00	32,00	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	75,11	2,20	4,50 (**)	44,55	9Φ20 (28,27)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	98,10	2,45	5,00 (**)	61,25	10Φ20 (31,42)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	124,16 (*)						
1000	0,80	153,29 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 $t/m^{2.}$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Codos Horizontales 90º

CODO HORIZONTAL 90º P_{cal}: 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,16	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,81	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,83	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	4,08	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	7,25	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	11,33	1,15	2,30	6,08	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	16,31	1,30	2,60	8,79	5Φ16 (10,05)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	22,21	1,45	2,90	12,19	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	29,00	1,60	3,20	16,38	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	45,32	1,85	3,70	25,33	7Φ16 (14,07)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	65,26	2,10	4,25 (**)	37,93	9Φ16 (18,09)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	88,82	2,35	4,80 (**)	54,14	9Φ20 (28,27)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	116,01 (*)						
900	0,75	146,83 (*)						
1000	0,80	181,27 (*)						

CODO HORIZONTAL 90º P_{cal}: 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,45	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,27	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	3,54	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	5,10	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	9,06	1,05	2,10	4,63	5Φ12 (5,65)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	14,16	1,25	2,50	7,81	5Φ16 (10,05)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	20,39	1,40	2,80	10,98	7Φ16 (14,07)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	27,76	1,55	3,10	14,90	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	36,25	1,70	3,40	19,65	7Φ20 (21,99)	4Φ12 (4,52)	1Φ20 (3,14)
500	0,55	56,65	2,00	4,00	32,00	8Φ20 (25,31)	4Φ16 (8,04)	1Φ20 (3,14)
600	0,60	81,57	2,30	4,65 (**)	49,73	9Φ25 (44,18)	4Φ16 (8,04)	1Φ25 (4,91)
700	0,65	111,03 (*)						
800	0,70	145,02 (*)						
900	0,75	183,54 (*)						
1000	0,80	226,59 (*)						

CODO HORIZONTAL 90º P_{cal}: 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,81	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,83	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	4,43	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	6,37	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	11,33	1,15	2,30	6,08	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	17,70	1,35	2,70	9,84	5Φ16 (10,05)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	25,49	1,50	3,00	13,50	8Φ16 (16,08)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	34,70	1,70	3,40	19,65	7Φ20 (21,99)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	45,32	1,85	3,70	25,33	8Φ20 (25,31)	4Φ12 (4,52)	1Φ20 (3,14)
500	0,55	70,81	2,20	4,40	42,59	8Φ25 (39,27)	4Φ16 (8,04)	1Φ25 (4,91)
600	0,60	101,96 (*)						
700	0,65	138,78 (*)						
800	0,70	181,27 (*)						
900	0,75	229,42 (*)						
1000	0,80	283,23 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m^2

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Derivaciones

DERIVACIONES P_{cal}: 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,82	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,28	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,00	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,88	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	5,13	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	8,01	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	11,54	1,15	2,30	6,08	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	15,70	1,30	2,60	8,79	7Φ12 (7,92)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	20,51	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	32,04	1,65	3,30	17,97	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	62,81	2,10	4,20	37,04	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	82,03	2,30	4,65 (**)	49,73	9Φ20 (28,27)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	103,82 (*)						
1000	0,80	128,18 (*)						

DERIVACIONES P_{cal}: 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,03	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,60	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,50	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	3,60	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	6,41	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	10,01	1,10	2,20	5,32	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	14,42	1,25	2,50	7,81	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	19,63	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	25,64	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	40,06	1,80	3,60	23,33	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	78,51	2,25	4,55 (**)	46,58	9Φ20 (28,27)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	102,54 (*)						
900	0,75	129,78 (*)						
1000	0,80	160,22 (*)						

DERIVACIONES P_{cal}: 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,28	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,00	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	3,13	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	4,51	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	8,01	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	12,52	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	18,02	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	24,53	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	32,04	1,70	3,40	19,65	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	50,07	1,95	3,90	29,66	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
600	0,60	72,10	2,20	4,40	42,59	9Φ20 (28,27)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	98,14	2,45	5,00 (**)	61,25	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	128,18 (*)						
900	0,75	162,22 (*)						
1000	0,80	200,28 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Válvulas de seccionamiento y extremos finales

VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO Y EXTREMOS FINALES P_{cal}: 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,82	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,28	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,00	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,88	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	5,13	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	8,01	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	11,54	1,15	2,30	6,08	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	15,70	1,30	2,60	8,79	8Φ12 (9,04)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	20,51	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	32,04	1,65	3,30	17,97	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	62,81	2,10	4,20	37,04	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	82,03	2,30	4,65 (**)	49,73	10Φ20 (31,42)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	103,82 (*)						
1000	0,80	128,18 (*)						

VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO Y EXTREMOS FINALES P_{cal}: 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,03	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,60	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,50	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	3,60	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	6,41	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	10,01	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	14,42	1,25	2,50	7,81	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	19,63	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	25,64	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	40,06	1,80	3,60	23,33	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	78,51	2,25	4,55 (**)	46,58	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	102,54 (*)						
900	0,75	129,78 (*)						
1000	0,80	160,22 (*)						

VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO Y EXTREMOS FINALES P_{cal}: 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,28	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,00	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	3,13	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	4,51	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	8,01	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,78)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	12,52	1,20	2,40	6,91	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	18,02	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	24,53	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	32,04	1,70	3,40	19,65	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	50,07	1,95	3,90	29,66	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
600	0,60	72,10	2,20	4,40	42,59	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	98,14	2,45	5,00 (**)	61,25	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	128,18 (*)						
900	0,75	162,22 (*)						
1000	0,80	200,28 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m^2.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Conos de reducción

CONOS DE REDUCCIÓN P_{cal}: 1,6 MPa								
ID1/ID2 (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m³)	S_1 (cm²)	S_2 (cm²)	S_1* (cm²)
80/40	0,34	0,62	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/60	0,34	0,36	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/65	0,34	0,28	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/60	0,35	0,82	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/80	0,35	0,46	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/60	0,36	1,54	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/80	0,36	1,18	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/100	0,36	0,72	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/80	0,38	2,06	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/100	0,38	1,60	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/125	0,38	0,88	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200/100	0,40	3,85	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200/125	0,40	3,12	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200/150	0,40	2,24	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
250/125	0,43	6,01	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
250/200	0,43	2,88	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
300/150	0,45	8,65	1,05	2,10	4,63	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
300/200	0,45	6,41	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
300/250	0,45	3,52	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
350/200	0,48	10,57	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
350/250	0,48	7,69	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
350/300	0,48	4,17	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
400/250	0,50	12,50	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
400/300	0,50	8,97	1,05	2,10	4,63	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (0,95)
400/350	0,50	4,81	0,85	1,70	2,46	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (0,95)
450/350	0,53	10,25	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	5Φ12 (5,66)	1Φ16 (2,01)
450/400	0,53	5,45	0,90	1,80	2,92	6Φ12 (6,79)	5Φ12 (5,66)	1Φ12 (0,95)
500/350	0,55	16,34	1,30	2,60	8,79	6Φ12 (6,79)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
500/400	0,55	11,54	1,15	2,30	6,08	6Φ12 (6,79)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
600/400	0,60	25,64	1,50	3,10 (**)	14,42	8Φ16 (16,08)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600/500	0,60	14,10	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
700/500	0,65	30,76	1,60	3,35 (**)	17,96	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
700/600	0,65	16,66	1,30	2,60	8,79	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,02)
800/600	0,70	35,89	1,70	3,60 (**)	22,03	8Φ16 (16,08)	5Φ20 (15,71)	2Φ20 (6,28)
800/700	0,70	19,23	1,35	2,75 (**)	10,21	6Φ20 (18,85)	5Φ20 (15,71)	2Φ20 (6,28)
900/700	0,75	41,02	1,80	3,85 (**)	26,68	8Φ20 (25,13)	5Φ20 (15,71)	2Φ20 (6,28)
900/800	0,75	21,79	1,45	2,95 (**)	12,62	6Φ20 (18,85)	5Φ20 (15,71)	2Φ20 (6,28)
1000/800	0,80	46,14	1,85	4,05 (**)	30,34	10Φ20 (31,42)	6Φ20 (18,85)	3Φ20 (9,43)
1000/900	0,80	24,35	1,50	3,05 (**)	13,95	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	3Φ20 (9,43)

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m^2

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Conos de reducción

CONOS DE REDUCCIÓN P_{cal}: 2,0 MPa								
ID1/ID2 (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80/40	0,34	0,77	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/60	0,34	0,45	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/65	0,34	0,35	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/60	0,35	1,03	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/80	0,35	0,58	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/60	0,36	1,93	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/80	0,36	1,48	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/100	0,36	0,90	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/80	0,38	2,58	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/100	0,38	2,00	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/125	0,38	1,10	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200/100	0,40	4,81	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
200/125	0,40	3,91	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
200/150	0,40	2,80	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250/125	0,43	7,51	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
250/200	0,43	3,60	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300/150	0,45	10,81	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300/200	0,45	8,01	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300/250	0,45	4,41	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350/200	0,48	13,22	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
350/250	0,48	9,61	1,05	2,10	4,63	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
350/300	0,48	5,21	0,85	1,70	2,46	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
400/250	0,50	15,62	1,30	2,60	8,79	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
400/300	0,50	11,22	1,15	2,30	6,08	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
400/350	0,50	6,01	0,90	1,80	2,92	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ12 (0,95)
450/350	0,53	12,82	1,20	2,40	6,91	8Φ12 (9,04)	5Φ12 (5,66)	1Φ12 (0,95)
450/400	0,53	6,81	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	5Φ12 (5,66)	1Φ12 (0,95)
500/350	0,55	20,43	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
500/400	0,55	14,42	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
600/400	0,60	32,04	1,65	3,40 (**)	19,07	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600/500	0,60	17,62	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700/500	0,65	38,45	1,75	3,70 (**)	23,96	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
700/600	0,65	20,83	1,40	2,85 (**)	11,37	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	2Φ16 (4,21)
800/600	0,70	44,86	1,85	3,95 (**)	28,86	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
800/700	0,70	24,03	1,50	3,05 (**)	13,95	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900/700	0,75	51,27	1,95	4,20 (**)	34,40	10Φ20 (31,42)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
900/800	0,75	27,24	1,55	3,20 (**)	15,87	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
1000/800	0,80	57,68	2,00	4,45 (**)	39,61	10Φ25 (49,09)	6Φ20 (18,85)	3Φ25 (14,73)
1000/900	0,80	30,44	1,60	3,35 (**)	17,96	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	3Φ20 (9,43)

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m^2

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Conos de reducción

CONOS DE REDUCCIÓN P_{cal}: 2,5 MPa								
ID1/ID2 (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80/40	0,34	0,96	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/60	0,34	0,56	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
80/65	0,34	0,44	0,40	0,80	0,26	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/60	0,35	1,28	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100/80	0,35	0,72	0,45	0,90	0,36	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/60	0,36	2,41	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/80	0,36	1,85	0,60	1,20	0,86	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125/100	0,36	1,13	0,50	1,00	0,50	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/80	0,38	3,22	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/100	0,38	2,50	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150/125	0,38	1,38	0,55	1,10	0,67	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200/100	0,40	6,01	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
200/125	0,40	4,88	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
200/150	0,40	3,50	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250/125	0,43	9,39	1,05	2,10	4,63	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
250/200	0,43	4,51	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300/150	0,45	13,52	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300/200	0,45	10,01	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300/250	0,45	5,51	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350/200	0,48	16,52	1,30	2,60	8,79	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350/250	0,48	12,02	1,15	2,30	6,08	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350/300	0,48	6,51	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
400/250	0,50	19,53	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
400/300	0,50	14,02	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
400/350	0,50	7,51	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
450/350	0,53	16,02	1,30	2,60	8,79	6Φ16 (12,06)	5Φ12 (5,66)	1Φ16 (2,01)
450/400	0,53	8,51	1,05	2,10	4,63	6Φ16 (12,06)	5Φ12 (5,66)	1Φ16 (2,01)
500/350	0,55	25,54	1,50	3,10 (**)	14,42	7Φ16 (14,07)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
500/400	0,55	18,02	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	6Φ12 (6,79)	1Φ16 (2,01)
600/400	0,60	40,06	1,80	3,75 (**)	25,31	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600/500	0,60	22,03	1,45	2,90	12,19	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700/500	0,65	48,07	1,90	4,10 (**)	31,94	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
700/600	0,65	26,04	1,50	3,10 (**)	14,42	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800/600	0,70	56,08	2,00	4,40 (**)	38,72	10Φ20 (31,42)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
800/700	0,70	30,04	1,60	3,35 (**)	17,96	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
900/700	0,75	64,09	2,10	4,65 (**)	45,41	10Φ20 (31,42)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
900/800	0,75	34,05	1,65	3,50 (**)	20,21	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
1000/800	0,80	72,10	2,15	4,90 (**)	51,62	10Φ25 (49,08)	6Φ20 (18,85)	3Φ25 (14,73)
1000/900	0,80	38,05	1,75	3,70 (**)	23,96	8Φ20 (25,13)	6Φ20 (18,85)	3Φ20 (9,43)

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 t/m^2

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Codos verticales descendentes 11º 15'

CODO VERTICAL DESCENDENTE 11º 15' P_{cal}: 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m³)	S_1 (cm²)	S_2 (cm²)	S_1* (cm²)
80	0,34	0,16	0,30	0,60	0,11	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,25	0,35	0,70	0,17	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,39	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,57	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,01	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	1,57	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	2,26	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	3,08	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	4,02	0,90	1,80	2,92	4Φ16 (8,04)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	6,28	1,05	2,10	4,63	4Φ16 (8,04)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	9,05	1,15	2,30	6,08	5Φ16 (10,05)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	12,31	1,30	2,60	8,79	5Φ20 (15,71)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	16,08	1,40	2,80	10,98	6Φ20 (18,85)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	20,35	1,50	3,00	13,50	6Φ20 (18,85)	6Φ20 (18,85)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	25,13	1,60	3,20	16,38	7Φ20 (21,99)	6Φ20 (18,85)	3Φ20 (9,42)

CODO VERTICAL DESCENDENTE 11º 15' P_{cal}: 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m³)	S_1 (cm²)	S_2 (cm²)	S_1* (cm²)
80	0,34	0,20	0,35	0,70	0,17	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,31	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,49	0,45	0,90	0,36	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,71	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,26	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	1,96	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	2,83	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	3,85	0,90	1,80	2,92	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	5,03	0,95	1,90	3,43	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	7,85	1,10	2,20	5,32	5Φ16 (10,05)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	11,31	1,25	2,50	7,81	6Φ16 (12,06)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	15,39	1,40	2,80	10,98	6Φ20 (18,85)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	20,10	1,50	3,00	13,50	6Φ20 (18,85)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	25,44	1,65	3,30	17,97	7Φ20 (21,99)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	31,41	1,75	3,50	21,44	8Φ20 (25,13)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

CODO VERTICAL DESCENDENTE 11º 15' P_{cal}: 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m³)	S_1 (cm²)	S_2 (cm²)	S_1* (cm²)
80	0,34	0,25	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,39	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,61	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	0,88	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	1,57	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	2,45	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	3,53	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	4,81	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	6,28	1,05	2,10	4,63	4Φ16 (8,04)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	9,82	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	14,13	1,35	2,70	9,84	6Φ16 (12,06)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	19,24	1,50	3,00	13,50	6Φ20 (18,85)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	25,13	1,60	3,20	16,38	6Φ20 (18,85)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	31,80	1,75	3,50	21,44	7Φ20 (21,99)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	39,26	1,90	3,80	27,44	8Φ20 (25,13)	8Φ16 (16,08)	3Φ20 (9,42)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Codos verticales descendentes 22º 30'

CODO VERTICAL DESCENDENTE 22º 30' P_{cal}: 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,32	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,50	0,45	0,90	0,36	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,78	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,13	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	2,00	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	3,13	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	4,50	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	6,13	1,00	2,00	4,00	4Φ16 (8,04)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	8,00	1,10	2,20	5,32	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	12,50	1,30	2,60	8,79	5Φ16 (10,05)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	18,00	1,45	2,90	12,19	6Φ20 (18,85)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	24,51	1,60	3,20	16,38	6Φ20 (18,85)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	32,01	1,75	3,50	21,44	7Φ20 (21,99)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	40,51	1,90	3,80	27,44	8Φ20 (25,13)	7Φ16 (14,07)	2Φ20 (6,28)
1000	0,80	50,01	2,00	4,00	32,00	8Φ25 (39,27)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

CODO VERTICAL DESCENDENTE 22º 30' P_{cal}: 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,40	0,40	0,80	0,26	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,63	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	0,98	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,41	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	2,50	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	3,91	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	5,63	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	7,66	1,10	2,20	5,32	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	10,00	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	15,63	1,40	2,80	10,98	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	22,51	1,55	3,10	14,90	6Φ20 (18,85)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	30,63	1,70	3,50	21,44	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	40,01	1,90	3,90	29,66	7Φ20 (21,99)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	50,64	2,05	4,20	37,04	8Φ25 (39,27)	7Φ16 (14,07)	2Φ25 (9,82)
1000	0,80	62,52	2,20	4,50	45,56	8Φ25 (39,27)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

CODO VERTICAL DESCENDENTE 22º 30' P_{cal}: 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,50	0,45	0,90	0,36	2Φ12 (2,26)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,78	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,22	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	1,76	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	3,13	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	4,88	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	7,03	1,05	2,10	4,63	4Φ16 (8,04)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	9,57	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	12,50	1,30	2,60	8,79	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	19,54	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	28,13	1,70	3,40	19,65	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	38,29	1,85	3,70	25,33	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	50,01	2,00	4,00	32,00	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	63,30	2,20	4,40	42,59	8Φ25 (39,27)	7Φ16 (14,07)	2Φ25 (9,82)
1000	0,80	78,14	2,35	4,70	51,91	9Φ25 (44,18)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Codos verticales descendentes 45º

CODO VERTICAL DESCENDENTE 45º P_{cal}: 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m³)	S_1 (cm²)	S_2 (cm²)	S_1* (cm²)
80	0,34	0,63	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	0,98	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,53	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,21	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	3,92	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	6,13	1,00	2,00	4,00	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	8,83	1,10	2,20	5,32	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	12,02	1,25	2,50	7,81	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	15,70	1,35	2,70	9,84	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	24,53	1,55	3,10	14,90	6Φ16 (12,06)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	35,32	1,80	3,60	23,33	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	48,07	2,00	4,00	32,00	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	62,79	2,20	4,40	42,59	8Φ20 (25,13)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	79,46	2,40	4,80	55,30	9Φ25 (44,18)	7Φ16 (14,07)	2Φ25 (9,82)
1000	0,80	98,10	2,55	5,10	66,33	9Φ25 (44,18)	8Φ16 (16,08)	3Φ25 (14,73)

CODO VERTICAL DESCENDENTE 45º P_{cal}: 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m³)	S_1 (cm²)	S_2 (cm²)	S_1* (cm²)
80	0,34	0,78	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,23	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	1,92	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,76	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	4,91	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	7,66	1,05	2,10	4,63	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	11,04	1,20	2,40	6,91	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	15,02	1,35	2,70	9,84	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	19,62	1,45	2,90	12,19	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	30,66	1,70	3,40	19,65	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	44,15	1,95	3,90	29,66	7Φ20 (21,99)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	60,09	2,15	4,30	39,75	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	78,48	2,35	4,70	51,91	9Φ20 (28,27)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	99,33	2,55	5,10	66,33	9Φ25 (44,18)	7Φ16 (14,07)	2Φ25 (9,82)
1000	0,80	122,63 (*)						

CODO VERTICAL DESCENDENTE 45º P_{cal}: 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m³)	S_1 (cm²)	S_2 (cm²)	S_1* (cm²)
80	0,34	0,98	0,50	1,00	0,50	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,53	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,40	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	3,45	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	6,13	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	9,58	1,15	2,30	6,08	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	13,80	1,30	2,60	8,79	5Φ16 (10,05)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	18,78	1,45	2,90	12,19	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	24,53	1,60	3,20	16,38	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	38,32	1,90	3,80	27,44	7Φ16 (14,07)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	55,18	2,10	4,20	37,04	8Φ20 (25,13)	5Φ16 (10,05)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	75,11	2,35	4,70	51,91	9Φ20 (28,27)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	98,10	2,60	5,20	70,30	10Φ20 (31,41)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	124,16 (*)						
1000	0,80	153,29 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Codos verticales descendentes 90º

CODO VERTICAL DESCENDENTE 90º P_{cal}: 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,16	0,55	1,10	0,67	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,81	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,83	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	4,08	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	7,25	1,10	2,20	5,32	5Φ12 (5,66)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	11,33	1,25	2,50	7,81	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	16,31	1,45	2,90	12,19	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	22,21	1,60	3,20	16,38	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	29,00	1,75	3,50	21,44	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	45,32	2,05	4,10	34,46	8Φ16 (16,08)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	65,26	2,35	4,70	51,91	10Φ16 (20,11)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	88,82	2,60	5,20	70,30	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	116,01 (*)						
900	0,75	146,83 (*)						
1000	0,80	181,27 (*)						

CODO VERTICAL DESCENDENTE 90º P_{cal}: 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,45	0,60	1,20	0,86	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,27	0,70	1,40	1,37	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	3,54	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	5,10	0,95	1,90	3,43	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	9,06	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	14,16	1,40	2,80	10,98	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	20,39	1,55	3,10	14,90	6Φ16 (12,06)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	27,76	1,75	3,50	21,44	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	36,25	1,90	3,80	27,44	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	56,65	2,25	4,50	45,56	9Φ16 (18,09)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	81,57	2,55	5,10	66,33	11Φ16 (22,12)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
700	0,65	111,03 (*)						
800	0,70	145,02 (*)						
900	0,75	183,54 (*)						
1000	0,80	226,59 (*)						

CODO VERTICAL DESCENDENTE 90º P_{cal}: 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,81	0,65	1,30	1,10	3Φ12 (3,39)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,83	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	4,43	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	6,37	1,05	2,10	4,63	5Φ12 (5,66)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	11,33	1,30	2,60	8,79	6Φ12 (6,79)	4Φ12 (4,52)	
250	0,43	17,70	1,50	3,00	13,50	7Φ12 (7,92)	4Φ12 (4,52)	
300	0,45	25,49	1,70	3,40	19,65	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	
350	0,48	34,70	1,90	3,80	27,44	7Φ16 (14,07)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	45,32	2,10	4,20	37,04	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	70,81	2,45	4,90	58,82	9Φ16 (18,09)	5Φ16 (10,05)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	101,96 (*)						
700	0,65	138,78 (*)						
800	0,70	181,27 (*)						
900	0,75	229,42 (*)						
1000	0,80	283,23 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Alojamientos (Registros y Cámaras)

ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS) P_{cal}: 1,6 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	0,82	0,65	1,30	1,10	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,28	0,75	1,50	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,00	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	2,88	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	5,13	1,10	2,20	5,32	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	8,01	1,30	2,60	8,79	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	11,54	1,45	2,90	12,19	8Φ16 (16,08)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	15,70	1,60	3,20	16,38	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	20,51	1,75	3,50	21,44	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	32,04	2,05	4,10	34,46	8Φ16 (16,08)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	2,30	4,70 (**)	50,81	10Φ20 (31,42)	4Φ16 (8,04)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	62,81	2,55	5,50 (**)	77,14	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	82,03	2,75	6,15 (**)	104,01	10Φ20 (31,42)	6Φ16 (12,06)	2Φ20 (6,28)
900	0,75	103,82 (*)						
1000	0,80	128,18 (*)						

ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS) P_{cal}: 2,0 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,03	0,70	1,40	1,37	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	1,60	0,80	1,60	2,05	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	2,50	0,90	1,80	2,92	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
150	0,38	3,60	1,00	2,00	4,00	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	6,41	1,20	2,40	6,91	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	10,01	1,40	2,80	10,98	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	14,42	1,55	3,10	14,90	8Φ12 (9,05)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	19,63	1,75	3,50	21,44	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	25,64	1,90	3,80	27,44	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	40,06	2,20	4,40	42,59	8Φ16 (16,08)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	46,14	2,30	5,10 (**)	59,82	10Φ20 (31,42)	4Φ16 (8,04)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	78,51	2,75	6,05 (**)	100,66	10Φ20 (31,42)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	102,54 (*)						
900	0,75	129,78 (*)						
1000	0,80	160,22 (*)						

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS) P_{cal}: 2,5 MPa								
ID (mm)	h (m)	E (t)	H (m)	L (m)	Vol. (m^3)	S_1 (cm^2)	S_2 (cm^2)	S_1* (cm^2)
80	0,34	1,28	0,75	1,5	1,69	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
100	0,35	2,00	0,85	1,70	2,46	4Φ12 (4,52)	3Φ12 (3,39)	
125	0,36	3,13	0,95	1,90	3,43	6Φ12 (6,79)	2Φ12 (2,26)	
150	0,38	4,51	1,05	2,10	5,08	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
200	0,40	8,01	1,30	2,60	8,79	6Φ12 (6,79)	3Φ12 (3,39)	
250	0,43	12,52	1,50	3,00	13,50	6Φ16 (12,06)	3Φ12 (3,39)	
300	0,45	18,02	1,70	3,40	19,65	8Φ16 (16,08)	3Φ12 (3,39)	
350	0,48	24,53	1,85	3,70	25,33	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	
400	0,50	32,04	2,05	4,10	34,46	8Φ16 (16,08)	4Φ12 (4,52)	1Φ16 (2,01)
500	0,55	50,07	2,35	4,85 (**)	55,28	10Φ16 (20,11)	4Φ16 (8,04)	1Φ16 (2,01)
600	0,60	72,10	2,65	5,75 (**)	87,62	10Φ20 (31,42)	4Φ16 (8,04)	1Φ20 (3,14)
700	0,65	98,14	2,95	6,75 (**)	134,41	12Φ20 (37,70)	5Φ16 (10,05)	2Φ20 (6,28)
800	0,70	128,18 (*)						
900	0,75	162,22 (*)						
1000	0,80	200,28 (*)						

