



INSTALACION DE FONTANERIA

MEMORIA

INDICE

1.- OBJETO	2
2.- REGLAMENTACIÓN VIGENTE	2
3.- INSTALACION DE FONTANERIA RESUMEN	6
4 CARACTERÍSTICAS Y DATOS DEL EDIFICIO	7
4.1. DESCRIPCIÓN EDIFICACIÓN	7
5 CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	7
5.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	7
5.2. MATERIALES DE LA INSTALACIÓN	9
6.4. DISTRIBUCIÓN	9
6.5. APARATOS SANITARIOS Y GRIFERÍA	11



1.- OBJETO

Se elabora la presente memoria, para definir las instalaciones de fontanería proyectadas para Edificio a desarrollar en el proyecto DE EJECUCIÓN Y ACTIVIDAD EN INSTITUTO ENSEÑANZA SECUNDARIA en C/ Deyanira c/v C/ Arrastraria en Madrid.

2.- REGLAMENTACIÓN VIGENTE

A la hora de proyectar las instalaciones del edificio, se ha considerado la siguiente normativa:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HS 4 "Salubridad. Suministro de agua".
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE.
- Normas Tecnológicas de la Edificación, NTE IFC Agua Caliente y NTE IFF Agua Fría.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Normas UNE EN 274-1:2002, 274-2:2002 y 274-3:2002 sobre Accesorios de desagüe para aparatos sanitarios.
- Norma UNE EN 545:2002 sobre Tubos, racores y accesorios en fundición dúctil y sus uniones para canalizaciones de agua.
- Norma UNE EN 806-1:2001 sobre Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de los edificios.
- Norma UNE EN 816:1997 sobre Grifería sanitaria.
- Norma UNE EN 1 057:1996 sobre Cobre y aleaciones de cobre.
- Norma UNE EN 1 112:1997 sobre Duchas para griferías sanitarias.
- Norma UNE EN 1 113:1997 sobre Flexibles de ducha para griferías sanitarias.



- Normas UNE EN 1 254-1:1999, 1 254-2:1999, 1 254-3:1999, 1 254-4:1999 y 1 254-5:1999, sobre Cobre y aleaciones de cobre.
- Normas UNE EN 1 452-1:2000, 1 452-2:2000 y 1 452-3:2000, sobre Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua (PVC-U).
- Normas UNE EN 12 201-1:2003, 12 201-2:2003, 12 201-3:2003 y 12 201-4:2003 sobre Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua (PE).
- Normas UNE EN ISO 3 822-2:1996, 3 822-3:1997 y 3 822-4:1997 sobre Acústica. Medición en laboratorio del ruido emitido por la grifería y los equipamientos hidráulicos utilizados en las instalaciones de abastecimiento de agua.
- Norma UNE EN ISO 12 241:1999 sobre Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales.
- Normas UNE EN ISO 15874-1:2004, 15874-2:2004 y 15874-3:2004 sobre Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría (PP).
- Normas UNE EN ISO 15875-1:2004, 15875-2:2004 y 15875-3:2004 sobre Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría (PE-X).
- Normas UNE EN ISO 15876-1:2004, 15876-2:2004 y 15876-3:2004 sobre Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría (PB).
- Normas UNE EN ISO 15877-1:2004, 15877-2:2004 y 15877-3:2004 sobre Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría (PVC-C).
- Norma UNE 53960 EX:2002 sobre Tubos multicapa de polímero/aluminio/PE-RT.
- Norma UNE 53961 EX:2002 sobre Tubos multicapa de polímero/aluminio/PE-X.
- Normas UNE 19 040:1993 y 19 041:1993 sobre Tubos roscables de acero de uso general.



- Norma UNE 19 047:1996 sobre Tubos de acero soldados y galvanizados para instalaciones interiores de agua fría y caliente.
- Norma UNE 19 049-1:1997 sobre Tubos de acero inoxidable para instalaciones interiores de agua fría y caliente.
- Normas UNE 19 702:2002, 19 703:2003 y 19 707:1991 sobre Grifería sanitaria.
- Norma UNE 53 131:1990 sobre Plásticos.
- Norma UNE 53 323:2001 EX sobre Sistemas de canalización enterrados de materiales plásticos para aplicaciones con y sin presión.
- Normas UNE 100 151:1998, 100 156:1989 y 100 171:1989 IN sobre Climatización.
- O.M. de 28-12-88 (B.O.E. de 6-3-89) sobre condiciones a cumplir por los contadores.
- Norma UNE 19-900-94 para baterías de contadores.
- Norma UNE 100030-IN sobre Prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones.
- Normas Particulares y de Normalización de la Cía. Suministradora de Agua.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.



- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- En general todas aquellas Normas, resoluciones y disposiciones de aplicación general, referentes a la puesta en servicio de los aparatos sanitarios y, en su caso, de elementos de calefacción.



3.- INSTALACION DE FONTANERIA RESUMEN

De conformidad con lo dispuesto en REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, la ejecución de las instalaciones interiores para el suministro de agua en el edificio, se proyectan en cuanto a su disposición, dimensiones y calidad de los materiales empleados en las mismas con arreglo a lo establecido en el DB-HS4 Suministro de agua y DB-HS 5:Evacuación de aguas del Código Técnico de la Edificación, así como las "Normas sobre documentación, tramitación y prescripciones técnicas de las instalaciones interiores de suministro de agua", aprobadas el 12 de Abril de 1996.

El proyecto consta de un edificio destinado Instituto de Enseñanza Secundaria distribuido en dos plantas, situado en la Calle Deyanira con vuelta a Calle Arrastraria (Madrid).

El proyecto consta de:

Cálculo y diseño de la instalación de fontanería de A.F. obteniendo los siguientes resultados:

El caudal total instalado de A.F es 4,35 l/s el simultáneo es de 0,696 l/s que es el que se toma para cálculos.

Los diámetros a derivación particular del aparato utilizamos los exigidos por el CTE.

La altura de la derivación más elevada (un lavabo situado en la planta primera) sobre la alimentación en planta baja, es de 3,5m.

Al final de la presente memoria se adjunta tabla de cálculo, partimos de una presión en red de 60 mca, se garantiza que en la alimentación a planta cubierta que es el punto más desfavorable la presión mínima es superior a 100 kPa (10 mca).



4 CARACTERÍSTICAS Y DATOS DEL EDIFICIO

4.1. DESCRIPCIÓN EDIFICACIÓN

El edificio contará con planta baja y primera, la descripción arquitectónica se refleja en el apartado correspondiente

5 CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN.

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación general contiene, en función del esquema adoptado, los elementos que le correspondan de los que se citan a continuación:

- Llave de corte general. Servirá para interrumpir el suministro al edificio, y estará situada dentro de la propiedad, en una zona de uso común, accesible para su manipulación y señalada adecuadamente para permitir su identificación. Si se dispone armario o arqueta del contador general, debe alojarse en su interior.

- Filtro de la instalación general. Debe retener los residuos del agua que puedan dar lugar a corrosiones en las canalizaciones metálicas. Se instalará a continuación de la llave de corte general. Si se dispone armario o arqueta del contador general, debe alojarse en su interior. El filtro debe ser de tipo Y con un umbral de filtrado comprendido entre 25 y 50 μm , con malla de acero inoxidable y baño de plata, para evitar la formación de bacterias y autolimpiable. La situación del filtro debe ser tal que permita realizar adecuadamente las operaciones de limpieza y mantenimiento sin necesidad de corte de suministro.

- Armario del contador general. El armario del contador general contendrá, dispuestos en este orden, la llave de corte general, un filtro de la instalación general, el contador, una llave, grifo o racor de prueba, una válvula de retención y una llave de salida. Su instalación debe realizarse



en un plano paralelo al del suelo. La llave de salida debe permitir la interrupción del suministro al edificio. La llave de corte general y la de salida servirán para el montaje y desmontaje del contador general.

- Tubo de alimentación. Tubería que enlaza la llave de corte general y el distribuidor principal. En caso de ir empotrado deben disponerse registros para su inspección y control de fugas, al menos en sus extremos y en los cambios de dirección.

- Distribuidor principal. Tubería que enlaza las ascendentes. Debe realizarse por zonas de uso común. En caso de ir empotrado deben disponerse registros para su inspección y control de fugas, al menos en sus extremos y en los cambios de dirección.

La distribución en los cuartos húmedos se realizará colgada por los falsos techos siendo fácilmente registrables. La acometida a los aparatos discurrirá empotrada y protegida mediante tubo de PVC corrugado, desde la red horizontal en techo hasta la alimentación al aparato. En los pasos a través de muros de fábrica se dispondrán pasatubos.

Las tuberías de agua fría irán provistas de aislamiento anticondensación según RITE ITE 02-10.

Todos los aparatos sanitarios contarán con una llave de corte oculta

Se han dejado tomas previstas para el llenado de la instalación de calefacción.

Todos los aparatos sanitarios irán provistos del correspondiente cierre hidráulico mediante sifón individual o bote sifónico.

La recogida de aguas fecales se realiza mediante bajantes provistas de ventilación primaria a las que se conectan los desagües de los aparatos sanitarios.

La pendiente mínima en las redes de saneamiento cuando discurran colgadas será del 1,5 %.



5.2. MATERIALES DE LA INSTALACIÓN

Se han seleccionado los materiales de la instalación considerando:

- la calidad y composición del agua a transportar y almacenar.
- la incompatibilidad de materiales entre sí y con el agua.
- la adaptación a las condiciones generales del edificio en cuanto

a su uso y construcción.

- Por otro lado, se han seguido las especificaciones contenidas en el apartado 6.2 "Condiciones particulares de las conducciones" del DB HS4 del C.T.E.

Los tipos de tubería que se emplearán son los que detallamos a continuación, para cada zona de la instalación:

- Suministro: Tubería de Polietileno Reticulado (PEX), según normas UNE EN ISO 15875:2004. Las tuberías llevarán aislamiento anticondensación mediante espuma elastómera de 9mm de espesor para agua fría (espesores según RITE ITE 02-10).
- Las tuberías empotradas llevarán protección mediante tubo de PVC corrugado azul para agua fría.
- El resto de materiales de la instalación cumplen lo reseñado y se describen adecuadamente en las mediciones y presupuesto del proyecto.

6.4. DISTRIBUCIÓN

La tubería de alimentación transcurrirá por arriba, normalmente por falso techo, a una distancia no superior a 10 cm. del techo, manteniéndose horizontal a ese nivel.

Las "derivaciones del aparato", que unen verticalmente la instalación con los diferentes aparatos (lavabos, inodoros, etc...).

Tanto su diseño como su ejecución se harán en función tanto de lo prescrito en el punto 3.2.1.3. "Instalaciones particulares" del DB HS4 de C.T.E.

Parten del tubo ascendente, y hacen su entrada junto al techo manteniéndose a este nivel en todo su recorrido. Ubicándose la llave de corte



general en el interior del patinillo de ascendentes. Desde esta derivación salen los ramales de entrada a los diferentes aparatos de consumo, en forma descendente.

