

I. Disposiciones generales

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

ORDEN de 22 de agosto de 1963 por la que se aprueba el «pliego general de condiciones facultativas de tuberías para abastecimiento de agua»

Ilustrísimo señor:

La Comisión para el estudio de un pliego general de condiciones facultativas de tuberías para abastecimientos de agua, constituida por Orden ministerial de 21 de enero de 1959, realizó un minucioso trabajo, redactando en 2 de diciembre de 1960 un pliego general de condiciones, cuyas distintas partes fueron estudiadas con gran detalle. Este estudio fue revisado y actualizado por la misma Comisión en 19 de febrero de 1962.

Sometido a informe del Consejo de Obras Públicas, este, en el dictamen de 11 de octubre de 1962 de la Sección de Obras Hidráulicas, propuso su aprobación, previas determinadas modificaciones en la redacción de algunos artículos:

Considerando que el nuevo pliego está bien estudiado, que recoge los últimos avances de la técnica de fabricación de tuberías y que las modificaciones propuestas por la Sección de Obras Hidráulicas del Consejo de Obras Públicas, con algunas variaciones, están debidamente justificadas y son aceptables, y han sido recogidas en la redacción definitiva.

Este Ministerio ha resuelto:

Primero. Aprobar el pliego general de condiciones facultativas de tuberías para abastecimientos de agua, redactado por la Comisión constituida por Orden ministerial de 21 de enero de 1959, que figura como anexo en la presente Orden.

Segundo. El pliego que se aprueba tendrá vigencia hasta el 31 de diciembre de 1965.

Tercero. El Centro de Estudios Hidrográficos propondrá el mantenimiento o modificación de su articulado después de la experiencia de su implantación y del estudio de las observaciones que se formulen por los Organismos y Empresas afectados o Ingenieros especialistas.

Las observaciones, informes y propuestas deberán estar en poder de dicho Centro antes del 1 de julio de 1965.

Cuarto. Los Ingenieros encargados y los Ingenieros inspectores de las obras en curso de ejecución se guiarán por este pliego en todas aquellas materias que tengan que resolver, por no estar concretamente especificadas en los pliegos de condiciones facultativas de las obras que construyan e inspeccionen.

Lo que comunico a V. I. para su conocimiento y efectos.
Dios guarde a V. I. muchos años.
Madrid, 22 de agosto de 1963.

VIGON

Ilmo. Sr. Director general de Obras Hidráulicas.

PLIEGO GENERAL DE CONDICIONES FACULTATIVAS DE TUBERIAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA

1. CONDICIONES GENERALES

1.01. Ambito de aplicación

1.01.1. Este pliego de condiciones facultativas comprende y será de aplicación en las obras de suministro y colocación de los tubos, uniones, juntas, llaves y demás piezas especiales necesarias para formar las conducciones públicas de abastecimiento y distribución de aguas potables a presión, cuyo proyecto, ejecución, inspección o dirección corresponde al Ministerio de Obras Públicas.

1.02. Conformidad o variación de las condiciones

1.02.1. Salvo prescripciones contrarias establecidas en los pliegos de condiciones particulares de cada obra, se tendrán en cuenta las de este pliego, que se entenderá conoce el contratista.

1.03. Definiciones de las instalaciones y de sus componentes.

1.03.1. Se entiende por *tubería* la sucesión de elementos convenientemente unidos, con la intercalación de todas aquellas unidades que permitan una económica y fácil explotación del sistema, formando un conducto cerrado convenientemente aislado del exterior que conserva las cualidades esenciales del agua para un suministro público, impidiendo su pérdida y contaminación.

1.03.2. El conjunto de tuberías instaladas en el interior de una población, interconectadas entre sí, y de las cuales se derivan las tomas para los usuarios, constituyen la *red de distribución*.

1.03.3. La tubería exterior a la población, que conduce el agua a la misma desde la captación, forma la *conducción*.

1.03.4. La tubería, en el interior de una población, que enlaza un sector de su red con el conjunto, con cierta interdependencia y sin realizarse tomas directas para usuarios sobre ella, se llama *arteria*.

1.03.5. El elemento recto normal de sección circular, más abundante, adquirido en el comercio o fabricado expresamente se llamará en adelante *tubo*. Los elementos que permitan cambios de dirección, empalmes, derivaciones, reducciones, uniones con otros elementos, se llamarán *piezas especiales*.

1.03.6. Las uniones de todos los elementos anteriores se efectuarán mediante *juntas*, que pueden ser de diversos tipos.

1.03.7. Las uniones que permitan cortar el agua, evitar su retroceso o reducir la presión se llamarán *llaves*.

1.03.8. Las unidades que permitan salir o entrar el aire en las conducciones o tuberías se denominarán *ventosas*. Se llamarán *desaques* las unidades que permitan vaciar las tuberías por sus puntos bajos.

1.03.9. Las unidades que permitan disponer del agua para usos públicos serán las *bocas de riego*, los *hidrantes* y las *fuentes*.

1.04. Presiones

1.04.1. Se denomina *presión normalizada* (P_n) aquella con arreglo a la cual se clasifican y timbran los tubos. Los tubos que el comercio ofrece en venta habrán sufrido en fábrica, sin romperse ni acusar falta de estanqueidad, la prueba a dicha presión normalizada.

1.04.2. Se llama *presión de rotura* (P_r) la presión hidráulica interior que produce una tracción circunferencial en el tubo igual a la carga nominal de rotura a tracción, R_r , del material

de que está fabricado:
$$P_r = \frac{2e}{D} R_r$$
 siendo D el diámetro del

tubo y e el espesor del mismo.

1.04.3. La *presión máxima de trabajo* (P_t) de una tubería estará compuesta de la presión de servicio más las sobrepresiones, más el golpe de ariete.

1.04.4. Las sobrepresiones y el golpe de ariete deberán calcularse en los casos siguientes:

- Impulsiones de elevación del agua desde la toma hasta el depósito regulador.
- Conducciones lineales a presión por gravedad.

1.04.5. En general, bajo la responsabilidad del proyectista, no se calcularán golpes de ariete ni sobrepresiones en las redes de distribución, ateniéndose a lo dispuesto en 1.04.7.

1.04.6. No obstante lo dispuesto en 1.04.4 en conducciones lineales, con impulsión o a presión por gravedad, podrá prescindirse del cálculo de sobrepresiones y golpes de ariete, previa

justificación, pero ateniéndose a lo dispuesto en el apartado siguiente.

1.04.7. Siempre que se prescindiera del cálculo de sobrepresiones y golpes de ariete, la presión máxima de trabajo de la tubería definida en 1.04.3 se sustituirá por la estática multiplicada por un coeficiente que justificará debidamente el proyectista.

1.05. Coeficiente de seguridad

1.05.1. Para cualquier tipo de tubo deberá verificarse siempre como mínimo:

$$\frac{P_r}{P_t} \geq 2 \frac{P_n}{P_u}$$

Por tanto, el coeficiente de seguridad a rotura será como mínimo:

$$\frac{P_r}{P_t} \geq 4$$

1.05.2. La determinación del coeficiente de seguridad corresponde al Ingeniero Proyectista, que tendrá en cuenta para su fijación las diversas circunstancias que puedan presentarse, tales como: importancia de la población y características de la instalación, cuantía de las presiones, condiciones de las aguas y del subsuelo, consecuencias producidas por averías y roturas y tiempo de su reparación, características del tráfico y de la pavimentación... etc., siempre dentro de los límites señalados en 1.05.1 como mínimo.

1.06. Cálculo

1.06.1. En el cálculo de los tubos se estudiarán todas las solicitudes externas e internas que pueden tener lugar tanto en la fabricación (cuando proceda) como en el transporte y puesta en obra, así como también en las pruebas y posterior funcionamiento en servicio.

1.07. Diámetro nominal

1.07.1. El diámetro nominal es un número convencional de designación que sirve para clasificar por dimensiones los tubos, piezas y demás elementos de las conducciones y corresponde aproximadamente al diámetro interior, sin tener en cuenta las tolerancias.

1.08. Condiciones generales sobre tubos y piezas

1.08.1. La superficie interior de cualquier elemento será lisa, no pudiendo admitirse otros defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen merma de la calidad ni de la capacidad de desagüe. La reparación de tales defectos no se realizará sin la previa autorización de la Administración.

1.08.2. La Administración se reserva el derecho de verificar por medio de sus representantes los modelos, moldes y encofrados a utilizar, previamente a la fabricación de todo elemento.

1.08.3. Los tubos y demás elementos de la conducción estarán bien terminados, con espesores regulares y cuidadosamente trabajados, de manera que las paredes exteriores, y especialmente las interiores, queden regulares y lisas, con aristas vivas.

1.08.4. Las superficies de rodadura, de fricción o contacto, las guías, anillos, ejes, piñones, engranajes, etc., estarán convenientemente trazados y fabricados de manera que aseguren de modo perfecto la concentricidad y entanqueidad de los órganos móviles o fijos, al tiempo que un funcionamiento suave, preciso, sensible y sin fallo de los aparatos.

1.08.5. Todas las piezas constitutivas de mecanismos, armaduras y protecciones necesarias deberán, para un mismo diámetro nominal y presión normalizada, ser rigurosamente intercambiables. A tal efecto, el montaje de las mismas deberá realizarse en fábrica empleándose plantillas de precisión.

1.08.6. Todos los elementos de la conducción deberán resistir sin daños a todos los esfuerzos que estén llamados a soportar en servicio y durante las pruebas y ser absolutamente estancos, no produciendo nunca alteración alguna en las condiciones físicas, químicas, bacteriológicas y organolépticas de las aguas conducidas, teniendo en cuenta los tratamientos a que estas hayan podido ser sometidas.

1.08.7. Todos los elementos deberán permitir el mejor acoplamiento del sistema de juntas empleado para que estas sean estancas, a cuyo fin los extremos de cualquier elemento estarán perfectamente acabados para que las juntas sean impermeables, sin defectos que repercutan en el ajuste y montaje de las mismas, evitando tener que forzarlas.

1.09. Marcado

1.09.1. Todos los elementos de la tubería llevarán las marcas distintivas siguientes, realizadas por cualquiera procedimiento que asegure su duración permanente:

- 1.º Marca de fábrica.
- 2.º Diámetro interior en mm.
- 3.º Presión normalizada en atmósferas
- 4.º Marca de identificación de orden, edad o serie que permita encontrar la fecha de fabricación y modalidades de las pruebas de recepción y entrega.

1.10. Pruebas en fábrica y control de fabricación

1.10.1. El suministro de los tubos, piezas especiales y demás elementos de la tubería será controlado por la Administración durante el periodo de su fabricación, por lo que aquella nombrará un agente delegado, que podrá asistir durante este periodo a las pruebas preceptivas a que deben ser sometidos dichos elementos de acuerdo con sus características normalizadas, comprobándose también dimensiones y pesos.

1.10.2. Independientemente de dichas pruebas, la Administración se reserva el derecho de realizar en fábrica por intermedio de sus representantes cuantas verificaciones de fabricación y ensayos de materiales estime precisas para el control perfecto de las diversas etapas de fabricación, según las prescripciones de este pliego. A estos efectos, el contratista en el caso de no proceder por sí mismo a la fabricación de los tubos, deberá introducir este derecho de la Administración en su contrato con el fabricante.

1.10.3. El fabricante avisará a la dirección de las obras con quince días de antelación como mínimo del comienzo de la fabricación del suministro y de la fecha en que se propone efectuar las pruebas.

1.10.4. Del resultado de los ensayos se levantará un acta firmada por el representante de la Administración, el fabricante y el contratista.

1.10.5. El Director de obra en caso de no asistir por sí o por delegación a las pruebas obligatorias en fábrica, podrá exigir al contratista certificado de garantía de que se efectuaron en forma satisfactoria dichos ensayos.

1.11. Entrega y transporte. Pruebas en obra

1.11.1. Después de efectuarse las pruebas de recepción y control en fábrica previstas en 1.10, el contratista deberá transportar, descargar y depositar las piezas o tubos objeto de su compra, sea en sus almacenes o a pie de obra en los lugares precisados en el pliego particular de condiciones.

1.11.2. Cada entrega, acompañada de una hoja de ruta especificando naturaleza, número, tipo y referencia de las piezas que la componen, deberá hacerse con el ritmo y plazos señalados en el pliego particular. A falta de indicación precisa en éste, el destino de cada lote o suministro se notificará al contratista con plazo suficiente.

1.11.3. Las piezas que hayan sufrido averías durante el transporte o que presentaran defectos no apreciados en la recepción en fábrica, serán rechazadas.

1.11.4. El Ingeniero encargado tendrá además la facultad de ordenar en cualquier momento, si lo estima necesario, la repetición de pruebas sobre las piezas ensayadas en fábrica; el contratista, avisado por escrito, facilitará los medios necesarios para realizar estas pruebas, de las que se levantará acta, y los resultados obtenidos anularán los de las primeras.

1.11.5. Si los resultados de estas últimas pruebas son favorables, los gastos serán a cargo de la Administración, y en caso contrario, corresponderán al contratista, que deberá, además, reemplazar los tubos, piezas, etc., previamente marcados como defectuosos, procediendo a su retirada y sustitución en los plazos señalados por la dirección de las obras; de no cumplirse dichos plazos, lo hará la Administración a costa de la contrata.

1.12. Aceptación o rechazo de los tubos

1.12.1. Clasificado el material por lotes, de acuerdo con lo que se establece en 3.02.1, las pruebas se efectuarán según en el mismo se indica, sobre muestras tomadas de cada lote, de forma que los resultados que se obtengan se asignarán al total del lote.

1.12.2. Los tubos que no satisfagan las condiciones generales fijadas en 1.08, así como las pruebas fijadas en 3, y las dimensiones y tolerancias definidas en este pliego, serán rechazados.

1.12.3. Cuando un tubo o elemento de tubo o junta no satisfaga una prueba, se repetirá esta misma sobre dos muestras más del lote ensayado. Si una de estas pruebas también falla,

se rechazará el lote ensayado, aceptándose si el resultado de ambas es bueno.

1.12.4. La aceptación o recibo de un lote no excluye la obligación del contratista de efectuar los ensayos de tubería montada que se indican en 1.13 y reponer a su costa los tubos o piezas que puedan sufrir deterioro o rotura en el montaje o en las pruebas en zanja.

1.13. Pruebas en zanja

1.13.1. Una vez instalada la tubería, antes de su recepción, se procederá a las pruebas preceptivas de presión interior y estanqueidad que se indican en 9., así como a las que se establezcan en el correspondiente pliego particular de la obra.

1.14. Gastos de ensayos y pruebas

1.14.1. Son a cargo del fabricante o contratista los ensayos y pruebas obligatorios y los exigibles que se indiquen en el pliego particular del proyecto, tanto en fábrica como al recibir el material en obra y la tubería instalada.

1.14.2. Serán asimismo de cuenta del contratista aquellos ensayos y pruebas exigibles en fábrica o en obra no indicados en el pliego particular del proyecto, si los resultados de los citados ensayos ocasionasen el rechazo del material.

1.14.3. Los ensayos y pruebas que sea preciso efectuar en los Laboratorios oficiales, como consecuencia de interpretaciones dudosas de los resultados de los ensayos realizados en fábrica o a la recepción del material en obra, serán abonados por el contratista o por la dirección de la obra con cargo a la misma, si como consecuencia de ellos se rechazasen o admitiesen respectivamente los elementos ensayados.

1.14.4. El contratista tomará las medidas oportunas para que el Director de obra disponga de los medios necesarios para determinar si la tubería cumple los requisitos de este pliego de condiciones, sin que ello suponga gasto adicional alguno.

2. MATERIALES Y ENSAYOS

2.01. Generalidades

2.01.1. Todos los elementos que entran en la composición de los suministros y obras procederán de talleres o fábricas notoriamente conocidos, aceptados por la Administración.

2.01.2. Los materiales normalmente empleados en la fabricación de tubos y otros elementos para tuberías son los siguientes: fundición, acero, fibrocemento, hormigón, hierro, plomo, bronce, goma. Estos materiales o los componentes con los que éstos se fabriquen han de satisfacer las condiciones previstas en este capítulo para cada uno de ellos o para las materias con las que se fabrican.

2.01.3. El empleo de materiales distintos de los señalados, y de uso no corriente en las conducciones de agua, podrán aceptarse, pero exigirá la realización de los ensayos necesarios para determinar sus cargas de rotura y límites de elasticidad y, en general, la forma como dicho material se comporta y podrá comportarse al cabo de cierto tiempo bajo la acción del agua y de los esfuerzos de toda clase que deba soportar en la conducción o red de distribución en que se pretenda su utilización. Los resultados de dichos ensayos, que se realizarán de acuerdo con las prescripciones establecidas en el pliego de condiciones del proyecto, determinarán la aceptación de dichos materiales, y a la vista de los mismos se fijarán los límites máximos de fatiga a exigir del nuevo material para las diferentes clases de esfuerzos.

2.01.4. La Administración fijará las condiciones para la recepción de los elementos de la conducción fabricados con dichos materiales y las decisiones que tome deberán ser aceptadas por el contratista.

2.02. Prescripciones sobre el control de la calidad

2.02.1. Los materiales a emplear en la fabricación de los tubos deberán responder a los requisitos que en este pliego se indican.

2.02.2. Además de los controles que se efectúen en los Laboratorios oficiales, que serán preceptivos en caso de duda o discrepancia, deberán efectuarse análisis sistemáticos durante el proceso de fabricación; con tal fin, el fabricante estará obligado a tener próximo a sus talleres un Laboratorio idóneo para la determinación de las características exigidas a cada material en este capítulo del pliego.

2.03. Calidad de la fundición

2.03.1. La fundición empleada para la fabricación de tubos, uniones, juntas, piezas y cualquier otro accesorio será gris de segunda fusión, presentando en su fractura un grano fino, apretado, regular, homogéneo y compacto. Deberá ser dulce, tenaz y dura, pudiendo, sin embargo, trabajarse a la lima y al buril, y susceptible de ser cortada y taladrada fácilmente. En su moldeo no presentará poros, bolsas de aire o huecos, gotas frías, grietas, sopladuras, manchas, pelos y otros defectos debidos a impurezas que perjudiquen a la resistencia o a la continuidad del material y al buen aspecto de la superficie del producto obtenido.

2.04. Coeficientes mecánicos de la fundición

2.04.1. Las características mecánicas de la fundición, que se comprobarán de acuerdo con los ensayos que figuran en este pliego, deberán ser como mínimo las siguientes:

Ensayo — Tipos de fundición	Flexión	Tracción	Resiliencia — Kg/cm ²	Dureza Brinell en centro espesor	Módulo elasticidad — Ks/mm ²
Tubos centrífugos en coquilla metálica Ø ≤ 300 mm.	(Anillos) 40 Kg/mm ²		0,12	215 (235 en superficie)	10 a 12.000
Idem 300 < Ø < 600 milímetros		20 Kg/mm ²	0,12	215 (235 en superficie)	10 a 12.000
Idem Ø > 600 mm.		18 Kg/mm ²	0,12	215	10 a 12.000
Tubos centrífugos en molde de arena		18 Kg/mm ²	0,12	215	10 a 12.000
Tubos fundidos verticalmente en molde de arena, uniones piezas.	26 Kg/mm ²	14 Kg/mm ²	Se sustituye por ensayo de impacto 2.10.	215	7 a 10.000

2.04.2. Los tubos, uniones y piezas de las conducciones deberán poder ser cortados, perforados o trabajados; en caso de discusión, las piezas se considerarán aceptables si la dureza en unidades Brinell no sobrepasa lo indicado en el cuadro anterior.