(*) Macizos en los que se requiere un estudio específico debido a que deben soportar empujes de valor superior a 100 t

(**) Macizos en los que, manteniendo los criterios generales de dimensionamiento, se ha aumentado la superficie de la base para que la tensión resultante no supere la admisible, 10 $t/m^{2.}$

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Anexo 3. Planos

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid

Índice

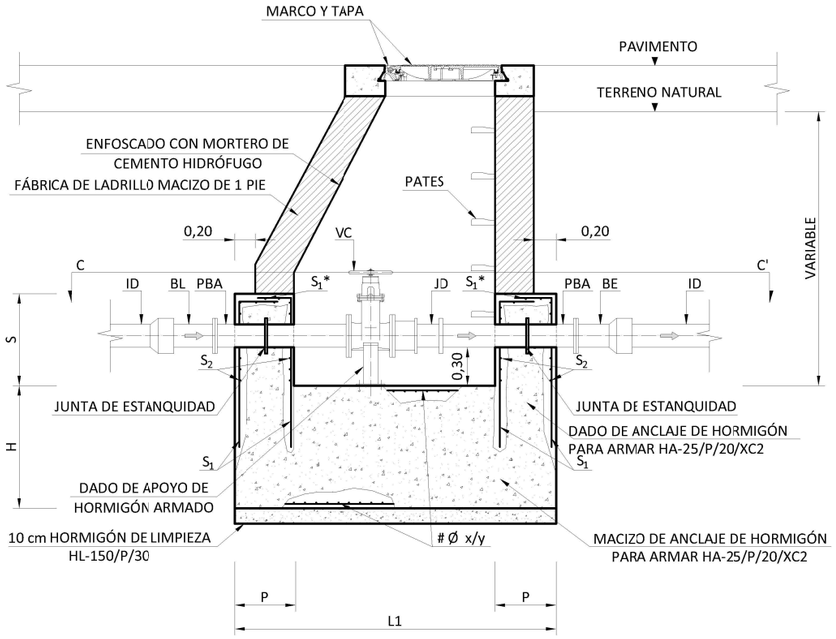
Planos de alojamientos (registros y cámaras)

P 1. Registro para Válvula de Seccionamiento.
P 2. Registro para Desagüe con Acometida.
P 3. Registro para Válvula de Aeración.
P 4. Cámara para Válvula de Aeración.
P 5. Cámara para Desagüe con pozo de achique.
P 6. Cámara para Válvula de Seccionamiento y dos Válvulas de Aeración.
P 7. Cámara para Válvula de Seccionamiento, Válvula de Aeración y Desagüe.
P 8. Cámara para Válvula de Seccionamiento con dos desagües.
P 9. Cámara para Válvula de Seccionamiento con derivación y dos Válvulas de Aeración.
P 10. Cámara para Válvula de Seccionamiento con Válvula de Aeración, derivación y Desagüe.
P 11. Cámara para Válvula de Seccionamiento con derivación y dos Desagües.
P 12. Cámara para Válvula de Seccionamiento con dos derivaciones y dos Válvulas de Aeración.
P 13. Cámara para Válvula de Seccionamiento con dos derivaciones, Válvula de Aeración y Desagüe.
P 14. Cámara para Válvula de Seccionamiento con dos derivaciones y dos Desagües.
P 15. Cámara para instalación de Válvulas Reguladoras de Presión, disposición en paralelo.
P 16. Cámara para instalación de Válvulas Reguladoras de Presión, disposición mixta serie / paralelo.
P 17. Dispositivos de cierre en Registros y Cámaras. Cobijas.
P 18.1. Dispositivos de cierre en Registros y Cámaras. Tapa y marco de fundición dúctil.
P 18.2. Dispositivos de cierre en Registros y Cámaras. Tapa y marco mixtos.
P 19. Hitos de señalización.

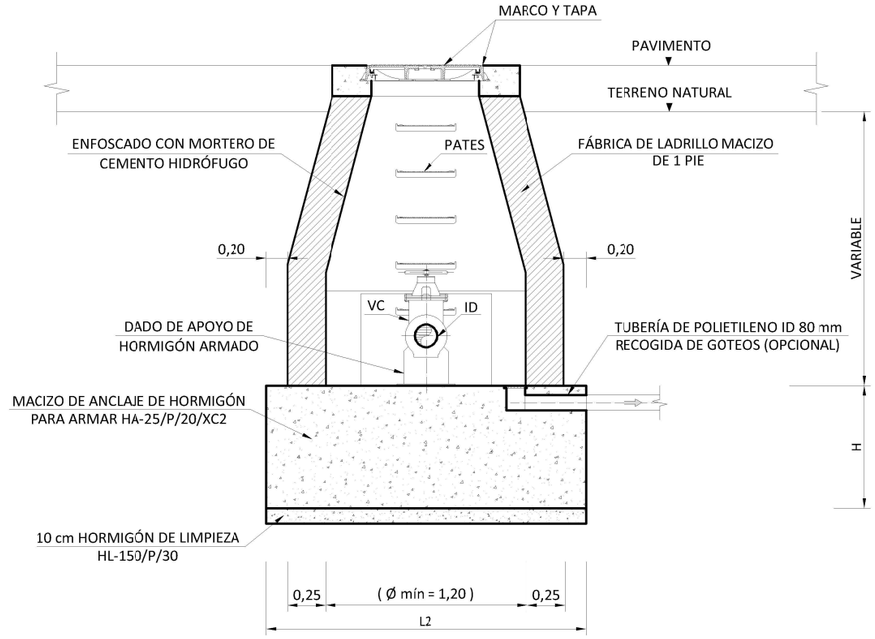
Planos de estaciones de bombeo

P 20. Estaciones de bombeo. Esquema depósito a depósito.
P 21. Estaciones de bombeo. Esquema depósito a red.
P 22. Estaciones de bombeo. Esquema red a red.

Canal de Isabel II, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Madrid al Tomo 29.733, Folio 86, Sección 8, Hoja M-534929 e Inscripción 1ª. Denominación en inscripción 34, NIF A86488087, Domicilio Social: C/ Santa Engracia, 125, 28003 Madrid



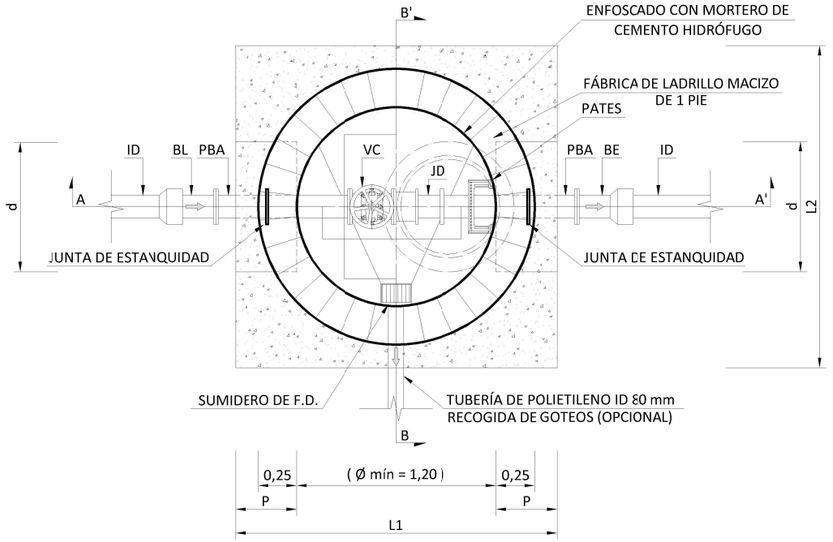
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión.
4. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
5. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
6. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
7. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
8. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
9. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentre sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.
10. En caso que el pozo quede a una cota inferior al nivel freático se enfoscará también la cara exterior. Se definirá la unidad de obra correctamente.



PLANTA
C - C'

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA	MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
	P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)		
ID (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 Mpa	P_{cal} 2,0 Mpa	P_{cal} 2,5 Mpa
80	0,40	2,00	2,00	1,60	0,40	2,00	2,00	1,60	0,45	2,00	2,00	1,80	0,40	0,55	0,65	0,70	0,75
100	0,45	2,05	2,05	1,89	0,50	2,05	2,05	2,10	0,60	2,05	2,05	2,52	0,40	0,55	0,75	0,80	0,85
150	0,80	2,10	2,10	3,53	0,95	2,10	2,10	4,19	1,05	2,10	2,10	4,63	0,40	0,60	0,95	1,00	1,05
200	1,10	2,20	2,20	5,32	1,20	2,40	2,40	6,91	1,30	2,60	2,60	8,79	0,40	0,65	1,10	1,20	1,30
250	1,30	2,60	2,60	8,79	1,40	2,80	2,80	10,98	1,50	3,00	3,00	13,50	0,40	0,70	1,30	1,40	1,50
300	1,45	2,90	2,90	12,19	1,55	3,10	3,10	14,90	1,70	3,40	3,40	19,65	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
80	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
100	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
150	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
200	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
250	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA PLANO DEL DADO DE ANCLAJE.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
(*) VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

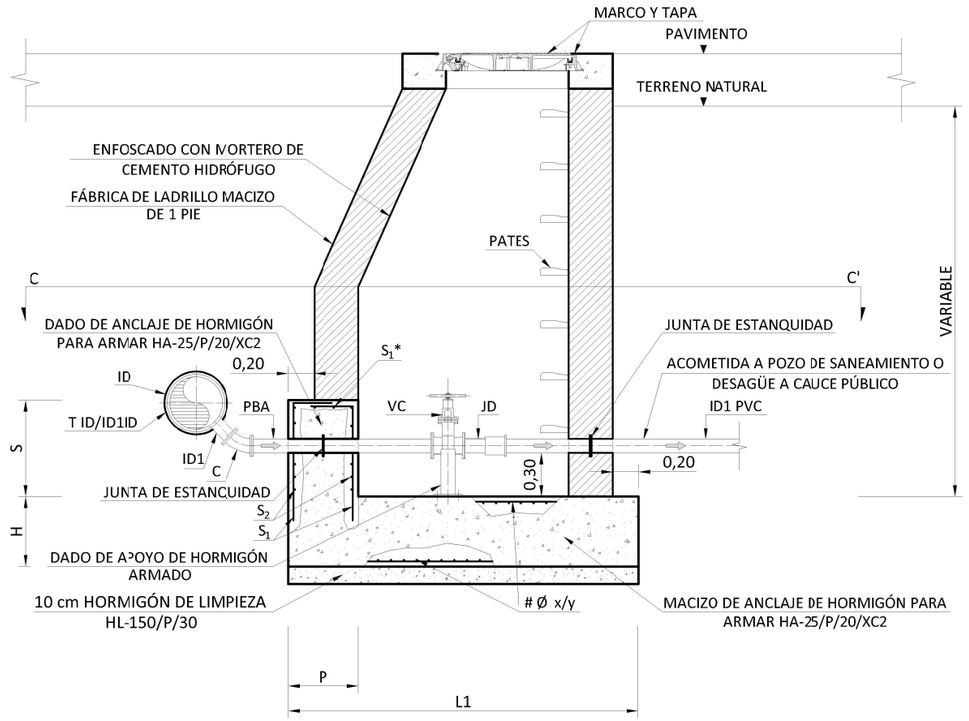
(*) PARA DÍAMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ UNA VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DÍAMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE UNA VÁLVULA DE COMPUERTA O UNA VÁLVULA DE MARIPOSA.

Canal de Isabel II

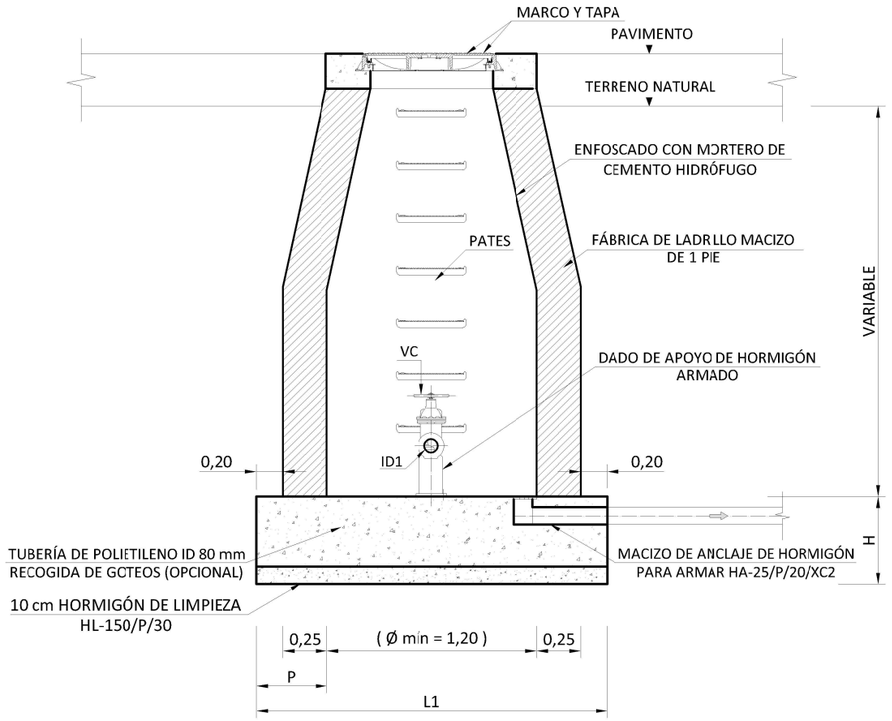
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
REGISTRO PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO

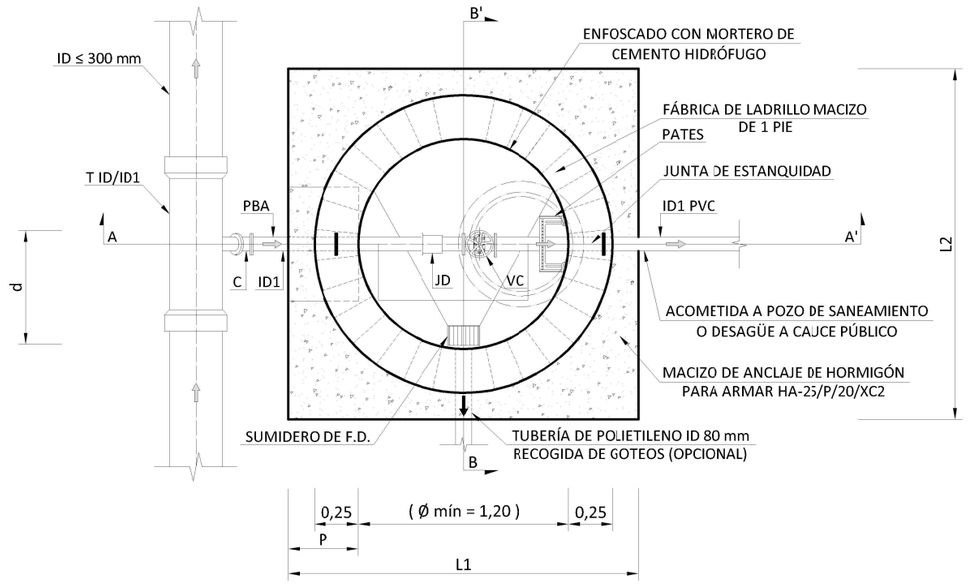
FECHA: NOVIEMBRE 2021 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 1



SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'



PLANTA
C - C'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponde exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión.
4. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclajes y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
5. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
6. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
7. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
8. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
9. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentre sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.
10. En caso que el pozo quede a una cota inferior al nivel freático se enfoscará también la cara exterior. Se definirá la unidad de obra correctamente.

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA ID1 (mm)	MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
	P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)		
	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 Mpa	P_{cal} 2,0 Mpa	P_{cal} 2,5 Mpa
80	0,40	2,00	2,00	1,60	0,40	2,00	2,00	1,60	0,45	2,00	2,00	1,80	0,40	0,55	0,65	0,70	0,75
100	0,45	2,05	2,05	1,89	0,50	2,05	2,05	2,10	0,60	2,05	2,05	2,52	0,40	0,55	0,75	0,80	0,85

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID1 (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
80	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
100	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/11	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/11	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/11

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA PLANO DEL DADO DE ANCLAJE.

LEYENDA

T = TE DE DOS ENCHUFES Y DERIVACIÓN EMBRIDADA
C = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
PBA = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

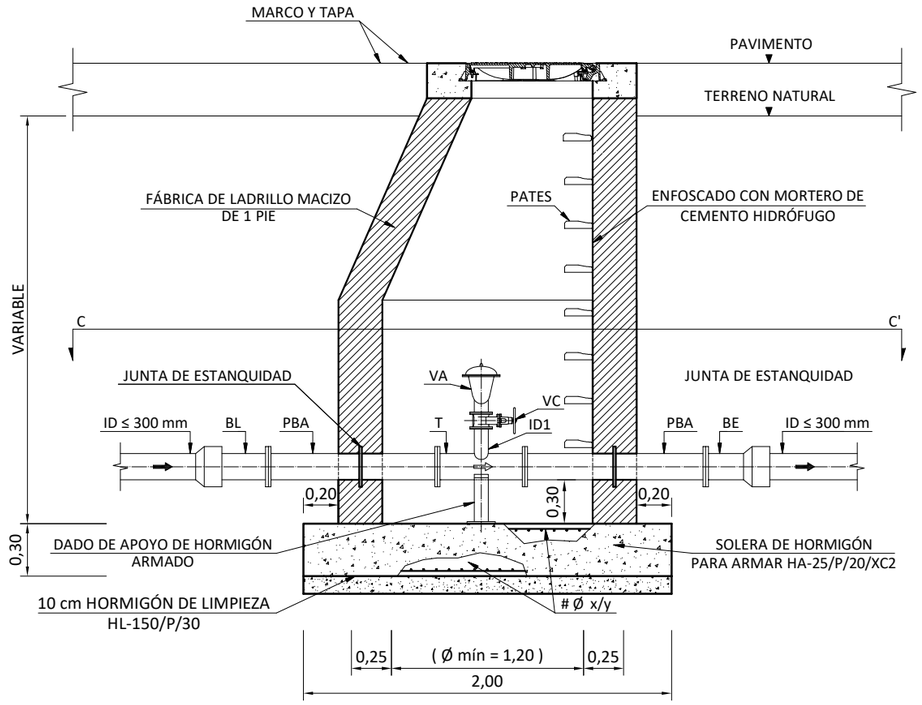
1 = TE DE DOS ENCHUFES Y DERIVACIÓN EMBRIDADA ID ≤ 300 mm / ID1
1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO ID1
1 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID1
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID1

Canal de Isabel II

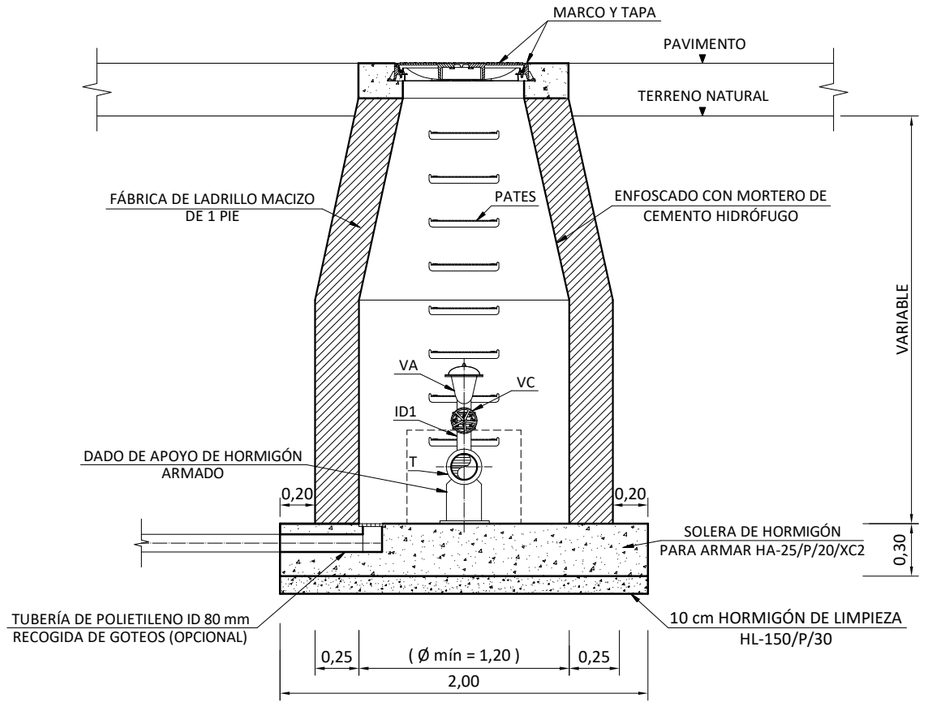
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
REGISTRO PARA DESAGÜE CON ACOMETIDA

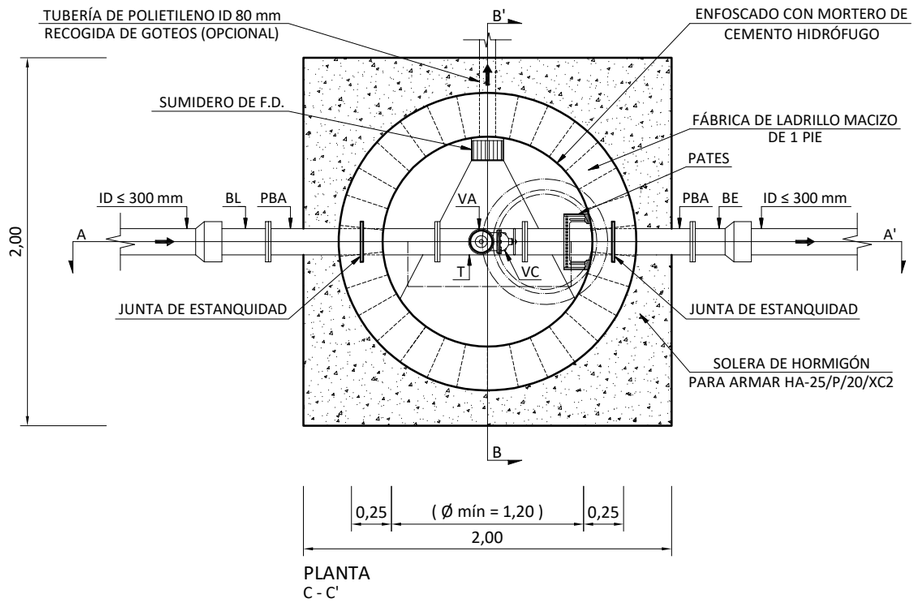
FECHA: NOVIEMBRE 2021 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 2



SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'



PLANTA
C - C'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de losa y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
4. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
5. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
6. El diámetro de válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación del aire.
7. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
8. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
9. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentre sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.
10. En caso que el pozo quede a una cota inferior al nivel freático se enfoscará también la cara exterior. Se definirá la unidad de obra correctamente.