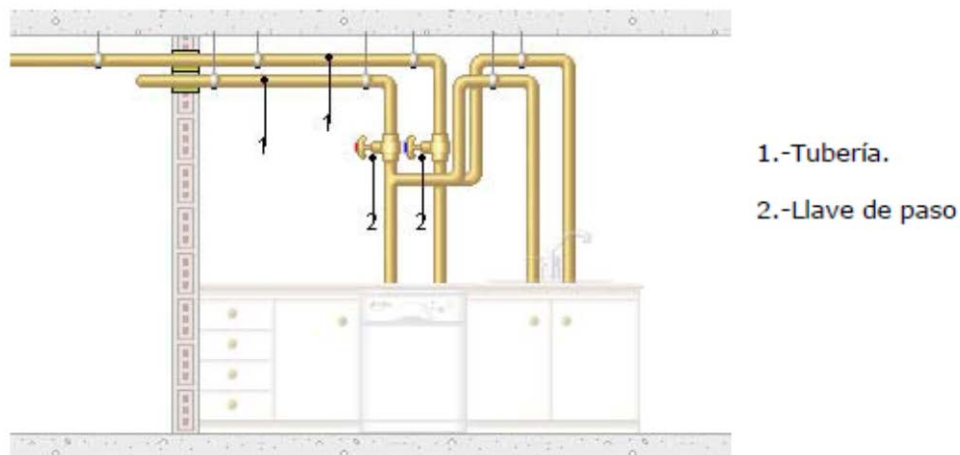


Figura 15. Llaves de corte en aparatos.

Cada uno de los locales húmedos dispondrá de llaves de corte para poder cerrar el abastecimiento al mismo. La acometida a estos locales húmedos se hará de forma que mantengan su independencia de uso, de manera que el posible corte de suministro en uno de ellos no afecte al resto.

Toda la instalación interior de fontanería se realizará con tubería de Polietileno Reticulado (PEX).

La soportación de la tubería se realizará mediante abrazaderas metálicas instalándose una abrazadera cada 1,5 m como máximo.

En las soluciones constructivas de los elementos que compongan la instalación de fontanería, se resolverá fundamentalmente:

Que la velocidad del agua en cada suministro no sobrepase 2 m/s en tuberías metálicas y 3,5 m/s en tuberías plásticas para evitar ruidos, y no sea inferior a 0,5 m/s en cualquier caso para evitar sedimentaciones.

La posibilidad de desagüe en todo punto de consumo o vaciado de la red.



La independencia parcial de la instalación por medio de llaves de corte en cada local húmedo, sin que se impida el uso de los restantes puntos de consumo.

La estanqueidad de la red a una presión doble de la prevista de uso y la no exposición a las heladas de ningún tramo de ésta.

El trazado de las conducciones de agua fría de modo que no queden afectadas por el área de influencia de los focos de calor.

La separación de protección entre las canalizaciones paralelas de fontanería y cualquier conducción o cuadro eléctrico, de modo que sea igual o mayor que 30 cm.

La posibilidad de libre dilatación de las canalizaciones respecto a sí mismas y en los encuentros con otros elementos constructivos.

La protección de los materiales de la instalación de la agresión ambiental, de otros materiales no compatibles y del agua fría.

6.5. APARATOS SANITARIOS Y GRIFERÍA

Distribuidos por la planta se instalarán lavabos, inodoros de tanque bajo, y urinarios.

Los aparatos sanitarios serán de porcelana vitrificada en color blanco, y la grifería cromada para los lavabos, y para los inodoros.

Se instalarán llaves de paso (fría), en la entrada de cada cuarto húmedo, excepto en aquellos en los que se suministre a un solo punto, así como en todos los puntos de consumo. La conexión de las tuberías con los aparatos sanitarios se efectuará con latiguillos flexibles. Asimismo, en la alimentación a lavabos se dispondrán válvulas de escuadra.



ANEXO DE CALCULOS

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

$$H = Z + (P/\gamma) ; \gamma = \rho \times g ; H_1 = H_2 + h_f$$

Siendo:

H = Altura piezométrica (mca).

z = Cota (m).

P/γ = Altura de presión (mca).

γ = Peso específico fluido.

ρ = Densidad fluido (kg/m³).

g = Aceleración gravedad. 9,81 m/s².

h_f = Pérdidas de altura piezométrica, energía (mca).

Tuberías y válvulas.

$$h_f = [(10^9 \times 8 \times f \times L \times \rho) / (\pi^2 \times g \times D^5 \times 1.000)] \times Q_s^2$$

$$f = 0,25 / [lg_{10}(\varepsilon / (3,7 \times D) + 5,74 / Re^{0,9})]^2$$

$$Re = 4 \times Q / (\pi \times D \times v)$$

Siendo:

f = Factor de fricción en tuberías (adimensional).

L = Longitud equivalente de tubería o válvula (m).

D = Diámetro de tubería (mm).

Q_s = Caudal simultáneo o de paso (l/s).

ε = Rugosidad absoluta tubería (mm).

Re = Número de Reynolds (adimensional).

v = Viscosidad cinemática del fluido (m²/s).

ρ = Densidad fluido (kg/m³).

Contadores.

$$h_{f_c} = 10 \times [(Q_s / 2 \times Q_n)^2]$$

Siendo:

Q_s = Caudal simultáneo o de paso (l/s).

Q_n = Caudal nominal del contador (l/s).

Caudal Simultáneo "Q_s". Método General.

- Por aparatos o grifos:

$$Q_s = Q_i \times K_{ap}$$

$$K_{ap} = [1/\sqrt{(n - 1)}] \times (1 + K(\%)/100)$$

$$K_{ap} = [1/\sqrt{(n - 1)}] + \alpha \times [0,035 + 0,035 \times lg_{10}(lg_{10}n)]$$

- Por suministros o viviendas tipo:

$$Q_s = Q_{iv} \times K_{ap} \times N_v \times K_v$$



$$K_v = (19 + N_v) / (10 \times (N_v + 1))$$

Siendo:

Q_i = Caudal instalado en el tramo (l/s).

Q_{iv} = Caudal instalado en el suministro o vivienda (l/s).

K_{ap} = Coeficiente de simultaneidad.

n = Número de aparatos o grifos.

N_v = Número de viviendas tipo.

$K(\%)$ = Coeficiente mayoración.

$\alpha = 0$; Fórmula francesa.

$\alpha = 1$; Edificios de oficinas.

$\alpha = 2$; Viviendas.

$\alpha = 3$; Hoteles, hospitales.

$\alpha = 4$; Escuelas, universidades, cuarteles.

Caudal Simultáneo " Q_s ". Método UNE 149201.

- Edificios de Viviendas:

Para $Q_i > 20$ l/s, $Q_s = (1,7 \times Q_i^{0.21}) - 0,7$ (l/s)

Para $Q_i \leq 20$ l/s, depende de los caudales instantáneos mínimos:

Si todos $Q_{ap} < 0,5$ l/s, $Q_s = (0,682 \times Q_i^{0.45}) - 0,14$ (l/s)

Si algún $Q_{ap} \geq 0,5$ l/s:

$Q_i \leq 1$ l/s, $Q_s = Q_i$ (No existe simultaneidad)

$Q_i > 1$ l/s, $Q_s = (1,7 \times Q_i^{0.21}) - 0,7$ (l/s)

- Edificios de Oficinas, Estaciones, Aeropuertos, etc:

Para $Q_i > 20$ l/s, $Q_s = (0,4 \times Q_i^{0.54}) + 0,48$ (l/s)

Para $Q_i \leq 20$ l/s, depende de los caudales instantáneos mínimos:

Si todos $Q_{ap} < 0,5$ l/s, $Q_s = (0,682 \times Q_i^{0.45}) - 0,14$ (l/s)

Si algún $Q_{ap} \geq 0,5$ l/s:

$Q_i \leq 1$ l/s, $Q_s = Q_i$ (No existe simultaneidad)

$Q_i > 1$ l/s, $Q_s = (1,7 \times Q_i^{0.21}) - 0,7$ (l/s)

- Edificios de Hoteles, Discotecas, Museos:

Para $Q_i > 20$ l/s, $Q_s = (1,08 \times Q_i^{0.5}) - 1,83$ (l/s)

Para $Q_i \leq 20$ l/s, depende de los caudales instantáneos mínimos:

Si todos $Q_{ap} < 0,5$ l/s, $Q_s = (0,698 \times Q_i^{0.5}) - 0,12$ (l/s)

Si algún $Q_{ap} \geq 0,5$ l/s:

$Q_i \leq 1$ l/s, $Q_s = Q_i$ (No existe simultaneidad)

$Q_i > 1$ l/s, $Q_s = Q_i^{0.366}$ (l/s)

- Edificios de Centros Comerciales:

Para $Q_i > 20$ l/s, $Q_s = (4,3 \times Q_i^{0.27}) - 6,65$ (l/s)

Para $Q_i \leq 20$ l/s, depende de los caudales instantáneos mínimos:

Si todos $Q_{ap} < 0,5$ l/s, $Q_s = (0,698 \times Q_i^{0.5}) - 0,12$ (l/s)

Si algún $Q_{ap} \geq 0,5$ l/s:

$Q_i \leq 1$ l/s, $Q_s = Q_i$ (No existe simultaneidad)

$Q_i > 1$ l/s, $Q_s = Q_i^{0.366}$ (l/s)

**- Edificios de Hospitales:**

Para $Q_i > 20$ l/s, $Q_s = (0,25 \times Q_i^{0.65}) + 1,25$ (l/s)

Para $Q_i \leq 20$ l/s, depende de los caudales instantáneos mínimos:

Si todos $Q_{ap} < 0,5$ l/s, $Q_s = (0,698 \times Q_i^{0.5}) - 0,12$ (l/s)

Si algún $Q_{ap} \geq 0,5$ l/s:

$Q_i \leq 1$ l/s, $Q_s = Q_i$ (No existe simultaneidad)

$Q_i > 1$ l/s, $Q_s = Q_i^{0.366}$ (l/s)

- Edificios de Escuelas, Polideportivos:

Para $Q_i > 20$ l/s, $Q_s = (-22,5 \times Q_i^{-0.5}) + 11,5$ (l/s)

Para $Q_i \leq 20$ l/s, depende de los caudales instantáneos mínimos:

$Q_i \leq 1,5$ l/s, $Q_s = Q_i$ (No existe simultaneidad)

$Q_i > 1,5$ l/s, $Q_s = (4,4 \times Q_i^{0.27}) - 3,41$ (l/s)

Siendo:

Q_i = Caudal instalado en el tramo (l/s).

Q_{ap} = Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato (l/s) .

Datos GeneralesAgua fría.

Densidad : 1.000 Kg/m³

Viscosidad cinemática : 0,0000011 (m²/s).

Agua caliente.

Densidad : 1.000 Kg/m³

Viscosidad cinemática : 0,00000066 (m²/s).

Perdidas secundarias : 20%.