2.06. Ensayos mecánicos de la fundición

2.06.1. Los ensayos mecánicos a que habrá de someterse la fundición para comprobar la calidad del material serán los siguientes:

Ensayo de rotura a tracción y flexo-tracción (2.06) (2.07) y (2.08).

Resiliencia e impacto (2.09) y (2.10).

Dureza Brinell (2.11).

2.05.2. Estos ensayos tendrán lugar de acuerdo con las condiciones que figuran de (2.06) a (2.11), a instrucciones específicas, a forma y dimensiones de las probetas y a mecanismos necesarios para llevarlos a la práctica.

2.05.3. Los ensayos mecánicos se efectuarán durante el periodo de fabricación, y por lo menos dos veces por jornada de fundición.

2.05.4. El fabricante suministrará aparatos de ensayo, material, abacos de control y el personal necesario.

2.05.5. Cuando el representante de la Administración asista al proceso de fabricación o colada, señalará el momento oportuno de la toma de muestras y preparación y ensayo de probetas. Estas muestras serán marcadas con un punzón y se tomará cuenta de su fecha de fabricación. Si no estuviera presente en el momento oportuno para efectuar estas operaciones, el fabricante podrá proceder a la fabricación y recepción sin su presencia, pero se repetirán los ensayos de peso y prueba de presión hidráulica interior. A efectos de estos ensayos se considerará cada lote constituido por la total producción de la jornada.

2.05.6. El fabricante podrá separar tres piezas de ensayo sobre el mismo tubo. Para cada ensayo se romperán como mínimo dos probetas y se hallará el promedio de los resultados de cada ensayo parcial. Este valor medio no será en ningún caso menor que el fijado como mínimo para cada caso (2.04) y ninguna probeta sana deberá dar un resultado menor del 10 por 100 de aquella cantidad para que se considere admisible el lote.

2.05.7. El representante de la Administración, así como el contratista, podrán verificar, además de las condiciones de fabricación y de la calidad de la fundición, las dimensiones y pesos de los tubos y piezas y también su resistencia a la presión hidráulica.

2.06. Ensayos para determinar el módulo de resistencia a flexión en la fundición centrifugada

2.06.1. Para los tubos fundidos en coquilla metálica habrán de someterse estos previamente al tratamiento térmico. Este

del tubo. Cada anillo será colocado en una máquina apropiada que permita proporcionar un esfuerzo de tracción por el interior por medio de dos cuchillos orientados en las generatrices diametralmente opuestas. Los filos de estos cuchillos apoyados en fichas dos generatrices están formados por la intersección de dos caras, que deben formar un ángulo de 140°, unidos por un arco de cinco mm. de radio. El dibujo presenta una disposición satisfactoria.

2.06.2. El módulo de resistencia a flexión del anillo se deducirá de la carga de rotura por la fórmula siguiente:

$$R = \frac{3P(D - e)}{be^2}$$

en la cual

R = módulo de resistencia a la flexión del anillo en kg/mm².

P = carga de rotura en kg.

D = diámetro exterior del anillo en mm.

e = espesor del anillo en mm.

b = anchura del anillo en mm.

La resistencia mínima será de 40 kg/mm².

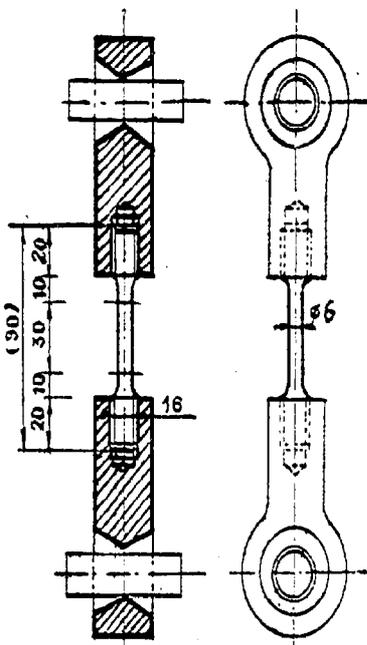
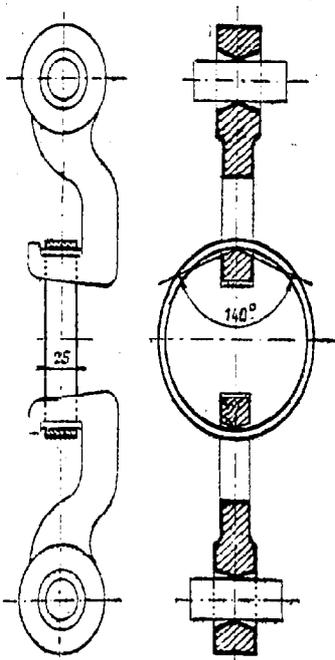
2.07. Ensayo para determinar el módulo de resistencia a flexión en la fundición vertical en molde de arena

2.07.1. Se efectuará sobre una barra de 25 mm. de diámetro perfectamente cilíndrica, con una longitud total de 600 mm.; se colocará sobre unos soportes separados 500 mm., y será sometida a flexión, debiendo resistir sin romperse un peso total de 320 kg. aplicado gradualmente a su centro, a lo que corresponde una tensión de 26 kg/mm². La flecha en el momento de la rotura no debe ser menor de 5 mm.

2.08. Ensayo a tracción

2.08.1. Las probetas de tracción para la fundición centrifugada se cortarán de los mismos tubos; tendrán una longitud aproximada de 90 mm. Su parte central, en una longitud de 30 mm., tendrá 6 mm. de diámetro y se unirá con un largo radio a los dos extremos de la pieza, cuyos últimos 20 milímetros serán cilíndricos de 16 mm. de diámetro, de tal forma que se presten a la sujeción a la máquina de ensayo.

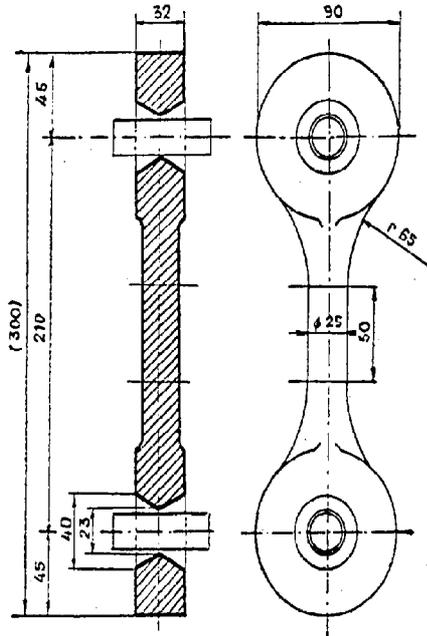
2.08.2. Para la fundición vertical se prepararán las probetas convenientemente moldeadas y sin defectos, en bruto o trabajadas. Será en su parte central, y en una longitud de 50 mm., de sección circular de 20 a 25 mm. de diámetro, y dispondrán en cada extremo de un agujero perforado que permita su suje-



ensayo se hará sobre anillos que se cortarán del extremo macho del tubo; será de unos 25 mm. de anchura. Las secciones serán mecanizadas, perfectamente paralelas y perpendiculares al eje

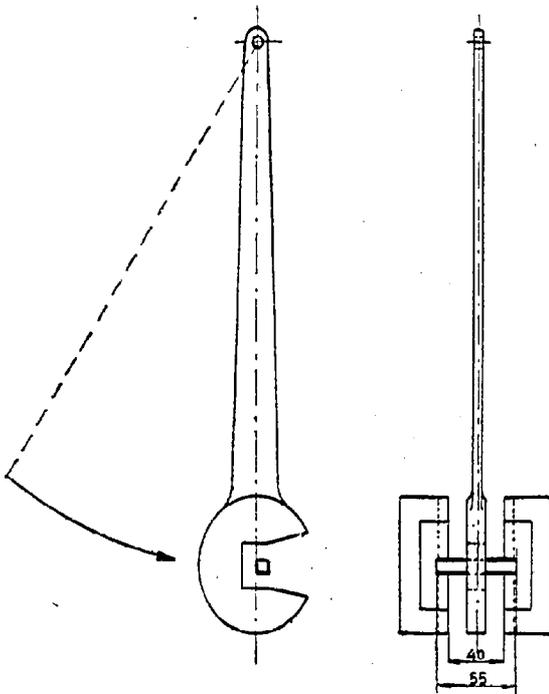
ción a la máquina de ensayo. En el croquis se representan estos tipos de piezas y la manera de sujetarlas de forma que se obtenga una unión Cardan que evite los efectos parásitos que

falsearman los resultados. Se someterán las piezas a un esfuerzo de tracción gradualmente creciente hasta llegar a la rotura de las mismas.



2.09. Ensayos de resiliencia

2.09.1. Se harán sobre una probeta de sección cuadrada de 6 a 10 mm de lado y 55 mm. de longitud, mecanizada en sus cuatro caras de forma que resulten perfectamente paralelas y perpendiculares unas a otras, y será colocada en un aparato especial, estando apoyada en dos soportes a 40 mm. para someterla a una fuerza. El dibujo proporciona una disposición satisfactoria. La resiliencia o trabajo necesario por cm² de sección de esta barra de ensayo para producir la rotura no podrá ser menor de 0.12 kg/cm².



2.10. Ensayo de impacto

2.10.1. Se efectuará sobre una barra de 200 mm. de longitud y sección cuadrada de 40 mm. de lado, con las caras perfecta-

mente planas y paralelas. Se colocará horizontalmente sobre dos apoyos situados en suelo resistente y a una distancia de 160 mm., debiendo resistir, sin romperse, el impacto producido por un peso de 12 kg., cayendo libremente de una altura de 400 mm. en el centro de la barra. Los apoyos de las barras estarán formados por dos caras que formen un ángulo de 45°, unidos con un arco de dos mm. de radio. El peso debe tener en su parte inferior forma circular, con tangentes extremas, formando un ángulo de 90°, unidos por radio de 50 mm.

2.11. Ensayo de dureza

2.11.1. Se realizará sobre las probetas o anillos utilizados en los ensayos precedentes mediante la aplicación de una carga de 3.000 kg. sobre una bola de 10 mm. de diámetro durante quince segundos. (Norma U. N. E. núm. 7.017.)

2.12. Características generales del acero para tubos

2.12.1. El acero empleado en la fabricación de tubos y piezas especiales no contendrá más del 0,06 por 100 de azufre ni más del 0,06 por 100 de fósforo. Será dulce y perfectamente soldable. A requerimiento del comprador el fabricante deberá presentar copia de los análisis de cada colada, y los ensayos de soldadura se efectuarán en la recepción del material, y consistirán en el plegado sobre junta soldada.

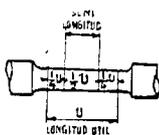
2.12.2. Las características mecánicas de resistencia a la tracción y alargamiento mínimo para el acero en la fabricación de tubos serán las establecidas en el cuadro siguiente:

Clase de tubo	Tracción kg/mm ²	Mínimo alargamiento en U %
<i>Tubos soldados a solape.</i>		
Espesor hasta 6.5 mm.	37 a 43,5	15
Para espesores superiores		20
<i>Tubos soldados a tope.</i>		
Espesor hasta de 9.5 mm.	40 a 51	16
Para espesores superiores		20
<i>Tubos sin soldadura.</i>		
Hasta 6,5 milímetros de espesor	Baja 37 a 46	15
Para espesores mayores resistc.		20
Hasta 6,5 milímetros de espesor	Alta 52 a 63	10
Para espesores mayores resistc.		15

2.13. Modo de efectuar los ensayos a tracción del acero para tubos.

2.13.1. Las probetas de tracción para el acero se recortaran de las chapas de acero antes de la obtención de los tubos, o de estos mismos, y tendrán la forma y dimensiones de acuerdo con la figura ... y se someterán a tracción por medio de una máquina, dispositivos y métodos análogos a los utilizados para la fundición y sujetando las piezas de igual forma que se indica en la figura (2.08).

2.13.2. Cuando la probeta de ensayo rompa fuera de la semilongitud central útil, la prueba no se puede considerar como fallo, debiendo repetirse la prueba con probetas procedentes de la misma chapa o colada que la probada, hasta obtener una rotura en la semilongitud central útil.



LONGITUD UTIL $U = 20$ CM.
 ID TRABAJADA $S = 23$ CM.
 ID TOTAL $T = 48$ CM.



ESPESOR DE LA PROBETA MÁXIMO ANCHODE LA ZONA UTIL

MAYOR DE 20 MM. $A_1 = 40$ MM.
 ENTRE 20 Y 9 MM. $A_2 = 50$ MM.
 MENOR DE 9 MM. $A_3 = 65$ MM.

2.14. Pruebas de soldadura

2.14.1. La Administración o su representante, puede escoger para ensayos dos tubos de cada lote (hornada) de 100 tubos. Si alguna de las dos muestras no alcanza los resultados que a continuación se establecen, podrán escogerse tantos nuevos tubos, para ser probados, como juzgue necesario el representante de la Administración para considerar satisfactorio el resto del lote. Si las pruebas de soldadura de los nuevos tubos escogidos no fueran satisfactorias el comprador podrá rechazar el lote o si así quisiera el fabricante, probar cada uno de los tubos del lote, siendo rechazados los que no alcanzaran los resultados que a continuación se prescriben.

a) Tubos soldados a solape hasta ϕ de 400 mm.: Anillos de 50 mm. de anchura, cortados de los extremos del tubo, deben resistir la presión entre dos platillos paralelos con la soldadura situada en el punto de máxima curvatura, hasta que se junten las superficies opuestas del tubo. No se presentarán aberturas en la soldadura hasta que la distancia entre los platillos sea menor que la mitad del diámetro exterior del tubo y ninguna señal de exfoliación o quemado debe apreciarse durante el prensado. Tampoco deberán presentarse grietas o roturas en el metal hasta que la distancia entre los platillos sea menor que 1/4 del diámetro exterior inicial del tubo.

b) Tubos soldados al solape de diámetro superior a 400 mm.: Tiras de 50 mm. de anchura, obtenidas desarrollando un trozo de tubo cortado normalmente a su eje (la soldadura deberá estar situada aproximadamente en el centro de la tira) deben resistir sin romperse, su dobladura alrededor de una barra cuyo radio no sea mayor que tres veces el espesor de la pieza probada, colocada la soldadura en el punto de máxima curvatura.

c) Tubos soldados a tope: Tiras de 33 mm. de anchura, obtenidas del tubo como se ha indicado antes, o de chapas iguales soldadas como el tubo, con la soldadura aproximadamente en su mitad, deben resistir sin romperse su dobladura alrededor de una barra cuyo radio no sea mayor que tres veces el espesor de la pieza probada, colocada la soldadura en el punto de máxima curvatura. La pieza probada debe curvarse con tracción en la base o raíz de la soldadura. Cualquier defecto debido a penetración incompleta o falta de fusión en la raíz de la soldadura no debe ser causa de rechazo si el metal no presenta alteración alguna. Si el fallo se produce en el borde se efectuarán nuevas pruebas con muestras de la misma soldadura adyacentes a la ensayada.

2.15. Características generales del fibrocemento

2.15.1. Los ensayos para probar las características mecánicas del fibrocemento se efectuarán sobre muestras tomadas de los mismos tubos además de las que se hagan sobre los propios tubos.

2.15.2. Las características mecánicas del fibrocemento, que se comprobarán de acuerdo con los ensayos que figuran en este pliego deberán ser, como mínimo, las siguientes:

Resistencia unitaria a la rotura:

Por presión hidráulica interior	$R_t = 200$ Kg/cm ²
Por flexión transversal	$R_m = 450$ Kg/cm ²
Por flexión longitudinal	$R_f = 250$ Kg/cm ²

2.16. Modo de efectuar los ensayos mecánicos de los materiales para la fabricación del fibrocemento

2.16.1. Todos los materiales empleados en la fabricación de los tubos se comprobarán a su recepción en fábrica, debiendo disponerse de los laboratorios idóneos para poder determinar las características de los mismos.

2.17. Tubos de hormigón

2.17.1. Los tubos de hormigón se pueden clasificar de la manera siguiente:

Tubos de hormigón	en masa	Con camisa de pa-lastro.
	armado	
	precomprimido	Sin camisa de pa-lastro.

2.17.2. Todos los materiales empleados en la fabricación de estos tubos se comprobarán a su recepción en fábrica, debiendo disponerse de los laboratorios idóneos para poder determinar las características de los mismos.

2.17.3. Las condiciones técnicas que deben cumplir, tanto los propios hormigones como sus componentes elementales son especialmente las que se indican a continuación además de las restantes de este Pliego y las de la Instrucción para el Proyecto de Obras de Hormigón.

2.17.4. Tanto para los tubos centrifugados como para los virorados la resistencia a la compresión del hormigón de las probetas correspondientes debe ser superior a la de cálculo. Como orientación las probetas cilíndricas no centrifugadas deben alcanzar una resistencia superior a los 180 Kg/cm² a los siete días y 300 Kg/cm² a los veintiocho días, y las centrifugadas alcanzarán una resistencia superior a los 240 Kg/cm² a los siete días y 420 Kg/cm² a los veintiocho días.

2.17.5. Los hormigones a emplear en los tubos se ensayarán moldeando una serie de cuatro probetas como mínimo diariamente, cuyas características serán representativas del hormigón producido en la jornada. Estas probetas se curarán en los mismos procedimientos que se empleen para curar los tubos.

2.17.6. Si para la fabricación de los tubos se emplea el método de centrifugación, al principio de la fabricación y siempre que se emplee nuevo cemento o distinto tipo, se fabricará otra serie adicional de cuatro probetas de tamaño y tipo aprobado por la Administración, las cuales se centrifugarán a la misma velocidad y durante el mismo tiempo empleado en la manufactura de los tubos. Estas probetas adicionales se ejecutarán al iniciarse la centrifugación y cada 400 tubos como mínimo.

2.17.7. En un laboratorio aprobado por la Administración se determinará la resistencia de las probetas centrifugadas a los siete, catorce y veintiocho días de tiempo y se establecerá la relación de resistencia entre las probetas centrifugadas y las sin centrifugar. Después de determinar esta relación, la resistencia del hormigón se determinará diariamente por la aplicación de la relación de resistencias obtenida, a las probetas ejecutadas usualmente.

2.18. Cemento

2.18.1. El cemento será del tipo portland y cumplirá las condiciones y ensayos exigidos por el pliego general para la recepción de conglomerantes hidráulicos en obras de carácter oficial.

2.18.2. En el caso que se ordene o se autorice de forma específica el empleo de cementos puzolánicos, se tendrá en cuenta de forma particular el mayor tiempo necesario para el endurecimiento del hormigón.

2.18.3. Se prohíbe de forma taxativa que se empleen cementos de distinto tipo o procedencia para fabricar un mismo tubo, incluso en los tubos pretensados para la ejecución del núcleo y del revestimiento.

2.18.4. El cemento será acopiado en silos o almacenes adecuados en los que se conserve en un ambiente exento de humedad y agrupado con arreglo a las distintas partidas para facilitar a la Administración la toma de muestras para sus análisis y aprobación o rechazo en su caso.

2.18.5. No se permitirá el empleo de cemento procedente de barreduras ni de limpiezas de sacos, aun cuando se efectue ésta por medios mecánicos.

2.18.6. Si la temperatura del cemento fuese superior a los 65° C. se almacenará, retrasándose su empleo hasta que la temperatura descienda por bajo de dicho límite.