LEYENDA

T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
BE = TERMINAL BRIDA - ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

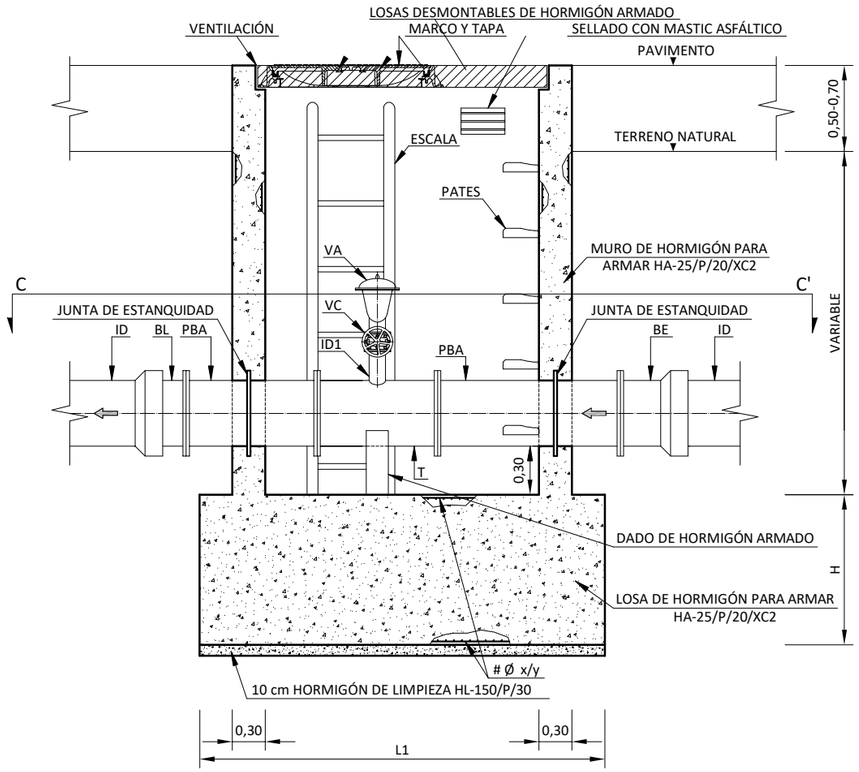
1 = TE EMBRIDADA ID ≤ 300 mm / ID1
2 = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE ID ≤ 300 mm
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
2 = TERMINAL BRIDA - ENCHUFE ID ≤ 300 mm

Canal de Isabel II

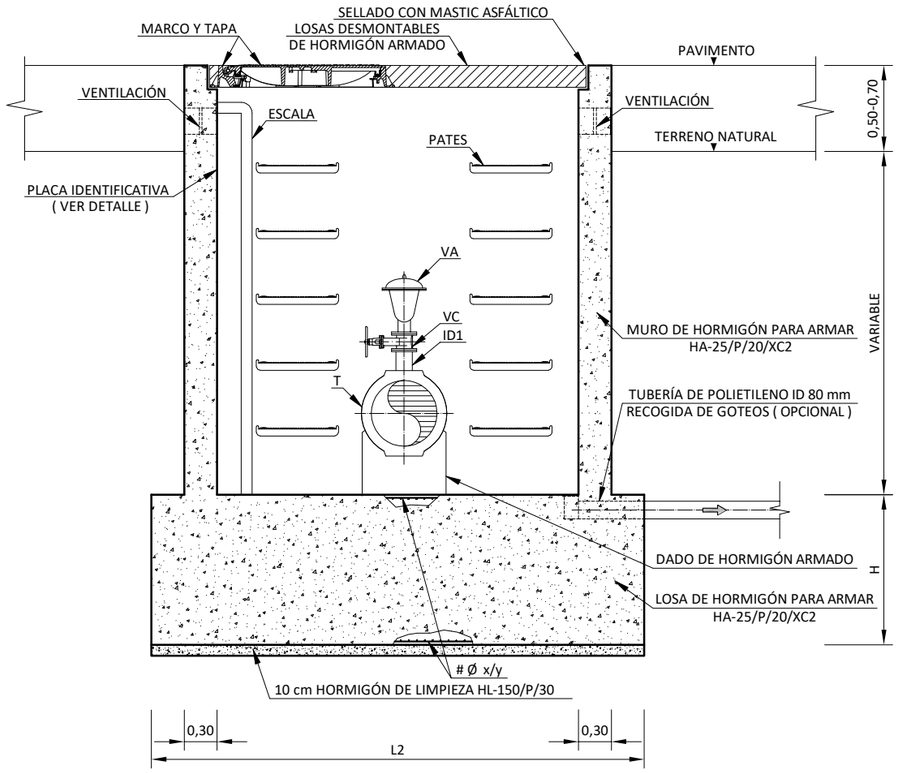
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
REGISTRO PARA VÁLVULA DE AERACIÓN

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
NOVIEMBRE 2021	S/E	m	3



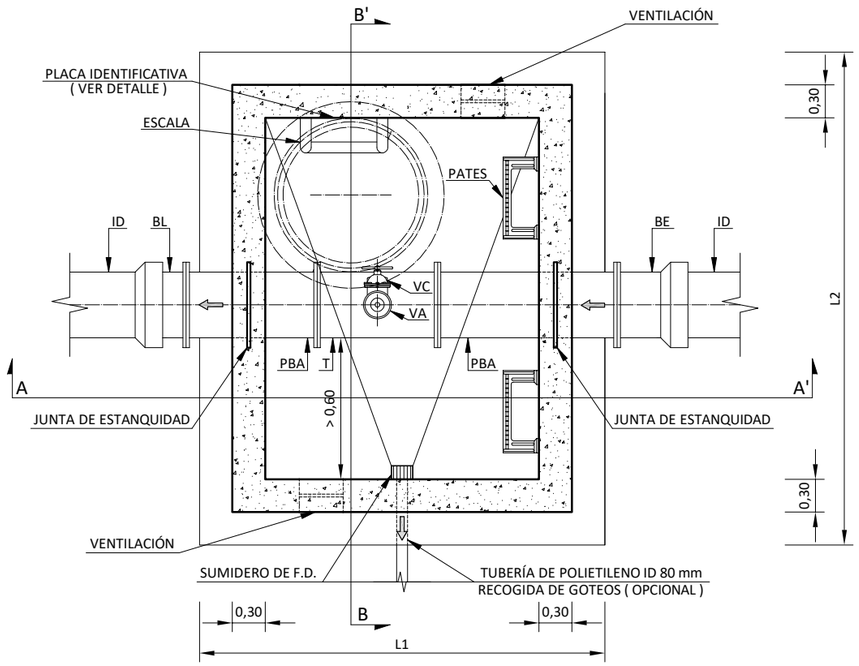
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m^3.
4. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de losa y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
5. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
6. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
7. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
8. Las cámaras se impermeabilizaran exteriormente con lámina asfáltica y lámina drenante.
9. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejilla de ventilación.
10. El diámetro de válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación del aire.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
12. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
13. Para registros con profundidades mayor de 3 m, la escala o escalera tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
14. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentre sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.



PLANTA
C - C'

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA		DIMENSIONES LOSA	
ID (mm)	ID1 (mm)	L1 (m)	L2 (m)
300	80	1,85	2,25
400	100	2,10	2,35
500	100	2,35	2,45
600	150	2,70	2,55
800	200	3,10	2,75
1000	200	3,60	2,95

LEYENDA

T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
BL = TERMINAL BRIDA - LISO
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
BE = TERMINAL BRIDA - ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

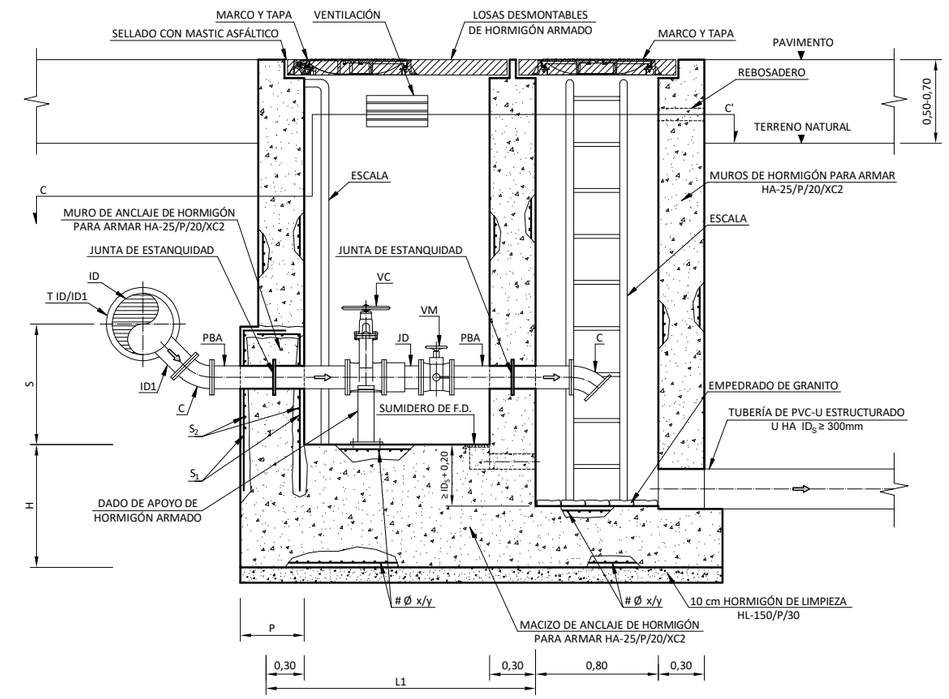
1 = TE EMBRIDADA ID ≤ 300 mm / ID1
2 = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE ID ≤ 300 mm
1 = TERMINAL BRIDA - LISO ID ≤ 300 mm
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1 = TERMINAL BRIDA - ENCHUFE ID ≤ 300 mm

Canal de Isabel II

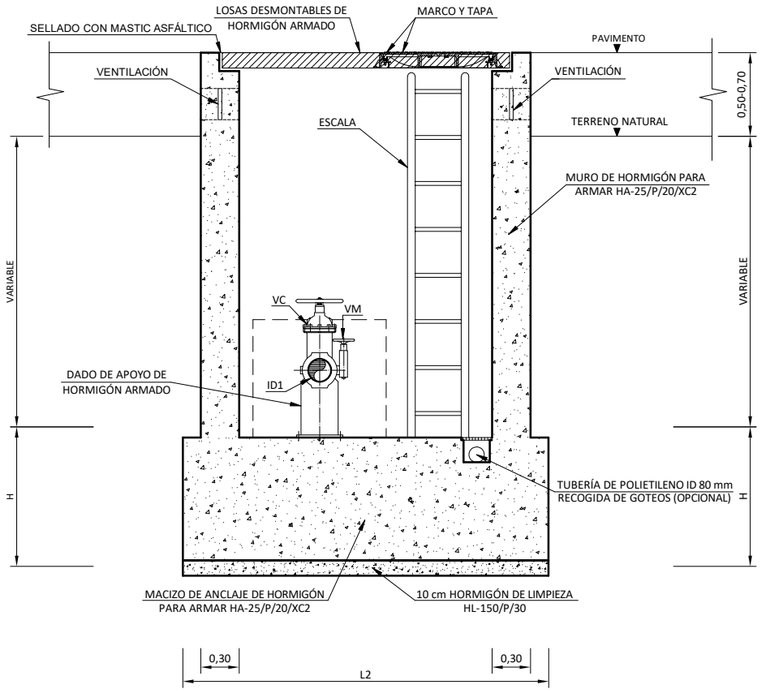
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
CÁMARA PARA VÁLVULA DE AERACIÓN

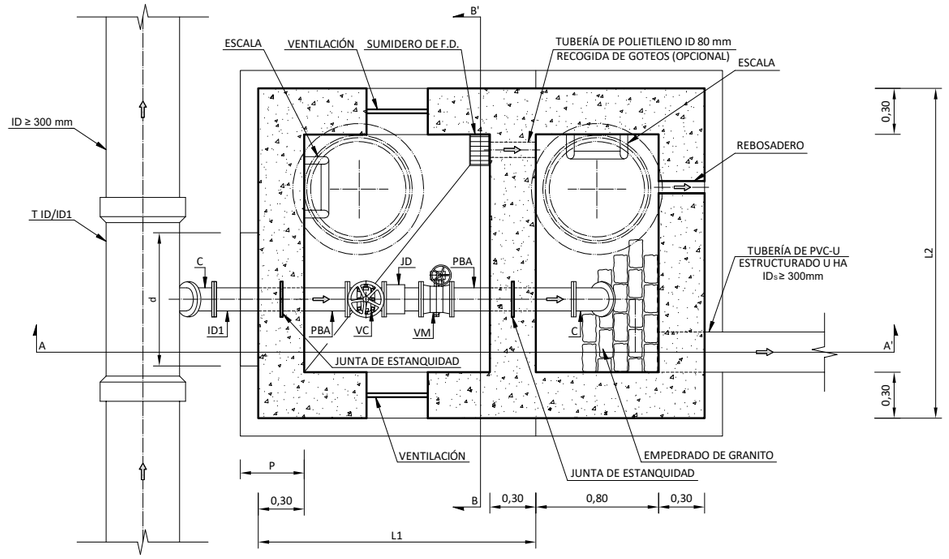
FECHA: NOVIEMBRE 2021
ESCALAS: S/E
COTAS: m
Nº DEL PLANO: 4



SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'



PLANTA
C - C'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m^3.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizan exteriormente con láminas asfálticas y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
12. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
13. Para registros con profundidad mayor de 3 m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
14. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA		MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
		P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
DE 80 A 200	80	0,40	1,80	1,95	1,40	0,40	1,80	1,95	1,40	0,50	1,80	1,95	1,76	0,40	0,55	0,65	0,70	0,75
DE 250 A 350	100	0,50	1,85	1,95	1,80	0,60	1,85	1,95	2,16	0,70	1,85	1,95	2,53	0,40	0,55	0,75	0,80	0,85
DE 400 A 600	150	0,85	2,10	2,00	3,57	1,00	2,10	2,00	4,20	1,15	2,10	2,00	4,83	0,40	0,60	0,95	1,00	1,05
DE 700 A 1.000	200	1,10	2,20	2,20	5,32	1,20	2,40	2,40	6,91	1,55	2,40	2,40	8,93	0,40	0,65	1,10	1,20	1,30

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID1 (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
80	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
100	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	4,52	4	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
150	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10
200	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	6,79	6	12	3,39	3	12				# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 y S_1 * COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*) EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO

LEYENDA

T = TE DE DOS ENCGUFES Y DERIVACIÓN EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
C = CODO DE 1/8 EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

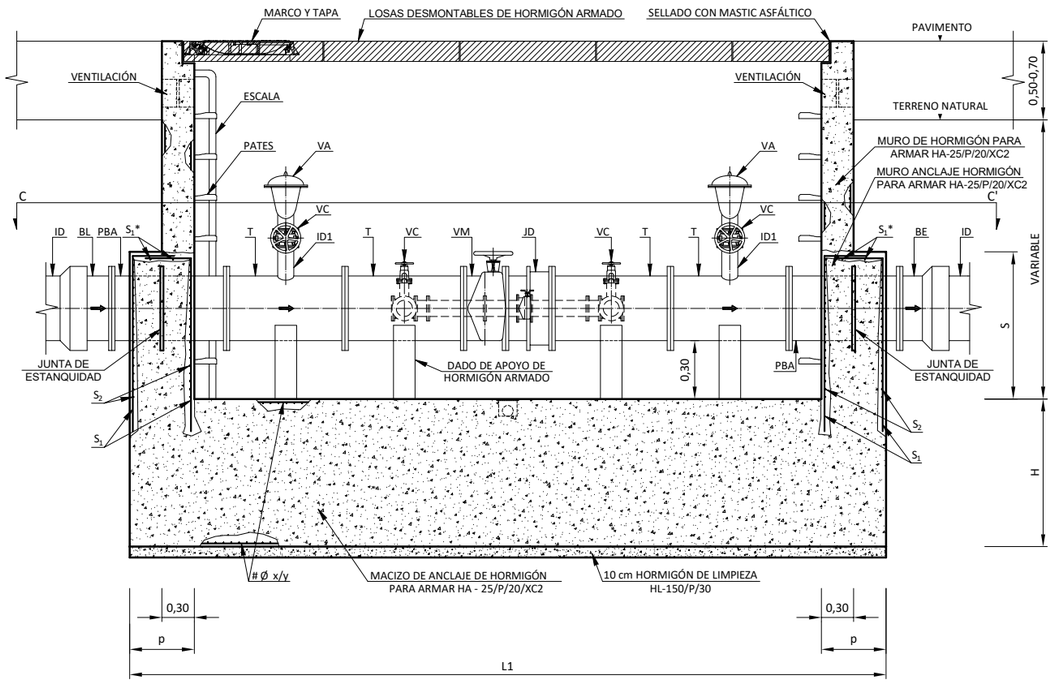
1 = TE DE DOS ENCHUFES Y DERIVACIÓN EMBRIDADA
2 = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE ID ≤ 300 mm
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO

Canal de Isabel II

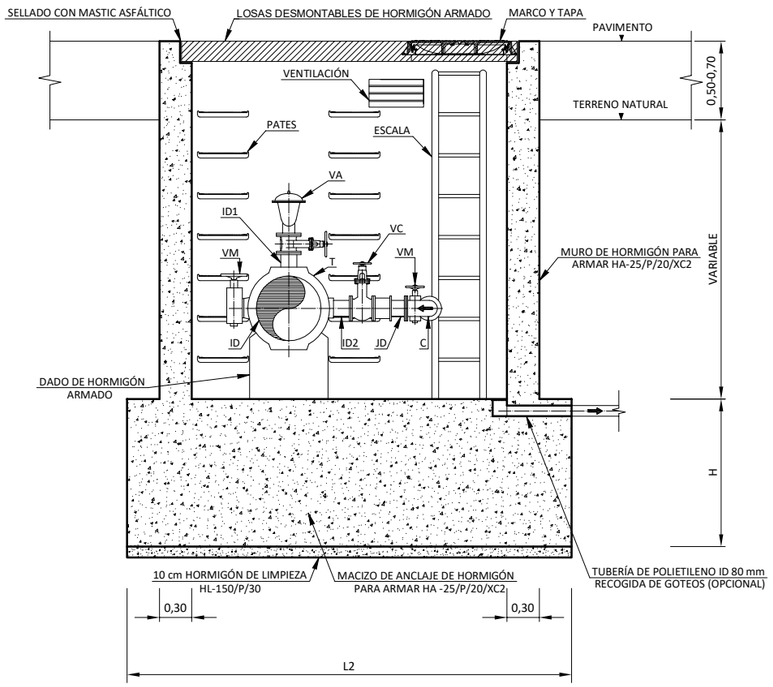
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
CÁMARA PARA DESAGÜE CON POZO DE ACHIQUE

FECHA: NOVIEMBRE 2021
ESCALAS: S/E
COTAS: m
Nº DEL PLANO: 5



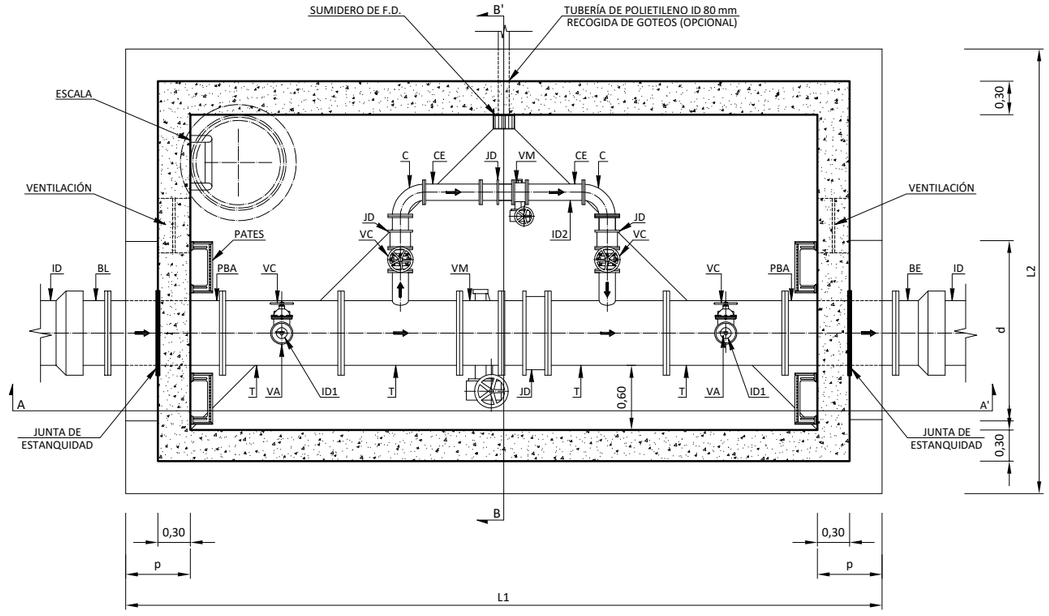
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



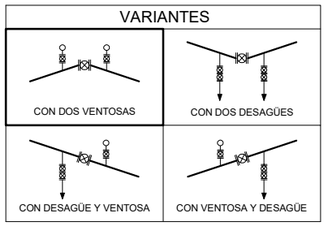
SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso especifico del terreno de 1,8 t/m^3.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizan exteriormente con láminas asfálticas y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación de aire.
12. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
13. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
14. Para registros con profundidad mayor de 3 m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
15. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.



PLANTA
C - C'



CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA			MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
			P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300	80		1,45	2,90	2,90	12,19	1,55	3,10	3,10	14,90	1,70	3,40	3,40	19,65	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	100		1,75	3,50	3,50	21,44	1,90	3,80	3,80	27,44	2,05	4,10	4,10	34,46	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	100		2,05	4,10	4,10	34,46	2,20	4,40	4,40	42,59	2,35	4,85	4,85	55,28	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150	200	2,05	5,55	4,70	53,47	2,20	5,55	4,70	57,39	2,65	5,75	5,75	87,62	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200	200	2,75	6,15	6,15	104,01	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200	200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

- BL = TERMINAL BRIDA-LISO
- T = TE EMBRIDADA
- PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
- JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
- VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
- VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
- VA = VÁLVULA DE AERACIÓN
- BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE
- C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
- CE = CARRETE EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

- 1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
- 2 = TES EMBRIDADAS ID/ID1
- 2 = TES EMBRIDADAS ID/ID2
- 2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
- 1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
- 2 = VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1
- 1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
- 2 = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
- 1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

EN BY-PASS ID2 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

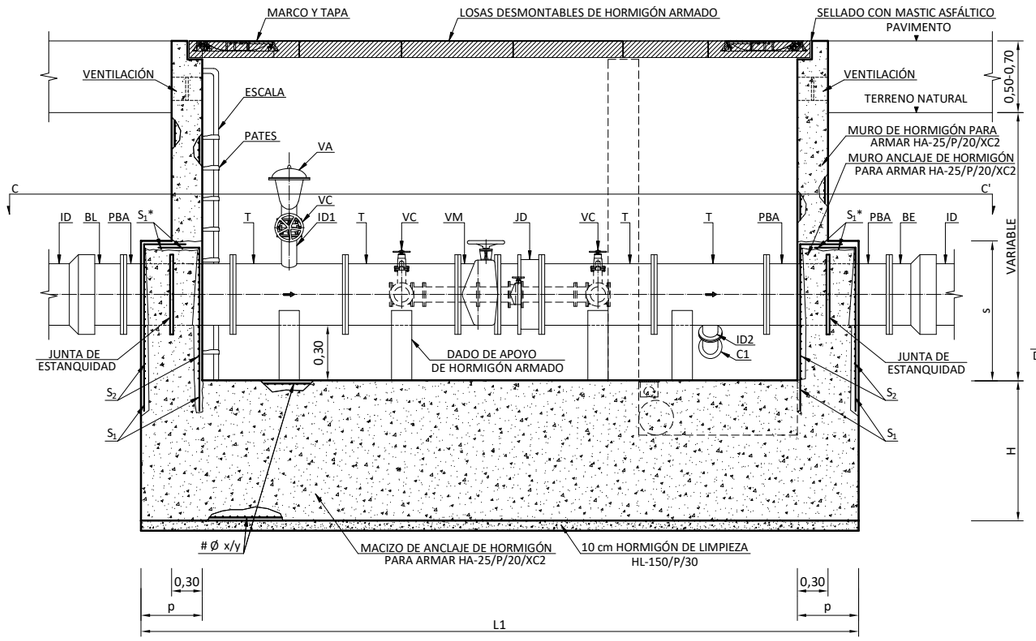
- 2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID2
- 2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID2
- 3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID2
- 2 = CARRETES EMBRIDADOS ID2
- 1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID2

Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

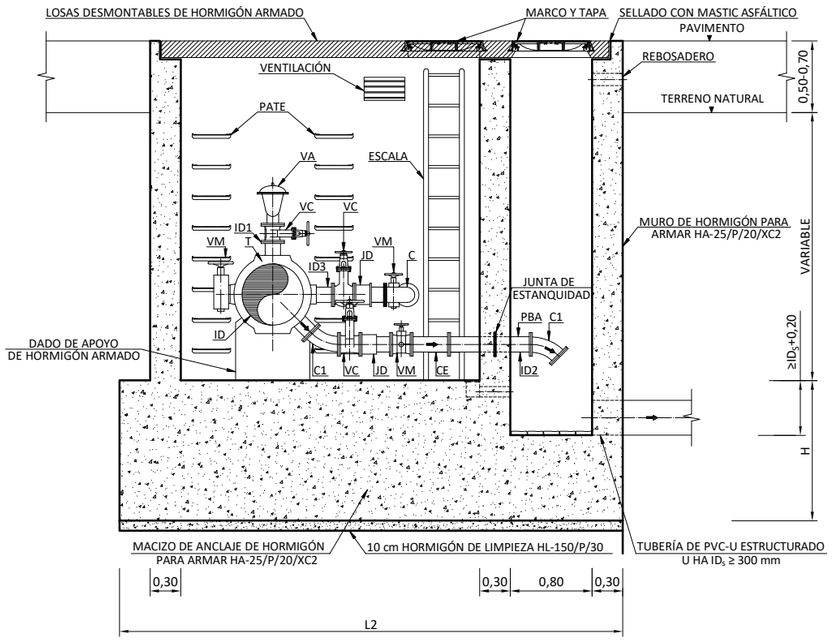
TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO Y DOS VÁLVULAS DE AERACIÓN