Presión dinámica mínima (mca):

Grifos : 10 ; Fluxores : 15

Presión dinámica máxima (mca):

Grifos : 50 ; Fluxores : 50

Velocidad máxima (m/s):

Tuberías metálicas: 2

Tuberías plásticas: 2

Acometida metálica: 2

Acometida plástica: 2

Tubo alimentación metálico: 2

Tubo alimentación plástico: 2

Distribuidor principal metálico: 2

Distribuidor principal plástico: 2

Montantes metálicos: 2

Montantes plásticos: 2

Derivación particular metálica: 2

Derivación particular plástica: 2

Derivación aparato metálica: 2

Derivación aparato plástica: 2

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Lreal(m)	Func.Tramo	Material/ Rugosidad (mm)	Nat.agua/f	Qi(l/s)	Qs(l/s)	Dn(mm)	Dint(mm)	hf(mca)	V(m/s)
-------	------------	------------	----------	------------	-----------------------------	------------	---------	---------	--------	----------	---------	--------

3	3	4	0,59	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0261	0,85	0,3213	20	14,4	0,254	1,97*
4	4	5	1,41	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0275	0,35	0,2475	20	14,4	0,38	1,52
5	5	6	0,86	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0274	0,25	0,25	20	14,4	0,236	1,54
6	6	7	1,79	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0307	0,15	0,15	20	14,4	0,198	0,92
7	4	8	2,72	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0274	0,5	0,25	20	14,4	0,747	1,54
8	8	9	1,02	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,034	0,1	0,1	20	14,4	0,056	0,61
9	8	10		LLP		F	0,4	0,2309	15	16,1	0,194	
10	10	11	0,53	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0279	0,4	0,2309	20	14,4	0,126	1,42
11	11	12	1,33	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0288	0,2	0,2	20	14,4	0,245	1,23
12	12	13	1,09	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,034	0,1	0,1	20	14,4	0,059	0,61
13	11	14	4,27	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0288	0,2	0,2	20	14,4	0,787	1,23
14	14	15	0,94	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,034	0,1	0,1	20	14,4	0,051	0,61
15	2	16	15,27	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0243	3,65	0,6452	32	23,2	2,279	1,53
16	16	17	5,8	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0251	1,75	0,4518	25	18	1,562	1,78
17	17	18		LLPGV		F	1,05	0,3712	20	21,7	0,185	
18	18	19	0,68	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0261	1,05	0,3712	25	18	0,129	1,46
19	19	20	2,67	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,027	0,6	0,2683	20	14,4	0,832	1,65
20	20	21	0,22	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,027	0,6	0,2683	20	14,4	0,069	1,65
21	21	22	0,89	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0274	0,5	0,25	20	14,4	0,244	1,54
22	22	23	1,18	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0279	0,4	0,2309	20	14,4	0,281	1,42
23	23	24	1,47	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0284	0,3	0,2121	20	14,4	0,301	1,3
24	24	25	1,48	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0288	0,2	0,2	20	14,4	0,273	1,23
25	25	26	1,78	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,034	0,1	0,1	20	14,4	0,097	0,61
26	19	27	1,38	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0261	0,45	0,3182	20	14,4	0,585	1,95
27	27	28	0,76	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0264	0,3	0,3	20	14,4	0,29	1,84
28	28	29	0,76	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0307	0,15	0,15	20	14,4	0,084	0,92
29	17	30	0,74	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0267	0,7	0,2858	20	14,4	0,258	1,75
30	30	31		LLPGV		F	0,7	0,2858	15	16,1	0,362	
31	31	32	3,47	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0267	0,7	0,2858	20	14,4	1,211	1,75
32	32	33	0,26	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0267	0,7	0,2858	20	14,4	0,091	1,75
33	33	34	0,85	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,027	0,6	0,2683	20	14,4	0,265	1,65
34	34	35	1,05	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0274	0,5	0,25	20	14,4	0,288	1,54
35	35	36	0,91	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0279	0,4	0,2309	20	14,4	0,217	1,42
36	36	37	0,94	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0284	0,3	0,2121	20	14,4	0,192	1,3
37	37	38	1,21	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0288	0,2	0,2	20	14,4	0,223	1,23
38	38	39	1,97	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,034	0,1	0,1	20	14,4	0,107	0,61
39	5	40	0,21	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,032	0,95
40	6	41	0,29	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,044	0,95
41	14	42	0,18	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,028	0,95
42	15	43	0,16	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,025	0,95
43	21	44	0,18	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,028	0,95
44	22	45	0,19	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,029	0,95
45	25	46	0,18	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,028	0,95
46	33	47	0,3	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,046	0,95
47	34	48	0,29	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,044	0,95
48	38	49	0,27	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,041	0,95
49	9	50	0,23	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,035	0,95
50	12	51	0,26	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,04	0,95
51	13	52	0,27	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,041	0,95
52	26	53	0,27	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,041	0,95
53	24	54	0,15	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,023	0,95
54	23	55	0,14	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,021	0,95
55	35	56	0,22	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,034	0,95
56	36	57	0,19	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,029	0,95
57	37	58	0,16	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,025	0,95
58	39	59	0,2	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,031	0,95
59	7	60	0,19	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0296	0,15	0,15	16	11,6	0,06	1,42
60	29	61	0,2	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0296	0,15	0,15	16	11,6	0,063	1,42
61	28	62	0,22	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0296	0,15	0,15	16	11,6	0,069	1,42
62	27	63	0,28	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0296	0,15	0,15	16	11,6	0,088	1,42
63	16	64		LLPGV		F	1,9	0,475	25	27,3	0,116	
64	65	66	5,77	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0249	1,9	0,475	25	18	1,701	1,87
65	66	67		LLP		F	1,05	0,3712	20	21,7	0,138	
67	75	69	3,11	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,027	0,6	0,2683	20	14,4	0,969	1,65
68	69	70	0,88	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0274	0,5	0,25	20	14,4	0,242	1,54

69	70	71	1,23	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0279	0,4	0,2309	20	14,4	0,293	1,42
70	71	72	1,39	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0284	0,3	0,2121	20	14,4	0,285	1,3
71	72	73	1,5	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0288	0,2	0,2	20	14,4	0,276	1,23
72	73	74	1,95	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,034	0,1	0,1	20	14,4	0,106	0,61
72	67	75	0,27	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0261	1,05	0,3712	25	18	0,051	1,46
73	75	75	1,43	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0261	0,45	0,3182	20	14,4	0,606	1,95
74	75	76	0,75	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0264	0,3	0,3	20	14,4	0,286	1,84
75	76	77	0,77	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0307	0,15	0,15	20	14,4	0,085	0,92
76	64	65	3	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0249	1,9	0,475	25	18	0,884	1,87
77	66	78	0,77	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0261	0,85	0,3213	20	14,4	0,332	1,97
78	78	79		LLP		F	0,7	0,2858	15	16,1	0,286	
79	79	80	3,33	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0267	0,7	0,2858	20	14,4	1,162	1,75
80	80	81	0,88	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,027	0,6	0,2683	20	14,4	0,274	1,65
81	81	82	1,02	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0274	0,5	0,25	20	14,4	0,28	1,54
82	82	83	0,92	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0279	0,4	0,2309	20	14,4	0,219	1,42
83	83	84	0,93	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0284	0,3	0,2121	20	14,4	0,19	1,3
84	84	85	1,21	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0288	0,2	0,2	20	14,4	0,223	1,23
85	85	86	2	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,034	0,1	0,1	20	14,4	0,109	0,61
86	75	87	0,17	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0296	0,15	0,15	16	11,6	0,053	1,42
87	76	88	0,22	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0296	0,15	0,15	16	11,6	0,069	1,42
88	77	89	0,23	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0296	0,15	0,15	16	11,6	0,072	1,42
89	74	90	0,24	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,037	0,95
90	72	91	0,16	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,025	0,95
91	71	92	0,16	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,025	0,95
92	82	93	0,23	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,035	0,95
93	83	94	0,19	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,029	0,95
94	84	95	0,18	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,028	0,95
95	86	96	0,27	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,041	0,95
96	69	97	0,19	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,029	0,95
97	70	98	0,18	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,028	0,95
98	80	99	0,21	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,032	0,95
99	81	100	0,22	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,034	0,95
100	73	101	0,18	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,028	0,95
101	85	102	0,17	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0325	0,1	0,1	16	11,6	0,026	0,95
104	103	2	12,38	Tubo Aliment.	PE-X3,2/0.01	F/0,0238	4,5	0,7115	32	23,2	2,204	1,68
102	1	103	2,87	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0238	4,55	0,7106	32	23,2	0,51	1,68
103	103	104	1,71	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,039	0,05	0,05	16	11,6	0,079	0,47
2	2	3		LLPGV		F	0,85	0,3213	25	27,3	0,058	
106	78	107	1,33	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0307	0,15	0,15	20	14,4	0,147	0,92
107	107	108	0,69	Deriv.particular	PE-X3,2/0.01	F/0,0296	0,15	0,15	16	11,6	0,217	1,42

Nudo	Aparato	Cota sobre planta(m)	Cota total (m)	H(mca)	Pdinám. (mca)	Caudal fría(l/s)	Caudal caliente(l/s)
1	CRED	0	0	50	50	0	
2		0	0	47,29	47,29	0	
3		0	0	47,23	47,23	0	
4		0	0	46,97	46,97	0	
5		0	0	46,59	46,59	0	
6		0	0	46,36	46,36	0	
7		0	0	46,16	46,16	0	
8		0	0	46,23	46,23	0	
9		0	0	46,17	46,17	0	
10		0	0	46,03	46,03	0	
11		0	0	45,91	45,91	0	
12		0	0	45,66	45,66	0	
13		0	0	45,6	45,6	0	
14		0	0	45,12	45,12	0	
15		0	0	45,07	45,07	0	
16		0	0	45,01	45,01	0	
17		0	0	43,45	43,45	0	
18		0	0	43,26	43,26	0	
19		0	0	43,13	43,13	0	
20		0	0	42,3	42,3	0	
21		0	0	42,23	42,23	0	
22		0	0	41,99	41,99	0	

23		0	0	41,71	41,71	0
24		0	0	41,41	41,41	0
25		0	0	41,13	41,13	0
26		0	0	41,04	41,04	0
27		0	0	42,55	42,55	0
28		0	0	42,26	42,26	0
29		0	0	42,17	42,17	0
30		0	0	43,19	43,19	0
31		0	0	42,82	42,82	0
32		0	0	41,61	41,61	0
33		0	0	41,52	41,52	0
34		0	0	41,26	41,26	0
35		0	0	40,97	40,97	0
36		0	0	40,75	40,75	0
37		0	0	40,56	40,56	0
38		0	0	40,34	40,34	0
39		0	0	40,23	40,23	0
40	Lavabo	0	0	46,56	46,56	0,1
41	Lavabo	0	0	46,31	46,31	0,1
42	Lavabo	0	0	45,09	45,09	0,1
43	Lavabo	0	0	45,04	45,04	0,1
44	Lavabo	0	0	42,2	42,2	0,1
45	Lavabo	0	0	41,96	41,96	0,1
46	Lavabo	0	0	41,1	41,1	0,1
47	Lavabo	0	0	41,48	41,48	0,1
48	Lavabo	0	0	41,21	41,21	0,1
49	Lavabo	0	0	40,3	40,3	0,1
50	Inodoro cisterna	0	0	46,14	46,14	0,1
51	Inodoro cisterna	0	0	45,62	45,62	0,1
52	Inodoro cisterna	0	0	45,56	45,56	0,1
53	Inodoro cisterna	0	0	40,99	40,99	0,1
54	Inodoro cisterna	0	0	41,38	41,38	0,1
55	Inodoro cisterna	0	0	41,68	41,68	0,1
56	Inodoro cisterna	0	0	40,94	40,94	0,1
57	Inodoro cisterna	0	0	40,72	40,72	0,1
58	Inodoro cisterna	0	0	40,54	40,54	0,1
59	Inodoro cisterna	0	0	40,2	40,2	0,1
60	Urinario temporiz.	0	0	46,1	46,1	0,15
61	Urinario temporiz.	0	0	42,11	42,11	0,15
62	Urinario temporiz.	0	0	42,19	42,19	0,15
63	Urinario temporiz.	0	0	42,46	42,46	0,15
64		0	0	44,89	44,89	0
65		0	3	44,01	41,01	0
66		0	3	42,31	39,31	0
67		0	3	42,17	39,17	0
69		0	3	41,15	38,15	0
70		0	3	40,91	37,91	0
71		0	3	40,61	37,61	0
72		0	3	40,33	37,33	0
73		0	3	40,05	37,05	0
74		0	3	39,95	36,95	0
75		0	3	42,12	39,12	0
75		0	3	41,51	38,51	0
76		0	3	41,23	38,23	0
77		0	3	41,14	38,14	0
78		0	3	41,97	38,97	0
79		0	3	41,69	38,69	0
80		0	3	40,53	37,53	0
81		0	3	40,25	37,25	0
82		0	3	39,97	36,97	0
83		0	3	39,75	36,75	0
84		0	3	39,56	36,56	0
85		0	3	39,34	36,34	0
86		0	3	39,23	36,23	0
87	Urinario temporiz.	0	3	41,46	38,46	0,15



88	Urinario temporiz.	0	3	41,16	38,16	0,15	
89	Urinario temporiz.	0	3	41,07	38,07	0,15	
90	Inodoro cisterna	0	3	39,91	36,91	0,1	
91	Inodoro cisterna	0	3	40,3	37,3	0,1	
92	Inodoro cisterna	0	3	40,59	37,59	0,1	
93	Inodoro cisterna	0	3	39,94	36,94	0,1	
94	Inodoro cisterna	0	3	39,72	36,72	0,1	
95	Inodoro cisterna	0	3	39,54	36,54	0,1	
96	Inodoro cisterna	0	3	39,19	36,19*	0,1	
97	Lavabo	0	3	41,12	38,12	0,1	
98	Lavabo	0	3	40,88	37,88	0,1	
99	Lavabo	0	3	40,49	37,49	0,1	
100	Lavabo	0	3	40,22	37,22	0,1	
101	Lavabo	0	3	40,02	37,02	0,1	
102	Lavabo	0	3	39,31	36,31	0,1	
103		0	0	49,49	49,49	0	
104	Lavamanos	0	0	49,41	49,41	0,05	
107		0	3	41,83	38,83	0	
108	Grifo aislado	0	3	41,61	38,61	0,15	

NOTA:

- * Rama de mayor velocidad o nudo de menor presión dinámica.



PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales

1. AMBITO DE APLICACION.
2. DEFINICIONES DE LAS INSTALACIONES Y DE SUS COMPONENTES.
3. PRESIONES.
4. COEFICIENTE DE SEGURIDAD A ROTURA POR PRESION HIDRAULICA INTERIOR.
5. FACTOR DE CARGA.
6. CALCULO MECANICO.
7. DIAMETRO NOMINAL.
8. CONDICIONES GENERALES SOBRE TUBOS Y PIEZAS.
9. MARCADO.
10. PRUEBAS EN FABRICA Y CONTROL DE FABRICACION.
11. ENTREGA Y TRANSPORTE. PRUEBAS DE RECEPCION EN OBRA DE LOS TUBOS Y ELEMENTOS.
12. ACEPTACION O RECHAZO DE LOS TUBOS.
13. PRUEBAS EN ZANJA.
14. GASTOS DE ENSAYOS Y PRUEBAS.

Condiciones y características técnicas de los tubos y accesorios para abastecimiento.

1. GENERALIDADES.
2. TUBOS Y ACCESORIOS DE FUNDICION.
3. TUBOS Y ACCESORIOS DE ACERO.
4. TUBOS DE HORMIGON.
5. TUBOS DE AMIANTO-CEMENTO.
6. TUBOS DE PLASTICO.
7. PRUEBAS OBLIGATORIAS PARA TODOS LOS TUBOS.



8. MATERIALES PARA PIEZAS, JUNTAS Y REVESTIMIENTO DE TUBOS.

Protección de tuberías

1. GENERALIDADES.
2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CORROSION.
3. CLASIFICACION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION.

Instalación de tuberías

1. TRANSPORTE Y MANIPULACION.
2. ZANJAS PARA ALOJAMIENTO DE TUBERIAS.
3. MONTAJE DE TUBOS Y RELLENO DE ZANJAS.
4. JUNTAS.
5. SUJECION Y APOYO EN CODOS, DERIVACIONES Y OTRAS PIEZAS.
6. OBRAS DE FABRICA.
7. LAVADO DE TUBERIAS.

Pruebas de la tubería instalada

1. PRUEBA DE PRESION INTERIOR.
2. PRUEBA DE ESTANQUIDAD.

PLIEGO DE CONDICIONES

Condiciones Generales.

1. AMBITO DE APLICACION.

Este Pliego de Condiciones Técnicas será de aplicación en la prestación a contratar, realización del suministro, explotación del servicio o ejecución de las obras y colocación de tubos, uniones, juntas, llaves y demás piezas especiales necesarias para formar las conducciones de abastecimiento y distribución de aguas potables a presión.

2. DEFINICIONES DE LAS INSTALACIONES Y DE SUS COMPONENTES.

Se entenderá 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 el suministro público, impidiendo su pérdida y contaminación.

Se llama "red de distribución" al conjunto de tuberías instaladas en el interior de una población interconectadas entre sí, y de las cuales se derivan las tomas para los usuarios.

Se denomina "conducción" la tubería que lleva el agua desde la captación hasta el depósito regulador u origen de la red de distribución.

Se llama "arteria" a la tubería del interior de una población que enlaza un sector de su red con el conjunto, con cierta independencia, y sin realizarse tomas directas para usuarios sobre ella.

Se da el nombre de "tubo" al elemento recto, de sección circular y hueco, que constituye la mayor parte de la tubería. Los elementos que permitan cambio de dirección, empalmes, derivaciones, reducciones, uniones con otros elementos, etc., se llamarán piezas especiales.

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

Los elementos que permitan cortar el paso del agua, evitar su retroceso o reducir la presión, se llamarán llaves o válvulas.

Los elementos que permitan la salida o entrada del aire en las conducciones o tuberías se denominarán "ventosas". Se llamarán desagües las unidades que permitan vaciar las tuberías por sus puntos bajos.

Los elementos que permitan disponer del agua para usos públicos se denominarán "bocas de riego, hidrantes o fuentes".

3. PRESIONES.

Para los tubos fabricados en serie se denomina "presión normalizada" (P_n) aquella con arreglo a la cual se clasifican y timbran los tubos.

Con excepción de los de acero, los tubos que el comercio ofrece en venta habrán sufrido en fábrica la prueba a dicha presión normalizada, sin acusar falta de estanquidad. Esta presión se expresará en kilogramos por centímetro cuadrado.

Se llama presión de rotura (P_r) para tubos de material homogéneo la presión hidráulica interior que produce una tracción circunferencial en el tubo igual a la tensión nominal de rotura a tracción (σ) del material de que está fabricado:

$$P_r = (2 \cdot e/D) \cdot \sigma$$

Siendo D el diámetro interior del tubo y e el espesor de la pared del mismo.

Se entiende por presión de fisuración (P_f) para los tubos de hormigón armado o pretensado, ambos con o sin camisa de chapa, aquella que haga aparecer la primera fisura de por lo menos, dos décimas de milímetro (0,2 mm) de anchura y treinta centímetros (30 cm) de longitud, en una prueba de carga a presión interior.

La presión máxima de trabajo (P_t) de una tubería es la suma de la máxima presión de servicio más las sobrepresiones, incluido el golpe de ariete.

4. COEFICIENTE DE SEGURIDAD A ROTURA POR PRESION HIDRAULICA INTERIOR.

Para tubos de material homogéneo, excepto plásticos, deberá verificarse siempre:

$$P_r \geq 2P_n$$

$$P_n/2 \geq P_t$$

Por lo tanto, el coeficiente de seguridad a rotura será:

$$P_r/P_t \geq 2$$

Para tubos de hormigón armado o pretensado, ambos con o sin camisa de chapa, deberá verificarse siempre $P_f \geq 2,8 P_t$.

5. FACTOR DE CARGA.

Se define como factor de carga a la relación (cociente) entre la carga vertical total sobre el tubo en las condiciones de trabajo y la carga correspondiente a la prueba de flexión transversal. En su fijación influyen las condiciones de apoyo de la tubería (camas), la forma de la zanja, la clase de terreno natural y la calidad y compactación del material de relleno de la zanja.

6. CALCULO MECANICO.

Para el cálculo de las reacciones de apoyo se admite que éstas son uniformes y verticales, con un arco de apoyo igual a ciento veinte grados sexagesimales (120°) en el caso de cama de hormigón, y de ochenta grados sexagesimales (80°) para los casos de apoyo sobre gravilla. Para el cálculo de los tubos se supondrá un factor de carga de uno con cinco (1,5) en el caso de apoyo de gravilla, y factor de carga dos (2) en el caso de cama de hormigón.

Asimismo se calculará el apoyo y anclaje de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y, en general, todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar movimientos perjudiciales.

7. DIAMETRO NOMINAL.

El diámetro nominal (DN) es un número convencional de designación, que sirve para clasificar por dimensiones los tubos, piezas y, demás elementos de las conducciones, y corresponde al diámetro interior teórico en milímetros, sin tener en cuenta las tolerancias. Para los tubos de plástico, el diámetro nominal corresponde al exterior teórico en milímetros, sin tener en cuenta las tolerancias.

8. CONDICIONES GENERALES SOBRE TUBOS Y PIEZAS.

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 administración se reserva el derecho de verificar previamente, por medio de sus representantes, los modelos, moldes y encofrados que vayan a utilizarse para la fabricación de cualquier elemento.

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

Las superficies de rodadura, de fricción o contacto, las guías, anillos, ejes, piñones, engranajes, etc., de los mecanismos estarán convenientemente trazados, fabricados e instalados, de forma que aseguren de modo perfecto la posición y estanquidad de los órganos móviles o fijos, y que posean al mismo tiempo un funcionamiento suave, preciso, sensible y sin fallo de los aparatos.

Todas las piezas constitutivas de mecanismos (llaves, válvulas, juntas mecánicas, etc) 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 y medios adecuados.

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 alteración alguna en las características físicas, químicas bacteriológicas y organolépticas de las aguas, aún teniendo en cuenta el tiempo y los tratamientos físico-químicos a que éstas hayan podido ser sometidas.

Todos los elementos deberán permitir el correcto acoplamiento del sistema de juntas empleado para que éstas 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.

Las válvulas de compuerta llevarán en el volante u otra parte claramente visible, para el que las ha de accionar, una señal indeleble indicando los sentidos de apertura y cierre.

Las válvulas de diámetro nominal igual o superior a quinientos (500) milímetros irán provistas además de indicador de recorrido de apertura.

9. MARCADO.

Todos los elementos de la tubería llevarán, como mínimo, las marcas distintivas siguientes, realizadas por cualquier procedimiento que asegure su duración permanente:

1º. Marca de fábrica.

2º. Diámetro nominal.

3º. Presión normalizada en Kg/cm², excepto en tubos de hormigón armado y pretensado y plástico, que llevarán la presión de trabajo.

4º. Marca de identificación de orden, edad o serie, que permita encontrar la fecha de fabricación y modalidades de las pruebas de recepción y entrega.

10. PRUEBAS EN FÁBRICA Y CONTROL DE FABRICACION.

Los tubos, piezas especiales y demás elementos de la tubería podrán ser controlados por la Administración durante el período de su fabricación, para lo cual aquella nombrará un representante, que podrá asistir durante este período a las pruebas preceptivas a que deben ser sometidos dichos elementos de acuerdo con sus características normalizadas, comprobándose además dimensiones y pesos.

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.

El fabricante avisará al Director de Obra, con quince días de antelación como mínimo, del comienzo de la fabricación, en su caso, y de la fecha en que se propone efectuar las pruebas.

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

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.

11. ENTREGA Y TRANSPORTE. PRUEBAS DE RECEPCION EN OBRA DE LOS TUBOS Y ELEMENTOS.

Después de efectuarse las pruebas en fábrica y control de fabricación 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 su caso, en el pliego particular de prescripciones.

Cada entrega irá acompañada de una hoja de ruta, especificando naturaleza, número, tipo y referencia de las piezas que la componen, y 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 solicitará del Director de la obra con tiempo suficiente.

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

El Director de obra, si lo estima necesario, podrá ordenar en cualquier momento la repetición de pruebas sobre las piezas ya ensayadas en fábrica.

El Contratista, avisado previamente por escrito, facilitará los medios necesarios para realizar estas pruebas, de las que levantará acta, y los resultados obtenidos en ellas prevalecerán sobre los de las primeras.

Si los resultados de estas últimas fueran 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 el Director de obra. De no realizarlo en contratista, lo hará la Administración, a costa de aquél.