2.19. Áridos

2.19.1. Los áridos cumplirán las condiciones fijadas en la instrucción vigente para la ejecución y proyecto de las obras de hormigón armado, además de las particulares que se fijen en este pliego o en el particular de la obra.

2.19.2. Previamente a la fabricación de los tubos, la Administración fijará la proporción granulométrica más adecuada de acuerdo con el tipo de áridos que se utilicen, sean de machaqueo o de depósitos naturales; para ello, el contratista viene obligado

a remitir con antelación suficiente las muestras de áridos a emplear para efectuar los ensayos precisos con el fin de fijar dicha composición. En el caso de que la Administración lo estime conveniente, la composición granulométrica será estudiada por el fabricante o contratista y sometida a la aprobación de la dirección de la obra.

2.19.3. Asimismo se estudiará la relación agua-cemento, con el fin de conseguir la mayor impermeabilidad posible y la más alta resistencia a la tracción.

2.19.4. Una vez determinada la composición granulométrica se controlará ésta sistemáticamente, comprobando: a), que el módulo de finura del total del árido y cada uno de sus componentes, no se aparte del fijado en ± 20 por 100; b), que cualquiera que sea el máximo aceptado, el porcentaje de las dimensiones superiores o inferiores a los límites tomados no sobrepase el 5 por 100 en peso, y c), que los elementos fuera de los tamaños límites no se distancien de los mismos en un 20 por 100.

2.19.5. El tamaño máximo de los áridos no excederá, como norma general, de los 20 mm., excluyéndose, además, todos los tamaños que sean superiores al 0,40 del espesor del tubo o que no pasen por el tamiz de abertura igual a los 8/5 de la mínima distancia libre entre armaduras.

2.19.6. Las arenas y gravas deberán estar exentas de materias orgánicas en forma tal que sometidas al ensayo colorimétrico descrito en las Normas MEL C 4-01 del Laboratorio Central de Ensayos de Materiales de Construcción del Ministerio de Obras Públicas den un color más claro que el de la solución patrón. No contendrán arcillas ni limos en cantidad superior al 3 por 100.

2.20. Agua

2.20.1. Como norma general, podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica. Cuando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán ser utilizadas según los métodos de ensayo:

MELC 20.1. -a- determinación de las sustancias solubles contenidas en el agua.

MELC 20.2. -a- determinación de los sulfatos contenidos en el agua.

ME 1.22. -d- de la Instrucción H A 58 del IET cc, ensayo cualitativo para la investigación de los hidratos de carbono en el agua. Salvo justificación especial sobre la influencia del agua en las propiedades exigibles al hormigón, deberán ser rechazadas todas las aguas cuyo pH sea inferior a seis o superior a ocho, así como aquellas cuyo contenido de sulfatos, expresados en SO_4 , rebase los 0,3 gramos por litro. Tampoco podrán utilizarse las aguas que posean sustancias solubles en proporción superior al 3,5 por 100 ni aquellas en las que se aprecie la presencia de hidratos de carbono.

2.21. Acero para armaduras

2.21.1. El acero para la fabricación de armaduras será nuevo, de sección uniforme (redondo, cuadrado o rectangular), de superficies lisas o rugosas, y cumplirá las condiciones exigidas para este material por la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón.

2.21.2. En el caso de tuberías precomprimidas, se admitirá sólo el acero producido por trefilado en frío, de eventual tratamiento térmico complementario sucesivo y con las siguientes características: Carga de rotura comprendida entre 130 y 180 kilogramos por mm^2 . Solicitación al límite elástico convencional del 0,2 por 100 no menor del 0,7 de la carga de rotura (1). Módulo de Young inicial para la deformación inferior al 0,2 por 100, 21 Tm. por mm^2 con tolerancia del 10 por 100. Alargamiento a la rotura determinado sobre probetas de 300 mm. de longitud y referido a la longitud base de 200 mm., 0,4 por 100 del diámetro de hilo expresado en mm. Además, se indicarán las características del hilo a la prueba en doblado alternativo, arrollamiento y tensión alternada, que deberán ser sometidas a la Administración para su conocimiento y aprobación en su caso antes del empleo.

2.22. Chapa de acero

2.22.1. La chapa de acero empleada en la fabricación de la camisa para cualquier clase de tubos será de acero dulce, nueva, de sección uniforme, y cumplirá las condiciones exigidas para este material en (2.12). No deberá tener carga de rotura inferior a 37 Kg. por mm^2 . Deberá poderse doblar en frío, formando un ángulo de 180°, sobre un espesor igual al de la chapa.

(1) Por límite elástico convencional al 0,2 por 100 se entiende la solicitación que, mantenida por 10 segundos, provoca una deformación permanente, referida a la dimensión primitiva del 0,2 por 100

2.23. Hierro

2.23.1. El hierro para piezas tales como pernos, collares, cinturas, etc., será bien batido, no quebradizo, dulce, maleable en frío, de una textura fibrosa y homogénea sin pelos, grietas, quemaduras ni cualquier otro defecto. Las piezas que se hundan o agrieten bajo el punzón o que al ser curvadas se desgarran, flexionen o corten, serán rechazadas.

2.23.2. Las chapas y platabandas serán de hierro ordinario cuando no hayan de sufrir deformación alguna; serán de superior calidad cuando deban sufrir trabajo de forja o ser dobladas en caliente o frío.

2.23.3. La capa de cine de las piezas galvanizadas deberá ser limpia, lisa, sin empastes, granulaciones ni señales de óxido.

2.24. Plomo para juntas

2.24.1. El cordón o tubo de plomo con alma de cáñamo para juntas, será de primera fusión y no podrá contener más del 0,5 por 100 de materias extrañas. No presentará indicios de oxidación, será maleable y no presentará pelos ni grietas, cuando se trabaje al martillo.

2.24.2. El cáñamo para el alma reunirá las condiciones fijadas en (2.29).

2.25. Bronce

2.25.1. Deberá ser sano, homogéneo, sin sopladuras ni rugosidades. Su composición será del 92,8 referida a la mezcla de cobre y estaño. De 100 partes correspondientes a la composición total de la aleación el análisis no deberá denunciar la presencia de más de dos partes de cinc y 1,5 partes de impurezas; el plomo contenido en dichas impurezas no será superior al 0,5 por 100 de la composición total de la aleación. Se admite una tolerancia de 0,5 por 100 en menos, para la presencia de estaño, lo que corresponde a la titulación 92,5/7,5.

2.25.2. La composición química del bronce de alta resistencia empleado para los tornillos y tuercas de maniobras se deja a elección del contratista o suministrador.

2.25.3. Este bronce será sometido a pruebas de tracción en probetas, obtenidas por laminación y recocido, de 100 mm. de longitud y torneadas, con 13,8 mm. de diámetro. Las pruebas deberán dar el resultado siguiente:

Carga de rotura a tracción	44 Kg./mm ²
Alargamiento a la rotura	20 por 100
Límite de elasticidad	22 Kg./mm ²

Las probetas estarán formadas por barras separadas de las coladas, fundidas con las piezas y separadas de ellas y marcadas en presencia del agente de recepción.

2.26. Goma natural para juntas: Composición

La goma natural para las juntas deberá ser homogénea, absolutamente exenta de trozos de goma recuperada y tener una densidad no superior a 1,1 Kg./dm³.

2.26.2. El contenido de goma vegetal en bruto de calidad elegida (crepp o Smoked tipo RMA IX), no deberá ser inferior al 75 por 100 en volumen, aun cuando preferiblemente deberá alcanzar un porcentaje superior.

2.26.3. Deberá estar totalmente exenta de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxidos metálicos, excepto el óxido de cinc; tampoco contendrá extractos acetónicos en cantidad superior al 3,5 por 100.

2.26.4. El azufre libre y combinado no superará el 2 por 100. Las cenizas serán inferiores al 10 por 100 en peso, las escorias estarán compuestas exclusivamente de óxido de cinc y negro de humo de la mejor calidad; estarán exentas de sílice, magnesio y aluminio.

2.26.5. El extracto clorofórmico no deberá ser superior al 2 por 100 y el extracto en potasa alcohólica y la carga deberán estar contenidos en el porcentaje que resulte por diferencia.

2.26.6. Aparte de los antienviejecedores las cargas deberán estar compuestas de óxido de cinc puro, de negro de humo, puro también, siendo tolerado de un modo impalpable el carbonato cálcico.

2.26.7. Las piezas de goma deberán tratarse con antienviejecedores cuya composición no permita que se enmohezca su superficie o se alteren sus características físicas o químicas después de una permanencia durante cuatro meses en el almacén, en condiciones normales de conservación.

2.26.8. Para las condiciones de agua potable, las sustancias que pudieran alterar las propiedades organolépticas del agua no serán admitidas en la composición de la goma.

2.27. Goma sintética

2.27.1. Se prohíbe el empleo de residuos de goma de recuperación, así como la presencia de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxidos metálicos, excepto óxido de cinc.

2.27.2. Las características físicas y tecnológicas serán las mismas indicadas para la goma natural.

2.28. *Características y pruebas tecnológicas de las gomas natural y sintética*

2.28.1. La prueba de dureza se efectuara con durómetro Shore, a la temperatura $20^{\circ}\text{C} \pm 5$ por 100 y con arreglo a normas aprobadas, y deberá dar dureza de 50 ± 5 por 100.

2.28.2. El alargamiento a la rotura no será inferior al 425 por 100, efectuado con arreglo a las normas aprobadas.

2.28.3. La carga de rotura referida a la sección inicial no será inferior a 1.500 grs/mm². La carga unitaria referida a la sección correspondiente al alargamiento del 400 por 100 será no inferior a los 300 grs/mm².

2.28.4. A efectos de deformación permanente, una junta o parte de ella será sometida entre dos moldes rígidos veinticuatro horas a 20°C . y comprimida hasta alcanzar el 50 por 100 de la dimensión original. Sacada del molde, deberá en diez minutos alcanzar la dimensión primitiva con una tolerancia del 10 por 100 y en una hora con el 5 por 100.

2.28.5. Para apreciar la resistencia al calor y al envejecimiento, la prueba de deformación permanente se repetirá cinco veces manteniendo la junta primitiva veinticuatro horas en la estufa a 70°C . en ambiente seco. La deformación residual, medida al sacar la junta del molde, deberá ser menor del 15 por 100 de la dimensión original, y deberá alcanzar en una hora la dimensión primitiva con el 10 por 100 de tolerancia. Efectuadas las pruebas de dureza, alargamiento y carga a la rotura sobre juntas sometidas setenta y dos horas a 78°C . en estufa con ambiente seco y después veinticuatro horas en ambiente normal, se obtendrán los mismos resultados sobre las juntas, indicados en los apartados 1, 2 y 3, con tolerancias inferiores al 10 por 100.

2.29. *Cuerdas para las juntas*

2.29.1. Las cuerdas para los fondos de las juntas serán de cáñamo, trenzadas, secas y rigurosamente exentas de fenoles o de otras sustancias que puedan dar gusto al agua tratada con cloro o cloramina (cloro y amoniaco).

2.30. *Características y pruebas tecnológicas de los betunes y mástic bituminoso empleado para revestimiento de tubos*

2.30.1. El barniz bituminoso deberá estar constituido por una disolución conteniendo el 45 por 100 de betún asfáltico polimerizado disuelto en disolvente idóneo; la reacción del barniz deberá ser neutra o débilmente alcalina.

2.30.2. Las características del betún polimerizado que constituye el barniz deberán ser las siguientes:

Punto de fusión (bola y anillo) mínimo $+ 85^{\circ}\text{C}$.
Penetración DOW a $+ 25^{\circ}\text{C}$. mínimo de 25 décimas de milímetro.

Penetración DOW a $+ 55^{\circ}\text{C}$. mínimo de 50 décimas de milímetro.

Punto de rotura FRASS máxima $- 10^{\circ}\text{C}$.

Punto de inflamación superior a 300°C .

Peso específico: Debe estar comprendido entre 1,01 y 1,2 kilogramos/decímetro cúbico.

2.30.3. A la temperatura del aire de 20°C . el barniz debe secarse en menos de 50 minutos.

2.30.4. El mástic bituminoso deberá contener betún asfáltico polimerizado embebido en polvo mineral químicamente inerte, no higroscópico y que pase por el tamiz de 12.000 mallas.

2.30.5. Las características del mástic deberán ser las siguientes:

1.º Punto de fusión (bola y anillo) mínimo $+ 100^{\circ}\text{C}$.

Penetración DOW a 25°C . mínimo 10 décimas de milímetro.

Penetración DOW a 50°C . mínimo 30 décimas de milímetro.

Punto de rotura FRASS máxima $- 8^{\circ}\text{C}$.

Punto de inflamación superior a $+ 290^{\circ}\text{C}$.

Peso específico no superior a 1,5 kgs/dms³.

Prueba de huella señalada dejada por una bola, con área de un cm² y con un peso de 2,5 kgs. a 25°C . no deberá ser superior a 15 mm. después de dos horas.

3. PRUEBAS EN LOS TUBOS

3.01. *Generalidades*

3.01.1. Las verificaciones y pruebas de recepción se ejecutarán en fábrica, sobre tubos cuya suficiente madurez sea ga-

rantizada por los fabricantes y la aceptación o rechazo de los tubos se regulará por lo que prescribe 1.10.

3.01.2. Estas pruebas se efectuarán previamente a la pintura o enlucidos de protección sobre el tubo. Los mecanismos de llaves y fontanería (ventosas, etc.) serán, por otra parte, sometidos a prueba de buen funcionamiento.

3.01.3. Las llaves de compuerta serán sometidas a pruebas de resistencia y estanqueidad.

3.01.4. Serán obligatorias las siguientes verificaciones y pruebas para cualquier clase de tubos:

1.º Examen visual del aspecto general de todos los tubos (3.03).

2.º Comprobación de dimensiones, espesores y rectitud de los tubos (3.03).

3.º Pruebas de estanqueidad de todos los tubos a presión normalizada (3.04).

4.º Pruebas de rotura por presión hidráulica interior sobre un tubo de cada lote (3.05).

3.01.5. Serán pruebas exigibles por la Administración las siguientes:

En fundición centrifugada:

1.º Ensayo de flexión sobre anillos de tubos (2.06).

2.º Ensayo de tracción sobre testigos del material (2.08).

3.º Ensayo de resiliencia sobre testigos del material (2.09).

4.º Ensayo de dureza Brinell (2.11).

En fundición moldada:

1.º Ensayo de flexión sobre testigos material (2.07).

2.º Ensayo de tracción sobre testigos del material (2.08).

3.º Ensayo de impacto sobre testigos del material (2.10).

4.º Ensayo de dureza Brinell (2.11).

En tubos de acero:

1.º Ensayo de tracción sobre testigos del material (2.13).

2.º Prueba de soldadura (2.14).

En fibrocemento:

1.º De aplastamiento o flexión transversal (3.06).

2.º De flexión longitudinal (3.07).

En tubos de hormigón:

1.º Prueba de aplastamiento o flexión transversal (3.06).

2.º Prueba de flexión longitudinal (3.07).

3.02. *Lotes y ejecución de las pruebas*

3.02.1. El proveedor clasificará el material por lotes de 200 unidades antes de los ensayos, salvo que el Director de obra autorice expresamente la formación de lotes de mayor número y lo dispuesto en 2.05.2 para ensayos mecánicos de la fundición.

3.02.2. El Director de obra escogerá al azar los tubos, elementos de juntas o piezas que deberán probarse en la proporción de una unidad por cada lote de 200 o fracción de lote si no se llegase en el pedido al número citado.

3.02.3. En primer lugar se realizarán las pruebas mecánicas, y si los resultados son satisfactorios, después de comprobadas las circunstancias primera y segunda citadas en 3.01.4 se procederá a la realización de las pruebas de tipo hidráulico, tercera y cuarta de 3.01.4.

3.03. *Examen visual del aspecto general de los tubos y comprobación de dimensiones, espesores y rectitud de los mismos*

3.03.1. Cada tubo se presentará separadamente, se le hará rodar por dos carriles horizontales y paralelos, con una separación entre ejes igual a los dos tercios de la longitud nominal de los tubos. Se examinará por el interior y exterior del tubo y se tomarán las medidas de sus dimensiones, el espesor en diferentes puntos y la flecha, para determinar la posible curvatura que pueda presentar, así como, en general, todo lo prescrito en 1.06.

3.03.2. Los tubos de fundición se golpearán para asegurarse que no tienen coqueas ni sopladuras.

3.04. *Prueba de estanqueidad*

3.04.1. Los tubos a probar se colocan en una prensa hidráulica asegurándose la estanqueidad en sus extremos mediante dispositivos adecuados.

3.04.2. Se dispondrá de un manómetro debidamente contrastado y de una llave de purga.

3.04.3. En el caso de tubería de hormigón, el contratista o fabricante podrá tener el tubo lleno de agua veinticuatro horas antes de iniciarse la prueba. Al comenzar la prueba se mantendrá abierta la llave de purga iniciándose la inyección de agua y comprobando que ha sido expulsada la totalidad del aire y que, por consiguiente, el tubo está lleno de agua. Una vez conseguida la expulsión del aire se cierra la llave de purga y se eleva regular y lentamente la presión hasta que el manómetro indique se ha alcanzado la presión normalizada.

3.04.4. Esta presión se mantiene en los tubos de fibrocemento, acero y fundición treinta segundos, y en los de hormigón dos horas.

3.04.5. Durante el tiempo de la prueba no se producirá ninguna pérdida ni transpiración visible en las superficies exteriores de los tubos de fibrocemento, acero y fundición; en esta última clase de tubos, además podrá, durante la prueba, golpearse estos moderadamente con un martillo de 700 gramos de peso.

3.04.6. En fibrocemento y fundición podrá reducirse el tiempo de prueba a diez segundos con la condición de elevar la presión de prueba en un 10 por 100.

3.04.7. En los tubos de hormigón, durante el tiempo de la prueba, no se presentarán fisuras ni pérdidas de agua. En los tubos sin camisa de chapa podrán admitirse pérdidas por exudación.

3.04.8. También se efectuará la prueba de estanqueidad de las dos partes de cada llave, debiendo ser absoluta bajo la presión de prueba, bien ejerciendo la presión normalizada sobre el conjunto de la llave abierta y los dos tubulares cerrados con bridas ciegas, o bien no actuando más que sobre la mitad de cada lado de la llave con la compuerta cerrada y alternativamente. Cuando se observe perleado o resudación y con mayor razón, fugas, la pieza será rechazada.

3.04.9. En ensayo del tipo de juntas se hará en forma análoga a la de los tubos, disponiéndose dos trozos de tubo, uno a continuación de otro, unidos por su junta, cerrando los extremos libres con dispositivos apropiados y siguiendo el mismo procedimiento indicado para los tubos. Se comprobará que no existe pérdida alguna.

3.05. Prueba de rotura por presión hidráulica interior

3.05.1. En tuberías de fibrocemento y fundición, la prueba de rotura por presión hidráulica interior podrá ejecutarse en tubos completos o en tramos de 50 cm. de longitud, cortados del extremo de un tubo, de forma que las caras sean totalmente paralelas. El tubo de fibrocemento o el trozo de 50 cm. se mantendrá durante cuarenta y ocho horas sumergido en agua. El tubo o trozo a ensayar de cualquier material, incluido hormigón, será sometido a presión hidráulica interior en una prensa hidráulica, utilizando en los extremos y para su cierre dispositivos herméticos, evitando cualquier compresión axial.