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
NOVIEMBRE 2021	S/E	m	6



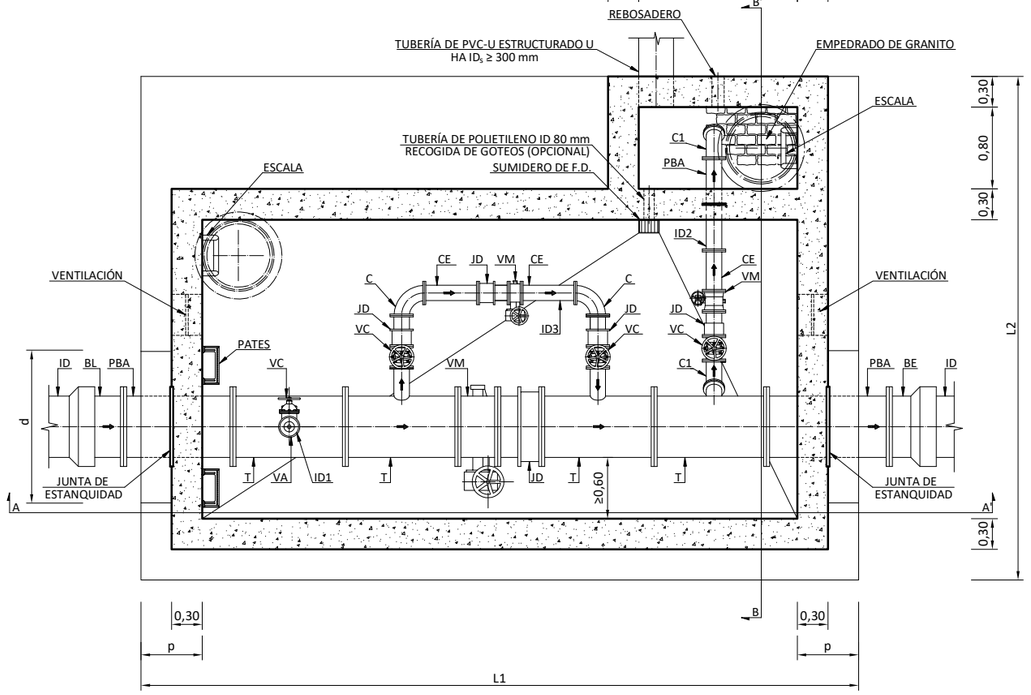
SECCIÓN LONGITUDINAL

A - A'



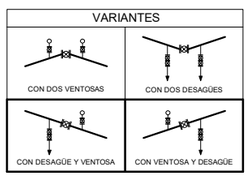
SECCIÓN TRANSVERSAL

B - B'



PLANTA

C - C'



NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso especifico del terreno de 1,8 t/m^3.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizan exteriormente con láminas asfálticas y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de adducción y evacuación de aire.
12. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
13. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
14. Para registros con profundidad mayor de 3m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
15. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA				MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
				P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300	80	100		1,05	3,00	4,00	12,60	1,25	3,10	4,00	15,50	1,45	3,40	4,00	19,72	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	100	150		1,50	3,50	4,20	22,05	1,75	3,80	4,20	27,93	2,05	4,10	4,20	35,30	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	100	150		2,00	4,10	4,30	35,26	2,20	4,40	4,40	42,59	2,35	4,85	4,85	55,28	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150	150	200	2,00	5,50	4,70	51,70	2,20	5,50	4,70	56,87	2,65	5,75	5,75	87,62	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200	200	200	2,75	6,15	6,15	104,01	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200	200	200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
CE = CARRETE EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
1 = TE EMBRIDADA ID/ID1
1 = TE EMBRIDADA ID/ID2
2 = TES EMBRIDADAS ID/ID3
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

RAMAL DE VACIADO ID2

2 = CODOS DE 1/8 EMBRIDADOS ID2
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID2
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID2
1 = CARRETE EMBRIDADO ID2

EN BY-PASS ID3 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

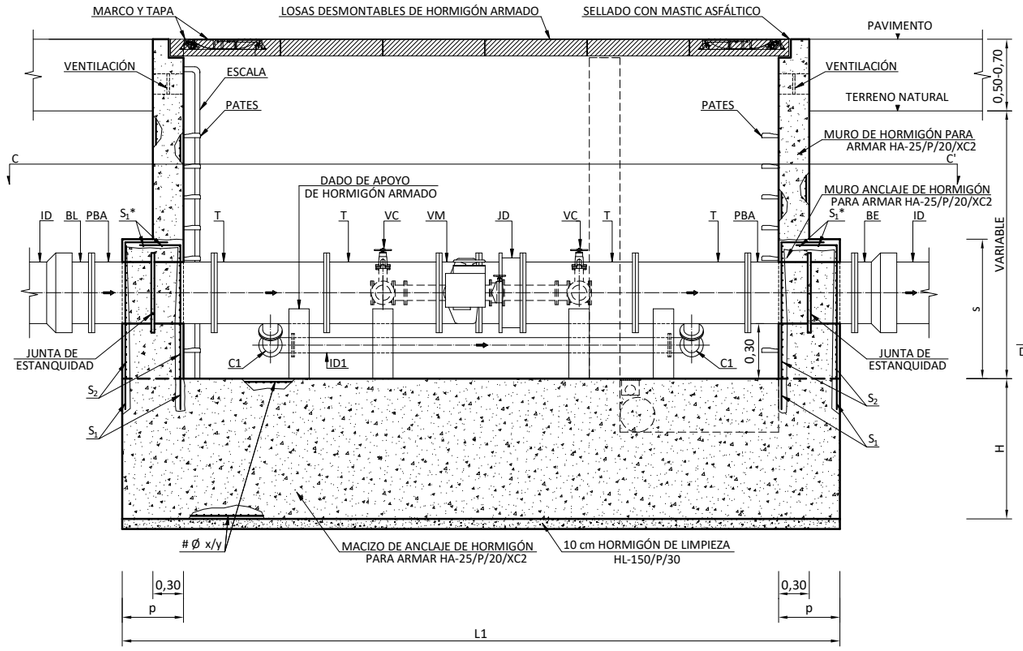
2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID3
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID3
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID3
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID3
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID3

Canal de Isabel II

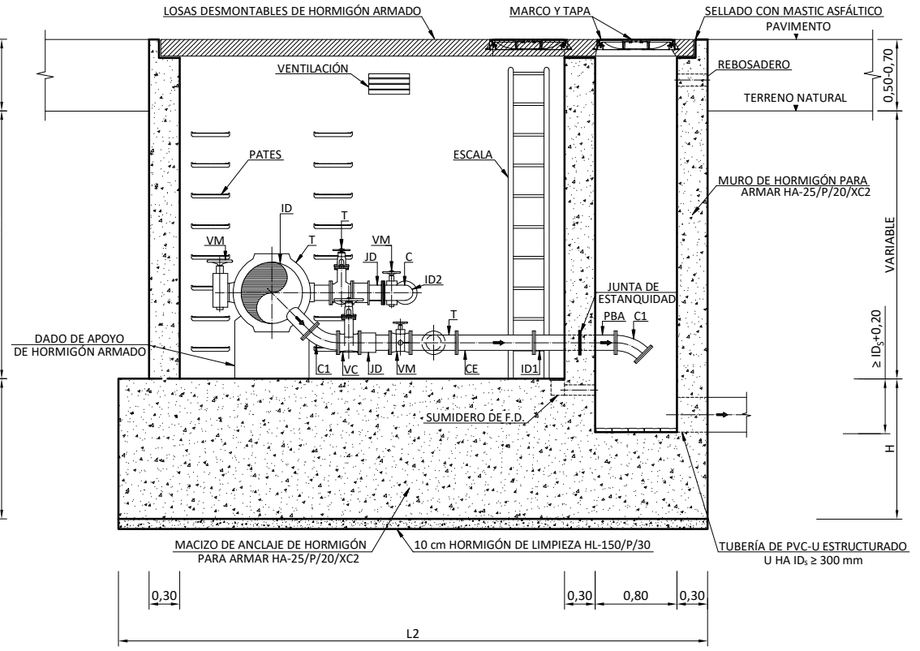
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO VÁLVULA DE AERACIÓN Y DESAGÜE

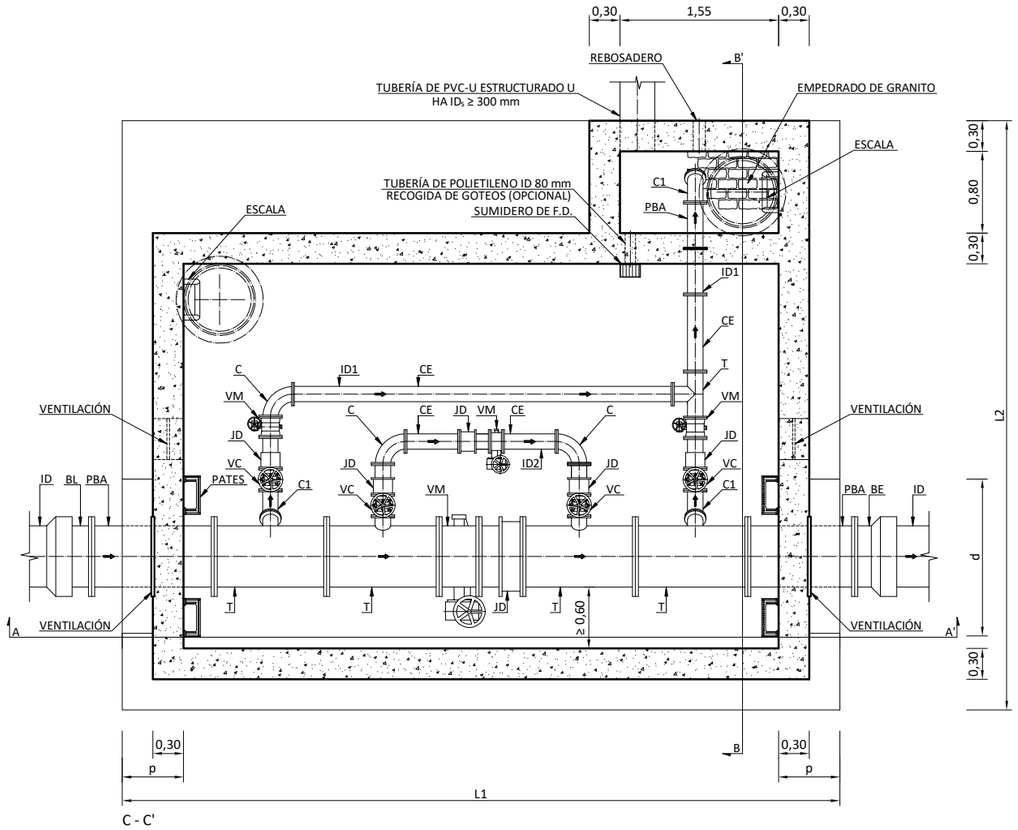
FECHA: NOVIEMBRE 2021 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 7



SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'



C - C'

PLANTA

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m³.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizan exteriormente con láminas asfálticas y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación de aire.
12. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
13. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
14. Para registros con profundidad mayor de 3m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
15. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA			MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
			P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa						d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	p (m)	s (m)	P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300	100		0,95	3,05	4,40	12,75	1,10	3,10	4,40	15,00	1,35	3,40	4,40	20,20	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	150		1,35	3,50	4,65	21,97	1,60	3,80	4,65	28,27	1,85	4,10	4,65	35,27	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	150		1,80	4,10	4,75	35,06	2,05	4,40	4,75	42,85	2,35	4,85	4,85	55,28	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150	200	1,85	5,45	5,05	50,92	2,05	5,45	5,05	56,42	2,65	5,75	5,75	87,62	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200	200	2,75	6,15	6,15	104,01	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200	200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
CE = CARRETE EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID1
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID2
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

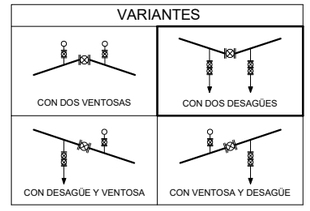
RAMAL DE VACIADO ID1

3 = CODOS DE 1/8 EMBRIDADOS ID1
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
2 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
2 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID1
1 = CODO DE 1/4 EMBRIDADO ID1
2 = CARRETE EMBRIDADO ID1
1 = TE EMBRIDADA ID1/ID1
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID1

EN BY-PASS ID2 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID2
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID2
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID2
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID2
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID2

VARIANTES

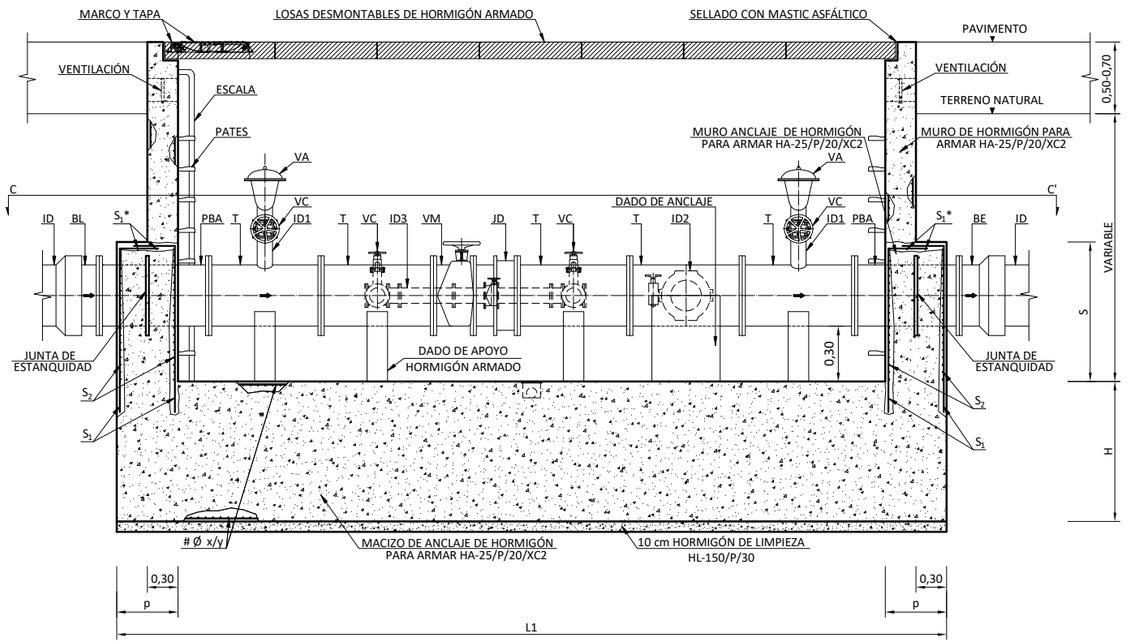


Canal de Isabel II

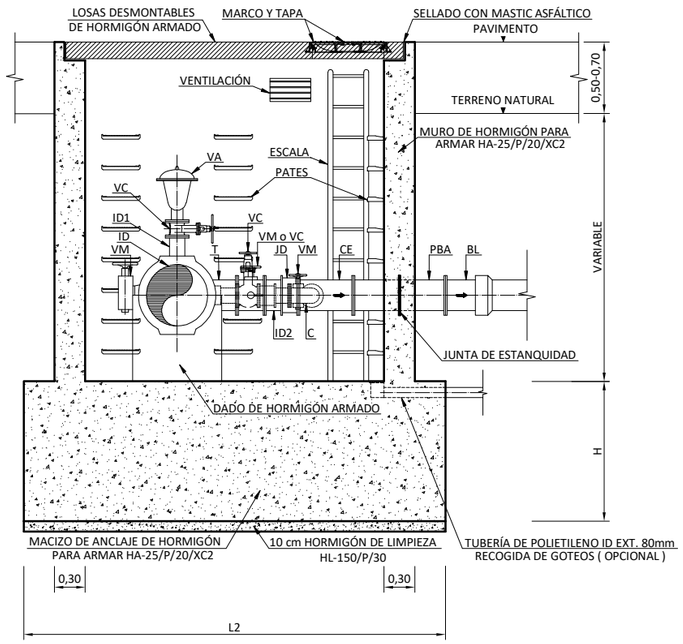
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DOS DESAGÜES

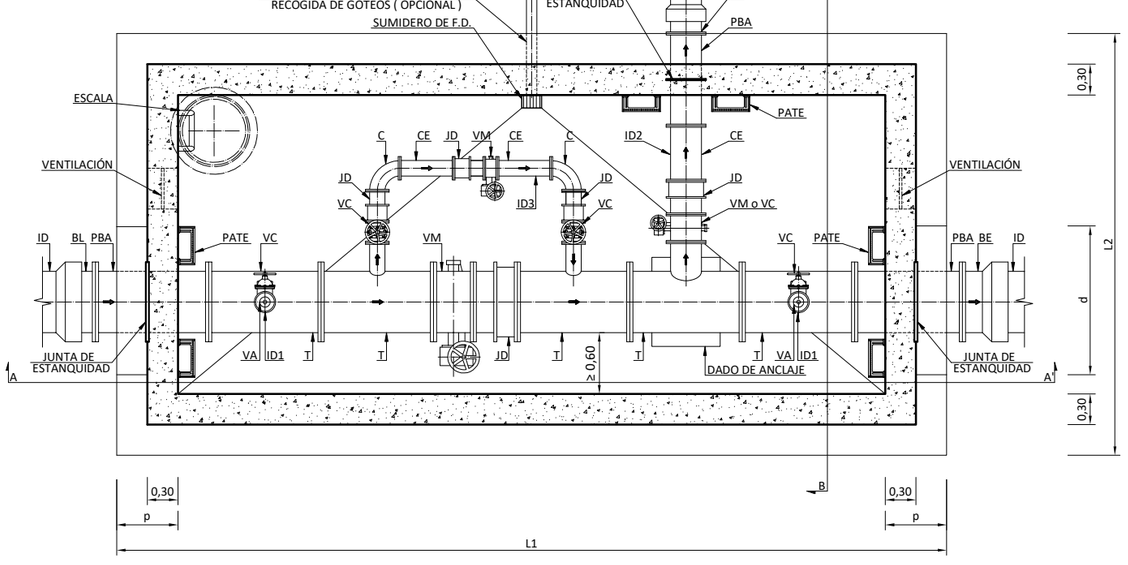
FECHA: NOVIEMBRE 2021 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 8



SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'



PLANTA
C - C'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso especifico del terreno de 1,8 t/m^3.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizan exteriormente con láminas asfálticas y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación de aire.
12. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
13. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
14. Para registros con profundidad mayor de 3m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
15. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

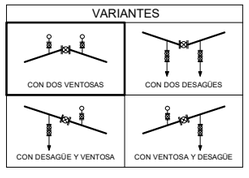
TUBERÍA				MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
				P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300	80			1,10	3,60	3,10	12,28	1,35	3,60	3,10	15,07	1,65	3,60	3,40	20,20	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	100			1,60	3,90	3,50	21,84	1,90	3,90	3,80	28,16	2,05	4,10	4,10	34,46	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	100			1,95	4,40	4,10	35,18	2,20	4,40	4,40	42,59	2,35	4,85	4,85	55,28	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150		200	1,95	6,50	4,70	59,57	2,20	6,50	4,70	67,21	2,35	6,50	5,75	87,83	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200		200	2,35	7,35	6,15	106,23	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200		200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTOS S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

VARIANTES



LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
CE = CARRETE EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID1
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID2
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID3
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

RAMAL DE DERIVACIÓN ID2

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID2
2 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
2 = CARRETE EMBRIDADO ID2
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID1

(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

EN BY-PASS ID3 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

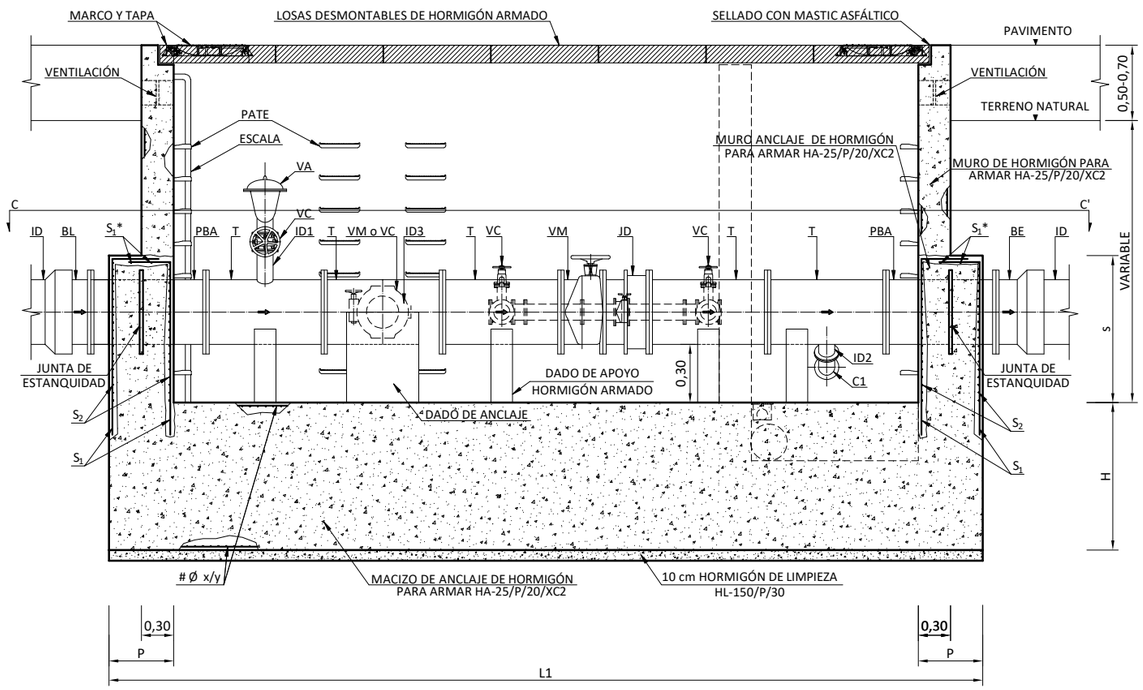
2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID3
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID3
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID3
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID3
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID3

Canal de Isabel II

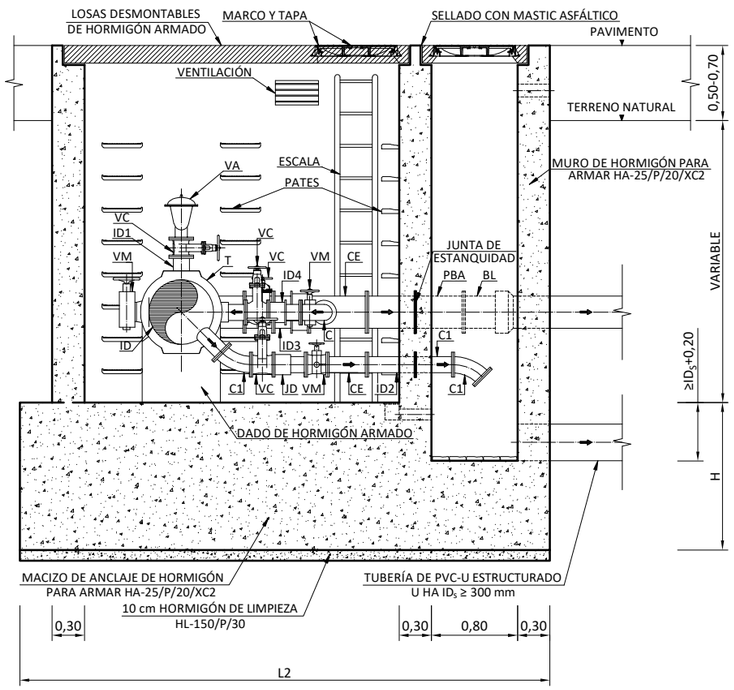
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DERIVACIÓN Y DOS VÁLVULAS DE AERACIÓN

FECHA: NOVIEMBRE 2021 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 9



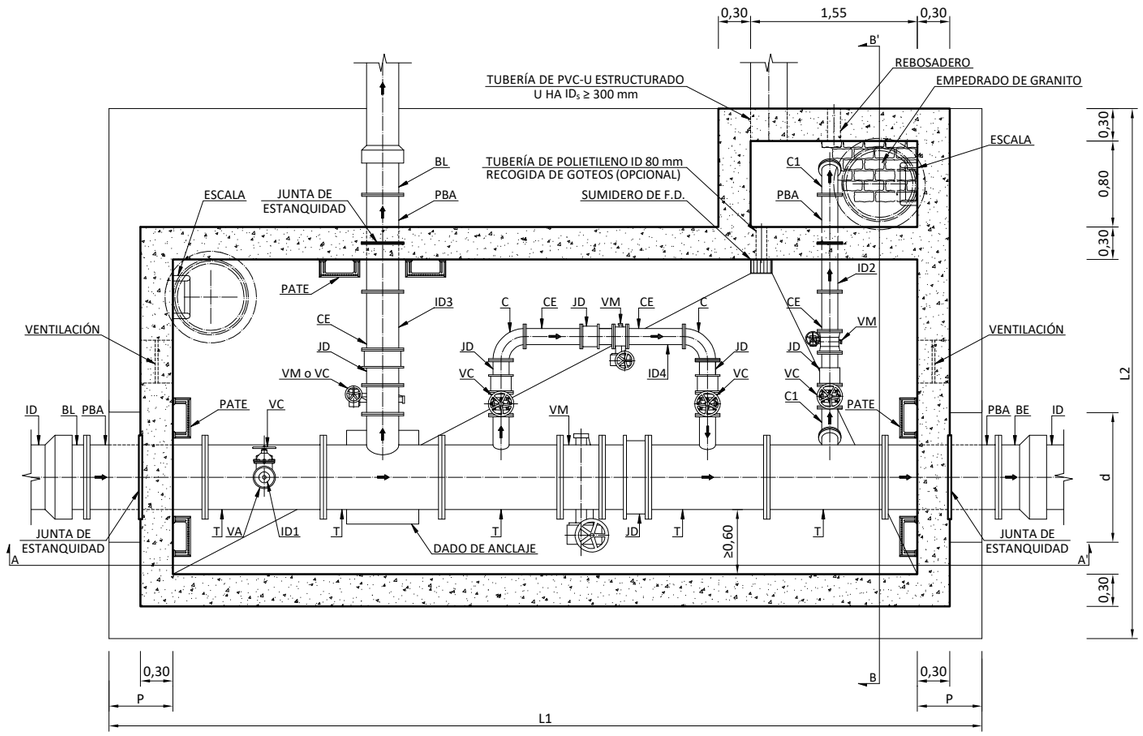
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

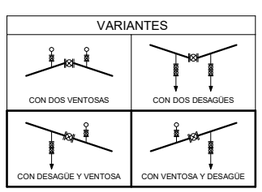
NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso especifico del terreno de 1,8 t/m^3.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizan exteriormente con láminas asfálticas y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. El diámetro de las válvulas de aeración es orientativo. Deberá verificarse la capacidad suficiente de aducción y evacuación de aire.
12. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
13. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
14. Para registros con profundidad mayor de 3m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
15. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.