12. ACEPTACION O RECHAZO DE LOS TUBOS.

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

Los tubos que no satisfagan las condiciones generales fijadas en este Pliego serán rechazados.

Cuando un tubo, elemento de tubo o junta no satisfaga una prueba se repetirá esta misma sobre dos muestras más del lote ensayado, aceptándose si el resultado de ambas es bueno.

La aceptación de un lote no excluye la obligación del contratista de efectuar los ensayos de tubería instalada y reponer, a su costa, los tubos o piezas que puedan sufrir deterioro o rotura durante el montaje o las pruebas en zanja.

13. PRUEBAS EN ZANJA.

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

14. GASTOS DE ENSAYOS Y PRUEBAS.

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

Será asimismo de cuenta del contratista aquellos otros ensayos y pruebas en fábrica o en obra que exija el Director de obra, si los resultados de los citados ensayos ocasionasen el rechazo del material.

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

El contratista está obligado a tomar las medidas oportunas para que el Director de obra disponga de los medios necesarios para realizar las pruebas en zanja prescritas sin que ello suponga a la Administración gasto adicional alguno.

Condiciones y características técnicas de los tubos y accesorios para abastecimiento

1. GENERALIDADES.

Todos los elementos que entren en la composición de los suministros y obras procederán de talleres o fábricas aceptados por la administración.

Los materiales normalmente empleados en la fabricación de tubos y otros elementos para tuberías serán los siguientes: fundición, acero, amianto-cemento, hormigón, plomo, bronce, caucho y plástico.

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.

Los materiales a emplear en la fabricación de los tubos deberán responder a

los requisitos que en este Pliego se indican.

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 reflejadas en el Pliego.

2. TUBOS Y ACCESORIOS DE FUNDICION.

2.1. CALIDAD DE LA FUNDICION.

La fundición empleada para la fabricación de tubos, uniones, juntas, piezas y cualquier otro accesorio deberán ser de fundición gris, con grafito laminar (conocida como fundición gris normal) o con grafito esferoidal (conocida también como modular o dúctil).

La fundición presentará en su fractura grano fino, 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, sopladuras, bolsas de aire o huecos, gotas frías, grietas, manchas, pelos ni otros defectos debidos a impurezas que perjudiquen a la resistencia o a la continuidad del material y al buen aspecto de la superficie del producto obtenido. Las paredes interiores y exteriores de las piezas deben estar cuidadosamente acabadas, limpiadas y desbarbadas.

2.2. ENSAYOS MECANICOS DE LA FUNDICION.

2.2.1. Ensayo para determinar la tensión de rotura a flexión en la fundición.

Este ensayo, en los tubos de fundición centrifugada en coquilla metálica, se hará sobre anillos que se cortarán del extremo macho del tubo, de unos veinticinco milímetros de anchura. El anillo será colocado en una máquina apropiada que permita proporcionar un esfuerzo de tracción por el interior por medio de dos cuchillos orientados en dos generatrices diametralmente opuestas. Los filos de estos cuchillos, apoyados en dos generatrices, están formados por la intersección de dos caras que deben formar un ángulo de ciento cuarenta grados (140°) acordadas con un radio de cinco milímetros (5 mm).

La tensión de rotura a flexión del anillo se deducirá de la carga total de rotura por la fórmula siguiente:

$$\sigma = 3 \cdot P \cdot (D+e) / b \cdot e^2$$

en la cual:

σ = tensión de rotura a la flexión del anillo en kg/mm².

P = carga de rotura en kilogramos.

D = diámetro interior del anillo en milímetros.

e = espesor del anillo en mm.

b = anchura del anillo en mm.

El ensayo para determinar la tensión de rotura a flexión en la fundición vertical en molde de arena, se efectuará sobre una barra cilíndrica de sección perfectamente circular de veinticinco (25) mm de diámetro con una longitud total de seiscientos (600) mm, se colocará sobre unos soportes separados quinientos (500) mm, y será sometida a flexión, aplicada gradualmente en su centro, a la que corresponde una tensión de veintiséis (26) kilogramos por milímetro cuadrado. La flecha en el centro de la barra en el momento de la rotura, no debe ser menor de cinco (5) mm.

2.2.2. Ensayos para determinar la tensión de rotura a tracción en las tuberías de fundición.

Las probetas para ensayos de tracción en la fundición centrifugada se obtendrán de los mismos tubos, si el espesor lo permite. Tendrán una longitud aproximada de noventa (90) mm. Su parte central, en una longitud de treinta (30) mm, tendrá seis (6) mm de diámetro y se acordará con una superficie de amplio radio a los dos extremos de la pieza, cuyos últimos veinte (20) mm serán cilíndricos de dieciséis (16) mm de diámetro, de tal forma que se presten a la sujeción a la máquina de ensayo.

Para la fundición vertical se prepararán las probetas sin defectos, convenientemente moldeadas, si son en bruto, o si no correctamente mecanizadas. Serán de sección circular de veinte a veinticinco (20 a 25) mm de diámetro en su parte central, y una longitud de cincuenta (50) mm y dispondrán en cada extremo de un orificio que permita su sujeción a la máquina de ensayo. Se someterán las piezas a un esfuerzo de tracción gradualmente creciente hasta llegar a la rotura de los mismos.

2.2.3. Ensayos para determinar la resistencia en tuberías de fundición.

Se harán sobre una probeta de sección cuadrada de seis a diez (6 a 10) mm de lado y cincuenta y cinco (55) mm de longitud mecanizada en sus cuatro caras. Las probetas de esta forma y dimensiones se ensayarán de acuerdo con la norma UNE 7056 interponiendo entre los extremos de cada probeta y los apoyos de la máquina unas piezas prismáticas metálicas cuya altura sumada a la semialtura de la probeta sea igual a cinco (5) mm.

2.2.4. Ensayo para determinar la resistencia al impacto en tuberías de fundición vertical en molde de arena.

Se efectuará sobre una barra de doscientos (200) mm de longitud y sección cuadrada de cuarenta (40) mm de lado con las caras perfectamente planas y paralelas, obtenida de la misma colada de fundición de los tubos objeto del ensayo. Se colocará horizontalmente sobre dos apoyos a una distancia entre ejes de ciento sesenta (160) mm debiendo resistir sin romperse el impacto producido por un peso de doce (12) kg cayendo libremente de una altura de cuatrocientos (400) mm en el centro de la barra.

2.2.5. Ensayo para determinar la dureza de las tuberías de fundición.

Se realizará sobre las probetas o anillos utilizados en los ensayos precedentes mediante la aplicación de una carga de tres mil (3.000) kg sobre una bola de diez (10) mm de diámetro durante quince (15) segundos (UNE nº 7017).

2.3. FABRICACION.

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

- Serán desmoldeados con todas las precauciones necesarias para evitar su deformación, así como los efectos de retracción perjudiciales para su buena calidad.
- Los tubos rectos podrán fundirse verticalmente en moldes de arena o por centrifugación en coquilla metálica o moldes de arena.
- Las piezas especiales y otros elementos se podrán fundir horizontalmente si lo permite su forma.
- 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.
- Las superficies interiores y exteriores estarán limpias, bien terminadas y perfectamente lisas.

2.4. RECEPCION EN FÁBRICA.

Cualquier tubo o pieza cuyos defectos se hayan ocultado por soldadura, mástique, plomo o cualquier otro procedimiento, serán rechazados.

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.

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

La garantía será válida para un período de un año desde la fecha de entrega.

2.5. PROTECCION.

Todos los tubos, uniones y piezas se protegerán con revestimientos tanto en el interior como en el exterior.

Antes de iniciar su protección, los tubos y piezas se deberán limpiar cuidadosamente quitando toda traza de óxido, arenas, escorias, etc.

El revestimiento deberá secar rápidamente sin escamarse ni exfoliarse, estará

bien adherido y no se agrietará. 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.

3. TUBOS Y ACCESORIOS DE ACERO.

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ACERO.

El acero empleado en la fabricación de tubos y piezas especiales será dulce y perfectamente soldable. A requerimiento de la Administración el fabricante deberá presentar copia de los análisis de cada colada. Los ensayos de soldadura se efectuarán a la recepción del material y consistirán en el plegado sobre junta soldada.

Las características, sobre producto, para el acero en la fabricación de tubos serán las establecidas en el cuadro siguiente:

Tubos soldados a tope

- Tracción (kg/mm^2) = 37 a 45
- Mínimo alargamiento de U en % = 26
- Fósforo (porcentaje máximo) = 0,060
- Azufre (porcentaje máximo) = 0,055

Tubos sin soldadura

- Tracción (kg/mm^2) = 37 a 45
- Mínimo alargamiento de U en % = 26
- Fósforo (porcentaje máximo) = 0,060
- Azufre (porcentaje máximo) = 0,055

Tubos sin soldadura

- Tracción (kg/mm^2) = 52 a 62
- Mínimo alargamiento de U en % = 22
- Carbono (porcentaje máximo) = 0,23
- Fósforo (porcentaje máximo) = 0,055
- Azufre (porcentaje máximo) = 0,055

3.2. ENSAYOS Y PRUEBAS.

3.2.1. Modo de efectuar los ensayos a tracción de la chapa de acero para tubos.

Las probetas de tracción para el acero se cortarán de las chapas antes de la obtención de los tubos o de estos mismos y tendrán formas circulares y rectangulares.

La probeta rectangular tendrá un ancho máximo de 30 mm y su espesor será el de la chapa. Sin embargo, si este espesor es mayor de 30 mm., se rebajará por lo menos a dicha dimensión, por mecanizado de una sola de sus caras. Cuando el espesor sea de 50 mm, o más, previo común acuerdo, podrá utilizarse probeta cilíndrica.

Las probetas se someterán a tracción por medio de una máquina, dispositivos y métodos adecuados.

Cuando la probeta de ensayo rompa fuera de la semilongitud central útil, debe repetirse la prueba con probetas procedentes de la misma chapa de la probada hasta obtener una rotura en la zona correspondiente a la semilongitud central útil.

3.2.2. Pruebas de soldadura.

El representante de la Administración puede escoger para los ensayos dos (2) tubos de cada lote de cien (100) tubos. Si alguna de las dos (2) 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, se podrá rechazar el lote, o si así quisiera el fabricante, probar cada uno de los tubos del lote, siendo rechazados los que no alcanzaren los resultados que se indican a continuación.

a) Tubos soldados a tope de diámetro hasta cuatrocientos (400) mm. Unos anillos de no menos de cien (100) mm de longitud, cortados de los extremos del tubo deben comprimirse entre dos placas paralelas con el punto medio de la soldadura situado en el diámetro perpendicular a la línea de la dirección del esfuerzo. Si se comprueban deficiencias en el material o en la penetración de la soldadura, puede rechazarse el tubo. Defectos superficiales motivados por imperfecciones en la superficie no serán causa de rechazo.

b) Tubos soldados a tope de diámetro igual o mayor de cuatrocientos (400) mm. Unas tiras de cuarenta (40) mm de anchura, obtenidas por desarrollo del tubo, con la soldadura aproximadamente en su mitad, deben resistir sin romperse un plegado de ciento ochenta (180) grados sexagesimales alrededor de un mandril cuyo radio sea dos (2) veces el espesor de la pieza probada, la cual debe doblarse con tracción en la base o raíz de la soldadura. Se dice que la soldadura cumple la condición que acaba de estipularse:

b1) si después del plegado no se aprecian grietas u otros defectos visibles mayor de tres (3) mm.

b2) aunque se produzcan grietas, si se observa que la penetración de la soldadura es completa y no existen poros ni inclusiones de escoria que tengan más de quince (15) décimas de mm en su mayor dimensión.