3.05.2. Se someterá a una presión creciente de forma gradual con incremento no superior a 2 Kg/cm² por segundo hasta llegar a la rotura. La resistencia unitaria a la rotura R_t vendrá dada en Kg/cm² por la fórmula

$$R_t = \frac{p \cdot d}{2e}$$

En la cual:

- p = presión hidráulica interior, a la rotura en Kg/cm².
- d = diámetro efectivo del tubo en cm.
- e = espesor efectivo del tubo en cm.

3.06. Pruebas de flexión transversal

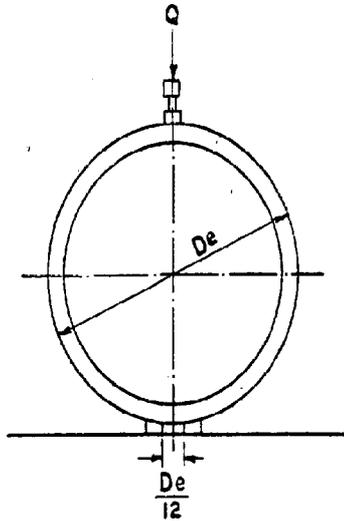
3.06.1. Estas pruebas se ejecutarán sobre tubos de fibrocemento y de hormigón.

3.06.2. La prueba para el fibrocemento se efectuará sobre un trozo de tubo de 20 cm. de longitud, después de tenerlo sumergido en agua durante cuarenta y ocho horas. Se colocará el tubo probeta entre los platillos de la prensa, interponiendo entre estos y las aristas de apoyo del tubo una chapa de fieltro o plancha de fibra de madera blanda de entre una y dos centímetros de espesor. La carga en la prensa se aumentará progresivamente de modo que la tensión calculada para el tubo según la teoría de la elasticidad, vaya creciendo a razón de 40 a 60 Kg/cm² y segundo hasta llegar a la rotura de la probeta.

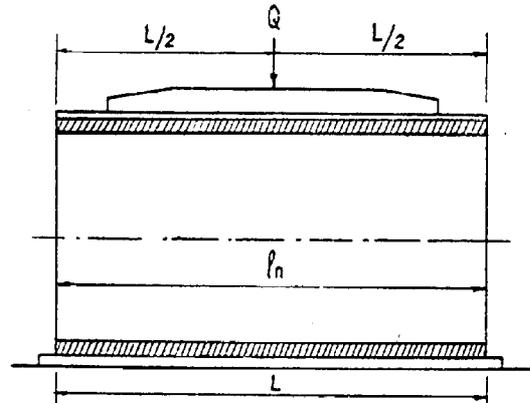
3.06.3. Para los tubos de hormigón el ensayo se realiza sobre un tubo completo:

El tubo elegido para la prueba se colocará apoyado sobre dos reglas de madera separadas 1/12 del diámetro exterior y como mínimo 25 mm. Las irregularidades de forma pueden ser com-

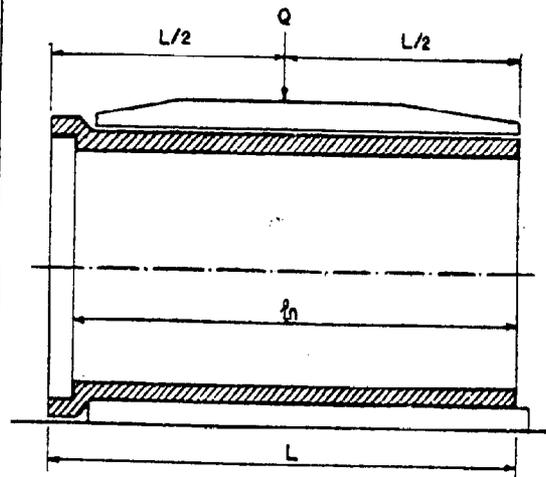
pensadas por una banda de cartón, fieltro o caucho de entre 1 y 2 cm. de espesor. La carga de ensayo se aplicará uniformemente a lo largo de la generatriz opuesta al apoyo por medio



de una regla con un ancho de contacto de 1 cm. Las irregularidades de forma pueden ser compensadas por una banda de cartón, fieltro o caucho de entre 1 y 2 cm. de espesor. En los



tubos sin enchufe con terminales planos, el centro de gravedad de la carga estará a igual distancia de las dos extremidades y la longitud de la carga coincidirá con la longitud útil del tubo.



En los tubos con enchufe el apoyo de la carga no se ejercerá más que sobre la parte cilíndrica del diámetro uniforme del tubo, pero el centro de gravedad de la carga deberá estar a igual distancia de las dos extremidades.

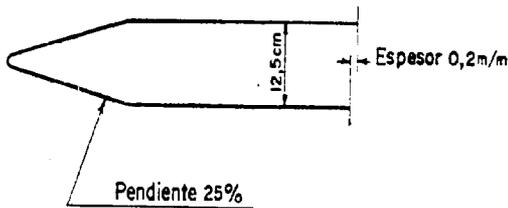
3.06.4. En todo caso la resistencia al aplastamiento del tubo expresado en Kg. por metro lineal, se referirá a la longitud útil del tubo:

$$P = \frac{\text{Carga de ensayo } Q}{\text{Longitud útil } L_n} = \frac{Q}{L_n} \text{ Kg/ml.}$$

3.06.5. La carga deberá crecer progresivamente desde 0 a razón de 1.000 Kg. por minuto.

3.06.6. Se llama carga de fisuración aquella que haga aparecer la primera fisura de por lo menos 0.2 mm de abertura y 0.30 m. de longitud.

3.06.7. Para medir la abertura de fisuración se utilizará una galga de dimensiones análogas a las que se indican en la figura. Se considerará que se ha alcanzado la carga de fisuración cuando la galga pueda entrar a todo lo largo de la fisura, por lo menos en 30 cm. de longitud



3.06.8. Se llamará carga de rotura la que indique el aparato de medida en el momento del hundimiento del tubo.

3.06.9. El esfuerzo unitario de rotura al aplastamiento por flexión transversal R_c para el fibrocemento o en hormigón en masa se puede expresar en Kg/cm² por la fórmula:

$$R_c = \frac{M}{W}$$

en la cual

$$M = \frac{1}{2\pi} P (d + e)$$

$$W = \frac{1}{6} g e^2$$

P = carga de rotura en Kg.
 d = diámetro interior efectivo del tubo, expresado en cm.
 e = espesor efectivo del tubo en la sección sometida a rotura, expresado en cm.
 g = longitud efectiva de la generatriz, según la sección de rotura considerada, expresada en cm.
 o bien sustituyendo:

$$R_c = 0.955 \frac{P (d + e)}{g e^2}$$

Los términos están expresados en las mismas unidades.

3.07. Prueba de flexión longitudinal

3.07.1. Esta prueba se hará en los tubos de fibrocemento y de hormigón. Las pruebas se harán para el hormigón sobre tubos enteros y para el fibrocemento con tubos completos o trozos de tubos de longitud suficiente.

3.07.2. La probeta o tubo elegido para la prueba se colocará sobre dos apoyos distantes 2 m. El tubo se carga en el centro de la distancia entre apoyos con una carga transmitida mediante un cojinete que debe tener la misma forma que los apoyos. Entre los apoyos, el cojinete y el tubo se interpondrán tiras de fieltro o planchas de fibra de madera blanda de entre 1 y 2 cm. de espesor. La carga aplicada se aumentará progresivamente, de modo que la tensión calculada para el tubo, según la teoría elástica, vaya creciendo a razón de 40 a 60 Kg/cm² por segundo hasta el valor P que provoque la rotura.

3.07.3. El esfuerzo de rotura del material por flexión longitudinal R_f , en el caso de fibrocemento o de hormigón en masa, se expresará en Kg/cm² por la fórmula:

$$R_f = \frac{M}{W}$$

En la cual:

$$M = \frac{P \times l}{4}$$

$$W = \frac{(d + 2e)^3 - d^3}{32 \times d + 2e}$$

P = carga de rotura en Kg.

l = distancia entre los centros de los apoyos en cm.

d = diámetro interior efectivo del tubo en la sección de rotura en cm.

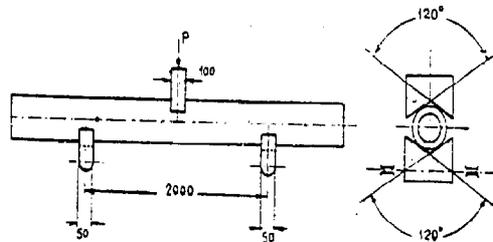
e = espesor efectivo del tubo en la sección de rotura en cm.

O bien sustituyendo estos valores se tiene la fórmula:

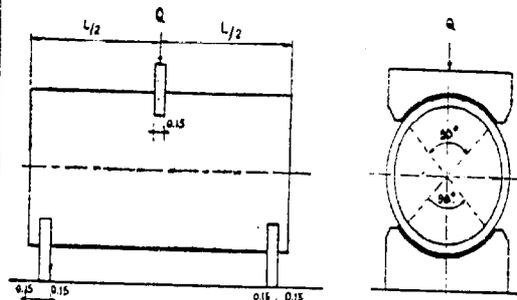
$$R_f = 2.547 \frac{P l (d + 2e)}{(d + 2e)^3 - d^3}$$

Los términos están expresados en las mismas unidades.

3.07.4. Para los tubos cuyo diámetro no exceda de 300 mm., la longitud del tubo deberá ser por lo menos de 2.20 m. y los apoyos serán metálicos, en forma de V, cuyo ángulo de abertura será de 120°. Presentarán estos apoyos un ancho de 5 cm. y deben poder oscilar libremente en el plano de flexión alrededor de dos ejes horizontales.



3.07.5. Cuando los tubos sean de diámetro superior a 300 mm., los apoyos de descanso del tubo y de aplicación de la carga central estarán constituidos por unas camas de madera con la interposición de una banda de caucho, de cartón o fieltro de 2 cm. de espesor. Las camas de asiento tendrán un ancho de 15 cm. y la de aplicación de la carga 15 cm., y abrazarán un ángulo en el centro de 90°, estando separadas las extremas de las extremidades del tubo 0.15 m. La separación entre las camas de apoyo será, como mínimo, 2 m.



3.07.6. La carga de fisuración y rotura se definen como en la prueba anterior.

3.07.7. Las pruebas correspondientes a los tubos de fundición se incluyen como ensayos para determinar la calidad de la fundición en 2.06 — 2.08 — 2.09 — 2.11 —.

4. TUBOS DE FUNDICIÓN

4.01. Generalidades

4.01.1. La fundición cumplirá todas las condiciones establecidas en 2.03.

4.02. Fabricación

4.02.1. Los tubos, uniones, válvulas y, en general, cualquier pieza de fundición para tubería, se fabricarán teniendo en cuenta las siguientes prescripciones:

4.02.2. Serán desmoldeados con todas las precauciones necesarias para evitar la formación, así como los efectos de retracción perjudiciales, para su buena calidad.

4.02.3. Los tubos rectos podrán fundirse verticalmente en moldes de arena o por centrifugación en coquilla metálica o moldes de arena.

4.02.4. Las piezas especiales y otros elementos se podrán fundir horizontalmente si lo permite su forma.

4.02.5. Los tubos, uniones y piezas deberán ser sanos y exentos de defectos de superficie y de cualquier otro que pueda tener influencia en su resistencia y comportamiento.

4.02.6. Las superficies interiores y exteriores estarán limpias, bien terminadas y perfectamente lisas.

4.03. Recepción en fábrica

4.03.1. Cualquier tubo o pieza cuyos defectos se hayan ocultado por soldadura, mástic, plomo o cualquier otro procedimiento serán rechazados. El mismo criterio se seguirá respecto a la obturación de fugas por calafateo o cualquier otro sistema.

4.03.2. Los tubos, uniones y piezas que presenten pequeñas imperfecciones inevitables a consecuencia del proceso de fabricación y que no perjudiquen al servicio para el que están destinados no serán rechazados.

4.03.3. Se rechazarán todos los tubos y piezas cuyas dimensiones sobrepasen las tolerancias admitidas.

4.03.4. Todos los tubos de los que se hayan separado anillas o probetas para los ensayos serán aceptados como si tuvieran la longitud total.

4.03.5. Los tubos y piezas pesados y aceptados serán separados por el Director o representante autorizado del mismo y contratista y claramente marcados con un punzón.

4.03.6. De cada inspección se extenderá un acta que deberán firmar el Director de la obra, el fabricante y el contratista. Las piezas que se pesen separadamente figurarán en la relación con su peso y un número. Cuando se trate de pesos conjuntos se hará constar en el acta, figurando con un número y el total del peso del lote.

4.03.7. La garantía será válida para un periodo de un año desde la fecha de entrega. El contratista deberá puntualizar en su contrato de suministro con el fabricante que si antes de terminar el periodo de garantía se encuentran defectos debidos a la fabricación, se extenderá un acta en presencia del fabricante, al cual se le habrá requerido puntualmente, y que el fabricante deberá o bien efectuar el trabajo necesario para corregir los defectos o reemplazar a su cargo el material defectuoso que le sea devuelto. La falta de este requisito no eximirá al contratista de la obligación de sustituir los elementos defectuosos.

4.04. Colocación de las marcas

4.04.1. Las marcas prescritas en 1.09 se harán en relieve, con dimensiones apropiadas, y se colocarán como sigue:

4.04.2. Sobre el canto del enchufe en los tubos centrifugados en coquilla metálica.

4.04.3. Sobre el exterior del enchufe o sobre el fuste a 20 centímetros del final del tubo en los centrifugados en moldes de arena.

4.04.4. Sobre el exterior del enchufe a 20 cm. de la extremidad del tubo en los fundidos verticalmente en moldes de arena.

4.04.5. Sobre el cuerpo de las piezas.

4.04.6. Cualquier otra marca exigida por el comprador se señalará con pintura sobre las piezas.

4.05. Protección

4.05.1. Salvo especificación en contrario, todos los tubos, uniones y piezas se protegerán con revestimientos interior y exteriormente.

4.05.2. Antes de la protección de los tubos y piezas se deberán limpiar, quitando toda traza de óxido, arenas, escorias, etc.

4.05.3. El revestimiento deberá secar rápidamente, sin escamarse ni exfoliarse, ser bien adherente y no deberá agrietarse. No deberá contener ningún elemento soluble en el agua ni productos que puedan proporcionar sabor ni olor al agua que conduzcan, habida cuenta, incluso, de su posible tratamiento.

4.06. Clasificación

4.06.1. Se ajustarán a las clasificaciones y dimensiones de los fabricantes nacionales, procurando, sin embargo, uniformar todo lo posible para el más fácil intercambio de estos elementos.

4.06.2. La clasificación, teniendo en cuenta las presiones normalizadas (1.04.1), es la siguiente:

4.06.3. Tubos centrifugados:

Diámetro nominal	Presiones normalizadas en Kg/cm ²		
	Clase 1A	Clase A	Clase B
Hasta el número 600 inclusive	20	25	30
Del número 600 en adelante	15	20	25

4.06.4. Tubos fundidos verticalmente:

Diámetro nominal	Presiones normalizadas en Kg/cm ²	
	Clase A	Clase B
Hasta el número 600 inclusive	20	25
Del número 600 en adelante	15	20

4.06.5. Otros tubos y uniones:

Tipos de piezas	Diámetros nominales	Presión de ensayo en Kg/cm ²
Tubos con bridas	Hasta el número 600 inclusive	25
Uniones	Por encima del número 600 hasta el número 1.000 inclusive	20
Tubos con bridas, uniones sin tubulares o con tubulares igual o inferior a la mitad del diámetro principal	Por encima del número 600 hasta el número 1.000 inclusive	15
Uniones con tubular de \varnothing superior a la mitad del diámetro principal	Por encima del número 600 hasta el número 1.000 inclusive	10

4.07. Diámetros

4.07.1. La serie de diámetros interiores comerciales en milímetros será la siguiente: 50, 60, 70, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000.

4.08. Espesores

4.08.1. Los espesores mínimos deberán venir determinados por la clase de material y procedimiento de fabricación, y deben ser tales que el coeficiente de seguridad obtenido entre la presión máxima de trabajo y la presión de rotura alcancen el coeficiente de seguridad establecido en 1.05.

4.08.2. Las modificaciones del espesor de la pared se efectuarán en general a costa del diámetro interior. Si al reforzar el tubo es necesario también un refuerzo del enchufe, éste será a costa de la forma exterior del enchufe.

4.09. Longitudes

4.09.1. Las longitudes se definirán por la nominal entre los extremos de los tubos lisos o por la útil para los tubos de enchufe.

4.09.2. La longitud útil no será menor de 3 m, ni mayor de 6 m.

4.10. Tolerancias de longitud

4.10.1. Las tolerancias admitidas sobre las longitudes normales de fabricación de tubos y uniones serán las siguientes:

Tipos de piezas	Diámetros nominales	Tolerancias en mm.
Tubos con enchufe y tubería cilíndrica	Todos los diámetros	± 20
Enchufes	Hasta el número 450 inclusive	± 20
Piezas de brida-enchufe	Por encima del número 450	+20
Piezas de brida y macho		-30
Tubos y uniones con bridas	Todos los diámetros	± 10

4.10.2. En el caso que se pidan tolerancias menores, por ejemplo para piezas unidas con bridas, se fijarán específicamente, pero no podrán ser inferiores a ± 1 mm.

4.10.3. El fabricante podrá servir hasta un 10 por 100 del número total de tubos de enchufe y cordón de cada diámetro con longitudes inferiores a las especificadas, y la disminución de longitud admitida viene dada en el siguiente cuadro:

Longitudes específicas	Reducciones de longitudes			
Tres metros	0.5 m.	1 m.	—	—
Por encima de 3 metros	0.5 m.	1 m.	1.5 m.	2 m.

4.11. Tolerancias de espesores

4.11.1. Las tolerancias de espesor de pared y de espesor de brida se limitarán como sigue: designado por

e el espesor normal de la pared y por b el espesor normal en mm. de la brida.

Tipos de piezas	Dimensiones	Tolerancias en mm.
Tubos	Espesor de la pared	$-(1 + 0.5 e)$. No se ha fijado en más.
	Espesor de la brida	$\pm (2 + 0.05 b)$
Uniones y piezas de la conducción	Espesor de la pared	$-(2 + 0.5 e)$. No se ha fijado en más.
	Espesor de brida	$\pm (3 + 0.05 b)$

4.11.2. El espesor de las uniones podrá excepcionalmente disminuir hasta el espesor mínimo de los tubos clase B, del mismo diámetro con la condición de que la zona interesada no tenga una superficie superior a 1/10 de la sección transversal de empalme.

4.12. Tolerancia de enchufe

4.12.1. Las tolerancias de enchufe serán las siguientes designando por DN el diámetro nominal en mm. de los tubos y uniones, y por f el espesor de junta en mm. ($f = 9 + 0.003 DN$).

Dimensiones	Diámetros nominales	Tolerancia en mm.
Diámetro exterior del tubo DE	Todos los diámetros	$\pm 1/2 f = \pm (4.5 + 0.0015 DN)$
Diámetro interior del enchufe DI	Todos los diámetros	$\pm 1/3 f = \pm (3 + 0.001 DN)$

Dimensiones	Diámetros nominales	Tolerancia en mm.
Profundidad de enchufe P	Hasta el número 600 inclusive	± 5
	Por encima del número 600 y hasta el número 1.000 inclusive	± 10

4.12.2. El juego máximo o mínimo resultante de estas tolerancias es tal que el acoplamiento de tubos y uniones pueda efectuarse sin dificultad.