PLANTA
C - C'

VARIANTES



CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA						MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
						P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa						d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	ID4 (mm)	ID5 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m3)	p (m)	s (m)	P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300	80	100				0,80	3,65	4,20	12,26	1,00	3,65	4,20	15,33	1,30	3,65	4,20	19,93	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	100	150				1,30	4,00	4,25	22,10	1,65	4,00	4,25	28,05	2,00	4,10	4,25	34,85	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	100	150				1,80	4,45	4,35	34,84	2,20	4,45	4,40	43,08	2,35	4,85	4,85	55,28	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150	150			200	1,80	6,45	4,70	54,57	2,20	6,45	4,70	66,69	2,40	6,45	5,75	89,01	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200	200			200	2,35	7,35	6,15	106,23	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200	200			200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
CE = CARRETE EMBRIDADO

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID1
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID2
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID3
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID4
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL ID1
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

RAMAL DE VACIADO ID2

2 = CODOS DE 1/8 EMBRIDADOS ID2
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID2
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
1 = CARRETE EMBRIDADO ID2
1 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID2

RAMAL DE DERIVACIÓN ID3

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID3
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID3
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
1 = CARRETE EMBRIDADO ID3
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID3

EN BY-PASS ID4 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID4
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID4
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID4
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID4
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID4

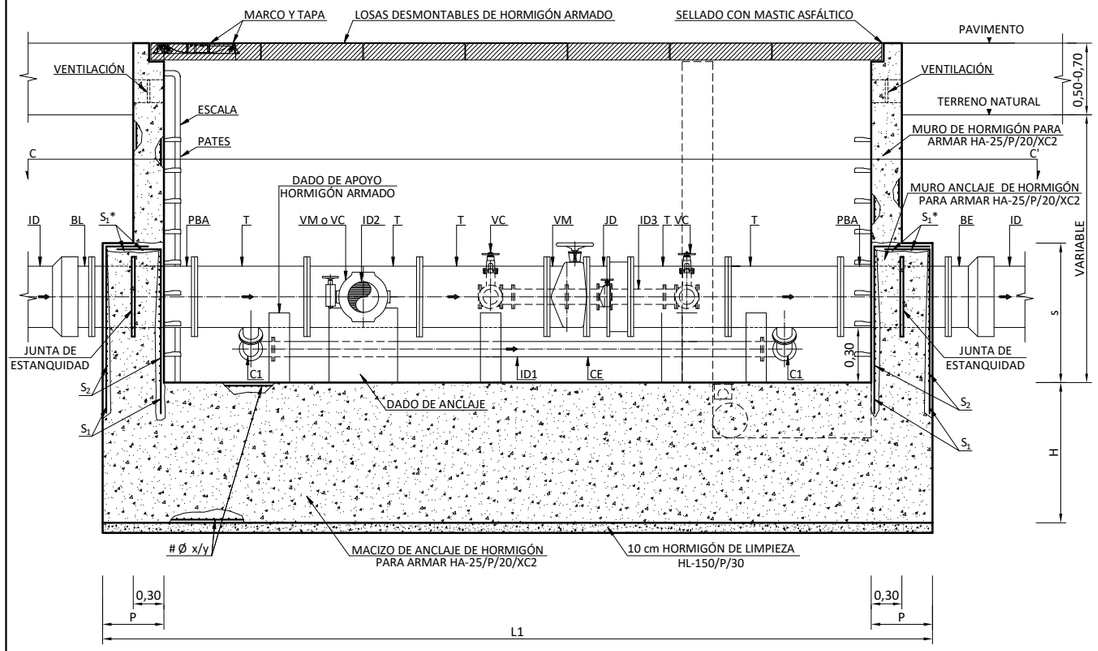
(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

Canal de Isabel II

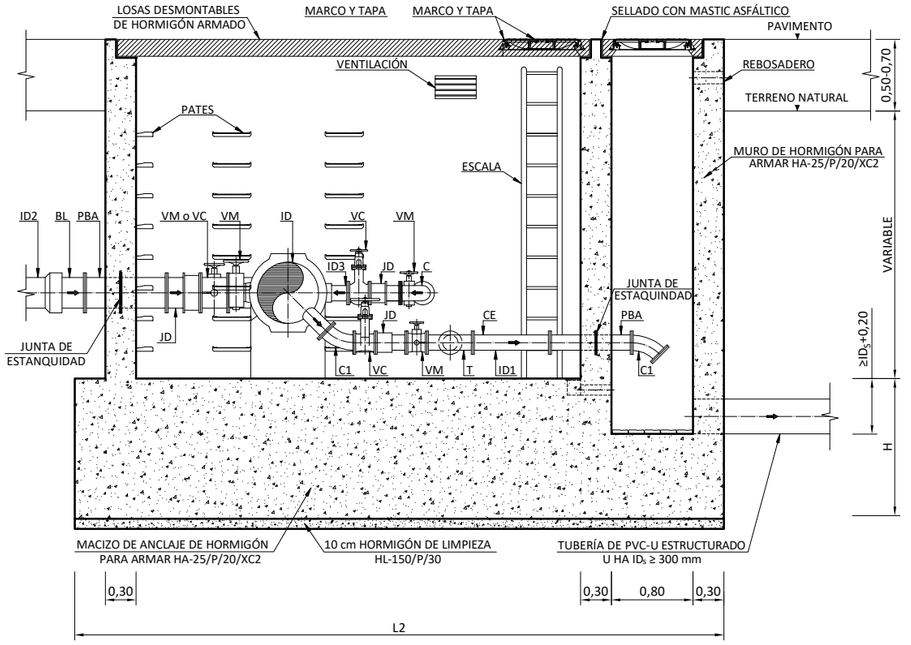
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON VÁLVULA DE AERACIÓN, DERIVACIÓN Y DESAGÜE

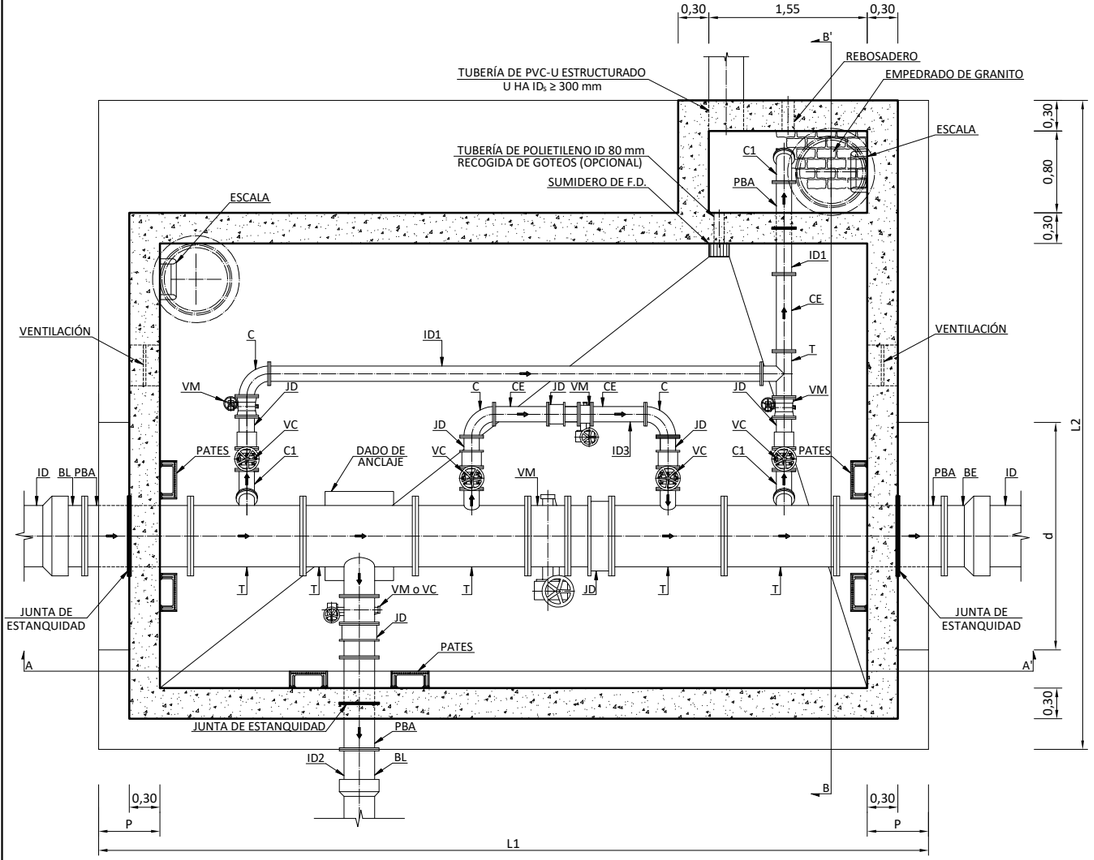
FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
NOVIEMBRE 2021	S/E	m	10



SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'



PLANTA
C - C'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso especifico del terreno de 1,8 t/m^3.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizan exteriormente con láminas asfálticas y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
12. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
13. Para registros con profundidad mayor de 3m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
14. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

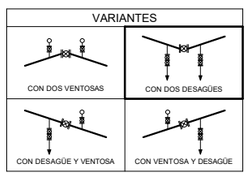
TUBERÍA				MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
				P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300	100			0,70	3,65	5,00	12,78	0,85	3,65	5,00	15,51	1,10	3,65	5,00	20,08	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	150			1,05	4,05	5,10	21,69	1,35	4,05	5,10	27,88	1,65	4,10	5,10	34,50	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	150			1,45	4,50	5,30	34,58	1,80	4,50	5,30	42,93	2,20	4,85	5,30	56,55	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150		200	1,45	6,40	5,65	52,43	1,80	6,40	5,65	65,09	2,40	6,40	5,75	88,32	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200		200	2,30	7,35	6,20	104,81	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200		200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

VARIANTES



LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
CE = CARRETE EMBRIDADO
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID1
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID2
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID3
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

RAMAL DE VACIADO ID1

3 = CODOS DE 1/8 EMBRIDADOS ID1
1 = CODO DE 1/4 EMBRIDADOS ID1
1 = TE EMBRIDADA ID1/ID1
2 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
2 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID1
1 = CARRETE EMBRIDADO ID1
1 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID1

RAMAL DE DERIVACIÓN ID2

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID2
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID2

EN BY-PASS ID3 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID3
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID3
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID3
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID3
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID3

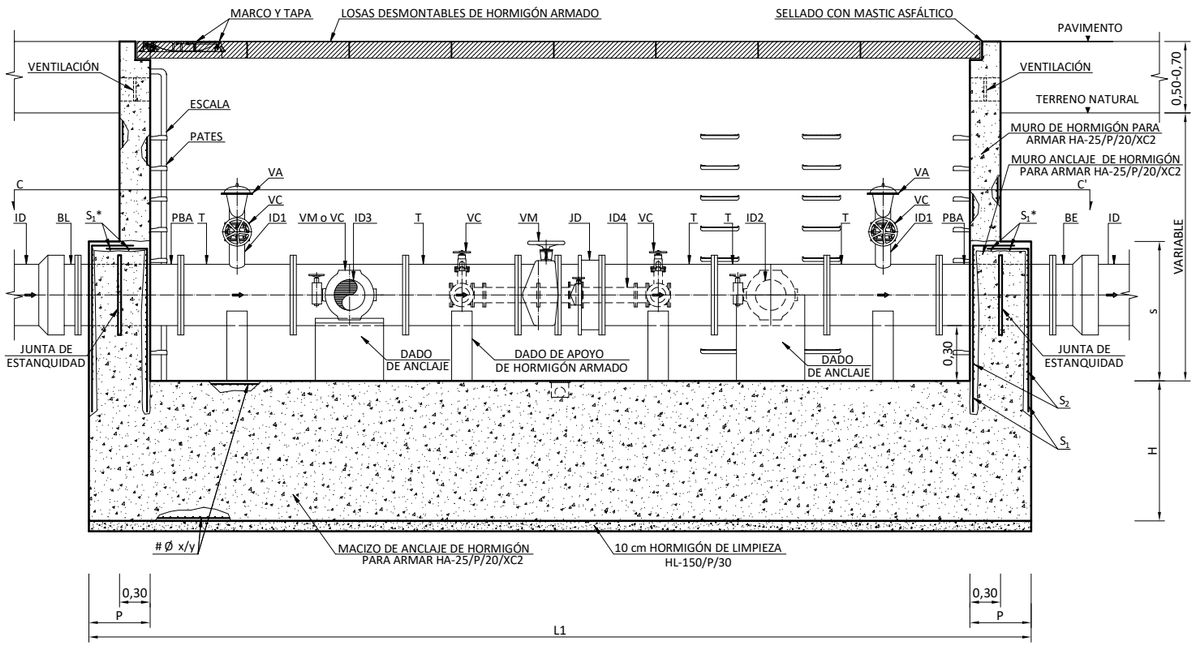
(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

Canal de Isabel II

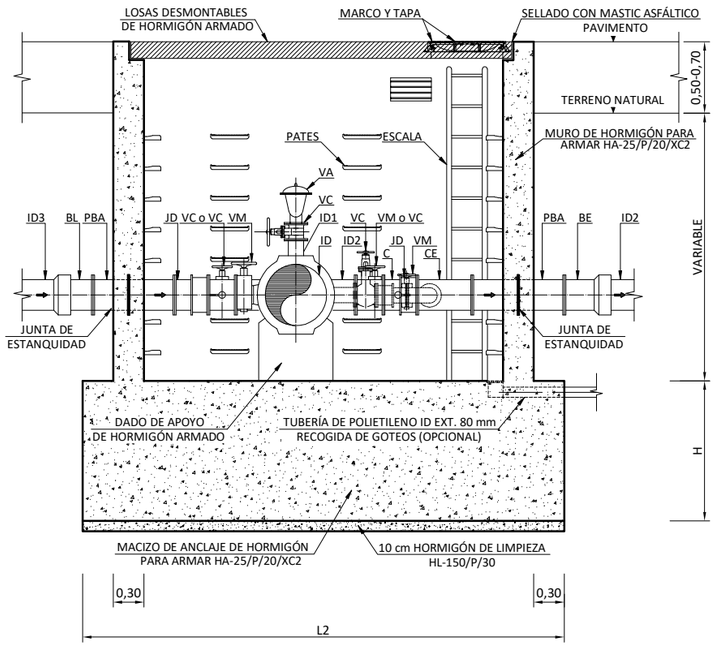
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DERIVACIÓN Y DOS DESAGÜES

FECHA: NOVIEMBRE 2021 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 11



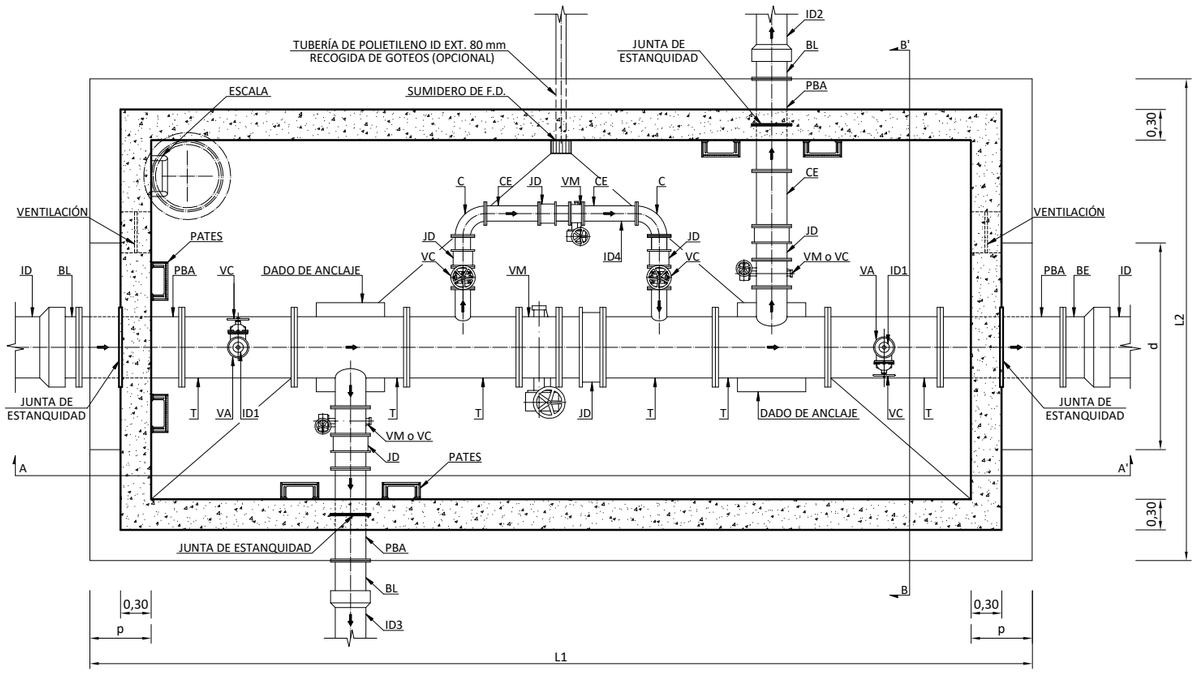
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso especifico del terreno de 1,8 t/m^3.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizan exteriormente con láminas asfálticas y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
12. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
13. Para registros con profundidad mayor de 3m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
14. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.



PLANTA
C - C'

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA					MACIZO DE ANCLAJE										DADO DE ANCLAJE				
					P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	ID4 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300	80				0,80	4,20	3,65	12,26	1,00	4,20	3,65	15,33	1,30	4,20	3,65	19,93	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	100				1,30	4,65	3,65	22,06	1,60	4,65	3,80	28,27	1,85	4,65	4,10	35,27	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	100				1,60	5,30	4,10	34,77	1,85	5,30	4,40	43,14	2,20	5,30	4,85	56,55	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150			200	1,60	7,40	4,70	55,65	1,85	7,40	4,70	64,34	2,20	7,40	5,75	93,61	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200			200	1,95	8,70	6,15	104,33	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200			200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
CE = CARRETE EMBRIDADO
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID1
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID2
1 = TE EMBRIDADAS ID/ID3
2 = TE EMBRIDADAS ID/ID4
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID
2 = VÁLVULAS DE AERACIÓN TRIFUNCIONALES ID1
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1

RAMAL DE DERIVACIÓN ID2

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID2
1 = CARRETE EMBRIDADO ID2
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID2

RAMAL DE VACIADO ID3

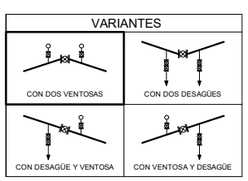
(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID3
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID3
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID3
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID3

EN BY-PASS ID4 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID4
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID4
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID4
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID4
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID4

(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

VARIANTES

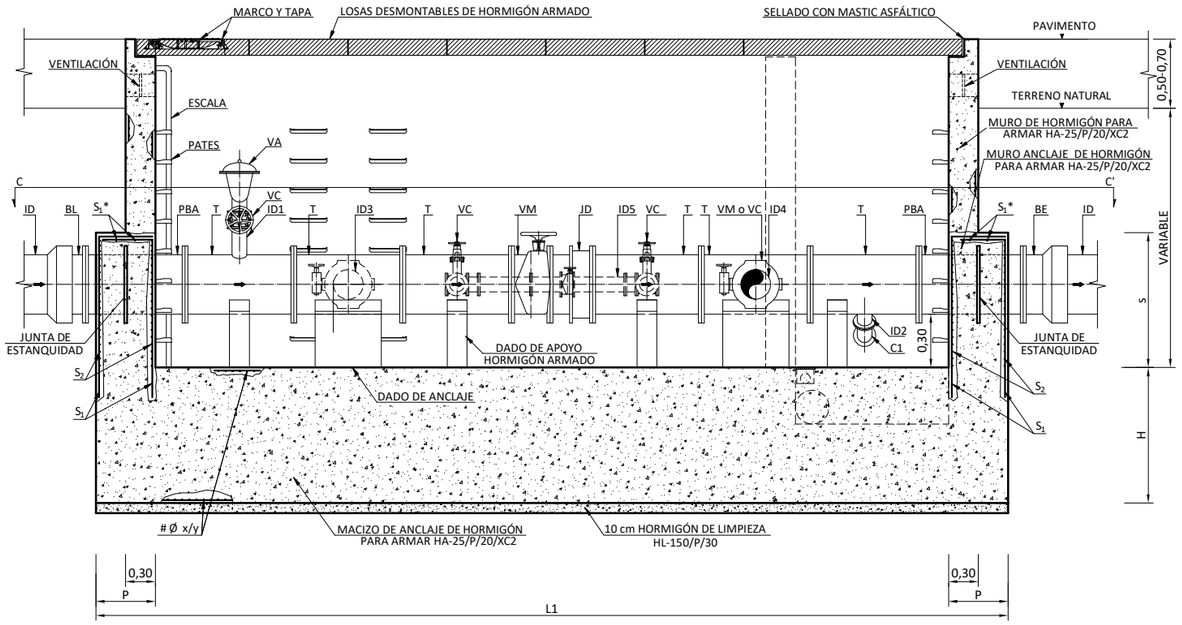


Canal de Isabel II

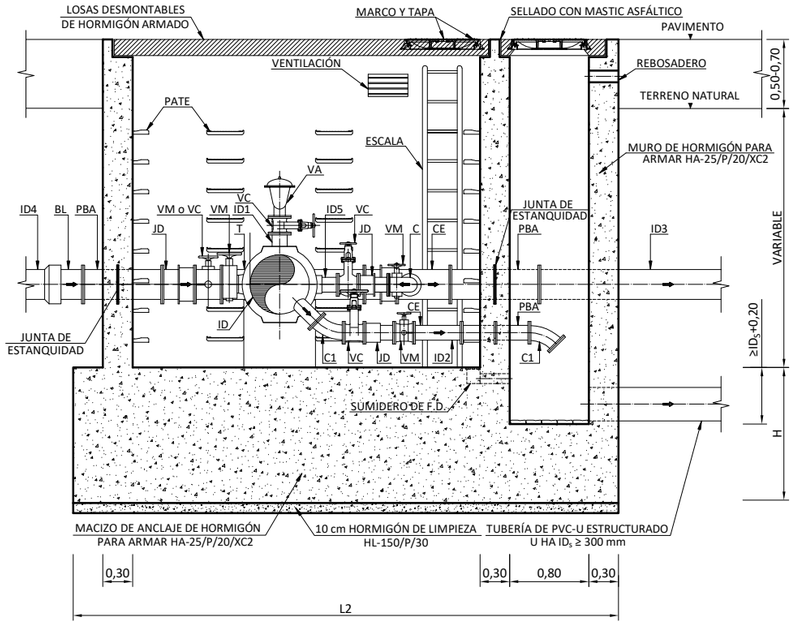
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DOS DERIVACIONES Y DOS VÁLVULAS DE AERACIÓN

FECHA: NOVIEMBRE 2021 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 12



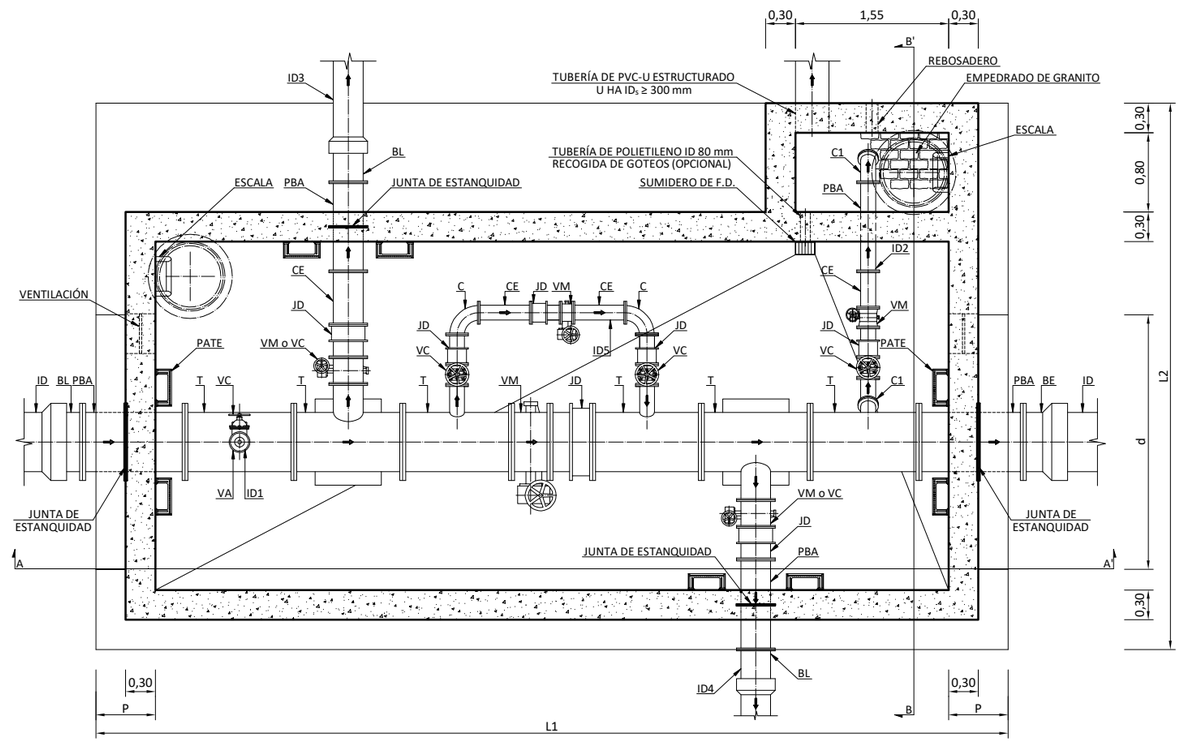
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso especifico del terreno de 1,8 t/m^3.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizan exteriormente con láminas asfálticas y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
12. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
13. Para registros con profundidad mayor de 3m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
14. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.