3.3. FABRICACION.

Los tubos, uniones y piezas deberán estar perfectamente terminados, limpios, sin grietas, pajas, etc., ni cualquier otro defecto de superficie. Los tubos serán rectos y cilíndricos dentro de las tolerancias admitidas. Sus bordes extremos estarán perfectamente limpios y a escuadra con el eje del tubo y la superficie interior perfectamente lisa.

3.4. PROTECCION.

Todos los tubos y piezas de acero serán protegidos interior y exteriormente contra la corrosión, por alguno de los procedimientos indicados en este pliego.

4. TUBOS DE HORMIGON.

4.1. CARACTERISTICAS DEL HORMIGON PARA TUBOS.

Teniendo en cuenta la clase de hormigón empleado, los tubos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Tubos de hormigón en masa.
- Tubos de hormigón armado con camisa de chapa.
- Tubos de hormigón armado sin camisa de chapa.
- Tubos de hormigón pretensado con camisa de chapa.
- Tubos de hormigón pretensado sin camisa de chapa.

Los hormigones y sus componentes elementales, además de las condiciones de este pliego cumplirán las de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

Tanto para los tubos centrifugados como para los vibrados, la resistencia características a la compresión del hormigón debe ser superior a la de cálculo. Esta en ningún caso debe ser inferior a los doscientos setenta y cinco (275) kilogramos por centímetro cuadrado a los veintiocho (28) días, en probeta cilíndrica.

Los hormigones que se empleen en los tubos se ensayarán con una serie de seis probetas como mínimo diariamente.

4.1.1. Cemento.

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

La utilización de cementos puzolánicos está permitida e incluso recomendada en tuberías situadas en ambientes agresivos.

El cemento será acopiado en silos o almacenes adecuados, separado por partidas y conservado en un ambiente exento de humedad.

El cemento no llegará a la obra excesivamente caliente. Si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos, su temperatura no excederá de setenta grados centígrados (70 °C) y si se va a realizar a mano, no excederá de cuarenta grados centígrados (40 °C) de la temperatura ambiente más cinco grados centígrados (5 °C).

4.1.2. Áridos.

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

Al menos el ochenta y cinco por ciento (85 %) del árido total será de dimensión menor de cuatro décimas (0,4) del espesor de la correspondiente capa de hormigón del tubo, y de los cinco sextos (5/6) de la mínima distancia libre entre armaduras.

4.1.3. Agua.

El agua cumplirá las condiciones exigidas en la vigente Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón.

4.1.4. Dosificación.

El fabricante estudiará la composición del hormigón con el fin conseguir la mayor impermeabilidad posible y las resistencias y demás condicionantes exigidas.

4.1.5. Acero para armaduras.

El acero para la fabricación de armaduras será de sección uniforme, de superficies lisas o corrugadas y cumplirá las condiciones exigidas para este material, en la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón.

En el caso de tuberías pretensadas, además de cumplir los requisitos exigidos a los aceros de pretensado de uso general, reunirán las condiciones que se citan a continuación:

1º/ Tensión de rotura. La carga máxima no será inferior a 150 kg/mm².

2º/ Límite elástico convencional (0,2 por 100). 0,82 \square $\square\square\square$ 0,2 $\square\square$ 0,9 \square

3º/ Alargamiento en rotura. Medido según la norma UNE 7265 sobre una base de diez diámetros, no será inferior al 7 por 100.

4º/ Doblado alternativo. Utilizando en cada caso el mandril que corresponda, el número de doblados resistidos no será inferior a 10.

5º/ Relajación. La relajación a 1.000 h con el 70 por 100 de la carga de rotura no será superior al 5 por 100.

6º/ Alambrón. El alambrón destinado a la obtención del alambre de pretensado será de acero convenientemente desoxidado, y prácticamente exento de nitrógeno, hidrógeno e inclusiones de cualquier tipo.

7º/ Estructura del alambre. El estado físico-químico de la microestructura será el correspondiente al trefilado en frío, a partir del patentado en baño de plomo, para que resulte una estructura sorbítica. Finalmente, el alambre será envejecido y estabilizado.

8º/ Estado de la superficie. La superficie o piel del alambre estará fosfatada uniformemente, y sin defectos, procedente del laminado en caliente o del trefilado en frío.

4.2. CHAPA DE ACERO.

La chapa de acero empleado en la fabricación de la camisa para cualquier clase de tubos, será de acero dulce, de espesor uniforme. No deberá tener carga de rotura inferior a treinta y siete (37) kilogramos por milímetro cuadrado. Deberá poder doblarse en frío, formando un ángulo de ciento ochenta grado sexagesimales (180°), sobre un espesor igual al de la chapa, según la norma UNE 7051.

4.3. PRUEBAS.

4.3.1. Prueba de flexión transversal.

El tubo elegido para la prueba se colocará apoyado sobre dos reglas de madera separadas un doceavo (1/12) del diámetro exterior y como mínimo veinticinco (25) milímetros. La carga de ensayo se aplicará uniformemente a lo largo de la generatriz opuesta al apoyo por medio de una regla de madera con un ancho de diez (10) centímetros, con el mismo sistema de compensación de irregularidades. Se llamará carga de rotura la carga máxima que señale el aparato de medida.

4.3.2. Prueba de flexión longitudinal.

La probeta elegida para los tubos se colocará sobre dos apoyos. Se cargará 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 uno a dos centímetros de espesor. La carga aplicada se aumentará progresivamente, de modo que la tensión calculada para el tubo vaya creciendo a razón de ocho a doce kilogramos por centímetro cuadrado y segundo hasta el valor que provoque la rotura.

4.4. FABRICACION.

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 que

se van a emplear, así como sobre las eventuales modificaciones que se pretendan introducir en el curso de los trabajos.

Los tubos se fabricarán por centrifugación, por vertido en moldes verticales y vibración.

No se emplearán dosificaciones de cemento inferiores a trescientos cincuenta (350) kilogramos por metro cúbico. Se deberá tener en cuenta el efecto de la retracción para que no se produzcan fisuras por este motivo. El hormigón de los tubos debe someterse a cualquier método de curado que se apruebe por la Administración (agua, vapor, compuestos de curado, etc).

Las barras de acero para las armaduras podrán ser lisas o corrugadas. El redondo se colocará limpio, exento de óxido no adherente, pintura, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial. El recubrimiento mínimo, tanto de la armadura principal como de la de reparto, será de dos (2) centímetros en hormigón armado y dos con cinco (2,5) para pretensado. La hélice del redondo deberá ser lo más continua posible. En los tubos no pretensados los empalmes deben ser soldados eléctricamente por el método de arco o resistencia a tope, y en cualquier caso la soldadura debe resistir tanto como las barras. Si se autoriza taxativamente el empalme por solapo, la longitud del mismo debe ser igual o mayor a cuarenta (40) veces el diámetro del redondo.

Las chapas de acero para las camisas se soldarán a tope, dando como mínimo una resistencia a la tracción igual a la de la chapa. Se recomienda que el número de soldaduras sea el menor posible.

5. TUBOS DE AMIANTO-CEMENTO.

El amianto-cemento es un material artificial obtenido por la mezcla íntima y homogénea de agua, cemento y fibras de amianto, sin adición alguna que pueda perjudicar su calidad. Las características de los materiales que lo componen son idénticas a las definidas para tubos de hormigón.

Los tubos deberán presentar interiormente una superficie regular y lisa, sin protuberancias ni desconchados. También cumplirá estas condiciones la superficie exterior del tubo en la zona de unión.

Las características mecánicas del amianto-cemento deberán ser como mínimo las siguientes:

Tensión de rotura

Por presión hidráulica interior = 200 kg/cm²

Por flexión transversal = 450 kg/cm²

Por flexión longitudinal = 250 kg/cm²

5.1. PRUEBAS.

5.1.2. Prueba de flexión transversal.

Se efectuará sobre un trozo de tubo de veinte (20) centímetros de longitud. El

tubo habrá estado sumergido en agua durante cuarenta y ocho (48) horas. Se colocará el tubo probeta entre los platillos de la prensa, interponiendo entre éstos y las generatrices del apoyo del tubo una chapa de fieltro o plancha de fibra de madera blanda de uno a dos centímetros de espesor. La carga en la prensa se aumentará progresivamente de modo que la tensión calculada para el tubo vaya creciendo a razón de cuarenta a sesenta kilogramos por centímetro cuadrado y segundo, hasta llegar a la rotura de la probeta.

5.1.3. Prueba de flexión longitudinal.

Idéntica a la efectuada en tubos de hormigón.

6. TUBOS DE PLASTICO.

6.1. POLICLORURO DE VINILO P.V.C.

El material empleado se obtendrá del policloruro de vinilo técnicamente puro, es decir, aquel que no tenga plastificantes, ni una proporción superior al uno por ciento de ingredientes necesarios para su propia fabricación.

Las características físicas del material de PVC en tuberías serán las siguientes:

- Peso específico: 1,37 a 1,42 kg/dm³.
- Coeficiente de dilatación lineal: 60 a 80 millonésimas por °C.
- Temperatura de reblandecimiento: No menor de 80 °C.
- Módulo de elasticidad: Como mínimo 28.000 kg/cm²
- Valor mínimo de la Tensión máxima del material a tracción: 500 kg/cm²
- Absorción máxima de agua: 4 mg/cm²
- Opacidad: 0,2 por 100 como máximo de la luz incidente.

6.2. POLIETILENO.

El polietileno puro podrá ser fabricado a alta presión, llamado polietileno de baja densidad o fabricado a baja presión, llamado polietileno de alta densidad.

El polietileno puro fabricado a alta presión (baja densidad) que se utilice en tuberías tendrá las siguientes características:

- Peso específico: 0,93 g/ml.
- Coeficiente de dilatación lineal: 200 a 230 millonésimas por °C.
- Temperatura de reblandecimiento: No menor de 87 °C.
- Módulo de elasticidad: Como mínimo 1.200 kg/cm²
- Valor mínimo de la Tensión máxima del material a tracción: 100 kg/cm²

El polietileno puro fabricado a baja presión (alta densidad) que se utilice en tuberías tendrá las siguientes características:

- Peso específico: 0,94 g/ml.
- Coeficiente de dilatación lineal: 200 a 230 millonésimas por °C.
- Temperatura de reblandecimiento: No menor de 100 °C.

- Módulo de elasticidad: Como mínimo 9.000 kg/cm^2
- Valor mínimo de la Tensión máxima del material a tracción: 190 kg/cm^2

6.3. PRUEBAS.

6.3.1. Prueba de flexión transversal.

Igual a la practicada en tubos de amianto-cemento.

6.4. FABRICACION.

Los tubos de plástico se fabricarán en instalaciones especialmente preparadas con todos los dispositivos necesarios para obtener una producción sistematizada y con un laboratorio mínimo necesario para comprobar por muestreo al menos las condiciones de resistencia y absorción exigidas al material.

La tensión de rotura del material a tracción por presión interior será la correspondiente a cincuenta (50) años de vida útil de la obra para la temperatura de circulación del agua (20°C).

7. PRUEBAS OBLIGATORIAS PARA TODOS LOS TUBOS.

7.1. EXAMEN VISUAL DEL ASPECTO GENERAL DE LOS TUBOS Y COMPROBACION DE DIMENSIONES, ESPESORES Y RECTITUD DE LOS MISMOS.

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 ($2/3$) 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.

Los tubos de fundición se golpearán moderadamente para asegurarse que no tienen coqueras ni sopladuras.

7.2. PRUEBAS DE ESTANQUIDAD.

Los tubos que se van a probar se colocan en una máquina hidráulica, asegurando la estanquidad en sus extremos mediante dispositivos adecuados.

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

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 que se ha alcanzado la presión máxima de prueba.

La presión máxima de prueba de estanquidad será la normalizada para los tubos de fundición, acero y amianto-cemento; el doble de la presión de trabajo para los tubos de hormigón y cuatro veces la presión de trabajo para los tubos de plástico. Esta presión se mantiene en los tubos de amianto-cemento, plástico, acero

y fundición treinta (30) segundos y en los de hormigón dos horas.