4.13. Tolerancia de curvatura

4.13.1. Los tubos deberán ser rectos. Se les hará desplazarse sobre dos caminos de rodadura distantes entre sí 2/3 de la longitud de los tubos. La flecha máxima f_m expresada en mm. no deberá exceder de 1.25 veces la longitud l de los tubos, expresada en metros: $f_m \leq 1.25 l$.

4.14. Tolerancia de pesos

4.14.1. Los pesos normales serán los indicados en los cuadros siguientes y para las uniones y piezas de conducciones reforzadas o especiales los calculados tomando como peso específico de la fundición 7.15 Kg/dm³.

4.14.2. Las tolerancias admitidas con relación al peso normal serán las siguientes:

Tipo de piezas	Tolerancias
Tubos	$\pm 5\%$
Uniones y piezas con exclusión de los que se consignan a continuación	$\pm 8\%$
Codos, uniones múltiples, uniones y piezas especiales	$\pm 12\%$

4.14.3. Las piezas con peso superior al máximo se aceptarán a condición de que satisfagan las demás condiciones de este pliego. El exceso de peso no será de abono.

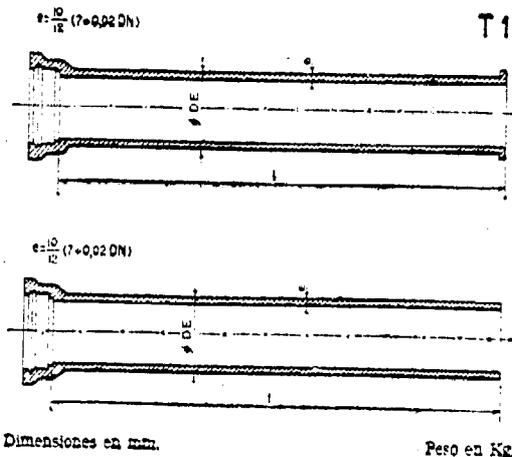
4.14.4. Todas las piezas serán pesadas. Los tubos de más de 200 mm. y las piezas de más de 300 mm. serán pesadas individualmente; las piezas de menor diámetro que el indicado serán pesadas en conjunto de 2.000 Kg. como máximo. En este último caso las tolerancias en peso serán aplicadas al conjunto de la pesada.

TUBOS

CUADRO

Tubos con enchufe.—Clase L A

T 1



Dimensiones en mm.

Peso en Kg.

Tubos con enchufe clase L. A.

Diámetro Nominal (DN) N.º	Tubo			Enchufe. P c- so aproxim.	Peso total para longitud útil 1 en m. de						
	DE	●	Peso aproximado de 1 m.		4	4.88	5	5.5	6	6.5	7
80	98	7.2	14.7	5.5	64		79		93.5		
100	118	7.5	18.6	7.1	81.5		100		119		
125	144	7.9	24.2	9.2	106		130		154		
150	170	8.3	30.1	11.5	132		152		177		
200	222	9.2	44.0	16.8	193		237		269		
250	274	10.0	59.3	22.9	260		312	231	319		
300	326	11.5	76.5	29.8	336		403	403	412		
350	378	11.7	96.3	37.5	423		507	507	519		
400	429	12.5	119.9	46.3	514		617	617	631		
500	532	14.2	165.2	66.0	727		872	872	892		
600	635	15.8	219.8	89.3	968		1.162	1.162	1.188		
700	738	17.5	283.2	116.8	1.250				1.288		
800	842	19.2	354.9	147.8	1.567				1.675		
900	945	20.5	431.5	182.6	1.910				2.100		2.632
1.000	1.048	22.5	518.3	222.3	2.205				2.558		3.205
									3.073		3.850

Tubos con enchufe clase A.

Diámetro Nominal (DN) N.º	Tubo			Enchufe. P c- so aproxim	Peso total para longitud útil 1 en m. de						
	DE	●	Peso aproximado de 1 m.		4	4.88	5	5.5	6	6.5	7
80	98	7.9	16.0	5.5	69.5						
100	118	8.3	20.5	7.1	89			35.5		101	
125	144	8.7	26.4	9.2	115			109		130	
150	170	9.2	33.2	11.5	144			141		168	
200	222	10.1	48.1	16.8	209			178		211	
250	274	11.0	65.0	22.9	283		251	257		305	
300	326	11.9	84.0	29.8	366		340	345		413	
350	378	12.8	105.0	37.5	458		440	450		534	
400	429	13.8	128.7	46.3	561		550	563		668	
500	532	15.6	181.0	66.0	790		674	680		819	
600	635	17.4	241.4	89.3	1.055		949	971		1.152	
700	738	19.3	311.6	116.8	1.363		1.267	1.286		1.538	
800	842	21.1	389.1	147.8	1.704			1.417		1.866	
900	945	22.9	474.3	182.6	2.080			1.675		2.482	2.871
1.000	1.048	24.8	570.0	222.3	2.502			2.093		3.029	3.503
								2.288		3.029	4.212
								2.791		3.642	
								3.072		3.642	

fuese necesaria una mayor protección, se recubrirá con dos capas arrolladas en distinto sentido. Esta envoltura deberá quedar intacta después de las operaciones de transporte y, en caso de presentar algún desperfecto, repararla debidamente.

5.04. Protección interior

5.04.1. Los tubos de acero, a petición de la Administración, podrán enlucirse interiormente con asfalto o con cemento. Este enlucido interior debe aplicarse por centrifugación, quedando firmemente adherido a la superficie interior del tubo. Antes de proceder a la centrifugación, toda la superficie interior debe ser completamente cubierta por una fina capa del material del revestimiento.

5.04.2. En el revestimiento de asfalto se calentará el tubo previamente a la aplicación del revestimiento interior. El material será betún asfáltico o asfalto natural fluido con la sola adición de un árido (filler) en la proporción necesaria para producir una composición homogénea, sólida, resistente, impermeable al agua, adherente, que no se fluidifique a una temperatura de 60° C. que pueda taladrarse y cortarse y esté libre de burbujas en el interior y en la superficie. La superficie interior del tubo enlucido quedará lisa y satinada.

5.04.3. El espesor del enlucido en cualquier punto del tubo no será menor que el establecido en la siguiente tabla:

∅ interior mm.	Espesor mínimo mm.
Hasta 300 mm.	3
Entre 300-600	4.5
Entre 600-1,200	6
De 1,200 en adelante	7.5

5.04.4. En el enlucido de mortero, el mortero para el revestimiento se fabricará con cemento portland y arena limpia, cuyo tamaño no será superior a 1/3 del espesor del revestimiento. Las proporciones de cemento y árido serán, para revestimientos con espesor hasta 20 mm., una parte de cemento por dos de árido (en volumen) y para revestimientos de espesor superior, una parte de cemento por tres de árido.

5.04.5. Los espesores del revestimiento en cualquier punto del tubo no serán menores que los establecidos en la siguiente tabla:

∅ interior mm.	Espesor mínimo mm.
Hasta 150 mm.	6
Entre 150-300	9
Entre 300-600	12
Entre 600-1,200	18
De 1,200 en adelante	25

5.05. Clasificación

5.05.1. La clasificación, teniendo en cuenta las presiones normalizadas (5.04.1), será la siguiente:

5.05.2. Tubos de acero laminados.

Diámetro nominal en milímetros	Espesor mm	Peso aproximado por metro de longitud	Presión normalizada Kg/cm ²
		Kg	
25	4	3.520	100
40	4	5.890	70
60	4.5	9.650	70
80	4.5	10.850	70
100	4.5	11.770	70*
125	4.5	14.500	70
150	4.5	17.470	67.5
175	5.5	24.260	65.5
200	5.5	27.790	65

5.05.2. Tubos de acero soldados

Diámetro nominal en mm	Espesor mm	CLASE A			CLASE B			CLASE C		
		Peso aproximado por m. l. útil Kg	Presión normalizada Kg/cm ²	Espesor mm	Peso aproximado por m. l. útil Kg	Presión normalizada Kg/cm ²	Espesor mm	Peso aproximado por m. l. útil Kg	Presión normalizada Kg/cm ²	
25	2.50	2,160	60	275	2,400	67.5	3	2,640	75	
40	2.50	3,640	40	275	4,030	45	3	4,420	50	
60	2.50	5,330	40	275	5,870	45	3	6,430	50	
80	3	7,190	40	325	7,820	45	3.5	8,440	50	
100	3.25	8,440	40	375	9,760	45	4	10,460	50	
125	3.75	10,460	40	4	12,130	45	4	12,970	50	
150	4	14,400	40	4.5	15,480	45	4.5	17,470	50	
175	4.5	17,540	40	5	19,700	45	5	22,050	50	
200	4.5	22,600	40	6	25,150	45	5.5	27,650	50	
225	5.5	31,170	40	6	34,010	45	6.5	36,850	50	
250	6	37,900	40	6.5	41,000	45	7	44,200	50	
300	6	41,600	40	6.5	45,450	45	7.25	48,850	50	
350	6	45,280	30	7	52,830	35	7.75	56,500	40	
400	6	52,920	30	7	61,740	35	8	66,500	40	
450	6	60,460	30	7	70,560	35	8	76,560	40	
500	6	68,040	30	7	79,360	35	8	86,640	40	
600	6	88,200	25	7	105,840	30	8	114,200	35	
700	7	123,460	20	7	141,120	25	9.5	152,960	30	
800	8	161,260	20	8	191,520	25	11	207,580	30	
900	8	181,440	20	9.5	215,460	22.5	11	231,760	30	
1,000	9.5	230,400	20	11	277,200	22.5	12.5	299,480	27.5	

5.06. Tolerancias relativas a los tubos

5.06.1. Las tolerancias admitidas en los tubos son las siguientes:

Concepto o parte a que se refiere	Diámetro nominal	TOLERANCIA		
		Soldados a solapa	Laminados	Electrosoldados
Peso	Hasta 350 mm. inclusive pero sin incluir el de 350 mm. Clase A.	± 5 %	± 10 %	- 2.5 % + 10 %
	Todos los demás	- 2.5 % + 10 %		
Espesor	Hasta 350 mm. inclusive menos el de 350 mm. Clase A.	+ 10 %	+ 15 %	
	Todos los demás	- 5 % en el tubo aparte soldadura. - 1.20 mm. en la soldadura para espesores < 10 milímetros. - 1.60 mm. para la soldadura en los otros. + 10 % en el tubo incluso soldadura.		- 5 % + 10 % aparte del refuerzo exterior del tubo.
	Diámetro exterior... Hasta 200 mm. inclusive...	± 1 % : y máximo 0,8 mm.		

5.07. Piezas especiales

5.07.1. Las piezas especiales se constituirán en taller por soldadura autógena, pudiendo también hacerse de fundición.

5.08. Juntas

5.08.1. Las juntas podrán ser de enchufe y cordón de bridas o por soldadura.

5.08.2. Cumplirán las prescripciones establecidas en 8.

6. TUBOS DE FIBROCEMENTO

6.01. Definición del fibrocemento

6.01.1. El fibrocemento es un material artificial obtenido por la mezcla íntima y homogénea de agua, cemento y de fibras de amianto, sin adición alguna que pueda perjudicar su calidad.

6.02. Aspecto de los tubos

6.02.1. Los tubos deberán presentar interiormente una superficie regular y lisa, sin protuberancias ni desconechos. En la zona de unión también cumplirá estas condiciones la superficie exterior del tubo.

6.03. Clasificación

6.03.1. Los tubos se clasifican en función de la presión normalizada (1.04.1) definidas en kilos por centímetro cuadrado, en la forma siguiente:

Clase: 5-10-15-20-25 kilos por centímetro cuadrado equivalentes a 50-100-150-200-250 metros de altura de agua.

6.04. Diámetros nominales

6.04.1. La serie comercial de diámetros nominales interiores, con las tolerancias que después se fijarán, será la siguiente: 50-60 - 75 - 80 - 100 - 125 - 150 - 175 - 200 - 250 - 300 - 350 - 400 - 450 - 500 - 600 - 700 - 800 - 900 - 1.000 milímetros.

6.05. Espesores

6.05.1. Los espesores efectivos no deberán ser inferiores a 8 mm. Serán tales que el coeficiente de seguridad entre la presión normalizada marcada por el tubo y la presión de rotura por presión interna sea por lo menos igual a dos, según se establece en (2.12.1).

6.06. Longitudes

6.06.1. Las longitudes se definirán por longitud nominal o longitud útil (longitud entre los extremos en tubos lisos y longitud útil para los tubos con enchufe), no debiendo ser normalmente inferiores a 3 m. para diámetros menores o iguales a 100 mm. y 4 m. para los tubos de diámetro nominal superior a 100 mm., y preferentemente serán múltiplos de 0,50 m.

6.06.2. Se admitirá la colocación de tubos inferiores a la longitud nominal siempre que, en cualquier tramo de conducción de 1.000 m. de longitud, por lo menos el 90 por 100 de la misma esté constituida por tubos de longitud normal. La longitud de los tubos inferiores podrá diferir en 0,50 m. ó 1 m. en los tubos de longitud normal de 3 m. y estas cantidades, ó 1,50 ó 2 m. en los tubos de 4 m. de longitud normal.

6.06.3. Para acoplamientos, empalmes, etc., podrán emplearse tubos cortos de longitud no mayor de 2 m. en tubos de 200 ó más milímetros de diámetro y no mayor de 1 m. para tubos de diámetro inferior. Estos tubos cortos deberán tener en toda su longitud la superficie exterior perfectamente terminada, cumpliendo las tolerancias correspondientes a extremo de tubo.

6.07. Tolerancias en el diámetro exterior en las partes interesadas por las juntas de unión

6.07.1. Las tolerancias admitidas serán las siguientes:

Diámetros nominales en mm.	Tolerancias en mm.
Hasta 300	± 0,6
De 350 a 500	± 0,8
De 600 a 700	± 1,0
Más de 700	± 1,2

6.08. Tolerancias en el espesor de las paredes del tubo

6.08.1. Las tolerancias admitidas serán las siguientes:

Espesores nominales en mm.	Tolerancias en mm.
Hasta 10 (inclusive)	± 1.5
Desde 10 hasta 20 (éste incluido)	± 2.0
Desde 20 hasta 30 (éste incluido)	± 2.5
Más de 30	± 3.0

6.08.2. Sin embargo, las tolerancias anteriores sólo se admitirán cuando, de su aplicación, la diferencia entre los diámetros interiores cualesquiera no resulte mayor del 10 por 100 del diámetro interior nominal. Y para espesores de 10 mm. o menores no baje el espesor real de los 3 mm. que se señaló como mínimo absoluto admisible.

6.09. En la longitud nominal útil

6.09.1. La longitud nominal de cada tubo podrá estar afectada de un error de 5 mm. en más ó 20 mm. en menos.

6.10. En el diámetro interior

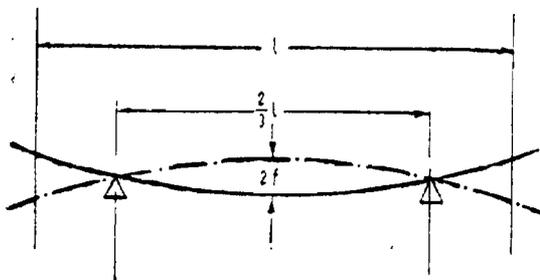
6.10.1. Las tolerancias de ovalización serán tales que una esfera invariable por la acción del agua de diámetro igual a $0.99 d - 2.5$ mm. (siendo d , el diámetro interior del tubo en mm.) pase libremente por el interior del tubo.

6.11. Por curvatura

6.11.1. La máxima curvatura admisible en los tubos rectos será tal que, medido el doble de la flecha máxima que se determina haciendo girar el tubo a examinar sobre los caminos de rodadura paralelos, colocados a una distancia igual a los $\frac{2}{3}$ de su longitud, no sobrepase los siguientes valores:

Diámetros nominales en mm.	Desviación máxima en mm. (doble de la flecha)
50 70	5.5 l.
80 200	4.5 l.
250 500	3.5 l.
600 1.000	2.5 l.

(l. representa la longitud del tubo en m.)



7. TUBOS DE HORMIGÓN

7.01. Generalidades

7.01.1. El hormigón y sus componente para la fabricación de tubos cumplirá las prescripciones indicadas de 2.17. a 2.21., pudiendo clasificarse los tubos según se indica en 2.17.1.

7.02. Proyecto de las tuberías

7.02.1. Además de lo prescrito en 1.06., se tendrá en cuenta lo siguiente:

7.02.2. De no haber sido proyectados por la administración los elementos de la tubería, el contratista someterá obligatoriamente a su aprobación los planos de sección longitudinal del tubo, sección transversal del mismo, planos y descripción del tipo de junta empleada, acompañado todo ello de los cálculos hidráulicos y mecánicos justificativos de la solución adoptada.

7.02.3. A partir de un metro de diámetro será preceptivo el estudio detallado del tipo de apoyo previsto, naturaleza del terreno, material de sustentación y relleno sobre la tubería, determinándose las cargas de fisuración por flexión transversal y longitudinal que el tubo ha de resistir, que se comprobarán con las pruebas prescritas en 3.06. y 3.07.

7.02.4. En los cálculos se determinarán las tensiones en el hormigón y en las armaduras, tanto en las pruebas como en el uso normal, y en las tuberías de hormigón precomprimido se determinarán asimismo las sollicitaciones máximas antes de la precompresión y durante la ejecución de la misma.

7.02.5. En ningún caso, cualquiera que sea el tipo de tuberías, las tensiones en el hormigón y armaduras sobrepasarán las cargas de trabajo fijadas por el Reglamento vigente para la ejecución de las obras de hormigón armado o las que se fijen en el presente pliego o en su caso por el pliego de condiciones propio de la obra.

7.02.6. El recubrimiento mínimo, tanto de la armadura como de la chapa, salvo especificaciones en contra en el pliego particular de la obra, será de 2 cm.

7.02.7. En tuberías sin pretensarse procurará que la carga de trabajo a tracción en el hormigón, debida a la presión interior, prescindiendo de las armaduras, no sobrepase los 20 kilogramos por centímetro cuadrado, en las condiciones más desfavorables de las pruebas.

7.02.8. En las tuberías no pretensadas, con o sin camisa de palastro, la suma de la sección de las armaduras helicoidales con la de la camisa, en su caso, debe ser tal que el acero normal no trabaje a más de 850 Kg/cm² cuando la tubería esté sometida a las máximas sollicitaciones previstas en el proyecto, sin tener en cuenta la resistencia del hormigón a tracción.

7.03. Proyecto de tuberías de hormigón pretensado

7.03.1. En las tuberías de hormigón pretensado la carga de compresión previa del núcleo no será mayor del 0.40 de la carga de rotura del hormigón de la misma edad. En estos mismos tubos no se anulará la compresión transversal con la carga de prueba en obra. La compresión transversal permanente en las tuberías en servicio no será menor de 5 Kg/cm² ni superior al tercio de la carga de rotura del hormigón de la tubería.

7.03.2. En los tubos pretensados el espesor del núcleo, como norma general, no será inferior a 40 mm., ni el revestimiento de protección de la espiral será inferior a 15 mm., si es de mortero de cemento, o a 25 mm., si es de hormigón, debiendo ser sometidas, previa justificación a la Dirección de las obras las variaciones sobre estas dimensiones aconsejadas.

7.03.3. La tracción transitoria por la flexión longitudinal que se verifique en el acto de la precompresión deberá ser siempre inferior a los $\frac{2}{3}$ del límite de fisuración.