PLANTA
C - C'

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

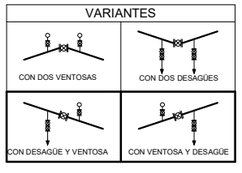
TUBERÍA						MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
						P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa						d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	ID4 (mm)	ID5 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	p (m)	s (m)	P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300	80	100				0,65	4,25	4,75	13,12	0,75	4,25	4,75	15,14	1,00	4,25	4,75	20,19	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	100	150				1,00	4,70	4,65	21,86	1,30	4,70	4,65	28,41	1,60	4,70	4,65	34,97	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	100	150				1,35	5,35	4,90	35,39	1,65	5,35	4,90	43,25	2,15	5,35	4,90	56,36	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150	150			200	1,35	7,35	5,20	51,60	1,65	7,35	5,20	63,06	2,15	7,35	5,75	90,86	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200	200			200	1,95	8,70	6,15	104,33	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200	200			200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

VARIANTES



LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VA = VÁLVULA DE AERACIÓN TRIFUNCIONAL
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
CE = CARRETE EMBRIDADO
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
1 = TE EMBRIDADA ID/ID1
1 = TE EMBRIDADA ID/ID2
1 = TE EMBRIDADA ID/ID3
1 = TE EMBRIDADA ID/ID4
2 = TES EMBRIDADAS ID/ID5
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = VÁLVULAS DE AERACIÓN TRIFUNCIONALES ID1
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID1
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

RAMAL DE DERIVACIÓN ID2

1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID2
1 = CARRETE EMBRIDADO ID2
1 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID2
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
2 = CODO DE 1/8 EMBRIDADOS ID2

RAMAL DE VACIADO ID3

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID3
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID3
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID3
1 = CARRETE EMBRIDADO ID3
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID3

RAMAL DE VACIADO ID4

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID4
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID4
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID4
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID3

EN BY-PASS ID5 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID5
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID5
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID5
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID5
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID5

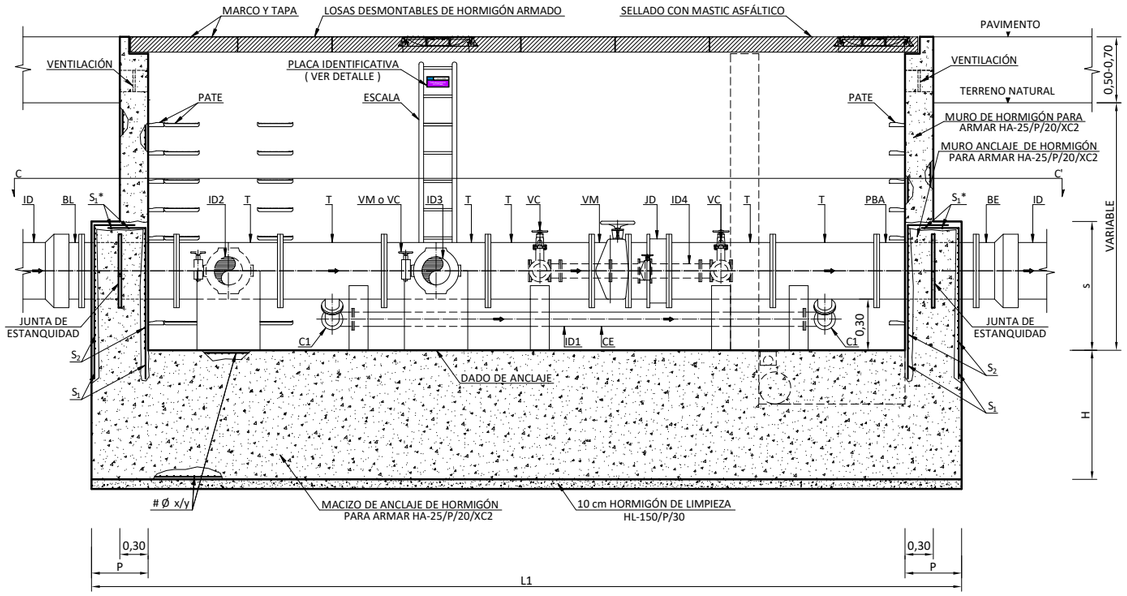
(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

Canal de Isabel II

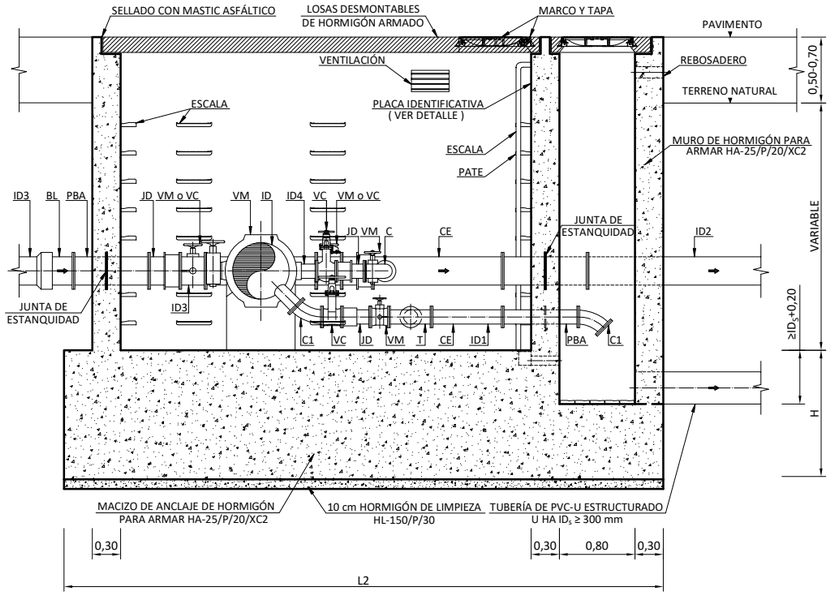
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DOS DERIVACIONES, VÁLVULA DE AERACIÓN Y DESAGÜE

FECHA: NOVIEMBRE 2021 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 13



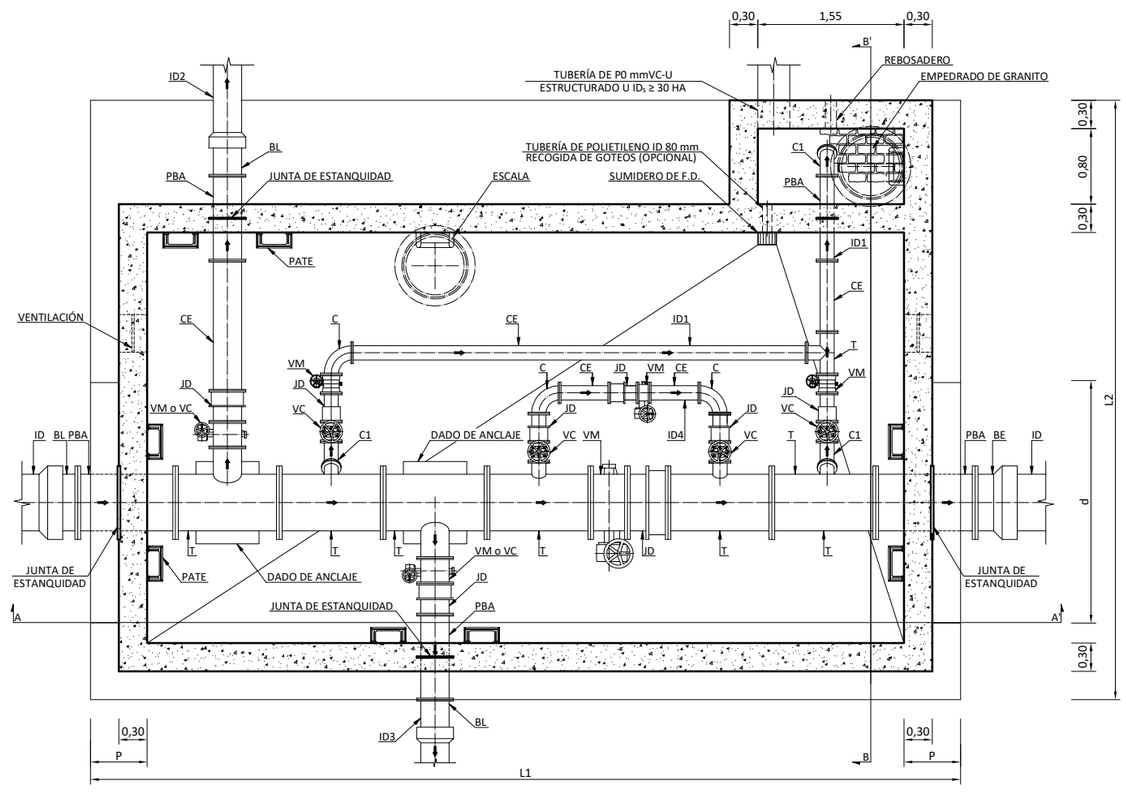
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m^3.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizan exteriormente con láminas asfálticas y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
12. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
13. Para registros con profundidad mayor de 3m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
14. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.



PLANTA
C - C'

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA					MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
					P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa						d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	ID2 (mm)	ID3 (mm)	ID4 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	p (m)	s (m)	P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300	100				0,60	4,25	5,00	12,75	0,75	4,25	5,00	15,94	0,95	4,25	5,00	20,19	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400	150				0,90	4,75	5,10	21,80	1,15	4,75	5,10	27,86	1,45	4,75	5,10	35,13	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500	150				1,25	5,40	5,30	35,78	1,50	5,40	5,30	42,93	1,95	5,40	5,30	55,81	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600	150			200	1,25	7,30	5,65	51,56	1,50	7,30	5,65	61,87	2,10	7,30	5,75	88,15	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800	200			200	1,95	8,70	6,20	105,18	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000	200			200	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

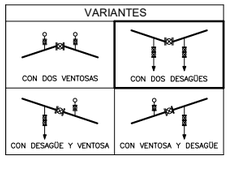
TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa									P_{cal} 2,0 MPa									P_{cal} 2,5 MPa								
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
CE = CARRETE EMBRIDADO
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
C1 = CODO DE 1/8 EMBRIDADO
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

VARIANTES



EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADA ID/ID1
1 = TE EMBRIDADA ID/ID2
1 = TE EMBRIDADA ID/ID3
2 = TES EMBRIDADA ID/ID4
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = VÁLVULA DE MARIPOSA ID
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

RAMAL DE DERIVACIÓN ID1

2 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID1
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID1
2 = CARRETE EMBRIDADO ID1
2 = VÁLVULAS DE COMPUERTA ID1
2 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID1
1 = CODO DE 1/4 EMBRIDADOS ID1
3 = CODO DE 1/8 EMBRIDADOS ID1
1 = TE EMBRIDADA ID1/ ID1

RAMAL DE DERIVACIÓN ID2

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID2
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID2
1 = CARRETE EMBRIDADO ID2
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID2
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID2

RAMAL DE DERIVACIÓN ID3

(*) 1 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID3
1 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID3
1 = PASAMUROS EMBRIDADO ID3
1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID3

EN BY-PASS ID4 (SOLO PARA ID ≥ 600 mm)

2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID4
2 = VÁLVULA DE COMPUERTA ID4
3 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID4
2 = CARRETES EMBRIDADOS ID4
1 = VÁLVULAS DE MARIPOSA ID4

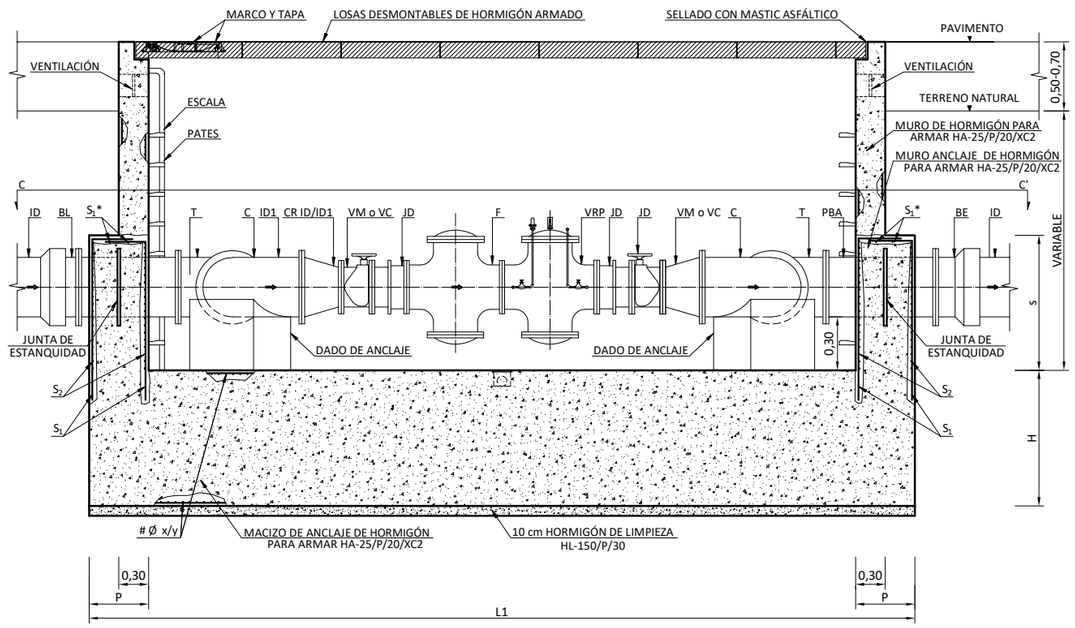
(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

Canal de Isabel II

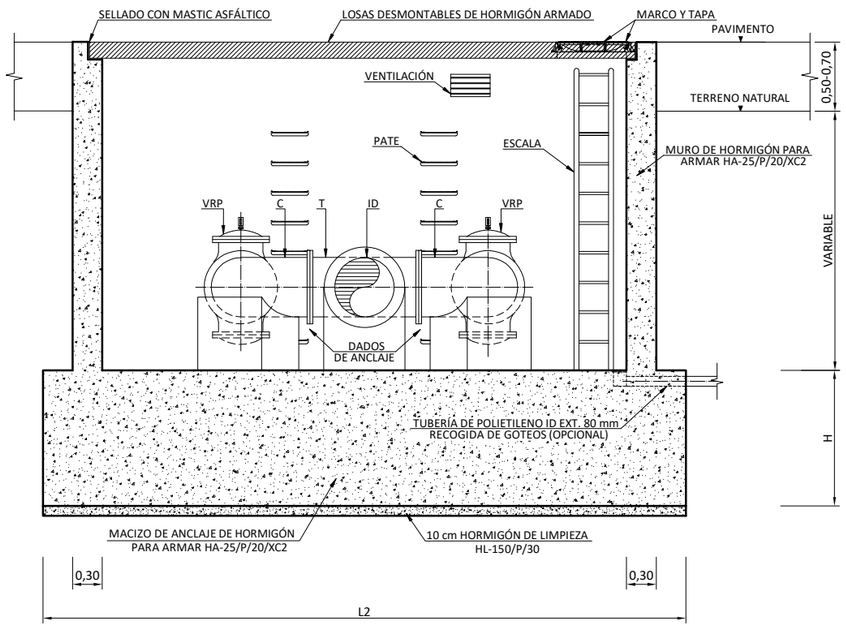
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO CON DOS DERIVACIONES Y DOS DESAGÜES

FECHA: NOVIEMBRE 2021 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 14



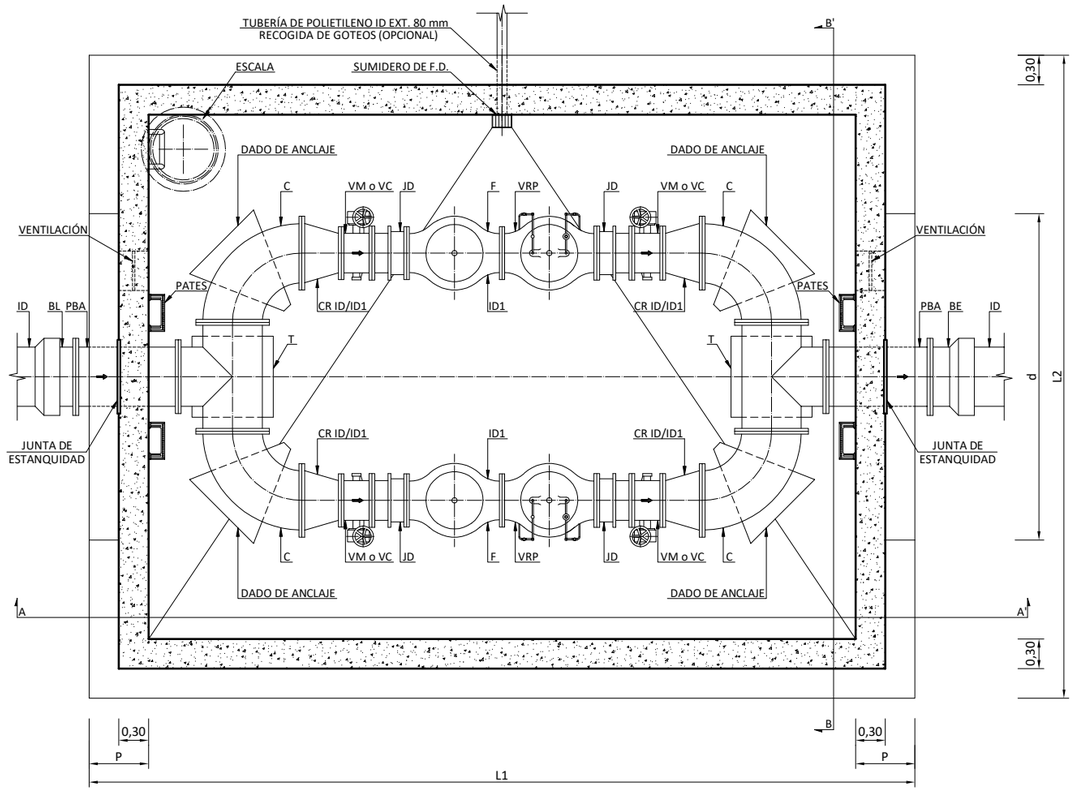
SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso especifico del terreno de 1,8 t/m^3.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizan exteriormente con láminas asfálticas y lámina drenante.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación y rebosadero.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
12. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
13. Para registros con profundidad mayor de 3m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no dificulte la evacuación y/o entrada de material.
14. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.



PLANTA
C - C'

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA		MACIZO DE ANCLAJE												p (m)	s (m)	DADO DE ANCLAJE		
		P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa						d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300		0,50	6,35	4,00	12,70	0,60	6,35	4,00	15,24	0,80	6,35	4,00	20,32	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400		0,75	6,70	4,45	22,36	0,95	6,70	4,45	28,32	1,20	6,70	4,45	35,78	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500		0,85	8,30	4,90	34,57	1,05	8,30	4,90	42,70	1,40	8,30	4,90	56,94	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600		1,10	9,10	5,30	53,05	1,10	9,10	5,30	53,05	1,70	9,10	5,75	88,95	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800		1,55	11,10	6,15	105,81	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000		(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa										P_{cal} 2,0 MPa										P_{cal} 2,5 MPa									
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
2 = TE EMBRIDADA ID/ID1
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
4 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID1
4 = CONOS DE REDUCCIÓN EMBRIDADOS ID/ID1
2 = FILTROS ID1
(*) 4 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
2 = VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN ID1
4 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
VRP = VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
F = FILTRO
CR = CONO DE REDUCCIÓN
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

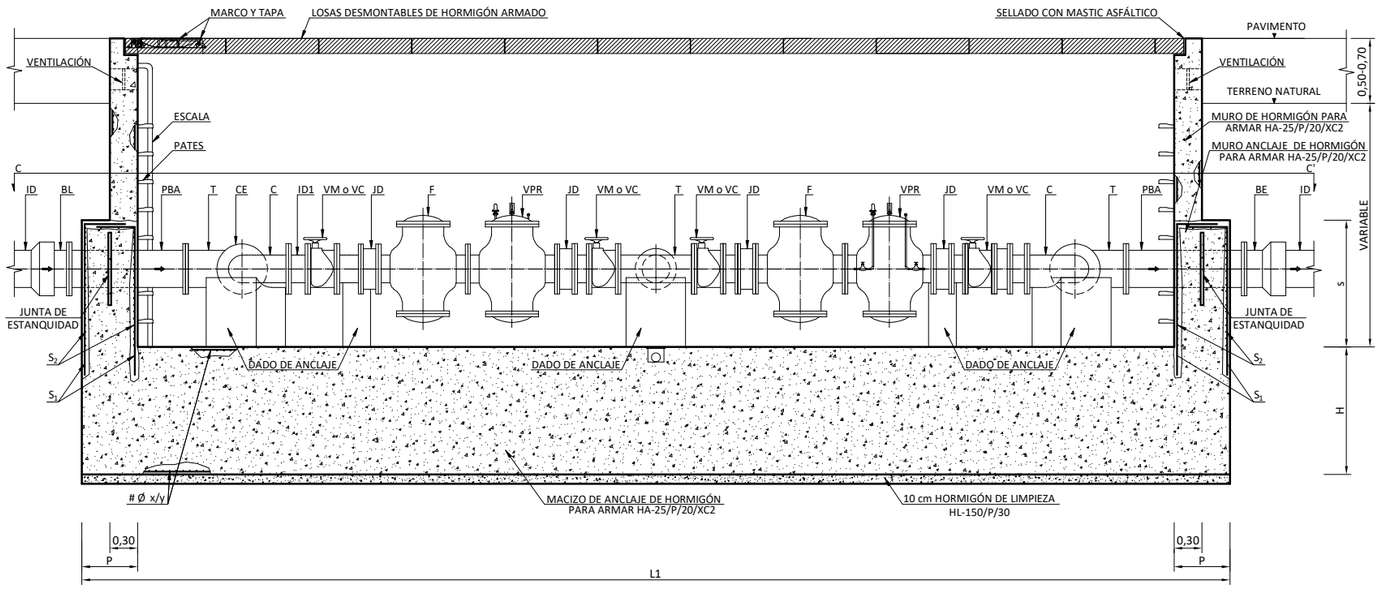
(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

Canal de Isabel II

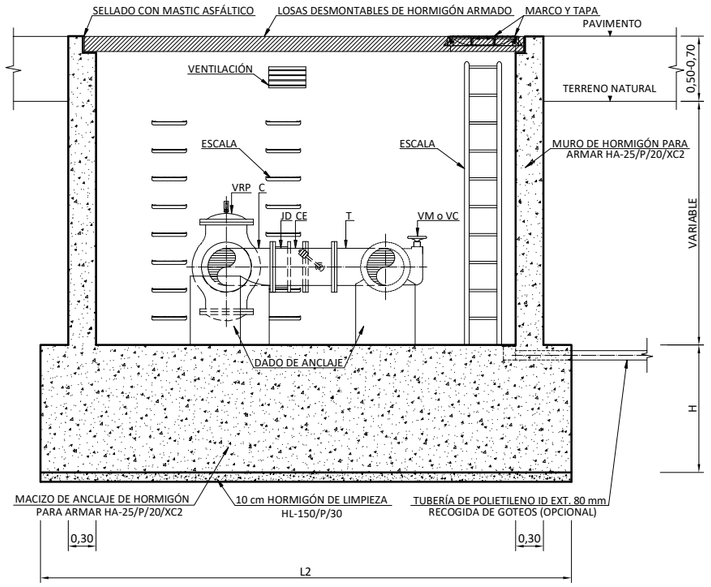
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA INSTALACIÓN DE VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN, DISPOSICIÓN EN PARALELO

FECHA: NOVIEMBRE 2021 | ESCALAS: S/E | COTAS: m | Nº DEL PLANO: 15



SECCIÓN LONGITUDINAL
A - A'



SECCIÓN TRANSVERSAL
B - B'

PLANTA
C - C'

CUADRO DE DIMENSIONAMIENTO

TUBERÍA		MACIZO DE ANCLAJE												DADO DE ANCLAJE				
		P_{cal} 1,6 MPa				P_{cal} 2,0 MPa				P_{cal} 2,5 MPa				p (m)	s (m)	d (m)		
ID (mm)	ID1 (mm)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)	H (m)	L1 (m)	L2 (m)	V (m^3)			P_{cal} 1,6 MPa	P_{cal} 2,0 MPa	P_{cal} 2,5 MPa
300		0,35	9,95	3,55	12,36	0,45	9,95	3,55	15,90	0,60	9,95	3,55	21,19	0,40	0,75	1,45	1,55	1,70
400		0,60	10,30	3,70	22,87	0,75	10,30	3,80	29,36	0,90	10,30	3,80	35,23	0,50	0,85	1,75	1,90	2,05
500		0,70	12,25	4,10	35,16	0,80	12,25	4,40	43,12	1,05	12,25	4,40	56,60	0,60	0,95	2,05	2,20	2,35
600		0,80	13,75	4,70	51,70	0,80	13,75	4,70	51,70	1,40	13,75	4,70	90,48	0,70	1,05	2,30	2,30	2,65
800		1,00	17,25	6,15	106,09	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	0,90	1,25	2,75	(*)	(*)
1000		(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,10	1,45	(*)	(*)	(*)

CUADRO DE ARMADURAS

TUBERÍA ID (mm)	P_{cal} 1,6 MPa									P_{cal} 2,0 MPa									P_{cal} 2,5 MPa								
	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y	S_1			S_2			S_1*			# Ø x/y
	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)		cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	cm^2	n	Ø (mm)	
300	9,05	8	12	3,39	3	12				# Ø 12/10	12,06	6	16	3,39	3	12				# Ø 12/10	16,08	8	16	3,39	3	12				# Ø 12/10
400	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	4,52	4	12	2,01	1	16	# Ø 12/10
500	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	16,08	8	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10	20,11	10	16	8,04	4	16	2,01	1	16	# Ø 12/10
600	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10	31,42	10	20	8,04	4	16	3,14	1	20	# Ø 12/10
800	31,42	10	20	12,06	6	16	6,28	2	20	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10
1000	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	# Ø 12/10

NOTA: TANTO S_1 Y S_1* COMO S_2 SE REFIEREN A CADA CARA DEL DADO DE ANCLAJE, (*): EMPUJE DE VALOR SUPERIOR A 100 t, SE REQUIERE ESTUDIO ESPECÍFICO.