Durante el tiempo de la prueba no se producirá ninguna pérdida ni exudación visible en las superficies exteriores.

7.3. PRUEBA A PRESION HIDRAULICA INTERIOR.

El tubo objeto del ensayo será sometido a presión hidráulica interior, utilizando en los extremos y para su cierre dispositivos herméticos, evitando cualquier esfuerzo axil, así como flexión longitudinal.

Se someterá a una presión creciente de forma gradual con incremento no superior a 2 kg/cm²s hasta llegar a la rotura o a la fisuración según los casos.

8. MATERIALES PARA PIEZAS, JUNTAS Y REVESTIMIENTO DE TUBOS.

8.1. ACERO.

El acero para piezas, tales como pernos, collares, cinturas, etc., será bien batido, no quebradizo, dulce, maleable en frío, de una contextura fibrosa y homogénea, sin pelos, grietas, quemaduras ni cualquier otro defecto. Serán rechazadas las piezas que se hundan o agrieten bajo el punzón o que al ser curvadas se desgarren o corten.

8.2. PLOMO.

El plomo para juntas será de primera fusión y no podrá contener más de cinco décimas por ciento (0,5 %) de materias extrañas, será maleable y no presentará pelos ni grietas cuando se trabaje al martillo. No presentará indicios de hidróxido plumboso, que es soluble y altamente venenoso, y puede producirse al contacto con aguas que llevan oxígeno abundante en disolución.

8.3. BRONCE.

El bronce que vaya a emplearse deberá ser sano, homogéneo, sin sopladuras ni rugosidades. Su composición será de noventa y dos octavos (92/8), referida a la aleación de cobre y estaño.

8.4. CAUCHO NATURAL.

El caucho natural empleado en las juntas deberá ser vulcanizado, homogéneo, exento de caucho regenerado y tener un peso específico no superior a 1,1 kg/dm³.

Deberá estar totalmente exento de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxido metálicos, excepto el óxido de cinc.

Las piezas de caucho deberán tratarse con antioxidantes.

8.5. CAUCHO SINTETICO.

Se prohíbe el empleo de caucho regenerado, así como la presencia de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxidos metálicos, excepto óxido de cinc.

Las características físicas y tecnológicas serán las mismas indicadas para el caucho natural.

8.6. CUERDAS.

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

8.7. BETUNES Y MASTIQUES BITUMINOSOS.

El barniz bituminoso para revestimiento de tubos deberá estar constituido por una disolución conteniendo el 45 % de betún asfáltico polimerizado disuelto en disolvente idóneo, la reacción del barniz deberá ser neutra o débilmente alcalina.

El mástique bituminoso deberá estar constituido por una mezcla de betún asfáltico y materia mineral finamente pulverizada y químicamente inerte.

8.8. PINTURAS, ESMALTES Y EMULSIONES.

Para la imprimación se utilizará un compuesto de breas de alquitrán procesadas y aceites de alquitrán refinados, perfectamente mezclados y de forma que se obtenga una masa lo suficientemente fluida para poder ser aplicada en frío a brocha o por pulverización. La pintura de imprimación no contendrá benzol ni cualquier otro disolvente tóxico o altamente volátil, ni mostrará tendencia a producir sedimentos en los recipientes en que esté contenida.

El esmalte estará compuesto de una brea de alquitrán, procesada de forma especial, combinada con un "filler" mineral inerte. No contendrá asfaltos de base natural ni derivados del petróleo.

Protección de tuberías

1. GENERALIDADES.

La corrosión de las tuberías depende principalmente del medio ambiente en que están colocadas, del material de su fabricación y del régimen de funcionamiento a que se ven sometidas.

Las tuberías destinadas a abastecimiento de agua se proyectan ordinariamente enterradas, por lo que se trata este caso de manera particular.

Cualquier sistema de protección deberá reunir las siguientes condiciones:

- a) Buena adherencia a la superficie de la tubería a proteger.
- b) Resistencia física y química frente al medio corrosivo en que está situada.
- c) Impermeabilidad a dicho medio corrosivo.

2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CORROSION.

Los factores que influyen en la corrosión de tuberías metálicas o de las armaduras de las tuberías de hormigón pueden encuadrarse en los grupos siguientes:

- La porosidad del suelo, que determina la aireación y por tanto, la afluencia de oxígeno a la superficie de la pieza metálica.
- Los electrolitos existentes en el suelo, que determinan su conductividad.
- Factores eléctricos, como pueden ser la diferencia de potencial existente entre dos puntos de la superficie del metal, el contacto entre dos metales distintos y las corrientes parásitas.
- El pH de equilibrio del agua y del terreno.
- La acción bacteriana, que influye en la corrosión de tuberías enterradas junto con la aireación y la presencia de sales solubles.
- El aumento de la agresividad, producido por la superposición de dos o más de los factores anteriores.

3. CLASIFICACION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION.

3.1. PROTECCION EXTERIOR.

3.1.1. Tuberías metálicas en la atmósfera.

- Medio ambiente poco o moderadamente agresivo: Protección a base de alquitrán y pintura (imprimación y acabado) o cinc metálico (inmersión o metalizado a pistola).
- Muy agresivo: Protección a base de alquitrán, mediante imprimación, capa intermedia y acabado.

3.1.2. Tuberías metálicas enterradas.

- Medio ambiente poco o medianamente agresivo: Protección a base de alquitrán (imprimación, capa intermedia y acabado), asfalto (imprimación y acabado) o

cinc metálico (inmersión).

- Medio ambiente muy agresivo: Protección a base de asfalto (imprimación, capa intermedia y acabado) o cemento (mortero y malla de alambre).
- Medio ambiente muy agresivo (caso de erosión mecánica): Protección a base de alquitrán y cemento mediante imprimación, capa intermedia y acabado.

3.1.3. Tuberías sumergidas.

- En agua dulce: Protección a base de pintura fenólica, alquitrán, alquitrán epoxi, pintura de cinc, uretanos, resina vinílica o protección catódica (imprimación, capa intermedia y acabado)
- En agua dulce en caso de posible erosión: Protección a base de resina epoxi mediante imprimación y acabado.

3.1.4. Tuberías a base de cemento.

- Medio ambiente agresivo: Protección a base de emulsiones bituminosas, asfaltos y alquitranes, caucho, esteres epoxi, alquitrán epoxi o silicatos.
- Medio ambiente muy agresivo: Protección a base de neopreno mediante imprimación y acabado.
- Medio ambiente muy agresivo y larga duración: Protección a base de epoxi con varias capas.
- Medio ambiente agresivo con inmersión continua o intermitente en agua. Protección a base de resinas vinílicas con varias capas.

3.2. PROTECCION INTERIOR.

- En cualquier medio: Protección a base de alquitrán (imprimación, capa intermedia y acabado) o cinc metálico (inmersión o revestimiento).

3.3. PROTECCION CATODICA.

Las corrientes eléctricas en el terreno pueden producir fenómenos de electrólisis que llegan a originar destrucciones importantes. Se favorece la protección catódica de las tuberías consiguiendo la continuidad eléctrica en el sentido longitudinal y también una buena conductividad, bien sea por soldadura de los elementos metálicos de los tubos o por cualquier otro medio apropiado.

Los elementos metálicos que no interese o no sea económico defender catódicamente se deben independizar de la corrientes eléctricas con juntas aislantes.

A título orientativo, a continuación se señalan diversos sistemas de protección catódica:

- Por ánodos de sacrificio.
- Por fuentes de corriente auxiliar (trasegado de corrientes, rectificador regulado, trasegado regulado).
- Por drenaje polarizado.
- Sistemas compuestos.

Instalación de tuberías

1. TRANSPORTE Y MANIPULACION.

En las operaciones de carga, transporte y descarga de los tubos se evitarán los choques, siempre perjudiciales; 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.

Tanto en el transporte como en el apilado se tendrá presente el número de capa de ellos que puedan apilarse de forma que las cargas de aplastamiento no superen el cincuenta por ciento (50 %) de las de prueba.

En el caso de que la zanja no estuviera abierta todavía se colocará la tubería, siempre que sea posible, en el lado opuesto a aquel en que se piensen depositar los productos de la excavación, y de tal forma que quede protegida del tránsito de los explosivos, etc.

Los tubos de hormigón recién fabricados no deben almacenarse en el tajo por un período largo de tiempo en condiciones que puedan sufrir secados excesivos o fríos intensos. Si fuera necesario hacerlo se tomarán las precauciones oportunas para evitar efectos perjudiciales en los tubos.

Los tubos acopiados en el 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 defecto perjudicial.

2. ZANJAS PARA ALOJAMIENTO DE TUBERIAS.

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 por lo menos a un metro de la superficie; en aceras o lugar sin tráfico rodado puede disminuirse este recubrimiento a sesenta (60) centímetros. Si el recubrimiento indicado como mínimo no pudiera respetarse por razones topográficas, por otras canalizaciones, etc., se tomarán las medidas de protección necesarias.

Las conducciones de agua potable se situarán en plano superior a las de saneamiento, con distancias vertical y horizontal entre una y otra no menor a un metro, medido entre planos tangentes, horizontales y verticales a cada tuberías más próximos entre sí. En obras de poca importancia y siempre que se justifique debidamente podrá reducirse dicho valor de un (1) metro hasta cincuenta (50)

centímetros. Si estas distancias no pudieran mantenerse o fuera preciso cruces con otras canalizaciones, deberán adoptarse precauciones especiales.

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 operario 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 no debe ser inferior a sesenta (60) centímetros y se debe dejar un espacio de quince a treinta (15 a 30) centímetros a cada lado del tubo, según el tipo de juntas. Al proyectar la anchura de la zanja se tendrá en cuenta si su profundidad o la pendiente de su solera exigen el montaje de los tubos con medios auxiliares especiales (pórticos, carretones, etc). Se recomienda que no transcurran más de ocho días entre la excavación de la zanja y la colocación de la tubería.

En el caso de terrenos arcillosos o margosos de fácil meteorización, si fuese absolutamente imprescindible efectuar con más plazo la apertura de las zanjas, se deberá dejar sin excavar unos veinte (20) centímetros sobre la rasante de la solera para realizar su acabado en plazo inferior al citado.

Las zanjas pueden abrirse a mano o mecánicamente, pero en cualquier caso su trazado deberá ser correcto, perfectamente alineadas en planta y con la rasante uniforme, salvo que el tipo de junta a emplear precise que se abran nichos. 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.

Se excavará hasta la línea de la rasante siempre que el terreno sea uniforme; si quedan al descubierto piedras, cimentaciones, rocas, etc, será necesario excavar por debajo de la rasante para efectuar un relleno posterior. Normalmente esta excavación complementaria tendrá de quince a treinta (15 a 30) centímetros de espesor. 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.

El material procedente de la excavación se apilará lo suficiente alejado del borde de las zanjas para evitar el desmoronamiento de éstas o que el desprendimiento del mismo pueda poner en peligro a los trabajadores. En el caso de que las excavaciones afecten a pavimentos, los materiales que puedan ser usados en la restauración de los mismos deberán ser separados del material general de la excavación.

El relleno de las excavaciones complementarias realizadas por debajo de la rasante se regularizará dejando una rasante uniforme. El relleno se efectuará preferentemente con arena suelta, grava o piedra machacada, siempre que el tamaño superior de ésta no exceda de dos (2) centímetros. Se evitará el empleo de tierras inadecuadas. Estos rellenos se apisonarán cuidadosamente por tongadas y se regularizará la superficie. En el caso de que el fondo de la zanja se rellene con

arena o grava los nichos para las juntas se efectuarán en el relleno. Estos rellenos son distintos de las camas de soporte de los tubos y su único fin es dejar una rasante uniforme.