7.03.4. En las tuberías pretensadas, el diámetro del acero de alta resistencia, así como la separación entre las espiras, será tal que el núcleo esté suficientemente comprimido para evitar las tensiones en el hormigón con las tuberías sometidas a las sollicitaciones máximas previstas en el proyecto. Se tendrá en cuenta la pérdida de tensión debida a las deformaciones elásticas y plásticas, tanto en el hormigón como en el acero.

7.03.5. Normalmente el paso de la hélice será tal que el espacio libre entre los redondos no sea inferior al diámetro del hilo, ni en ningún caso menor de 5 mm. ni mayor de 40 mm.

7.03.6. El diámetro del hilo oscilará entre 3 y 7 mm. La tensión en el acero no excederá de la tensión inicial del pretensado, cuando se someta a la tubería a la presión normalizada.

7.03.7. La tensión inicial del acero para producir el pretensado no debe exceder del 60 por 100 de la carga de rotura del mismo o del 80 por 100 de su límite elástico. La sollicitación residual permanente, en trabajo, será menor del 60 por 100 de la carga de rotura.

7.03.8. En ningún caso, ni en las pruebas (salvo a rotura), deberá trabajar la armadura a carga superior a la de la pretensión inicial.

7.04. Marcado

7.04.1. Además de las marcas prescritas en 1.09. para cualquier clase de tipo de tubos, en el caso en que los tubos de hormigón tengan la armadura total o parcialmente asimétrica, debe marcarse asimismo la generatriz que quede como superior después del montaje.

7.05. Fabricación

7.05.1. Los tubos deben fabricarse en instalaciones especialmente preparadas, con los procedimientos que se estimen más

convenientes por el contratista. Sin embargo, deberá informarse a la Administración sobre utillaje y procedimientos a emplear, así como de las eventuales modificaciones que se pretendan introducir en el curso de los trabajos.

7.05.2. La Administración podrá rechazar el procedimiento de fabricación que a su juicio no sea adecuado para cumplir las condiciones que se exigen a los tubos, dentro de las tolerancias que se fijen; pero la aceptación del procedimiento no exime de responsabilidad al contratista en los resultados de los tubos fabricados.

7.05.3. La mezcla se hará en hormigoneras de tipo apropiado, debiendo darse cuenta a la dirección de las obras del diámetro, velocidad de giro y tiempo de amasado.

7.05.4. Los tubos se fabricarán por centrifugación, por vertido en moldes verticales y vibración, por combinación de ambos métodos o por cualquier otro adecuado que sea aceptable a juicio de la Administración.

7.05.5. Cuando el hormigón de los tubos se vierta en moldes verticales y se vibren, debe efectuarse el vertido en forma relativamente continua para evitar interrupciones largas o frecuentes. La vibración del hormigón debe ser uniforme en cada tubo, usándose vibradores de alta frecuencia vibratoria (más de 8.000 r. p. m.) sujetos a los encofrados.

7.05.6. Cuando se use el método de centrifugación debe colocarse la suficiente cantidad de hormigón en los moldes durante la operación de carga, de forma que asegure en la tubería el espesor de pared previsto y con un mínimo de variaciones en el espesor y en los diámetros en toda la longitud de la tubería; de todas formas, las variaciones no excederán de las tolerancias permitidas. La duración y velocidad de la centrifugación debe ser la suficiente para permitir una completa distribución del hormigón y producir una superficie interior lisa y compacta. Se dispondrán elementos de control suficientes para poder comprobar ambos importantes factores.

7.06. Hormigones y morteros

7.06.1. Los hormigones y morteros empleados en la fabricación de los tubos cumplirán las prescripciones fijadas en las «Instrucciones para la ejecución de las obras de hormigón armado vigentes», además de las que se indican en el presente pliego.

7.06.2. Deben ser fabricados en instalaciones de suficiente garantía para tener seguridad de mantener las características del proyecto. Los áridos y el cemento se medirán forzosamente en peso y el agua en peso o en volumen.

7.06.3. Fijada la cantidad de agua, la relación agua-cemento deberá garantizarse constantemente teniendo en cuenta la humedad de los áridos. El control de la humedad contenida en los áridos puede ser limitado a aquellos materiales inferiores a 5 mm.

7.06.4. Salvo autorización expresa no se emplearán dosificaciones de cemento inferiores a 350 Kg/m³; de dosificar con cantidades superiores a dicho límite, se deberá tener en cuenta el efecto de retracción.

7.06.5. La resistencia con hormigón normal en probetas cilíndricas a los siete días será como mínimo de 180 Kg/cm² y de 300 Kg/cm² a los veintiocho días.

7.06.6. Para las probetas centrifugadas (2.17.5.), la resistencia de éstas será superior a los 240 Kg/cm² a los siete días y 420 Kg/cm² a los veintiocho días. Este mismo resultado darán los testigos sacados de tubos en el caso de que se hagan pruebas de los mismos.

7.07. Armaduras

7.07.1. Las armaduras consisten en una o más capas de redondo de acero arrolladas, generalmente en forma helicoidal, separadas convenientemente y soportadas con otros hierros de refuerzo longitudinal o armaduras secundarias.

7.07.2. En los casos en que, además de la armadura anterior, las tuberías lleven camisa de acero, esta camisa consistirá en un cilindro de chapa de acero soldada, situada en el interior del hormigón.

7.07.3. Las barras de acero para las armaduras podrán ser redondas, cuadradas o rectangulares y lisas o rugosas. Todo el hierro redondo será estirado y decalaminado; después, el destinado a la confección de las generatrices será cortado a la medida exacta, de forma que las generatrices queden perfectamente rectilíneas e iguales y limpias, y las destinadas a la confección de espiras serán curvadas para darle la curvatura exacta que deban tener.

7.07.4. Si en la longitud de un tubo la hélice del redondo no es continua, debe ser soldada eléctricamente por el método de arco o resistencia a tope, y en este caso la soldadura debe

resistir tanto como las barras. Si se autoriza taxativamente el solape, la longitud del mismo debe ser igual o mayor a cuatro veces el diámetro del redondo.

7.07.5. Las chapas, cuando sirvan de base al enrollamiento de las armaduras, se unirán mediante suficientes puntos de soldadura a las barras para evitar el desplazamiento de las mismas durante el hormigonado.

7.07.6. En tuberías no pretensadas, las generatrices serán soldadas a las espiras al menos en tres puntos. Cuando se autorice a emplear, en lugar de arrollamiento helicoidal de las armaduras, aros circulares soldados, se ensayarán al menos uno de cada dos aros en máquina de ensayos, que deberá ser suministrada por el contratista, de forma que se alcance el 65 por 100 de la carga de rotura correspondiente a los redondos de la armadura.

7.07.7. Las chapas de acero para las camisas se soldarán a tope, o a solape, salvo justificación y aceptación en su caso por la Administración, permitiéndose la soldadura transversal y longitudinal, o espiral. Todas las soldaduras deberán tener una resistencia a la tracción igual al menos, a la de la chapa. La Administración podrá exigir sacar testigos hasta de un 10 por 100 de los cilindros construidos, autorizándose al contratista a reparar los cilindros cortados con parches soldados convenientemente.

7.07.8. Todas las camisas después de terminadas, antes de ser revestidas, se someterán a una presión interior que produzca una tensión en la chapa igual a dos veces la que se supone en el cálculo que deberá producirse con la tubería sometida a la presión de servicio, y como mínimo 1.200 Kg/cm². Se mantendrá la presión el tiempo suficiente para permitir la inspección de todas las juntas soldadas y todas las fugas que se presenten se repararán por nuevas soldaduras, ensayándose el cilindro nuevamente. No se permitirá el calafateo de las fugas y ninguna camisa se embutirá en el hormigón hasta que quede libre de fugas según las pruebas anteriores. Antes de colocar cada camisa en el molde se limpiará de toda escama de óxido, aceites, grasas o materias extrañas, frotándolos con cepillo de alambre o por otros métodos aprobados por la Administración.

7.07.9. En las tuberías pretensadas la armadura principal consiste en un redondo o alambre de alta resistencia helicoidalmente arrollada a una tensión uniforme y calculada, alrededor de un núcleo de hormigón, después de que éste haya adquirido su resistencia de curado. Este núcleo de hormigón puede llevar o no como refuerzo un cilindro de chapa de acero soldada. En cualquier caso, las armaduras, después de preparadas, tendrán una forma perfectamente cilíndrica. La separación entre espiras y la separación entre generatrices será uniforme. Las camisas serán también perfectamente cilíndricas, no admitiéndose en su forma tolerancias superiores al 1 por 100 si el diámetro del tubo es igual o inferior a 400 mm, y al 0,75 por 100 si es el diámetro superior a 400 mm.

7.08. Precompresión

7.08.1. La precompresión no debe iniciarse hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia y la rigidez prevista en los cálculos para esta fase. El tiempo para poder iniciar la precompresión vendrá considerablemente abreviado con curado por vapor; de todas formas, en ningún caso la precompresión longitudinal podrá hacerse hasta por lo menos seis horas del hormigonado, y la transversal, hasta los siete días o hasta que el hormigón alcance la resistencia mínima a la compresión fijada para los siete días.

7.08.2. El sistema de tensión del hilo en la precompresión deberá garantizar constancia de la tensión y permitir el control de la misma al menos con la aproximación permitida en el cálculo para la valoración de las tensiones. Para la precompresión transversal se instalará un equipo de alarma óptico o acústico que permita darse cuenta de una eventual disminución de la tensión.

7.08.3. El sistema de anclaje de los hilos debe ser tal que no disminuyan las cargas de rotura ni se alteren las características elásticas del hilo; en el caso de que esta alteración fuese inevitable, se disminuirá lógicamente la tensión y se procederá al correspondiente aumento del número de espiras.

7.09. Moldes y encofrados

7.09.1. Antes de comenzar la fabricación, el contratista debe suministrar a la Administración para su aprobación todos los planos y detalles para la construcción de moldes.

7.09.2. Para las tuberías de hormigón que se fabriquen por el método de centrifugación, los moldes deben ser construidos de acero con juntas estancas y de tal forma que la superficie del molde en contacto con la pared exterior de la tubería sea

limpia y lisa. Todos los moldes deben ser suficientemente impermeabilizados con gomas colocadas en las juntas, de tal forma que no se produzcan pérdidas del mortero. Los moldes deben ser lo suficientemente rígidos para permitir todas las operaciones conducentes a la colocación y compactación del hormigón en los mismos.

7.09.3. Cuando el tubo de hormigón se ejecute en moldes verticales y con vibración, los moldes consistirán en chapas metálicas arrolladas en círculos concéntricos, formando los encofrados interiores y exteriores terminados en la parte inferior con anillos de hierro fundido o acero, de tal forma que las superficies interiores del tubo sean circulares y cilíndricas y que pueda ejecutarse el desmoldeo sin daño alguno.

7.09.4. Las juntas de los moldes deben trazarse cuidadosamente para evitar la formación de resaltes en las tuberías, y si se usan roblones, sus cabezas deben ser avellanadas en las zonas de contacto con las tuberías.

7.09.5. Los moldes deben estar provistos de separadores que permitan mantener las armaduras de refuerzo longitudinales o transversales en su verdadera posición, a pesar de los procesos de vibración empleados.

7.09.6. Los moldes deben limpiarse y engrasarse antes de cada uso y el aceite para el engrase de los mismos será tal que no produzca perjuicios a los tubos.

7.09.7. El desmolde no debe iniciarse hasta que el hormigón haya endurecido lo suficiente para evitar daños al quitarse cuidadosamente los encofrados.

7.10. Curado de las tuberías

7.10.1. Las tuberías deben someterse a uno de los métodos de curado descritos a continuación o a cualquier otro método o combinación de ellos que se aprueben específicamente por demostrar resultados satisfactorios. En cualquier caso, deben preverse espacios y facilidades suficientes para las operaciones precisas y las tuberías deben ser curadas hasta que testigos cilíndricos, de 15 cm. de diámetro y 30 de altura ejecutados con el mismo hormigón con que se fabrican las tuberías y sometidos a procesos de curado iguales a los que se usan en el curado de los tubos, hayan adquirido igual o mayor resistencia que la prevista en los cálculos para los hormigones de los tubos. La tubería debe protegerse de temperaturas inferiores a cuatro y medio grados centígrados antes y durante las operaciones del curado.

7.10.2. El curado por vapor se ejecutará colocando los tubos en cámaras, cajas, o bajo otros cierres estancos que protejan a los tubos de corrientes de aire exteriores. El departamento estanco debe tener suficiente tamaño para permitir la circulación completa del vapor alrededor del exterior y por el interior del tubo. Comenzará el curado no antes de las tres horas después de terminar por completo la colocación del hormigón y el tubo será sometido a la acción de vapor completamente saturado, de forma que la temperatura del ambiente no sea mayor de cincuenta y cuatro grados centígrados antes de quitar el encofrado; las tres horas de periodo de espera después de terminar de colocar el hormigón y antes de comenzar el curado pueden reducirse a hora y media, si la temperatura de curado antes de quitar el encofrado no es mayor de cuarenta grados centígrados. Los encofrados no deben levantarse hasta doce horas después de comenzar el curado. Después de quitar los encofrados, la tubería seguirá sometida a la acción del vapor completamente saturado, de forma que la temperatura del ambiente no sea inferior a 40° C. ni superior a 65° C. Durante el tiempo de curado por vapor los tubos deben protegerse contra las rápidas alteraciones de la temperatura.

7.10.3. El hormigón de los tubos puede ser curado por agua, bien cubriendo los tubos por material saturado de agua, bien por riego por un sistema de tuberías perforadas, aspersores mecánicos o cualquier otro procedimiento que se apruebe por la Administración y permita mantener el interior y el exterior del tubo continuamente húmedo. Cualquiera que sea el sistema que se emplee, se mantendrá el tubo sin mover del sitio de ejecución durante treinta y dos horas como mínimo, durante las cuales se le conservará constantemente húmedo; a partir de dicho plazo podrá transportarse el tubo al sitio de almacenamiento para seguir manteniéndolo húmedo durante el periodo total de curado. Este tiempo como mínimo será de cinco días.

7.10.4. Si se usa membrana para el curado de tuberías, ésta no debe emplearse hasta que el hormigón se encuentre a la temperatura atmosférica más o menos 5° C. La superficie de la tubería debe ser humedecida constantemente antes de la aplicación del producto de sellado y debe estar húmeda cuando el producto sea aplicado. El componente de sellado usado para la membrana a emplear debe cumplir las especificaciones indicadas en el pliego particular o demostrarse mediante las prue-

bas pertinentes su efectividad y que no produce alteración alguna en el hormigón. Si la membrana se estropea, debe ser reparada inmediatamente con adición del producto correspondiente y mantenida sin estropear por un periodo de tiempo no inferior a los catorce días. El producto de sellado debe ser quitado completamente de la superficie de las juntas de las tuberías, mediante chorro de arena u otro método efectivo, antes de ejecutar aquéllas.

7.11. Revestimiento aislante

7.11.1. Los tubos, si en el pliego particular así se prescribe, serán provistos de un revestimiento externo para evitar agresiones químicas y electroquímicas. Será aplicado en la fábrica de tubos, salvo que a juicio de la dirección de las obras se considere como más favorable la aplicación en lugares próximos a los de puesta en obra.

7.11.2. El revestimiento externo estará constituido normalmente:

a) Una primera capa de barniz bituminoso en frío; b) una segunda capa de espesor aproximadamente de 2,5 mm. de mástico bituminoso en caliente; c) una tercera capa continua de lana de vidrio o cualquier otro tejido de protección que, a juicio de la Administración, reúna las condiciones suficientes de resistencia y duración; y d) una cuarta capa de espesor aproximado a los 2,5 mm. de mástico bituminoso en caliente que se incorpore completamente al tejido indicado en el párrafo anterior.

7.11.3. La primera capa de barniz se debe aplicar inmediatamente que la superficie de hormigón o mortero haya adquirido suficiente resistencia para permitir la acción de la espátula o utensilios de aplicación del barniz.

7.11.4. Aproximadamente una hora después de la aplicación de la primera capa de barniz bituminoso podrá aplicarse la segunda capa de mástico bituminoso en caliente. El mástico deberá ser calentado en calderas apropiadas hasta llevar la masa fundida a una temperatura uniforme de 200 a 500°, agitando la mezcla para evitar la decantación del polvo mineral contenido; es condición fundamental para la aplicación del revestimiento en caliente que en el momento de su empleo sobre la superficie del tubo la temperatura del mástico se mantenga próxima a los 200° C. Se deberá tener el suficiente cuidado para evitar que en el trayecto entre la caldera y la superficie del tubo se produzcan enfriamientos. A tal fin, será oportuno proveerse de depósitos apropiados que permitan volver a calentar eventualmente los conductos de paso del mástico fundido.

7.11.5. Al terminar la operación de aplicación de esta capa de mástico, el tubo se forrará con lana de vidrio o tejido apropiado, debiendo tenerse especial cuidado en que este tejido se adapte perfectamente a la superficie del tubo evitando la formación de pliegues o arrugas; a continuación, y con las mismas precauciones indicadas para la aplicación de la capa de mástico bituminoso en caliente, se extenderá la segunda capa en caliente, la cual deberá cubrir perfectamente a la lana de vidrio o tejido empleado.

7.11.6. Es conveniente, en especial durante la estación veraniega, completar el revestimiento con una mano de lechada de cal. En épocas de lluvia, para evitar el deslavado de la capa de mástico, es conveniente emplear una lechada compuesta de 200 litros de agua, 4 litros de aceite de linaza cocido, 70 kg. de cal y 4,5 kg. de sal u otros procedimientos que sean aprobados por la Administración.

7.12. Revestimiento interior

7.12.1. Si la Administración lo exige, se cubrirán los tubos interiormente con un revestimiento consistente en una capa de betún asfáltico oxidado que ha de satisfacer las prescripciones indicadas para los betunes.

7.12.2. El espesor medio de esta capa no será superior a 2 mm. ni el espesor de un punto determinado podrá ser mayor de 3 mm. El interior del enchufe sólo se cubrirá con una delgada capa de 0,5 mm. de espesor máximo.

7.12.3. Durante la aplicación del revestimiento interior los tubos estarán sometidos a rotación.

7.12.4. La superficie obtenida después del revestimiento bituminoso será perfectamente lisa y desprovista de toda aspereza. El betún deberá adherirse perfectamente al interior del tubo y no se dejará arrancar. Se tomarán las precauciones necesarias para que este revestimiento permanezca intacto hasta la llegada a la obra.

7.13. Protección contra descargas eléctricas

7.13.1. Si la Administración así lo exige, los tubos deberán ser provistos en sus extremidades de contactos eléctricos ac-

cesibles, constituidos de pletinas o redondos de hierro que tengan una sección no inferior a 30 mm². Estos contactos podrán ser la extremidad de un conductor único longitudinal en contacto con las espiras de acero, o armaduras, las cuales deberán resultar de esta forma cortocircuitadas; o bien deberán ser unidos a la armadura longitudinal siempre y cuando la sección metálica conectada no sea inferior al límite de sección indicado; además, en el segundo caso, también la extremidad de la espira deberá ser puesta en contacto mediante soldadura.

7.13.2. Se deberá evitar con dispositivos adecuados que los contactos metálicos se estropeen durante el transporte y colocación de los tubos; en el momento de la puesta en obra los contactos de los tubos contiguos deberán ser unidos con soldaduras eléctricas hasta constituir tramos eléctricamente continuos con longitud de unos 500 m, los cuales terminarán en registros accesibles que deberán coincidir, si es posible, con los registros hidráulicos; las uniones entre tubo y tubo serán debidamente aisladas del terreno con mástic bituminoso en caliente.