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cámaras deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones son orientativas y corresponden a las hipótesis de cálculo consideradas en el apartado IV.7. Anclaje de conducciones a presión. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones exactas de las piezas especiales y equipos a instalar.
3. El armado indicado en las tablas corresponden exclusivamente al macizo y dado de anclaje, conforme al apartado IV.7. Anclaje de de conducciones a presión.
4. Los muros serán de hormigón armado de al menos 30 cm de espesor y deberán cumplir las prescripciones del Código Estructural CE-21. Para alturas de muro de hasta 3,75 m el armado de los muros podrá ser una parrilla de Ø 12 a 10 cm, considerando: ausencia de cualquier tipo de sobrecargas, no existencia de agua y peso específico del terreno de 1,8 t/m^3.
5. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas y del armado de anclaje y muros. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
6. Si el terreno es agresivo, el hormigón será resistente a los sulfatos.
7. Los pasamuros se instalarán y fijarán al muro previo hormigonado de éste, disponiendo de bridas de anclaje.
8. Se dispondrán juntas de estanquidad hidroexpansivas de bentonita entre solera y alzado en las fases de hormigonado.
9. Las cámaras se impermeabilizán exteriormente con láminas asfálticas y láminas drenantes.
10. Las cámaras en zona no urbana, cuya cota de coronación se deje por encima del terreno natural, dispondrán de rejillas de ventilación.
11. Se instalarán las escaleras y pasarelas seguras necesarias para acceder a los distintos componentes.
12. Para alojamientos con profundidad mayor de 2 m, se instalará un elemento en el exterior que facilite el acceso al interior del registro o cámara (pasamanos o asidero fijo o regulable en altura hasta una altura de 100 cm, o pate en su defecto), salvo que se trate de alojamientos en calzada o viales donde puedan provocar tropiezos, debiendo extremar las precauciones en el acceso.
13. Para registros con profundidad mayor de 3 m, la escala o escalera de tipo barco dispondrá de protección circundante, siempre y cuando no difculte la evacuación y/o entrada de material.
14. En los registros y cámaras cuyo acceso exterior se encuentren sobre el nivel del terreno, con riesgo de caída superior a 2 m, se deberá habilitar acceso seguro y proteger adecuadamente mediante barandillas u otros sistemas de protección de seguridad equivalente.

LEYENDA

BL = TERMINAL BRIDA-LISO
T = TE EMBRIDADA
PBA = PASAMUROS CON BRIDA DE ANCLAJE
JD = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE
VC = VÁLVULA DE COMPUERTA
VM = VÁLVULA DE MARIPOSA
VRP = VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
C = CODO DE 1/4 EMBRIDADO
F = FILTRO
CE = CARRETE EMBRIDADO
BE = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE

EQUIPAMIENTO

UNIDADES - DENOMINACIÓN

1 = TERMINAL BRIDA-LISO ID
3 = TE EMBRIDADA ID/ID1
2 = JUNTAS O CARRETES DE DESMONTAJE ID
2 = PASAMUROS CON BRIDAS DE ANCLAJE ID
2 = CODOS DE 1/4 EMBRIDADOS ID1
4 = CARRETES EMBRIDADOS ID1
2 = FILTROS ID1
(*) 2 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID
(*) 5 = VÁLVULA DE COMPUERTA o VÁLVULA DE MARIPOSA ID1
2 = VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN ID1
5 = JUNTA O CARRETE DE DESMONTAJE ID
1 = TE EMBRIDADA ID1/ID1
1 = TERMINAL BRIDA-ENCHUFE ID

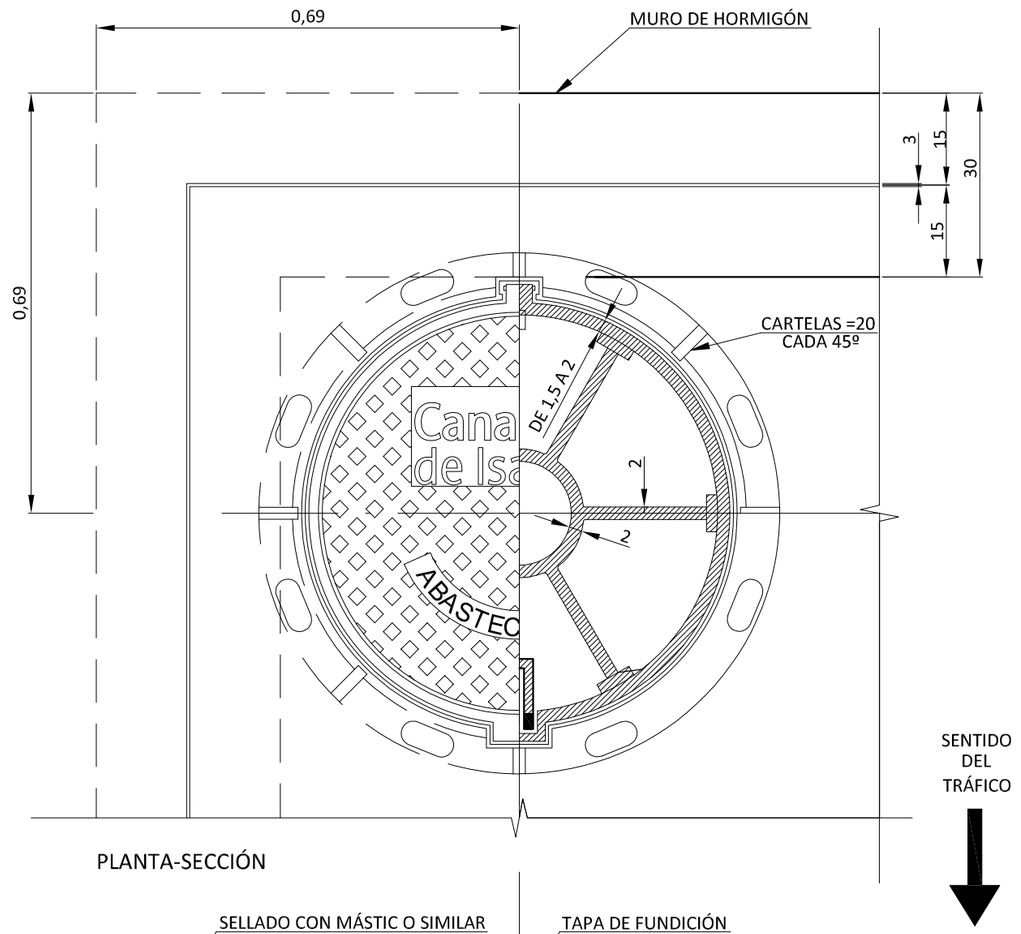
(*) PARA DIÁMETRO MENOR DE 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE COMPUERTA.
PARA DIÁMETRO SUPERIOR A 300 mm, SE INSTALARÁ VÁLVULA DE MARIPOSA.
PARA DIÁMETRO IGUAL A 300 mm, PUEDE INSTALARSE VÁLVULA DE COMPUERTA O VÁLVULA DE MARIPOSA.

Canal de Isabel II

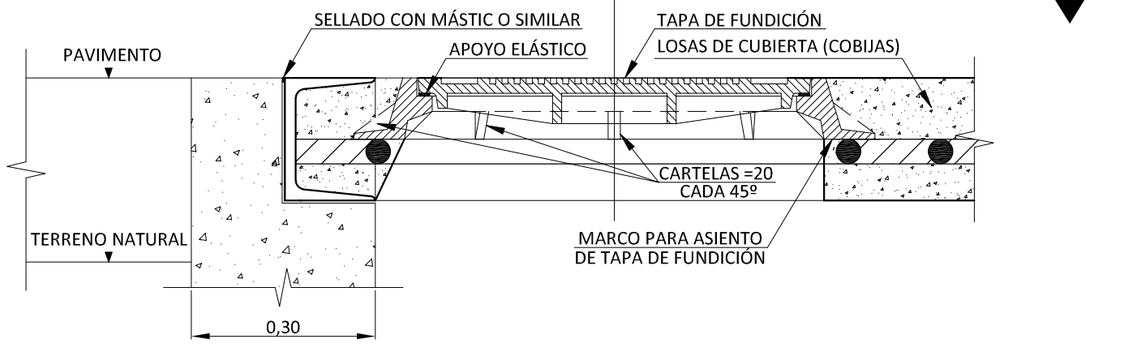
NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO: CÁMARA PARA INSTALACIÓN DE VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN , DISPOSICIÓN MIXTA SERIE/PARALELO

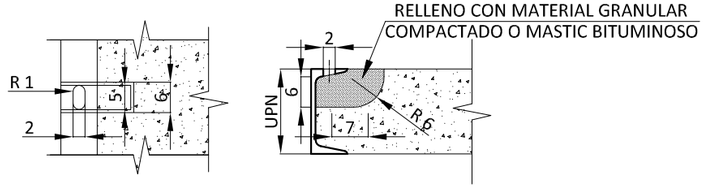
FECHA: NOVIEMBRE 2021
ESCALAS: S/E
COTAS: m
Nº DEL PLANO: 16



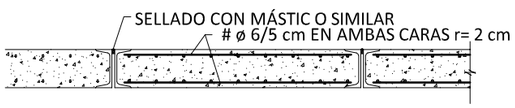
PLANTA-SECCIÓN



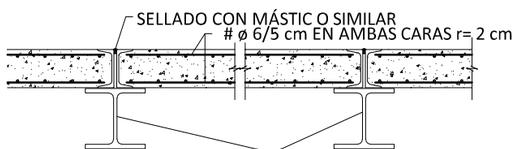
ALZADO-SECCIÓN



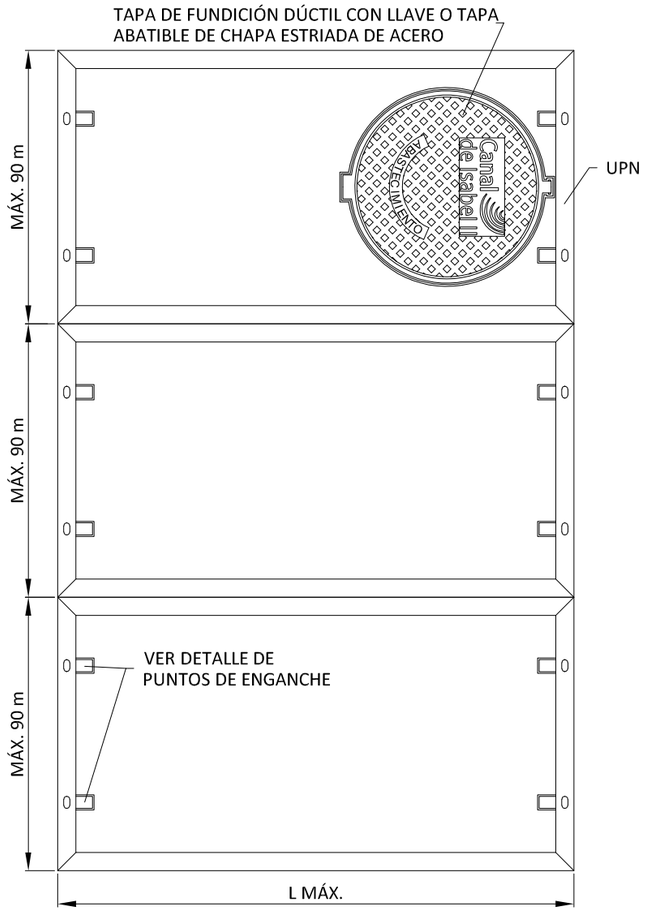
DETALLE ENGANCHE



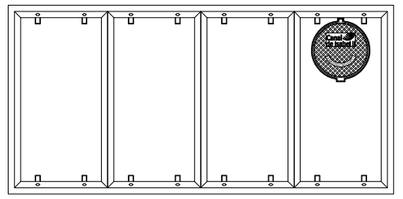
SECCIÓN A-A'



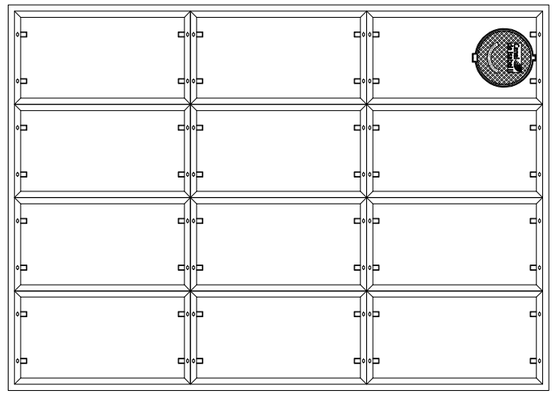
SECCIÓN B-B'



PLANTA



ANCHO DE CÁMARA ≤ LONGITUD MÁXIMA LOSA



ANCHO DE CÁMARA > LONGITUD MÁXIMA Llosa

ESQUEMA DISPOSICIÓN LOSAS

DIMENSIONAMIENTO DE TAPAS

CLASE	B-125	C-250	D-400
CARGA DE CONTROL	125 KN	250 KN	400 KN

DIMENSIONAMIENTO LOSAS DE CUBIERTA

ANCHURA DE LOSA: A ≤ 0,90m

MARCO UPN	LONGITUD MÁXIMA LMÁX (m)				
	PEATONAL q(kp/m2) 500	LIGERO EJE (t) 3,5	MEDIO EJE (t) 7	PESADO EJE (t) 13	MÁXIMO EJE (t) 20
120	1,8	X	X	X	X
140	2,2	X	X	X	X
160	2,4	1,8	X	X	X
180	2,8	2,2	X	X	X
200	3	2,4	1,8	X	X
220	3,4	2,8	2,2	X	X
240	3,6	3,2	2,6	2	X
260	4	3,6	2,8	2,2	1,8
280	4,2	4	3,2	2,6	2
300	4,4	4,2	3,6	2,8	2,4

ARMADO DE LOSAS DE CUBIERTA

ARMADURAS: MALLA DE 10x10

MARCO UPN	ARMADURA SIMÉTRICA AMBAS CARAS: o T (mm)				
	PEATONAL q(kp/m2) 500	LIGERO EJE (t) 3,5	MEDIO EJE (t) 7	PESADO EJE (t) 13	MÁXIMO EJE (t) 20
120	8	X	X	X	X
140	8	X	X	X	X
160	10	10	X	X	X
180	10	10	X	X	X
200	10	10	10	X	X
220	12	12	12	X	X
240	12	12	12	12	X
260	12	12	12	12	12
280	12	12	12	12	12
300	14	14	14	14	14

NOTAS

1. Las dimensiones y armado de las cobijas deberán cumplir las prescripciones establecidas en el Código Estructural CE-21.
2. Las dimensiones y tipología de los perfiles metálicos indicados son orientativos. Deberán ajustarse en cada caso a las dimensiones de las propias cobijas, y a la normativa correspondiente.
3. El adjudicatario presentará los cálculos justificativos de las dimensiones exactas, del armado de las cobijas y de los perfiles metálicos empleados. Se requerirá la aprobación previa de los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

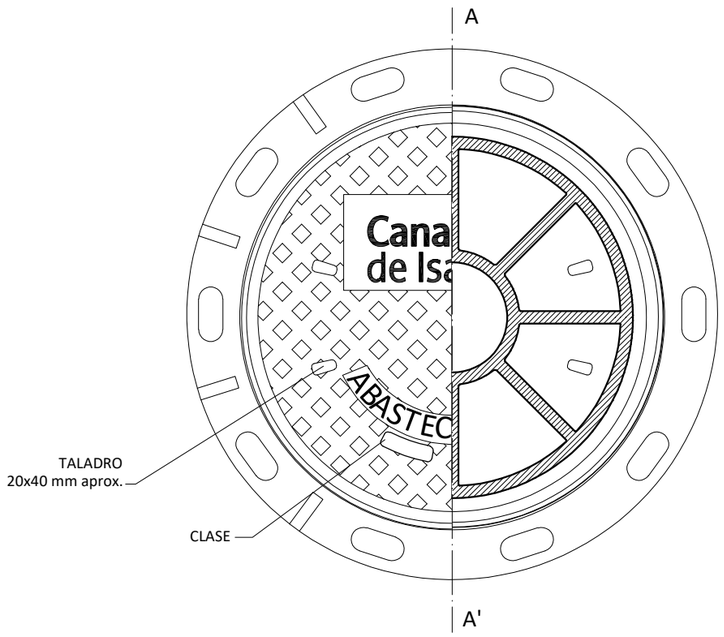
Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
DISPOSITIVOS DE CIERRE DE REGISTROS Y CÁMARAS. COBIJAS

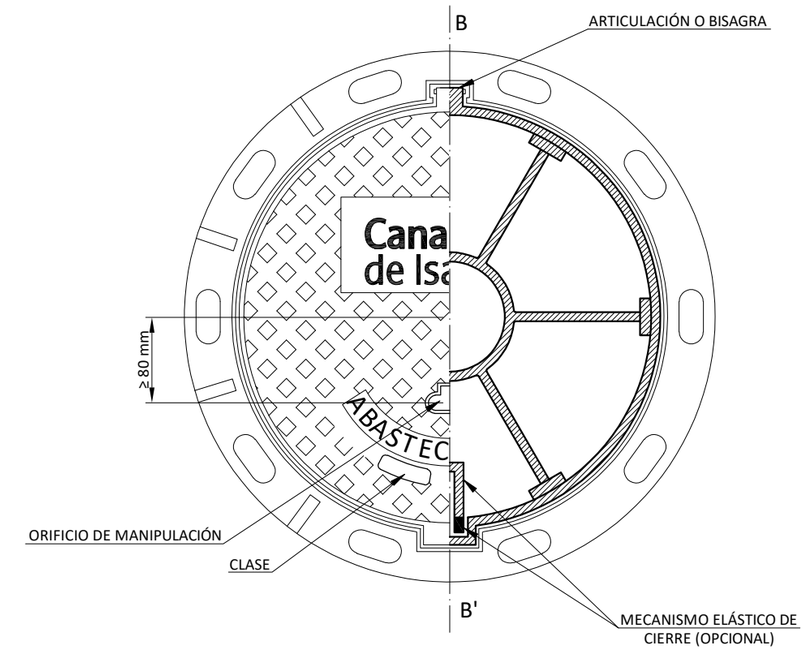
FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
NOVIEMBRE 2021	S/E		17

TAPA EXENTA
CLASES B-125 O C-250



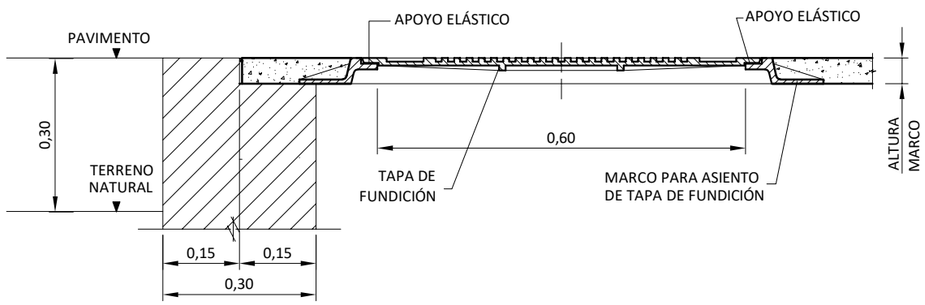
PLANTA-SECCIÓN. TAPA DE FUNDICIÓN

CLASE D-400

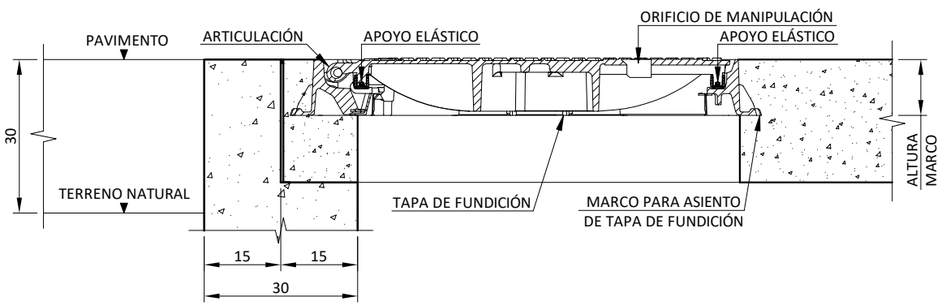


PLANTA-SECCIÓN. TAPA DE FUNDICIÓN

SENTIDO
DEL TRÁFICO



ALZADO-SECCIÓN A - A'. TAPA DE FUNDICIÓN



ALZADO-SECCIÓN B - B'. TAPA DE FUNDICIÓN

DETALLE DE ORIFICIO DE MANIPULACIÓN

PLANTA. TAPA DE FUNDICIÓN

PLANTA. TAPA DE FUNDICIÓN

CLASIFICACIÓN DE TAPAS. UNE-EN 124 -1: 2015

CLASE	A-15	B-125	C-250	D-400	E-600	F-900
CARGA DE ENSAYO (F_T)	15 KN	125 KN	250 KN	400 KN	600 KN	900 KN

NOTAS:

1. El diseño y ubicación tanto del logo como de las inscripciones es orientativo y deberá ser aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
2. El aseguramiento de la tapa al marco, masa superficial, diseño de la bisagra y mecanismo elástico, dependerá de cada fabricante y deberá ser aprobada por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

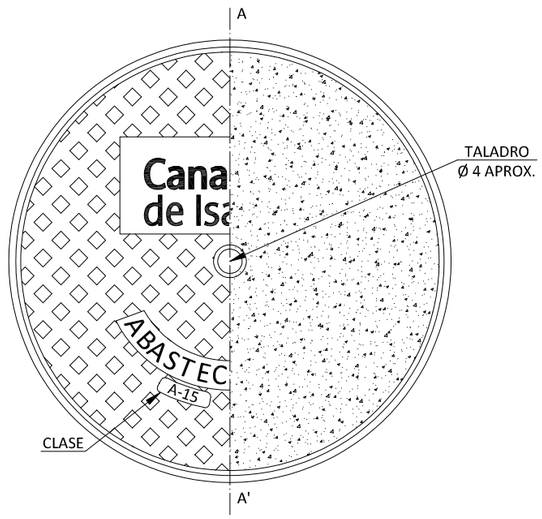
Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

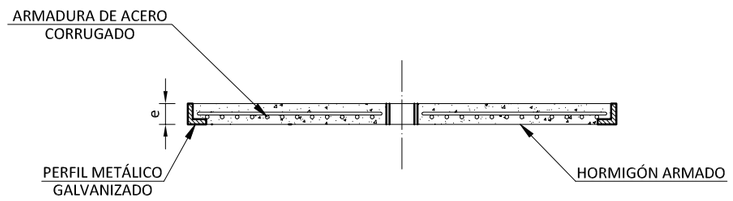
TITULO DEL PLANO: DISPOSITIVOS DE CIERRE EN REGISTROS Y CÁMARAS
TAPA Y MARCO DE FUNDICIÓN DÚCTIL

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
NOVIEMBRE 2021	S/E	cm	18.1

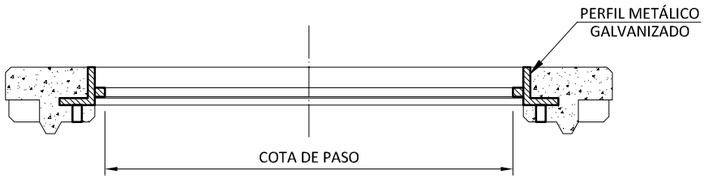
CLASE A-15



PLANTA - SECCIÓN

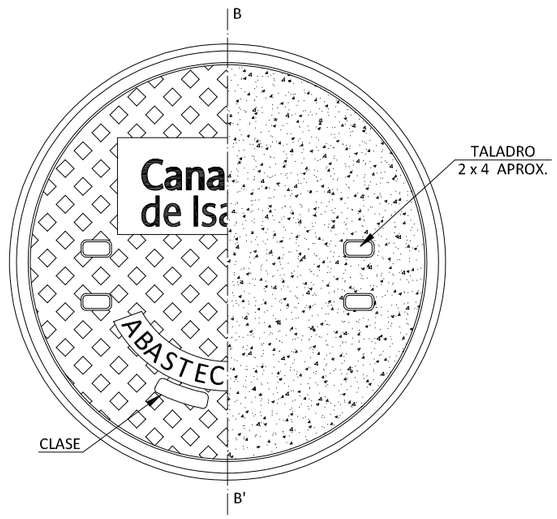


TAPA - SECCIÓN A - A'

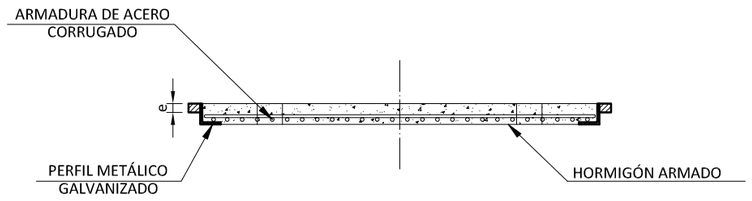


MARCO - SECCIÓN A - A'

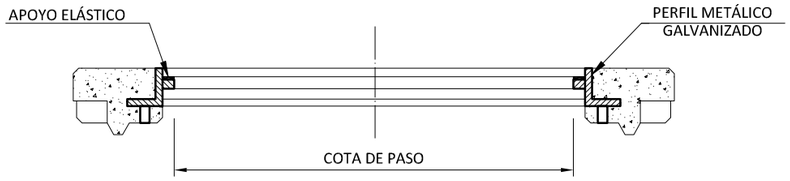
CLASE B-125, C-250, D-400



PLANTA - SECCIÓN



TAPA - SECCIÓN B - B'



MARCO - SECCIÓN B - B'

NOTAS

1. El diseño y ubicación tanto del logo como de las inscripciones es orientativo y deberá ser aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.
2. El diseño de la tapa y el marco es orientativo y deberá ser aprobado por los Servicios Técnicos de Canal de Isabel II.