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 cimentación especial (apoyos discontinuos en bloques, pilotajes, etc).

3. MONTAJE DE TUBOS Y RELLENO DE ZANJAS.

El montaje de la tubería deberá realizarlo personal experimentado, que a su vez, vigilará el posterior relleno de zanja, en especial la compactación directamente a los tubos.

Generalmente los tubos no se apoyarán directamente sobre la rasante de la zanja, sino sobre camas. Para el cálculo de las reacciones de apoyo se tendrá en cuenta el tipo de cama. Salvo cláusulas distintas en el pliego de prescripciones técnicas particulares, se tendrá en cuenta lo siguiente, según el diámetro del tubo, la calidad y naturaleza del terreno.

En tuberías de diámetro inferior a treinta (30) centímetros serán suficientes camas de grava, arena o gravilla o suelo mejorado con un espesor mínimo de quince (15) centímetros.

En tuberías con diámetro comprendido entre treinta (30) y sesenta (60) centímetros, el proyectista tendrá en cuenta las características del terreno, tipo de material, etc, y tomará las precauciones necesarias, llegando, en su caso, a las descritas en el párrafo siguiente.

En tuberías con diámetro superior a sesenta centímetros se tendrá en cuenta:

a) Terrenos normales y de roca. En este tipo de terrenos se extenderá un lecho de gravilla o de piedra machacada, con un tamaño máximo de veinticinco (25) milímetros y mínimo de cinco (5) milímetros a todo lo ancho de la zanja con espesor de un sexto ($1/6$) del diámetro exterior del tubo y mínimo de veinte (20) centímetros; en este caso la gravilla actuará de dren, al que se le dará salida en los puntos convenientes.

b) Terreno malo. Si el terreno es malo (fangos, rellenos, etc) se extenderá sobre toda la solera de la zanja una capa de hormigón pobre, de zahorra, de ciento cincuenta (150) kilogramos de cemento por metro cúbico y con un espesor de quince (15) centímetros.

Sobre esta capa se situarán los tubos, y hormigonado posteriormente con hormigón de doscientos (200) kilogramos de cemento por metro cúbico, de forma que el espesor entre la generatriz inferior del tubo y la solera de hormigón pobre tenga quince (15) centímetros de espesor. El hormigón se extenderá hasta que la capa de apoyo corresponda a un ángulo de ciento veinte grados sexagesimales (120°) en el centro del tubo.

c) Terrenos excepcionalmente malos. Los terrenos excepcionalmente malos como los deslizantes, los que estén constituidos por arcillas expansivas con humedad variable, los que por estar en márgenes de ríos de previsible desaparición y otros análogos, se tratarán con disposiciones adecuadas en cada caso, siendo criterio general procurar evitarlos, aún con aumento del presupuesto.

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

Una vez los tubos en el fondo de la zanja, se examinarán para cerciorarse de que su interior está libre de tierra, piedras, útiles de trabajo, etc, y se realizará su centrado y perfecta alineación, conseguido 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 pendientes superiores al diez por ciento (10 por 100) la tubería se colocará en sentido ascendente. En el caso de que, a juicio de la Administración, no sea posible colocarla en sentido ascendente se tomarán las precauciones debidas para evitar el deslizamiento de los tubos. Si se precisase reajustar algún tubo, deberá levantarse el relleno y prepararlo como para su primera colocación.

Cuando se interrumpa la colocación de tuberías 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.

Las tuberías y zanjas se mantendrán libres de agua, agotando con bomba o dejando desagües en la excavación. Para proceder al relleno de las zanjas se precisará autorización expresa de la Administración.

Generalmente no se colocarán más de cien (100) metros 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.

Una vez colocada la tubería, el relleno de las zanjas se compactará por tongadas sucesivas. Las primeras tongadas hasta unos treinta (30) centímetros por encima de la generatriz superior del tubo se harán evitando colocar piedras o gravas con diámetros superiores a dos (2) centímetros y con un grado de compactación no menor del 95 por 100 del Proctor Normal. Las restantes podrán contener material más grueso, recomendándose, sin embargo, no emplear elementos de dimensiones superiores a los veinte (20) centímetros en el primer metro, y con un grado de compactación del 100 por 100 del Proctor Normal. Cuando los asientos previsibles de las tierras de relleno no tengan consecuencias de consideración, se podrá admitir el relleno total con una compactación al 95 por 100 del Proctor Normal. Se tendrá especial cuidado en el procedimiento empleado para terraplenar zanjas y consolidar rellenos, de forma que no produzcan movimientos en las tuberías. No se rellenarán las zanjas, normalmente, en tiempo de

grandes heladas o con material helado.

4. JUNTAS.

En la elección del tipo de junta, el Projectista deberá tener en cuenta las solicitudes externas e internas a que ha de estar sometida la tubería, rigidez de la cama de apoyo, presión hidráulica, etc, así como la agresividad del terreno y otros agentes que puedan alterar los materiales que constituyan la junta. En cualquier caso las juntas serán estancas a la presión de prueba, resistirán los esfuerzos mecánicos y no producirán alteraciones apreciables en el régimen hidráulico de la tubería. Cuando las juntas sean rígidas no se terminarán hasta que no haya un número suficiente de tubos colocados por delante para permitir su correcta situación en alineación y rasante.

Las juntas para las piezas especiales serán 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.

El Projectista fijará las condiciones que deben cumplir los elementos que se hayan de suministrar a la obra para ejecutar las juntas. El contratista está obligado a presentar planos y detalles de la junta que se va a emplear de acuerdo con las condiciones del proyecto, así como las características de los materiales, elementos que la forman y descripción del montaje, al objeto de que la Administración, caso de aceptarla, previas las pruebas y ensayos que juzgue oportunos, pueda comprobar en todo momento la correspondencia entre el suministro y montaje de las juntas y la proposición aceptada.

Entre las juntas a que se refieren los párrafos anteriores se encuentran las denominadas de bridas, mecánicas y de manguito. En caso de no establecerse condiciones expresas sobre estas juntas, se tendrá en cuenta las siguientes:

a) Las juntas a base de bridas se ejecutarán interponiendo entre las dos coronas una arandela de plomo de tres (3) milímetros de espesor como mínimo, perfectamente centrada, que será fuertemente comprimida con los tornillos pasantes; las tuercas deberán apretarse alternativamente, con el fin de producir una presión uniforme sobre todas las partes de la brida; esta operación 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 o cualquier otro tipo.

b) Las juntas mecánicas están constituidas a base de elementos metálicos, independientes del tubo, goma o material semejante y tornillos con collarín de ajuste o sin él. En todos los casos es preciso que los extremos de los tubos sean perfectamente cilíndricos para conseguir un buen ajuste de los anillos de goma. Se tendrá especial cuidado en colocar la junta por igual alrededor de la unión, evitando la torsión de los anillos de goma. Los extremos de los tubos no quedarán a tope, sino con un pequeño huelgo, para permitir ligeros movimientos relativos. En los elementos mecánicos se comprobará que no hay rotura ni defectos de fundición; se examinará el buen estado de los filetes de las roscas de los tornillos y de las

tuerkas y se comprobará también que los diámetros y longitudes de los tornillos son los que corresponden a la junta propuesta y al tamaño del tubo. Los tornillos y tuerkas se apretarán alternativamente, con el fin de producir una presión uniforme sobre todas las partes del collarín y se apretarán inicialmente a mano y al final con llave adecuada, preferentemente con limitación del par de torsión. Como orientación, el par de torsión para tornillos de quince (15) milímetros de diámetro no sobrepasará los siete (7) metros kilogramos; para tornillos de veinticinco (25) milímetros de diámetro será de diez a catorce (10 a 14) metros kilogramos, y para tornillos con un diámetro de treinta y dos (32) milímetros el par de torsión estará comprendido entre los doce y diecisiete (12 y 17) metros kilogramo.

c) Cuando la unión de los tubos se efectúe por manguito del mismo material y anillo de goma, además de la precaución general en cuanto a la torsión de los anillos, habrá de cuidarse el centrado perfecto de la junta.

En las juntas que precisan en obra trabajos especiales para su ejecución (soldadura, hormigonado, retacado, etc) el Proyectista deberá además detallar el proceso de ejecución de estas operaciones. Entre estas juntas se encuentran las denominadas de enchufe y cordón y las juntas soldadas, para las cuales se tendrá en cuenta:

a) Las juntas de enchufe y cordón podrán efectuarse en caliente y en frío. En las juntas en caliente, el material de empaquetadura podrá ser cordón de amianto, papel tratado, cordón de cáñamo, etc. Las juntas de enchufe y cordón en frío se efectuarán retacando en frío capas sucesivas de cordones de plomo con alma de cáñamo generalmente. 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 transporte, colocación y de retacado. Se prohíbe el empleo de chapa de espesor inferior a cinco (5) milímetros.

b) Las uniones soldadas a tope deberán tener una perfecta coincidencia, regularidad de forma y limpieza de los extremos de los tubos. Deberá limitarse la máxima anchura de la soldadura y se elegirá el tipo de electrodo conveniente. Se someterán a ensayos mecánicos que aseguren una resistencia a tracción igual al menos a la resistencia nominal a la rotura de la chapa.

5. SUJECION Y APOYO EN CODOS, DERIVACIONES Y OTRAS PIEZAS.

Una vez montados los tubos y las piezas, se procederá a la sujeción y apoyo de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar desviaciones perjudiciales.

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 movidos por los esfuerzos que soportan. Deberán ser accesibles para su reparación.

6. OBRAS DE FABRICA.

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

En caso de necesidad deberán tener el adecuado desagüe.

7. LAVADO DE TUBERIAS.

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.

Pruebas de la tubería instalada

1. PRUEBA DE PRESION INTERIOR.

Antes de empezar la prueba deben estar colocados en su posición definitiva todos los accesorios de la conducción. La zanja debe estar parcialmente rellena, dejando las juntas descubiertas.

Se colocará una bomba en el punto más bajo de la tubería que se vaya 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.

La presión interior de prueba en zanja de la tubería será tal que se alcance en el punto más bajo del tramo en prueba una con cuatro (1,4) veces la presión máxima de trabajo en el punto de más presión. La presión se hará subir lentamente de forma que el incremento de la misma no supere un (1) kilogramos por centímetro cuadrado y minuto.

Una vez obtenida la presión, se parará durante treinta minutos, y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acusen un descenso superior a la raíz cuadrada de p quintos ($\sqrt{p/5}$), siendo " p " la presión de prueba en zanja en kilogramos por centímetro cuadrado. Cuando el descenso del manómetro sea superior, se corregirán los defectos observados repasando las juntas que pierdan agua, cambiando si es preciso algún tubo.

En el caso de tuberías de hormigón y amianto-cemento, previamente a la prueba de presión se tendrá la tubería llena de agua, al menos veinticuatro (24) horas.

En casos muy especiales en los que la escasez de agua u otras causas hagan difícil el llenado de la tubería durante el montaje, el contratista podrá proponer, razonadamente, la utilización de otro sistema especial que permita probar juntas con idéntica seguridad.

2. PRUEBA DE ESTANQUIDAD.

Después de haberse completado satisfactoriamente la prueba de presión interior, deberá realizarse la de estanquidad.

La presión de prueba de estanquidad será la máxima estática que exista en el tramo de la tubería objeto de la prueba.

La duración de la prueba de estanquidad será de dos horas, y la pérdida en este tiempo será inferior al valor dado por la fórmula:

$$V = K \cdot L \cdot D$$

en la cual:

V: pérdida total en la prueba en litros.

L: longitud del tramo objeto de la prueba, en metros.

D: diámetro interior, en metros.

k: coeficiente dependiente del material (1 a 0,25).

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