7.13.3. En los extremos de los tramos eléctricamente unidos se dispondrán tomas de tierra idóneas para la evacuación de las eventuales descargas eléctricas. Estas tomas se unirán a los contactos eléctricos del tubo inmediato mediante dispositivos adecuados.

7.14. Tolerancias

7.14.1. El diámetro interior del tubo no se apartará en ninguna sección en más del 1 por 100 del diámetro nominal, si el diámetro es inferior o igual a 400 mm, y en 0,75 por 100 si el diámetro es mayor de 400 milímetros. En ambos casos, el promedio de los diámetros mínimos tomados en las cinco secciones transversales resultantes de dividir un tubo en cuatro partes iguales no debe ser inferior al diámetro nominal del tubo.

7.14.2. En el espesor de la pared de los tubos no se admitirán en ningún punto variaciones superiores al 5 por 100 respecto del espesor nominal; el promedio de los espesores mínimos en las cinco secciones, resultantes de dividir un tubo en cuatro partes iguales, no debe ser inferior al espesor definido como teórico.

7.14.3. En ovalización del enchufe o cordón: el diámetro máximo de la boquilla menos el mínimo no será mayor que el 0,5 por 100 del diámetro teórico.

7.14.4. Los ejes geométricos del tubo y de la armadura coincidirán, no admitiéndose una separación entre ellos superior al 0,5 por 100 del diámetro nominal.

7.14.5. Las juntas deben ser construidas de tal forma que el máximo resalto interior en cualquier punto no sea mayor de 3,5 mm.

7.14.6. La longitud máxima de los tubos será aquella que permita un fácil transporte y montaje de las tuberías, y que permita la alineación y perfil dado en los planos; la longitud de los tubos será uniforme y no se admitirán variaciones superiores a ± 5 por 100 sobre la longitud nominal.

7.15. Piezas especiales

7.15.1. Se entiende por piezas especiales todos aquellos elementos de la conducción distintos de los tubos rectos normales: codos, reducciones, tes, terminales, etc.

7.15.2. Los requisitos a los cuales deben satisfacer tales piezas son análogos a los exigidos a los tubos sobre los cuales las piezas deben ser montadas, en especial en lo que se refiere a los revestimientos aislantes, protección eléctrica, tipo de juntas, etcétera.

7.15.3. El dibujo de las piezas especiales y el cálculo de sus dimensiones, de no ser efectuado directamente por el Ingeniero proyectista, será obligatoriamente sometido a la aprobación de la Administración.

7.15.4. Las piezas especiales podrán ser, a criterio del proyectista, construidas en hormigón armado, con o sin camisa de chapa metálica, construida en obra o prefabricada, de fundición o de acero. Generalmente serán de chapa de acero protegida con un revestimiento interior y exterior de hormigón armado, aplicado con procedimientos adecuados.

7.15.5. Las curvas, de gran radio, verticales u horizontales, podrán hacerse con tubos rectos, siempre y cuando el ángulo que formen dos tubos consecutivos no sea superior a 5°; la máxima abertura de las juntas, así como la mínima separación para relleno de éstas en la parte exterior o interior del tubo, será justificada por el fabricante debiendo ser sometida forzadamente a la aprobación de la Administración.

8. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

8.01. Transporte y manipulación

8.01.1. En la carga, transporte y descarga de los tubos se evitarán los choques, siempre perjudiciales a los tubos; se depositarán sin brusquedades en el suelo, no dejándolos caer; se evitará rodarlos sobre piedras y, en general, se tomarán las precauciones necesarias para su manejo, de tal manera que no sufran golpes de importancia. Cuando se trate de tubos de cierta fragilidad (fibrocemento o fundición, etc.) en transportes largos, sus cabezas deberán protegerse con tocidas o trenzas de paja larga.

8.01.2. Al proceder a la descarga conviene hacerlo de tal manera que los tubos no se golpeen entre sí o contra el suelo. Los tubos se descargarán, a ser posible, enfrente o cerca del lugar donde deben ser colocados en la zanja y de forma que puedan rodarse con facilidad al lugar de empleo.

8.01.3. Tanto en el transporte como en el apilado se tendrá presente el número de capas de ellos que se puedan apilar, de forma que las cargas de apiastamiento no superen el 50 por 100 de las de prueba.

8.01.4. Si la zanja no está abierta todavía, se colocará la tubería, siempre que sea posible, en el lado opuesto a aquel en que se piense amontonar los productos de la excavación, y de tal forma que quede protegida del tránsito, de los explosivos, etcétera.

8.01.5. Las tuberías de hormigón no deben almacenarse en el campo por un periodo largo de tiempo y bajo condiciones que puedan causar secados excesivos perjudiciales para el hormigón. Si fuese necesario en zonas calurosas y secas transportar y almacenar las tuberías de hormigón a los sitios de empleo con más de diez días de antelación a la colocación de las mismas, se protegerán éstas por medios eficientes y aplicación de agua.

8.01.6. Los tubos acopiados al borde de las zanjas y dispuestos ya para el montaje deben ser examinados por un representante de la Administración, debiendo rechazarse aquellos que presenten algún deterioro. Si éste fuese en los extremos, podrá autorizarse el corte de la parte dañada para dejar el tubo en condiciones de empleo.

8.01.7. La Administración no pagará ningún tubo que se rechace por haberse deteriorado en el transporte, cualquiera que sea la causa.

8.02. Zanja para alojamiento de tuberías

8.02.1. La profundidad mínima de las zanjas se determinará de forma que las tuberías resulten protegidas de los efectos del tráfico y cargas exteriores, así como preservadas de las variaciones de temperatura del medio ambiente. Para ello el Proyectista deberá tener en cuenta la situación de la tubería (según sea bajo calzada o lugar de tráfico más o menos intenso, o bajo aceras o lugar sin tráfico), el tipo de relleno, la pavimentación si existe, la forma y calidad del lecho de apoyo, la naturaleza de las tierras, etc. Como norma general, bajo calzadas o en terreno de tráfico rodado posible, la profundidad mínima será tal que la generatriz superior de la tubería quede a un metro de la rasante del terreno; en aceras o lugares sin tráfico rodado, puede disminuirse esta profundidad a 60 cm. Si la profundidad indicada como mínima no pudiera respetarse por razones topográficas, por otras canalizaciones, etc., se tomarán las medidas de precaución necesarias. Las conducciones de agua potable se situarán en plano superior a las de saneamiento, con distancia vertical no menor de un metro; la misma distancia se conservará horizontalmente entre las generatrices verticales tangente al exterior de las conducciones de agua y alcantarillado. Si estas distancias no pudieran mantenerse, o fuera preciso cruces con otras canalizaciones, deberán adoptarse precauciones especiales.

8.02.2. La anchura de las zanjas debe ser la suficiente para que los operarios trabajen en buenas condiciones, dejando, según el tipo de tubería, un espacio suficiente para que el obrero instalador pueda efectuar su trabajo con toda garantía. El ancho de la zanja depende del tamaño de la tubería, profundidad de la zanja taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno y consiguiente necesidad o no de entibación, etc.; como norma general la anchura mínima libre no debe ser inferior a 60 cm. y se debe dejar un espacio entre 15 y 30 cm. a cada lado del tubo, según el material de éste y el tipo de juntas.

8.02.3. Se recomienda excavar las zanjas cuando vaya a efectuarse el montaje de los tubos, no debiendo ser superior este tiempo a ocho días de antelación en el caso de terrenos arcillosos o margosos de fácil meteorización; en el caso de que fuese absolutamente imprescindible efectuar con más plazo la apertura de las zanjas, se deberá dejar sin excavar unos 20 cm. sobre

la rasante de la solera para ejecutarlo en plazo inferior al citado.

8.02.4. Las zanjas pueden abrirse a mano o mecánicamente, pero en cualquier caso su trazado deberá ser limpio, perfectamente alineadas en planta y con la rasante a un nivel uniforme, con una tolerancia no superior a 1 cm. en la longitud de un tubo, de forma que permita que los tubos se apoyen sin discontinuidad a lo largo de su generatriz inferior, salvo en las zonas de juntas en las cuales se abrirán nichos; la anchura de estos nichos depende del tipo de las juntas, pero normalmente no serán inferiores a 45 cm. Para facilitar el trabajo de los montadores, sobre todo en zanjas estrechas, conviene continuar sobre las paredes laterales los nichos del fondo de la zanja. Estos nichos del fondo y de las paredes no deben efectuarse hasta el momento de montar los tubos y a medida que se verifique esta operación, para asegurar su posición y conservación.

8.02.5. Se excavará hasta la línea de la rasante, siempre que el terreno sea uniforme y no queden al descubierto piedras, rocas, etc. En estos casos será necesario excavar por debajo de la rasante para luego rellenar el exceso de excavación, regularizándola y permitiendo el apoyo continuo de los tubos; normalmente esta excavación complementaria tendrá entre los 15 y 30 cm de espesor y se rellenará preferentemente con arena suelta, grava o piedra machacada, siempre que el tamaño superior no exceda de los 2 cm.; se evitará el empleo de tierras inadecuadas. Estos rellenos se apisonarán cuidadosamente por tongadas no superiores a los 10 cm. de espesor y se regularizará la superficie para permitir el apoyo continuo indicado. En el caso de que al fondo de la zanja se rellene con arena o grava, los nichos para las juntas se efectuarán en el relleno.

8.02.6. Cuando por su naturaleza el terreno no asegure la suficiente estabilidad de los tubos o piezas especiales, se compactará o consolidará por los procedimientos que se ordenen y con tiempo suficiente. En el caso de que se descubra terreno excepcionalmente malo, se decidirá la posibilidad de construir una pavimentación especial, apoyos discontinuos en bloques, pilotajes, etc.

8.02.7. De ser preciso efectuar voladuras para las excavaciones, en especial en poblaciones, se adoptarán precauciones para la protección de personas o propiedades, siempre de acuerdo con la legislación vigente y las ordenanzas municipales en su caso.

8.02.8. Si las excavaciones afectan a pavimentos, los materiales que puedan ser usados en la restauración de los mismos deberán ser separados del material general de la excavación.

8.02.9. El material de excavación se apilará lo suficientemente alejado del borde de las zanjas para evitar el derrumbamiento de éstas o que el desprendimiento del mismo pueda poner en peligro a los trabajadores.

8.03. Montaje de los tubos

8.03.1. Antes de bajar los tubos a la zanja, se examinarán éstos y se apartarán los que presenten deterioro; se bajarán al fondo de la zanja con precaución, empleando los elementos adecuados según su peso y longitud.

8.03.2. Una vez los tubos en el fondo de la zanja, se examinarán éstos para cerciorarse de que su interior está libre de tierra, piedras útiles de trabajo, prendas de vestir, etc., y se realizará su centrado y perfecta alineación, consiguiendo lo cual se procederá a calzarlos y acodalarlos con un poco de material de relleno para impedir su movimiento. Cada tubo deberá centrarse perfectamente con los adyacentes; en el caso de zanjas con inclinaciones superiores al 10 por 100, la tubería se colocará en sentido ascendente. Si se precisase reajustar algún tubo, deberá levantarse el relleno y prepararlo como para su primera colocación.

8.03.3. Cuando se interrumpa la colocación de tubería, se taponarán los extremos libres para impedir la entrada de agua o cuerpos extraños, procediendo, no obstante esta precaución, a examinar con todo cuidado el interior de la tubería al reanudar el trabajo por si pudiera haberse introducido algún cuerpo extraño en la misma.

8.03.4. Las tuberías y zanjas se mantendrán libres de agua, agotando con bomba o dejando desagües en la excavación en caso necesario.

8.03.5. Generalmente no se colocarán más de 100 m. de tubería sin proceder al relleno, al menos parcial, para evitar la posible flotación de los tubos en caso de inundación de la zanja y también para protegerlos, en lo posible, de los golpes.

8.03.6. Siempre que en el material de las juntas intervenga cemento o elementos no elásticos, se colocarán como mini-

mo seis tubos por delante de cada junta antes de terminarla totalmente.

8.03.7. El relleno de las zanjas se efectuará por tongadas sucesivas; la primera, alrededor de 30 cm., se hará manualmente, evitando colocar piedras o gravas con diámetros superiores a 2 cm. Las restantes tongadas podrán contener material más grueso, recomendándose no emplear, sin embargo, elementos de dimensiones superiores a los 20 cm. Se tendrá especial cuidado en el procedimiento empleado para terraplenar zanjas o consolidar rellenos, de forma que no produzcan movimientos en las tuberías.

8.03.8. Cuando la excavación se efectúe en calles, aceras o bajo pavimentos permanentes, el relleno deberá efectuarse de forma tal que quede suficientemente consolidado para evitar asentamientos posteriores, incluso empleando arena como material de relleno, si de los ensayos precisos se deduce la imposibilidad práctica de conseguir una compactación adecuada para evitar asentamientos. Donde los asentamientos tengan poca importancia, el contratista podrá rellenar (a partir de los 30 cm. sobre la arista superior de la tubería) sin precauciones especiales, pero recargando el terraplén sobre la zanja lo suficiente para compensar los asentamientos que se produzcan. No se rellenarán las zanjas, normalmente en tiempo de grandes heladas o con material helado.

8.03.9. En la ejecución de zanjas en poblaciones, la anchura del pavimento destruido no deberá exceder en más de 15 cm. a cada lado del ancho fijado para la zanja, debiendo reponerse el exceso por cuenta del contratista.

8.04. Juntas de enchufe y cordón

8.04.1. Podrán efectuarse en caliente y en frío; normalmente las juntas en caliente se adaptan mejor a tubos pequeños o medios sometidos a bajas presiones de funcionamiento. Siempre que sea posible, el enchufe deberá mirar hacia aguas arriba.

8.04.2. Cuando no exista cordón en el tubo, la empaquetadura deberá tener más de una vuelta.

8.04.3. En las juntas en caliente, el material de empaquetadura podrá ser cordón de amianto, papel tratado, cordón de cáñamo, etc., todo ello libre de sustancias grasientas, aceites o alquitranes y manejados con cuidado para evitar su contaminación; se arrollará alrededor del extremo macho, procurando que el material esté bien seco y se retacará energicamente contra el fondo del enchufe con equipo adecuado.

8.04.4. En las juntas en caliente la empaquetadura ocupará aproximadamente el 50 por 100 de la longitud del enchufe; lo que puede ser en peso la décima parte del peso del plomo empleado. El otro 50 por 100 estará ocupado por el plomo, cuyo peso en kilogramos será aproximadamente 20 veces el diámetro del tubo expresado en metros. Se batirá una masa de arcilla de alfarero hasta que no manche los dedos, formando con ella un cordón bien plástico, que se colocará pegado a la junta y tapando ésta en todo su alrededor, excepto por la parte superior, que se dejará un bebedero bastante amplio para la entrada del plomo derretido y la salida del aire. En un hornillo se calentará el plomo, que una vez derretido se trasladará en un cazo metálico a ser posible de capacidad suficiente para llenar de una sola vez toda la junta; este cazo tendrá un pico delantero y otros dos laterales para el vertido del metal en cualquier dirección, introduciéndose el metal fundido por el bebedero de la junta hasta que ésta quede llena y salga el metal vertido a la vista, quitando seguidamente el cordón de barro y el plomo sobrante, y retacando fuertemente con instrumento adecuado el plomo ya solidificado. No debe haber humedad dentro de la junta, y si por cualquier causa esto no pudiera conseguirse, se evitarán las proyecciones de plomo fundido introduciendo por el bebedero un poco de sebo, de resina o simplemente de aceite. Si se procede de este modo no quedarán rebabas de plomo al interior, pero si se produjeran, será preciso deshacer la junta para rehacerla en forma adecuada.

8.04.5. El retacado de las juntas después de haberse enfriado el plomo se efectuará con herramientas neumáticas o manuales manejadas por operarios competentes. La junta terminada se mostrará por todas partes compacta, dura y uniforme y se tendrá especial cuidado de no someter a esfuerzos excesivos los enchufes durante el retacado.

8.04.6. Las juntas de enchufe y cordón en frío se emplean para presiones más altas que las anteriores (de 35 a 45 Kg/cm²). Se consiguen retacando en frío capas sucesivas de cordones de plomo con alma de cáñamo, generalmente; las capas sucesivas no deben ser de más de 2 cm. de espesor. Las precauciones de retacado, solicitaciones en los enchufes, acabados de superficie, etc., son las mismas que en las juntas en caliente.

8.04.7. Para más altas presiones se emplearán juntas en frío reforzadas, conseguidas retacando en frío cordón de hilo de cinc o de hierro entre dos cordones de plomo.

8.04.8. La junta de mástico de azufre se ejecuta como una junta normal en caliente, efectuando la fusión muy lentamente y mezclando enérgicamente. La filástica no debe ser embreada; después de la colocación y retacado de la filástica debe quedar para el mástico una profundidad de junta de 60 mm. La superficie externa del cordón o interna del enchufe debe estar completamente limpia, seca y sin el revestimiento protector (quitado con disolvente apropiado o raspando con espátula de acero), de forma que el mástico fundido esté en contacto directo con las paredes del enchufe y el cordón.

8.05. Juntas de cemento

8.05.1. Las juntas de enchufe y cordón también pueden realizarse con cemento, siempre que se ejecuten de acuerdo con las siguientes prescripciones:

8.05.2. Podrán llevar o no material de empaquetadura, de acuerdo con el proyecto de la obra.

8.05.3. La profundidad de la junta destinada a relleno de cemento no será superior a 7 cm. El relleno de la junta se hará con pasta pura consistente; cuando se haga una bola de dicha pasta y se comprima a mano, la rotura, al partirla, debe ser limpia, sin que se deshaga la bola ni quede manchada de agua la mano. No se empleará pasta después de una hora de amasada o de haber empezado su fraguado. Al retacar deberá dar sonido metálico.

8.05.4. El relleno de la junta empezará por la parte inferior, retacando desde allí hacia la parte superior hasta enrasar con la cara del enchufe; la pasta se llevará a la máxima compacidad posible, pero sin dañar el enchufe.

8.05.5. No se permitirá que la junta entre en contacto con el agua hasta que haya tenido lugar el principio de fraguado. Una vez terminada la junta, se mantendrá en estado de humedad constante, empleando un procedimiento adecuado, hasta asegurar una completa hidratación; en tiempos fríos se tendrá cuidado de que no se hiele la pasta o la junta ya acabada.

8.05.6. La tubería ya terminada no se llenará de agua (sin presión) hasta doce horas después de haber terminado la última junta, y no se pondrá a presión ni se someterá a ninguna prueba hasta, por lo menos, cuarenta y ocho horas de haberse terminado la última junta. Después de haber llenado la tubería de agua por primera vez, se mantendrá así hasta efectuar la prueba de presión.

8.05.7. Para evitar la excesiva rigidez de la tubería, se deberán alternar las juntas de cemento con juntas de plomo, colocando en los tramos normales una junta al menos de plomo y, preferentemente, dos o tres consecutivas cada 150 m. de tubería con juntas de cemento, y una junta de plomo en cada llave, pieza especial, etc., que se instale.