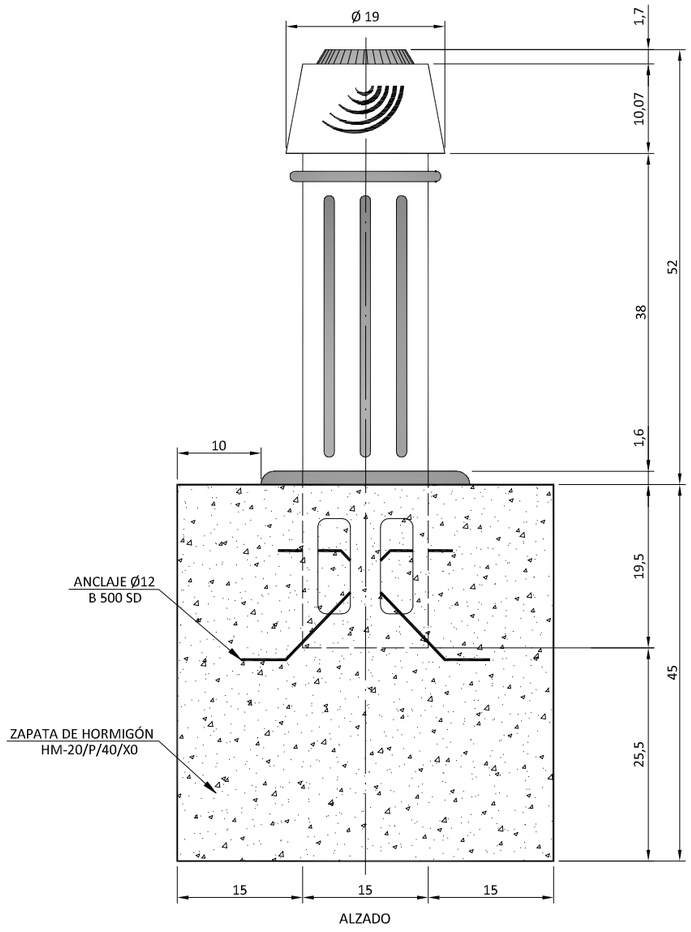
Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

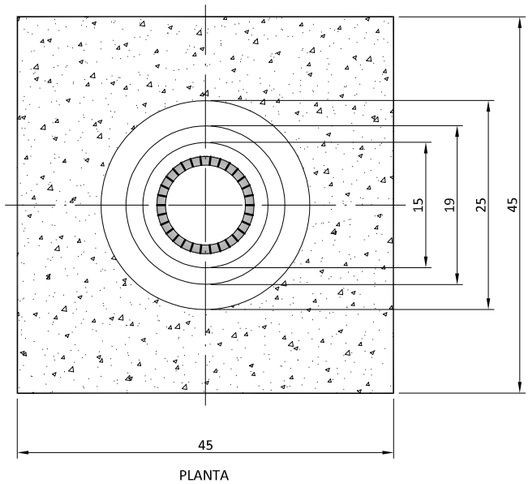
TITULO DEL PLANO: DISPOSITIVOS DE CIERRE EN REGISTROS Y CÁMARAS
TAPA Y MARCO MIXTOS

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
NOVIEMBRE 2021	S/E	cm	18.2

HITO DE FUNDICIÓN

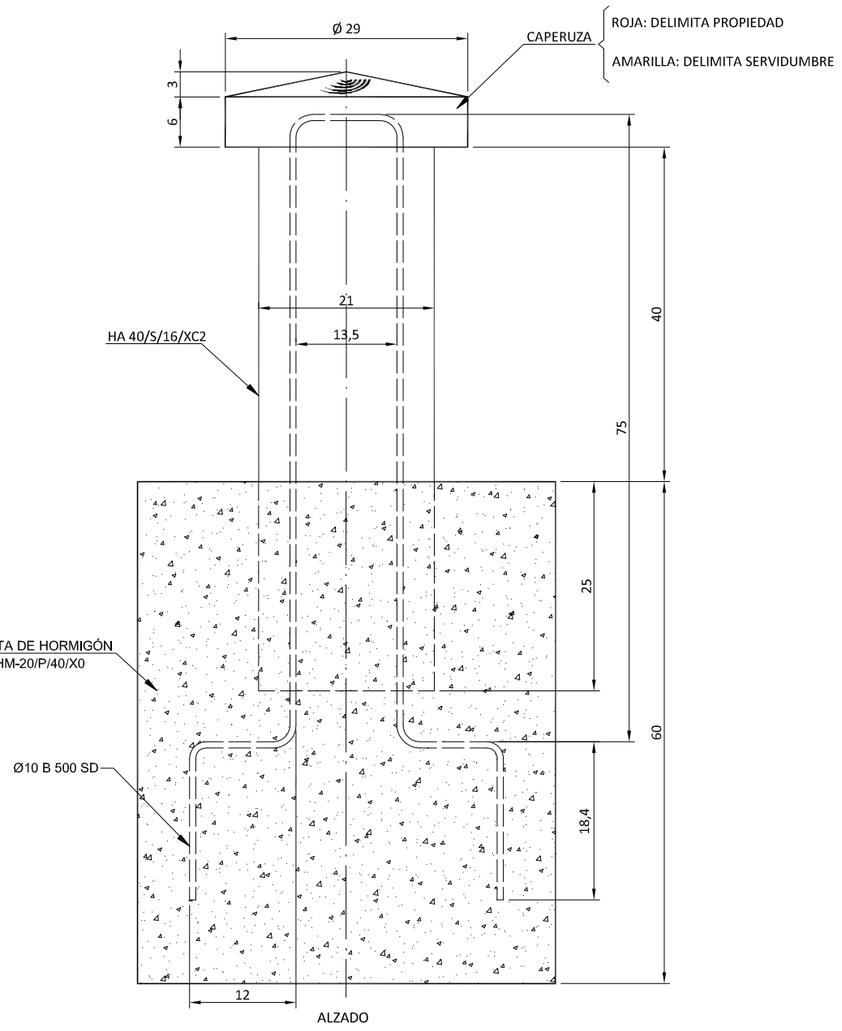


ALZADO

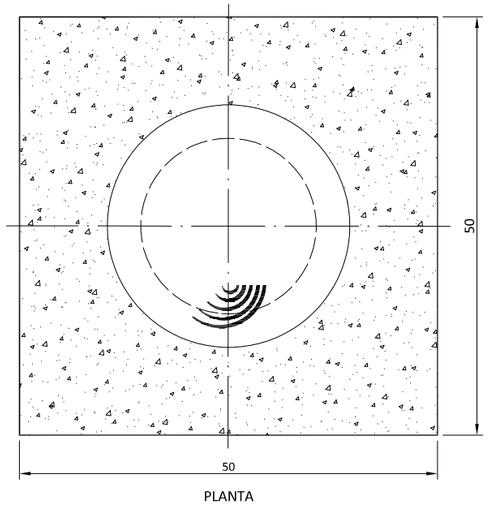


PLANTA

HITO DE HORMIGÓN ARMADO



ALZADO



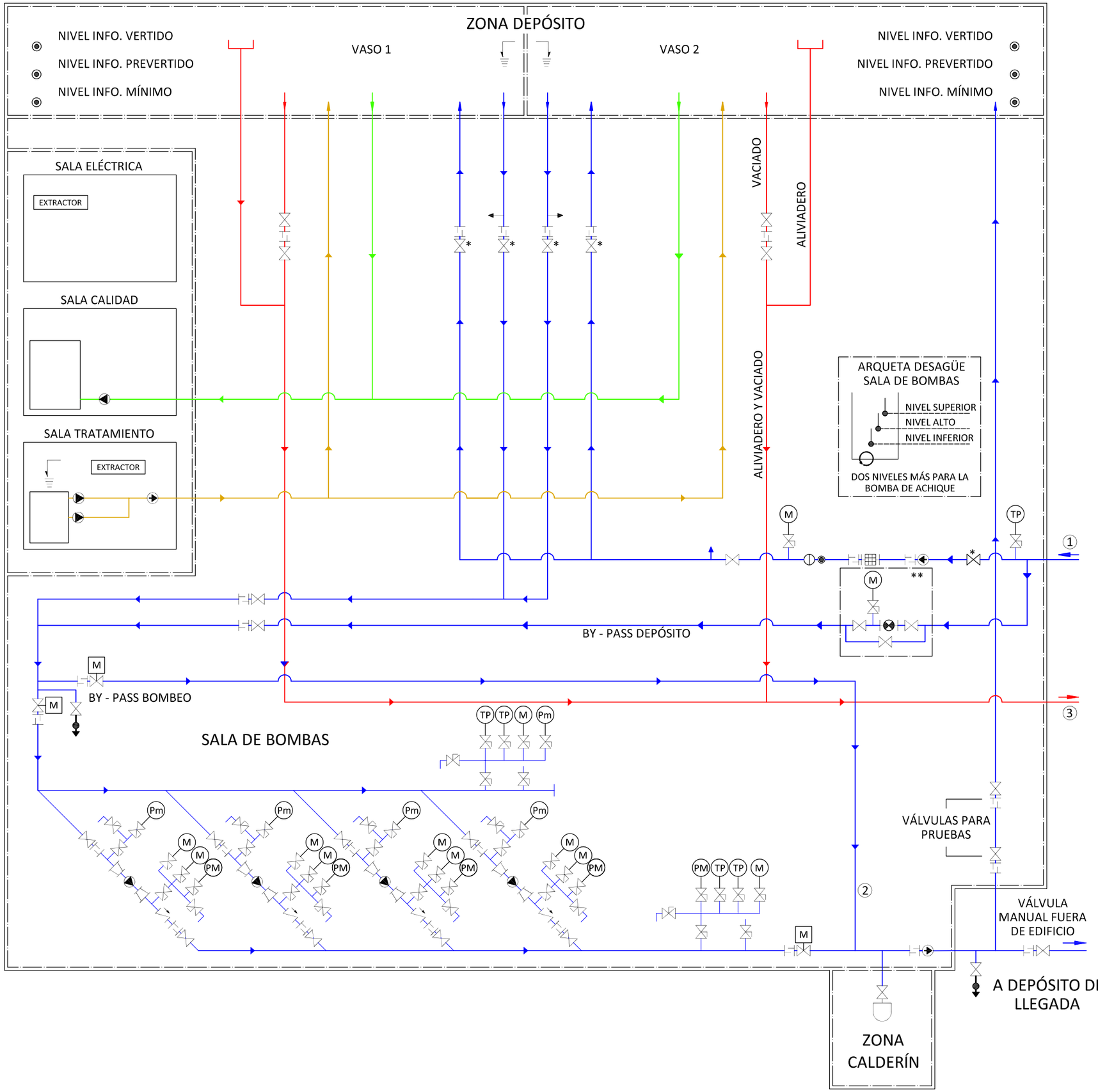
PLANTA

Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ALOJAMIENTOS (REGISTROS Y CÁMARAS)

TITULO DEL PLANO:
HITOS DE SEÑALIZACIÓN

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
NOVIEMBRE 2021	S/E	cm	19



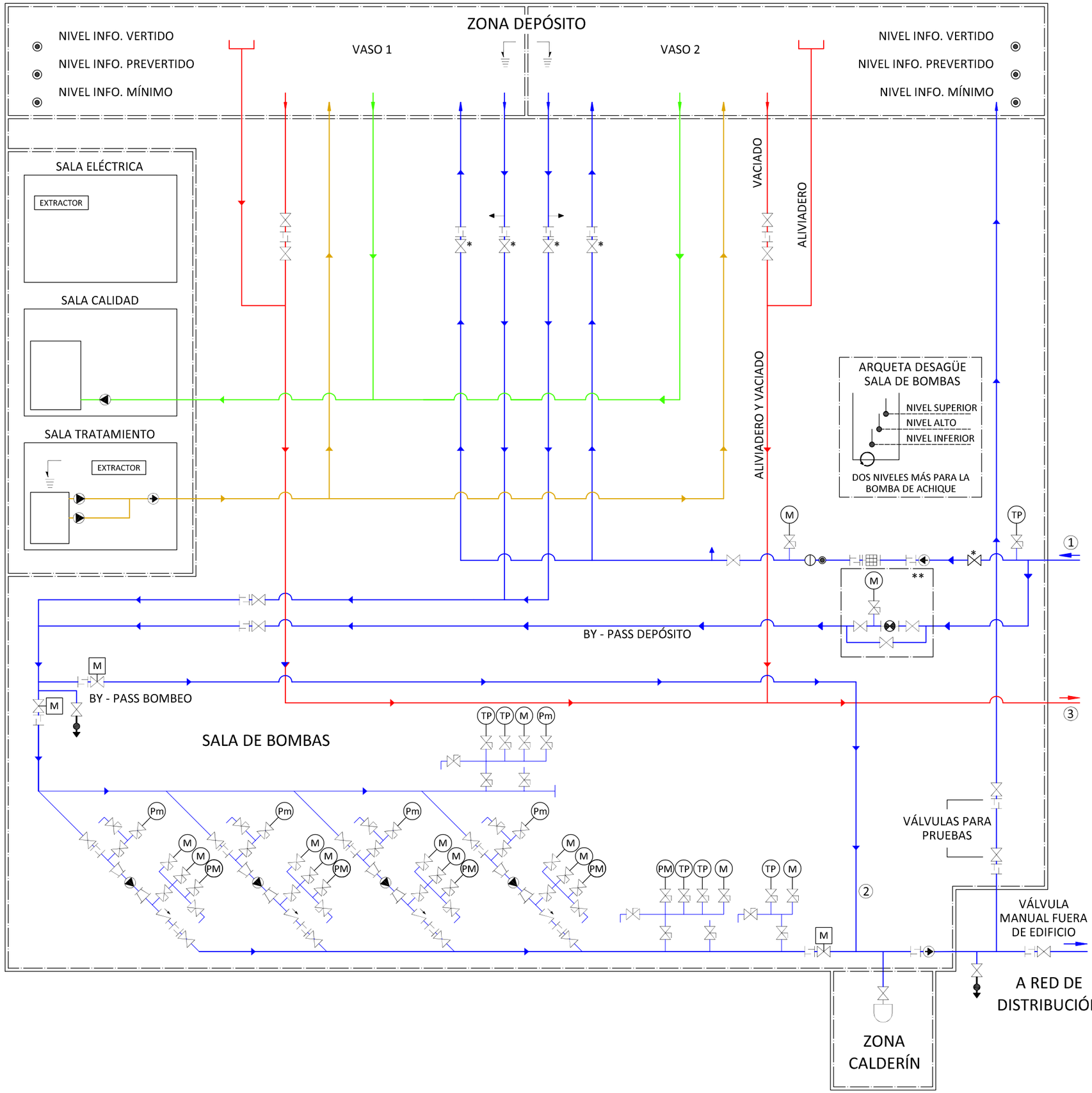
- VÁLVULA SECCIONAMIENTO
- M — VÁLVULA SECCIONAMIENTO MOTORIZADA
- VÁLVULA DE BOLA
- VÁLVULA DE REGULADORA DE PRESIÓN
- VÁLVULA DE LLENADO DE DEPÓSITO
- MEDIDOR DE NIVEL TIPO RADAR
- CALDERÍN
- CONO DE REDUCCIÓN
- GRIFO TOMA MUESTRAS
- DESAGÜE
- CAUDALÍMETRO
- BOMBA
- FILTRO
- Pm PRESOSTATO MÍNIMA
- PM PRESOSTATO MÁXIMA
- TP TRANSDUCTOR PRESIÓN
- M MANÓMETRO
- MEDIDOR DE NIVEL TIPO BOYA
- VÁLVULA AERACIÓN
- VÁLVULA ANTIRRETORNO
- CARRETE DE DESMONTAJE
- ① ENTRADA RED AGUA ABASTECIMIENTO
- ② SALIDA POR GRAVEDAD
- ③ TUBERÍA VACIADO Y ALIVIO
- * SERÁ MOTORIZADA EN CASO DE SER REQUERIDO POR LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II
- ** BY-PASS BOMBEO CON VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN (EN CASO DE SER NECESARIA)

Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ESTACIONES DE BOMBEOS

TITULO DEL PLANO:
ESQUEMA DEPÓSITO A DEPÓSITO

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
NOVIEMBRE 2021	S/E	S/C	20



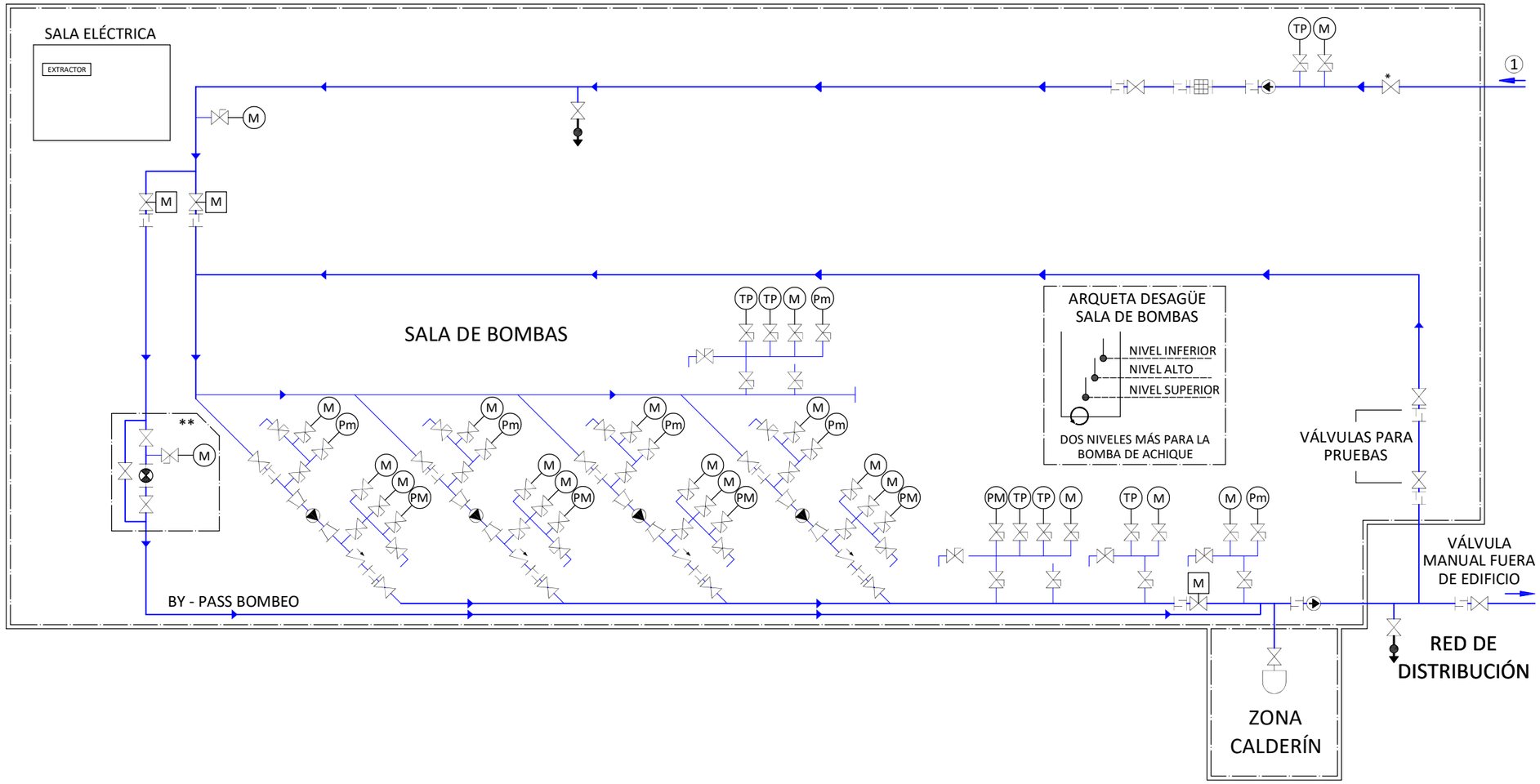
- VÁLVULA SECCIONAMIENTO
- M — VÁLVULA SECCIONAMIENTO MOTORIZADA
- VÁLVULA DE BOLA
- VÁLVULA DE REGULADORA DE PRESIÓN
- VÁLVULA DE LLENADO DE DEPÓSITO
- MEDIDOR DE NIVEL TIPO RADAR
- CALDERÍN
- CONO DE REDUCCIÓN
- GRIFO TOMA MUESTRAS
- DESAGÜE
- CAUDALÍMETRO
- BOMBA
- FILTRO
- Pm — PRESOSTATO MÍNIMA
- PM — PRESOSTATO MÁXIMA
- TP — TRANSDUCTOR PRESIÓN
- M — MANÓMETRO
- MEDIDOR DE NIVEL TIPO BOYA
- VÁLVULA AERACIÓN
- VÁLVULA ANTIRRETORNO
- CARRETE DE DESMONTAJE
- (1) ENTRADA RED AGUA ABASTECIMIENTO
- (2) SALIDA POR GRAVEDAD
- (3) TUBERÍA VACIADO Y ALIVIO
- * SERÁ MOTORIZADA EN CASO DE SER REQUERIDO POR LOS SERVICIOS TÉCNICOS DE CANAL DE ISABEL II
- ** BY-PASS BOMBEO CON VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN (EN CASO DE SER NECESARIA)

Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ESTACIONES DE BOMBEOS

TITULO DEL PLANO:
ESQUEMA DEPÓSITO A RED

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
NOVIEMBRE 2021	S/E	S/C	21



Canal de Isabel II

NORMAS PARA REDES DE ABASTECIMIENTO. VERSIÓN 4.
ANEXO 3. PLANOS DE ESTACIONES DE BOMBEOS

TITULO DEL PLANO:
ESQUEMA RED A RED

FECHA:	ESCALAS:	COTAS:	Nº DEL PLANO
NOVIEMBRE 2021	S/E	S/C	22

Canal de Isabel II

www.canaldeisabelsegunda.es