8.06. Junta de bridas

8.06.1. Las juntas a base de bridas, tanto de tubos como de piezas especiales, se ejecutarán interponiendo entre las dos coronas una arandela de plomo de 3 mm. de espesor, perfectamente centrada, que será fuertemente comprimida con los tornillos pasantes; las tuercas espaciadas a 120° deberán apretarse alternativamente, con el fin de producir una presión igual sobre todas las partes de la brida; este aprieto se hará también así en el caso en que por fugas de agua fuese necesario ajustar más las bridas. Se prohíben las arandelas de cartón, y la Administración podrá autorizar las juntas a base de goma especial con entramado de alambre.

8.07. Juntas mecánicas

8.07.1. Estas juntas, a base de elementos de goma y tornillos, con collarín de aprieto o sin él, presentan numerosas variaciones, y se emplean en cualquier tipo de tubería.

8.07.2. En todos los casos es preciso un perfecto cilindrado de la boquilla para conseguir un ajuste perfecto del anillo de goma.

8.07.3. Los elementos que forman esta junta se colocarán en el orden adecuado por los extremos de los tubos que han de unir. Se tendrá especial cuidado en colocar la junta por igual alrededor de la unión, evitando la torsión de los anillos de goma, comprobándolos previamente mediante una enérgica tracción.

8.07.4. Se mantendrán todas las precauciones de limpieza indicadas para las restantes juntas, limpiándose de cualquier materia extraña que no sea el revestimiento normal.

8.07.5. Los extremos de los tubos no quedarán a tope, sino con un pequeño huelgo de 1.5 cm. Todas las piezas deberán quedar perfectamente centradas en relación con el final de los tubos.

8.07.6. Todos los elementos mecánicos se ensayarán con el martillo para darse cuenta con el sonido de que no hay recurrentes ni defectos de fundición; se comprobará el buen estado de los filetes de las rocas de los tornillos y de las tuercas y que los diámetros y longitudes de los tornillos son los que corresponden al tipo de junta y al tamaño del tubo. Los tornillos y tuercas, espaciados a 180°, se apretarán alternativamente, con el fin de producir una presión igual sobre todas las partes del collarín; los tornillos y las tuercas se apretarán inicialmente con los dedos y al final con llave adecuada, preferentemente con limitación del par de torsión. Como orientación, el par de torsión para tornillos de 15 mm. de diámetro no sobrepasará los 7 m. Kg.; para tornillos de 25 mm. de diámetro oscilará entre los 10 y 14 metros kilogramo, y para tornillos de diámetro 32 mm. el par de torsión estará comprendido entre los 12 y 17 m. Kg.

8.08. Juntas de manguito

8.08.1. Cuando la unión de los tubos de fibrocemento se efectúe por manguitos del mismo material y anillos de goma, además de la precaución general en cuanto a la torsión de los anillos de goma, habrá de cuidarse el centrado perfecto de la junta en relación a los finales de los tubos, que deberán quedar separados 1.5 cm., para lo cual se podrá señalar la posición final de las juntas para facilitar la comprobación del montaje y del desplazamiento. La posición final de la junta se obtendrá desplazando el manguito y los anillos a mano o con aparatos adecuados.

8.08.2. Los anillos podrán ser de sección circular sencillo, en V, o formados por piezas con varios rebordes, equivalentes a otras tantas arandelas.

8.08.3. El número de anillos de goma será variable, como mínimo dos por junta, y los manguitos llevarán en su interior rebajes o resaltes para alojar y sujetar los anillos. Los extremos de los tubos serán torneados.

8.09. Juntas para tubería de hormigón

8.09.1. El diseño de las juntas, sus dimensiones y las tolerancias de las mismas será fijado a propuesta del contratista, de no hacerlo la Administración, y debe ser sometido de modo imperativo a la aprobación de la Administración.

8.09.2. Se admitirá cualquier tipo de junta que permita un sencillo montaje y desmontaje, un fácil centrado con los tubos a unir, y además que respondan a requisitos exigidos de impermeabilidad e inalterabilidad en el tiempo, que asegure la continuidad entre los diversos elementos de la tubería, sin que por otra parte transmita esfuerzos perjudiciales a los elementos contiguos.

8.09.3. Cuando el tipo de juntas propuesto por el contratista sea de nuevo empleo, sin estar experimentado, el Director de las obras podrá exigir la ejecución de una tubería de prueba compuesta al menos de cuatro tubos, con la cual se procederá a las pruebas de montaje y a las pruebas hidráulicas para comprobar que cumple todos los requisitos de este pliego.

8.09.4. En el caso de emplearse juntas de enchufe y cordón, la profundidad del enchufe, como norma general, no debe ser inferior a 10 cm. y deberá tener la suficiente armadura para garantizar su integridad y la continuidad de resistencia con el tubo. Cuando las juntas de enchufe y cordón hayan de ser retacadas, se eliminará todo peligro de tensión en el hormigón, derivado de la diferencia de rigidez o simplemente de las tensiones localizadas en las proximidades de la zona retacada. A tal fin se recomienda que la chapa de enchufe y cordón se suelde a la armadura longitudinal, o si ésta no fuese suficiente, se fije mediante soldadura a un alma de chapa embebida en la pared del tubo en una longitud inferior a 50 cm. La chapa de acero destinada a formar el enchufe o cordón de la junta debe tener la suficiente rigidez para evitar las posibles deformaciones que puedan producirse durante las operaciones de retacado, transporte y colocación de los tubos; se prohíbe el empleo de chapa de espesor no inferior a 5 mm.

8.09.5. En las juntas en las cuales se haya previsto el empleo de anillos de goma la terminación en fábrica de la superficie de los tubos o manguitos en la cual deban colocarse los anillos de goma deberá ser perfectamente lisa, de forma que resulten libres de asperezas o excentricidades que impidan a la junta realizar la misión encomendada.

8.09.6. La parte metálica de las juntas debe resultar completamente protegida contra los ataques exteriores, corrientes eléctricas, descargas, etc., exactamente igual que lo sean los tubos contiguos (8.11).

8.09.7. La junta debe ser en cualquier caso ejecutada de tal forma que cuando los tubos queden extendidos en zanjas la tubería constituya una conducción continua, impermeable

al agua, con superficie interior lisa y uniforme, permitiendo ligeros movimientos de los tubos, debidos a contracciones, asentamientos, etc. La goma, plomo y filástica deben ser los únicos elementos de la junta encargados de la impermeabilidad, de modo que en las pruebas que se efectúen estos elementos resistan perfectamente la presión hidráulica interior, sin la colocación de los manguitos de hormigón o metálicos que sirven para dar rigidez a la tubería.

8.09.8. Salvo en casos especiales, con aprobación explícita de la Dirección de las obras, se prohíben las juntas de tipo rígido, que sólo podrán adoptarse en dichas condiciones especiales, en que la imposibilidad de asiento de la tubería esté asegurada perfectamente.

8.09.9. Las juntas para las piezas especiales serán perfectamente análogas a las del resto de la tubería, salvo el caso de piezas cuyos elementos contiguos deben ser visitables o desmontables, en cuyo caso se colocarán juntas de fácil desmontaje.

8.10. Sujeción y apoyo contra las reacciones en codos, derivaciones y otras piezas

8.10.1. Una vez montados los tubos y las piezas especiales 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 presiones que puedan originar desviaciones perjudiciales.

8.10.2. Según la importancia de los empujes, estos apoyos o sujeciones serán de hormigón o metálicos, establecidos sobre terrenos de resistencia suficiente y con el desarrollo preciso para evitar que puedan ser movidas por los esfuerzos soprotados.

8.10.3. Los apoyos, salvo prescripción taxativa contraria, deberán ser colocados en forma tal que las juntas de las tuberías y de los accesorios sean accesibles para su reparación.

8.10.4. Las barras de acero o abrazaderas metálicas deberán ser galvanizadas o tratadas de otro modo contra la oxidación, incluso pintándolas adecuadamente o embebiéndolas en hormigón.

8.10.5. Se prohíbe en absoluto el empleo de cuñas de piedra o de madera que puedan desplazarse.

8.10.6. Cuando las pendientes sean exclusivamente fuertes o puedan producirse deslizamientos, se efectuarán los anclajes precisos de la tubería mediante hormigón armado o abrazaderas metálicas o bloques de hormigón suficientemente empotrados en terreno firme.

8.11. Protección catódica

8.11.1. Las corrientes eléctricas de origen externo o las generadas por la presencia de materiales de diferente potencial electroquímico por la acción de la humedad pueden producir electrólisis que originen destrucciones parciales.

8.11.2. Conviene tener en cuenta las siguientes normas para dejar la tubería protegida en lo posible:

a) La continuidad y buena conductividad eléctrica en sentido longitudinal de las tuberías, sea por soldadura de los elementos metálicos de los tubos, sea por corto-circuitar los mismos, como se indica en el artículo 7.13 del presente pliego, favorece la protección catódica de las tuberías.

b) El revestimiento aislante exterior del tipo indicado en el artículo 7.11, de suficiente espesor para garantizar una duración adecuada y un aislamiento eficaz, favorece asimismo dicha protección.

c) Las piezas especiales de maniobra o servicio insertas en la conducción deben situarse en arquetas con derivaciones eléctricas a tierra.

d) Se deben independizar con juntas aislantes aquellas partes metálicas en contacto directo con el terreno que no interese o no convenga defender catódicamente (pozos, estaciones de bombeo, tuberías que no interesa proteger, uniones con redes no protegidas, etc.).

e) Se recomienda no intercalar tubos de materiales diversos en una misma tubería, por la dificultad de protección y por aumentar el peligro de corrosión por el par galvánico que se introduce.

8.11.3. Si se teme que la agresividad del terreno o la acción electrolítica de las corrientes continuas de origen externo que puedan recorrer en parte las tuberías enterradas, en especial metálicas o de hormigón armado y pretensado, puedan originar corrosiones, se estudiará el procedimiento para evitarla. En cualquiera de estos casos se someterán los tubos a la protección pasiva mediante revestimientos externos adecuados, análogos a los indicados en 7.11.

8.11.4. Si la corrosión es debida a la agresividad del terreno por las características físicas y químicas del mismo, a la humedad y a las sustancias solubles que contiene (corrosión espon-tánea), se estudiará la protección catódica: a) con elementos galvánicos, y b) mediante fuerza electromotriz externa. En ambos casos se deberá medir mediante dispositivo adecuado el potencial del tubo respecto al terreno para determinar el tipo de protección a emplear.

8.11.5. Los elementos galvánicos estarán constituidos por elementos metálicos electronegativos respecto a los de la tubería, que se enterrarán a distancias adecuadas y que irán unidos por conductores eléctricos aislados a la parte metálica de la tubería a proteger.

8.11.6. Cuando la protección se realice por medio de la aplicación de una fuerza electromotriz externa, el ánodo podrá ser un material conductor cualquiera, enterrado de forma que se obtenga una buena toma de tierra. Este conductor se unirá a la parte metálica de la tubería mediante otro conductor eléctrico, al que se aplicará una corriente continua para originar una pila electrolítica en la que el ánodo sea la toma de tierra indicada. Se tendrá especial cuidado en no sobrepasar la protección catódica, bajando excesivamente el potencial más allá de lo necesario, para evitar dañar la tubería por la liberación de hidrógeno que en este caso puede producirse y por la alcalinidad que puede crearse en el terreno próximo, así como para provocar en ciertos casos un ataque catódico del mismo metal.

8.11.7. Si la corrosión se debe a corrientes externas, se estudiará el origen, intensidad y variaciones de las mismas, gradiente de potencial que crean en el terreno, etc., mediante aparatos adecuados. Una vez conocidos estos elementos, se deberá efectuar un estudio completo de protección según el caso de que se trata, según sea un tubo aislado o una red completa; si hay diversas redes a proteger (gas, agua, etc.), la complejidad del caso impide dar normas, ya que sólo el proyectista, previo estudio detallado y teniendo en cuenta los factores económicos y de seguridad, puede en cada caso tomar la resolución más conveniente.

8.12. Obras de fábrica

8.12.1. Las obras de fábrica necesarias para alojamiento de válvulas, ventosas y otros elementos se construirán con las dimensiones adecuadas para la fácil manipulación de aquéllas. Se protegerán con las tapas adecuadas de fácil manejo y de resistencia apropiada al lugar de su ubicación.

8.12.2. Se dispondrán de tal forma que no sea necesaria su demolición para la sustitución de tubos, piezas y demás elementos. En caso de necesidad, deberán tener el adecuado desagüe.

8.12.3. Es conveniente normalizar todo lo posible los tipos y clase de estas obras de fábrica dentro de cada Servicio.

8.13. Lavado de las tuberías

8.13.1. Antes de ser puestas en servicio las canalizaciones deberán ser sometidas a un lavado y a un tratamiento de depuración bacteriológica adecuado. A estos efectos, la red tendrá las llaves y desagües necesarios no sólo para la explotación, sino para facilitar estas operaciones.

9. PRUEBAS DE LA TUBERÍA INSTALADA

9.01. Pruebas preceptivas

9.01.1. Son preceptivas las dos pruebas siguientes de la tubería instalada en la zanja:

1. Prueba de presión interior.
2. Prueba de estanqueidad.

9.02. Prueba de presión interior

9.02.1. A medida que avance el montaje de la tubería, se procederá a pruebas parciales a presión interna por tramos de longitud fijada por la Administración. Como norma, se recomienda que estos tramos tengan longitud aproximada a los 500 m., pero en el tramo elegido la diferencia de cotas entre el punto de rasante más baja y el punto de rasante más alta no excederá del 10 por 100 de la presión de prueba 9.02.6.

9.02.2. Antes de empezar la prueba, deben estar colocados en su posición definitiva todos los accesorios de la colocación; la zanja puede estar parcialmente rellena, dejando al menos las juntas descubiertas.

9.02.3. Se empezará por llenar lentamente de agua el tramo objeto de la prueba, dejando abiertos todos los elementos que pueden dar salida al aire, los cuales se irán cerrando después

y sucesivamente de abajo hacia arriba, una vez se haya comprobado que no existe aire en la conducción. A ser posible, el tramo se empezará a llenar por la parte baja, con lo cual se facilita la expulsión del aire por la parte alta. Si esto no fuera posible, el llenado se hará aún más lentamente, para evitar quede aire en la tubería. En el punto más alto se colocará un grifo de purga para expulsión del aire y para comprobar que todo el interior del tramo a probar se encuentra comunicado en la forma debida.

9.02.4. La bomba para la presión hidráulica podrá ser manual o mecánica, pero en este último caso deberá estar provista de llaves de descarga o elementos apropiados para poder regular el aumento de presión con toda lentitud. Se dispondrá en el punto más bajo de la tubería a ensayar y estará provista de dos manómetros, de los cuales uno de ellos será proporcionado por la Administración o previamente comprobado por la misma.

9.02.5. Los puntos extremos del trozo a probar se cerrarán convenientemente con piezas especiales que se apuntalarán para evitar deslizamientos de las mismas o fugas de agua, y que deben ser fácilmente desmontables para poder continuar el montaje de la tubería. Se comprobará cuidadosamente que las llaves intermedias en el tramo en prueba, de existir, se encuentren bien abiertas. Los cambios de dirección, piezas especiales, etc., deberán estar anclados y sus fábricas fraguadas suficientemente.

9.02.6. La presión interior de prueba en zanja de la conducción será tal que se alcance 1.4 veces la presión máxima de trabajo, según se define en este pliego 1.04.3. La presión se hará subir lentamente, de forma que el incremento de la misma no supere una atmósfera por minuto.

9.02.7. La prueba durará treinta minutos, y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acusase un descenso superior a $\sqrt{p/5}$, siendo p la presión de prueba en zanja en atmósferas. Cuando el descenso del manómetro sea superior, se corregirán los defectos observados, retacando las juntas que pierdan agua, cambiando si es preciso algún tubo, de forma que al final se consiga que el descenso de presión no sobrepase lo previsto.

9.02.8. En el caso de tuberías de hormigón, previamente a la prueba de presión, se tendrá la tubería a la presión de servicio al menos veinticuatro horas para las observaciones.

9.03. Prueba de estanqueidad

9.03.1. Después de haberse completado satisfactoriamente la prueba de presión interior, deberá realizarse una de estanqueidad. El contratista proporcionará todos los elementos precisos para efectuar esta prueba, así como el personal necesario; la Administración podrá suministrar los manómetros o equipos medidores, si lo estima conveniente, o comprobar los suministrados por el contratista.

9.03.2. La presión de prueba de estanqueidad será la máxima estática que exista en la tubería a la cual pertenece el tramo en prueba, con identidad de características.

9.03.3. La pérdida se define como la cantidad de agua que debe suministrarse con un bombín tarado dentro de la tubería en prueba, de forma que se mantenga la presión de prueba de estanqueidad, después de haber llenado la tubería de agua y haberse expulsado el aire.

9.03.4. La duración de la prueba de estanqueidad será de dos horas y la pérdida de este tiempo será inferior al valor de la fórmula

$$V = KLD$$

en la cual

- V = Pérdida total en la prueba, en litros.
- L = Longitud del tramo en prueba, en metros.
- D = Diámetro interior, en metros.
- K = Coeficiente dependiente del material.

según la siguiente tabla:

Hormigón en masa	K = 1,000
Hormigón armado con o sin camisa	K = 0,400
Hormigón pretensado	K = 0,250
Fibrocemento	K = 0,350
Fundición	K = 0,300
Acero	K = 0,350

9.03.5. De todas formas, cualesquiera que sean las pérdidas fijadas, si éstas son sobrepasadas, el contratista, a sus expensas, reparará todas las juntas y tubos defectuosos; asimismo viene obligado a reparar cualquier pérdida de agua apreciable, aun cuando el total sea inferior al admisible.

MINISTERIO DE TRABAJO

CORRECCION de erratas de la Resolución de la Dirección General de Ordenación del Trabajo por la que se aprueba el Convenio Colectivo acordado en 26 de abril último entre Empresas y trabajadores pertenecientes al Grupo «Carpintería de Riberas» de la industria maderera.

Advertidos errores en el texto remitido para su publicación del Convenio anexo a la citada Resolución, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» número 163, páginas 10693 a 10695, se transcriben a continuación las oportunas rectificaciones:

Artículo 13.—Línea tercera, donde dice: «suficiente que duren», debe decir: «suficiente para que duren».

Artículo 15.—Línea octava, donde dice: «dividido por nueve horas», debe decir: «dividido por ocho horas».

Disposición adicional única.— Línea segunda, donde dice: «fecha que señala», debe decir: «fecha que se señala».

MINISTERIO DE AGRICULTURA

ORDEN de 9 de septiembre de 1963 por la que se fija el precio máximo de venta al público para el suero contra la peste porcina clásica.

Ilustrísimo señor:

Vistas las peticiones deducidas por el Sindicato Vertical de Industrias Químicas y los Laboratorios e Institutos productores de suero contra la peste porcina clásica, a propuesta de esa Dirección General y previo acuerdo del Consejo de Ministros en su reunión del día 6 del corriente,

Este Ministerio ha tenido a bien disponer:

Artículo único.—A partir de la publicación de la presente Orden, el precio máximo de venta al público que regirá para el suero contra la peste porcina clásica será, de acuerdo con su titulación, el siguiente:

Denominación	Titulación	Precio de venta al público — Pesetas litro
Hipersuero	Hasta 0,15	2.000
Superconcentrado	» 0,25	1.000
Normal	» 0,50	775

Lo que comunico a V. I. para conocimiento y efectos consiguientes.

Dios guarde a V. I. muchos años.

Madrid, 9 de septiembre de 1963.

CANOVAS

Ilmo. Sr. Director general de Ganadería.